

Universidad de Lima  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Carrera de Ingeniería Industrial



# **PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA SEMI INDUSTRIAL DE APERTURA PARA LA ETAPA DE PREPRODUCCIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE HILO A PARTIR DE FIBRA DE ALPACA**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

**Joan Jefferson Sanchez Jimenez**

**Código 20133181**

**Asesor**

**Rosa Patricia Larios Francia**

Lima – Perú

Mayo de 2021





El desarrollo de la presente tesis fue financiado gracias al Fondo de Investigación Aplicada y Proyectos Tecnológicos de FONDECYT de CONCYTEC y el Banco Mundial. Esta tesis formó parte del proyecto denominado “Prototipo de una línea de hilatura semiautomática para la estandarización de hilo de fibra de alpaca para mejorar la competitividad del productor artesanal de la región” con Contrato N.º 089-2018.

**DESIGN PROPOSAL FOR A SEMI-  
INDUSTRIAL OPENING MACHINE FOR THE  
PRE-PRODUCTION STAGE TO OBTAIN  
YARN FROM ALPACA FIBER**

# TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN .....</b>	<b>xviii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xix</b>
<b>CAPITULO I: INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Objetivo general.....	3
1.4 Objetivos específicos .....	3
1.5 Justificación técnica, económica, social e innovativa.....	4
1.5.1 Justificación técnica .....	4
1.5.2 Justificación económica .....	5
1.5.3 Justificación social .....	5
1.5.4 Justificación innovativa .....	5
1.6 Hipótesis de investigación .....	6
1.7 Alcance de la investigación .....	6
1.8 Limitaciones de la investigación.....	6
<b>CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LA TEORÍA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Fibras textiles .....	7
2.2 Fibras naturales .....	7
2.3 Fibras animales .....	8
2.4 Alpaca .....	8
2.4.1 Origen de la alpaca .....	8
2.4.2 Alpaca en la actualidad .....	8
2.4.3 Razas de alpaca.....	9
2.5 Fibra de alpaca .....	9
2.6 Calidad de la fibra de alpaca.....	10
2.7 Clasificación y categorización de la fibra de alpaca.....	10
2.7.1 Clasificación de fibra de alpaca .....	11
2.8 Principales características de la fibra de alpaca.....	12
2.8.1 Diámetro .....	12

2.8.2 Largo .....	13
2.8.3 Resistencia .....	13
2.8.4 Calidad .....	14
2.9 Características textiles de la fibra de alpaca .....	14
2.9.1 Coeficiente de variación del diámetro de la fibra (CVDF).....	14
2.9.2 Factor de confort (FC) y factor de picazón (FP).....	15
2.9.3 Índice de curvatura de la fibra .....	16
2.10 Nivel tecnológico del proceso de producción de hilo a partir de fibra de alpaca ...	16
2.10.1 Producción a nivel artesanal .....	16
2.10.2 Producción a nivel industrial .....	18
2.11 Nivel tecnológico del proceso de apertura de fibra de alpaca .....	20
2.11.1 Nivel artesanal (convencional) .....	20
2.11.2 Nivel industrial .....	22
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....</b>	<b>28</b>
3.1 Tipo de investigación.....	28
3.2 Diseño de la investigación .....	28
<b>CAPÍTULO IV: DISEÑO DE LA MAQUINARIA.....</b>	<b>35</b>
4.1 Propuesta de diseño .....	35
4.2 Proceso de apertura de fibra de alpaca considerado el diseño de la máquina .....	36
4.3 Diseño de la zona de alimentación .....	38
4.3.1 Diseño de la telera de alimentación .....	39
4.3.2 Diseño de los cilindros alimentadores .....	40
4.4 Diseño de la zona de procesamiento .....	42
4.4.1 Diseño del tambor principal con púas.....	43
4.4.2 Diseño de la guarda y rejilla metálica.....	45
4.5 Diseño de la zona de salida o expulsión .....	47
4.5.1 Diseño del tambor quitador.....	47
4.6 Diseño del sistema transmisión propuesto.....	48
4.6.1 Cálculo de velocidad del sistema de transmisión de poleas .....	50
4.6.2 Transmisión de potencia de fajas entre las poleas A y B.....	54
4.6.3 Transmisión de potencia de fajas entre las poleas B y C.....	62
4.6.4 Transmisión de potencia de fajas entre las poleas C' y D .....	67
4.6.5 Diseño y selección de engranajes E y F.....	74
4.6.6 Transmisión de potencia de fajas entre las poleas G y H .....	98

4.7 Diseño de ejes .....	104
4.7.1 Cálculo de torque en las poleas.....	104
4.7.2 Cálculo de diámetro de eje de la polea B.....	105
4.7.3 Cálculo del diámetro de eje de la polea “C” y “C’” .....	107
4.7.4 Cálculo del diámetro de eje de la polea “D” .....	108
4.7.5 Cálculo del diámetro de eje de la polea “H” .....	109
4.7.6 Cálculo de tensiones de transmisión por fajas entre las poleas A y B.....	110
4.7.7 Cálculo de tensiones de transmisión por faja entre la polea B y C.....	112
4.7.8 Cálculo de tensiones de transmisión por faja entre la polea C’ y D .....	113
4.7.9 Cálculo de tensiones de transmisión por faja entre la polea G y H .....	115
4.7.10 Análisis de cargas en los ejes.....	117
4.8 Diseño del bastidor o bancada (tentativo).....	129
4.8.1 Cálculo de peso de componentes .....	131
4.9 Cálculo de fuerzas soportadas en el bastidor .....	134
4.9.1 Diseño final del bastidor .....	136
4.10 Diseño y selección de elementos del tablero de control .....	137
4.10.1 Motor.. .....	137
4.10.2 Botón de arranque, parada y parada de emergencia .....	139
4.10.3 Variador de frecuencia.....	140
4.10.4 Interruptor automático o guardamotores.....	141
4.10.5 Interruptor diferencial .....	142
4.10.6 Estructura del tablero .....	144
4.11 Comparación y selección de diseños de la maquinaria presentados.....	145
<b>CAPÍTULO V: ANÁLISIS ECONÓMICO .....</b>	<b>149</b>
5.1.1 Presupuesto de la maquinaria .....	149
5.2 Cronograma de implementación del proyecto .....	153
5.3 Presentación de la máquina de apertura semi industrial de apertura de fibra de alpaca como parte del proyecto Fondecyt Contrato 089-2018 .....	155
5.3.1 Presupuesto asignado para el proyecto (Fondecyt-Contrato 089-2018).....	156
5.4 Evaluación económica del proyecto de fabricación de una máquina semi-industrial de apertura de fibra para la empresa JCALDERON E.I.R.L. en Puno. ....	158
5.4.1 Paso 1: Definición del tipo de usuario .....	159
5.4.2 Paso 2: Cálculo del requerimiento promedio de fibra de alpaca anual.....	160
5.4.3 Paso 3: Determinación de la estructura de la inversión .....	161

5.4.4 Paso 4: Selección de la fuente de financiamiento .....	162
5.4.5 Paso 5: Elaboración del Flujo de Caja Libre (FCL) .....	163
5.4.6 Paso 6: Evaluación de indicadores de rentabilidad del proyecto .....	176
5.4.7 Paso 7: Indicadores de rentabilidad del proyecto para el accionista.....	177
5.4.8 Paso 8: Evaluación del proyecto utilizando la metodología aplicada para una empresa en marcha.....	179
5.4.9 Paso 9: Incorporación del riesgo en la evaluación del proyecto .....	181
<b>CAPITULO VI: MANTENIMIENTO DE LA MAQUINARIA .....</b>	<b>194</b>
6.1 Estrategia de mantenimiento.....	194
6.1.1 Paso 1: Definición de la estrategia de mantenimiento .....	194
6.1.2 Paso 2: Recopilación de datos técnicos de los componentes de la máquina .....	194
6.1.3 Paso 3: Creación de registro histórico de mantenimientos realizados.....	195
6.1.4 Paso 4: Registro de la información .....	198
6.1.5 Paso 5: Aplicación de la criticidad de equipos .....	199
6.1.6 Paso 6: Implementación de la estrategia.....	199
6.1.7 Paso 7: Implementación del plan de mantenimiento .....	200
6.1.8 Paso 8: Realización del análisis causa raíz .....	202
6.2 Problemas más comunes antes, durante y posterior al uso de la máquina.....	206
6.2.1 Problemas antes del uso de la maquinaria (etapa de ensamblaje o montaje) .....	206
6.2.2 Problemas durante el uso de la maquinaria (en funcionamiento).....	209
6.2.3 Problemas posteriores al uso de la maquinaria (en mantenimiento) .....	213
6.3 Desarrollo del Análisis de modos y efectos de falla (FMEA) .....	216
6.3.1 Resultados del FMEA.....	218
6.4 Manuales de montaje, uso y mantenimiento de la máquina .....	219
6.4.1 Manual de montaje de la máquina semi industrial de apertura de fibra de alpaca.....	219
6.5 Manual de Uso y Mantenimiento.....	229
6.5.1 Manual de uso y mantenimiento de la máquina semi industrial de apertura de alpaca.....	229
6.6 Costo anual de mantenimiento de la maquinaria .....	230
6.7 Costo asociado a las mejoras .....	230
6.8 Costo asociado al consumo eléctrico del motor.....	231

<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>235</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>238</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>240</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>251</b>

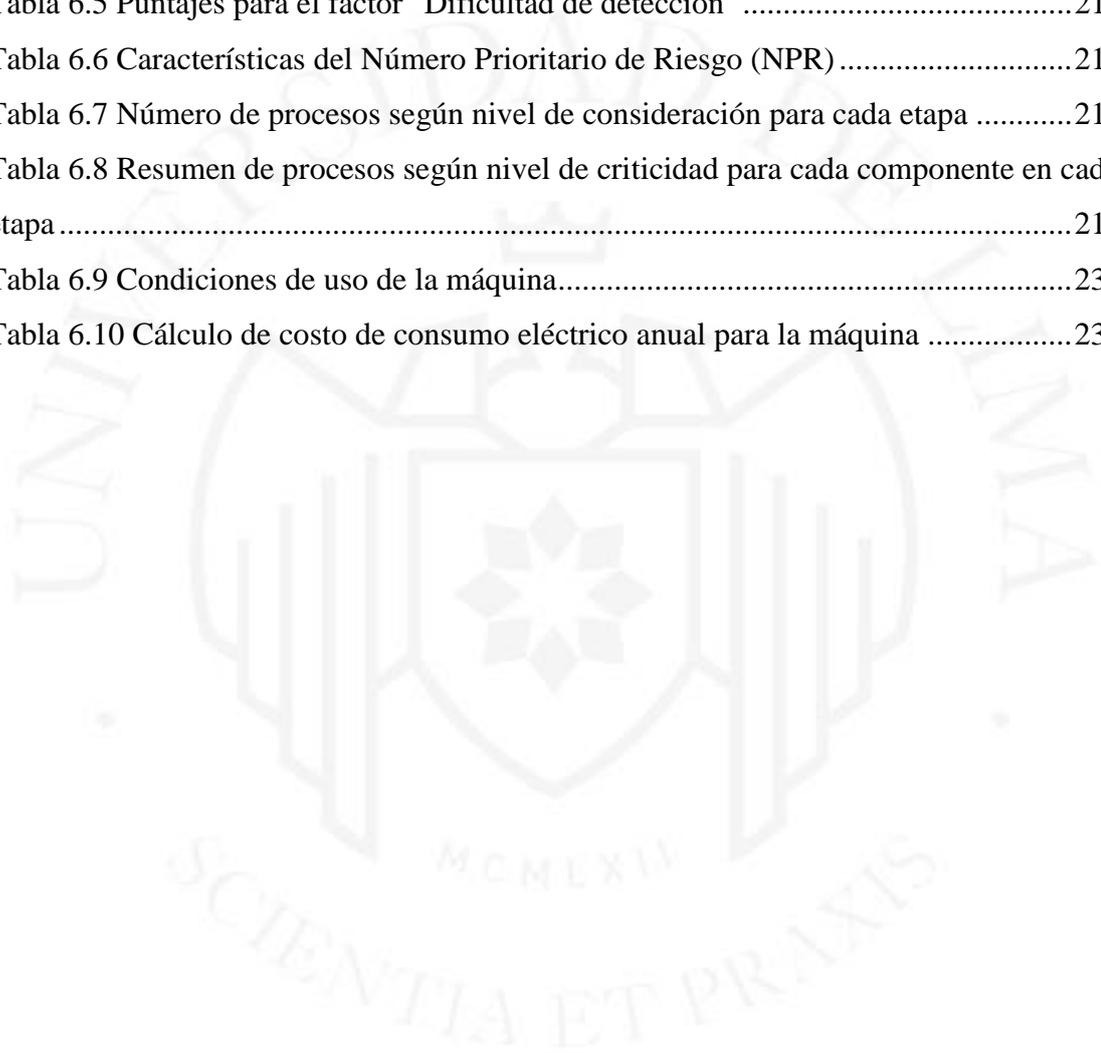


## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Características de la fibra de alpaca según grupo de clasificación según NTP 231.301.2014 .....	11
Tabla 2.2 Características físicas de la fibra de alpaca de raza Suri y Huacaya .....	13
Tabla 4.1 Componentes de la zona de alimentación, materiales y mediciones .....	38
Tabla 4.2 Cilindros alimentadores y mecanismo regulador, materiales y mediciones ...	40
Tabla 4.3 Componentes del mecanismo regulador .....	42
Tabla 4.4 Tambor principal con púas, componentes y materiales .....	42
Tabla 4.5 Guarda de seguridad y rejilla, componentes y mediciones .....	45
Tabla 4.6 Tambor batidor, componentes y materiales .....	47
Tabla 4.7 Tipos de transmisión .....	49
Tabla 4.8 Factor de corrección para la longitud de la faja entre las poleas A y B .....	60
Tabla 4.9 HP por faja con referencia a la polea de diámetro menor (A) .....	60
Tabla 4.10 Factor de corrección $K\theta$ .....	71
Tabla 4.11 Capacidad de transmisión de potencia (en HP) .....	72
Tabla 4.12 Características requeridas de diseño de los piñones E y F .....	97
Tabla 4.13 Diseño final seleccionado de los piñones E y F .....	97
Tabla 4.14 Capacidad de transmisión de potencia (en HP) entre G y H .....	103
Tabla 4.15 Esfuerzo cortante y de tensión admisibles según grado ASTM de acero ...	130
Tabla 4.16 Componentes de la máquina semi industrial de apertura de fibra de alpaca, características físicas .....	132
Tabla 4.17 Bancada: componentes, materiales y mediciones .....	137
Tabla 4.18 Características técnicas del motor .....	138
Tabla 4.19 Cuadro comparativo de propuestas de diseño de la máquina semi industrial de apertura de fibra de alpaca .....	146
Tabla 5.1 Costo total de materiales (en S/) .....	149
Tabla 5.2 Gastos intangibles del proyecto (en S/) .....	150
Tabla 5.3 Costo de útiles de escritorio y diseño (en S/) .....	151
Tabla 5.4 Costo total del proyecto .....	152
Tabla 5.5 Actividades por etapas del proyecto .....	153

Tabla 5.6 Participación económica Fondecyt-Universidad de Lima, Contrato 089-2018.....	156
Tabla 5.7 Presupuesto asignado según partida, Contrato Fondecyt 089-2018.....	156
Tabla 5.8 Presupuesto asignado por máquina.....	157
Tabla 5.9 Cálculo de la capacidad máxima esperada anual.....	160
Tabla 5.10 Proyección del requerimiento de fibra abierta y ventas de fibra a 5 años (en kg).....	161
Tabla 5.11 Estructura de la inversión .....	162
Tabla 5.12 Tasa de Costo Efectivo Anual (TCEA) ofrecida según entidad financiera	162
Tabla 5.13 Ventas e Ingresos por ventas proyectados .....	165
Tabla 5.14 Estado de resultados de la empresa JCALDERON E.I.R.L. proyectado a 5 años .....	166
Tabla 5.15 Datos para el cálculo del COK .....	168
Tabla 5.16 Políticas financieras de la empresa JCALDERON E.I.R.L., del 2020 al 2025 .....	170
Tabla 5.17 Ventas y costos de ventas del proyecto .....	170
Tabla 5.18 Proyección de la caja a 5 años .....	170
Tabla 5.19 Proyección de las cuentas por cobrar a 5 años, en soles.....	171
Tabla 5.20 Proyección de inventarios a 5 años, en soles .....	171
Tabla 5.21 Proyección de las cuentas por pagar a proveedores a 5 años, en soles.....	172
Tabla 5.22 Cálculo del capital de trabajo neto a 5 años, en soles.....	172
Tabla 5.23 Cálculo del NOPAT.....	174
Tabla 5.24 Cálculo y proyección de la Inversión neta a 5 años.....	174
Tabla 5.25 Proyección del flujo de caja libre (FCL) .....	175
Tabla 5.26 Indicadores de rentabilidad del proyecto (económico).....	176
Tabla 5.27 Proyección del FCA a 5 años.....	177
Tabla 5.28 Indicadores de rentabilidad del proyecto para el accionista (financiero) ...	178
Tabla 5.29 Proyección del NOPAT a 5 años (sin proyecto).....	179
Tabla 5.30 Proyección de la inversión neta a 5 años (sin proyecto).....	180
Tabla 5.31 Proyección del FCA a 5 años (sin proyecto) .....	180
Tabla 5.32 Proyección del FCA a 5 años (marginal).....	180
Tabla 5.33 Variables iniciales para el análisis de tabla tornado (VAN).....	182
Tabla 5.34 Selección de variables críticas (VAN).....	184
Tabla 5.35 Selección de variables críticas (TIR) .....	188

Tabla 5.36 Escenarios del proyecto, variables de entradas y valores respectivos .....	190
Tabla 5.37 Análisis del punto de equilibrio .....	191
Tabla 5.38 Variables críticas para la simulación Montecarlo.....	192
Tabla 6.1 Codificación de componentes .....	195
Tabla 6.2 Codificación de fallas .....	198
Tabla 6.3 Puntajes para el factor “Gravedad” .....	216
Tabla 6.4 Puntajes para el factor “Ocurrencia” .....	217
Tabla 6.5 Puntajes para el factor "Dificultad de detección" .....	217
Tabla 6.6 Características del Número Prioritario de Riesgo (NPR) .....	217
Tabla 6.7 Número de procesos según nivel de consideración para cada etapa .....	218
Tabla 6.8 Resumen de procesos según nivel de criticidad para cada componente en cada etapa.....	219
Tabla 6.9 Condiciones de uso de la máquina.....	231
Tabla 6.10 Cálculo de costo de consumo eléctrico anual para la máquina .....	234



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Clasificación artesanal de fibra de alpaca (manual) .....	12
Figura 2.2 Representación gráfica del contacto entre un tejido y la piel humana .....	15
Figura 2.3 Proceso de apertura artesanal en la empresa Mitchell Cía. en Arequipa .....	20
Figura 2.4 Cortes de madera para tambor de púas y peines .....	21
Figura 2.5 Peines de madera con púas .....	21
Figura 2.6 Máquina abridora y cardadora de madera con púas de metal .....	22
Figura 2.7 Máquina de apertura de fibra de alpaca del grupo Inca .....	23
Figura 2.8 Máquina "Lobo carda" o "Fearnought" de tambor principal .....	24
Figura 2.9 Máquina lobo carda de doble tambor .....	24
Figura 2.10 Ramella Picker-Fiber Opener .....	25
Figura 2.11 Sistema de almacenamiento de la máquina Ramella-Picker Fiber Opener .....	26
Figura 2.12 Máquina abridora de doble tambor Modelo YQ-FN150-SKS .....	27
Figura 2.13 Máquina abridora de doble tambor .....	27
Figura 4.1 Propuesta de diseño de máquina de apertura semi industrial de fibra de alpaca .....	35
Figura 4.2 Identificación de partes principales de la máquina .....	37
Figura 4.3 Componentes de zona de alimentación .....	40
Figura 4.4 Cilindros alimentadores, vista isométrica y perfil .....	41
Figura 4.5 Mecanismo regulador .....	41
Figura 4.6 Tambor principal con púas, dimensiones .....	43
Figura 4.7 Tambor principal con púas, componentes .....	44
Figura 4.8 Guarda de seguridad inferior y rejilla, vistas y mediciones .....	46
Figura 4.9 Guarda de seguridad superior, mediciones .....	46
Figura 4.10 Tambor quitador, componentes y materiales .....	48
Figura 4.11 Diagrama general del sistema de transmisión, vista perfil .....	49
Figura 4.12 Transmisión de potencia entre polea A y B .....	54
Figura 4.13 Distancias entre centros recomendadas por el fabricante de poleas .....	57
Figura 4.14 Transmisión de potencia entre poleas B y C .....	62

Figura 4.15 Factores de sobrecarga sugeridos $K_o$ .....	75
Figura 4.16 Números de calidad AGMA recomendados.....	79
Figura 4.17 Velocidad de línea de paso .....	80
Figura 4.18 Factor "J" de geometría del piñón .....	81
Figura 4.19 Factor de geometría "I" para piñones rectos externos y distancias entre centros estándar.....	82
Figura 4.20 Factor de proporción de piñón, $C_{pf}$ .....	83
Figura 4.21 Factor de alineamiento de engranaje, $C_{ma}$ .....	84
Figura 4.22 Factores de tamaño recomendados.....	85
Figura 4.23 Factor de espesor de borde, $K_b$ .....	85
Figura 4.24 Nomenclatura de un engranaje de dientes rectos .....	86
Figura 4.25 Factor por relación de durezas, $CH$ .....	88
Figura 4.26 Factor de confiabilidad, $K_r$ .....	89
Figura 4.27 Vida de diseño recomendada.....	90
Figura 4.28 Factor de resistencia flexionante por ciclos de esfuerzo, $Y_n$ .....	91
Figura 4.29 Factor de resistencia a la picadura por ciclos de esfuerzo, $Z_n$ .....	92
Figura 4.30 Números de esfuerzo admisibles para materiales de engranes de acero templado.....	95
Figura 4.31 Número de esfuerzo de contacto admisible, $S_{ac}$ .....	96
Figura 4.32 Cálculo de tensiones entre las poleas .....	111
Figura 4.33 Eje de la polea B.....	117
Figura 4.34 Diagrama de fuerzas, fuerza cortante y momento flector del eje de la polea B, plano YZ.....	118
Figura 4.35 Diagrama de fuerzas, fuerza cortante y momento flector del eje de la polea B, plano XY .....	119
Figura 4.36 Eje de la polea C/C' .....	120
Figura 4.37 Diagrama de fuerzas, fuerza cortante y momento flector del eje de la polea C/C' en el plano YZ .....	121
Figura 4.38 Diagrama de fuerzas, fuerza cortante y momento flector en el eje de la polea C/C en el plano XY' .....	122
Figura 4.39 Eje de la polea D .....	123
Figura 4.40 Diagrama de fuerzas, fuerza cortante y momento flector, plano YZ .....	124
Figura 4.41 Diagrama de fuerzas, fuerza cortante y momento flector del eje de la polea D, plano XY.....	125

Figura 4.42 Diagrama de cuerpo libre de eje de la polea H.....	126
Figura 4.43 Diagrama de fuerzas, fuerza cortante y momento flector del eje de la polea H, plano YZ .....	127
Figura 4.44 Diagrama de fuerzas, fuerza cortante y momento flector del eje de la polea H, plano XY .....	128
Figura 4.45 Estructura del bastidor .....	129
Figura 4.46 Especificaciones de productos según la norma ASTM .....	131
Figura 4.47 Corte transversal de pata de soporte en bastidor, dimensiones .....	136
Figura 4.48 Motor trifásico 0.5 HP Modelo Thompson 712-E2 a 1800 rpm .....	138
Figura 4.49 Modelo de conexión de estación de control de 3 botones al variador AB Powerflex 4 .....	139
Figura 4.50 Estación de control de 2 botones más parada de emergencia.....	139
Figura 4.51 Variador de frecuencia Allen Bradley Powerflex 4 de 0.5 HP .....	141
Figura 4.52 Interruptor automático SIEMENS Modelo 3RV1 Tamaño 50.....	142
Figura 4.53 Esquema de funcionamiento del interruptor diferencial .....	143
Figura 4.54 Interruptor diferencial ABB Modelo FH204 AC-25/0.03.....	144
Figura 4.55 Tablero de polyester .....	145
Figura 5.1 Cronograma de actividades del proyecto .....	154
Figura 5.2 Cronograma de pago de la deuda .....	163
Figura 5.3 Tabla de tornado (VAN).....	183
Figura 5.4 Análisis de sensibilidad por variables o unidimensional (VAN), correlación no lineal.....	185
Figura 5.5 Porcentaje de variación explicado (VAN).....	186
Figura 5.6 Análisis tabla tornado (TIR).....	187
Figura 5.7 Análisis de sensibilidad por variables o unidimensional (TIR), correlación no lineal .....	189
Figura 5.8 Porcentaje de variación explicado (TIR).....	189
Figura 5.9 Simulación Montecarlo (VAN) .....	193
Figura 5.10 Simulación Montecarlo (TIR) .....	193
Figura 6.1 Formato de reporte menor .....	196
Figura 6.2 Formato de reporte mayor .....	197
Figura 6.3 Terminología del mantenimiento según Norma UNE-EN-13360:2018.....	199
Figura 6.4 Estrategia de mantenimiento .....	200
Figura 6.5 Plan anual de mantenimiento preventivo .....	201

Figura 6.6 Formato de Análisis Causa-Raíz .....	203
Figura 6.7 Diagrama de la metodología de análisis de modos de falla y sus efectos (FMEA en inglés) .....	204
Figura 6.8 Formato de Análisis de Modo y Efecto de Falla (FMEA en inglés).....	205
Figura 6.9 Análisis de Causa-Raíz de parada de máquina por mal estado de rodamientos de pie Y SKF-E2.....	207
Figura 6.10 Análisis de Causa Raíz de parada de máquina por atascamiento en la zona de procesamiento .....	210
Figura 6.11 Análisis de Causa-Raíz de inadecuada inspección rutinaria .....	214
Figura 6.12 Manual de montaje de la máquina semi industrial de apertura de fibra de alpaca .....	220



## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Cuadro comparativo del proceso de obtención de hilo a partir de fibra de alpaca por autor y origen .....	252
Anexo 2: Ficha técnica de máquina de apertura semi-industrial de fibra de alpaca (versión 1).....	266
Anexo 3: Lona Monarca características más importantes .....	286
Anexo 4: Factor de seguridad por uso para fajas de poleas .....	287
Anexo 5: Tablas de selección de tipo de perfil y de faja .....	288
Anexo 6: Tablas de longitud de faja y factor de corrección de longitud " <b>KL</b> " .....	291
Anexo 7: Cálculo de Ángulo de contacto " <b>K<math>\theta</math></b> " .....	292
Anexo 8: Potencia transmitida por la faja (en HP) .....	293
Anexo 9: Potencia adicional transmitida por la faja (en HP) .....	294
Anexo 10: Selección de paso diametral .....	295
Anexo 11: Coeficiente elástico " <b>Cp</b> " .....	296
Anexo 12: Número de calidad " <b>Qv</b> " y velocidad de línea " <b>VL</b> " .....	297
Anexo 13: Características comerciales de piñones .....	298
Anexo 14: Catálogo de fajas Optibelt .....	299
Anexo 15: Tubos cuadrados Acero ASTM A500.....	300
Anexo 16: Variador de frecuencia AB PowerFlex 4 .....	301
Anexo 17: Interruptor automático o guardamotor .....	303
Anexo 18: Presupuesto económico del proyecto (costo materiales) .....	304
Anexo 19: Especificaciones técnicas de la máquina de apertura (versión final).....	307
Anexo 20: Planos de la máquina de apertura.....	330
Anexo 21. Manual de uso y mantenimiento de la máquina semi-industrial de apertura de fibra de alpaca.....	343
Anexo 22. Análisis de modos y efectos de falla para la etapa de fabricación de la máquina.....	386
Anexo 23. Análisis de modos y efectos de falla para la etapa de montaje de la máquina.....	389
Anexo 24. Análisis de modos y efectos de falla en la etapa de uso de la máquina .....	392

Anexo 25. Costo anual de mantenimiento de la máquina.....	395
Anexo 26. Costo total asociado a las mejoras .....	397
Anexo 27. Tarifarios para la venta de energía eléctrica en Lima y en Puno .....	400
Anexo 28: Cronograma de pagos de deuda (BBVA Continental y Caja Los Andes) ..	402
Anexo 29: Entrevista a la empresa JCALDERON E.I.R.L. ....	404



## RESUMEN

La presente tesis de investigación tiene el propósito de servir como aporte para promover el desarrollo del procesamiento de fibra de alpaca en el Perú al plantear como propuesta el diseño de una máquina semi industrial para el proceso de apertura de fibra de alpaca, el cual tiene parte dentro de la etapa preoperacional en la producción de hilo a partir de fibra de alpaca. Esta máquina tiene una capacidad esperada de 2 kg/h de fibra abierta con una merma de 5%, otorgando una capacidad 10 veces superior comparada con los 200g/h producidos manualmente a nivel artesanal.

Como objetivo fundamental de la investigación, se cumple con el diseño de la máquina semi industrial de apertura de fibra de alpaca con motor de  $1/2$  HP. Para lograr esto, se realizó el diagnóstico y evaluación del proceso de apertura a nivel artesanal como también a nivel industrial a fin de obtener características que permitan completar el vacío presente entre ambos niveles de producción. Luego, se identificó la tecnología existente a fin de considerar componentes y mecanismos accesibles y ofertados en el mercado nacional e internacional. Posteriormente, se realizó el boceto manual estableciendo criterios mínimos y adecuados, justificando así las características técnicas de la máquina. Con esta información, se procedió con el diseño asistido por computadora mediante el uso del software Inventor 2018.

Luego, se seleccionaron los materiales y servicios de fabricación y ensamble, obteniendo así un costo total resultante de S/ 20,143 para la construcción de la máquina. Este valor es casi 86% más económico comparado con la alternativa industrial más económica en el mercado internacional (máquina Fiber Picker-Opener de Ramella, Italia).

Por último, los costos asociados al mantenimiento y de consumo eléctrico representan anualmente el 22% y 7% del precio de la máquina, respectivamente; adicionalmente, se plantea, a manera de recomendación para el usuario de la máquina, un costo único de S/2,485, que permite la adquisición de equipos de protección personal, herramientas e implementación de dispositivos Poka-Yoke.

**Palabras clave:** Fibra de alpaca, proceso de apertura, artesanal, semi-industrial, producción de hilo.

## ABSTRACT

The present research thesis has the purpose of serving as contribution to promote the development of the processing of alpaca fiber in Peru when raising as proposal the design of a semi-industrial machine for the process of alpaca fiber opening, which has part within the preoperational stage in the production of yarn from alpaca fiber. This machine has an expected capacity of 2 kg/h of open fiber with a loss of 5%, giving a capacity 10 times higher compared to the 200g/h produced manually at the artisan level.

As fundamental objective of the present research, the design of a semi-industrial machine for alpaca fiber opening process with motor of 1/2 HP must be completed. To achieve this, the diagnosis and evaluation of the opening process was carried out at an artisan level as well as at an industrial level to obtain characteristics that allow to complete the gap present between both levels of production. Then, the existing technology was identified to consider components and mechanisms accessible and offered in the national and international market. Later, the manual sketch was made establishing minimum and adequate criteria, thus justifying the technical characteristics of the machine. Furthermore, the computer-assisted design was achieved using the software Inventor 2018.

Then, the materials and services of manufacture and assembly were selected, obtaining a total resulting cost of S/ 20,143 for the construction of the machine. This value is almost 86% cheaper compared to the cheapest industrial alternative in the international market (Fiber Picker-Opener machine from Ramella, Italy).

Finally, the costs associated with maintenance and electrical consumption represent annually around 22% and 7% of the price of the machine, respectively; additionally, as a recommendation for the machine user, a single cost of S/2,485 is proposed, which allows the acquisition of personal protection equipment, tools, and implementation of Poka-Yoke devices.

**Keywords:** Alpaca fiber, opening process, artisan level, semi-industrial, yarn production.

# CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

## 1.1 Antecedentes

Existe investigación científica sobre los procesos de hilatura de fibra de alpaca en estudios realizados en distintos países de los cuales se recogió la información de las distintas técnicas y antecedentes de los procesos de apertura y limpieza se encuentran Perú, Bolivia, Ecuador

En cuanto al proceso de apertura, se tiene como antecedente la apertura por método convencional o manual. Una vez extraído el vellón, se procede con el despedazado de este último a fin de, en lo posible, paralelizar la fibra y así poder eliminar todo rastro de impureza que afecte el proceso de la limpieza o algún proceso futuro como el cardado o peinado y así dar un mejor acabado al producto final. Esta tarea tendrá como propósito evitar los copos o grupos de fibra y, si hubiere, disgregarlos (Arciniega, 2013).

Aguilar (2012) considera a la apertura de la fibra como el último subproceso dentro del proceso de Escarmenado. Se realiza la apertura manualmente abriendo los mechones de fibra a fin de sacudir la tierra que exista y también evitar copos para que el proceso de cardado pueda darse con la mayor eficiencia. Además, como considera Chanjé, et al. (2017), el proceso de apertura (considerado escarmenado en este estudio), permite separar fibra por fibra, esponjándola y dándole mayor ligereza por medio del uso de una máquina escarmenadora, la cual reducirá grandemente la presencia de materiales extraños a la fibra.

Por otro lado, en el proceso de limpieza o batido, el proceso similar a la apertura se realiza de forma manual como método convencional tal como lo menciona de los Ríos (2006) y Aguilar (2012) donde la limpieza se realiza manualmente y de manera muy superficial eliminando toda impureza visible; Sin embargo, no hay una limpieza profunda propiamente.

En cuanto al proceso de apertura a nivel industrial, Schmid (2006) menciona que una vez terminado es esquilado, existe residuos vegetales, sustancias insolubles, materia mineral, ceras y humedad. Por esto, es necesario realizar un proceso de apertura a fin de facilitar la limpieza posterior y se puedan extraer con mayor facilidad los residuos anteriormente mencionados. Se utiliza una máquina de apertura la cual es alimentada por lotes de fibra, removiendo así arena y materia vegetal solo por proceso mecánico; Sin embargo, aún existe humedad, cera y sustancias insolubles en la fibra, las cuales serán eliminadas en el proceso de lavado.

Según Rosas (2012), existe un procedimiento parcialmente manual debido a que se realiza el despedazado del vellón (esquilado), esto permitirá un proceso de lavado posterior que sea eficiente. Además, se retiran las sustancias no deseadas como piedrecillas, vegetales, minerales, entre otros. Se trata de colocar las fibras paralelas puesto que tienen tendencia al enredo fácil. Aquí se utilizará un equipo de apertura de doble cilindro con velocidades variables cuidado de ajustar siempre la distancia entre los cilindros y las rejillas por las que pasarán las impurezas de cara a obtener una limpieza con mejores resultados.

## **1.2 Planteamiento del problema**

El Perú como principal productor de alpacas en el mundo con un total de 3.6 millones de alpacas y cuya fibra representa el sustento de más de 82 mil pequeños criadores. Concretamente, en la ciudad de Puno ubicada en Perú, se concentra 39.6% del total de la población presente en Perú (Porto, 2015). Sin embargo, no se han identificado indicadores que expresen concretamente un aumento en la productividad de la fibra de alpaca. Para esto, es necesario tener en cuenta a la calidad del producto como factor vital para una buena calidad en el producto final requerido (top o hilo). Actualmente Puno solo produce hilo con títulos muy bajos, es decir, hilos gruesos sin un mayor valor agregado según Soluciones Prácticas- CITE Camélidos Sudamericanos (2014).

Por otro lado, la región Puno se desempeña como abastecedor principal de fibra de las grandes empresas productoras de hilo y prendas de alpaca, las cuales se encuentran ubicadas en Arequipa y Lima; Sin embargo, los ingresos que los alpaqueros reciben por la venta de fibra son reducidos comparados con los que se recibirían si es que se procesara la fibra en hilo o productos terminados, diferencia que puede ser aprovechada para

sustentar a sus familias, pues de esta actividad dependen entre el 70% a 80% del ingreso familiar anual. Esto se explica por la baja capacidad para transformar la fibra en sus diferentes subproductos como tops o hilo (Alzamora, 2017).

Además, existe una brecha muy importante entre los precios de venta entre la fibra, la mecha, tops e hilo la cual no es aprovechada por los productores al solo dedicarse a la venta de fibra de alpaca recién esquilada.

El problema principal más latente en la fibra de alpaca producida por los productores de Puno es la cantidad de impurezas en el hilo, esto se debe principalmente a un inadecuado proceso de apertura y limpieza de la fibra, ya que en estos procesos es donde la fibra puede eliminar impurezas vegetales, excremento, residuos minerales, además de quitar los copos que se presenta inclusive en las fibras más finas (Arciniega, 2013).

### **1.3 Objetivo general**

Desarrollar una propuesta de diseño de una máquina semi-industrial de apertura para la etapa de preproducción de hilo a partir de fibra de alpaca.

### **1.4 Objetivos específicos**

Los objetivos específicos del presente trabajo son:

1. Diagnosticar y analizar la situación actual del proceso de apertura de fibra de alpaca.
2. Identificar la tecnología existente referente al proceso de apertura de fibra de alpaca.
3. Elaborar una propuesta diseño de la máquina semi-industrial de apertura de fibra de alpaca.
4. Estimar la mejora esperada en la capacidad de producción de la máquina frente a la capacidad obtenida mediante el método manual.
5. Desarrollar el listado final de componentes de la máquina, identificando el componente más costoso a fin de proponer alternativas como recomendación.

6. Demostrar la viabilidad económica para el proyecto de fabricación de una máquina semi industrial de apertura de fibra de alpaca en la empresa JCALDERON E.I.R.L.- Puno.
7. En el análisis económico-financiero del proyecto, identificar mediante el análisis de tabla tornado y análisis de sensibilidad por variables, cuál es la principal cuenta del estado financiero que afecta más al proyecto y su rentabilidad, en base a la variación de sus indicadores económicos.
8. Incluir el componente riesgo durante su análisis económico-financiero mediante la simulación Montecarlo de cara a conocer la probabilidad de generación de valor del proyecto.
9. Elaborar manuales de montaje, uso y mantenimiento de la máquina.
10. Determinar el costo de mantenimiento y consume eléctrico promedio anual asociado y el porcentaje que representa del total del costo de la máquina
11. Proponer mejoras en el uso y mantenimiento de la maquinaria mediante la implementación de dispositivos Poka-Yoke.

## **1.5 Justificación técnica, económica, social e innovativa**

En este punto se muestra la justificación técnica, económica, social e innovativa del trabajo de investigación realizado.

### **1.5.1 Justificación técnica**

El proceso de apertura y limpieza de fibra de alpaca se viene realizando, según lo antes mencionado, siguiendo métodos convencionales, manuales y empíricos. Esto repercute en los resultados, afectando la calidad del producto final y, por ende, no cumpliendo los requisitos exigidos por el mercado nacional e internacional.

Actualmente, el nivel de industrialización de la fibra de alpaca alcanza hasta el proceso de hilado para luego poder producir prendas o accesorios; Sin embargo, el nivel utilizado en esta producción es mayoritariamente artesanal mecanizado eléctrico o también denominado nivel intermedio.

### **1.5.2 Justificación económica**

En cuanto a la producción de fibra de alpaca, según el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (2018), el Perú representa el 80% de la producción total a nivel mundial, donde se produce alrededor de 4 500 toneladas, de las cuales el 90% se industrializa a hilo y el 60% es exportado como tops y prendas.

El Perú exporta fibra e hilado como insumos para prendas con valor agregado, de calidad y que son vendidas por marcas tan prestigiosas internacionalmente. Donde se plantea un avance enfocado en la generación de marcas nacionales e internacionales que impulsen este rubro en el mercado mundial. Por eso se debe continuar con los estándares de alta calidad de Perú como proveedor de insumos de alta calidad desde el hilo y así favorecer el posicionamiento de la alpaca. (Romero, 2018). Por otro lado, el valor estimado que genera la fibra de alpaca se da en un 29% como tops, 200% por hilados y 700% por producción de prendas, así como fue mencionado por Pari (como se cita en Terroba, 2017).

Por lo expresado anteriormente, se justifica el diseño de una máquina de apertura y limpieza a fin de mejorar el proceso de preproducción y así generar un mayor valor agregado desde el insumo hasta el producto final.

### **1.5.3 Justificación social**

El desarrollo del diseño propuesto buscará aumentar la capacidad de producción del proceso de apertura de fibra de alpaca manual, impactando en el trabajo del operador al permitirle realizar un trabajo más eficiente y rápido y, por otro lado, se espera un incremento en los ingresos de los usuarios (individuales, microempresas, comunidades, entre otros).

### **1.5.4 Justificación innovativa**

Se justifica esta propuesta de diseño planteada en este estudio, en base a la necesidad de mejorar la calidad por medio de la reducción significativa de impurezas en la fibra, además de aumentar la eficiencia al pasar de un proceso manual a uno mecanizado-eléctrico que permitirá realizar la misma actividad en menos tiempo y con un mejor resultado.

Para esto, se recolectan fuentes necesarias y conocimientos técnicos de máquinas que han sido anteriormente diseñadas y prototipadas, pero a un nivel tecnológico distinto (industrial o artesanal) que servirán como base a las que se plantearán propuestas de mejora, y al final se seleccionará la mejor opción.

### **1.6 Hipótesis de investigación**

El diseño de la máquina de apertura permitirá realizar la actividad de apertura de fibra de alpaca a un nivel semi industrial.

### **1.7 Alcance de la investigación**

El alcance de la presente investigación abarcará hasta el diseño del prototipo de la máquina semi industrial de apertura de fibra de alpaca.

### **1.8 Limitaciones de la investigación**

El diseño de la máquina será guiado por el asesoramiento del equipo de investigación del Centro de Estudios en Innovación Textil, para luego ser aprobado y manufacturado por el equipo técnico del Contrato Fondecyt-Banco Mundial N° 089-2018. Por esto, la investigación se limita al diseño de la máquina, puesto que la posterior fabricación y ensamble se realizará en un estudio posterior.

En cuanto al diseño asistido por computador, se utilizará el software Inventor 2018 en su versión de prueba gratuita. Existen otros softwares de diseño de máquinas, sin embargo, estos requieren licencias profesionales a un costo muy elevado.

Referente al tiempo, se cuenta con un período máximo de 10 meses para la presentación de la tesis de investigación. Para que esto sea posible, se realizará un cronograma de actividades a fin de distribuir el tiempo eficientemente, abarcando cada uno de los puntos necesarios para el trabajo.

# CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LA TEORÍA

## 2.1 Fibras textiles

Según la Norma Técnica Peruana (NTP) 232.200:2007, las fibras textiles son materiales compuestos de filamentos, que pueden ser utilizados para la elaboración de hilos y conversión en telas, ya sea por tejido o procesos físicos químicos variados (INACAL, 2007). Estas fibras se clasificarán en naturales, artificiales y sintéticas. Este estudio se centrará en la fibra de alpaca perteneciente a las fibras animales que deriva del grupo de fibras naturales.

## 2.2 Fibras naturales

Las fibras naturales son obtenidas a partir de plantas o de animales. La mayoría de las fibras animales son utilizadas en telas textiles, mientras que las vegetales tienen un uso adicional como el de elaborar sogas.

Dentro de las fibras animales, tenemos a la lana considerar como una de las fibras textiles más antiguas. El término lana designa en general al pelo fino, que es suave rizado o ensortijado procedentes de ovejas. Por otro lado, en cuanto a la alpaca como a la cabra de Angola, el término más adecuado sería pelo o en su mayoría denominado fibra tal, la como lo afirma la NTP 231.301:2014 (INACAL, 2014). Estas fibras tienen características adicionales como finura, rizado, longitud, elasticidad, además poseen una superficie parecida a escamas y es ondulada,

Por otro lado, existe la seda del gusano que, por medio de un proceso de transformación, se obtiene un hilo muy resistente y extenso (puede alcanzar los 3 000 metros de longitud) y puede ser lavado con jabón y sal de sodio. Por último, tenemos las fibras vegetales, las cuales se encuentran envolviendo a las semillas de las plantas. Esta fibra posee características como finura, suavidad arrugada, brillo, pureza y solidez, además presenta elasticidad y resistencia a la tracción debido a higroscopicidad, extensibilidad de la fibra y su nerviosidad (Mondragón, 2002, pp. 1-3).

## **2.3 Fibras animales**

Las fibras de origen animal son generalmente proteicas, teniendo como característica principal la presencia de albúmina, contrastándose con las fibras vegetales ya que estas poseen celulosa en su composición. Por otro lado, al entrar en contacto con una llama viva, se desprende un olor característico a cuerno quemado y deja cenizas oscuras.

## **2.4 Alpaca**

En este punto, se detallan las características más resaltantes de la alpaca, desde su origen, contexto actual, razas, tipos de fibra, clasificación, características textiles, entre otros.

### **2.4.1 Origen de la alpaca**

La alpaca (del latín *Vicugna pacos*) es una variedad doméstica de camélido cuya derivación es incierta. La domesticación se ha realizado desde hace miles de años en Perú al ser atesoradas como en animal más importante para la civilización incaica. Su carne, fibra, huesos, cuero, grasa y excrementos eran utilizados por esta civilización de múltiples maneras. Además, en el ámbito religioso, eran los animales preferidos para ofrecer sacrificios a sus dioses.

Los textiles provenientes de la fibra de alpaca eran muy significativos para el imperio incaico pues tenían un valor social y religioso muy alto. Estas prendas referían a un estatus social muy alto y era reservado para los miembros de las familias del inca y sus funcionarios (PERURAIL, 2018).

### **2.4.2 Alpaca en la actualidad**

La alpaca es uno de los dos camélidos altoandinos domesticados en el mundo, cuya fibra destaca a Perú como primer productor. Actualmente el 87% de la población de alpacas se encuentra en Perú y se encuentran alrededor de 3,6 millones de alpacas.

El Perú es considerado como el primer productor de fibra de alpaca en el mundo, cuanta con el 87% de la población mundial, precediendo a Bolivia que posee el 9,5%. Además, se cuenta con un total de 3 685.516 cabezas de alpaca, donde el 99% pertenece a personas naturales y solo el 1% a organizaciones como empresas medianas y grandes, asociaciones comunidades, entre otras.

La distribución de la población se observa en 17 departamentos, teniendo a los más representativos a Puno (1 459.903 alpacas) y a Cusco (545 454 alpacas), seguidos de Arequipa (468 392), Huancavelica (308 586) y Ayacucho (230 910). La raza más predominante en esta región es la Huacaya (80.4% de la población total), mientras que la Suri solo el 12.2% y algunas cruza de 9.2% (Minagri, 2018).

### **2.4.3 Razas de alpaca**

La población de alpacas en Perú se divide en Huacaya y Suri, estas tendrán diferencias tanto en la apariencia como en las características propias de la fibra. A continuación, se detallará más acerca de las características de cada tipo de alpaca:

- Huacaya: La fibra de la alpaca Huacaya tiene un crecimiento ortogonal al cuerpo de la alpaca, tiene suavidad, es densa y posee rizos que le dan un aspecto esponjoso. En comparación con la alpaca Suri, las fibras de la Huacaya son más cortas.
- Suri: La fibra de la alpaca Suri tiene un crecimiento paralelo al cuerpo de la alpaca, formando también rulos a manera de flecos, posee suavidad, lustre, densidad más notorios que en la de la Huacaya. La alpaca Suri tiene una mejor calidad de fibra al tener ese aspecto sedoso y brillante.

También es importante mencionar que existen colores distintos y naturales de las alpacas, gracias a un manejo de genética y empadronamiento, se han ido registrando, llegando a un total de 22 tonalidades distintas (Arciniega, 2013).

## **2.5 Fibra de alpaca**

La fibra de alpaca es el pelo que cubre a la alpaca, constituida por fibras gruesas y finas, se observan distintas tonalidades en los colores desde el blanco al negro (Aguilar, 2012). Además, pertenece a la familia de fibras animales, las cuales se caracterizan por su gran contenido de humedad, lo que puede absorber la humedad del cuerpo no generando alguna sensación de discomfort.

Otra característica importante es la liviandad inclusive dentro de un volumen considerable, este factor junto con el brillo afecta la calidad del hilo como producto aportando brillo, suavidad global y lisura.

## **2.6 Calidad de la fibra de alpaca**

El valor de la fibra en el mercado dependerá de la finura y la longitud de la fibra, además de tener en cuenta sus características como resistencia, elasticidad, cantidad de rizo y uniformidad. La fibra incrementará su valor dependiendo del grado de procesamiento que se le haya dado. De ahí se genera, adicional a la fibra de alpaca propiamente, dos productos: como fibra cardada o peinada (Marsal et al, 2009).

La fibra cardada es el resultado del proceso de cardado en una máquina cardadora, que permite paralelizar las fibras y agrupándolas a fin de obtener las fibras en un conjunto ya sea a manera de un velo o una cinta. Por otro lado, en el sistema del peinado, las fibras son peinadas a fin de separar cualquier impureza y también separa las fibras cortas de las largas preparando a las largas para que se obtenga una cinta que luego pasará a ser hilada.

Las calidades de fibra de alpaca difieren según la percepción de procesadores y de los consumidores, esto puede diferenciarse según el uso destinado por cada uno. Como menciona McGregor (como se cita en Saldaña, 2017), al plantear un estándar de calidad para la fibra será necesario considerar los siguientes factores:

- Desempeño: Relacionado a las características requeridas para un uso específico.
- Conformidad: Realizar una evaluación a las específicas de las normas del producto.
- Estética: Cómo se siente al tacto, cómo se percibe visualmente.
- Percepción: Cómo se percibe la calidad del producto como intangible.

## **2.7 Clasificación y categorización de la fibra de alpaca**

La fibra de alpaca debe ser clasificada y categorizada a fin de identificar y pronosticar la calidad que tendrá nuestro producto después de su procesamiento. A continuación, se detallará acerca de la clasificación y categorización.

### 2.7.1 Clasificación de fibra de alpaca

La clasificación se define como la separación de la fibra en lotes con características iguales. Esta clasificación se realiza en el vellón y tiene el objetivo de separar la fibra en las distintas calidades y colores presentes en el vellón. Las calidades estarán definidas en función a la raza, finura, suavidad y limpieza. En el Perú, en la actualidad se da la clasificación de la fibra manual y visualmente contando con la experiencia de personal calificado para esta labor (Ver Figura 2.1)

Según la NTP 231.301:2014 referente a la Fibra de alpaca clasificada, esta clasificación se da por grupos de calidades siguiendo los siguientes criterios:

- i. Por la finura, se selecciona manual y visualmente según el micronaje requerido.
- ii. Por la longitud, se selecciona manual y visualmente las fibras largas de las cortas.
- iii. Por el color, se seleccionan manual y visualmente separando las distintas tonalidades hasta un total de 16 colores naturales.

**Tabla 2.1**

*Características de la fibra de alpaca según grupo de clasificación según NTP 231.301.2014*

Grupos de Clasificación	Finura	Largo (mm)	Humedad (% máx.)	Sólidos minerales (% máx.)	Grasa (% máx.)
Alpaca Super Baby	Igual o menor a 20	65	8	6	4
Alpaca Fleece	23,1 a 26,5	70	8	6	4
Alpaca Medium Fleece	26,6 a 29	70	8	6	4
Alpaca Huarizo	29,1 a 31,5	70	8	6	4
Alpaca Gruesa	Más de 31,5	70	8	6	4
Alpaca Corta	---	20 a 50	8	6	4

*Nota.* Extraído de la Norma Técnica Peruana NTP 231.301:2014 (INACAL, 2014).

Según De los Ríos (como se cita en Saldaña, 2017), se aprecia en la tabla 2.1, los grupos y los parámetros relevantes para su clasificación, en donde se muestran calidades inferiores (huarizo y gruesa), calidad superior (Baby alpaca) y las demás que serían clasificadas como fibras cortas o mermas.

## Figura 2.1

### *Clasificación artesanal de fibra de alpaca (manual)*



*Nota.* Obtenido de Proyecto de investigación Fondecyt C089-2018 (Proyecto Fondecyt Contrato 089, 2018).

## 2.8 Principales características de la fibra de alpaca

Para el procesamiento de la fibra de alpaca, será sumamente necesario tener en cuenta las características del lote a fin de tener un producto final de calidad. Sánchez (como se cita en Pucha & Vallejo 2017), resalta las siguientes características como las más importantes:

### 2.8.1 Diámetro

Característica más importante que determinará los usos finales de la fibra. Además, el Diámetro Promedio de la Fibra (Average Fiber Diameter o AFD en inglés) es considerada una de las más importantes características para determinar el precio de la alpaca. El diámetro determinará la finura de la lana, y este varía dependiendo de la región de la que fue extraída el vellón puesto que el diámetro no es uniforme en todas estas.

### 2.8.2 Largo

La longitud de la fibra de alpaca juega un papel importante que permite determinar si la fibra es apta para el proceso de cardado o peinado. Según Esta longitud varía de acuerdo con la edad, sexo y raza de los animales.

### 2.8.3 Resistencia

Bustinza (como se citó en De la Cruz, 2010) se refiere a esta propiedad como una propiedad de suma importancia pues es varias veces más resistente que otras fibras como la lana merina, mohair y otras fibras.

Es importante mencionar que el promedio de la resistencia a la extensión de la raza Huacaya es mayor que la de Suri, datos que son confirmados por el estudio realizado por Von Bergen y Mauersberger (1948)., además de mencionar otras características como el diámetro medio y el porcentaje de elongación (ver tabla 2.2)

**Tabla 2.2**

*Características físicas de la fibra de alpaca de raza Suri y Huacaya*

CARACTERÍSTICAS	SURI		HUACAYO	
	HÚMEDO	SECO	HÚMEDO	SECO
Diámetro medio	23,10	25,60	28,90	25,30
Máxima resistencia a la rotura (g/cm <sup>2</sup> x 10 <sup>6</sup> )	0,90	1,53	1,38	2,23
% Elongación	43,50	33,80	51,20	37,30

*Nota.* Datos extraídos de Von Bergen & Mauersberger (1948).

Como se observa en la tabla 2.2, la fibra de la alpaca Suri es menos elástica y tiene una menor resistencia a la rotura comparada con la Huacayo. Estos datos son de alto interés para procesos de cardado, peinado, tejido y acabado debido a las diversas tensiones generadas a lo largo del proceso.

#### **2.8.4 Calidad**

La calidad de la fibra es definida numéricamente por la Desviación Estándar del Diámetro Promedio de la Fibra (Standard Deviation of the Average Fiber Diameter o SDAFD en inglés), el cual permite describir el grado de variación al cual el Diámetro Promedio de la Fibra, y el Coeficiente de variación del Diámetro de la Fibra (Fiber Diameter Coefficient of Variation o FDCV en inglés), el cual permite conocer la amplitud relativa del diámetro de la fibra según el valor promedio de una muestra de fibra. (Paucar-Chanca et al, 2019, p.430)

### **2.9 Características textiles de la fibra de alpaca**

Para obtener una buena calidad en el proceso de transformación de la fibra de alpaca ya sea para obtener hilo, tejidos u otro uso en particular, será necesario considerar las características vinculadas. Las principales son:

#### **2.9.1 Coeficiente de variación del diámetro de la fibra (CVDF)**

El coeficiente de variación del diámetro de la fibra (en adelante CVDF) será útil para observar la respuesta animal ante el impacto del medio ambiente a lo largo del crecimiento de la fibra (Hansford, 1997). Según Adolfo & Ventura (2009), a mayor CVDF, mayor será la diversidad de diámetros en la muestra, lo cual demuestra lo disparejo del vellón.

En una investigación realizada por los investigadores Baxter y Cottle (como se cita en Adolfo & Ventura, 2009), en donde se realizaron datos relevantes de más de 100 mil muestras de vellón provenientes de Australia y Nueva Zelanda y se obtuvieron un CVDF entre 18 y 19%. Por otro lado, en un estudio realizado en Perú, se observó un CVDF de  $21,7 \pm 4,3$ .

Además, se muestra que no existe una variación significativa entre las razas, como se puede observar en el caso de la alpaca Huacaya con aproximadamente 21.2% según Vásquez et al (2015), mientras que en la raza Suri será de 21.4% (Quispe Huanca, 2016). Del mismo modo, el CVDF no es influenciado por el estrato etario ni el sexo de la alpaca

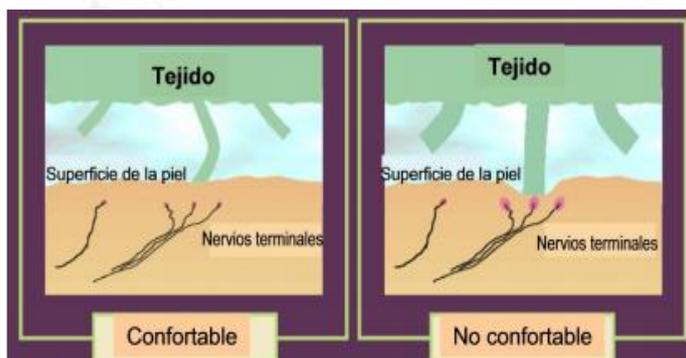
### 2.9.2 Factor de confort (FC) y factor de picazón (FP)

El factor o índice de confort (FC) o también denominado factor de comodidad, se define como el porcentaje de fibras menores a 30  $\mu\text{m}$  que tiene el vellón (McColl, 2004, pp. 164-168). Si se cumple que más del 5% de las fibras son mayores a 30  $\mu\text{m}$ , se concluirá que el tejido no es confortable debido a la picazón que percibirá el consumidor en la piel.

Por otro lado, el factor de picazón (FP) se define como el porcentaje de fibras que son mayores a 30  $\mu\text{m}$ ; Sin embargo, el FP no es considerado una característica técnica de la fibra de alpaca, sino una consecuencia del índice de confort. Cabe mencionar que, a manera industrial y comercial, se prefiere y requiere de prendas con un factor de confort superior al 95% o, en otras palabras, con un índice de picazón menor o igual a 5%.

**Figura 2.2**

*Representación gráfica del contacto entre un tejido y la piel humana*



*Nota.* Modificado de Garnsworthy et al. (1998) como se menciona en Quispe et al. (2013).

En la utilización de alguna prenda o el tacto de algún tejido, los terminales la fibra tienen contacto y presionan la superficie de la piel (ver figura 2.2). Esta fuerza que se aplica antes que la fibra se flexione, es altamente dependiente del diámetro y la longitud de emergencia. Cuando la fuerza sobrepasa los 100mg, los nervios que se encuentran bajo la piel son estimulados provocando incomodidad (Poma & Ventura, 2013, pp.6-8). En prendas normales confeccionadas a partir de fibra de alpaca, el diámetro promedio es de 21  $\mu\text{m}$ , pero existen algunas prendas con diámetros mayores a 30  $\mu\text{m}$ .

### **2.9.3 Índice de curvatura de la fibra**

La curvatura estará relacionada con la frecuencia del número de rizos, si la curva es menor a 50 grad/mm se la calificará como curvatura baja, si se encuentra en el rango entre 60 y 90 grad/mm tendrá una curvatura media y si excede los 100 grad/mm, curvatura alta (Holt C. , 2006).

En alpacas, el índice de curvatura de la fibra no es afectado por la edad, sexo o procedencia. Se observan resultados superiores a 38,8 grad/mm en alpacas de un año según lo reportado por Quispe Huanca (2016), además se obtuvieron valores entre 41,27 grad/mm y 43,43 grad/mm en alpacas de 2, 3 y 4 años. Por último, el factor sexo no tiene influencia en el índice de curvaturas al encontrarse resultados similares entre  $42.44 \pm 6,71$  y  $42,16 \pm 6,22$  grad/mm (Roque & Ormachea, 2018)

### **2.10 Nivel tecnológico del proceso de producción de hilo a partir de fibra de alpaca**

En la actualidad, la fibra de alpaca es procesada a un nivel artesanal pero ciertamente con una participación baja en el mercado en contraste con las grandes empresas como Michell Cía. y como Inca Tops, que generan exportaciones de más de US\$ 110 millones (Info Alpacas, 2016). A continuación, se detallará tanto el procedimiento tradicional como el industrial.

#### **2.10.1 Producción a nivel artesanal**

El proceso de apertura o escarmenado del pelo de alpaca en el sector artesanal, según lo menciona Villa (como se cita en Pucha & Vallejo, 2017), inicia con el esquilado del vellón de las alpacas utilizando herramientas como tijeras y sogas para luego acumular el pelo en bolsas de yute y pasar a la etapa de apertura que se realiza manualmente quitando el pelo del manto y abriendo la fibra, adicionalmente se realiza una limpieza ligera de la fibra en donde se eliminarán impurezas como minerales, arena, residuos vegetales, entre otros.

Posteriormente, como lo expresa la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (2006), una vez abierta la fibra se recomienda enmadejar<sup>1</sup> de la fibra puesto que el lavado de la fibra de alpaca solo se puede realizar después de que esté hilada o enmadejada, es por eso por lo que en esta etapa se habla sobre el lavado una vez enmadejada la fibra (Arciniega, 2013). En este proceso se colocarán las madejas en remojo en agua a aproximadamente 36°C, también se removerá la fibra para eliminar las impurezas.

Luego se colocan las madejas en el agua remojando en agua con detergente a aproximadamente 40°C, donde se tendrá que haber disuelto el detergente previamente. En algunas regiones del Perú, se utiliza una raíz denominada Santa, la cual al combinarse con agua genera espuma similar al jabón. En esta primera tina, se tendrá la fibra en remojo aproximadamente 15 minutos a fin de liberar la grasa, impurezas y suciedad presente en la fibra (Arciniega, 2013).

Si aún se encuentran restos de suciedad, se repetirá el proceso. Luego se enjuagará en agua fría hasta que el detergente haya sido enjuagado en su totalidad, aquí se estrujarán las madejas apretándolas suavemente eliminando el exceso de agua presente.

Por último, se guardan en bolsas que permitan el respirado de las madejas a fin de evitar la putrefacción de la fibra y, si fuere necesario, colocar unas antipolillas.

Luego, se procederá con el cardado<sup>2</sup> de la fibra, utilizando una máquina cardadora de madera que permitirá reducir, pero no eliminar la presencia de fibras cortas además de uniformizar la fibra. Posteriormente se realiza el enmadejado de la fibra a fin de proceder con el teñido de esta. En una tina con agua a aproximadamente entre 35°C y 45°C, donde se colocan colorantes naturales o artificiales y un fijador como piedra alumbre.

Una vez teñido el hilo, se pasará al bobinado, en el cual se elaboran los distintos hilos de distintas calidades, mezclas, colores y títulos. Este proceso es realizado en maquinarias hiladoras artesanales de madera.

---

<sup>1</sup> Enmadejar: Devanar un hilo dándole vueltas en una madejadora de madera o fierro.

<sup>2</sup> Cardado: Principal proceso para la obtención de buen hilo, en el que se estira y paraleliza la fibra. Extraído de Portilla (2017).

### **2.10.2 Producción a nivel industrial**

El proceso de apertura a nivel industrial inicia también en la esquila en donde será sumamente necesario contar con personal calificado y con vasta experiencia en esquila de animales, esto permitirá evitar cualquier daño al animal o a la fibra. La maquinaria para utilizar en este proceso Tijeras eléctricas, escobillas, trabas, balanzas entre otros instrumentos.

En el proceso de apertura de la fibra, se emplea una máquina abridora de fibra cuya capacidad dependerá del nivel tecnológico de la empresa. Entre los modelos se encuentran los modelos verticales, horizontales, con cargadora, con sistemas de inyección de aire, de doble tambor, entre otros. Se detallará más acerca de la tecnología de apertura en el próximo punto (ver punto 2.11).

La fibra que ingresa a la máquina pasa por un tambor con púas que permiten abrir la fibra, pues entra enredada lo cual evita que se pueda realizar una limpieza adecuada a fin de eliminar los residuos minerales, excremento y vegetales que pueda albergar.

Luego, se inicia el proceso de lavado y desengrasado, en donde la fibra pasará por tinajas industriales de metal con hélices que permiten transportar la fibra de tina a tina. El objetivo de esta etapa es la eliminación de contaminantes (aproximadamente un 40% del peso inicial (Wang et al., 2003).

La temperatura de la primera tina estará en el rango de 30 a 40°C, considerando que se debe realizar un movimiento continuo para evitar el enredo de la fibra. Posteriormente, se llevará a la segunda tina con una temperatura de 50°C aproximadamente, es necesario disolver el detergente en esta tina previo al paso de la fibra, este permitirá eliminar la grasa, el olor y cualquier tipo de suciedad a la fibra. En la siguiente tina, se tendrá agua fría a fin de eliminar todo el excedente de detergente, pero sin exprimir la fibra para evitar daños a la misma- Es importante recalcar, que el número de tinajas dependerá del nivel tecnológico de la empresa, es por ello que el número de tinajas estará entre 3 a 6 tinajas. Rosas (2012) afirma que el número óptimo de tinajas es 5.

Una vez finalizado el lavado, la fibra pasará a la etapa de secado donde la fibra pasará en bandejas metálicas a un horno de secado horizontal con una faja transportadora la cual permitirá que la fibra se seque por medio de la transferencia de calor por un sistema de alta presión entre 0,3 y 0,6 MPa.

El siguiente proceso por realizar es el de ensimado, por el cual la fibra es rociada con una sustancia compuesta por una mezcla de ácidos grasos naturales y polioxietilenos (aniónicos y otros productos iónicos compatibles con tensoactivos aniónicos y no). Esta sustancia concederá un alto poder de lubricación a la fibra para evitar fricción y estática a lo largo del proceso de hilado (Saldaña, 2017).

Posterior al ensimado, el cardado toma lugar en el proceso en donde se utiliza una máquina cardadora la cual paraleliza la fibra y la reúne en una capa denominada velo, el cual será desprendido por un peine batidor, luego pasará por cilindros acanalados o divisores para luego tomar la forma de cinta. Luego, tal como menciona Terroba (2017), se iniciará el proceso de estirado o también denominado pre-peinados, donde la cinta pasará por pasajes o también llamados gill intersectings donde la fibra es peinada. Algunas empresas poseen un total de 3 pre-peinados o estirados, para asegurar una mejor calidad de la fibra y obtener títulos más finos. En este caso es necesario utilizar una máquina de estirado y así lo confirma Terroba (2017).

Posteriormente, en la etapa de peinado propiamente la máquina o máquinas peñadoras toma acción, las cuales terminan de peinar la fibra y quitan restos muy pequeños además de quitar la fibra corta restante. El subproducto resultante de esta etapa será la fibra peinada o Top, el cual es un producto atractivo en el mercado. En cuanto al acabado que se le pueda dar al Top, los que se pueden aplicar distintos tipos de acabado como parafinado, alternación de colores, entre otros (Córdova, 2017).

Finalmente se procede con el hilado en donde los tops se convierten en hilo por la acción de la máquina hiladora. Como primer paso, la máquina hiladora actuará sobre el grosor del top, dándole continuidad y haciéndolo más fino. Segundo, se atrás la fibra a un conjunto de cilindros que le darán torsión a la fibra por el contacto con un brazo de presión. Por último, la torsión recibida se expande longitudinalmente a lo largo de la fibra, obteniéndose así el hilo.

## 2.11 Nivel tecnológico del proceso de apertura de fibra de alpaca

Actualmente en el mundo se encuentra una gran diferencia entre el nivel tecnológico del proceso de producción de fibra de alpaca puesto que se tiene o bien un nivel artesanal o un nivel a gran escala o industrial; Sin embargo, no se cuenta con un nivel semi industrial o semi automático como se mencionó en la justificación innovativa. A continuación, se detallará cada nivel tecnológico con su respectiva explicación.

### 2.11.1 Nivel artesanal (convencional)

El proceso de apertura a nivel artesanal consiste en abrir manualmente la fibra y limpiar residuos presentes en el vellón (ver Figura 2.3), estas son principalmente polvo o materia vegetal (Holt C. , 2014, pp. 18-19). El objetivo de esta etapa será de ordenar las fibras en una misma dirección y evitar copos o acumulaciones de fibras para así disgregarlos (Arciniega, 2013).

#### Figura 2.3

*Proceso de apertura artesanal en la empresa Mitchell Cía. en Arequipa*



*Nota.* Extraído de Holt C. (2014).

Por otro lado, como menciona Villa (como se cita en Pucha & Vallejo, 2017), en algunas comunidades alpaqueras se utilizan máquinas abridoras hechas a partir de madera contrachapada (ver figura 2.3), las cuales cuentan con un tambor con púas o puntas de metal, con una densidad aproximada entre 70 y 100 púas por pulgada cuadrada.

## **Figura 2.4**

### *Cortes de madera para tambor de púas y peines*

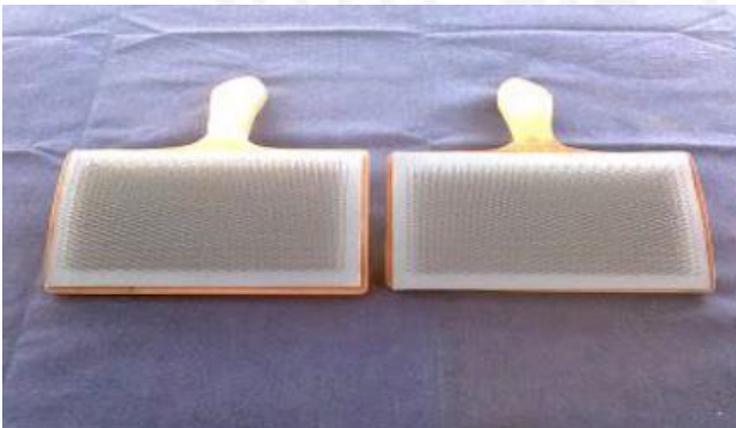


*Nota.* Extraído de Pucha y Vallejo (2017).

Además, se utilizan unas paletas o peines (ver figura 2.5) que poseen diminutas púas a fin de desenredar y darles una dirección a la fibra, así también se cumple un proceso, aunque no principal, de limpieza al observarse un desprendimiento de impurezas. Una vez que la fibra ya abierta se haya acumulado en el tambor, se realiza un corte de un extremo del tambor al otro, para así quitar manualmente la fibra ya abierta a manera de un colchón ligero.

## **Figura 2.5**

### *Peines de madera con púas*



*Nota.* Imagen extraída de Pucha y Vallejo (2017).

Por último, se observó que en casos como un la comunidad de Wawa Paqocha en Puno, se utiliza una máquina cardadora de madera (ver figura 2.6) compuesta por dos cilindros, un quitador y uno principal, esta máquina fue utilizada inicialmente como una ayuda o complemento para el proceso de apertura manual; sin embargo, fue relegada debido al alto tiempo y baja productividad que abarcaba realizar el procedimiento en esta máquina, debido a esto decidieron proseguir con el método manual (Proyecto Fondecyt Contrato 089, 2018).

### **Figura 2.6**

*Máquina abridora y cardadora de madera con púas de metal*



*Nota.* Máquina de apertura y cardado artesanal de madera y púas de metal. Localidad de Wawa Paqocha. Extraído de Proyecto Fondecyt Contrato 089 (2018).

#### **2.11.2 Nivel industrial**

En cuanto al nivel industrial del procesamiento de fibra de alpaca, a diferencia del artesanal, se observa la utilización de maquinaria de alto nivel tecnológico tal como lo demuestra Schmid (2006), quien menciona que, una vez esquilada la fibra, se observa restos de materia vegetal, sustancias alcalinas e insolubles, minerales, grasa y humedad. Luego, según los requerimientos en volumen del cliente, son dosificadas de acuerdo con la capacidad de producción de la máquina abridora.

Una vez dentro, la máquina (ver figura 2.7) remueve la arena y vegetales presentes por medio de un procedimiento mecánico que se basa en la rotación de un tambor con púas en contacto con una rejilla por donde irán las impurezas.

Además, Schmid (2006) menciona que la fibra muy fina no entra dentro del proceso debido a que el daño generado a esta sería muy grande. Se recomienda que la apertura no sea tan drástica a fin de evitar el posible afieltramiento de la fibra tal como menciona Wood (citado por Rosas A., 2012).

### **Figura 2.7**

*Máquina de apertura de fibra de alpaca del grupo Inca*



*Nota.* Extraído de Schmid (2006) en su visita al Grupo Inca en Arequipa, Perú.

Existe una amplia variedad de máquinas abridoras de nivel industrial, las cuales han sido modificadas para realizar tanto la apertura como limpieza(batido) de la fibra ya sea a través de sistemas de procesos mecánicos de rotación y contacto, o procesos apoyados por transporte neumático como inyección o extracción de aire.

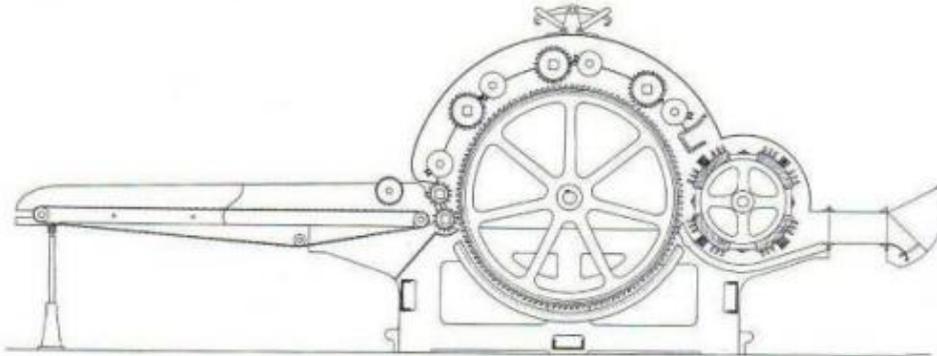
- **Maquinaria de apertura con procesamiento netamente mecánico**

En cuanto a los procesos mecánicos, Adot (2010) menciona equipos de apertura tales el Fearnought o también denominado “lobo carda” (ver figura 2.8), el cual es utilizado para abrir vellones con niveles de afieltramiento alto, a fin de prepararlos para la etapa de lavado y evitar cualquier dificultad en esa etapa. Por otro lado, se encuentra el equipo de apertura de doble cilindro (ver figura 2.9) planteado por Von Bergen W. (1969), el cual permitirá despedazar el vellón y facilitar su carga al lavadero, abrir la materia y limpiar la impureza.

Para este proceso es fundamental la diferencia de velocidades lineales entre los cilindros abridores, debido a que mayor diferencia de velocidades, mayor será la rotura generada en la fibra.

**Figura 2.8**

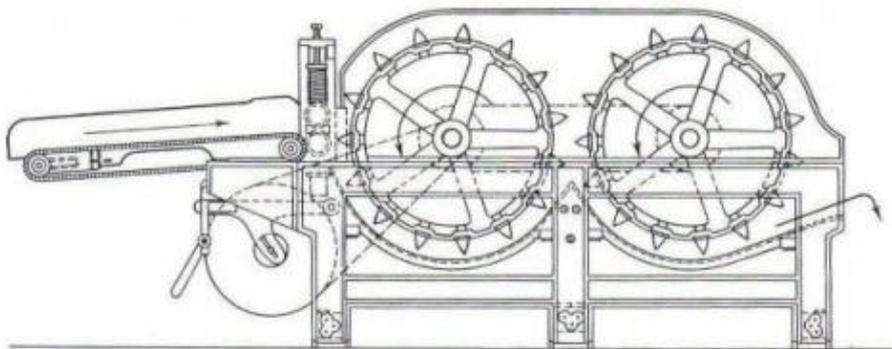
*Máquina "Lobo carda" o "Fearnought" de tambor principal*



*Nota.* Diseño extraído de Von Bergen W. (1969)

**Figura 2.9**

*Máquina lobo carda de doble tambor*



*Nota.* Diseño extraído de Von Bergen W. (1969)

Por lo general, se trabaja con un solo tambor; sin embargo, se recomienda mantener la diferencia de velocidades lineales lo más pequeña posible al igual que la densidad de las púas. Además, debe de ajustarse y probar la separación entre el(los) tambor(es) y la(s) rejilla(s) a fin de tener un óptimo grado de apertura de la fibra.

- **Maquinaria de apertura con procesamiento mecánico y transporte neumático**

En cuanto a las maquinarias con sistema de transporte neumático, se observaron tanto maquinarias de última tecnología como la máquina abridora de Ramella (o en inglés Ramella Picker-Opener)

I. Ramella Picker-Fiber Opener

Cuenta con un sistema de alimentación por medio de extracción de aire (ver figura 2.11, esta permite abrir eficientemente la masa de la fibra sin roturas, además de trabajar con una gran variedad de fibras cortadas. Esta cuenta con una roladora de acero que contiene cortes de madera insertados con miles de púas de acero (ver figura 2.10) que rota a una alta velocidad de 900 rpm. Por último, cuenta con un colector donde la fibra será almacenada en bolsas de dimensiones 100 cm x 100 cm x 150 cm, las cuales permitirán su fácil transporte a la zona de lavado, a la vez que disminuye la merma comparado con otras máquinas (Ramella, 2018).

**Figura 2.10**

*Ramella Picker-Fiber Opener*



*Nota.* Extraído de manuales de la compañía Ramella (2018)

## Figura 2.11

### *Sistema de almacenamiento de la máquina Ramella-Picker Fiber Opener*



*Nota.* Extraído de manuales de la compañía Ramella (2018)

## II. Máquina abridora de doble tambor Modelo YQ-FN150-SKS

A diferencia de las otras máquinas, La máquina abridora YQ-FN150-SKS (Ver figura 2.12 y 2.13) permite trabajar con distintos tipos de fibra, tales como alpaca, llama, camello, cashmere y oveja. Esto con una reconfiguración considerando distintas separaciones entre los cilindros.

La máquina cuenta con dos cilindros donde el primero o también denominado cilindro de apertura preliminar, permitiendo una descongestión para el segundo tambor que hará la fibra más mullida o suave a la vez que en ambos se obtiene un grado alto de limpieza de impurezas.

Adicionalmente, cuenta con órganos de limpieza o también denominados quitadores o descargadores para evitar la acumulación de la fibra y su posterior afieltramiento en la etapa de lavado. Qingdao Yuanquan Machinery Co. (2014) afirma que la alimentación en un sistema de doble cilindro reduce el daño de la fibra, además de darle un aspecto más mullido y ligero a la fibra. Además, es recomendable que la tarea del cilindro posterior sea netamente el de limpiar la fibra.

La máquina cuenta con un ancho de trabajo útil de 1020 mm, unas dimensiones de 3200 mm x 1900 mm x 1550 mm, un peso de 3,2 Ton y una potencia de 2.8 kW a fin de entregar una producción de entre 7 y 12 kg/h.

**Figura 2.12**

*Máquina abridora de doble tambor Modelo YQ-FN150-SKS*



*Nota.* Extraído de sitio web de Qingdao Yuanquan Machinery Co. (2014).

**Figura 2.13**

*Máquina abridora de doble tambor*



*Nota.* Extraído de sitio web de Qingdao Yuanquan Machinery Co. (2014).

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

### **3.1 Tipo de investigación**

La presente investigación tendrá un enfoque cualitativo debido a que bajo este enfoque el problema no sigue un proceso preestablecido con claridad, se presenta un conjunto de preguntas que no se han conceptualizado ni definido por completo puesto que existen posibles preguntas antes, durante y después de la recolección y análisis de los datos. Se trata de un proceso más flexible ya que tanto el problema, las preguntas y la hipótesis se van construyendo y refinándose conforme se recaban más datos, como resultado de un estudio continuo (Hernandez-Sampieri & Mendoza, 2019).

### **3.2 Diseño de la investigación**

El proceso investigativo es subdividido en etapas a fin de definir de qué manera se llegará al levante de los objetivos planteados.

Para el diseño de la máquina abridora de fibra de alpaca, se siguió una serie de etapas sin un orden estricto de ejecución; no obstante, previo a la realización de estas actividades se debe contar con bases a fin de desarrollar un sistema funcional. Por esto, se indagó sobre los principales requerimientos de los potenciales usuarios de la máquina a fin de asegurar el cumplimiento de los requerimientos mínimos para esta. Por otro lado, puesto que la presente investigación forma parte del Proyecto Fondecyt Contrato 089, se contó con la ayuda por parte de los investigadores y datos recolectados en visitas a Quimsachata y Wawa Paqocha en Puno, Perú. Adicionalmente, cabe recalcar la propuesta del estudio de mejoramiento del proceso actual de manejo de la fibra de alpaca dentro de las comunidades. Con el fin de afinar esta idea se plantea el problema (véase capítulo I), los objetivos tanto general como los específicos y las justificaciones del estudio.

La investigación actual: “ Propuesta de diseño de una máquina semi-industrial de apertura de fibra de alpaca” se enfoca en el proceso de apertura de la fibra el cual permite evitar el afieltramiento de la fibra en procesos posteriores como el de lavado, además reduce significativamente la presencia de impurezas, residuos minerales, polvo y demás que estén presentes en la fibra de alpaca, reflejándose la importancia de este proceso en un producto de calidad al tener un grado de contaminación mínimo posible.

El paso siguiente será el de la construcción del marco teórico (revisión de la literatura) asociado a este proceso, el cual se extrae de fuentes primarias y secundarias principalmente, para luego revisarlas, consultarlas y así extraer información que esté relacionada a temas como procesamiento de fibra de alpaca, apertura de fibras largas, hilado de fibras largas, procesamiento de fibras textiles, categorización de fibras textiles, entre otros.

El diseño del prototipo de maquinaria para la apertura de fibra de alpaca se realizó en el Software de diseño Inventor 2018. Este software permite conceptualizar ideas, crear modelos 3D y documentarlos para la vida real además de realizar pruebas virtuales variando parámetros, este tipo de pruebas varían desde el análisis de resistencia, optimización de forma y preparación de moldes (Autodesk, 2019). Por otro lado, permite modelar superficies de forma libre, ergonómica y permite hacer ajustes, conectar con otras superficies, crear piezas y ensamblajes de maquinarias haciendo que el diseño sea un diseño inteligente (Álvarez, 2015).

En este software se realizará el diseño de cada una de las piezas de la máquina y su respectivo ensamble a fin de determinar la factibilidad de los materiales, de la estructura, accesorios y, por lo tanto, del diseño en general.

A continuación, se detalla cada una de las actividades ejecutadas para cada objetivo de cara a solucionar el problema de nuestra investigación:

**Objetivo I:** Diagnosticar y analizar la situación actual del proceso de apertura de fibra de alpaca

Actividad I: Para diagnosticar la situación actual del proceso de apertura de fibra de alpaca se consulta en publicaciones científicas actualizadas relacionadas con el procesamiento de apertura de fibra de alpaca, apertura de fibra de alpaca, procedimientos artesanales y manuales.

Por otro lado, se recopiló información de fuentes primarias y relevante a partir de la visita a las comunidades de Wawa Paqocha y Quimsachata en el departamento de Junín en Perú.

Actividad II: El uso de la bibliografía se debe aprovechar al máximo debido a la falta de estudio en esta área específica de carácter semi-industrial (apertura a nivel industrial). La bibliografía permitirá tener datos válidos y adicional al marco teórico será útil para establecer una idea del proceso de apertura y el diseño de la máquina propuesta.

Actividad III: Una vez recopilada la información referente al nivel semi industrial, se buscará el nivel artesanal e industrial a fin de tener un panorama más completo del proceso de hilado de fibra de alpaca en cada uno de los niveles tecnológicos actuales.

Actividad IV: Con toda la información recopilada considerando cada uno de los niveles tecnológicos, se procede a realizar una tabla de comparación por proceso y por fuente recopilada a fin de facilitar la comparación de datos y la visualización del proceso de apertura según cada autor (ver Anexo 1).

**Objetivo II:** Identificar la tecnología existente referente al proceso de apertura de fibra de alpaca

Actividad V: En base a la recopilación informada, se extraerá la información referente a maquinaria del proceso de hilatura de fibra de alpaca. Esta información será resultado de la recopilación de maquinarias y dato técnicos a partir de catálogos de proveedores, páginas web de maquinarias textiles, tesis con temas relacionados, consulta a expertos, entre otros.

Actividad VI: Una vez recopilada la información, se realizará una división de la maquinaria a nivel tecnológico considerando también la capacidad de producción de cada una mientras sea posible, así se tendrán maquinarias a nivel artesanal e industrial.

Actividad VII: Se realizará fichas de especificaciones técnicas de los diseños propuestos (2) a fin de facilitar la lectura de sus características técnicas y tener una comparación visual más entendible de las mejoras (Ver Anexo 2 y 19).

**Objetivo III:** Elaborar una propuesta diseño de la máquina semi-industrial de apertura de fibra de alpaca.

Actividad VIII: En base a la teoría, bibliografía y datos técnicos definidos para la máquina de apertura semi-industrial de fibra de alpaca, se determinará las etapas del sistema (zonas), a fin de garantizar un diseño adecuado.

Actividad IX: Para la etapa de alimentación de la fibra, se determinará la posición y dimensiones finales de la telera de alimentación. Además, se propondrá la cantidad de fibra adecuada a ingresar en base a lo referido por otros autores, prototipos previamente diseñados y consulta a expertos. Luego, se detallará las características técnicas propuestas para los cilindros de alimentación con su respectiva guarnición.

Actividad X: Para la etapa de procesamiento, se analizará el diseño del tambor principal con guarnición rígida, el cual permitirá abrir la fibra además de la rejilla por la que caerán las impurezas. Además, se analizará el diseño del tambor quitador que permitirá expulsar la fibra hacia la boquilla de salida.

Actividad XI: Se analiza la mejor forma de implementar un mecanismo regulador para la puesta de cilindros de alimentación.

Actividad XII: Se analizará el sistema que se pueda implementar a fin de poder variar la velocidad de la telera, los cilindros alimentadores, el tambor principal y del tambor quitador, debido a que cada uno de los elementos posee distintas velocidades y se quiere evitar el uso excesivo de poleas y bandas en la máquina.

Actividad XIII: Para la etapa de salida, se realiza el mismo procedimiento que en la Actividad II, a fin de que la fibra pueda ser retirada hacia su posterior almacenamiento.

Actividad XIV: Para la bancada, se evaluará el diseño de los soportes laterales en los cuales serán colocados tanto la telera, los cilindros alimentadores, el tambor principal, el cilindro quitador, la guarda exterior e interior y demás accesorios.

Actividad XV: Una vez determinados los diseños anteriores, se realizan propuestas de mejora en las dimensiones de la máquina propuestas.

Actividad XVI: Se analizará el sistema de transmisión que permita la transmisión de movimiento entre el motor y los demás componentes giratorios (ejes de cilindros).

Actividad XVII: Para la etapa de control se diseña el tipo de sistema electrónico que permita manipular la máquina, el cual contará con botones pulsadores de encendido y apagado, variador de frecuencia y elementos de protección. El sistema propuesto deberá de ser sencillo y amigable en su uso, evitando cualquier tipo de preparación técnica adicional para su uso cotidiano.

**Objetivo IV:** Estimar la mejora esperada en la capacidad de producción de la máquina frente a la capacidad obtenida mediante el método manual.

Actividad XVIII: En base a la tecnología existente, bibliografía y modelos similares encontrados para otro tipo de fibras, estimar la capacidad de fibra de alpaca procesada (en kg/h).

**Objetivo V:** Desarrollar el listado final de componentes de la máquina, identificando el componente más costoso a fin de proponer alternativas como recomendación.

Actividad XIX: Realizar el listado de componentes de la máquina

Actividad XX: Detallar los servicios requeridos para los componentes y ensamblado de la máquina en el listado de componentes

Actividad XXI: Identificar el componente más costoso de la máquina, a fin de proponer, a manera de recomendación, una alternativa adicional.

**Objetivo VI:** Demostrar la viabilidad económica para el proyecto de fabricación de una máquina semi industrial de apertura de fibra de alpaca en la empresa JCALDERON E.I.R.L.- Puno.

Actividad XXII: Realizar entrevista al representante de la empresa JCALDERON E.I.R.L.

Actividad XXIII: En base a la información recopilada (en su mayoría, preguntas sobre estados financieros), proyectar el flujo de caja libre y flujo de caja del accionista para el horizonte del proyecto.

Actividad XXIV: Posteriormente, realizar el cálculo de indicadores de rentabilidad asociados al análisis (VAN, TIR, Beneficio-Costo y Período de recupero).

**Objetivo VII:** En el análisis económico-financiero del proyecto, identificar mediante el análisis de sensibilidad por variables y escenarios, cuál es la principal cuenta del estado financiero que afecta más al proyecto y su rentabilidad, en base a la variación de sus indicadores económicos.

Actividad XXV: Identificar las variables críticas del proyecto por medio de análisis de tabla tornado.

Actividad XXVI: Comprobar los resultados anteriores con un análisis de sensibilidad por variables.

**Objetivo VIII:** Incluir el componente riesgo durante su análisis económico-financiero mediante la simulación Montecarlo de cara a conocer la probabilidad de generación de valor del proyecto.

Actividad XXVII: En base a los flujos de caja y la alteración de las variables críticas del proyecto, se realizan 1000 iteraciones a los valores de las variables a fin de obtener la probabilidad de agregar valor al proyecto (análisis de cola derecha).

**Objetivo IX:** En cuanto al uso y mantenimiento de la maquinaria, elaborar manuales de montaje, uso y mantenimiento de la máquina

Actividad XXVIII: Elaborar manual de montaje de la máquina

Actividad XXIX: Desarrollar manual de uso y mantenimiento de la maquinaria

**Objetivo X:** Determinar el costo anual de mantenimiento y consumo eléctrico promedio asociado y el porcentaje que representa del total del costo de la máquina

Actividad XXX: Realizar planificación para el listado de componentes, servicios e insumos necesarios para el mantenimiento y preservación de la maquinaria.

Actividad XXXI: Realizar el presupuesto en base a lo planificado a fin de determinar costo anual y porcentaje respecto al costo de la maquinaria

Actividad XXXII: Estimar el consumo eléctrico promedio de la máquina a fin de obtener el costo anual para este.

**Objetivo XI:** Proponer mejoras en el uso y mantenimiento de la maquinaria mediante la implementación de dispositivos Poka-Yoke.

Actividad XXXIII: Identificar oportunidades de mejora para el uso y mantenimiento de la maquinaria a fin de evitar errores comunes, traducido en pérdidas de tiempo.

Actividad XXXIV: Estimar los costos asociados a las mejores Poka-Yoke propuestas.



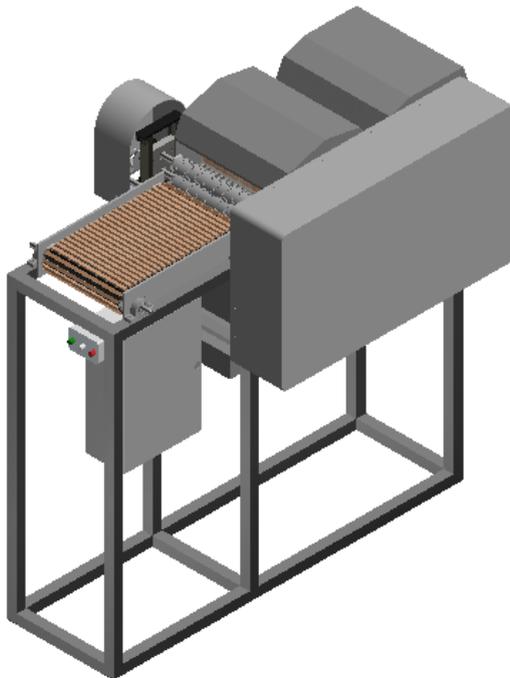
## CAPÍTULO IV: DISEÑO DE LA MAQUINARIA

### 4.1 Propuesta de diseño

La máquina de apertura semi-industrial de fibra de alpaca ha sido diseñada como se muestra en la figura 4.1. El sistema se compone por una zona de alimentación, un módulo de procesamiento (incluye un subsistema con un cilindro con púas para la apertura y una rejilla como vía de eliminación de impurezas por medio de una boquilla secundaria), mecanismo de salida (compuesto por un cilindro de salida o también denominado tambor quitador y una boquilla para la salida de fibra con dirección puntual), el sistema de transmisión de potencia, la bancada o soporte de la maquinaria, el sistema eléctrico y electrónico que permite la manipulación de la máquina (véase figura 4.2) y por último guardas de seguridad que eviten la exposición a peligros potenciales para el operario. Cada una de las partes se puede ver en el Anexo 19.

#### Figura 4.1

*Propuesta de diseño de máquina de apertura semi industrial de fibra de alpaca*



*Nota.* Elaboración propia

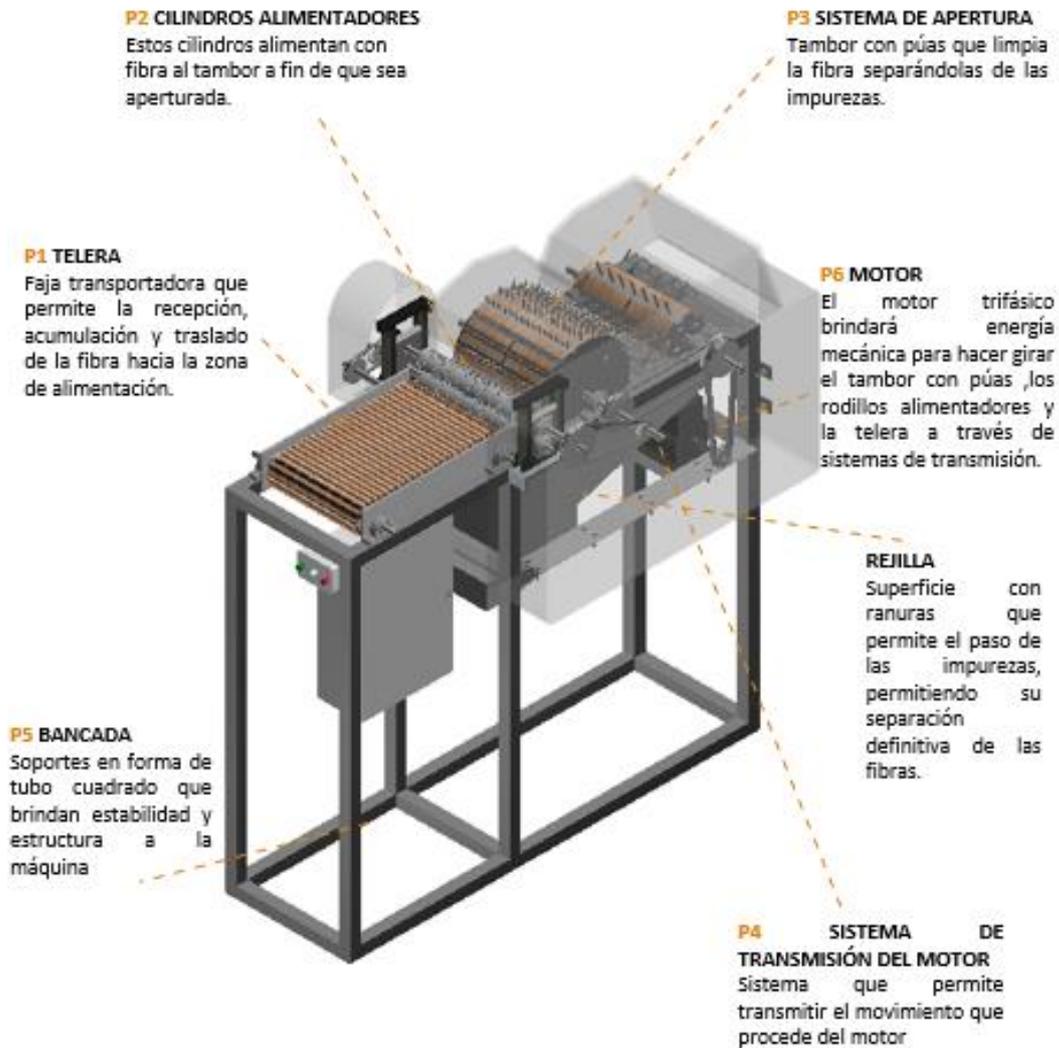
#### **4.2 Proceso de apertura de fibra de alpaca considerado el diseño de la máquina**

Con el uso de la bibliografía y visitas a plantas textiles, se determinó que el proceso de apertura de fibra de alpaca adecuado iniciará por el suministro de fibra por medio de una telera de madera tornillo, la cual llevará la fibra hacia un par de cilindros alimentadores acanalados que tendrán la función de recolectar la fibra y darle un espesor determinado para posteriormente llevarlos a la zona de procesamiento, compuesta por un tambor principal con púas en la zona superior y una rejilla de aluminio en la inferior del recorrido de la fibra. Por último, en la zona de salida o expulsión, se tendrá un tambor quitador que permitirá expulsar la fibra que ha sido procesada llevándola al exterior debido al giro que realiza además de una boquilla secundaria para la expulsión de impurezas. Se debe considerar que el tambor principal tenga la misma velocidad que el tambor quitador a fin de evitar acumulación de fibra entre los cilindros y la rejilla.

En la investigación presente, se determinó que la configuración de 2 cilindros (tambor principal y tambor quitador) sería la ideal pues se ajusta a una producción semi industrial. Por lo tanto, se espera que la máquina de apertura de fibra de alpaca tenga una producción de 2 kg por hora, tomando como referencia el doble de lo procesado por una máquina con una configuración que utiliza solo un brazo pendular como único elemento de apertura según lo analizado por Pucha y Vallejo (2017), el cual tiene una capacidad de procesamiento de 1 kg por cada 51.3 minuto con una merma de 5%. De esta manera, se espera un aumento de 100% en la capacidad de procesamiento frente a la única referencia de diseño a nivel semi industrial de una máquina de apertura, pero dirigido al trabajo con lana ovina. Esta referencia fue aceptada debido a la gran similitud entre la lana ovina y la fibra de alpaca y también por la falta de información para el trabajo con fibra de alpaca, argumentos mencionados anteriormente en el capítulo I. Además, la capacidad esperada de la máquina de apertura, considerando una merma del 5%, será 10 veces la capacidad actual que se lleva a cabo manualmente en el nivel artesanal (200 g/h).

## Figura 4.2

### Identificación de partes principales de la máquina



Nota. Elaboración propia

### 4.3 Diseño de la zona de alimentación

En esta etapa se mostrará el diseño de la telera de alimentación y los rodillos alimentadores, componentes principales para el abastecimiento de la fibra. Además, se mostrarán cada uno de los componentes estructurales para su soporte, a excepción de los rodamientos y chumaceras. Los materiales y dimensiones de cada uno de los componentes se resumen en la tabla mostrada a continuación (ver tabla 4.1):

**Tabla 4.1**

*Componentes de la zona de alimentación, materiales y mediciones*

Partes	Sub-partes	Material	Cantidad	Dimensiones (mm)			Diámetro (mm)		
				Long.	Ancho	Alto	Int.	Ext.	
<b>P1.1 Faja de telera</b>	P1.1.1	Tablillas de madera	Madera tornillo	58	15	385	10	-	-
	P1.1.2	Banda de transmisión de lona Monarca	Lona Monarca	1	1714.2	385	4	-	-
<b>P1.2 Cilindro de giro de telera</b>			Acero A53	2	-	400	-	25	100
<b>P1.3 Eje de giro de telera</b>			Acero H 1045	2	-	892.05(sup) 809.60(inf)	-	-	25
<b>P1.4 Soporte lateral de telera</b>			Madera triplay fenólica	2	650	18	150	-	-

*Nota.* Elaboración propia

La elección de la madera triplay fenólica se basó no solo en la recomendación de expertos textiles, sino también en la comprobación de las características técnicas de esta, tal como la alta resistencia a la ruptura que ofrece ( $57.85 \text{ N/mm}^2$ ) superior al valor de  $20 \text{ N/mm}^2$  exigido por la norma GB/T 17657-1999 (Sermaqui Perú, 2018). Sin embargo, la característica más resaltante de la madera triplay fenólica es su buena flexibilidad, cuyo módulo de elasticidad es de  $6.254 \text{ kN/mm}^2$  comparado a otras maderas como Pino que cuenta solo con un módulo de elasticidad de  $4 \text{ kN/mm}^2$  (Hermoso, 2001, pp.82-103). Esta flexibilidad permitirá trabajar y moldear las láminas en las formas deseadas (como cilindros o tablillas).

Por otro lado, posee una baja humedad de solo 5-10%, útil para el trabajo con la fibra y asegurar una larga vida útil de la madera al no presentar hinchazón o deterioro por humedad. Además, posee bajo costo (S/ 89.90 por plancha de 2 440mmx 1 220 mmx18mm) comparado con otras como la madera MDP o también denominada madera industrializada de densidad media (S/ 119.90 por plancha de 2140mmx 2500 mmx 18 mm) o la madera pino radiata (S/ 26.30 por tablas de 266.70 mmx 101.6 mmx 50 mm).

#### **4.3.1 Diseño de la telera de alimentación**

La telera de alimentación estará compuesta por una (1) faja de telera (P1.1 en figura 4.3), dos (2) cilindros de acero A53 dentados para el giro de la telera (P1.2 en figura 4.3), dos (2) ejes de giro de Acero H 1045 (P1.3 en figura 4.3), y dos soportes laterales de madera triplay fenólica (P1.4 en figura 4.3).

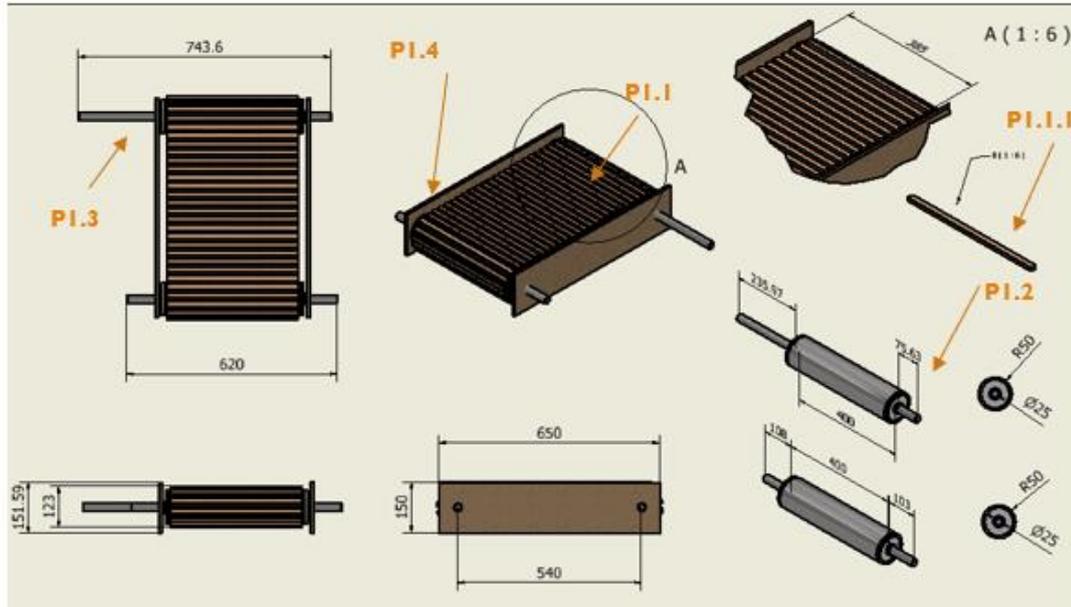
La faja de la telera está compuesta por tablillas de madera tornillo recomendadas por el fabricante debido al bajo costo y facilidad de trabajo de esta al tratarse de la elaboración de piezas pequeñas. Estas piezas van remachadas a una banda de transmisión de lona Monarca, las dimensiones de la faja y las tablillas de madera tornillo (P1.1.1 en figura 4.3) se observan en la tabla anterior (ver tabla 4.1). Por otro lado, se consideró un ancho y un largo efectivo de trabajo de 385 mm y 540 mm respectivamente (distancia entre centros de cilindros de telera).

En cuanto a los cilindros de giro de telera, se consideró un largo de 400 mm, diámetro exterior de 100 mm y un diámetro interior por donde pasará un eje de 892.05 mm de largo con diámetro de 25mm en el cilindro superior y de 811.60 mm de largo con 100 mm de diámetro exterior y 25 mm de diámetro de eje en el cilindro inferior.

Por último, los soportes laterales son los que evitarán que la fibra salga del ancho de trabajo y salga del curso normal, evitando así que caiga. Estos soportes tienen una dimensión de 650 mm x 150 mm x 18 mm y son de madera triplay fenólica.

**Figura 4.3**

*Componentes de zona de alimentación*



*Nota.* Medidas en milímetros. Elaboración propia

#### 4.3.2 Diseño de los cilindros alimentadores

Los cilindros alimentadores (P2.1 en figura serán los encargados de dar un espesor determinado a la fibra entrante, el cual será regulable gracias a un mecanismo regulador (ver figura 4.5), el cual permitirá un desplazamiento en el eje Z (altura) respecto al cilindro inferior. La separación adecuada para la entrada va desde los 5 a 20 mm. Los componentes con sus respectivos materiales y mediciones se observan en la tabla a continuación (ver tabla 4.2):

**Tabla 4.2**

*Cilindros alimentadores y mecanismo regulador, materiales y mediciones*

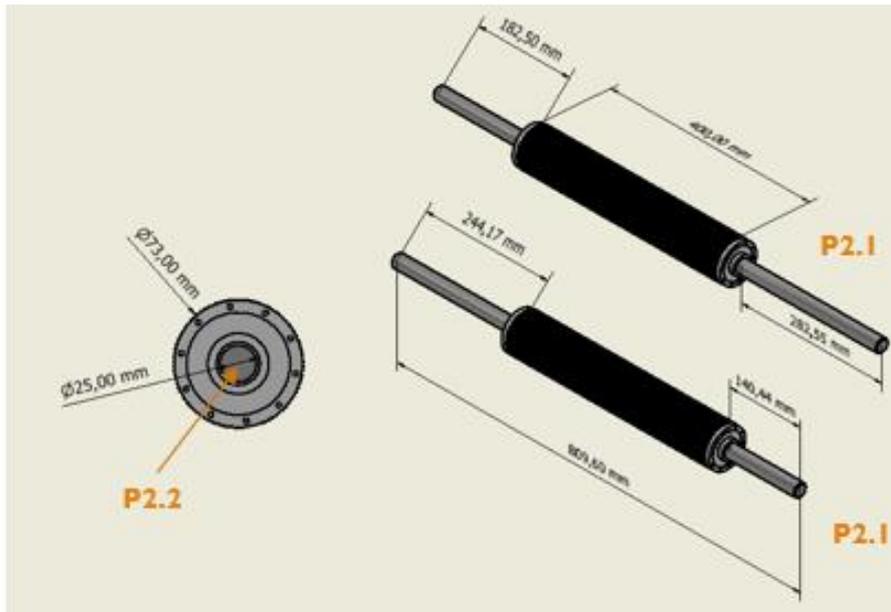
Partes	Sub-partes	Material	Cantidad	Long.	Dimensiones (mm)			Diámetro	
					Ancho	Alto	Int.	Ext.	
P2.1	Cilindros alimentadores	Acero A53	2	-	400	-	25	73	
P2.2	Eje de cilindro alimentador	Acero H 1045	2	-	811.60(inf) 892.05(sup)	-	-	-	25
P2.3	Mecanismo regulador separación	P2.3.1 Placa lateral	2	9	72	225	-	-	
		P2.3.2 Placa superior e inferior	2	9	72	193	-	-	

*Nota.* Elaboración propia

Los cilindros alimentadores tendrán un largo de 400 mm (ancho efectivo de trabajo respecto a la telera) y un diámetro de 73mm (ver figura 4.4). Además, a él se acopla un eje de 720 mm de largo con diámetro de 25 mm. Estos cilindros son acanalados a fin de facilitar el agarre de la fibra al ingresar.

#### Figura 4.4

*Cilindros alimentadores, vista isométrica y perfil*

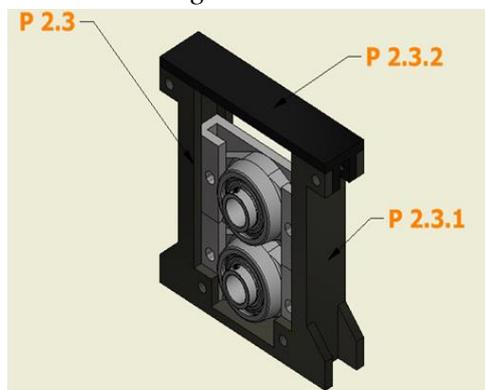


*Nota.* Medidas en milímetros. Elaboración propia

En cuanto al mecanismo regulador (P2.3 en figura 4.5), se tendrá una estructura de acero ASTM A36, la cual tendrá en su interior dos chumaceras de pared. Este mecanismo permitirá regular la entrada de fibra en base a regulación manual al mover el cilindro superior en el eje Z, distanciando el cilindro superior del inferior.

#### Figura 4.5

*Mecanismo regulador*



*Nota.* Medidas en milímetros. Elaboración propia

Además, se cuenta con más componentes cuyas características se encuentran en la tabla mostrada líneas abajo (ver tabla 4.3) como dos chumaceras de pared de dos pernos, arandela plana M10 y pernos de rodamiento M10.

**Tabla 4.3**

*Componentes del mecanismo regulador*

	Partes	Material	Cantidad	Dimensiones (mm)				
				Long.	Ancho	Alto	Diámetro	
							Int.	Ext.
P2.4	Chumacera de pared (pared - 2 pernos)	Fundición	4	124	70	38.80	25	-
P2.5	Pernos rodamiento M10	Acero negro	12	-	-	16	-	M10
E2.6	Arandela plana M10	Zinc	20	16	2	-	M10	-
E2.7	Tuerca M10	Zinc	12	19.6	17	8	M10	-

*Nota.* Elaboración propia

#### 4.4 Diseño de la zona de procesamiento

La zona de procesamiento será la encargada de realizar la apertura propiamente al interactuar, por la zona superior de contacto, la fibra con las púas de metal. Estas púas están ubicadas en una configuración de 15 púas por regleta, donde se tiene un total de 23 regletas distribuidas en el tambor. Por otro lado, por la zona inferior de contacto, mientras la fibra es abierta, las impurezas van cayendo por la rejilla metálica hacia un depósito que permitirá posteriormente desechar los residuos no deseados. A continuación, se muestra el detalle de las características de los componentes del tambor principal (ver tabla 4.4) con púas, la guarda inferior y superior y también la rejilla metálica (ver tabla 4.5).

**Tabla 4.4**

*Tambor principal con púas, componentes y materiales*

Partes	Sub-partes	Material	Cantidad	Dimensiones (mm)					
				Long.	Ancho	Alto	Diámetro		
							Int.	Ext.	
P3.1 Guarnición de púas de gran tambor	P3.1.1	Regleta de púas	Acero A36	23	25.4	387	12	-	-
	P3.1.2	Púas de apertura	Acero plata	345	-	-	46	-	10
P3.2 Gran tambor	P3.2.1	Madera para gran tambor	Madera triplay fenólica	3	-	18	-	25	400
	P3.2.2	Polea estructural de gran tambor	Acero A36	3	-	9	-	25	400
	P3.2.3	Eje de giro de gran tambor	Acero H 1045	1	892.05	-	-	-	25

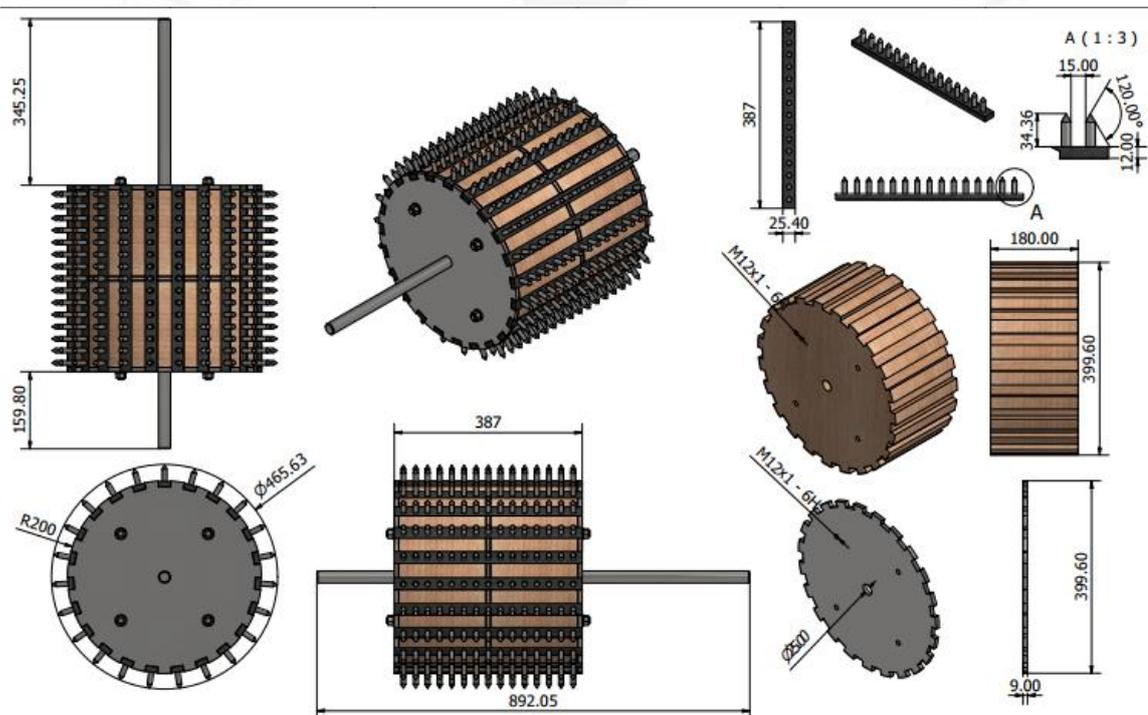
*Nota.* Elaboración propia

#### 4.4.1 Diseño del tambor principal con púas

El tambor principal con púas está conformado de partes de acero y de madera triplay fenólica (ver figura 4.6), con esto se podrá tener un tambor resistente y económico comparado a que sea completamente de acero. El tambor posee un diámetro de 400mm y una longitud de 387 mm. Cuenta con 23 regletas de acero A36, donde cada una contiene 15 púas del mismo material distribuidas a lo largo de la regleta espaciadas 50 mm entre sus centros (ver figura 4.7). Las púas tienen la función de abrir la fibra al tener contacto con ella. El desgaste del acero es despreciable al tratarse de pelo, no habiendo una fricción considerable con el acero ni requiriendo algún tratamiento especial para este.

**Figura 4.6**

*Tambor principal con púas, dimensiones*

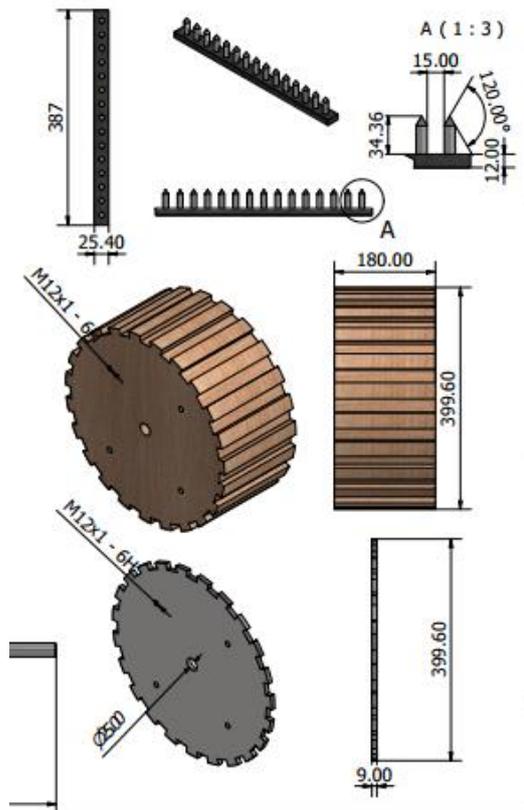


Nota. Medidas en milímetros. Elaboración propia

Además, se cuenta con una polea estructural de acero ASTM A36 (ver figura 4.7) y un eje de acero H 1045 de diámetro 25 mm para reforzar y unir las 20 placas de madera triplay fenólica que conforman el tambor. Estas últimas estarán unidas por cuatro tornillos espárrago o sinfín de acero inoxidable M12 y de 400 mm de longitud y reforzadas con arandelas planas M12 evitando el contacto directo de la cabeza del perno con la madera.

**Figura 4.7**

*Tambor principal con púas, componentes*



Nota. Medidas en milímetros. Elaboración propia

#### 4.4.2 Diseño de la guarda y rejilla metálica

La guarda es el dispositivo u objeto que evita la exposición a un peligro determinado, esta guarda puede ser una cubierta, reja o una estructura montada por encima o debajo de una maquinaria para proteger al personal (Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A., 2017). En el presente trabajo, se diseñó una guarda móvil envolvente<sup>3</sup> tanto superior como inferior para proteger ante la exposición de peligro de abrasión, cortes, impacto o cualquier contacto con los componentes internos de la máquina (tambor principal, quitador).

**Tabla 4.5**

*Guarda de seguridad y rejilla, componentes y mediciones*

Partes	Material	Cantidad	Dimensiones					
			Long	Ancho	Alto Espesor	Curvatura		
						R1	R2	
P3.5	Rejilla (zaranda)	Acero inoxidable	1	1452,42	400	2	271,50	205,51
P3.6. A	Guarda superior	Acero ASTM A36	1	922,7	550	3	25	-
P3.6.B	Guarda inferior	Acero ASTM A36	1	1152,85	450	3	-	-
P3.6.C	Guarda derecha	Acero ASTM A36	1	1200	268	700 3(esp)	-	-
P3.6. D	Guarda izquierda	Acero ASTM A36	1	298.9	180	70 (3 esp)	424	-

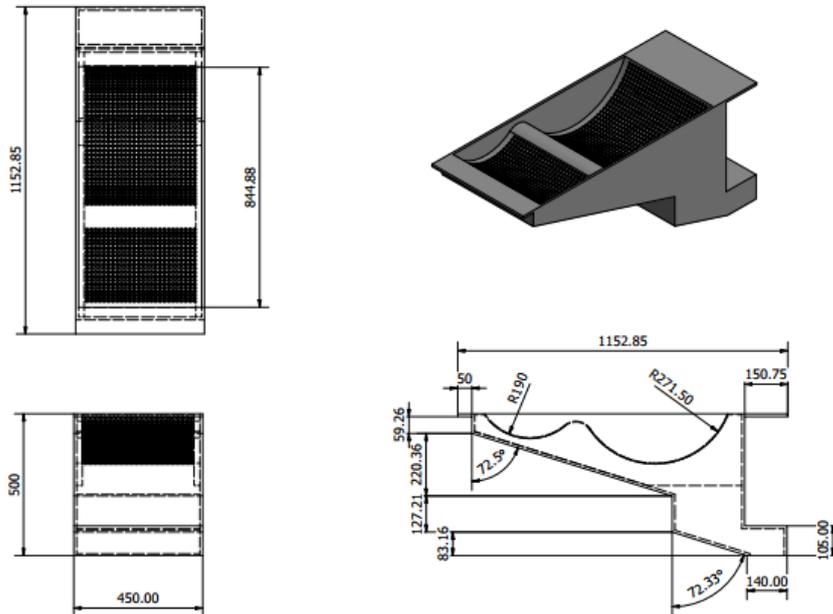
*Nota.* Mediciones en milímetros, *mm*. Elaboración propia

El material de la guarda inferior será de chapa metálica Acero ASTM A36 de 3 mm de espesor, con las dimensiones explicadas en la tabla 4.5. Esta guarda inferior (ver figura 4.8) estará unida a la rejilla por medio de soldadura MIG/MAG, esto debido a la facilidad de su ejecución, buena apariencia en el acabado, su aceptación a soldaduras de espesores entre 0,7 a 6 mm y la facilidad de soldar en todas las posiciones (Michelin, 2011). La rejilla (ver figura 4.8) posee las dimensiones según tabla 4.5. Las dimensiones de las guardas laterales (izquierda y derecha) se encuentran detalladas en el Anexo 2.

<sup>3</sup> Guarda envolvente: Guardas que previenen el acceso a zonas peligrosas por todos sus lados. En su mayoría son fijas, pero puede otorgarse acceso al utilizar enclavamientos apropiados (Granda, 2011).

**Figura 4.8**

*Guarda de seguridad inferior y rejilla, vistas y mediciones*

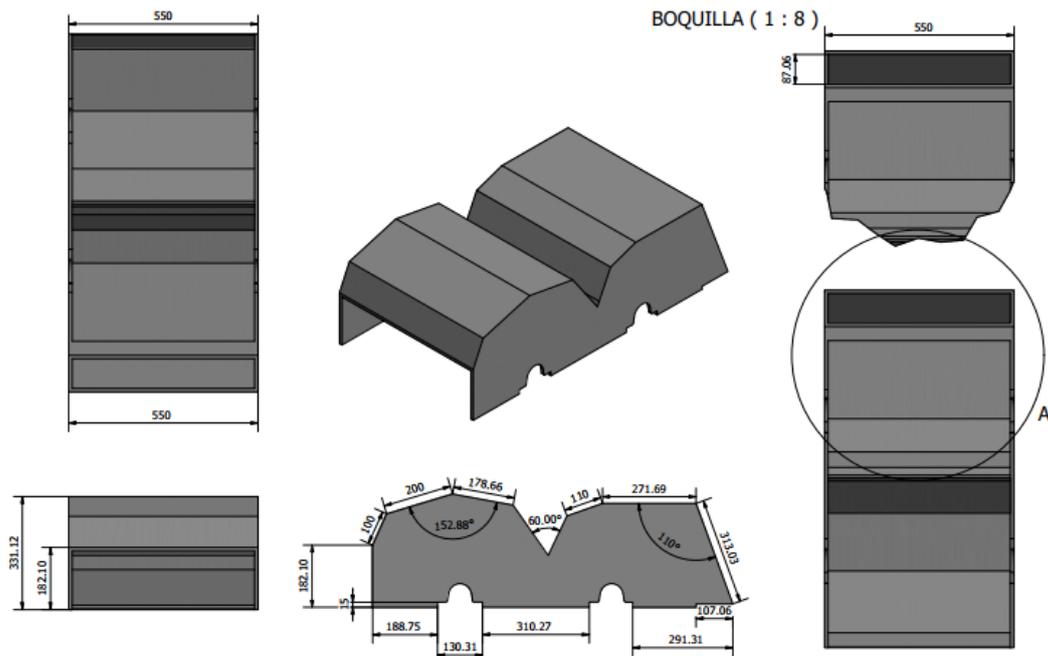


*Nota.* Medidas en milímetros. Elaboración propia

La superior (ver figura 4.9) también será de chapa metálica de Acero ASTM A36 de 3 mm de espesor diseñadas según las dimensiones establecidas en la tabla 4.5. Además, considera cuatro (4) espacios para las chumaceras.

**Figura 4.9**

*Guarda de seguridad superior, mediciones*



*Nota.* Medidas en milímetros. Elaboración propia

#### 4.5 Diseño de la zona de salida o expulsión

En la zona de salida, se destaca la acción del tambor quitador la cual será principalmente la de extraer la fibra ya procesada para expulsarla por la boquilla de salida. Además, se genera cierta apertura en la fibra al pasar desde el tambor principal al quitador. A continuación, se detallará el diseño del tambor quitador.

**Tabla 4.6**

*Tambor batidor, componentes y materiales*

Partes	Sub-partes	Material	Cantidad	Dimensiones (mm)					
				Long.	Ancho	Alto	Diámetro		
							Int	Ext	
P3.3 Guarnición de púas de tambor batidor	P3.3.1	Regleta de púas	Acero A36	6	25.4	387	12	-	-
	P3.3.2	Púas de apertura	Acero plata	42	-	-	81	-	10
	P3.4.1	Madera para tambor batidor	Madera triplay fenólica	1	-	18	-	25	170
P3.4 Tambor batidor	P3.4.2	Polea estructural de tambor batidor	Acero A36	3	-	9	-	25	170
	P3.4.3	Eje de giro de tambor batidor	Acero H 1045	1	766.20	-	-	-	25
E3.1	Espárrago (tornillo sin fin)		Acero inoxidable	8	400	-	-	-	M12
E2.3	Tuerca M12		Zinc	8	21.9	19	10	M12	-
E3.3	Arandela plana M12		Zinc	8	18	2	-	M12	-

*Nota.* Elaboración propia

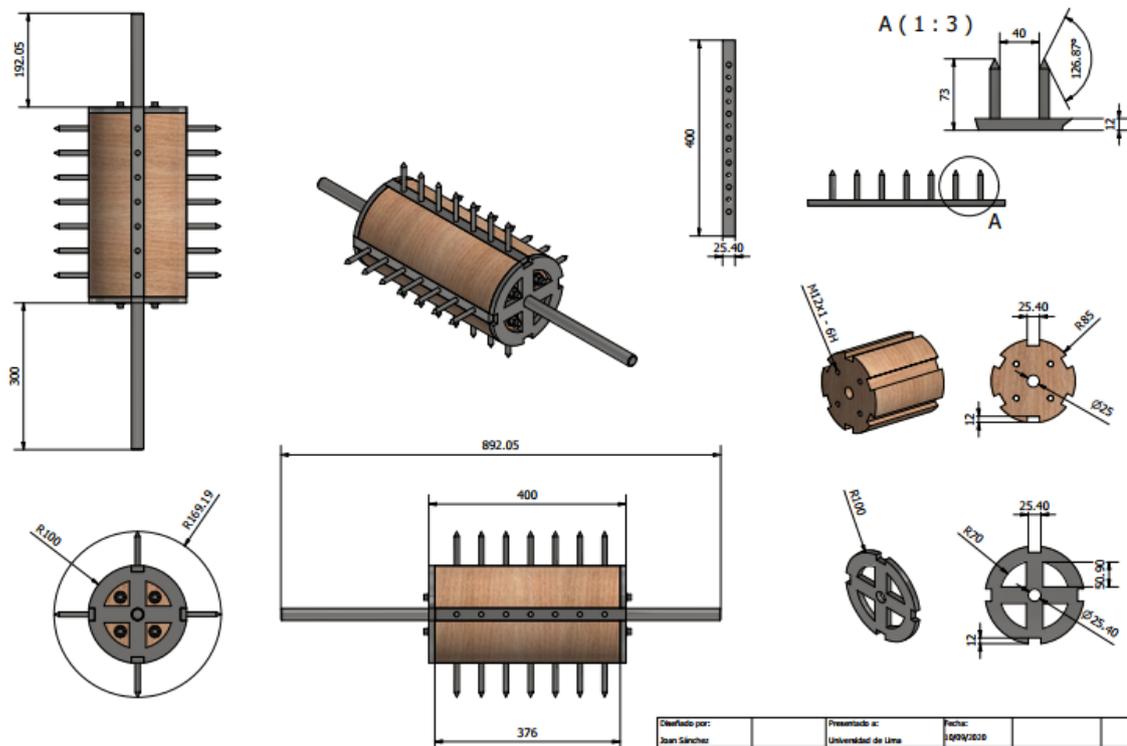
##### 4.5.1 Diseño del tambor quitador

El tambor quitador es el encargado de extraer la fibra del tambor principal con púas, otorgando adicionalmente a la máquina un proceso de apertura (secundario) debido a las púas que contiene similares a las del tambor principal. Este tambor permitirá expulsar la fibra por la boquilla de salida.

De manera similar al tambor principal, el tambor quitador (ver figura 4.10) cuenta con 6 regletas de acero ASTM A36 que contienen 7 púas del mismo acero en cada una, teniendo un total de 42 púas en el cilindro. Además, la estructura del tambor está conformada por madera (interior) y acero ASTM A36 (polea estructural), un eje de acero H1045 de 766.20 mm de longitud 8 tuercas M12 con sus respectivas arandelas planas M12 y 4 tornillos espárrago o sinfín para unir las placas de madera interior con la polea estructural.

**Figura 4.10**

*Tambor quitador, componentes y materiales*



*Nota.* Medidas en milímetros. Elaboración propia

#### 4.6 Diseño del sistema transmisión propuesto

El sistema de transmisión estará conformado por 7 poleas, 5 fajas y 2 piñones que permitirán transmitir la potencia suministrada desde un motor de 0.5 HP que trabaja a 1800 rpm. En la figura 4.11 se muestra la distribución de estas desde la vista perfil para cada lado de la máquina.

Para lograr un buen funcionamiento del sistema se debe considerar, como lo analiza Portilla (2017), las alternativas de transmisión tal como indica la tabla 4.7. Como se observa en la tabla, no existe una diferencia a gran escala entre los cuatro tipos de transmisión; Sin embargo, se optó por la correa en “V” al permitirnos tener un nivel de ruido muy bajo, una alta eficiencia y una capacidad de transmisión suficiente para el trabajo que se desea realizar a un precio accesible.

Una vez que conocemos el tipo de transmisión a utilizar, se procederá a seleccionar el modelo de polea. En este caso, el tipo de polea a utilizar será una polea en V y la correa será de tipo trapezoidal. Para determinar la longitud de la correa se deberá tener en cuenta tres datos importantes: la distancia entre centros, el diámetro de la polea mayor y el diámetro de la polea menor y la disponibilidad de los materiales ofrecidos por los proveedores en el mercado.

**Tabla 4.7**

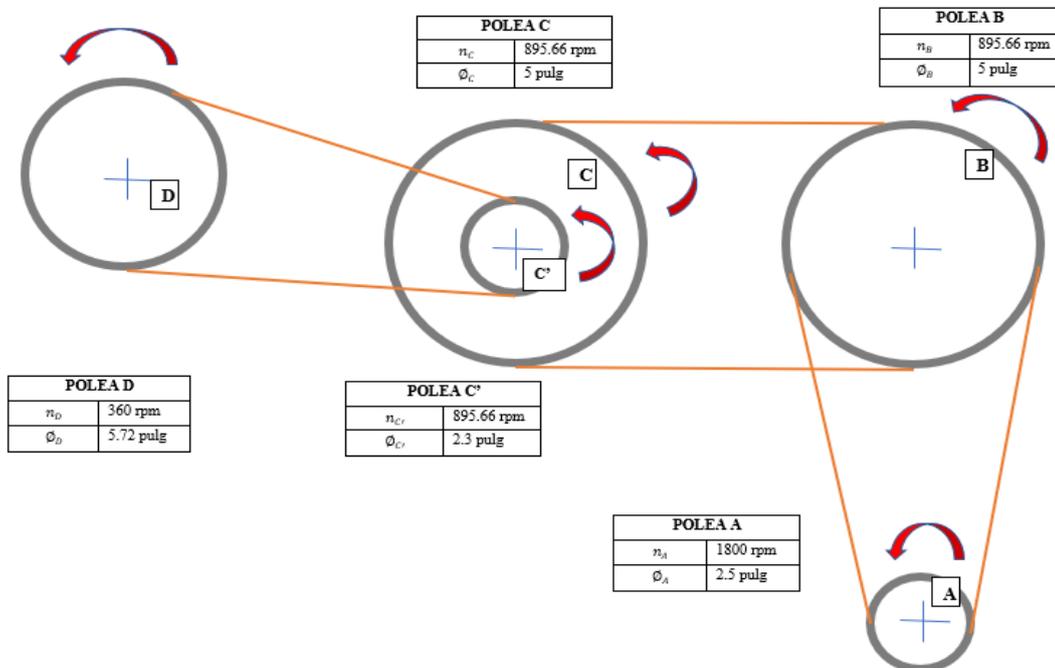
*Tipos de transmisión*

Tipo de transmisión	de	Por cadena	Por correa dentada	Por correa en V	Por correa plana
Ruido		Alto	Bajo	Muy bajo	Muy bajo
Eficiencia		98%	99%	96%	97%
Longitud de correa	de	Libre	Dependiente	Normalizada	Libre
Sincronismo		Sí	Sí	No	No
Costo inicial		Alto	Moderado	Bajo	Bajo
Necesidad de tensado	de	Alguna	Escasa	Alguna	Alguna
Capacidad de transmisión	de	Muy alta	Alta	Media	Media

*Nota.* Extraído de Portilla (2017, p.43).

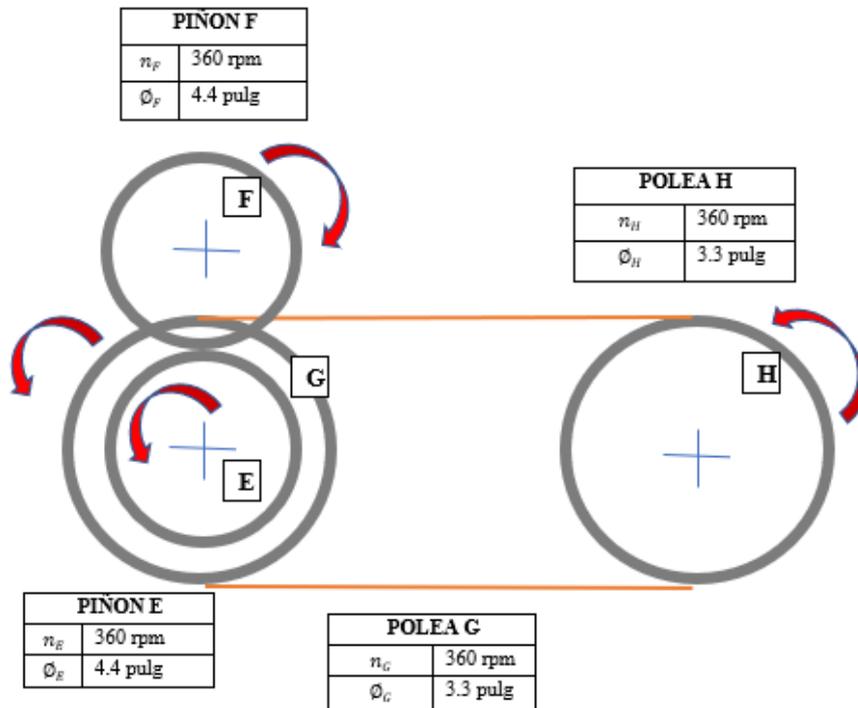
**Figura 4.11**

*Diagrama general del sistema de transmisión, vista perfil*



(continúa)

(continuación)



Nota. Elaboración propia

#### 4.6.1 Cálculo de velocidad del sistema de transmisión de poleas

En este punto, se procede a calcular la velocidad en cada una de las poleas hallando también el diámetro más adecuado para las mismas.

##### 4.6.1.1 Cálculo de velocidad y relación entre las poleas A y B

La relación entre las poleas A y B se dará en base a las siguientes ecuaciones:

$$N_A * D_A = N_B * D_B \quad (3.1)$$

$$I_{AB} = \frac{N_A}{N_B} = \frac{D_B}{D_A} \quad (3.2)$$

Donde:

$N_A$ : Número de revoluciones de la polea motriz (rpm)

$D_A$ : Diámetro de la polea motriz (mm)

$N_B$ : Número de revoluciones de la polea arrastrada (rpm)

$D_B$ : Diámetro de la polea arrastrada (rpm)

$I_{AB}$ : Relación de transmisión

Reemplazando en ecuación (3.1), se obtiene:

$$1800 \text{ rpm} * 65 \text{ mm} = N_B * 121.92 \text{ mm}$$

$$N_B = 895.66 \text{ rpm}$$

Reemplazando luego en la ecuación (3.2), se tiene:

$$I_{AB} = 1.875$$

#### 4.6.1.2 Cálculo de velocidad y relación de transmisión entre las poleas B y C

Análogamente, se procede a calcular la velocidad y relación de transmisión entre las poleas B y C según las siguientes ecuaciones:

$$N_B * D_B = N_C * D_C \quad (3.3)$$

$$I_{BC} = \frac{N_B}{N_C} = \frac{D_C}{D_B} \quad (3.4)$$

Donde:

$N_B$ : Número de revoluciones de la polea B (rpm)

$D_B$ : Diámetro de la polea B (mm)

$N_C$ : Número de revoluciones de la polea C (rpm)

$D_C$ : Diámetro de la polea C (mm)

$I_{BC}$ : Relación de transmisión

Reemplazando en ecuación (3.3):

$$895.66 \text{ rpm} * 121.92 \text{ mm} = N_C * 121.92 \text{ mm}$$

$$N_C = 895.66 \text{ rpm}$$

Luego, reemplazando en (3.4):

$$I_{BC} = 1$$

#### 4.6.1.3 Cálculo de velocidad y relación de transmisión entre las poleas C' y D

Se procede a realizar los cálculos con las siguientes ecuaciones:

$$N_{C'} * D_{C'} = N_D * D_D \quad (3.5)$$

$$I_{C'D} = \frac{N_{C'}}{N_D} = \frac{D_D}{D_{C'}} \quad (3.6)$$

Donde:

$N_{C'}$ : Número de revoluciones de la polea C' (rpm)

$D_{C'}$ : Diámetro de la polea C' (mm)

$N_D$ : Número de revoluciones de la polea D (rpm)

$D_D$ : Diámetro de la polea D (mm)

$I_{C'D}$ : Relación de transmisión

Reemplazando en ecuación (3.5), se obtiene:

$$895.66 \text{ rpm} * 58.42 \text{ mm} = N_D * 145.345 \text{ mm}$$

$$N_D = 360 \text{ rpm}$$

Por lo tanto, en (3.6) se tiene:

$$I_{C'D} = 2.488$$

#### 4.6.1.4 Cálculo de velocidad entre los piñones E y F

Para calcular la velocidad y relación de transmisión entre los piñones E y F (conectan eje del cilindro alimentador inferior con el del superior), se debe tener en cuenta que el piñón E transmitirá movimiento al piñón F, ambos giran a 360 rpm pues se desea mantener el mismo número de rpm en el cilindro en ambas poleas para tener una alimentación de fibra uniforme. Se procede a realizar los cálculos utilizando las siguientes ecuaciones:

$$n_E * Z_E = n_F * Z_F \quad (3.7)$$

$$I_{E/F} = \frac{N_E}{N_F} \quad (3.8)$$

Donde:

$n_E$ : Número de revoluciones del piñón E (rpm)

$Z_E$ : Número de dientes del piñón E

$n_F$ : Número de revoluciones del piñón F (rpm)

$Z_F$ : Número de dientes del piñón F (mm)

$I_{EF}$ : Relación de velocidades

Reemplazando en ecuación (3.7), se obtiene:

$$360 \text{ rpm} * 18 = N_E * 18$$

$$N_D = 360 \text{ rpm}$$

Por lo tanto, en (3.8) se tiene:

$$I_{EF} = 1$$

#### 4.6.1.5 Cálculo de velocidad y relación de transmisión entre las poleas G y H

Se procede a realizar los cálculos con las siguientes ecuaciones:

$$N_G * D_G = N_H * D_H \quad (3.9)$$

$$I_{GH} = \frac{N_G}{N_H} = \frac{D_H}{D_G} \quad (3.10)$$

Donde:

$N_G$ : Número de revoluciones de la polea G (rpm)

$D_G$ : Diámetro de la polea G (mm)

$N_H$ : Número de revoluciones de la polea H (rpm)

$D_H$ : Diámetro de la polea H (mm)

$I_{GH}$ : Relación de transmisión

Reemplazando en ecuación (3.9), se obtiene:

$$360 \text{ rpm} * 83.82 \text{ mm} = N_G * 83.82 \text{ mm}$$

$$N_G = 360 \text{ rpm}$$

Por lo tanto, en (3.10) se tiene:

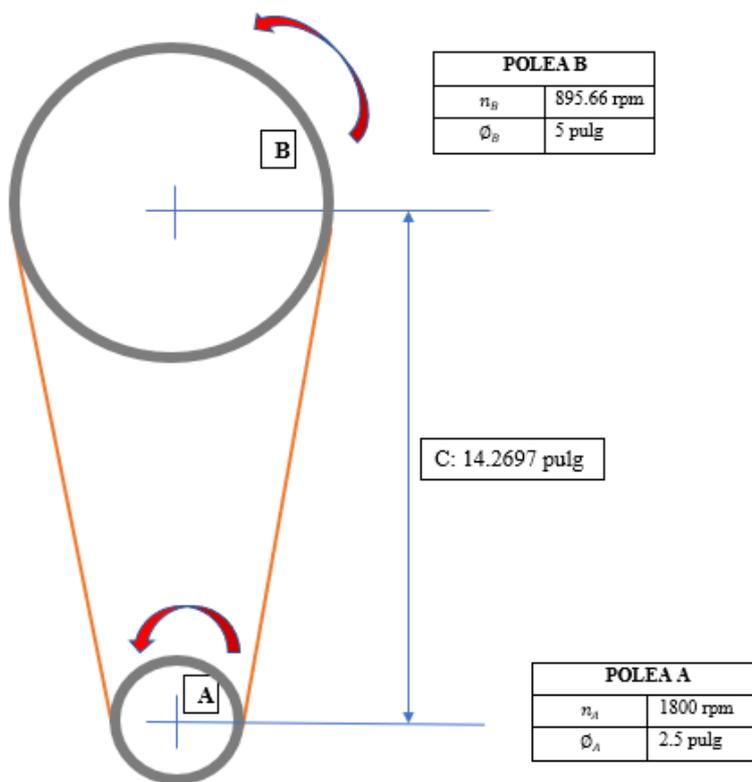
$$I_{FG} = 1$$

#### 4.6.2 Transmisión de potencia de fajas entre las poleas A y B

En este punto, se realiza el cálculo de la potencia transmitidas entre las fajas de las poleas A y B (ver figura 4.12)

**Figura 4.12**

*Transmisión de potencia entre polea A y B*



*Nota.* Elaboración propia

#### 4.6.2.1 Procedimiento de cálculo

En este punto, se muestra el proceso para el cálculo de la transmisión de potencia de faja entre las poleas A y B según los siguientes pasos:

##### a. Potencia de diseño

$$HP_d = HP * f.s. \quad (3.11)$$

Donde:

$HP_d$  : Potencia de diseño (HP)

HP : Potencia del motor (HP)

f. s. : Factor de servicio para transmisión por faja en V

Reemplazando los siguientes datos:

$$HP : 0.5 HP$$

f. s. : 1.4 (Factor de servicio para correas de maquinaria textil con uso intermitente, ver Anexo 4)

Reemplazando en (3.11):

$$HP_d = 0.5 HP * 1.4$$

$$HP_d = 0.70 HP$$

$$HP_d = 522.2 W$$

##### b. Selección de la sección de la faja

$$HP_d = 0.522 KW$$

$$rpm = 1800$$

La polea B a considerar tendrá 2 canales a fin de conectar posteriormente con la polea C. Habiendo considerado esto, del Anexo 5 se obtiene la faja de la sección A.

**c. Relación de transmisión**

$$I_{AB} = \frac{RPM_{+A}}{RPM_{-B}} \quad (3.12)$$

$$I_{AB} = \frac{1800 \text{ rpm}}{895.66 \text{ rpm}}$$

$$I_{AB} = 2.00969$$

**d. Selección de los diámetros de paso**

$$D_A = 65 \text{ mm} * \frac{1 \text{ pulg}}{2.54 \text{ cm}} * \frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ mm}} = 2.56 \text{ pulg}$$

$$D_B = 121.92 \text{ mm} * \frac{1 \text{ pulg}}{2.54 \text{ cm}} * \frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ mm}} = 4.8 \text{ pulg}$$

De la ecuación (3.2) se tiene:

$$D_B = I_{AB} * D_A$$

El diseño de la polea se realiza en base al criterio del diseñador y la oferta en el mercado interno. En base a los datos obtenidos en los cálculos anteriores, se procede a definir el diseño de las poleas a tipo estándar de sección A (ver Anexo 5) donde el diámetro exterior de la polea B se ajusta a 5 pulgadas o 127 mm (Estándar)

$$D_A = \frac{D_B}{I_{AB}}$$

$$D_A = \frac{5 \text{ pulg}}{2.00} = 2.5 \text{ pulg}$$

Recalculando  $I_{AB}$ :

$$I_{AB} = \frac{D_B}{D_A} = \frac{5 \text{ pulg}}{2.5 \text{ pulg}} = 2$$

$$\text{error} = \frac{2.00969 - 2}{2.00969} * 100\% = 0.48\% \leq 1\% \text{ (Ok!)}$$

En resumen, los diámetros de poleas A y B serán:

$$D_A = 2.5 \text{ pulg}$$

$$D_B = 5 \text{ pulg}$$

**e. Selección de longitud estándar de la faja**

Para seleccionar la longitud estándar de la faja debemos considerar la distancia entre los centros de las poleas, los cuales serán calculados en base a las recomendaciones de los fabricantes de poleas y fajas (ver figura 4.13), los que proponen una distancia “recomendada”, una mínima y otra máxima. Trabajaremos con un valor de distancia entre centros mayor o igual al mínimo recomendado para demostrar desde que valor se corrobora la viabilidad técnica de la misma.

**Figura 4.13**

*Distancias entre centros recomendadas por el fabricante de poleas*

Dist. "Recomendada":  $C = 1,5 (D + d)$   
Dist. "Máxima":  $C = 2 (D + d)$   
Dist. "Mínima":  $C = 0,7 (D + d)$   
C= Distancia entre centros.  
D= Diámetro polea mayor.  
d= Diámetro polea menor.

*Nota.* Extraído de Intermecc® (2019)

En base a lo anterior, se tiene:

$$0.7(D_A + D_B) \leq C \leq 2(D_A + D_B) \quad (3.13)$$

Donde:

$D_B$ : Diámetro de la polea mayor.

$D_A$ : Diámetro de la polea menor.

C: Distancia entre centros de la polea

Reemplazando en (3.13), se tiene:

$$0.7(2.5 \text{ pulg} + 5 \text{ pulg}) \leq C \leq 2(2.5 \text{ pulg} + 5 \text{ pulg})$$

$$5.25 \text{ pulg} \leq C \leq 15 \text{ pulg}$$

Para el diseño se asume en forma tentativa la distancia entre centros de:

$$C \approx 13.98 \text{ pulg}$$

Para calcular la longitud aproximada de la faja, se utilizará la siguiente ecuación:

$$L_{AB} \approx 2C + 1.57(D_A + D_B) + \frac{(D_A + D_B)^2}{4C} \quad (3.14)$$

Donde:

L: Largo de la correa entre poleas A y B (pulg)

$D_A$ : Diámetro de la polea mayor

$D_B$ : Diámetro de la polea menor

C: Distancia entre centros

Reemplazando en (3.14), se tiene:

$$L_{AB} \approx 2 * 13.98 + 1.57(7.5 \text{ pulg}) + \frac{(7.5 \text{ pulg})^2}{4 * 13.98 \text{ pulg}}$$

$$L_{AB} \approx 40.740 \text{ pulg}$$

Del Anexo 6, se selecciona la longitud estándar más próxima al resultado obtenido como la faja A40 cuya longitud es:

$$L_{AB-AJUSTADO} \approx 41.3 \text{ pulg}$$

Luego, se vuelve a calcular C ajustado al nuevo valor de  $L_{AB}$ :

$$L_{AB-AJUSTADO} \approx 2C + 1.57(D_A + D_B) + \frac{(D_A + D_B)^2}{4C} \quad (3.11)$$

$$41.3 \text{ pulg} = 2 * C + 1.57(5 \text{ pulg} + 2.5 \text{ pulg}) + \frac{(5 \text{ pulg} + 2.5 \text{ pulg})^2}{4 * C}$$

Despejando "C", se obtiene:

$$8C^2 - 118.1C + 56.25 = 0$$

Para calcular el valor de "C" se utilizará la fórmula general de la ecuación de segundo grado como se muestra a continuación:

$$a * C^2 + b * C + c * C = 0 \quad (3.15)$$

$$C_{(1,2)} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 * a * c}}{2 * a} \quad (3.16)$$

Donde:

$a, b$  y  $c$  son coeficientes,  $a \neq 0$

$$a = 8$$

$$b = -118.1$$

$$c = 56.25$$

Reemplazando en (3.15), se obtiene:

$$C_1 = 0.4927 \text{ pulg (No)}$$

$$C_2 = 14.2697 \text{ pulg (¡Ok!)}$$

Luego, se concluye:

$$D_A = 2.5 \text{ pulg}$$

$$D_B = 5 \text{ pulg}$$

$$C = 14.2697 \text{ pulg}$$

#### f. Potencia por faja

Para calcular el ángulo de contacto y el factor de corrección " $K_\theta$ " se utiliza la siguiente ecuación:

$$\frac{(D_B - D_A)}{C} \quad (3.17)$$

Reemplazando en la ecuación (3.17), se tiene:

$$\frac{(D_B - D_A)}{C} = \frac{(5 \text{ pulg} - 2.5 \text{ pulg})}{14.2697 \text{ pulg}}$$

$$\frac{(D_B - D_A)}{C} = 0.175$$

Del Anexo 7 y en base a la relación calculada, se obtiene " $K_\theta$ "

**Tabla 4.8***Factor de corrección para la longitud de la faja entre las poleas A y B*

$\frac{(D_B - D_A)}{C}$	Arco de contacto (Grados)	Factor de corrección " $K_\theta$ "
0.10	174	0.99
0.175	X	$K_\theta$
0.20	169	0.97

*Nota.* Elaboración propia

De la tabla 4.8, interpolando para X se tiene:

$$\frac{0.175 - 0.10}{0.20 - 0.10} = \frac{X - 174}{169 - 174}$$

$$X = 170.25^\circ$$

Interpolando para  $K_\theta$ , se tiene:

$$\frac{0.175 - 0.10}{0.20 - 0.10} = \frac{Y - 0.99}{0.97 - 0.99}$$

$$K_\theta = 0.975$$

Del anexo 6, se debe tener en consideración el factor de corrección " $K_L$ " para la faja A40:

$$K_L = 0.89$$

En base a los valores de las rpm del eje más rápido, el diámetro de la polea menor y la sección de la faja, se determinará la potencia a transmitir por parte de la faja seleccionada (los datos se extraen del anexo 8).

**Tabla 4.9***HP por faja con referencia a la polea de diámetro menor (A)*

RPM del eje más rápido	HP por la faja referida a la polea de diámetro menor		
	2.5 pulg	3.346 pulg	3.543 pulg
1750	$\alpha$	1.67	2.04
1800	$\beta$		
1900	$\gamma$	1.75	2.15

*Nota.* Elaboración propiaRealizando la extrapolación de datos para calcular " $\alpha$ ", se tiene:

$$\frac{3.346 \text{ pulg} - 2.5 \text{ pulg}}{1.67 - \alpha} = \frac{3.543 - 3.346}{2.04 - 1.67}$$

$$\alpha = 0.081$$

Análogamente, se calcula "γ":

$$\frac{3.346 \text{ pulg} - 2.5 \text{ pulg}}{1.75 - \gamma} = \frac{3.543 - 3.346}{2.15 - 1.75}$$

$$\gamma = 0.322$$

Una vez calculados los valores anteriores ( $\alpha$ ,  $\gamma$ ), se realiza la interpolación para calcular "β":

$$\frac{1800 \text{ rpm} - 1750 \text{ rpm}}{1900 \text{ rpm} - 1750 \text{ rpm}} = \frac{\beta - 0.081}{0.322 - 0.081}$$

$$\beta = 0.1613$$

$$\therefore HP_{faja_{Tabla}} = 0.1613 \text{ HP}$$

En base al Anexo 9, a la relación de transmisión y sección de la faja, la potencia adicional se determina al multiplicar este valor por las rpm del eje más rápido y dividirlo entre 100. El valor encontrado es de 0.01618.

$$I_{AB} = 2$$

Luego, para la sección de la faja A:

$$HP_{Adicional} = 0.01618 * \frac{1800 \text{ rpm}}{100}$$

$$HP_{Adicional} = 0.291 \text{ HP}$$

Luego, para calcular la potencia de la faja sería:

$$HP_{faja} = [(HP_{faja})_{Tabla} + HP_{Adicional}] * K_{\theta} * K_L \quad (3.18)$$

Reemplazando en (3.18), se tiene:

$$HP_{faja} = [0.1613 \text{ HP} + 0.291] * 0.975 * 0.89$$

$$HP_{faja} = 0.392 \text{ HP}$$

**g. Número de fajas**

Para calcular el número de fajas se utilizará la siguiente ecuación:

$$\#Fajas = \frac{HP_d}{HP_{faja}} \quad (3.19)$$

Reemplazando en (3.19)

$$\#Fajas = \frac{0.7 HP}{0.392 HP}$$

$$\#Fajas = 1.7 \cong 2 fajas$$

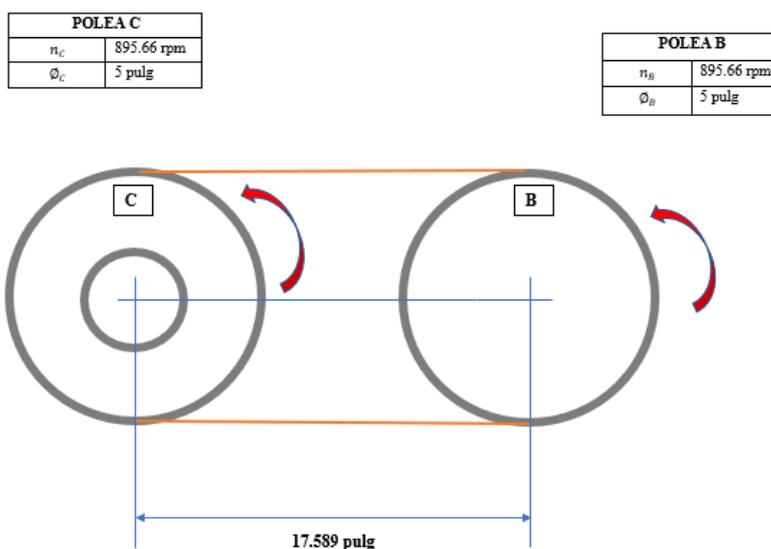
Finalmente, en base a los cálculos realizados se concluye que: Se necesitará 2 fajas tipo A40, con polea motriz  $D_A = 2.5 \text{ pulg}$ ,  $D_B = 5 \text{ pulg}$ ,  $C = 14.269 \text{ pulg}$ .

**4.6.3 Transmisión de potencia de fajas entre las poleas B y C**

La relación entre las poleas B y C (ver figura 4.14) permitirá que ambas conserven las mismas rpm de tal manera que el tambor principal esté cerca a las 900 rpm (895.66 rpm en nuestro caso), por otro lado, esto cumplirá con el requisito de igualar las rpm tanto en el tambor principal como en el quitador evitando así aglomeramiento de la fibra en el interior al tener mucha diferencia entre las rpm de ambos (Ramella, 2018).

**Figura 4.14**

*Transmisión de potencia entre poleas B y C*



*Nota.* Elaboración propia

#### 4.6.3.1 Procedimiento de cálculo

Análogamente al punto se procede con los cálculos necesarios para definir las características de la transmisión entre las poleas B y C.

##### a. Potencia de diseño

De la ecuación (3.11), se tiene:

$$HP_d = HP * f.s.$$

Análogamente se tiene f.s. igual a 1.4 pues se trata de maquinaria textil con servicio intermitente (ver Anexo 4). Además, la potencia (HP) suministrada será de 0.392 HP tal como se halló en el punto “g” del procedimiento de cálculo para las poleas A y B.

Reemplazando en la ecuación:

$$HP_d = 0.392 HP * 1.4$$

$$HP_d = 0.5488 HP$$

$$HP_d = 0.409 KW$$

##### b. Selección de la sección de la faja

Del anexo 5 y considerando los siguientes valores:

$$HP_d = 0.409 KW$$

$$RPM_+ = 895.66 rpm$$

Se obtiene: Faja de 1 canal de la sección A (poleas clásicas)

##### c. Relación de transmisión

Se calcula la relación de transmisión de las poleas B y C desde la ecuación (3.4):

$$I_{BC} = \frac{RPM_{+A}}{RPM_{-B}}$$

$$I_{BC} = \frac{895.66 rpm}{895.66 rpm}$$

$$I_{BC} = 1$$

**d. Selección de los diámetros de paso de las poleas**

$$D_C = 121.92 \text{ mm} * \frac{1 \text{ pulg}}{25.4 \text{ cm}} = 4.8 \text{ pulg}$$

$$D_C = I_{BC} * D_B$$

Luego, al tratarse de una polea de doble canal en la polea B, que conserva 895.66 rpm en la polea C con un diámetro igual en ambas de 121.92 mm, y considerando el ajuste del subpunto “d” del punto 4.6.2.1, se tendrán los siguientes valores:

$$D_C = 5 \text{ pulg} = 127 \text{ mm}$$

$$D_C = 5 \text{ pulg} = 127 \text{ mm}$$

$$I_{BC} = 1$$

**e. Selección de la longitud estándar de la faja**

Para seleccionar la longitud de la faja, se procederá a trabajar con la ecuación (3.10) y (3.11) tal como se muestra a continuación:

Rango recomendando por fabricante:

$$0.7 * (D_B + D_C) \leq C \leq 2 * (D_B + D_C)$$

Donde:

$D_B$ : Diámetro de la polea B (mm)

$D_C$ : Diámetro de la polea C (mm)

$C$ : Distancia entre centros (mm)

Reemplazando en la ecuación anterior:

$$177.8 \text{ mm} \leq C \leq 508 \text{ mm}$$

Para calcular la longitud aproximada de la faja se asume en forma tentativa la distancia entre centros de 440.85 mm (17.356 pulgadas), la cual se encuentra dentro del rango encontrado anteriormente. Luego, se procede a calcular la longitud utilizando la ecuación (3.11)

$$L_{BC} \approx 2 * 17.356 \text{ pulg} + 1.57(10 \text{ pulg}) + \frac{(10 \text{ pulg})^2}{4 * 17.356 \text{ pulg}}$$

$$L_{BC} \approx 51.852 \text{ pulg}$$

Del Anexo 6, seleccionamos la longitud estándar más próxima al valor encontrado  $L_{BC}$ .

A48: 49.3 pulg

A51: 52,3 pulg

A53: 54,3 pulg

Por lo tanto, como más próxima se selecciona la faja A51 con 52,3 pulgadas de longitud. Luego, se recalcula "C" en base a la ecuación (3.11):

$$L_{BC} \approx 2 * C + 1.57(D_B + D_C) + \frac{(D_B + D_C)^2}{4 * C}$$

$$52.3 \text{ pulg} \approx 2 * C + 1.57(10 \text{ pulg}) + \frac{(10 \text{ pulg})^2}{4 * C}$$

Resolviendo la ecuación utilizando la fórmula general de la ecuación de segundo grado, se obtuvieron los siguientes valores para "C":

$$C_1 = 0.7106 \text{ pulg (No)}$$

$$C_2 = 17.589 \text{ pulg (¡Ok!)}$$

Por lo tanto, se tienen finalmente los valores para:

$$D_B = 5 \text{ pulg}$$

$$D_C = 5 \text{ pulg}$$

$$C = 17.589 \text{ pulg}$$

#### **f. Potencia por faja**

A continuación, se determina el ángulo y el factor de corrección " $K_\theta$ ", cuyos valores serán extraídos del Anexo 7.

$$\frac{(D_B - D_C)}{C}$$

Reemplazando se obtiene:

$$\frac{(5 \text{ pulg} - 5 \text{ pulg})}{17.589 \text{ pulg}} = 0$$

Luego, se tienen los valores:

$$\text{Arco de contacto}_{BC} = 180^\circ$$

$$K_\theta = 1$$

$$K_\theta = 0.94$$

Posteriormente, se determina la potencia transmitida considerando  $I_{BC} = 1$  y los datos en el Anexo 8, por lo que la potencia de la faja será la misma transmitida por la que se calculó en el subpunto “F” del punto 4.6.2.1:

$$\therefore (HP_{faja})_{Tabla} = 0.5488 \text{ HP}$$

Luego, la potencia adicional por relación de transmisión se selecciona en base al Anexo 9 para una relación de transmisión  $I_{BC} = 1$ , donde:

$$\therefore HP_{adicional} = 0 \text{ HP}$$

Además, en la ecuación (3.18):

$$HP_{faja} = [(HP_{faja})_{Tabla} + HP_{Adicional}] * K_\theta$$

Reemplazando, se tiene:

$$HP_{faja} = [0.5488 \text{ HP} + 0 \text{ HP}] * 1$$

$$\therefore HP_{faja} = 0.5488 \text{ HP}$$

#### **g. Número de fajas**

$$\# \text{ Fajas} = \frac{HP_d}{HP_{faja}}$$

Reemplazando, se obtiene:

$$\# \text{ Fajas} = \frac{0.616 \text{ HP}}{0.5488 \text{ HP}}$$

$$\# \text{ Fajas} = 1.12 \cong 1 \text{ faja}$$

Finalmente, en base a los cálculos realizados se concluye que: Se necesitará 1 faja tipo A51, con polea motriz  $D_{B'} = 5 \text{ pulg}$ ,  $D_C = 5 \text{ pulg}$ ,  $C = 17.589 \text{ pulg}$ .

#### 4.6.4 Transmisión de potencia de fajas entre las poleas C' y D

En este punto, se realizará el procedimiento para calcular la transmisión de potencia de fajas entre las poleas C' y D, la cual nos permitirá dar movimiento desde el eje del tambor principal al cilindro alimentador superior.

##### 4.6.4.1 Procedimiento de cálculo

A continuación, se detalla paso a paso la definición de los valores responsables de la selección de la faja y la transmisión de potencia entre las poleas C' y D.

###### a. Potencia de diseño

$$HP_d = HP * f.s. \quad (3.11)$$

Donde:

$HP_d$  : Potencia de diseño (HP)

$HP$  : Potencia transmitida (HP)

$f.s.$  : Factor de servicio transmisión por faja en V (Maq.textil). (Ver Anexo 4 )

Reemplazando los siguientes datos:

$$HP : 0.5488HP$$

$f.s.$  : 1.4 (Factor de servicio para correas de maquinaria textil con uso intermitente)

Reemplazando en (3.11):

$$HP_d = 0.5488 HP * 1.4$$

$$HP_d = 0.768 HP$$

$$HP_d = 0.5731 KW$$

###### b. Selección de la sección de la faja

$$HP_d = 0.5731 KW$$

$$RPM_{+C'} = 895.66 rpm$$

La polea C' a considerar tendrá 1 canal que permitirá transmitir potencia hacia la polea D. Habiendo considerado esto, del Anexo 5 se obtiene la faja de la sección A de 1 canal.

**c. Relación de transmisión**

$$I_{C'D} = \frac{RPM_{+C'}}{RPM_{-D}} \quad (3.12)$$

$$I_{C'D} = \frac{895.66 \text{ rpm}}{360 \text{ rpm}}$$

$$I_{C'D} = 2.48794$$

**d. Selección de los diámetros de paso**

El diseño de la polea se realiza en base al criterio del diseñador y la oferta en el mercado interno. En base a los datos obtenidos en los cálculos anteriores, se procede a definir el diseño de las poleas a tipo estándar de sección A (ver Anexo 5) donde el diámetro exterior de la polea C' será de 2.3 pulgadas o 58.42 mm (Estándar).

$$D_{C'} = 58.42 \text{ mm} * \frac{1 \text{ pulg}}{25.44 \text{ mm}} = 2.3 \text{ pulg}$$

$$D_D = 145.345 \text{ mm} * \frac{1 \text{ pulg}}{25.4 \text{ mm}} = 5.72244 \text{ pulg}$$

$$D_D = I_{C'D} * D_{C'}$$

Reemplazando valores, se tiene:

$$D_D = 2.487944 * 2.3 \text{ pulg}$$

$$D_D = 5.72227 \text{ pulg}$$

Recalculando  $I_{C'D}$ :

$$I_{C'D} = \frac{D_D}{D_{C'}} = \frac{5.72227 \text{ pulg}}{2.3 \text{ pulg}} = 2.47944$$

$$\text{error} = \left| \frac{2.48794 - 2.47944}{2.48794} \right| * 100\% = 0.00225\% \leq 1\% \text{ (Ok!)}$$

Concluyendo:

Diámetro de poleas C' y D a considerar serán:

$$D_{C'} = 2.3 \text{ pulg}$$

$$D_D = 5.72227 \text{ pulg}$$

**e. Selección de longitud estándar de la faja**

Para seleccionar la longitud estándar de la faja debemos considerar la distancia entre los centros de las poleas C' y D, los cuales serán calculados en base a las recomendaciones de los fabricantes de poleas y fajas (ver figura 4.13), los que proponen una distancia “recomendada”, una mínima y otra máxima. Trabajaremos con un valor de distancia entre centros mayor o igual al mínimo recomendado para demostrar desde que valor se corrobora la viabilidad técnica de la misma.

En base a lo anterior, se tiene la ecuación (3.13):

$$0.7(D_D + D_{C'}) \leq C \leq 2(D_D + D_{C'})$$

Donde:

$D_{C'}$ : Diámetro de la polea C' (menor)

$D_D$ : Diámetro de la polea D (mayor)

$C$ : Distancia entre centros de la polea

Reemplazando en (3.13), se tiene:

$$0.7(2.3 \text{ pulg} + 5.72227 \text{ pulg}) \leq C \leq 2(2.3 \text{ pulg} + 5.72227 \text{ pulg})$$

$$5.615 \text{ pulg} \leq C \leq 16.044 \text{ pulg}$$

Para el diseño se asume en forma tentativa la distancia entre centros de:

$$C \approx 11.886 \text{ pulg}$$

Para calcular la longitud aproximada de la faja, se utilizará la ecuación (3.14):

$$L_{C'D} \approx 2C + 1.57(D_D + D_{C'}) + \frac{(D_D + D_{C'})^2}{4C}$$

Donde:

$L$ : Largo de la correa entre poleas (pulg)

$D_D$ : Diámetro de la polea mayor

$D_{C'}$ : Diámetro de la polea menor

$C$ : Distancia entre centros

Reemplazando, se tiene:

$$L_{C'D} \approx 2 * 11.886 \text{ pulg} + 1.57(8.02227 \text{ pulg}) + \frac{(8.02227 \text{ pulg})^2}{4 * 11.886 \text{ pulg}}$$

$$L_{C'D} \approx 37.720 \text{ pulg}$$

Del Anexo 6, se selecciona la longitud estándar más próxima al resultado obtenido.

A35: 36.3 pulg

A36: 37.3 pulg

A38: 39.3 pulg

La faja A36 tiene la longitud más cercana a la calculada anteriormente, por lo que el nuevo valor de  $L_{C'D}$  pasa a ser 37.3 pulgadas. Luego, se vuelve a calcular C ajustado al nuevo valor de  $L_{C'D}$ :

$$L_{C'D-AJUSTADO} \approx 2C + 1.57(D_{C'} + D_D) + \frac{(D_{C'} + D_D)^2}{4C} \quad (3.11)$$

$$37.3 \text{ pulg} = 2 * C + 1.57(2.3 \text{ pulg} + 5.72227 \text{ pulg}) + \frac{(2.3 \text{ pulg} + 5.72227 \text{ pulg})^2}{4 * C}$$

Al resolver la ecuación de segundo grado, se obtienen los valores para "C":

$$C_1 = 0.68976 \text{ pulg} \text{ (No)}$$

$$C_2 = 11.6627 \text{ pulg} \text{ (¡Ok!)}$$

Luego, se concluye:

$$D_{C'} = 2.3 \text{ pulg}$$

$$D_D = 5.7227 \text{ pulg}$$

$$C = 11.6627 \text{ pulg}$$

**f. Potencia por faja**

Para calcular el ángulo de contacto y el factor de corrección " $K_\theta$ " se utiliza la siguiente ecuación:

$$\frac{(D_D - D_{C'})}{C} \quad (3.17)$$

Reemplazando en la ecuación (3.17), se tiene:

$$\frac{(D_D - D_{C'})}{C} = \frac{(5.7227 \text{ pulg} - 2.3 \text{ pulg})}{11.6627 \text{ pulg}}$$

$$\frac{(D_D - D_{C'})}{C} = 0.2934$$

Del Anexo 6 y en base a la relación calculada, se obtiene " $K_\theta$ "

**Tabla 4.10**

*Factor de corrección  $K_\theta$*

$\frac{(D_D - D_{C'})}{C}$	Arco de contacto (Grados)	Factor de corrección " $K_\theta$ "
0.20	169	0.97
0.2934	X	$K_\theta$
0.30	163	0.96

*Nota.* Elaboración propia

De la tabla 4.10, interpolando para X se tiene:

$$\frac{0.2934 - 0.20}{0.30 - 0.20} = \frac{X - 169}{163 - 169}$$

$$X = 163.39^\circ$$

Interpolando para  $K_\theta$ , se tiene:

$$\frac{0.2934 - 0.20}{0.30 - 0.20} = \frac{K_\theta - 0.97}{0.96 - 0.97}$$

$$K_\theta = 0.9606$$

Del Anexo 6, se obtiene el valor del factor de corrección de longitud " $K_L$ ":

$$K_L = 0.87$$

En base a los valores las 895.66 rpm del eje más rápido (C'), cuyo diámetro exterior es de 2.3 pulgadas la sección de la faja A (ver tabla 4.10), se determinará la potencia a transmitir por parte de la faja seleccionada. Los datos se extraen del Anexo 8.

**Tabla 4.11**

*Capacidad de transmisión de potencia (en HP)*

RPM del eje más rápido	HP por la faja referida a la polea de diámetro menor		
	2.3 pulg	2.6 pulg	2.8 pulg
800	$\alpha$	0.57	0.68
895.66	$\beta$		
1000	$\gamma$	0.67	0.81

*Nota.* Elaboración propia

Realizando la extrapolación de datos para calcular “ $\alpha$ ”, se tiene:

$$\frac{2.6 \text{ pulg} - 2.3 \text{ pulg}}{2.8 \text{ pulg} - 2.6 \text{ pulg}} = \frac{0.57 - \alpha}{0.68 - 0.57}$$

$$\alpha = 0.405$$

Análogamente, se calcula “ $\gamma$ ”:

$$\frac{2.6 \text{ pulg} - 2.3 \text{ pulg}}{2.8 \text{ pulg} - 2.6 \text{ pulg}} = \frac{0.67 - \gamma}{0.81 - 0.67}$$

$$\gamma = 0.46$$

Una vez calculados los valores anteriores ( $\alpha$ ,  $\gamma$ ), se realiza la interpolación para calcular “ $\beta$ ”:

$$\frac{895.66 \text{ rpm} - 800 \text{ rpm}}{1000 \text{ rpm} - 800 \text{ rpm}} = \frac{\beta - 0.405}{0.46 - 0.405}$$

$$\beta = 0.4313$$

$$\therefore HP_{faja_{Tabla}} = 0.4313 \text{ HP}$$

En base al Anexo 9 y a la relación de transmisión y sección de la faja, la potencia adicional se determina al multiplicar este valor por las rpm del eje más rápido y dividirlo entre 100.

$$I_{C'D} = 2.47944$$

Sección de la faja A:

$$HP_{Adicional} = 0.01618 * \frac{895.66 \text{ rpm}}{100}$$

$$HP_{Adicional} = 0.1449 \text{ HP}$$

Luego, la potencia de la faja se calcula con la ecuación (3.18):

$$HP_{faja} = [(HP_{faja})_{Tabla} + HP_{Adicional}] * K_{\theta} * K_L \quad (3.18)$$

Reemplazando en, se tiene:

$$HP_{faja} = [0.4313 \text{ HP} + 0.1449 \text{ HP}] * 0.9606 * 0.87$$

$$HP_{faja} = 0.4815 \text{ HP}$$

### g. Número de fajas

Para calcular el número de fajas se utilizará la ecuación (3.19):

$$\#Fajas = \frac{HP_d}{HP_{faja}} \quad (3.19)$$

Reemplazando, se tiene:

$$\#Fajas = \frac{0.768 \text{ HP}}{0.4815 \text{ HP}}$$

$$\#Fajas = 1.59 \cong 1 \text{ faja}$$

Finalmente, en base a los cálculos realizados se concluye que: Se necesitará 1 faja tipo A36, con polea motriz  $D_{C'} = 2.3 \text{ pulg}$ ,  $D_D = 5.72227 \text{ pulg}$ ,  $C = 11.6627 \text{ pulg}$ .

#### 4.6.5 Diseño y selección de engranajes E y F

En este punto se realizará el diseño de la transmisión mecánica entre piñones para las poleas E y F. Estos pertenecen al cilindro alimentador inferior y al superior respectivamente.

##### 4.6.5.1 Procedimiento de cálculo

A continuación, se detalla paso a paso el diseño de los engranajes para las poleas E y F.

###### a. Datos importantes para el diseño

$$n_E = 360 \text{ rpm}$$

$$n_F = 360 \text{ rpm}$$

Donde:

$n_E$ : velocidad (en rpm) del piñón E

$n_F$ : velocidad (en rpm) del piñón F

Potencia a transmitir = 0.4815 HP

Los diámetros internos de los engranajes E y F respectivamente, serán de:

$$d_E = 70.5 \text{ mm} = 2.7755 \text{ pulg}$$

$$d_F = 70.5 \text{ mm} = 2.7755 \text{ pulg}$$

Se determinó que el material de los engranajes será acero. Utilizando los datos de suma relevancia anteriormente descritos, se procede a calcular el paso diametral ( $P_d$ ) y potencia de diseño ( $HP_d$ ).

###### b. Cálculo del paso diametral y potencia de diseño

Considerando la potencia a transmitir, la velocidad de entrada será la misma que la de salida, pues ambos cilindros alimentadores deben tener la misma velocidad, por lo que se debe encontrar un factor de sobrecarga ( $K_o$ ), el cual será vital para determinar la potencia de diseño como valor tentativo ante la variación de carga debido a cambios de velocidad u otras condiciones operativas (ver figura 4.15).

**Figura 4.15**

*Factores de sobrecarga sugeridos  $K_o$*

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

*Nota.* Extraído de *Mott (2006)*.

Puesto que el motor será un motor eléctrico de trabajo uniforme, se tiene:

$$K_o = 1$$

Luego, se tiene:

$$HP_d = HP * K_o$$

Donde:

*HP<sub>d</sub>: Potencia de diseño*

*HP: Potencia transmitida*

*K<sub>o</sub>: Factor de sobrecarga*

Reemplazando, se obtiene:

$$HP_d = 0.4815 HP * 1$$

$$HP_d = 0.4815 HP = 0.359 kW$$

Finalmente, para determinar el paso diametral ( $P_d$ ), se debe considerar la potencia transmitida 0.4815 HP a 360 rpm. En base a esto y al Anexo 10, se selecciona, tentativamente, el paso diametral 21.

$$P_d = 21$$

**c. Especificación del número de dientes del piñón ( $N_E$ )**

Se debe considerar un número tentativo de dientes  $N_E$ :

$$N_E = 60$$

Para calcular la relación de velocidad nominal ( $V_R$ ), se debe tener en cuenta la velocidad de entrada y salida que serán las mismas obteniendo:

$$V_R = \frac{n_E}{n_G}$$

$$V_R = \frac{360 \text{ rpm}}{360 \text{ rpm}}$$

$$V_R = 1$$

Luego, se calcula el número de dientes para el piñón conducido:

$$N_F = N_E(VR)$$

$$N_F = 60(1) = 60 \text{ dientes}$$

En conclusión, se tiene:

$$N_E = 60$$

$$N_F = 60$$

$$V_R = 1$$

Donde:

$N_E$ : Número de dientes del piñón E

$N_F$ : Número de dientes del piñón F

$V_R$ : Relación de velocidades

**d. Cálculo de diámetros de paso, distancia entre centros, velocidad de la línea de paso y carga transmitida y apreciar la aceptabilidad general de los resultados**

Los diámetros de paso real se hallarán con la siguiente ecuación:

$$D_E = \frac{N_P}{P_d}$$

$$D_E = \frac{60 \text{ dientes}}{21 \frac{\text{dientes}}{\text{pulg}}} = 2.85 \text{ pulg}$$

$$\therefore D_E = D_F = 2.85 \text{ pulg}$$

La distancia entre centros se calculará mediante la ecuación (3.20):

$$C = \frac{(N_E + N_F)}{2P_d}$$

$$C = \frac{(60 \text{ dientes} + 60 \text{ dientes})}{2 * (21 \text{ dientes/pulg})}$$

$$C = 2.86 \text{ pulg}$$

La velocidad de línea de paso se calcula de la siguiente forma:

$$V_{Linea} = \frac{(\pi * D_E * n_E)}{12}$$

$$V_{Linea} = \frac{(\pi * 2.85 \text{ pulg} * 360 \text{ rpm})}{12} = 269.28 \text{ pies/min}$$

Por otro lado, la carga transmitida por los piñones ( $W_t$ ) será calculada por la siguiente ecuación (3.21):

$$W_t = \frac{33000(HP_d)}{V_{Linea}}$$

Reemplazando, se tiene:

$$W_t = \frac{33000(0.4815 \text{ HP})}{269.28 \text{ pies/min}} = 59 \text{ lb}$$

Concluyendo, se obtuvieron los valores aceptables:

$$D_E = D_F = 2.85 \text{ pulg}$$

$$C = 2.85 \text{ pulg}$$

$$V_{Linea} = 269.28 \text{ pies/min}$$

$$W_t = 59 \text{ lb}$$

#### e. Especificación del ancho de cara del piñón y el engrane

Los límites aportan valor al diseño de los engranajes donde el límite superior tiene tendencia a minimizar los problemas de alineamiento surgidos y de asegurar una carga razonablemente uniforme en toda la cara. Si el ancho de la cara fuere menor que el límite inferior, el diseño sería más compacto con un paso diferente. Por otro lado, el ancho normal de la cara es menor que el doble del diámetro de paso del piñón (Mott, 2006, pp.408-409). Los límites estarán definidos por:

$$\frac{8}{P_d} < F < \frac{16}{P_d}$$

Por otro lado, el valor nominal más recomendado por Mott (2006) a fin de tener un diseño más equilibrado será:

$$F = \frac{12}{P_d}$$

Reemplazando, se tiene:

$$F = \frac{12}{21} = 0.5714 \text{ pulg}$$

Concluyendo, se tiene:

$$\text{Límite inferior: } \frac{8}{21} = 0.3809 \text{ pulg}$$

$$\text{Límite superior: } \frac{16}{21} = 0.7619 \text{ pulg}$$

$$\text{Valor normal: } \frac{12}{21} = 0.5714 \text{ pulg}$$

**f. Determinación del coeficiente elástico ( $C_p$ )**

Teniendo en cuenta que el material en el que serán maquinados los engranes es Acero, se determina el coeficiente elástico según los datos del Anexo 11, obteniendo un valor:

$$C_p = 2300 \frac{lb}{pulg^2}$$

**g. Especificación del número de calidad ( $Q_v$ ) y factor dinámico ( $K_v$ )**

Para especificar el número de calidad  $Q_v$ , se deberán considerar los valores dados por los fabricantes los cuales dan un resultado óptimo a costo razonable para sus distintas aplicaciones (ver Anexo 12). Estos valores dependerán de la velocidad de la línea  $V_{Línea} = 269.28$  pies/min (Ver figura 4.16)

**Figura 4.16***Números de calidad AGMA recomendados*

Aplicación	Número de calidad	Aplicación	Número de calidad
Accionamiento de tambor			
mezclador de cemento	3-5	Taladro pequeño	7-9
Horno de cemento	5-6	Lavadora de ropa	8-10
Impulsores de laminadoras de acero	5-6	Prensa de impresión	9-11
Cosechadora de granos	5-7	Mecanismo de cómputo	10-11
Grúas	5-7	Transmisión automotriz	10-11
Prensas de punzonado	5-7	Accionamiento de antena de radar	10-12
Transportador de mina	5-7	Accionamiento de propulsión marina	10-12
Máquina para fabricar cajas de papel	6-8	Accionamiento de motor de avión	10-13
Mecanismo de medidores de gas	7-9	Giroscopio	12-14
Accionamientos de máquinas herramienta y de otros sistemas mecánicos de alta calidad			
Velocidad de la línea de paso (pies/min)	Número de calidad	Velocidad de la línea de paso	
0-800	6-8	0-4	
800-2000	8-10	4-11	
2000-4000	10-12	11-22	
Más de 4000	12-14	Más de 22	

*Nota.* Elaboración propia

De la figura 4.16, se observa el número de calidad ( $Q_v$ ) varía entre 6 y 8 para una velocidad en el rango 0-800 (pies/min), por lo que se selecciona un número de calidad promedio:

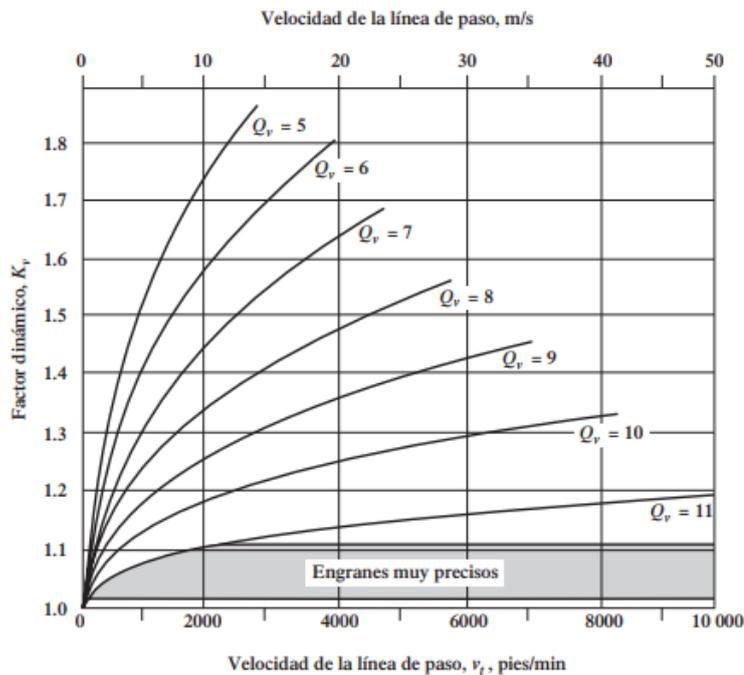
$$Q_v = 7$$

Por otro lado, para calcular el factor dinámico ( $K_v$ ), se deberá seleccionar en base a la figura 4.17, donde se muestra el Factor dinámico en base a la velocidad de línea para cada  $Q_v$ . Considerando una velocidad de línea máxima  $V_{lineamax}$  y un número de calidad

$$Q_v = 7.$$

**Figura 4.17**

*Velocidad de línea de paso*



Nota. Extraído de (Mott, 2006)

Teniendo en cuenta los datos anteriormente descritos, se selecciona el factor dinámico  $K_v$  luego de calcular su valor, el cual varía según la ecuación (3.21):

$$K_v = \left( \frac{A + \sqrt{v_{lmax}}}{A} \right)^B \quad (3.21)$$

Donde:

$$B = \frac{(12 - Q_v)^{0.667}}{4} \quad (*)$$

$$A = 50 + 56 * (1.0 - B) \quad (**)$$

$$v_{lmax} = (A + (Q_v - 3))^2 \quad (***)$$

Reemplazando valores en (\*):

$$B = \frac{(12 - 7)^{0.667}}{4} = 0.7314$$

Luego, reemplazando en (\*\*):

$$A = 50 + 56 * (1.0 - 0.7314) = 65.0417$$

Luego, reemplazando en (\*\*\*):

$$v_{lmax} = (65.0417 + (7 - 3))^2 = 4766.7679$$

Por último, reemplazando en la ecuación 3.21:

$$K_v = \left( \frac{65.0416 + \sqrt{269.2793}}{65.0416} \right)^{0.7314}$$

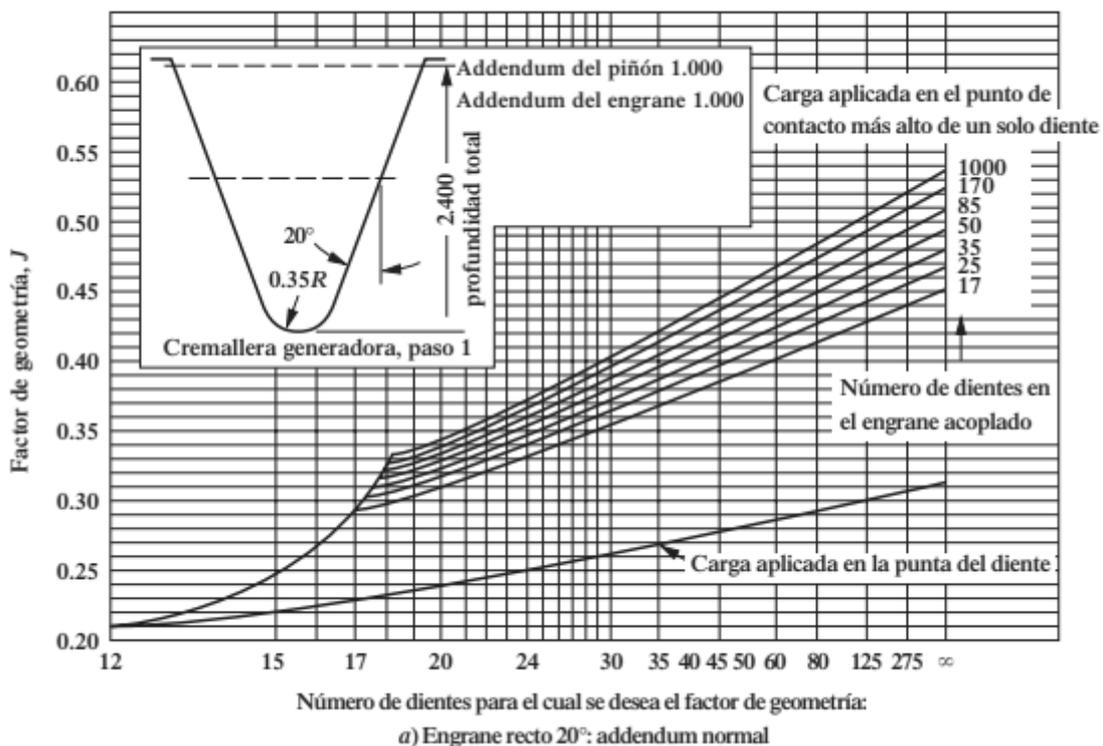
$$K_v = 1.1788$$

**h. Especificación de la forma de los dientes, factores geométricos para flexión del piñón (JE), engranajes (JF) y el factor de geometría para picadura (I)**

La identificación de la forma del diente es fundamental para determinar los factores de concentración de esfuerzos en el engranaje. En la figura 4.18 se muestra el factor de geometría para la flexión del piñón(J), seleccionándolo, considerando un valor estándar de ángulo de presión de 20°, como lo recomienda Mott (2006).

**Figura 4.18**

*Factor "J" de geometría del piñón*



*Nota.* Extraído de la norma AGMA 218.01, *Rating the Pitting Resistance and Bending Strength of Spur and Helical Involute Gear Teeth*, con autorización del editor, American Gear Manufacturers Association, 1500 King Street, Suite 201, Alexandria, VA 22314. (Mott, 2006, p. 387)

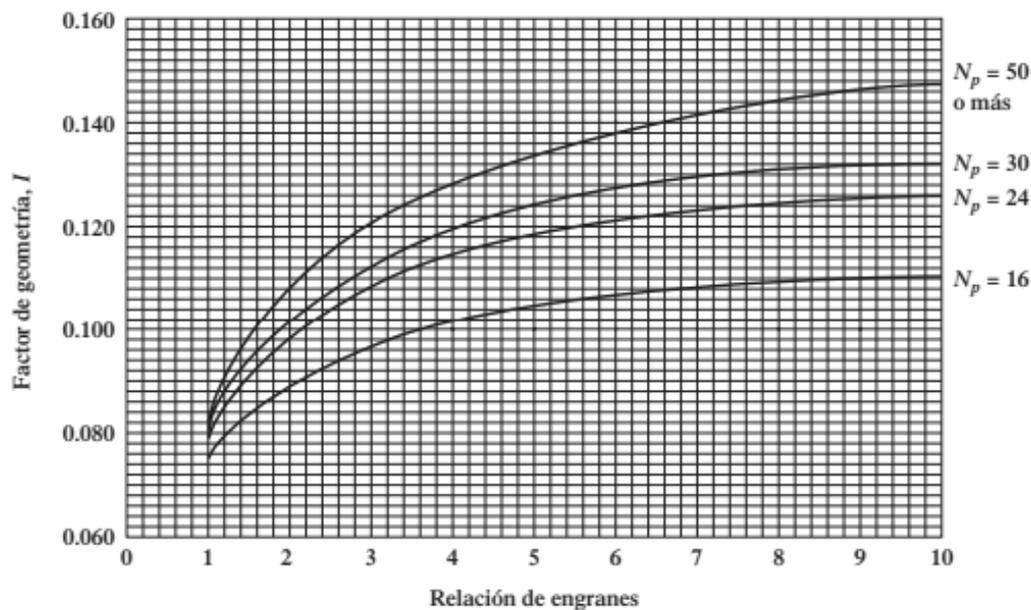
Luego, en base al número de dientes de cada piñón (60 en cada uno), se puede determinar el número aproximado para el factor de geometría “J” para la flexión del piñón de E y F, factores que será el mismo para ambos al tener el mismo número de dientes. Por lo tanto, se tiene:

$$J_E = J_F \cong 0.315$$

En base al ángulo de presión, la relación de los engranajes y el número de dientes del piñón E ( $N_E$ ), se halla el factor de geometría por picadura<sup>4</sup> (I) seleccionando el valor en la figura 4.19:

**Figura 4.19**

*Factor de geometría "I" para piñones rectos externos y distancias entre centros estándar.*



a) Ángulo de presión  $20^\circ$ , profundidad completa (addendum normal =  $1/P_d$ )

*Nota.* Todas las curvas son para el punto inferior de contacto de un solo diente sobre el piñón. Tomado de la norma AGMA 2018.01, *Rating the Pitting Resistance and Bending Strength of Spur and Helical Involute Gear Teeth*, con autorización del editor, American Gear Manufacturers Association, 1500 King Street, Suite 201, Alexandria, VA 22314, como se cita en Mott (2006).

Por lo tanto, considerando los valores anteriormente calculados, el factor de geometría de picadura (I) sería:

$$I = 0.084$$

<sup>4</sup> Picadura: Fenómeno en el que se eliminan pequeñas partículas de la superficie de las caras del diente, esto es causado por los esfuerzos de contactos que provocan fatiga. Extraído de Mott (2006).

i. **Determinar el factor de distribución de carga  $K_m$**

El factor de distribución de carga  $K_m$  será calculado utilizando la siguiente ecuación:

$$K_m = 1 + C_{pf} + C_{ma}$$

Donde:

$K_m$ : Factor de distribución de carga

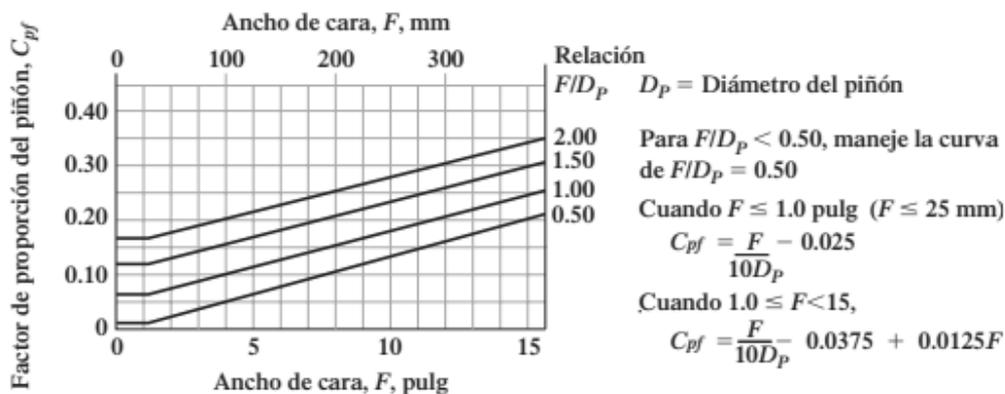
$C_{pf}$ : Factor de proporción del piñón

$C_{ma}$ : Factor por alineamiento de engranado

Para hallar el factor de proporción ( $C_{pf}$ ), se considera un ancho de cara  $F = 0.5714$  pulg (véase punto e), diámetro de paso del piñón ( $D_E$ ) y la relación entre los engranajes. De la figura 4.20 se obtiene:

**Figura 4.20**

Factor de proporción de piñón,  $C_{pf}$



Nota. Tomado de la norma AGMA 2018.01, *Rating the Pitting Resistance and Bending Strength of Spur and Helical Involute Gear Teeth*, con autorización del editor, American Gear Manufacturers Association, 1500 King Street, Suite 201, Alexandria, VA 22314, como se cita en Mott (2006).

$$C_{pf} = \frac{F}{10D_E} - 0.025$$

Reemplazando, se tiene:

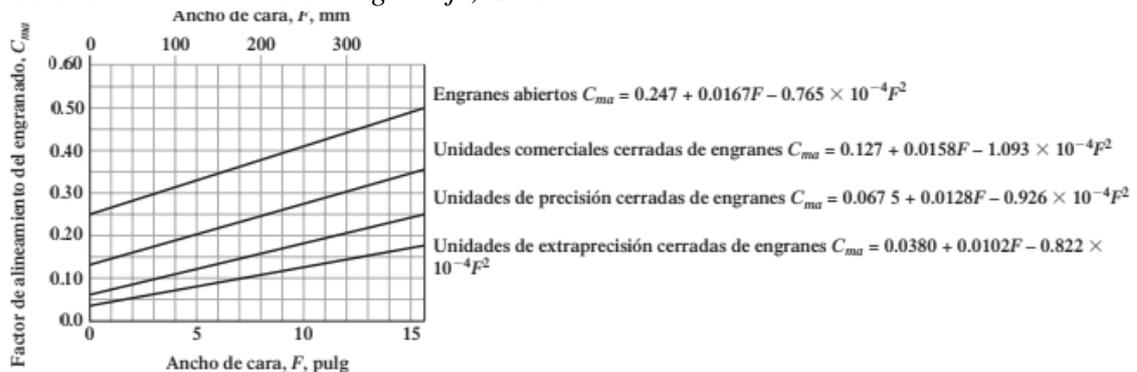
$$C_{pf} = \frac{0.5714 \text{ pulg}}{10 * 1.21 \text{ pulg}} - 0.025$$

$$C_{pf} = 0.022$$

Luego, para calcular el factor de alineamiento ( $C_{ma}$ ), se debe utilizar la figura 4.21 para extraer los valores:

**Figura 4.21**

*Factor de alineamiento de engranaje,  $C_{ma}$*



*Nota.* Tomado de la norma AGMA 2001-C95, *Fundamental Rating Factors and Calculation Methods for Involute Spur and Helical Gear Teeth*, con autorización del editor, American Gear Manufacturers Association, 1500 King Street, Suite 201, Alexandria, VA 22314, como se cita en Mott (2006).

Para esto, se selecciona las unidades comerciales cerradas de engranajes pues ambos estarán montados sobre cojinetes por lo cual no se espera ningún tipo de desalineamiento. Luego, se calcula el  $C_{ma}$  según la siguiente fórmula:

$$C_{ma} = 0.127 + 0.0158F - 1.093 \times 10^{-4} * F^2$$

$$C_{ma} = 0.127 + 0.0158(0.5714 \text{ pulg}) - 1.093 \times 10^{-4} * (0.5714 \text{ pulg})^2$$

$$C_{ma} = 0.1359$$

Luego, teniendo  $C_{pf}$  y  $C_{ma}$ , se procede a reemplazar en la fórmula para hallar  $K_m$ :

$$K_m = 1 + C_{pf} + C_{ma}$$

$$K_m = 1 + 0.022 + 0.1359$$

$$K_m = 1.1579$$

**j. Especificar el factor de tamaño  $K_s$**

Para calcular el factor de tamaño  $K_s$ , se selecciona el respectivo valor según la norma AGMA (ver figura 4.22), donde para engranajes con paso diametral (Pd) mayor o igual a 5, el tamaño  $K_s$  será igual a 1.

Puesto que nuestro paso diametral es 24 se tiene:

$$K_s = 1$$

**Figura 4.22**

*Factores de tamaño recomendados*

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

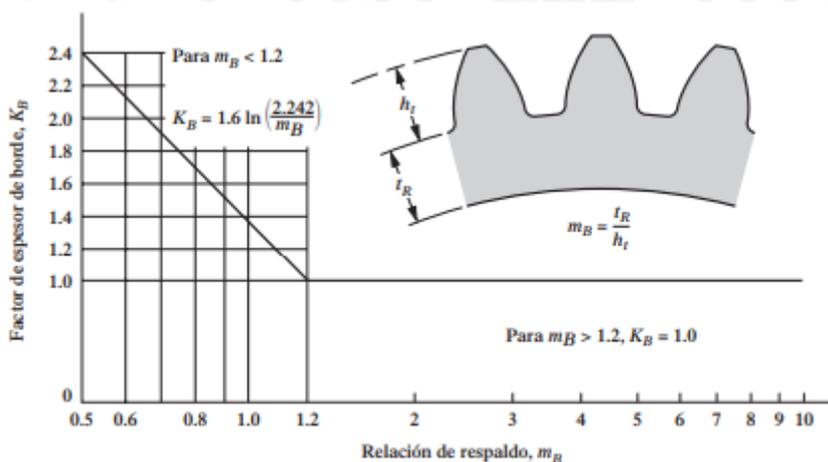
*Nota.* Tomado de la norma AGMA 2001-C95, *Fundamental Rating Factors and Calculation Methods for Involute Spur and Helical Gear Teeth*, con autorización del editor, American Gear Manufacturers Association, 1500 King Street, Suite 201, Alexandria, VA 22314, como se cita en Mott (2006).

**k. Especificar el factor de tamaño de borde  $K_B$**

Especificar un factor de tamaño de borde  $K_B$  permitirá identificar si el borde puede soportar el diente, pues si la orilla del engrane fuere muy delgada, esta se deformaría causando movimiento en el punto de concentración de esfuerzos (Mott, 2006, pp.408-409).

**Figura 4.23**

*Factor de espesor de borde,  $K_b$*



*Nota.* Tomado de la norma AGMA 2001-C95, *Fundamental Rating Factors and Calculation Methods for Involute Spur and Helical Gear Teeth*, con autorización del editor, American Gear Manufacturers Association, 1500 King Street, Suite 201, Alexandria, VA 22314, como se cita en Mott (2006).

Este factor se seleccionará en base a la figura 4.23, donde se muestra la relación de respaldo  $m_B$ , la que dependerá del espesor de la orilla  $t_R$  y la profundidad total del diente ( $h_t$ ) como se muestra a continuación:

$$m_B = \frac{t_R}{h_t} \quad (*)$$

Estos valores ( $t_R$  y  $h_t$ ) para un engranaje de  $20^\circ$  de ángulo de presión, será de:

$$t_R = D_r - 1.25 \quad (**)$$

$$h_t = a + b \quad (***)$$

Donde:

$t_R$ : *espesor de orilla*

$D_r$ : *Diámetro de raíz*

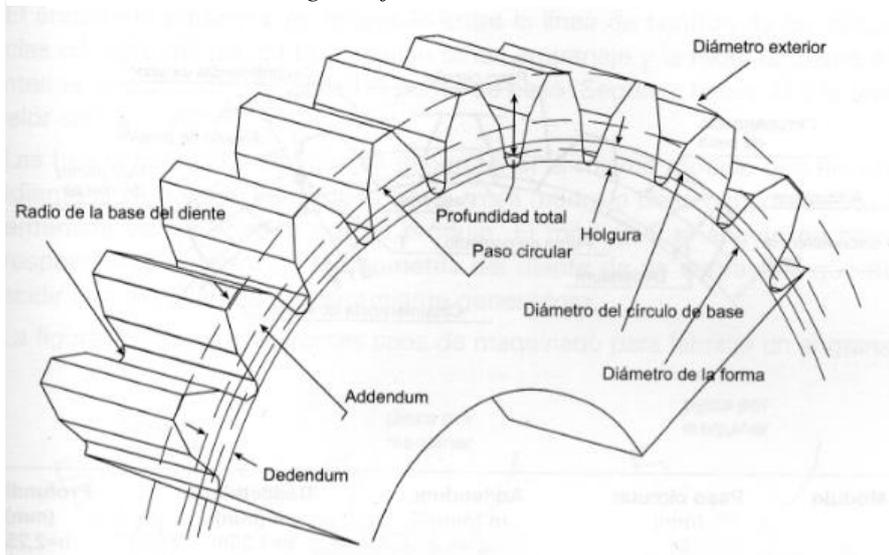
$h_t$ : *Profundidad total del diente*

Además, el diámetro raíz  $D_r$ , se calcula por:

$$D_r = D_p - 2b \quad (***)$$

### Figura 4.24

*Nomenclatura de un engranaje de dientes rectos*



Nota. Extraído de Goñi (2011)

Donde “a” o Adendum (ver figura 4.24) o altura de la cabeza representa la distancia radial entre el círculo de paso hasta el exterior de un diente y se calcula por:

$$a = \frac{1}{P_d}$$

Reemplazando  $P_d=24$ , se tiene:

$$a = \frac{1}{24} = 0.0417 \text{ pulg}$$

Por otro lado, “b” o Dedendum (véase figura 4.24) representa la distancia radial desde el círculo de paso hasta el exterior de un diente y está dado por:

$$b = \frac{1.25}{P_d}$$

$$b = \frac{1.25}{21} = 0.0595 \text{ pulg}$$

Por lo tanto, reemplazando en (\*\*):

$$ht = 0.0476 + 0.0595 = 0.1071$$

Luego, en (\*\*\*\*):

$$D_r = 2.857 - 2 * (0.0595) = 2.7380$$

Por lo tanto, reemplazando (\*\*\*\*) en (\*\*):

$$t_R = 2.7380 - 1.25 = 1.488$$

Por último, en reemplazando en (\*):

$$m_B = \frac{1.488 \text{ pulg}}{0.1071 \text{ pulg}} = 13.88$$

Siendo el  $m_B > 1.2$ , según la figura 4.22, se concluye que el factor tamaño será:

$$K_B = 1$$

### **1. Especificar el factor de seguridad SF**

El factor de seguridad SF, permite considerar una serie de incertidumbres en el proceso de diseño, las cuales son:

- Incertidumbres en el análisis de diseño
- Incertidumbres en las características del material
- Incertidumbres en las características del material

Por otro lado, no existen lineamientos generales publicados para la selección de un determinado factor de seguridad, por lo que, en la práctica general al diseñar, estos se han incluido en los cálculos del esfuerzo flexionante y el esfuerzo flexionante admisible ajustado. El valor del factor de seguridad, como menciona Mott (2006), debe estar entre 1.00 y 1.50. En este caso, el factor de seguridad SF seleccionado será:

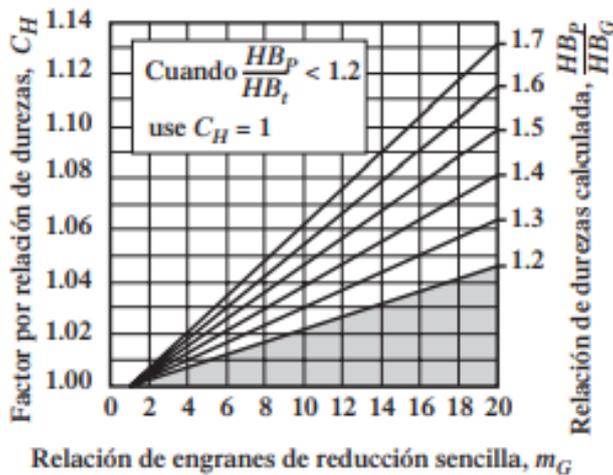
$$SF = 1.5$$

**m. Especificar un factor de relación de dureza ( $C_H$ )**

En cuanto a la especificación del factor de relación de dureza, este indica que la dureza en los dientes del piñón debe ser mayor que la del engrane a fin de que estos últimos se alisen y endurezcan al funcionar. Esta condición permite que se aumente la capacidad del engrane respecto a la resistencia a la picadura influenciado por el factor  $C_H$  (Mott, 2006).

**Figura 4.25**

*Factor por relación de durezas,  $C_H$*



*Nota.* Tomado de la norma AGMA 2001-C95, *Fundamental Rating Factors and Calculation Methods for Involute Spur and Helical Gear Teeth*, con autorización del editor, American Gear Manufacturers Association, 1500 King Street, Suite 201, Alexandria, VA 22314, como se cita en Mott (2006).

Por lo general, el factor de relación de dureza ( $C_H$ ) toma el valor inicial de 1 para su diseño puesto que, como se muestra en la figura 4.25, depende de la relación entre el número de dientes del piñón y el engrane ( $m_G$ ) y también con el factor por relación de durezas  $C_H$  entre el piñón y el engrane, este valor es recomendado por Mott (2006).

$$C_H = 1$$

**n. Determinar un factor de confiabilidad  $K_R$**

El factor de confiabilidad ( $K_R$ ) es aquel que se basa en análisis estadísticos de datos de fallas (ver figura 4.26). En este caso se selecciona, según recomendación, una confiabilidad de 0.99 y un factor de confiabilidad de:

$$K_R = 1$$

**Figura 4.26**

*Factor de confiabilidad,  $K_R$*

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

*Nota.* Extraído de Mott (2006)

**o. Especificar una vida de diseño**

La vida de diseño es, en realidad, una decisión de diseño que se fundamenta en la aplicación. Esta se selecciona a partir de un conjunto de datos establecidos en el diseño de cojinetes (Mott, 2006). Para especificar este valor, se debe calcular los ciclos de carga ( $N_c$ ), determinar factores por números de ciclo de esfuerzo de flexión ( $Y_N$ ) y de picadura ( $Z_N$ ).

Para calcular el número de ciclos de carga  $N_{cE}$  y  $N_{cF}$ , se utiliza la siguiente fórmula:

$$N_c = 60 * L * n * q \quad (3.22)$$

Donde

$N_c$ : Número de ciclos de carga esperado

$L$ : vida de diseño, en horas

$n$ : Velocidad de giro del engrane, en rpm

$q$ : número de aplicaciones de carga por revolución

Los valores pueden encontrarse en la figura 4.27, en donde se muestra que, para transmisores de usos múltiples, la vida de diseño (L) va entre un rango de 8000-15000 días, por lo que se tomará un valor de duración óptima  $L=15000$  debido al uso intermitente que se le dará a la maquinaria (solo en épocas de esquilado o producción). El número de aplicaciones de carga por revolución para el piñón E y el engranaje F será de 1, al igual que se conservan las rpm en ambos con 360 rpm. Luego, reemplazando en 3.22 se tiene:

$$N_{cE} = 60 * 15000 \text{ horas} * 360 \text{ rpm} * 1$$

$$N_{cE} = N_{cF} = 3.24 * 10^8 \text{ ciclos}$$

### Figura 4.27

*Vida de diseño recomendada*

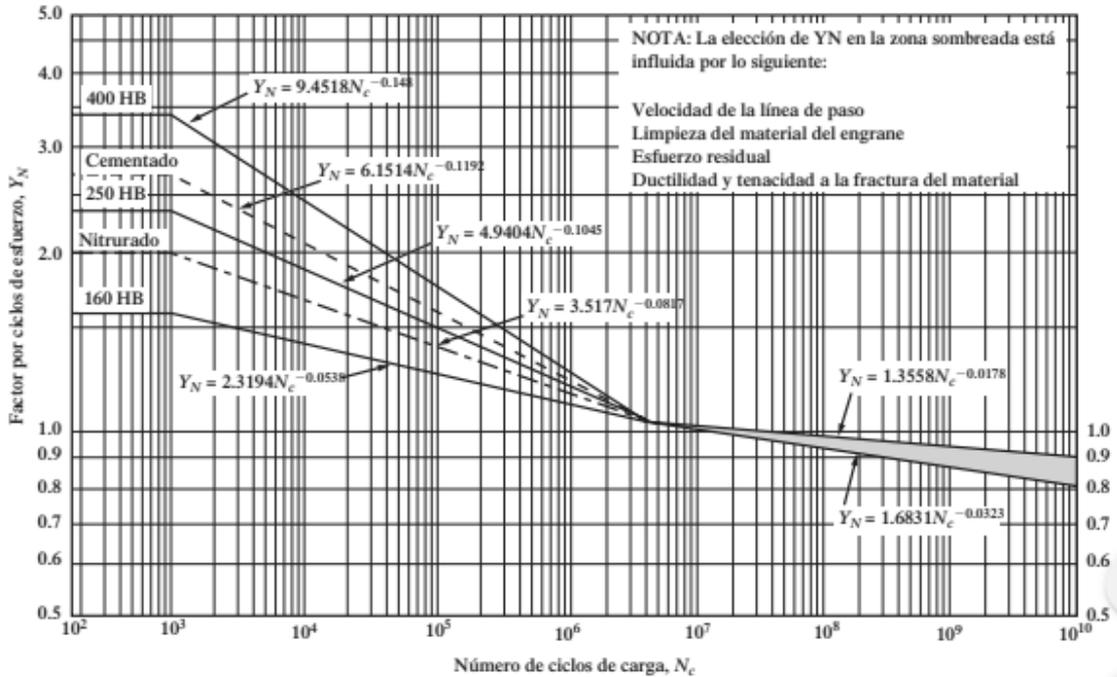
Aplicación	Vida de diseño (h)
Electrodomésticos	1000-2000
Motores de avión	1000-4000
Automotriz	1500-5000
Equipo agrícola	3000-6000
Elevadores, ventiladores industriales, transmisiones de usos múltiples	8000-15 000
Motores eléctricos, sopladores industriales, maquinaria industrial en general	20 000-30 000
Bombas y compresores	40 000-60 000
Equipo crítico en funcionamiento continuo durante 24 h	100 000-200 000

*Nota.* Extraído de Eugene A. Avallone y Theodore Baumeister III, editores, *Marks' Standard Handbook for Mechanical Engineers*, 9a edición, Nueva York, McGraw-Hill, 1986, como se cita en Mott (2006)

A continuación, para hallar los factores por número de ciclos de esfuerzo de flexión ( $Y_N$ ), se seleccionará el valor correspondiente en la figura 4.28:

**Figura 4.28**

*Factor de resistencia flexionante por ciclos de esfuerzo,  $Y_N$*



Nota. Extraído de la norma AGMA 2001-C95: *Fundamental Rating Factors and Calculation Methods for Involute Spur and Helical Gear Teeth*, con autorización del editor, American Gear Manufacturers Association, 500 King Street, Suite 201, Alexandria, VA 22314. Como se cita en Mott (2006)

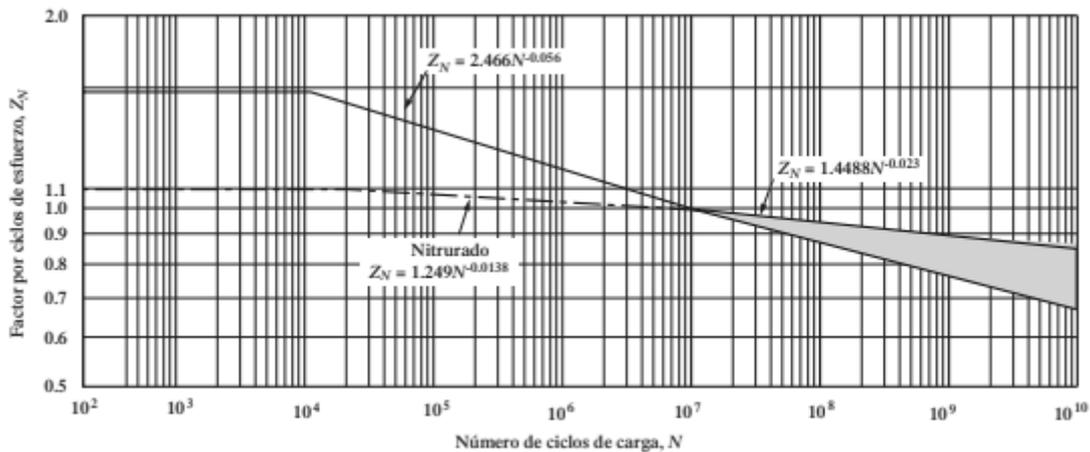
En la figura 4.28 se observa para un valor  $N_c = 3.24 * 10^8$  ciclos, se determina el factor de esfuerzo por número de ciclos de flexión  $Y_N = 1.3277$ , considerando la gráfica para:

$$Y_N = 1.35558 * N_c^{-0.0178}$$

Una vez determinado  $Y_N$ , se procede a determinar el factor por ciclos de esfuerzo por picadura ( $Z_N$ ) como se muestra en la figura 4.29:

**Figura 4.29**

*Factor de resistencia a la picadura por ciclos de esfuerzo,  $Z_N$*



*Nota.* Extraído de la Norma AGMA 2001-C95: *Fundamental Rating Factors and Calculation Methods for Involute Spur and Helical Gear Teeth*, con autorización del editor, American Gear Manufacturers Association, 500 King Street, Suite 201, Alexandria, VA 22314. Como se cita en Mott (2006)

Como se muestra en la figura 4.29, los valores para  $Z_N$  sería:

$$Z_N = 1.4488 N^{-0.023}$$

Reemplazando, se obtiene:

$$Z_N = 0.92313$$

**p. Calcular los esfuerzos flexionantes esperados en el piñón**

Calcular los esfuerzos flexionantes es fundamental para seleccionar el material a utilizar en la construcción de los engranajes, por lo cual se utilizará la siguiente ecuación (3.23):

$$S_{tE} = W_t * \frac{P_d}{F * J_p} * K_0 * K_S * K_B * K_v \quad (3.23)$$

Donde:

$S_{tE}$ : Número de esfuerzo flexionante (psi)

$$W_t: \text{Fuerza tangencial sobre los dientes del engrane} = \frac{63000 * HP}{n}$$

$P_d$ : Paso diametral del engrane

$F$ : Ancho de cara del engrane

$J_p$ : Factor de geometría para esfuerzo flexionante

$K_o$ : Factor por sobrecarga para resistencia flexionante

$K_s$ : Factor de tamaño para la resistencia flexionante

$K_m$ : Factor de alineamiento de engranado =  $1.0 + C_{p_f} + C_{m_a}$

$K_B$ : Factor por espesor de borde

$K_v$ : Factor de velocidad

$K_R$ : Factor de confiabilidad

$SF$ : Factor de seguridad

$Y_N$ : Factor por número de ciclos de esfuerzo flexionante

Reemplazando, se tiene:

$$S_{tE} = Wt * \frac{P_d}{F * J_p} * K_o * K_s * K_B * K_v$$

$$S_{tE} = 84.2625 * \frac{21 \frac{\text{dientes}}{\text{pulg}}}{0.5714 \text{pulg} * 0.315} * 1 * 1 * 1 * 1.1788$$

$$S_{tE} = 11\,588.34075 \text{ psi}$$

#### **q. Ajuste de esfuerzos flexionantes**

Se debe realizar el ajuste del valor de  $S_{tP}$  hallado en el punto anterior a un valor máximo aceptable a soportar el material. Se tiene la siguiente condición:

$$S_{atE} > S_{tE} * \frac{K_R * SF}{Y_N}$$

Reemplazando valores, se tiene:

$$S_{atE} > 11\,588.34075 \text{ psi} * \frac{1 * 1.5}{0.95639}$$

$$S_{atE} > 18175.026 \text{ psi}$$

$$S_{atE} > 18.175 \text{ ksi}$$

**r. Calcular el esfuerzo de contacto esperado en los engranajes**

Para calcular el esfuerzo de contacto en los engranajes se debe utilizar los datos anteriormente calculados y reemplazarlos en la siguiente ecuación:

$$S_C = C_P * \sqrt{\frac{W_t * K_o * K_s * K_m * K_v}{F * D_E * I}}$$

$S_C$ : Número de esfuerzo de contacto

$C_P$ : Coeficiente elástico

$W_t$ : Fuerza tangencial sobre los dientes del engrane =  $\frac{63000 * P}{n}$

$F$ : Ancho de cara del engrane

$I$ : Coeficiente de salpicadura

$K_o$ : Factor por sobrecarga para resistencia flexionante

$K_s$ : Factor de tamaño para la resistencia flexionante

$K_m$ : Factor de alineamiento de engranado =  $1.0 + C_{p_f} + C_{m_a}$

$D_E$ : Diámetro de paso del piñón E

$K_v$ : Factor de velocidad

Reemplazando, se tiene:

$$S_C = 2300 \text{ lb/pulg} * \sqrt{\frac{84.2625 \text{ lb} * 1 * 1 * 1.1579 * 1.1788}{0.5714 \text{ pulg} * 2.85714 \text{ pulg} * 0.084}}$$

$$S_C = 66\,608.77061 \text{ psi}$$

**s. Ajuste de esfuerzos de contacto admisible en los engranajes**

Puesto que se tiene un factor por ciclos de esfuerzo por picadura ( $Z_N$ ) para ambos piñones, se presenta el ajuste de esfuerzo de contacto según la fórmula:

$$S_{ac} > S_C * \frac{K_R * SF}{Z_N * C_H}$$

Reemplazando, se tiene:

$$S_{ac} > 66\,608.77061 \text{ psi} * \frac{1 * 1.5}{0.92313 * 1}$$

$$S_{ac} > 108\,232.272 \text{ psi}$$

$$S_{ac} > 108.232 \text{ ksi}$$

**t. Especificar los materiales adecuados para los engranajes y seleccionar el tipo de engranaje comercial**

Por último, para especificar los materiales adecuados para el engranaje, se debe considerar los cálculos realizados para el número de esfuerzo flexionante y de contacto admisible, los cuales recomiendan el proceso de templado en los engranajes para otorgar la dureza suficiente para el proceso a realizar. El método seleccionado será templado por llama o inducción de grado 1 pues se cumple con los valores especificados en la figura 4.30.

**Figura 4.30**

*Números de esfuerzo admisibles para materiales de engranes de acero templado*

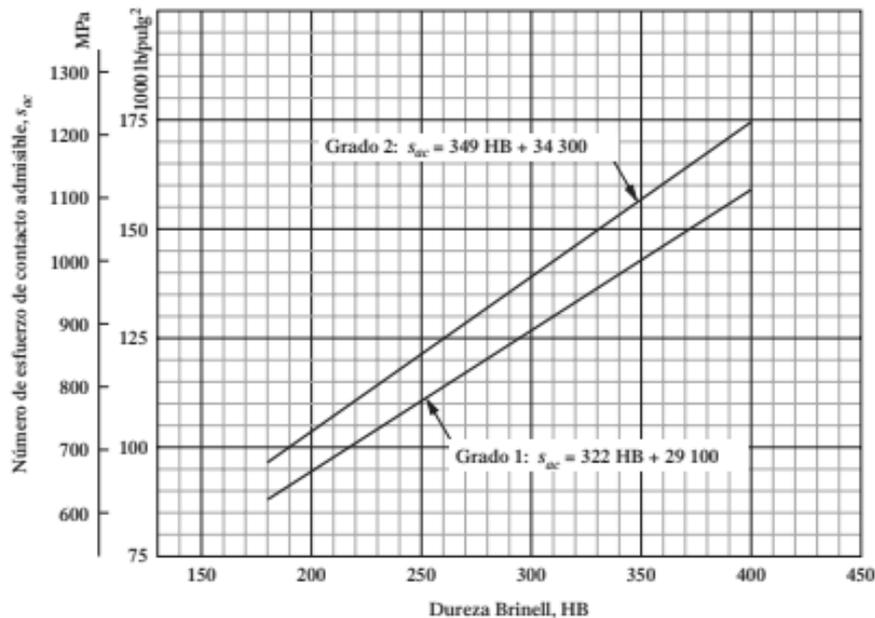
Dureza en la superficie	Número de esfuerzo flexionante admisible, $s_{af}$ (ksi)			Número de esfuerzo de contacto admisible, $s_{ac}$ (ksi)		
	Grado 1	Grado 2	Grado 3	Grado 1	Grado 2	Grado 3
Templado por llama o por inducción:						
50 HRC	45	55		170	190	
54 HRC	45	55		175	195	
Cementado y templado						
55-64 HRC	55			180		
58-64 HRC	55	65	75	180	225	275
Aceros templados totales y nitrurados:						
83.5 HR15N		Vea la figura 9-14		150	163	175
84.5 HR15N		Vea la figura 9-14		155	168	180
Nitrurados, nitralloy 135M: <sup>a</sup>						
87.5 HR15N		Vea la figura 9-15				
90.0 HR15N		Vea la figura 9-15		170	183	195
Nitrurados, nitralloy N: <sup>a</sup>						
87.5 HR15N		Vea la figura 9-15				
90.0 HR15N		Vea la figura 9-15		172	188	205
Nitrurados, 2.5% de cromo (sin aluminio)						
87.5 HR15N		Vea la figura 9-15		155	172	189
90.0 HR15N		Vea la figura 9-15		176	196	216

*Nota.* Extraído de la norma AGMA 2001-C95: *Fundamental Rating Factors and Calculation Methods for Involute Spur and Helical Gear Teeth*, con autorización del editor, American Gear Manufacturers Association, 500 King Street, Suite 201, Alexandria, VA 22314. Como se cita en Mott (2006)

Luego, se dispone a revisar la dureza necesaria del acero a usar en los engranajes (ver figura 4.31). Según los valores mostrados en la gráfica y en base al número de ciclos de carga, se utiliza la siguiente ecuación en base a la regresión planteada en la figura 4.31 para el Grado 1:

**Figura 4.31**

*Número de esfuerzo de contacto admisible,  $S_{ac}$*



*Nota.* Extraído de la norma AGMA 2001-C95: *Fundamental Rating Factors and Calculation Methods for Involute Spur and Helical Gear Teeth*, con autorización del editor, American Gear Manufacturers Association, 500 King Street, Suite 201, Alexandria, VA 22314. Como se cita en Mott (2006)

$$S_{ac} = 322 * HB + 29\ 100$$

Reemplazando  $S_{ac} = 108\ 232.272\ psi$ , se obtiene:

$$108\ 232.272\ psi = 322 * HB + 29100$$

$$HB = 245.752$$

Luego, se opta por el uso de acero grado 1, donde se observa que el número de esfuerzo flexionante admisible requerido para el piñón es mayor que el permitido en el acero templado total (ver figura 4.30 y 4.31).

Además, se puede utilizar valores por encima como los ofrecidos por los materiales cementados (ver figura 4.30). Se especifica un material AISI 4320 SOQT 300, el cual ofrece una resistencia a la tensión de 218 ksi en el núcleo, 13% de elongación y dureza superficial de 62 HRC. Este material puede ser reemplazado por acero H 1045 presente en el mercado local, el cual debería ofrecer un servicio mayor a las expectativas debido a la resistencia a la tensión que ofrecen.

Por otro lado, para seleccionar los piñones a comprar, se debe consultar Al catálogo del proveedor SKF, aquí se pueden los piñones y con la facilidad de realizar la construcción en caso las medidas no sean comerciales. Los valores por tomar en cuenta serán de:

**Tabla 4.12**

*Características requeridas de diseño de los piñones E y F*

Concepto	Símbolo	Valor/ Resultado (Norma ANSI-Inglés)	Valor/ Resultado (Sist. Internacional)
Diámetro de paso	$D_P$	2.85714	72.57 mm
Número de dientes	$N_{E/F}$	60 dientes	60 dientes
Distancia entre centros	$C_{E/F}$	2.86 pulg	73 mm
Relación de velocidades	$i_{E/F}$	1	1
Ancho de cara	$F$	0.5714 pulg	14.514 mm
Altura del diente (de trabajo)	$h$	0.1071 pulg	2.72 mm
Adendum	$a$	0.0476 pulg	1.20 mm
Dedendum	$b$	0.0595 pulg	1.51 mm
Ángulo de presión	$\alpha$	20°	20°
Material		Acero H 1045	Acero H1045
Paso / Módulo	$P_d$	21 dientes/pulg	1.25 mm

*Nota.* Elaboración propia

Como se observa en el Anexo 13, se debe considerar dimensiones estándares comerciales, por lo que el piñón será manufacturado cumpliendo con los requerimientos de diseño mencionados en la tabla 4.12.

**Tabla 4.13**

*Diseño final seleccionado de los piñones E y F*

Paso	Z	Diámetro exterior		Dimensiones				
		Dext.	Agujero estándar	Agujero		Cubo		Grosor de malla
				Mín.	Máx.	H	L	
Pulg.	-	Pulg.	Pulg.	Pulg.	Pulg.			$t_R$
1	60	3.03	0.98	-	-	-	-	1.48

*Nota.* Extraído de Grupo SKF (2011)

u. **Cálculo de torque en los piñones:**

El torque generado en los piñones se calculó por:

$$T = \frac{30000 * HP}{\pi * n}$$

Donde:

T: Torque del piñón, N-m

HP: Potencia, en kW

N: velocidad de giro de piñones, rpm.

Reemplazando, se tiene:

$$T = \frac{30000 * 0.359 \text{ kW}}{\pi * 360 \text{ rpm}}$$

Finalmente, los torques generados por los piñones sobre el eje de la polea D y H será:

$$T = 9.528 \text{ N} - \text{m}$$

#### 4.6.6 Transmisión de potencia de fajas entre las poleas G y H

En este punto, se calculará la potencia transmitida entre las poleas G y H, transmitiendo el movimiento desde el cilindro inferior hacia la telera respectivamente.

##### 4.6.6.1 Procedimiento de cálculo

En este punto, se muestra el proceso para el cálculo de la transmisión de potencia de faja entre las poleas G y H según los siguientes pasos:

a. **Potencia de diseño**

$$HP_d = HP * f.s. \quad (3.11)$$

Donde:

$HP_d$  : Potencia de diseño (HP)

$HP$  : Potencia del motor (HP)

$f.s.$  : Factor de servicio transmisión por faja en V (Maq.textil). (Ver Anexo 4)

Reemplazando los siguientes datos:

$$HP : 0.4815 HP$$

$f.s. : 1.4$  (Factor de servicio para correas de maquinaria textil con uso intermitente)

Reemplazando en (3.11):

$$HP_d = 0.4815 HP * 1.4$$

$$HP_d = 0.6741 HP$$

$$HP_d = 0.502 KW$$

**b. Selección de la sección de la faja**

$$HP_d = 0.502 KW$$

$$rpm = 360$$

Del Anexo 5 se obtiene la faja de la sección A de 1 canal.

**c. Relación de transmisión**

$$I_{GH} = \frac{RPM_{+G}}{RPM_{-H}} \quad (3.12)$$

$$I_{GH} = \frac{360 rpm}{360 rpm}$$

$$I_{GH} = 1$$

**d. Selección de los diámetros de paso**

$$D_G = 83.82 mm * \frac{1 pulg}{25.4 mm} = 3.3 pulg$$

$$D_H = 83.82 mm * \frac{1 pulg}{25.4 mm} = 3.3 pulg$$

De la ecuación (3.2) se tiene:

$$D_G = I_{GH} * D_H$$

El diseño de la polea se realiza en base al criterio del diseñador y la oferta en el mercado interno. En base a los datos obtenidos en los cálculos anteriores, se procede a definir el diseño de las poleas a tipo estándar de sección A (ver Anexo 5) donde el diámetro exterior de la polea G se ajusta a 3.3 pulgadas o 83.82 mm (Estándar)

$$D_H = \frac{D_G}{I_{GH}}$$

$$D_H = \frac{3.3 \text{ pulg}}{1} = 3.3 \text{ pulg}$$

Recalculando  $I_{AB}$ :

$$I_{GH} = \frac{D_G}{D_H} = \frac{3.3 \text{ pulg}}{3.3 \text{ pulg}} = 1$$

$$\text{error} = \frac{1 - 1}{1} * 100\% = 0\% \leq 1\% \text{ (Ok!)}$$

En resumen:

Diámetro de poleas G y H serán:

$$D_G = 3.3 \text{ pulg}$$

$$D_H = 3.3 \text{ pulg}$$

#### e. Selección de longitud estándar de la faja

Para seleccionar la longitud estándar de la faja debemos considerar la distancia entre los centros de las poleas, los cuales serán calculados en base a las recomendaciones de los fabricantes de poleas y fajas (ver figura 4.13), los que proponen una distancia “recomendada”, una mínima y otra máxima. Trabajaremos con un valor de distancia entre centros mayor o igual al mínimo recomendado para demostrar desde que valor se corrobora la viabilidad técnica de la misma.

En base a lo anterior, se tiene:

$$0.7(D_G + D_H) \leq C \leq 2(D_G + D_H) \quad (3.13)$$

Donde:

$D_G$ : Diámetro de la polea G.

$D_H$ : Diámetro de la polea H.

$C$ : Distancia entre centros de la polea

Reemplazando en (3.13), se tiene:

$$0.7(3.3 \text{ pulg} + 3.3 \text{ pulg}) \leq C \leq 2(3.3 \text{ pulg} + 3.3 \text{ pulg})$$

$$4.62 \text{ pulg} \leq C \leq 13.2 \text{ pulg}$$

Para el diseño se asume en forma tentativa la distancia entre centros de:

$$C \approx 4.62 \text{ pulg}$$

Para calcular la longitud aproximada de la faja, se utilizará la siguiente ecuación:

$$L_{GH} \approx 2C + 1.57(D_G + D_H) + \frac{(D_G + D_H)^2}{4C} \quad (3.14)$$

Donde:

$L$ : Largo de la correa entre poleas  $G$  y  $H$  (pulg)

$D_G$ : Diámetro de la polea  $G$

$D_H$ : Diámetro de la polea  $H$

$C$ : Distancia entre centros

Reemplazando en (3.14), se tiene:

$$L_{GH} \approx 2 * 4.62 \text{ pulg} + 1.57(6.6 \text{ pulg}) + \frac{(6.6 \text{ pulg})^2}{4 * 4.62 \text{ pulg}}$$

$$L_{GH} \approx 21.96 \text{ pulg}$$

Del Anexo 6, se selecciona la longitud estándar más próxima al resultado obtenido como la faja perfil 13/A modelo A21, cuya longitud es:

$$L_{GH-AJUSTADO} \approx 22 \text{ pulg}$$

Luego, se vuelve a calcular  $C$  ajustado al nuevo valor de  $L_{AB}$ :

$$L_{AB-AJUSTADO} \approx 2C + 1.57(D_G + D_H) + \frac{(D_G + D_H)^2}{4C} \quad (3.11)$$

$$22 \text{ pulg} = 2 * C + 1.57(3.3 \text{ pulg} + 3.3 \text{ pulg}) + \frac{(3.3 \text{ pulg} + 3.3 \text{ pulg})^2}{4 * C}$$

Utilizando la fórmula general para la ecuación de segundo grado, se obtienen los valores para  $C$ :

$$C_1 = 1.1716 \text{ pulg (No)}$$

$$C_2 = 4.6473 \text{ pulg (¡Ok!)}$$

Luego, se concluye:

$$D_A = 3.3 \text{ pulg}$$

$$D_B = 3.3 \text{ pulg}$$

$$C = 4.6473 \text{ pulg}$$

#### f. Potencia por faja

Para calcular el ángulo de contacto y el factor de corrección " $K_\theta$ " se utiliza la siguiente ecuación:

$$\frac{(D_G - D_H)}{c} \quad (3.17)$$

Reemplazando en la ecuación (3.17), se tiene:

$$\frac{(D_G - D_H)}{C} = \frac{(3.3 \text{ pulg} - 3.3 \text{ pulg})}{4.6473 \text{ pulg}}$$

$$\frac{(D_G - D_H)}{C} = 0$$

Del Anexo 7 y en base a la relación calculada, se obtiene " $K_\theta$ "

$$K_\theta = 1$$

Del anexo 6, se debe tener en consideración que el factor de corrección " $K_L$ " ya está considerado en los datos, por lo que no será necesario calcularlo ni considerarlo en el cálculo del número de fajas.

En base a los valores de las rpm del eje más rápido, el diámetro de la polea menor y la sección de la faja, se determinará la potencia a transmitir por parte de la faja seleccionada (ver tabla 4.14). Los datos se extraen del anexo 8.

**Tabla 4.14***Capacidad de transmisión de potencia (en HP) entre G y H*

RPM del eje más rápido	HP por la faja referida a la polea de diámetro menor		
	3.3 pulg	3.346 pulg	3.543 pulg
100	$\alpha$	0.20	0.23
360	$\beta$		
500	$\gamma$	0.71	0.83

*Nota.* Valores extraídos de Intermecc® (2019). Elaboración propia

Realizando la extrapolación de datos para calcular “ $\alpha$ ”, se tiene:

$$\frac{3.346 \text{ pulg} - 3.3 \text{ pulg}}{0.2 - \alpha} = \frac{3.543 - 3.346}{0.23 - 0.20}$$

$$\alpha = 0.1929$$

Análogamente, se calcula “ $\gamma$ ”:

$$\frac{3.346 \text{ pulg} - 3.3 \text{ pulg}}{0.71 - \gamma} = \frac{3.543 - 3.346}{0.83 - 0.71}$$

$$\gamma = 0.6819$$

Una vez calculados los valores anteriores ( $\alpha$ ,  $\gamma$ ), se realiza la interpolación para calcular “ $\beta$ ”:

$$\frac{360 \text{ rpm} - 100 \text{ rpm}}{500 \text{ rpm} - 100 \text{ rpm}} = \frac{\beta - 0.1929}{0.6819 - 0.1929}$$

$$\beta = 0.51075$$

$$\therefore HP_{faja_{Tabla}} = 0.51075 \text{ HP}$$

En base al Anexo 9 y a la relación de transmisión y sección de la faja, la potencia adicional se determina al multiplicar este valor por las rpm del eje más rápido y dividirlo entre 100. El valor encontrado es de 0.51075

$$I_{AB} = 1$$

Sección de la faja A:

$$HP_{Adicional} = 0.51075 * \frac{360 \text{ rpm}}{100}$$

$$HP_{Adicional} = 1.8387 \text{ HP}$$

Luego, para calcular la potencia de la faja sería:

$$HP_{faja} = [(HP_{faja})_{Tabla} + HP_{Adicional}] * K_{\theta} \quad (3.18)$$

Reemplazando en (3.18), se tiene:

$$HP_{faja} = [0.51075 \text{ HP} + 1.8387] * 1$$

$$HP_{faja} = 2.34945 \text{ HP}$$

### g. Número de fajas

Para calcular el número de fajas se utilizará la siguiente ecuación:

$$\#Fajas = \frac{HP_d}{HP_{faja}} \quad (3.19)$$

Reemplazando en (3.19)

$$\#Fajas = \frac{0.6741 \text{ HP}}{2.34945 \text{ HP}}$$

$$\#Fajas = 0.3 \cong 1 \text{ faja}$$

Finalmente, en base a los cálculos realizados se concluye que: Se necesitará 1 faja A21 de perfil 13/A del fabricante Optibelt (ver Anexo 14) con polea motriz  $D_G = 3.3 \text{ pulg}$ ,  $D_H = 3.3 \text{ pulg}$ ,  $C = 4.64 \text{ pulg}$ .

## 4.7 Diseño de ejes

Para diseñar los ejes de la máquina se deberá tener en cuenta el torque transmitido por las poleas, el diámetro requerido, las tensiones transmitidas por las poleas. El cálculo de estas se presenta a continuación:

### 4.7.1 Cálculo de torque en las poleas

Reemplazando en la ecuación, se tiene:

$$T_B = \frac{121.92 \text{ mm}}{65 \text{ mm}} * 1.97 = 3.695 \text{ N} - m$$

El torque  $T_C$  producido por la polea arrastrada "B" del eje del tambor quitador es:

$$T_C = \frac{D_C}{D_B} * T_B$$

Reemplazando, se tiene:

$$T_C = \frac{121.92 \text{ mm}}{121.92 \text{ mm}} * 3.695 \text{ N} - m = 3.695 \text{ N} - m$$

Luego, al observar que la polea C' se encuentra en el mismo eje de la polea C, se cumple:

$$T_C = T_{C'} = 3.695 \text{ N} - m$$

El torque generado en D ( $T_D$ ) es transmitido por la polea del tambor principal (C') y se calcula por:

$$T_D = \frac{D_D}{D_{C'}} * T_{C'}$$

Reemplazando, se tiene:

$$T_D = \frac{145.645 \text{ mm}}{58.42 \text{ mm}} * 3.695 \text{ N} - m = 9.2118 \text{ N} - m$$

Puesto que la polea E se encuentra en el mismo eje que la polea G, el torque  $T_G$  será:

$$T_G = T_D = 9.2118 \text{ N} - m$$

Por último, el torque  $T_H$  producido en la polea H de la telera, se calcula por:

$$T_H = \frac{D_H}{D_G} * T_G$$

Reemplazando, se tiene:

$$T_H = \frac{83.82 \text{ mm}}{83.82 \text{ mm}} * 9.2118 \text{ N} - m = 9.2118 \text{ N} - m$$

#### 4.7.2 Cálculo de diámetro de eje de la polea B

En este punto se realizará el cálculo del diámetro para el eje de la polea "B", el cual es el mismo que el del tambor quitador. Donde el cálculo se realizará por la fórmula:

$$D_{eje-B} = \left[ \frac{32 * N}{\pi * \tau_{max}} * \sqrt{(M_F^2 + M_t^2)} \right]^{\frac{1}{3}}$$

Donde:

$D_{eje-B}$ : Diámetro de eje de polea B

$M_t$ : Momento de torsión producido por la polea B

$M_F$ : Momento flector del eje de la polea B

$N$ : Factor de diseño

$\tau_{max}$ : Esfuerzo cortante máximo

En este caso, Mott (2006) recomienda un factor de diseño “N” entre 4 y 8, definido como diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas que tiene incertidumbre ante cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el mismo ambiente. Por otro lado, para los ejes se considerará el Acero SAE 1045.

Se cumple para el acero SAE 1045:

$$\tau_{max} = 539 * 10^6 Pa$$

Luego, el momento flector máximo se calcula por:

$$M_F = \sqrt{M_{YZ}^2 + M_{XY}^2}$$

Reemplazando de la figura 4.33 y 4.34, se tiene:

$$M_F = \sqrt{(-13.80 N - m)^2 + (-12.91 N - m)^2}$$

$$M_F = 18.8973 N - m$$

Por último, reemplazando en la ecuación se tiene:

$$D_{eje-B} = \left[ \frac{32 * 4}{\pi * 539 * 10^6} * \sqrt{((18.8973 N - m)^2 + (3.695 N - m)^2)} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D_{eje-B} = 11.33 mm$$

Ya que el diámetro del eje recomendado para nuestro diseño es de 11.33 mm, se procede a considerar el diámetro de 25 mm para el eje, debido a los diámetros comerciales que se ofrecen en el mercado y teniendo un factor de seguridad 2.20 veces mayor

### 4.7.3 Cálculo del diámetro de eje de la polea “C” y “C’”

En este punto se realizará el cálculo del diámetro para el eje de la polea C y C’ que es el mismo que el del tambor principal con púas. Donde el cálculo se realizará por la fórmula:

$$D_{eje-c} = \left[ \frac{32 * N}{\pi * \tau_{max}} * \sqrt{(M_F^2 + M_t^2)} \right]^{\frac{1}{3}}$$

Donde:

$D_{eje-c}$ : Diámetro de eje de polea C

$M_t$ : Momento de torsión producido por la polea C

$M_F$ : Momento flector del eje de la polea C

$N$ : Factor de diseño

$\tau_{max}$ : Esfuerzo cortante máximo

En este caso, Mott (2006) recomienda un factor de diseño “N” entre 4 y 8, definido como diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas que tiene incertidumbre ante cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el mismo ambiente. Por otro lado, para los ejes se considerará el Acero SAE 1045

Se cumple para el acero SAE 1045:

$$\tau_{max} = 539 \text{ MPa}$$

Luego, el momento flector máximo se calcula por:

$$M_F = \sqrt{M_{YZ}^2 + M_{XY}^2}$$

Reemplazando de la figura 4.36 y 4.37, se tiene:

$$M_F = \sqrt{(59.66 N - m)^2 + (-38.97 N - m)^2}$$

$$M_F = 71.259 N - m$$

Por último, reemplazando en la ecuación se tiene:

$$D_{eje-c} = \left[ \frac{32 * 4}{\pi * 539 * 10^6} * \sqrt{((71.259 N - m)^2 + (3.695 N - m)^2)} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D_{eje-c} = 17.53 \text{ mm}$$

Ya que el diámetro del eje recomendado para nuestro diseño es de 17.53 mm, se procede a considerar el diámetro de 25 mm para el eje, debido a los diámetros comerciales que se ofrecen en el mercado y se obtiene un factor de seguridad 1.42 veces mayor.

#### 4.7.4 Cálculo del diámetro de eje de la polea “D”

En este punto se realizará el cálculo del diámetro para el eje de la polea D que es el mismo que el del cilindro alimentador superior. Donde el cálculo se realizará por la fórmula:

$$D_{eje-D} = \left[ \frac{32 * N}{\pi * \tau_{max}} * \sqrt{(M_F^2 + M_t^2)} \right]^{\frac{1}{3}}$$

Donde:

$D_{eje-D}$ : Diámetro de eje de polea D

$M_t$ : Momento de torsión producido por la polea B

$M_F$ : Momento flector del eje de la polea B

$N$ : Factor de diseño

$\tau_{max}$ : Esfuerzo cortante máximo

En este caso, Mott (2006) recomienda un factor de diseño “N” entre 4 y 8, definido como diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas que tiene incertidumbre ante cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el mismo ambiente. Por otro lado, para los ejes se considerará el Acero SAE 1045

Se cumple para el acero SAE 1045:

$$\tau_{max} = 539 \text{ MPa}$$

Luego, el momento flector máximo se calcula por:

$$M_F = \sqrt{M_{YZ}^2 + M_{XY}^2}$$

Reemplazando de la figura 4.39 y 4.40, se tiene:

$$M_F = \sqrt{(-17.98 N - m)^2 + (20.47 N - m)^2}$$

$$M_F = 27.2452 N - m$$

Por último, reemplazando en la ecuación se tiene:

$$D_{eje-D} = \left[ \frac{32 * 4}{\pi * 539 * 10^6} * \sqrt{((27.2452 N - m)^2 + (9.2118 N - m)^2)} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D_{eje-D} = 12.95 \text{ mm}$$

Ya que el diámetro del eje recomendado para nuestro diseño es de 12.95 mm, se procede a considerar el diámetro de 25 mm para el eje, debido a los diámetros comerciales que se ofrecen en el mercado y resultando en un factor de seguridad 1.93 veces mayor

#### 4.7.5 Cálculo del diámetro de eje de la polea “H”

En este punto se realizará el cálculo del diámetro para el eje de la polea H, que es el mismo que el del cilindro de giro de la telera. Donde el cálculo se realizará por la fórmula:

$$D_{eje-H} = \left[ \frac{32 * N}{\pi * \tau_{max}} * \sqrt{(M_F^2 + M_t^2)} \right]^{\frac{1}{3}}$$

Donde:

$D_{eje-H}$ : Diámetro de eje de polea B

$M_t$ : Momento de torsión producido por la polea B

$M_F$ : Momento flector del eje de la polea B

$N$ : Factor de diseño

$\tau_{max}$ : Esfuerzo cortante máximo

En este caso, Mott (2006) recomienda un factor de diseño “N” entre 4 y 8, definido como diseño de estructuras estáticos o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas que tiene incertidumbre ante cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el mismo ambiente. Por otro lado, para los ejes se considerará el Acero SAE 1045

Se cumple para el acero SAE 1045:

$$\tau_{max} = 539 \text{ MPa}$$

Luego, el momento flector máximo se calcula por:

$$M_F = \sqrt{M_{YZ}^2 + M_{XY}^2}$$

Reemplazando de la figura 4.42 y 4.43, se tiene:

$$M_F = \sqrt{(-13.43 N - m)^2 + (41.80 N - m)^2}$$

$$M_F = 43.90 N - m$$

Por último, reemplazando en la ecuación se tiene:

$$D_{eje-H} = \left[ \frac{32 * 4}{\pi * 539 * 10^6} * \sqrt{((43.90 N - m)^2 + (9.2118 N - m)^2)} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D_{eje-H} = 15.02 \text{ mm}$$

Ya que el diámetro del eje recomendado para nuestro diseño es de 15.02 mm, se procede a considerar el diámetro de 25 mm para el eje, debido a los diámetros comerciales que se ofrecen en el mercado y para tener un factor de seguridad 1.66 veces mayor.

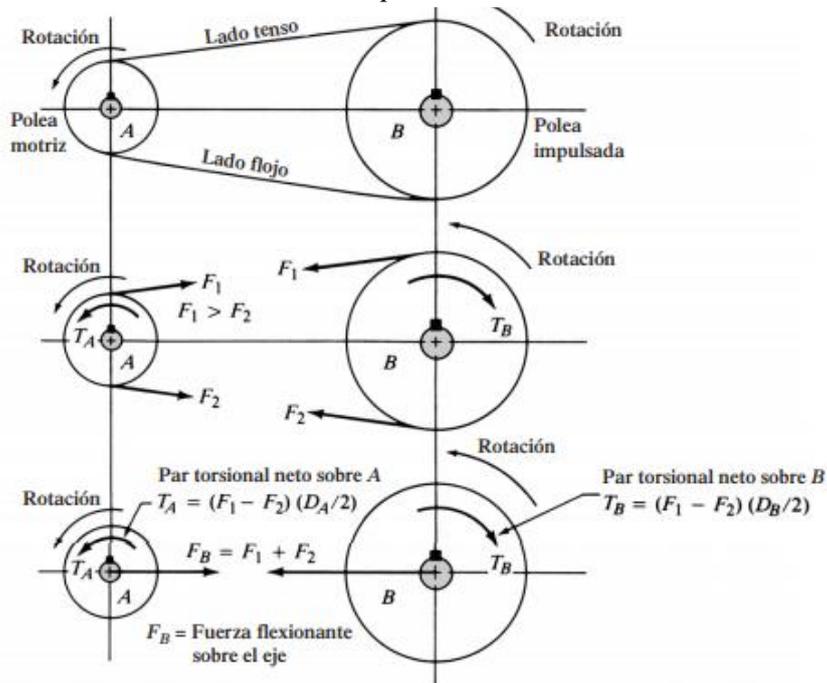
#### 4.7.6 Cálculo de tensiones de transmisión por fajas entre las poleas A y B

Se genera un par torsional en la polea A debido a la faja que lo conecta con B, para calcularla se debe considerar la ecuación (3.24). Aquí se observa que la fuerza de flexión  $F_B$  resulta de la suma de  $F_1 + F_2$ , donde  $F_1$  y  $F_2$  son las componentes paralelas a la línea entre centros de las poleas asumiéndose de la misma forma en caso hubiere poleas que tengan diámetros radicalmente distintos debido al bajo error presente (ver figura 4.32).

A diferencia de la fuerza impulsora neta  $F_N$  que resulta de la diferencia de  $F_1 - F_2$  puesto que en un acople de poleas existe un lado tenso y uno flojo. Se asume un valor de la fuerza de flexión  $F_B$  sobre el eje igual a 1.5 veces el valor de la fuerza normal  $F_N$  de uno de los lados de la faja (Mott, 2006, p.409).

**Figura 4.32**

*Cálculo de tensiones entre las poleas*



Nota. Extraído de Mott (2006)

$$T_A = (F_1 - F_2) * \frac{D_A}{2} \quad (3.24)$$

Reemplazando, se tiene:

$$1.97 \text{ N} - \text{m} = (F_1 - F_2) * \frac{0.0635 \text{ m}}{2}$$

$$(F_1 - F_2) = (F_N) = 62.0472 \text{ N} \quad (*)$$

Fuerza flexionante sobre el eje:

$$F_B = F_1 + F_2$$

Fuerza impulsora neta:

$$F_N = F_1 - F_2$$

$$F_B = 1.5 * F_N = 1.5 * \frac{T_A}{\frac{D_A}{2}}$$

Reemplazando en la ecuación, se tiene:

$$F_1 + F_2 = 1.5 * \frac{1.97 \text{ N} - \text{m}}{\frac{0.0635 \text{ m}}{2}}$$

$$F_1 + F_2 = 93.070 \text{ N} \quad (**)$$

Luego, de (\*) y (\*\*), se tiene:

$$F_1 = 77.5586 \text{ N}$$

$$F_2 = 15.5114 \text{ N}$$

Posteriormente, se calculan las componentes rectangulares del eje de la polea B:

$$F_{1XB}: 77.5586 \text{ N} * \text{sen}(5.83^\circ) = 7.87 \text{ N} \leftarrow$$

$$F_{1ZB}: 77.5586 \text{ N} * \text{cos}(5.83^\circ) = 77.15 \text{ N} \downarrow$$

$$F_{2XB}: 15.5114 \text{ N} * \text{cos}(84.97^\circ) = 1.359 \text{ N} \rightarrow$$

$$F_{2ZB}: 15.5114 \text{ N} * \text{sen}(84.97^\circ) = 15.45 \text{ N} \downarrow$$

La fuerza parcial ejercida sobre el eje de la polea "B" por la faja entre la polea A y B en las direcciones X y Z, será:

$$F_X = 6.511 \text{ N} \leftarrow$$

$$F_Z = 92.6 \text{ N} \downarrow + \text{Peso de polea B} = 92.6 \text{ N} \downarrow + 14.62671 \text{ N} \downarrow = 107.2267 \text{ N} \downarrow$$

#### 4.7.7 Cálculo de tensiones de transmisión por faja entre la polea B y C

Análogamente, se realiza el cálculo para las tensiones entre las poleas B y C:

Se calcula el torque neto sobre el eje B:

$$T_B = (F_4 - F_3) * \left(\frac{D_B}{2}\right)$$

Luego, reemplazando se tiene:

$$3.695 \text{ N} - m = (F_4 - F_3) * \left(\frac{0.127 \text{ m}}{2}\right)$$

$$(F_3 - F_4) = 58.1889 \text{ N} \quad (*)$$

Al calcular la fuerza de flexión  $F_B$  sobre el eje se tiene:

$$(F_4 + F_3) = \frac{1.5 * 3.695 \text{ N} - m}{\frac{0.127 \text{ m}}{2}}$$

$$(F_3 + F_4) = 87.283 \text{ N} \quad (**)$$

Por lo tanto, sumando (\*) y (\*\*): se obtienen las fuerzas ( $F_4$  y  $F_3$ ):

$$F_3 = 72.735 \text{ N}$$

$$F_4 = 14.547 \text{ N}$$

Puesto que ambas poleas tienen los ejes alineados, no se cuenta con una fuerza parcial en el eje Z a excepción del peso de la polea. Luego, la fuerza parcial ejercida sobre el eje C por la polea C en las direcciones X y Z será:

$$F_x = 87.282 \text{ N} \rightarrow$$

$$F_z = 0 \text{ N} + \text{Peso de polea C} = 14.62671 \text{ N} \downarrow$$

Luego, para el eje de la polea "B" se tiene una fuerza total ejercida por ambos canales de la polea "B" de:

$$F_x = 6.511 \text{ N} \leftarrow + 87.282 \text{ N} \leftarrow = 93.793 \text{ N} \leftarrow$$

$$F_z = 107.2267 \text{ N} \downarrow$$

#### 4.7.8 Cálculo de tensiones de transmisión por faja entre la polea C' y D

Luego, al calcular el torque en C' ( $T_{C'}$ ), se tiene:

$$T_{C'} = (F_5 - F_6) * \left(\frac{D_{C'}}{2}\right)$$

Reemplazando los valores, se tiene:

$$3.695 \text{ N} - m = (F_5 - F_6) * \left(\frac{0.05842 \text{ m}}{2}\right)$$

$$(F_5 - F_6) = 126.497 \text{ N} \quad (*)$$

Luego, la fuerza flexionante en el eje se calcula:

$$F_B = F_5 + F_6$$

La fuerza impulsora neta sobre las poleas se define por:

$$F_5 + F_6 = \frac{1.5 * T_{C'}}{\frac{D_{C'}}{2}}$$

Por lo tanto, reemplazando se tiene:

$$F_5 + F_6 = \frac{1.5 * 3.695 \text{ N} - m}{\frac{0.05842 \text{ m}}{2}}$$

$$F_5 + F_6 = 189.746 \text{ N} \quad (**)$$

Luego, sumando (\*) y (\*\*) se obtienen  $F_5$  y  $F_6$ :

$$F_5 = 158.1215 \text{ N}$$

$$F_6 = 31.6245 \text{ N}$$

Posteriormente, se calculan las componentes rectangulares de los ejes de la polea D:

$$F_{5XD}: 158.1215 \text{ N} * \text{sen}(81.91^\circ) = 156.547 \text{ N} \rightarrow$$

$$F_{5ZD}: 158.1215 \text{ N} * \text{cos}(81.91^\circ) = 22.2521 \text{ N} \downarrow$$

$$F_{6XD}: 31.6245 \text{ N} * \text{sen}(65.38^\circ) = 28.4045 \text{ N} \rightarrow$$

$$F_{6ZD}: 31.6245 \text{ N} * \text{sen}(24.62^\circ) = 13.1747 \text{ N} \downarrow$$

La fuerza total ejercida sobre el eje de la polea "D" en ambas direcciones será:

$$F_X = 184.9515 \text{ N} \rightarrow$$

$$F_Z = 35.4268 \text{ N} \downarrow$$

Se deberá considerar el peso de la polea D, por lo que la fuerza total ejercida en el eje D, será:

$$F_X = 184.9515 \text{ N} \rightarrow$$

$$F_Z = 35.4268 \text{ N} \downarrow + \text{Peso polea D} = 35.4268 \text{ N} \downarrow + 19.20798 \text{ N} \downarrow = 54.63478 \text{ N} \downarrow$$

Hay que recordar que habrá 2 piñones que conectarán al cilindro alimentador superior con el inferior por lo que se debe considerar el peso del piñón que es de 1.73 kg por lo que la fuerza generada  $F_{\text{piñon}} = 16.9713 \text{ N} \downarrow$

Por lo tanto, la fuerza parcial ejercida en el eje C por la polea C' será:

$$F_{5XC'}: 158.1215 \text{ N} * \text{sen}(81.91^\circ) = 156.547 \text{ N} \leftarrow$$

$$F_{5ZC'}: 158.1215 \text{ N} * \text{cos}(81.91^\circ) = 22.2521 \text{ N} \uparrow$$

$$F_{6XC'}: 31.6245 \text{ N} * \text{cos}(24.62^\circ) = 28.7495 \text{ N} \leftarrow$$

$$F_{6ZC'}: 31.6245 \text{ N} * \text{sen}(24.62^\circ) = 13.1747 \text{ N} \uparrow$$

$$F_x = 156.547 \text{ N} \leftarrow + 28.7495 \text{ N} \leftarrow = 185.2965 \text{ N} \leftarrow$$

$$F_z = 22.2521 \text{ N} \uparrow + 13.1747 \text{ N} \uparrow + \text{Peso polea } C'$$

$$F_z = 35.4268 \text{ N} \uparrow + 2.86452 \text{ N} \downarrow = 32.5622 \text{ N} \uparrow$$

Por último, para calcular la fuerza parcial ejercida en el eje de las poleas C y C' por la polea C' se deberá considerar la fuerza ejercida por ambas poleas, la cual será:

$$F_{XC} = 185.2965 \text{ N} \leftarrow$$

$$F_{ZC} = 32.5622 \text{ N} \uparrow$$

#### 4.7.9 Cálculo de tensiones de transmisión por faja entre la polea G y H

Análogamente, al calcular el torque en G ( $T_G$ ), se tiene:

$$T_G = (F_7 - F_8) * \left(\frac{D_G}{2}\right)$$

Reemplazando los valores, se tiene:

$$9.2118 \text{ N} - m = (F_7 - F_8) * \left(\frac{0.08382 \text{ m}}{2}\right)$$

$$(F_7 - F_8) = 219.7995 \text{ N} \quad (*)$$

Luego, la fuerza flexionante en el eje se calcula:

$$F_B = F_7 + F_8$$

La fuerza impulsora neta sobre las poleas se define por:

$$F_7 + F_8 = \frac{1.5 * T_G}{\frac{D_G}{2}}$$

Por lo tanto, reemplazando se tiene:

$$F_7 + F_8 = \frac{1.5 * 9.2118 \text{ N} - m}{\frac{0.08382 \text{ m}}{2}}$$

$$F_7 + F_8 = 329.6993 \text{ N} \quad (**)$$

Luego, sumando (\*) y (\*\*) se obtienen  $F_5$  y  $F_6$ :

$$F_7 = 274.7494 \text{ N}$$

$$F_8 = 54.9499 \text{ N}$$

Puesto que ambas poleas tienen el mismo diámetro y están se calculan las componentes rectangulares de los ejes de la polea H:

$$F_{7XH}: 274.7494 \text{ N} * \text{sen}(84.52^\circ) = 273.4936 \text{ N} \leftarrow$$

$$F_{7ZH}: 274.7494 \text{ N} * \text{cos}(84.52^\circ) = 26.2381 \text{ N} \downarrow$$

$$F_{8XH}: 54.9499 \text{ N} * \text{sen}(84.52^\circ) = 54.6987 \text{ N} \leftarrow$$

$$F_{8ZH}: 54.9499 \text{ N} * \text{cos}(84.52^\circ) = 5.2476 \text{ N} \uparrow$$

La fuerza parcial ejercida sobre el eje de la polea "H" en ambas direcciones será:

$$F_x = 328.1923 \text{ N} \leftarrow$$

$$F_z = 20.9905 \text{ N} \downarrow + \text{Peso de polea H} = 20.9905 \text{ N} \downarrow + 6.13125 \text{ N} \downarrow$$

$$F_z = 27.12175 \text{ N} \downarrow$$

Luego, para el eje de la polea "G" se tiene:

$$F_{7XH}: 274.7494 \text{ N} * \text{sen}(84.52^\circ) = 273.4936 \text{ N} \rightarrow$$

$$F_{7ZH}: 274.7494 \text{ N} * \text{cos}(84.52^\circ) = 26.2381 \text{ N} \downarrow$$

$$F_{8XH}: 54.9499 \text{ N} * \text{sen}(84.52^\circ) = 54.6987 \text{ N} \rightarrow$$

$$F_{8ZH}: 54.9499 \text{ N} * \text{cos}(84.52^\circ) = 5.2476 \text{ N} \downarrow$$

Por último, para el eje de la polea "G" se tiene parcialmente:

$$F_x = 328.1923 \text{ N} \rightarrow$$

$$F_z = 31.4857 \text{ N} \downarrow + \text{Peso de polea G} = 31.4857 \text{ N} \downarrow + 6.13125 \text{ N} \downarrow$$

$$F_z = 37.61695 \text{ N}$$

#### 4.7.10 Análisis de cargas en los ejes

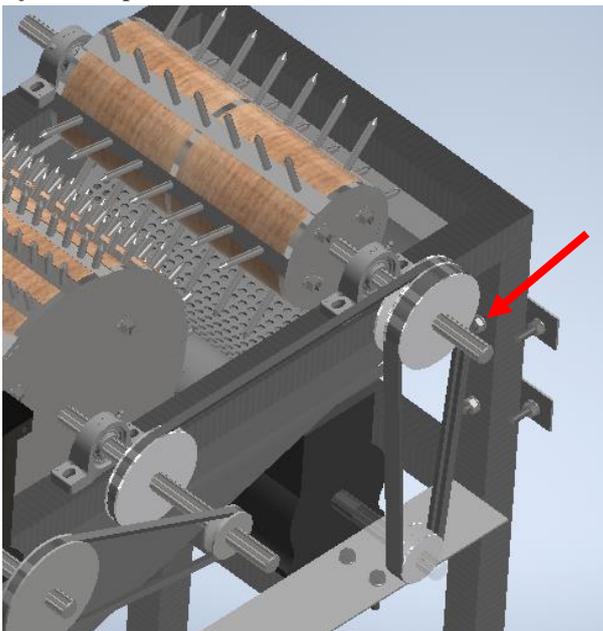
En este punto se analizarán las cargas que actúan sobre los ejes principales como cilindros alimentadores, tambor principal con púas y cilindro quitador. El cálculo del diagrama de fuerzas, el cálculo de la fuerza cortante y el momento flector del eje de la polea D en los planos YZ y XY. Para esto se utilizó el software MD. Solids 4.1.0 el cual nos proporciona los resultados de cada una de estas incógnitas.

##### 4.7.10.1 Diagrama de cuerpo libre (D.C.L) del eje de la polea "B"

Al realizar el diagrama de cuerpo libre se muestran las fuerzas y momentos sobre el eje de la polea "B" del tambor quitador (ver figura 4.33.). Luego, se realizará el diagrama de fuerzas en los planos que actúan las cargas (plano YZ y XY)

**Figura 4.33**

*Eje de la polea B*



*Nota. Elaboración propia*

En la figura 4.15 se observa:

$F_X =$  Tensión de ejercida en la polea "B" en la dirección X

$F_Z =$  Fuerza total ejercida en la polea B en la dirección Z

$T_B =$  Torque producido por la polea "B" = 3.695 N – m

### I. Diagrama de fuerzas, fuerza cortante y momento flector del eje de la polea B en el plano YZ

En el diagrama de fuerzas (ver figura 4.34) se obtuvo el valor de las cargas en los rodamientos:

$$R_{AZ_B} = 45.73 \text{ N } \uparrow$$

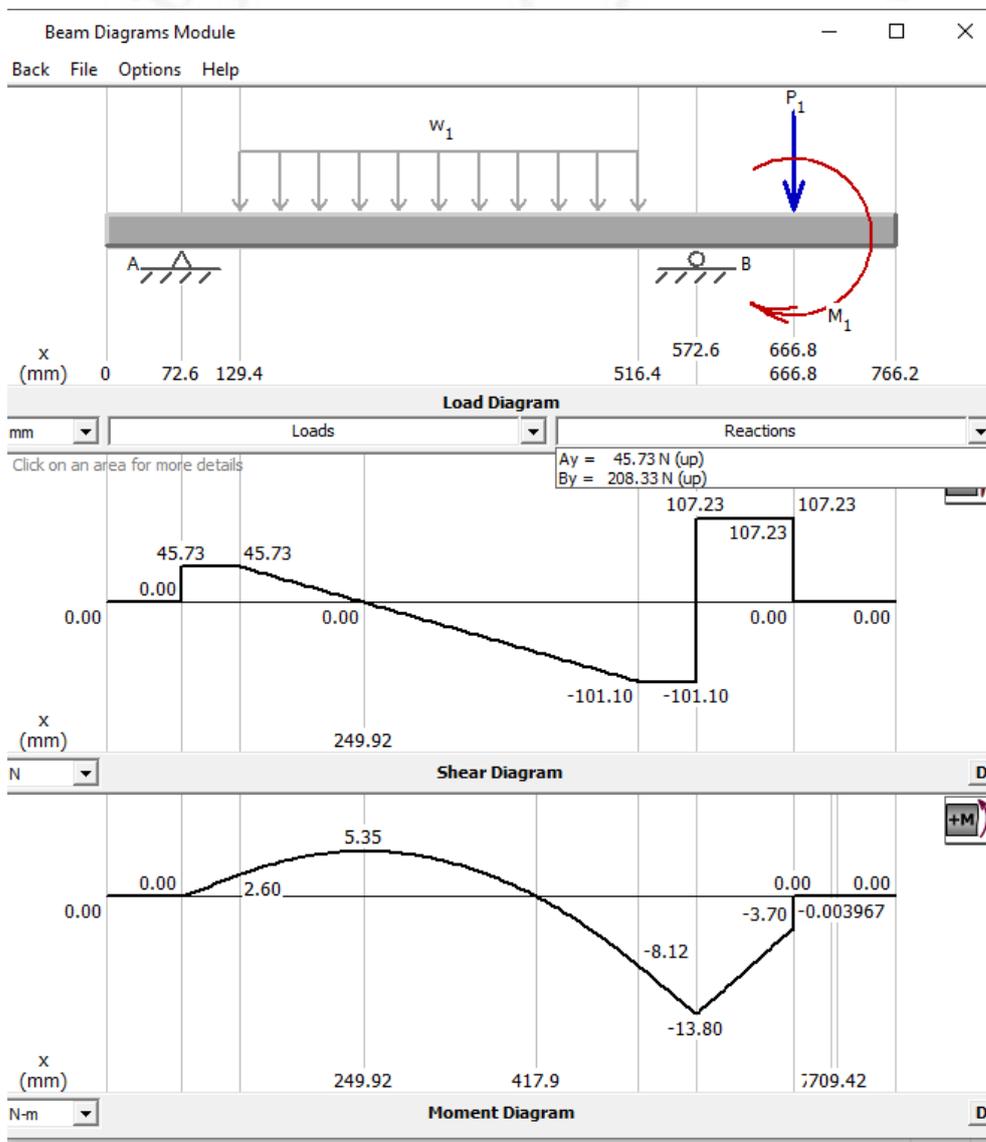
$$R_{BZ_B} = 208.33 \text{ N } \uparrow$$

Los momentos para considerar en el cálculo de diámetro del eje serán:

$$M_{yz} = -13.80 \text{ N} \cdot \text{m}$$

**Figura 4.34**

*Diagrama de fuerzas, fuerza cortante y momento flector del eje de la polea B, plano YZ*



Nota. Realizado en el software MD Solids 4.1.0.

## II. Diagrama de fuerzas, fuerza cortante y momento flector del eje de la polea B en el plano XY

En el diagrama de fuerzas (ver figura 4.35) se obtuvo el valor de las cargas en la chumaceras:

$$R_{AX_B} = 25.81 \text{ N } \downarrow$$

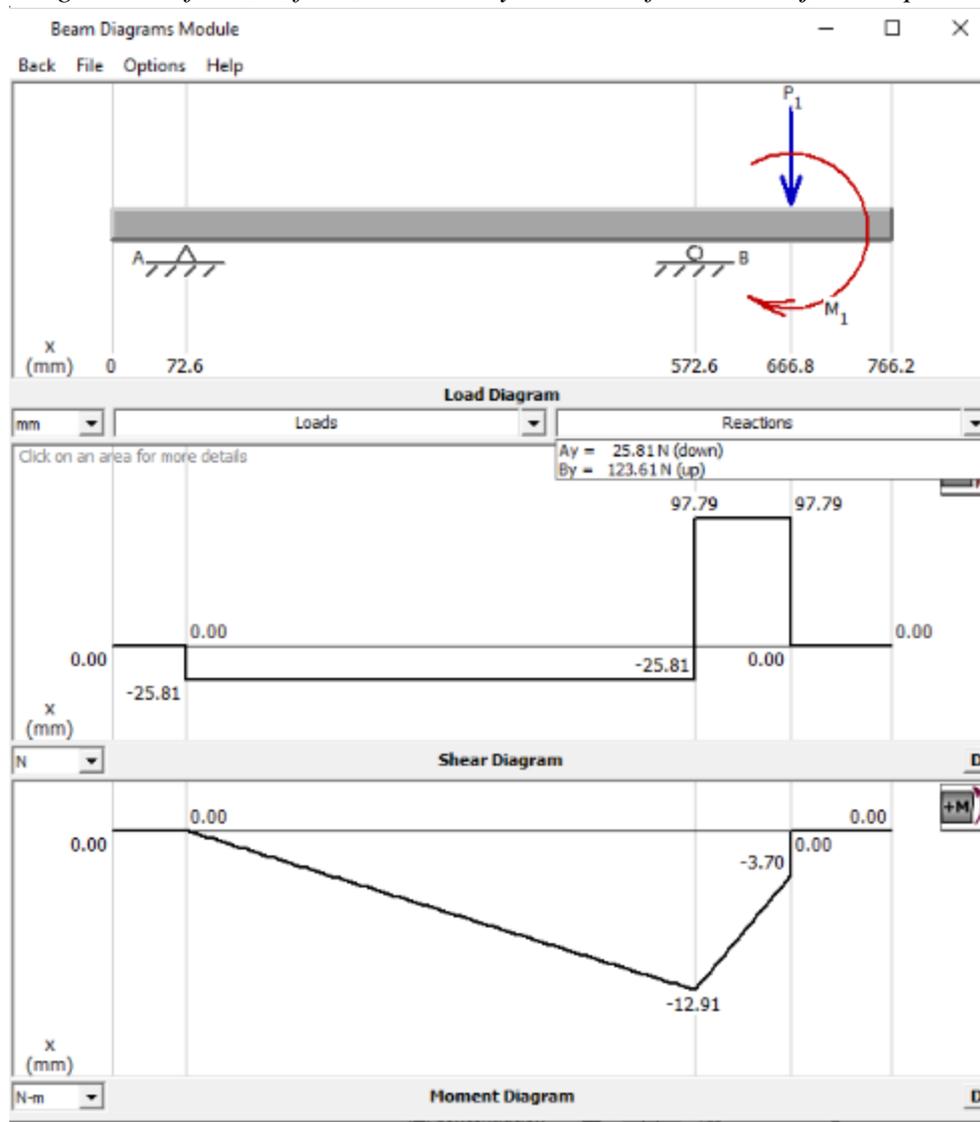
$$R_{BX_B} = 123.61 \text{ N } \uparrow$$

El momento en el eje XY a considerar en el cálculo del diámetro del eje será:

$$M_{XY} = -12.91 \text{ N } - m$$

**Figura 4.35**

*Diagrama de fuerzas, fuerza cortante y momento flector del eje de la polea B, plano XY*



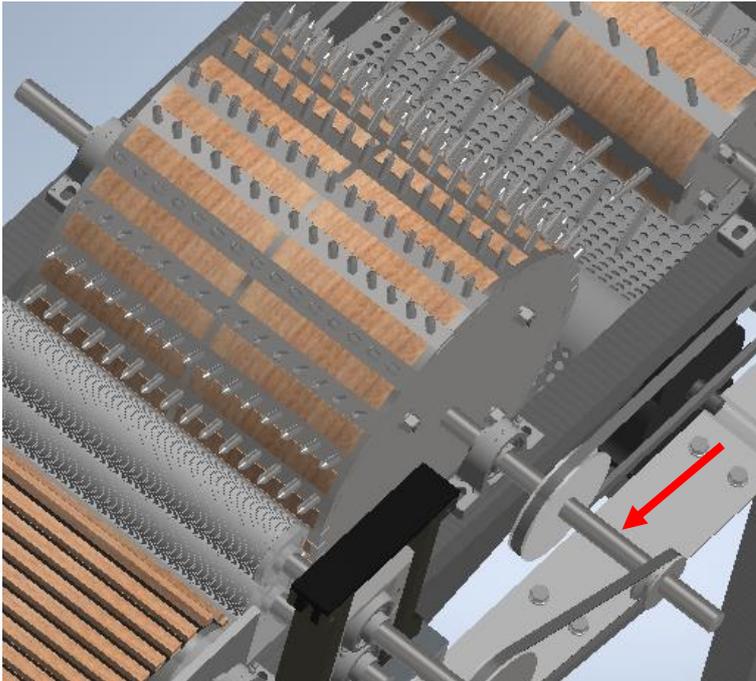
*Nota.* Realizado en el software MD Solids 4.1.0.

#### 4.7.10.2 Diagrama de cuerpo libre (D.C.L) del eje de la polea “C” y “C”

Al realizar el diagrama de cuerpo libre se muestran las fuerzas y momentos sobre el eje de las poleas “C” y “C” en el eje del tambor principal con púas (ver figura 4.36). Luego, se realizará el diagrama de fuerzas en los planos que actúan las cargas (plano YZ y XY)

**Figura 4.36**

*Eje de la polea C/C'*



*Nota.* Elaboración propia

En la figura se observa:

$W_{TP}$  = *Peso del tambor principal con púas*

$R_{AZ_C}, R_{BZ_C}$

= *Reacción debido al rodamiento en el plano YZ del eje de la polea C.*

$R_{AX_C}, R_{BX_C}$

= *Reacción debido al rodamiento en el plano XY del eje de la polea C.*

$M_{YZ}$  = *Momento flector generado en el plano YZ*

$M_{XY}$  = *Momento flector generado en el plano XY*

**I. Diagrama de fuerzas, fuerza cortante y momento flector del eje de la polea C y C' en el plano YZ**

En base al diagrama de fuerzas, fuerza cortante y momento flector del eje de la polea C/C' (ver figura 4.37), se obtuvieron los siguientes valores:

$$R_{AZ_C} = 396.87 \text{ N } \uparrow$$

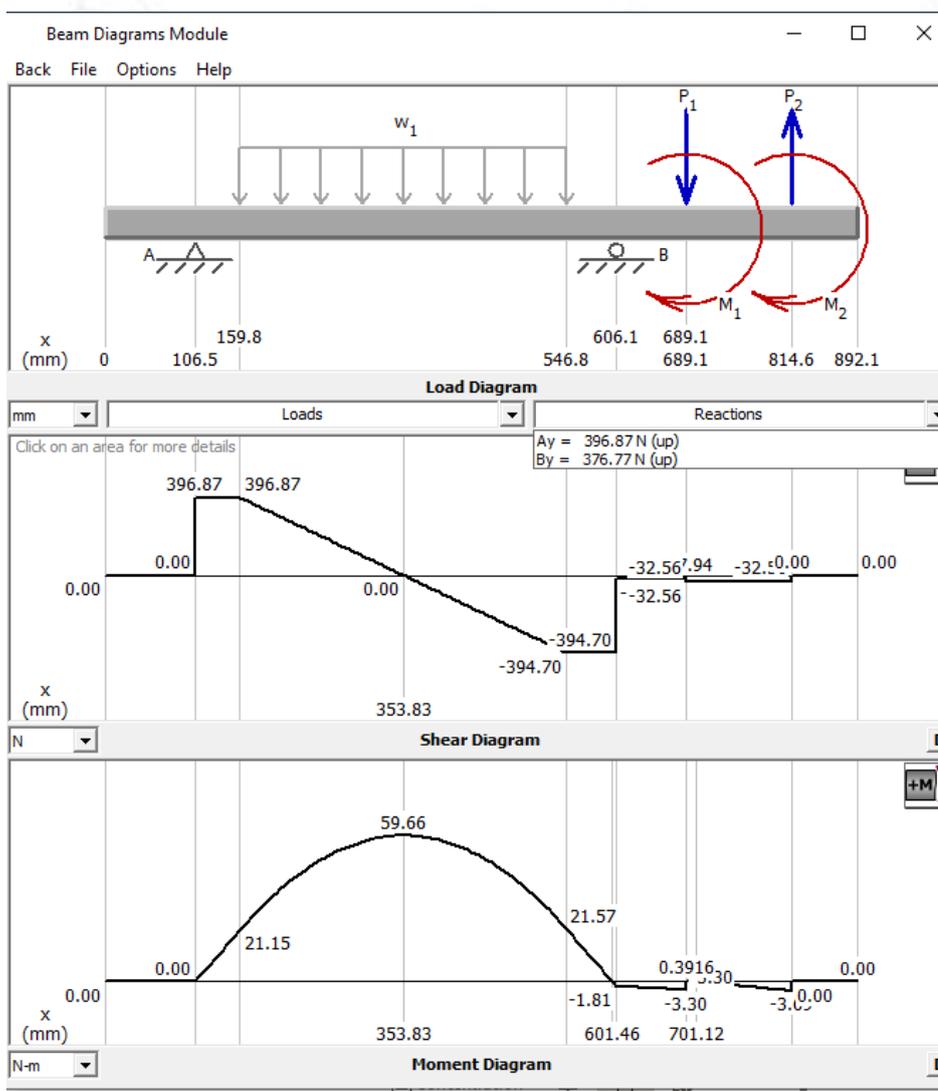
$$R_{BZ_C} = 376.77 \text{ N } \uparrow$$

El momento por considerar en el cálculo del diámetro del eje será:

$$M_{YZ} = 59.66 \text{ N} - \text{m}$$

**Figura 4.37**

*Diagrama de fuerzas, fuerza cortante y momento flector del eje de la polea C/C' en el plano YZ*



Nota. Realizado en el software MD Solids 4.1.0.

## II. Diagrama de fuerzas, fuerza cortante y momento flector del eje de la polea C y C' en el plano XY

Al realizar el diagrama de fuerzas, fuerza cortante y momento flector del eje de la polea C/C' (ver figura 4.38), los valores obtenidos son:

$$R_{AXC} = 77.94 \text{ N } \downarrow$$

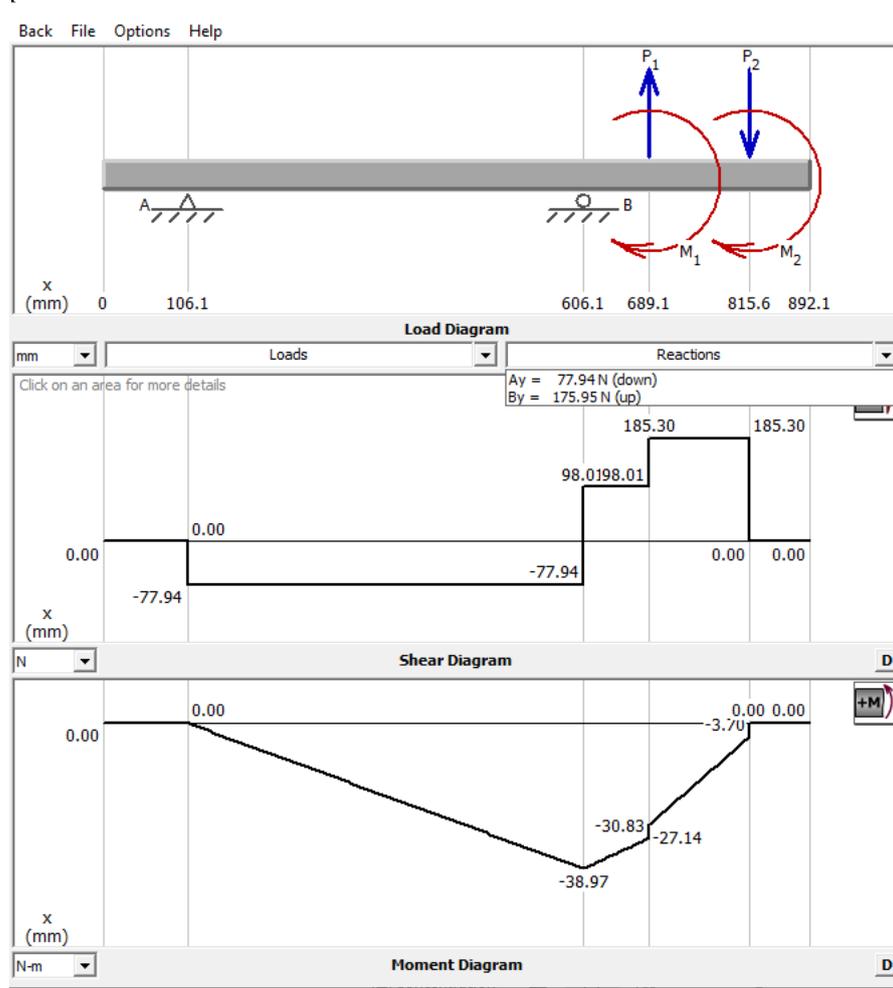
$$R_{BXC} = 175.95 \text{ N } \uparrow$$

El momento por considerar en el cálculo del diámetro del eje será:

$$M_{XY} = -38.97 \text{ N} \cdot \text{m}$$

**Figura 4.38**

*Diagrama de fuerzas, fuerza cortante y momento flector en el eje de la polea C/C en el plano XY'*



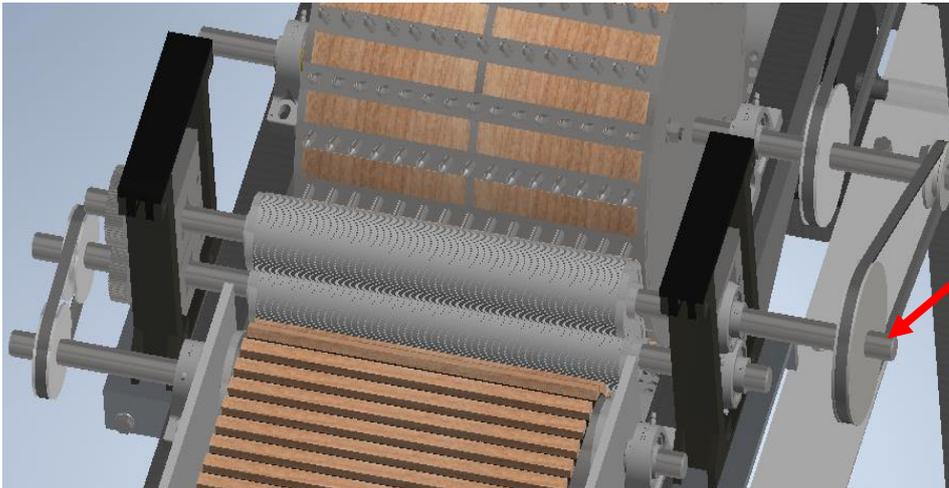
Nota. Realizado en el software MD Solids 4.1.0.

#### 4.7.10.3 Diagrama de cuerpo libre (D.C.L) del eje de las poleas “D”

Al realizar el diagrama de cuerpo libre se muestran las fuerzas y momentos sobre el eje de la polea “D” y el piñón “F” de cilindro alimentador superior (ver figura 4.39). Luego, se realizará el diagrama de fuerzas en los planos que actúan las cargas (plano YZ y XY)

**Figura 4.39**

*Eje de la polea D*



*Nota. Elaboración propia*

En la figura se observa:

$W_{CI}$  = *Peso del cilindro alimentador inferior*

$R_{AZ_D}, R_{BZ_D}$

= *Reacción debido al rodamiento en el plano YZ del eje de la polea D.*

$R_{AX_D}, R_{BX_D}$

= *Reacción debido al rodamiento en el plano XY del eje de la polea D.*

$M_{YZ}$  = *Momento flector generado en el plano YZ*

$M_{XY}$  = *Momento flector generado en el plano XY*

**I. Diagrama de fuerzas, fuerza cortante y momento flector del eje de las poleas “D” en el plano YZ**

En el diagrama de fuerzas, fuerza cortante y momento flector del eje de la polea D (ver figura 4.40), se obtuvo el valor de las cargas en la chumaceras:

$$R_{AZ_D} = 7.42 \text{ N } \downarrow$$

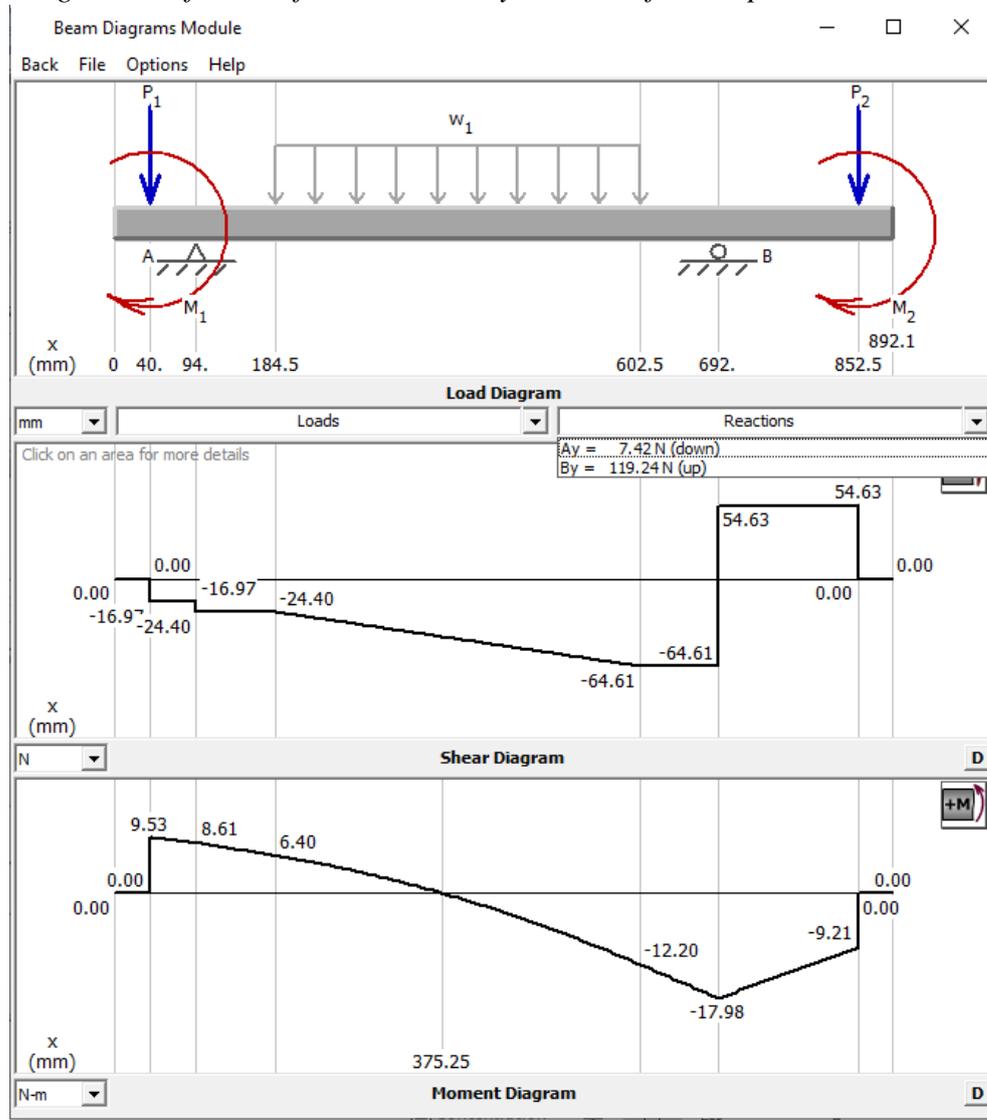
$$R_{BZ_D} = 119.24 \text{ N } \uparrow$$

Los momentos para considerar en el cálculo de diámetro del eje serán:

$$M_{yz} = -17.98 \text{ N } - m$$

**Figura 4.40**

*Diagrama de fuerzas, fuerza cortante y momento flector, plano YZ*



*Nota.* Realizado en el software MD Solids 4.1.0.

## II. Diagrama de fuerzas, fuerza cortante y momento flector del eje de la polea "D" en el plano XY

En el diagrama de fuerzas (ver figura 4.41) se obtuvo el valor de las cargas en la chumaceras:

$$R_{AX_D} = 50.17 \text{ N } \uparrow$$

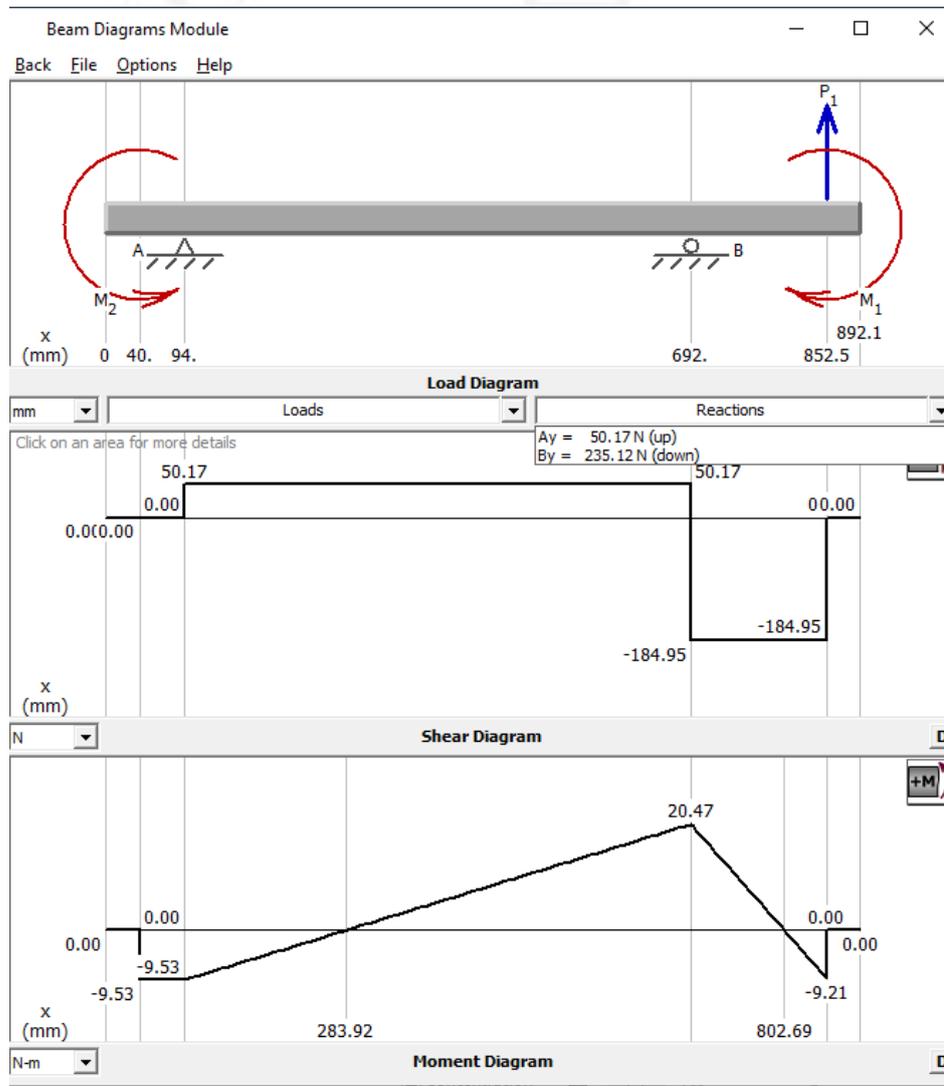
$$R_{BX_D} = 235.12 \text{ N } \downarrow$$

El momento en el eje XY a considerar en el cálculo del diámetro del eje será:

$$M_{XY} = 20.47 \text{ N } - \text{m}$$

**Figura 4.41**

*Diagrama de fuerzas, fuerza cortante y momento flector del eje de la polea D, plano XY*



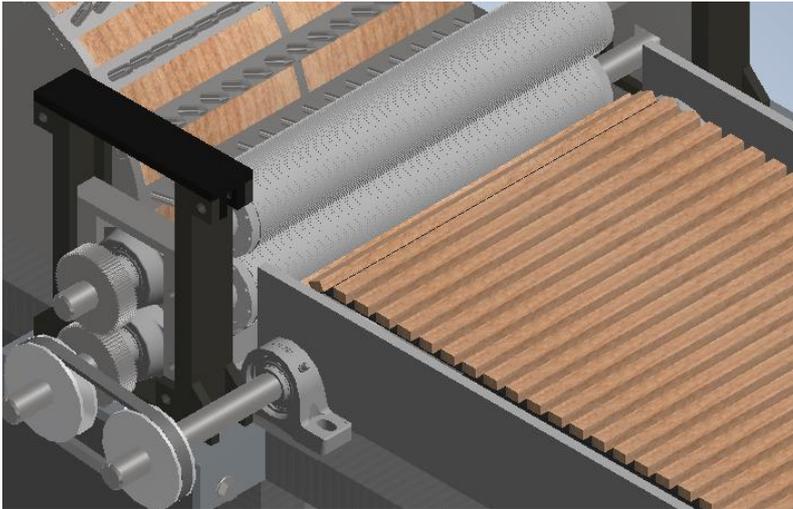
Nota. Realizado en el software MD Solids 4.1.0.

#### 4.7.10.4 Diagrama de cuerpo libre (D.C.L) del eje de la polea “H”

Al realizar el diagrama de cuerpo libre se muestran las fuerzas y momentos sobre el eje de la polea “H” del eje de giro de telera (ver figura 4.42). Luego, se realizará el diagrama de fuerzas en los planos que actúan las cargas (plano YZ y XY)

**Figura 4.42**

*Diagrama de cuerpo libre de eje de la polea H*



*Nota. Elaboración propia*

En la figura se observa:

$W_{CGT}$  = *Peso del cilindro de giro de telera*

$R_{AZ_H}, R_{BZ_H}$

= *Reacción debido al rodamiento en el plano YZ del eje de la polea H.*

$R_{AX_H}, R_{BX_H}$

= *Reacción debido al rodamiento en el plano XY del eje de la polea H.*

$M_{YZ}$  = *Momento flector generado en el plano YZ*

$M_{XY}$  = *Momento flector generado en el plano XY*

### III. Diagrama de fuerzas, fuerza cortante y momento flector del eje de la polea "H" en el plano YZ

En el diagrama de fuerzas (ver figura 4.43) se obtuvo el valor de las cargas en la chumaceras:

$$R_{AZ_D} = 103.55 \text{ N } \uparrow$$

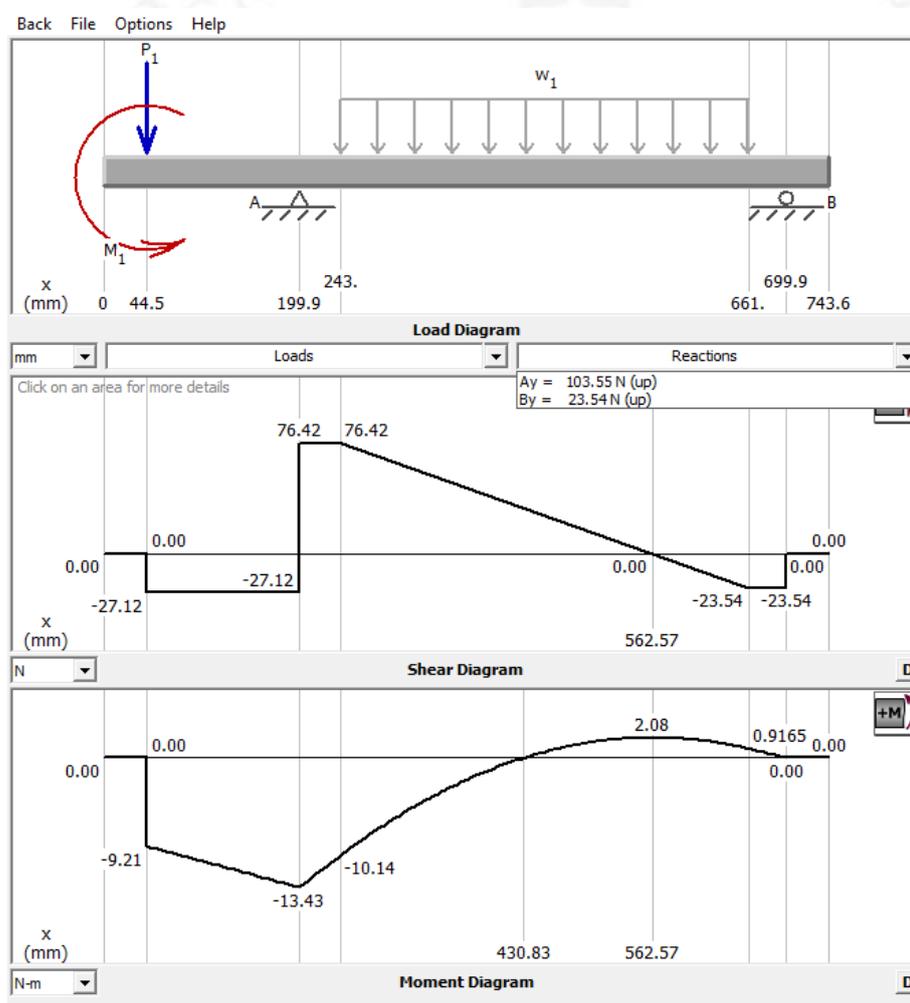
$$R_{BZ_D} = 23.54 \text{ N } \uparrow$$

Los momentos para considerar en el cálculo de diámetro del eje serán:

$$M_{yz} = -13.43 \text{ N} - m$$

**Figura 4.43**

*Diagrama de fuerzas, fuerza cortante y momento flector del eje de la polea H, plano YZ*



*Nota.* Realizado en el software MD Solids 4.1.0.

#### IV. Diagrama de fuerzas, fuerza cortante y momento flector del eje de las polea “H” en el plano XY

En el diagrama de fuerzas, fuerza cortante y momento flector del eje de la polea H (ver figura 4.44) se obtuvo el valor de las cargas en la chumaceras:

$$R_{AX_H} = 411.79 \text{ N } \downarrow$$

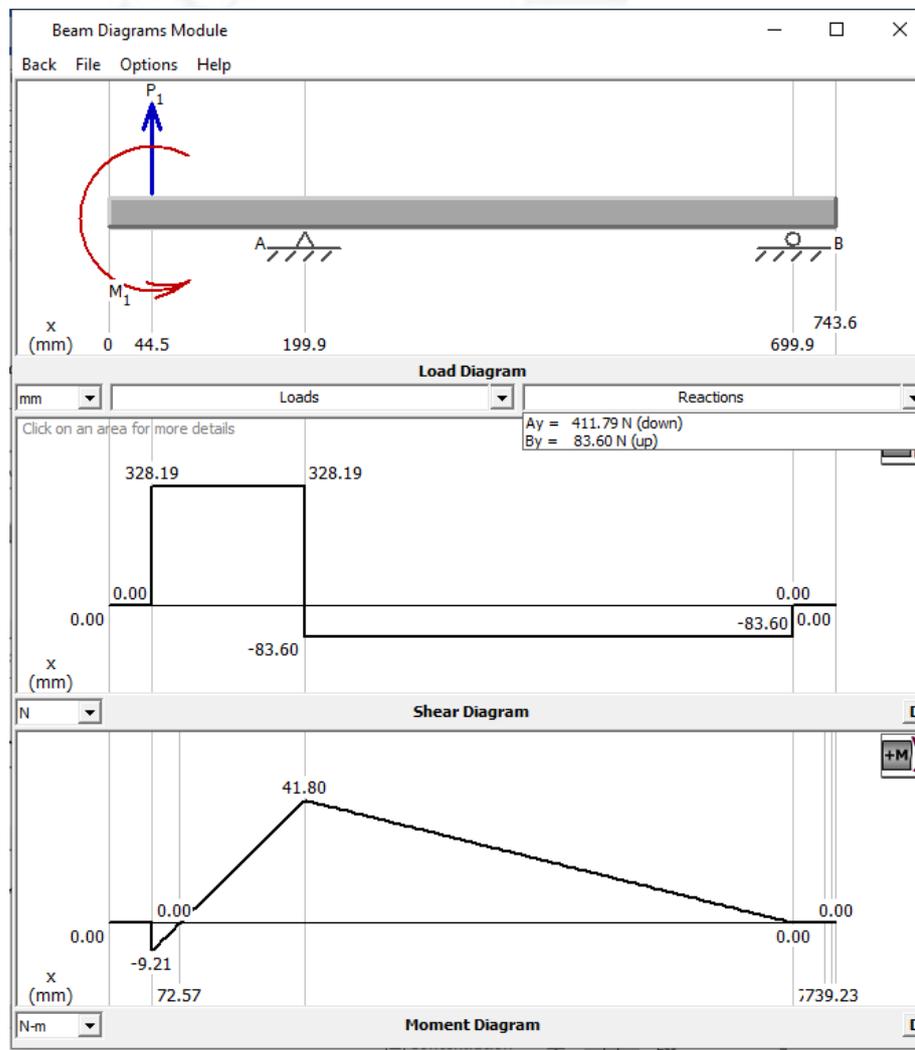
$$R_{BX_H} = 83.60 \text{ N } \uparrow$$

El momento en el eje XY a considerar en el cálculo del diámetro del eje será:

$$M_{XY} = 41.80 \text{ N - m}$$

**Figura 4.44**

*Diagrama de fuerzas, fuerza cortante y momento flector del eje de la polea H, plano XY*



Nota. Realizado en el software MD Solids 4.1.0.

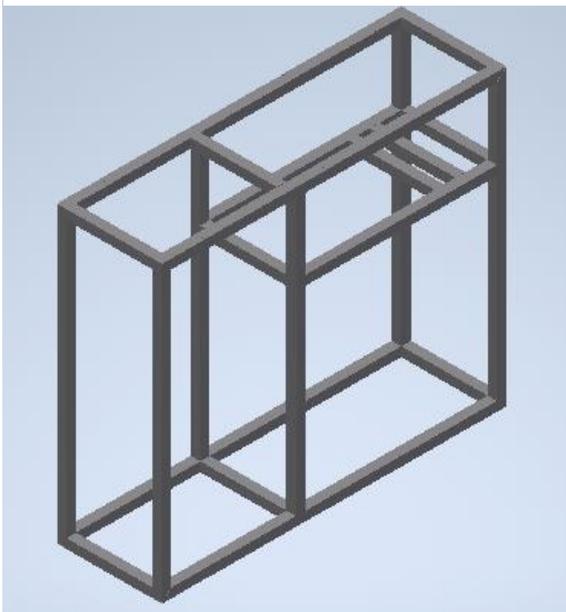
#### 4.8 Diseño del bastidor o bancada (tentativo)

El bastidor es la estructura que soporta el peso de todos los componentes de la máquina que irán unidos a este por medio de ensambles, chumaceras, soldadura, entre otros (ver figura 4.45). En primera instancia se debe detallar los elementos que soportará el bastidor y calcular el peso de cada uno de ellos (ver punto 4.8.1), los cuales son propuestos de acuerdo con el diseño de una máquina de apertura industrial de fibra de alpaca, los componentes son:

- Telera de alimentación
- Cilindros alimentadores (2) y mecanismo de regulación
- Tambor principal con púas metálicas
- Tambor secundario o quitador con púas metálicas
- Guarda superior
- Guarda inferior con rejilla
- Chumaceras
- Fajas y poleas
- Motores

**Figura 4.45**

*Estructura del bastidor*



*Nota.* Elaboración propia

Los componentes anteriormente descritos fueron diseñados en dos materiales principales, acero y madera. Se determinó la masa mediante el cálculo de volumen y densidad del material utilizado en el software Inventor 2018. Para esto se debe considerar adicionalmente los siguientes materiales de las partes principales:

- Material 1, acero ASTM A36. ( $\rho=7850 \text{ kg/m}^3$ )
- Material 2, madera triplay fenólica. ( $\rho=590 \text{ kg/m}^3$ )
- Material 3, bastidor Acero ASTM A500 ( $\rho=7800 \text{ kg/m}^3$ )

Ya que el peso total se distribuirá sobre toda el área del bastidor, donde el esfuerzo en la sección transversal del bastidor será soportado de acuerdo con los límites en las especificaciones técnicas de cada tipo de acero (ver tabla 4.15).

**Tabla 4.15**

*Esfuerzo cortante y de tensión admisibles según grado ASTM de acero*

Grado ASTM	Esfuerzo cortante admisible (mín.)	Esfuerzo de tensión admisible (mín.)
A36	250 MPa	400- 550 MPa
A325 Y A449	121 MPa	303 MPa
A 500 (Grado A)	269 MPa	310 MPa

*Nota.* Extraído de Pucha y Vallejo (2017) y Representaciones Fiorella S.A.C. (2020)

Con estos datos, se procede a calcular el esfuerzo cortante que soportará el ante las fuerzas que recaen en el bastidor (tubo cuadrado de acero ASTM A500). Este acero, según la norma ASTM<sup>5</sup> (ver figura 4.46), pertenece a los productos de categoría tubos (Gamonal, 2019), que son fabricados al soldar dos partes o pasando el acero fundido sobre una barra para crear un hueco en el interior del tubo donde a la unión o soldadura se le denomina costura (Equipo Ferros Planes, 2017).

En nuestro caso se selecciona tubos cuadrados de acero ASTM A500 con costura longitudinal ERW (ver Anexo 15), en donde la corriente eléctrica producirá calor suficiente al fluir por la superficie de contacto del área de soldadura (Octal, 2018). Este método permite eliminar tensiones, suavizar y refinar de manera integral la estructura de este a la vez de mejorar las propiedades mecánicas de zonas afectadas por el calor en soldadura (Permanent Steel, 2019).

<sup>5</sup> ASTM: Sociedad Americana de ensayos y materiales (*American Society for Testing and Materials*). Extraído de AHMSA 2019).

**Figura 4.46**

*Especificaciones de productos según la norma ASTM*

PRODUCTO	NORMA ASTM
Barras de Construcción	ASTM A615/A615M-16 Grado 40, 60, 75 ASTM A706/A706M – 15
Barras Helicoidales	ASTM A615/A615M – 16 Grado 75
Barras Redondas Lisas Barras Cuadradas Ángulos Tees Platinas Canales U(C)	ASTM A36/A36M – 14
Planchas y Bobinas LAC/LAF	ASTM A36/A36M – 14 ASTM A1011 Tipo B
Planchas Estriadas	ASTM A36/A36M – 14
Planchas Galvanizadas	ASTM A653/A653M Tipo B
Tubos LAC	ASTM A513 Tipo 2
Tubos	ASTM A500 Grado A

*Nota.* Conceptos extraídos de la norma ASTM. (Gamonal, 2019)

Las ventajas de utilizar tubo de acero, tal como se menciona en Equipo Ferros Planes (2017), serán:

- Bajo nivel de corrosión: Libre de óxido por años inclusive en contacto con agua
- Eficiencia en menor tamaño: Ofrece mayor o igual resistencia que otros aceros de precios más elevados.
- Robustez: Soporta daños por errores humanos, clima, entre otros.
- Durabilidad: No cede ni se deteriora con el paso del tiempo.

#### **4.8.1 Cálculo de peso de componentes**

Las fuerzas que soportará el bastidor serán calculadas no considerando la vibración que para el proceso se considerará despreciable (Pucha & Vallejo, 2017). Habiendo dicho esto, se considerará el peso de cada una de las piezas que soportará la estructura distribuyéndola entre los 6 soportes (patas) considerando el área de cada una (véase punto 4.8). A continuación, se muestra la tabla 4.16:

**Tabla 4.16**

*Componentes de la máquina semi industrial de apertura de fibra de alpaca, características físicas*

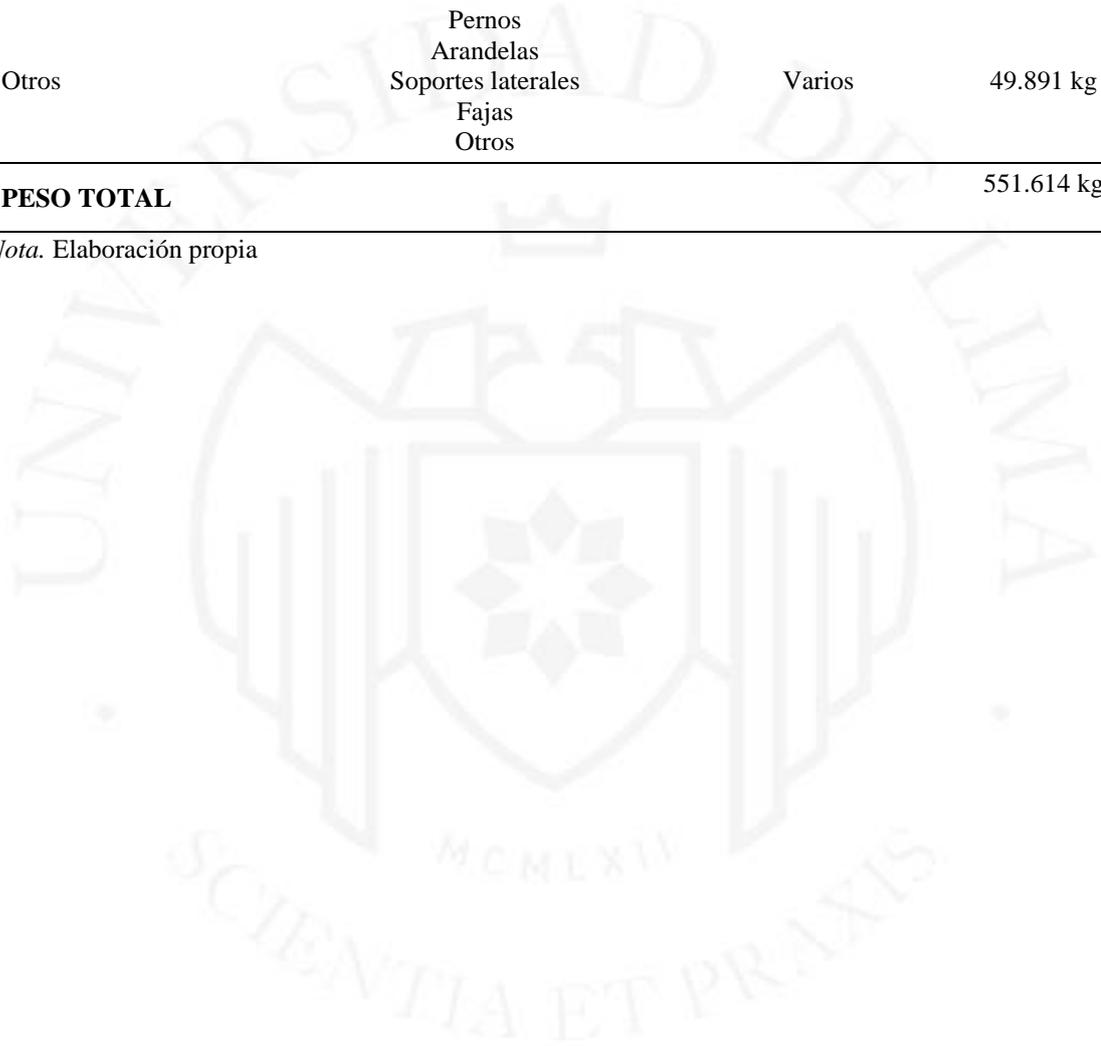
Componente	Subcomponentes	Material	Peso
Faja alimentadora (telera)	Telera	Madera tornillo (tablillas)	26.272 kg
		Lona Monarca (Banda)	
	Cilindro de giro	Acero A53	
	Eje de giro	Acero H 1045	
Chumacera de pie (12)	Soportes laterales	Madera triplay fenólica	3,204 kg
	Pernos de rodamiento M10	Acero negro	
	Arandelas planas M10	Zinc	
	Tuercas M10	Zinc	
Cilindros alimentadores (2)	Chumaceras	Fundición	7.334 kg
	Cilindro alimentador superior y eje	Acero A53	
	Cilindro alimentador inferior y eje	Acero A53	
	Mecanismo regulador (2)	Acero A36	
Tambor principal	Guarnición de púas	Acero plata	80.259 kg
	Regletas para púas	Acero A36	
	Piezas de madera para tambor	Madera triplay fenólica	
	Polea estructural del tambor	Acero A36	
Tambor quitador o batidor	Eje de giro	Acero H 1045	14.789 kg
	Guarnición de púas	Acero plata	
	Regleta de púas	Acero A36	
	Piezas de madera para tambor	Madera triplay fenólica	
	Polea estructural de tambor	Acero A36	
	Eje de giro de tambor quitador	Acero H 1045	
	Tornillo sinfín	Acero inoxidable	
Tuerca M12	Zinc		
Guarda inferior y superior	Arandela plana M12	Zinc	231.892 kg
	Estructura de la guarda	Acero A36	
Guarda izquierda y derecha	Rejilla (zaranda)	Acero inoxidable	50.351 kg
	Estructura de la guarda	Acero A36	

(continúa)

(continuación)

Poleas	Polea A	Aluminio	0.179 kg
	Polea B	Aluminio	1,167 kg
	Polea C	Aluminio	0.609 kg
	Polea C'	Aluminio	0.121 kg
	Polea D	Aluminio	0.803 kg
	Polea G y H	Aluminio	0.514 kg
Engranajes	Piñón E y F	Acero H1045	2.62 kg
Peso de estructura	Estructura de bastidor (sin patas)	Acero ASTM A500	73.733 kg
Otros	Pernos	Varios	49.891 kg
	Arandelas		
	Soportes laterales		
	Fajas		
	Otros		
<b>PESO TOTAL</b>			<b>551.614 kg</b>

*Nota.* Elaboración propia



#### 4.9 Cálculo de fuerzas soportadas en el bastidor

Los bastidores constituyen la base en la que se colocarán las piezas de la estructura metálica, en esta será necesaria calcular la fuerza a soportar cuando el prototipo esté en funcionamiento, de esta manera se realizará un diseño adecuado.

En base a la bibliografía revisada en distintas fuentes tales como Pucha y Vallejo (2017) y Proyecto Fondecyt Contrato 089 (2018), el peso promedio de la máquina de apertura varía entre 100 y 1000 kg, por lo cual el peso de 551.614 kg (aproximado a 560 kg de aquí en adelante) en esta máquina se confirma dentro del rango.

Este peso fue obtenido gracias al software Inventor 2018, donde una de sus funciones es brindar las propiedades físicas de una pieza o ensamble con un grado de exactitud alto en base a los materiales utilizados en su diseño en Inventor 2018 (Autodesk, 2019). Con este dato, se procederá a calcular la fuerza cortante que soporta como reacción al peso de la máquina, se calculará por:

$$F = m * g$$

Donde:

F: Fuerza de reacción que soporta los bastidores de la escarmenadora en N.

m: Masa del prototipo mecánico en kg.

g: Aceleración gravitacional en  $m/s^2$

Despejando los valores, se tendrá:

$$F = 560 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 5\,493.6 \text{ N}$$

Dado que el bastidor consta de 6 piezas (patas de soporte vertical), se determina la fuerza que soportará cada parte del bastidor según:

$$F_{\text{cada pieza}} = \frac{F}{6}$$

$$F = 915.6 \text{ N}$$

Luego, se procede a calcular el trabajo que realizará cada una de las piezas para soportar la estructura en su totalidad. Esto se calculará utilizando la siguiente fórmula:

$$W_{cada\ pieza} = F_{cada\ pieza} * L$$

Donde:

W: Trabajo soportado por cada pieza del bastidor en Joules (J).

F: Fuerza soportada por cada pieza en Newton (N).

L: Longitud del bastidor en metros (m).

$$W_{cada\ pieza} = 915.6\ N * 1,55\ m$$

$$W_{cada\ pieza} = 1\ 419.18\ J$$

Ahora se procederá a calcular el esfuerzo cortante total que soporta el bastidor, el cual soporta el efecto de la tensión generada por las partes mecánicas. Con el objetivo de hallar el esfuerzo se deberá conocer la distribución de la fuerza en el área transversal del bastidor, la cual considerará las dimensiones mostradas (ver figura 4.47) del tubo cuadrado hueco de 50 x 50 x 3 mm, para lo cual utilizaremos la siguiente fórmula:

$$\sigma = \frac{F_{Soportada\ por\ bastidor}}{A_t}$$

Donde:

$\sigma$ : Esfuerzo cortante en Newton (N).

$A_t$ : Área transversal del bastidor en  $m^2$ .

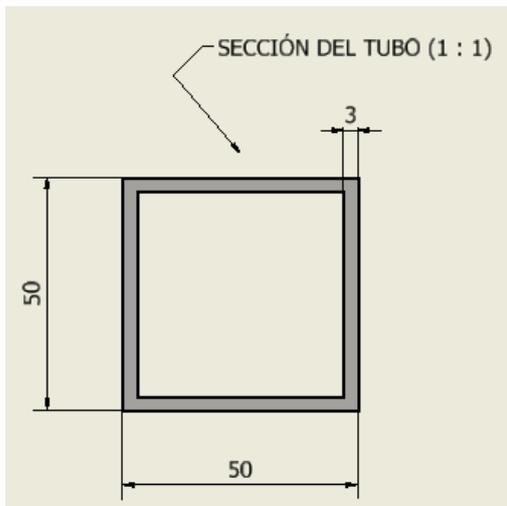
$$\sigma = \frac{915.6\ N}{A_t}$$

$$\sigma = \frac{915.6\ N}{0,0001936\ m^2}$$

$$\sigma = 4.729\ MPa$$

**Figura 4.47**

*Corte transversal de pata de soporte en bastidor, dimensiones*



*Nota.* Unidades en milímetros, mm. Elaboración propia

Una vez calculado el esfuerzo del material, se define la masa excéntrica óptima para el diseño del prototipo, el cual tendrá las siguientes características:

- Geometría de la masa excéntrica: tubo cuadrado.
- Material: Acero ASTM A500 ( $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$ )
- Dimensiones: 50 x 50 x 3 mm
- N° de masas: 6 partes del bastidor.

Con esto, concluimos, en base al cuadro de esfuerzos en aceros (ver tabla 4.14), que el diseño está correcto al utilizar el acero ASTM A500 para la estructura a fin de soportar los 551.614 kg de los componentes.

#### **4.9.1 Diseño final del bastidor**

Una vez calculados los valores, se llegó a determinar el diseño adecuado con los respectivos soportes de refuerzos (ver figura 4.44), en donde los componentes y sus características se muestran en la tabla 4.10, considerando el material más adecuado al acero ASTM A500.

**Tabla 4.17***Bancada: componentes, materiales y mediciones*

Partes	Material	Cantidad	Dimensiones (mm)		
			Long.	Ancho	Alto
P 5.1 Soportes verticales extremos (patas)	Acero ASTM A500	4	900	50	50
P 5.2 Soportes verticales intermedios (patas)	Acero ASTM A500	2	800	50	50
P 5.3 Soportes horizontales extremos (longitudinales)	Acero ASTM A500	4	1800	50	50
P 5.4 Soportes horizontales intermedios (longitudinales)	Acero ASTM A500	2	1000	50	50
P 5.5 Soportes transversales	Acero ASTM A500	12	450	50	50
P 5.6 Soportes horizontales (motor 0.5 HP)	Acero ASTM A500	2	60	50	50

*Nota.* Espesor de barras considerado de 3 mm. Elaboración propia

#### 4.10 Diseño y selección de elementos del tablero de control

Puesto que se trata de una máquina semi-industrial, se prioriza un fácil manejo de esta que permita encender apagar y regular la velocidad de la manera más sencilla posible a fin de ser usada por comunidades alpaqueras, criadores, micro y pequeñas empresas dedicadas a este rubro.

Por otro lado, al considerar el uso de la máquina de apertura en un ámbito rural, será obligatorio utilizar elementos de protección como un interruptor diferencial o guardamotor y un interruptor termomagnético, los cuales protegerán no solo al operario de alguna descarga eléctrica, sino que también nos permitirá reducir los efectos dañinos producidos por efecto de picos de corriente, fallas en el motor o corte de suministro eléctrico a nivel local o regional, protegiendo así a nuestro circuito en general (Ministerio de Energía y Minas, 2019).

A fin de obtener todas las características mínimas y necesarias según lo explicado anteriormente, se consideró utilizar los siguientes elementos:

##### 4.10.1 Motor

El motor por utilizar en nuestra máquina, tal como se consideró en el punto 4.6, será de 0.5 HP o 373 W que es una potencia más que suficiente para el trabajo que se realizará en el proceso de apertura, el cual dará el giro antihorario a la polea A permitiendo así el accionamiento del sistema de transmisión para el proceso de apertura.

En base a los requerimientos de los posibles usuarios tanto en la comunidad de Wawa Paqocha y Quimsachata como primeros usuarios de la maquinaria, se cuenta con un suministro trifásico en las instalaciones de las comunidades, por lo que el motor deberá ser un motor trifásico. A continuación, se muestran las características técnicas del motor seleccionado en la tabla 4.18.

**Figura 4.48**

*Motor trifásico 0.5 HP Modelo Thompson 712-E2 a 1800 rpm*



*Nota.* Extraído de Fametal S.A. (2014)

**Tabla 4.18**

*Características técnicas del motor*

Características	Valor / Dato
Marca	Thompson
Modelo	712- IE2
Potencia	0.5 HP
Eficiencia	79.6%
Factor de potencia	0.76
RPM	1800
Voltaje	220/440 V
Frecuencia	60 Hz
Tipo	Trifásico- CA
Dimensiones	160 mm x 296 mm x 220 mm

*Nota.* Elaboración propia

#### 4.10.2 Botón de arranque, parada y parada de emergencia

Este elemento es fundamental para manipular directamente el variador de frecuencia y por ende, al motor. Además, brinda facilidad en el uso de la maquinaria permitiendo al usuario encender, detener o parar la maquina ante alguna emergencia sin necesidad de abrir el tablero de control. Estos botones vienen ensamblados en una caja plástica como se muestra en la figura 4.49 y se conectará al variador de frecuencia como se muestra en la figura 4.50.

**Figura 4.50**

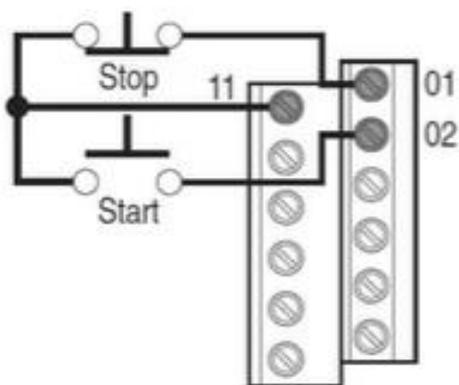
*Estación de control de 2 botones más parada de emergencia*



*Nota.* Materiales de la caja: Polyester y PVC. Extraído de INGELEC TECH (2020)

**Figura 4.49**

*Modelo de conexión de estación de control de 3 botones al variador AB Powerflex 4*



*Nota.* El ensamble mostrado es compatible con el variador de frecuencia AB Powerflex 4. Extraído de Electroclub (2019)

### 4.10.3 Variador de frecuencia

Los variadores de frecuencia, también denominados variadores de velocidad o inversores (invert), permitirán controlar la velocidad de manera automática sin la necesidad del cambio y recálculo de poleas y engranajes, este dispositivo electrónico permite controlar completamente a los motores eléctricos de inducción de corriente continua y corriente alterna (CC y CA respectivamente), permitiendo regular el voltaje de entrada en el caso de los motores CC y la frecuencia en el caso de los motores de CA (Sánchez & Sanabria, 2016).

Las funciones o parámetros más importantes por considerar como lo mencionan Sánchez & Sanabria (2016), serán los siguientes:

- Potencia del variador- red de suministro
- Salidas: Tensión e intensidad según el motor
- Rango de variabilidad de frecuencias (mínima y máxima)
- Tipo de aceleración y parada
- Control de torque inicial
- Protección térmica ante sobrecargas
- Interfaz amigable para muestra de datos (rpm)
- Señales de alarma y monitoreo
- Reinicio de parámetros
- Control de torque

El variador de frecuencia recomendado al ser la solución más económica y reconocida en el mercado es el variador de frecuencia de CA con frecuencia ajustable Allen Bradley Powerflex 4, el cual puse modo de control V/Hz con un nivel de sobrecarga de 150% en 60 segundos, 200% en 3 segundos (Suárez, 2018). El display o pantalla del variador incluye función arranque, parada, cambio de sentido de giro y potenciómetro que permita modificar la velocidad.

El suministro al variador se dará por medio de una acometida de CA trifásica. Además, posee entradas y salidas de control digitales y analógicas que permitirán conectar, en nuestro caso, un interruptor termomagnético como elemento de protección. Añadido a esto, el variador AB Powerflex 4 (ver figura 4.51) cuenta con 6 fusibles, protectores de motor 140M como elementos de protección internos (Allen-Bradley, 2009).

**Figura 4.51**

*Variador de frecuencia Allen Bradley Powerflex 4 de 0.5 HP*



*Nota.* Extraído de Allen-Bradley (2009)

#### **4.10.4 Interruptor automático o guardamotores**

A fin de proteger al motor ante sobrecargas y cortocircuitos, se utilizan elementos de protección como fusibles e interruptores automáticos o también denominados guardamotores; sin embargo, ya que se cuenta con un variador de frecuencia con 6 fusibles incorporados, solo será necesario agregar un guardamotor magneto térmico trifásico a fin de tener nuestro circuito con alta seguridad.

Estos dispositivos electrónicos permiten imitar la corriente y permite maniobrar y proteger motores trifásicos de hasta 45 kW con 400 V de CA, pues posee poder de corte de 100 kA según la norma IEC 947-2. Además, permite una conexión sencilla para máquinas con reducida frecuencia de conexión, con conexión y desconexión directa.

Algunas ventajas del uso de guardamotores:

- Evitar o limitar averías en caso de cortocircuitos
- Proteger ante sobrecargas a las derivaciones de consumidores e instalación
- Protección de motores también como función relé de sobrecarga
- Ofrece vigilancia de los fusibles del variador de frecuencia.

Se seleccionó el interruptor automático 3RV1 en el tamaño 50 (ver figura 4.52) con dimensiones 165 x 70 x 174 mm, que posee intensidad máxima de 25 A, con 400 V en CA y adecuados para motores trifásicos de hasta 11 kW (Las características pueden verse en el Anexo 16).

#### **Figura 4.52**

*Interruptor automático SIEMENS Modelo 3RV1 Tamaño 50*



*Nota.* Guardamotor Tamaño 50. Extraído de Fametal S.A. (2014)

#### **4.10.5 Interruptor diferencial**

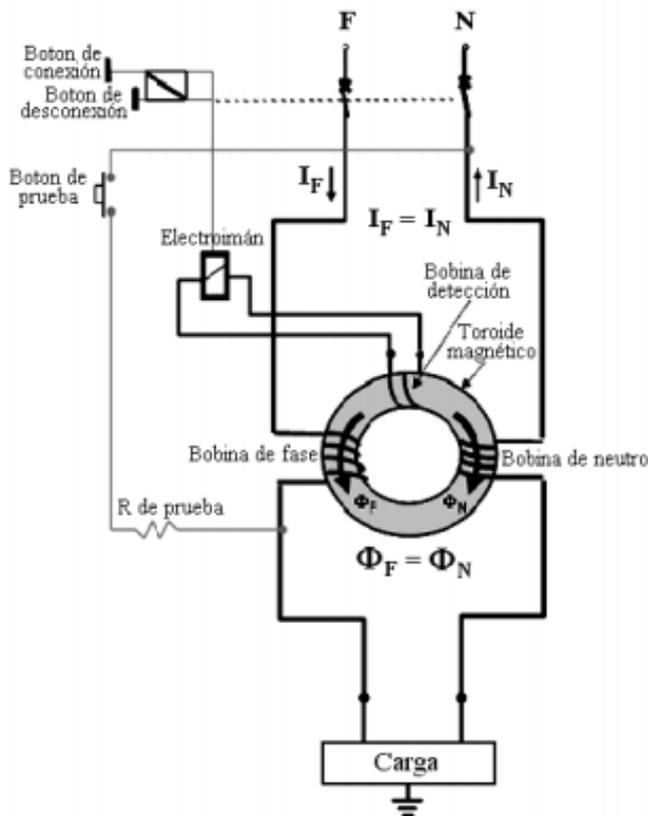
Dentro de los elementos de protección se encuentra también a los interruptores diferenciales (ID en adelante), que brindarán protección a las personas y bienes contra efectos de fugas de corriente a tierra o también llamados fallas de aislamiento.

Actualmente en Perú, el uso de un interruptor diferencial es obligatorio tanto para el ámbito doméstico como comercial a fin de reducir los riesgos de incendio y electrocuciones (Ministerio de Energía y Minas, 2019).

El principio de funcionamiento se basa en la premisa que la suma fasorial de las intensidades de línea es igual a cero. Además, se componen de un transformador de intensidad diferencial, un disparador y un interruptor propiamente dicho (ver figura 4.53). En caso se presenten fallas de aislamiento a tierra, se altera el equilibrio existente en el transformador, generándose así un flujo magnético que induce tensión en la bobina de detección. Luego, cuando el módulo de la suma fasorial de las intensidades de línea supera el valor a la corriente nominal del interruptor (donde este exceso se denomina sensibilidad en mA), esta tensión produce la apertura de los contactos internos, cortando así cualquier posible tensión peligrosa al contacto (Rojas, 2009, pp.9-15).

**Figura 4.53**

*Esquema de funcionamiento del interruptor diferencial*



*Nota.* Extraído de Rojas (2009)

Para la máquina semi industrial de apertura de fibra de alpaca, se definió el uso del interruptor diferencial de cuatro polos de la serie FH200-AC de la marca ABB (ver figura 4.54). Este cuenta una sensibilidad de 30 mA que soporta 25 A de corriente nominal en el trabajo con corriente alterna trifásica. Los principales usos del interruptor serán:

- Protección contra contactos directos a la corriente
- Prevención de riesgos de incendios
- Uso en cargas a generales de corriente alterna

**Figura 4.54**

*Interruptor diferencial ABB Modelo FH204 AC-25/0.03*



*Nota.* Extraído del catálogo de ABB (2020).

#### **4.10.6 Estructura del tablero**

Los elementos anteriormente descritos se ubicarán en la parte interior del tablero con una abertura para poder visualizar las rpm del motor y una manija para abrir y cerrar el tablero. El tablero será de polyester y permitirá preservar a los componentes ante agua o sustancias que pongan en peligro su funcionamiento. Las dimensiones del tablero son de 500x 400 x 200mm (ver figura 4.55)

## Figura 4.55

Tablero de polyester



Nota. Extraído de INGELEC TECH (2020)

### 4.11 Comparación y selección de diseños de la maquinaria presentados

En este punto, se realiza una comparación entre los modelos propuestos para la máquina de apertura a nivel semi industrial en su primera versión y final, además de la maquinaria más reconocida en el mercado internacional-*Picker-Fiber Opening and Preparation-RAMELLA*.

Como se visualiza en la tabla 4.19, en cuanto a la máquina de apertura de fibra de alpaca semi- industrial, se pueden observar las desventajas latentes lo cual es típico en una primera versión del diseño, permitiendo, tras un estudio de las posibles mejoras, obtener la versión 2 o “máquina semi industrial de apertura para la etapa de preproducción para la obtención de hilo a partir de fibra de alpaca”.

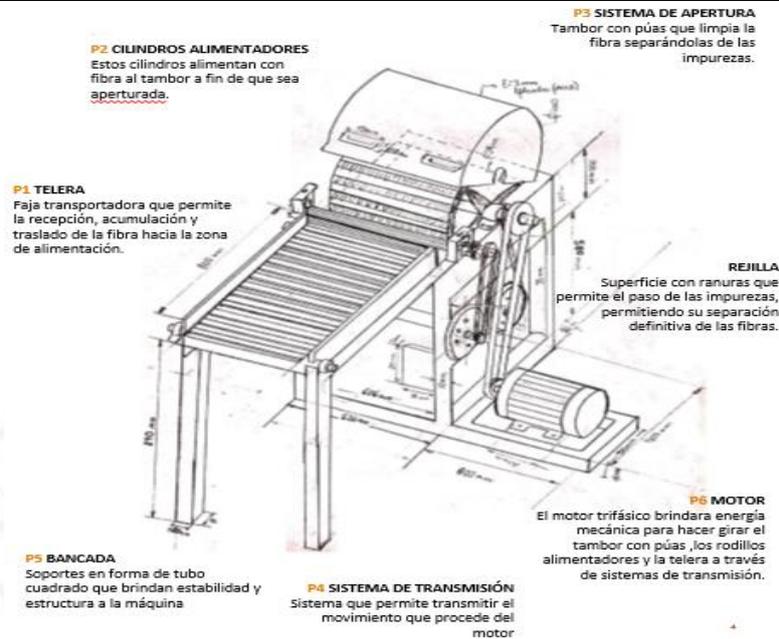
En cuanto a la máquina de apertura, limpieza y preparación-*Picker-Fiber Opening and Preparation-RAMELLA*, a pesar de tener excelentes características y funcionalidades, la principal desventaja es el precio elevado y el servicio postventa que es netamente importado.

Habiendo expresado lo anterior, después de realizar la comparación de los modelos presentados, se opta por el diseño propuesto de la “máquina semi industrial de apertura para la etapa de preproducción para la obtención de hilo a partir de fibra de alpaca” tanto por la funcionalidad, materiales, precio y facilidad en el ensamblado en el país.

**Tabla 4.19**

*Cuadro comparativo de propuestas de diseño de la máquina semi industrial de apertura de fibra de alpaca*

**MÁQUINA DE APERTURA DE FIBRA DE ALPACA SEMI INDUSTRIAL (VERSIÓN 1)**

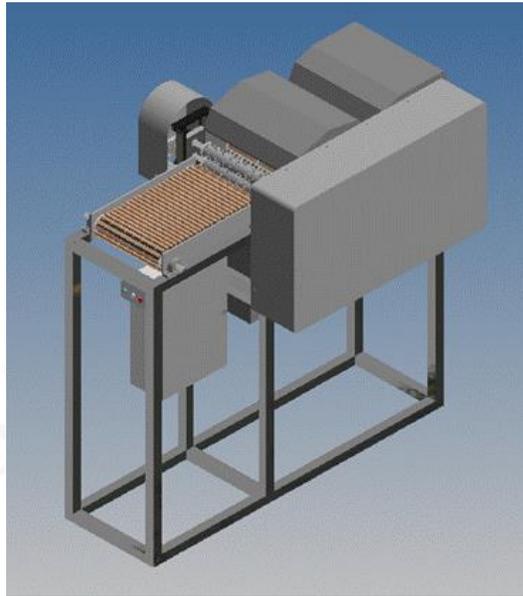


ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>Máquina de apertura para fibra de alpaca semi industrial Dimensiones: 2000 x 1426 x 1190 mm</p> <p>Componentes principales:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Telera de madera</li> <li>• Cilindros alimentadores</li> <li>• Mecanismo regulador</li> <li>• Tambor principal con púas de acero en su totalidad</li> <li>• Rejilla de acero inoxidable</li> <li>• Sistema de transmisión (6 Poleas, 6 piñones y 2 cadenas y 3 fajas)</li> <li>• Bancada de acero A36</li> <li>• Motor potencia 7.5 HP</li> <li>• Guarda superior e inferior</li> </ul>	<p>Permite realizar el proceso de apertura de fibra de alpaca al interactuar la fibra con las púas de apertura y la rejilla.</p> <p>Se cuenta con un mecanismo regulador en los cilindros alimentadores que permita variar la distancia entre los cilindros alimentadores, afectando así en la entrada de la fibra de alpaca</p>	<p>Cuenta con un motor de 7.5 HP y cantidad de componentes en el sistema de transmisión de muy elevados para el trabajo requerido.</p> <p>No se realiza una apertura de buen impacto al tener solo un cilindro en la zona de procesamiento, existiendo así un área de contacto baja con respecto a la fibra a procesar</p> <p>A mayor número de componentes mecánicos en el sistema de transmisión, más caro será el mantenimiento y la posibilidad de deterioro de la máquina.</p> <p>El peso de la maquinaria es alto debido al uso de componentes como acero en la totalidad de esta.</p>

(continúa)

(continuación)

MÁQUINA DE APERTURA SEMI INDUSTRIAL DE FIBRA DE ALPACA (VERSIÓN FINAL)



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>Máquina de apertura para fibra de alpaca semi industrial con velocidad de procesamiento regulable</p> <p>Dimensiones: 1800 x 550 x 1315 mm</p> <p>Componentes principales:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Telera de madera</li><li>• Cilindros alimentadores</li><li>• Mecanismo regulador</li><li>• Tambor principal de madera triplay fenólico, con púas de acero</li><li>• Tambor quitador de madera con púas de acero</li><li>• Rejilla de acero inoxidable</li><li>• Sistema de transmisión (7 poleas, 2 piñones)</li><li>• Tablero de control electrónico</li><li>• Variador de frecuencia</li><li>• Elementos de protección para motores</li><li>• Bancada de acero ASTM A500</li><li>• Motor potencia 0.5 HP</li><li>• Guarda superior e inferior</li><li>• Botón de encendido, parada y parada de emergencia</li></ul>	<p>Permite abrir la fibra con doble acción al contar con dos elementos de apertura (tambor principal y quitador), además existe un mayor área de contacto entre la fibra y la rejilla.</p> <p>Se cambió la composición de materiales en el tambor principal y en el quitador que eran considerados puramente de acero, a un diseño con madera triplay fenólico y acero, esto permite aligerar el peso a la vez de tener una resistencia suficiente para el proceso.</p> <p>Se cuenta con un sistema de variado de velocidad, por medio de la utilización de un variador de frecuencia que permite encender y apagar el motor y disminuir o aumentar la velocidad las rpm, todo esto con botones sencillos en la interfaz de este componente.</p> <p>Se cuenta con un motor de 0.5 HP trifásico a 1800 rpm, el cual es suficiente para el trabajo realizado según la configuración del sistema de transmisión propuesto.</p>	<p>El mecanismo regulador con resorte no puede ser utilizado al trabajar con piñones, pues habría picaduras en los mismos al estar separados más de una distancia permisible. Por esta razón, se propone trabajar con el mecanismo regulado en distancias fijas de altura respecto a la telera</p>

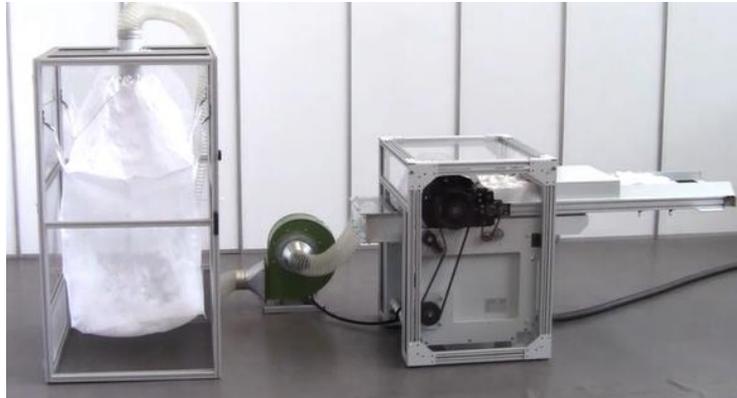
(continúa)

(continuación)

---

MÁQUINA DE APERTURA, LIMPIEZA Y PREPARACIÓN – PICKER-FIBER OPENING AND PREPARATION - RAMELLA

---



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>Máquina de apertura, limpieza y preparación de fibra de alpaca a nivel industrial de sólida estructura de acero de 4 cm de espesor.</p> <p>Componentes:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Guarda protectora de aluminio</li><li>• Bancada de acero de 4 mm de espesor</li><li>• Variadores de frecuencia independientes</li><li>• Sistema de transmisión</li><li>• Tablero de control general</li><li>• Zona de almacenamiento</li><li>• Ventilador de doble configuración</li><li>• Zona de eliminación de polvo</li><li>• Faja con pines metálicos</li><li>• Motor 5.5 kW</li></ul> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Alimentación: 2570 x 1240 x 1350 mm</li><li>- Almacenamiento: 2540 x 1260 x 2400 mm</li><li>- Limpieza: 500 x 500 x 600 mm</li></ul>	<p>Posee variadores de frecuencia independientes para ventilador, tambor principal, y telera.</p> <p>Posee una faja con púas al estilo cerdas que permiten abrir la fibra y transportarla a la zona de limpieza de impurezas.</p> <p>Posee 4 zonas principales: alimentación, apertura, limpieza y almacenamiento.</p>	<p>Precio de € 31,600, el cual es elevado para la fácil adquisición en una comunidad o empresa que inicia en el rubro.</p> <p>Mantenimiento y repuestos importados desde Italia, pues no se cuenta con técnicos especializados en el país para evitar perder la garantía de la maquinaria.</p> <p>Se necesita de un espacio mayor para la ubicación de toda la maquinaria, la cual se recomienda trabajar con las 4 partes implementadas para su buen uso.</p>

*Nota.* Elaboración propia

## CAPÍTULO V: ANÁLISIS ECONÓMICO

En cuanto al análisis económico, se detallan los distintos presupuestos, (ver con mayor detalle en el Anexo 17), para luego proyectar los flujos de caja libre, calcular la tasa de descuento e incorporar el riesgo para una correcta evaluación económica considerando el proyecto aplicado en una empresa.

### 5.1.1 Presupuesto de la maquinaria

En la tabla 5.1 se muestran los relacionados a los materiales y componentes para la fabricación de la máquina de apertura semi-industrial de fibra de alpaca, considerando a distintos proveedores. En este punto se aprecia que la telera (P1) es la parte más costosa de la maquinaria con un monto total de S/ 4,785.20. La ventaja principal de esta telera tiene como características especiales, gracias a la madera tornillo utilizada, el evitara la estática en el transporte de la fibra comparado con una faja transportadora de PVC u otro material.

**Tabla 5.1**

Costo total de materiales (en S/)

Código	Partes	Precio Total inc. IGV (en \$)	Precio Total inc. IGV (en S/)
P1	Telera	1,056.10	1,011.72
P2	Cilindros alimentadores	335.79	60.00
P3	Zona de procesamiento	936.58	876.27
P4	Sistema de transmisión del motor	215.31	605.88
P5	Bancada	401.20	-
P6	Motores y componentes varios	422.74	1,407.24
<b>SUB TOTAL DÓLARES US\$</b>		<b>3,367.72</b>	
<b>SUB TOTAL SOLES S/</b>			<b>3,961.11</b>
<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>		<b>15,994.00</b>	

*Nota.* El tipo de cambio utilizado fue de S/3.573 a la fecha 02/09/2020. (SUNAT, 2020)

En cuanto a los gastos intangibles (ver tabla 5.2), se tiene como principales el gasto por mano de obra al equipo encargado de la construcción de la maquinaria de la empresa ITech Peruvian, además de los gastos de transporte, delivery, envíos de componentes o piezas necesarios que forman parte de la cotización de esta misma empresa pues se consideró un tipo de cotización a todo costo. En cuanto a los gastos de viaje, se consideró un monto de S/ 297, que será útil para transporte, pasajes y otros necesarios para realizar las visitas a empresas, consultas a expertos y solicitud de cotizaciones formales.

**Tabla 5.2**

*Gastos intangibles del proyecto (en S/)*

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario S/	Costo total S/
S1	Mano de obra	Juego	1	2,800	2,800
S2	Envíos, Transporte, carga y descarga.	Juego (veces)	1	800	800
S3	Gastos de viaje (consultas)	Días	5	59.4	297
<b>SUBTOTAL GASTOS INTANGIBLES</b>					<b>3,897</b>

*Nota.* Elaboración propia

En el presupuesto de útiles de escritorio y diseño (ver tabla 5.3), se detallan los productos adquiridos para realizar los diseños y esquemas necesarios para el desarrollo del bosquejo de la versión inicial de la máquina de apertura de fibra de alpaca.

**Tabla 5.3***Costo de útiles de escritorio y diseño (en S/)*

Item	Proveedor	Detalle	Número de factura	Precio unitario (en S/)	Total (S/)
1	DATA PRINT LA MOLINA S.A.C.	PORTAMINA F. CASTELL 7 MM TK-FINE 1306 CA STELL	F001-00002274	13.8	13.8
2	DATA PRINT LA MOLINA S.A.C.	CARTUCHERA LONA ARTPACK DERWENT	F001-00002274	39.8	39.8
3	DATA PRINT LA MOLINA S.A.C.	AFILAMINA 2MM 184100 CASTELL	F001-00002274	4	4
4	DATA PRINT LA MOLINA S.A.C.	MINAS 0.7 CASTELL -HB- ESTX12 CASTELL	F001-00002274	10.83	10.83
5	DATA PRINT LA MOLINA S.A.C.	MINAS 0.7 CASTELL -HB- ESTX12 CASTELL	F001-00002274	21.66	21.66
6	SAMPLINI PELAEZ BETTY ROSA	20 UNDS. PAPEL CANSON	001-015821	20	20
7	SAMPLINI PELAEZ BETTY ROSA	12 UNDS. PLUMONES INDELEBLES	001-015821	42	42
8	SAMPLINI PELAEZ BETTY ROSA	CINTA MÁGICA	001-015821	7	7
9	SAMPLINI PELAEZ BETTY ROSA	2 JUEGOS DE ESCUADRAS	001-015821	18	18
10	SAMPLINI PELAEZ BETTY ROSA	1 COMPÁS ARTESCO MAD 200.207	001-015821	32	32
11	SAMPLINI PELAEZ BETTY ROSA	1 COMPÁS	001-015821	42	42
<b>SUBTOTAL ÚTILES DE ESCRITORIO Y DISEÑO</b>					<b>251.10</b>

*Nota.* Elaboración propia

Finalmente, en la tabla 5.4, se detalla el costo total del proyecto para la fabricación de la máquina de apertura semi-industrial de fibra de alpaca considerando los materiales, gastos intangibles y útiles de escritorio y diseño, obteniendo así un total de S/ 20 143.00, costo que trata de ser lo más accesible para comunidades, usuarios de pequeñas empresas y laboratorios relacionados al rubro; por otro lado, el costo está muy por debajo del costo de la maquinaria a nivel industrial (aproximadamente €31 600).

**Tabla 5.4**

*Costo total del proyecto*

Concepto	Monto (en S/)
SUBTOTAL MATERIALES	15 994.00
SUBTOTAL GASTOS INTANGIBLES	3 897.00
SUBTOTAL ÚTILES DE ESCRITORIO Y DISEÑO	251.10
<b>COSTO TOTAL PROYECTO MÁQUINA DE APERTURA SEMI- INDUSTRIAL DE FIBRA DE ALPACA</b>	<b>20 143.00</b>

*Nota.* Elaboración propia

## 5.2 Cronograma de implementación del proyecto

En este punto se define el cronograma de actividades del proyecto (ver tabla 5.5) y figura 5.2:

**Tabla 5.5**

*Actividades por etapas del proyecto*

N°	ETAPAS	ACTIVIDADES
1	Recolección de Información bibliográfica relacionada al tema	Se recolecta la información relevante (en español, inglés, italiano y alemán) que contengan las palabras clave: alpaca, procesos, hilatura, apertura, cardado, limpieza de fibra, esquila, maquinaria, entre otros.
2	Revisión bibliográfica	Se revisa la información recopilada, estudiándola y tratando de conocer los puntos claves del proceso de obtención de fibra de alpaca, donde se destacará el proceso de apertura de esta, y maquinaria relacionado al proceso. Además, se busca fuentes secundarias que sirvan de guía para la elaboración del trabajo tales como tesis, estudios de investigación, entre otros.
3	Estado del arte de la maquinaria	Se realiza un estudio de la maquinaria a nivel nacional e internacional a fin de tener una idea más clara del diseño tentativo como bosquejo, además se ven funcionalidades, capacidades esperadas, dimensiones y demás características relevantes para obtener un buen diseño.
4	Redacción del trabajo de investigación	En este punto se realiza la redacción del trabajo pasando por el Capítulo I (Introducción), Capítulo II (Revisión de la teoría) y Capítulo III (Metodología), quedando pendiente el Capítulo IV “Diseño de la maquinaria “el cual será sujeto a cambios basados en la bibliografía obtenida, consulta a expertos, investigadores y usuarios.
5	Bosquejo de máquina de apertura de fibra de alpaca semi-industrial	Se realiza el primer bosquejo de la máquina de apertura semi industrial de fibra de alpaca a mano alzada detallando cada una de las partes que lo conforman en formato de ficha técnica.
6	Estudio de posibles cambios o mejoras	Una vez, realizado el diseño se evalúan las posibles mejoras a realizar a fin de agregar valor al bosquejo presentado como primera versión, se evalúan la viabilidad técnica de los componentes y se utiliza bibliografía relacionada al rubro mecánico-eléctrico a fin de obtener resultados de calidad que serán los parámetros de diseño de la maquinaria
7	Diseño de maquinaria en software Inventor 2018	Se realiza el diseño en inventor de la maquinaria y considerando los cambios en el tiempo.
8	Culminación del trabajo final de investigación	Se culmina con el Capítulo IV “Diseño de la maquinaria” y Capítulo V “Conclusiones y Recomendaciones”.
9	Presentación del informe final de investigación / Sustentación final	Una vez culminada la tesis, es presentada como informe final. Luego, se procede a la sustentación de esta y posteriormente se inicie con la ejecución del proyecto.

*Nota.* Elaboración propia

**Figura 5.1**

*Cronograma de actividades del proyecto*

Actividades	Fecha de inicio	Fecha final	Días	ENERO	FEBRER/MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
<b>Pre-requisitos</b>											
Recolección de bibliografía relacionada	1-Ene	15-Ene	14								
Revisión bibliográfica	7-Ene	21-Feb	45								
<b>Desarrollo</b>											
Estado del arte de la maquinaria	22-Feb	8-Mar	15								
Redacción del trabajo de investigación	10-Mar	18-Jun	100								
Bosquejo de máquina de apertura (inicial)	25-Jun	25-Jul	30								
Estudio de posibles cambios o mejoras al bosquejo inicial	26-Jul	29-Jul	3								
<b>Fase final</b>											
Diseño final de la maquinaria en software Inventor 2018	30-Jul	14-Ago	15								
Culminación del trabajo de investigación (final)	15-Ago	30-Ago	15								
<b>Presentación de tesis</b>	1-Set	4-Set									

Nota. Elaboración propia

### **5.3 Presentación de la máquina de apertura semi industrial de apertura de fibra de alpaca como parte del proyecto Fondecyt Contrato 089-2018**

La presente tesis forma parte del proyecto Fondecyt-Banco Mundial según el Contrato 089-2018 denominado “Prototipo de una línea de hilatura semiautomática para la estandarización del hilo de fibra de alpaca para mejorar la competitividad del productor artesanal de la región andina-Puno”.

El objetivo general del proyecto es el de desarrollar una línea de hilatura semiautomática para la producción de hilo de fibra de alpaca a fin de incrementar el nivel de estandarización que permita mejorar la productividad del artesano alpaquero de la región de Puno. Para lograr este fin, se realizó el prototipado de una línea de producción de hilo a partir de fibra de alpaca, donde la máquina semi industrial de apertura pertenece a una de las 5 máquinas propuestas en el proyecto, las cuales son:

- **Máquina de apertura:** Encargada de otorgar características de paralelismo entre las fibras a la vez de eliminar impurezas. El modelo de la máquina considerado es de doble cilindro. El subproducto de esta etapa es la fibra abierta en contenedores.
- **Máquina cardadora:** En esta máquina se produce la paralelización y limpieza más profunda de la fibra gracias al contacto de la fibra con guarniciones de púas rígidas que se encuentran en los tambores. La máquina se compone de una telera de madera, cilindros alimentadores, sistema de alimentación (compuesto por cilindro likerín y comunicador), sistema de cardado (cilindro quitador y trabajador), cilindro de transporte de fibra, sistema de separación (compuesto por cilindro doffer) y sistema de mechado (compuesto de placas y rodillos). El subproducto de esta etapa será de mecha de fibra con peso y grosor definidos.
- **Máquina hiladora:** Encargada de estirar la mecha proveniente del proceso de cardado. Además, otorga cierto grado de torsión a la fibra a fin de darle integridad y resistencia. Se compone de sistema de estiraje (brazo o cabestrillo), sistema de transmisión de tren de estiraje (conjunto de poleas, fajas, piñones y cadenas que conectan al tren de estiraje). El subproducto de esta etapa es un carrete de 28 mm con hilo fino.
- **Máquina bobinadora:** Con el hilo proveniente de la máquina hiladora, se enrolla y se traslada a un cono. La máquina consta de un eje de giro, una plataforma que funciona como base y soporte para elementos móviles (manivela y eje de giro). El subproducto de esta etapa es un cono de hilo apto para teñido.

- Máquina de torsión de hilo: Mediante la combinación de dos a tres cabos de hilo gracias a la rotación de un eje vertical, resulta el torsionado del hilo y este puede ser tipo “S” o “Z”. La máquina se compone de un eje de giro para el hilo, zona de torsión y ovilladora. El subproducto de esta etapa será el hilo torsionado en ovillo.

### 5.3.1 Presupuesto asignado para el proyecto (Fondecyt-Contrato 089-2018)

El proyecto fue financiado con un monto total de S/ 670,508.00 gracias a las instituciones Fondecyt-Banco Mundial y la Universidad de Lima, con representación de 74.48% y 18.64% respectivamente (ver tabla 5.6). Además, este financiamiento contempla conceptos tanto administrativos como operativos, donde este último concepto engloba la cantidad distribuida para la fabricación y ensamble de las máquinas.

**Tabla 5.6**

*Participación económica Fondecyt-Universidad de Lima, Contrato 089-2018*

Detalles	Totales	Porcentaje Total
FONDECYT	499,388	74.48%
Ejecutora - Universidad de Lima	125,000	18.64%
Totales	670,508	100%

*Nota.* Extraído de Proyecto Fondecyt Contrato 089 (2018).

En la tabla 5.7, en lo concerniente al prototipado de las máquinas, se muestra la distribución total para los materiales e insumos y servicios asignados a la construcción de las 5 máquinas mencionadas en el punto anterior, y el rango aproximado de costo de cada una de ellas.

**Tabla 5.7**

*Presupuesto asignado según partida, Contrato Fondecyt 089-2018*

Partida presupuestal	Aporte Monetario	Porcentaje respecto al financiamiento total
PROYECTO- Materiales e Insumos	115,000	17.15%
PROYECTO- Equipos y bienes duraderos	230, 522	34.40%
PROYECTO- Otros Servicios	28,000	4.20%
Subtotal Operativo	373,522	56%

*Nota.* Extraído de Proyecto Fondecyt Contrato 089 (2018).

Cabe recalcar que, para el prototipado de las 5 máquinas, se definió un rango de porcentajes aproximado que permita orientar el diseño y su consecuente fabricación y ensamble hacia un presupuesto según lo estipulado. De esta manera, en la tabla 5.8 se muestra el rango para cada una de ellas:

**Tabla 5.8**

*Presupuesto asignado por máquina*

Máquina	Monto (en Soles)	Rango asignado (en %)
Apertura	Hasta 78,400	Hasta 20%
Cardadora	Hasta 112,000	Hasta 30%
Hiladora	Hasta 112,000	Hasta 30%
Bobinadora	Hasta 3,800	Hasta 10%
Torsión	Hasta 3,800	Hasta 10%

*Nota.* Extraído de Proyecto Fondecyt Contrato 089 (2018)

Como se aprecia en la tabla 5.8, la máquina de apertura cuenta con un monto máximo a asignar de S/ 78 400, la cardadora e hiladora pueden alcanzar un monto máximo de S/ 112,000 y, por último, la bobinadora y la máquina de torsión, alcanzan un máximo de S/3,800. Aquí se puede apreciar que tanto la cardadora como la hiladora poseen el mayor presupuesto asignado, esto debido a la complejidad de sus componentes y servicios necesarios para su fabricación y ensamble.

En base a la información obtenida en la tabla 5.8 y la tabla 5.4, se confirma que el costo total de la máquina semi-industrial de apertura de fibra de alpaca propuesta se encuentra dentro del rango hasta 20% del monto operativo estipulado inicialmente en el presupuesto del proyecto. El costo de la maquinaria asciende S/ 20,143, representado aproximadamente el 5% del monto asignado del monto operativo.

#### **5.4 Evaluación económica del proyecto de fabricación de una máquina semi-industrial de apertura de fibra para la empresa JCALDERON E.I.R.L. en Puno.**

Puesto que la presente tesis propone el diseño de una máquina semi-industrial de apertura de fibra de alpaca, se cree conveniente estimar el posible impacto económico que puede generar gracias a su incorporación en los procesos artesanales que se llevan a cabo actualmente en una empresa dedicada a este rubro. Esto se justifica debido a que el impacto económico esperado variará según la condición del (los) usuario(s) y los recursos con los que se cuenta.

Luego, será necesario delimitar ciertos parámetros iniciales que involucran:

- Tipo de usuario: El(los) usuario(s) puede ser individual, agrupado en colectivos o comunidades, una institución o laboratorios, entre otros. Este dato es de suma importancia ya que nos permitirá conocer el nivel tecnológico utilizado, la ubicación de la maquinaria, el tipo de producto que ofrece, los ingresos percibidos por ventas y sus principales costos asociados.
- Capacidad actual de producción de fibra de alpaca abierta: Permite conocer la cantidad de fibra de alpaca abierta obtenida dentro de su producción. De esta manera, se podrá conocer cuál es la mejora en la capacidad de producción que puede abastecerse gracias a la utilización de la máquina de apertura.
- Opciones de financiamiento: En este punto, se evaluará el tipo de financiamiento que se tendrá para la fabricación de la máquina. Este puede ser totalmente asumido por el(los) usuario(s) o parcialmente financiado por una o más entidades financieras.
- Indicadores económicos asociados: En base a la información recopilada, se realizará la evaluación de los indicadores económicos asociados esperados al fabricar la máquina de apertura. Los indicadores por considerar son el valor actual neto (VAN), Tasa interna de retorno (TIR), el período de recuero de la inversión y la razón beneficio-costos asociada.

A continuación, se realiza paso a paso el procedimiento para el cálculo de los indicadores de rentabilidad del proyecto. Toda la información recopilada es de primera fuente y proviene de encuestas y entrevistas realizadas a los representantes de las principales empresas relacionadas a la producción de hilo y prendas a partir de fibra de alpaca, según Proyecto Fondecyt Contrato 089 (2018).

#### **5.4.1 Paso 1: Definición del tipo de usuario**

Según la información recolectada en las encuestas, el 67% de los encuestados se encuentra dentro de una cooperativa. Además, 8 de cada 9 productores realizan el proceso de apertura de fibra de alpaca a un manualmente (Proyecto Fondecyt Contrato 089, 2018).

Una de las empresas que trabajan con el método de apertura manual actualmente es la empresa JCALDERON E.I.R.L. ubicada en Puno (ver entrevista completa en el anexo 29), a cargo del Ing. Joel Calderón Mamani. Esta empresa tiene como actividad principal la fabricación de hilo a partir de fibra de alpaca para la venta, exclusivamente, hacia el mercado nacional. A continuación, se tienen los siguientes datos de la empresa:

- Tipo de usuario: Empresa Individual de Responsabilidad Limitada (E.I.R.L.)
- Nombre de la empresa: JCALDERON E.I.R.L.
- Representante: Joel Calderón Mamani
- Actividad: Fabricante de tejidos y arte de punto.
- Ubicación: Av. Floral Nro.1128 - Puno
- Nivel tecnológico en producción: Manual
- Producto: Venta de carretes de hilo a partir de fibra de alpaca
- Ingresos por ventas anual (al 2020): S/ 250,800.00

#### 5.4.2 Paso 2: Cálculo del requerimiento promedio de fibra de alpaca anual

La producción de fibra de alpaca abierta como subproducto en la etapa pre productiva para la línea de producción de hilo en la empresa JCALDERON E.I.R.L. es de 1,200 kg/año, considerando una merma del 5% para la obtención de hilo. Sin embargo, tal como lo menciona Calderón (2020), se espera que la demanda de hilo de fibra de alpaca en el mercado local aumente generando un incremento anual de aproximadamente entre 10% de la cantidad requerida de fibra abierta.

- Requerimiento de fibra abierta para producción de hilo: 1,200 kg/año
- Merma en la producción de hilo: 5%
- Incremento anual del requerimiento: 10%

No obstante, durante la entrevista se expresó el gran interés por parte de la empresa de producir fibra de alpaca abierta considerando la máxima capacidad de una (01) máquina bajo el régimen de 8 horas diarias, 6 días a la semana, 24 días al mes. Esto se debe al hecho que el proceso de apertura limita la producción actual puesto que, al tratarse de una etapa puramente manual, las otras máquinas para el proceso de producción de hilo se encuentran ociosas o apagadas hasta esperar el abastecimiento de la fibra abierta a la línea de producción.

Por lo tanto, la capacidad máxima de la máquina bajo las condiciones anteriores se calcula (véase tabla 5.9):

**Tabla 5.9**

*Cálculo de la capacidad máxima esperada anual*

Capacidad máxima de la máquina (fibra abierta)	Horas/día	Días/semana	Semanas/año	Capacidad anual esperada
2 kg/h	8	6	52	4,992 kg/año

*Nota.* Elaboración propia

Además, al trabajar con la máquina a su máxima capacidad esperada, se cubrirá el requerimiento de fibra para la producción de hilo en la empresa, y adicionalmente, se obtendrá un excedente de fibra de alpaca abierta la cual será vendida por la empresa generando así ingresos adicionales al tener la posibilidad de vender la fibra por kg directamente al mercado o convertirse en proveedor de materia prima para empresas de mayor tamaño o comunidades que requieran de este insumo (véase la tabla 5.10):

**Tabla 5.10**

*Proyección del requerimiento de fibra abierta y ventas de fibra a 5 años (en kg)*

	<b>Año 0</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>	<b>Año 6</b>
Requerimiento de fibra para producción de hilo (propio)	1,200	1,320	1,452	1,597	1,757	1,933	2,126
Venta directa como proveedor	-	3,672	3,540	3,395	3,235	3,059	2,866
Capacidad máxima anual esperada (de la máquina)	-	4,992	4,992	4,992	4,992	4,992	4,992

*Nota.* Las cifras están redondeadas al entero más próximo.

Como se aprecia en la tabla 5.10, el requerimiento actual de fibra para la producción de hilo en la empresa es de 1,200 kg/año, incrementándose anualmente como máximo en 10% desde el año 2021 en adelante. Sin embargo, la capacidad máxima anual esperada se mantiene constante (4,992 kg/año), pues solo se evalúa la utilización de una sola máquina. Consecuentemente, el excedente para cada año generará ingresos provenientes de la venta de la fibra de alpaca abierta. Además, para el año 0 (actualmente), no se cuenta con ningún tipo de venta de fibra de alpaca abierta pues se produce exclusivamente hilo; sin embargo, la venta de fibra de alpaca abierta se incorporará desde el año 1 de producción con la máquina.

### **5.4.3 Paso 3: Determinación de la estructura de la inversión**

En la entrevista realizada a la empresa JCALDERON E.I.R.L., se determinó que el 80% del costo de la maquinaria sería cubierto por capital propio mientras que el 20% restante, gracias a un préstamo en una entidad financiera. El capital propio para aportar resulta gracias a utilidades generadas en las otras actividades de las empresas representadas por el Ing. Calderón.

A continuación, se muestra el aporte para la fabricación de la máquina (véase tabla 5.11):

**Tabla 5.11**

Estructura de la inversión

Descripción	Importe (en S/)	Participación (en %)
Capital propio	16,114.40	80%
Financiamiento	4,028.60	20%

*Nota.* Elaboración propia

#### 5.4.4 Paso 4: Selección de la fuente de financiamiento

Para calcular el presupuesto de servicio de deuda, será necesario evaluar qué fuente de financiamiento nos ofrece la menor tasa para un período de 12 meses con cuotas mensuales. Se extrajo la información de dos posibles fuentes considerándose el período mencionado anteriormente, además en la tabla 5.12 se muestra la comparación entre las tasas y en el anexo 28 cada uno de los calendario de pago de crédito.

**Tabla 5.12**

*Tasa de Costo Efectivo Anual (TCEA) ofrecida según entidad financiera*

Entidad	Monto solicitado	TCEA
Banco BBVA	4,028.60	28.25%
Continental		
Caja Los Andes	4,028.60	18.00%

*Nota.* Ambas tasas fueron extraídas el día 15 de febrero del 2021. Los valores fueron extraídos de BBVA Continental (2021) y Caja Los Andes (2021).

Como se aprecia en la tabla 5.12, la entidad financiera más adecuada para solicitar el préstamo de S/ 4,028.60 con la menor Tasa de Costo Efectivo Anual o TCEA de 18.00% es la Caja Los Andes, con sede en Puno. Finalmente, el cronograma de pago de la deuda se muestra en la figura 5.2.

**Figura 5.2***Cronograma de pago de la deuda*

Nº	FECHA PAGO	SALDO CAPITAL	CAPITAL	INTERÉS	SEG. DESG.(*)	TOT. CUOTA	I.T.F.	TOT.CUO+ SEG.DES+ ITF
1	01/03/2021	4,028.60	314.55	49.93	2.42	366.90	0.00	366.90
2	01/04/2021	3,714.05	313.67	51.00	2.23	366.90	0.00	366.90
3	01/05/2021	3,400.38	319.69	45.17	2.04	366.90	0.00	366.90
4	01/06/2021	3,080.69	322.75	42.30	1.85	366.90	0.00	366.90
5	01/07/2021	2,757.94	328.61	36.64	1.65	366.90	0.00	366.90
6	01/08/2021	2,429.33	332.08	33.36	1.46	366.90	0.00	366.90
7	01/09/2021	2,097.25	336.84	28.80	1.26	366.90	0.00	366.90
8	01/10/2021	1,760.41	342.45	23.39	1.06	366.90	0.00	366.90
9	01/11/2021	1,417.96	346.58	19.47	0.85	366.90	0.00	366.90
10	01/12/2021	1,071.38	352.03	14.23	0.64	366.90	0.00	366.90
11	01/01/2022	719.35	356.59	9.88	0.43	366.90	0.00	366.90
12	01/02/2022	362.76	362.76	4.98	0.22	367.96	0.00	367.96
			4,028.60	359.15	16.11		0.00	4,403.86

Nota. Extraído de Caja Los Andes (2021).

Como se muestra en la figura 5.2, el monto prestado es dividido en 12 cuotas, haciéndose efectivo el pago siguiendo el método utilizado por las entidades financieras o también denominado método francés o de cuotas constantes (incluye intereses y amortización). donde el monto total a pagar referente a intereses será de S/ 359.15 y se terminará de pagar en el año al fin del año 1 de operación del proyecto.

#### 5.4.5 Paso 5: Elaboración del Flujo de Caja Libre (FCL)

Miller y Modigliani (como se cita en Roca, 2011) introdujeron el concepto de *free cash flow* o flujo de caja libre (FCF, por sus siglas en inglés o FCL en español), gracias a la interrogante que planteaba cuáles serían las medidas de desempeño de una empresa o proyecto. Como resultado, se obtuvo que las ganancias, los flujos de caja, dividendos y otras oportunidades de inversión podían conllevar a una correcta decisión de inversión. De ahí, se definió al FCL como el efectivo proveniente de operaciones disponible para los accionistas como para los acreedores pero que no considera intereses o cancelaciones de deuda, ni dividendos o pagos a accionistas. Este efectivo “libre” puede repartirse a los inversores, pues todas las operaciones han sido financiadas previamente.

Lo que se busca al elaborar y proyectar el flujo de caja de un proyecto es estimar los ingresos y egresos en efectivo que se producirán en el largo plazo (vida del proyecto), de esta manera se puede conocer cuánto efectivo puede retirarse, sin afectar la marcha del proyecto (Lira, 2013). A diferencia de proyectar la utilidad neta después de impuestos, que no garantiza que se cuente con el efectivo necesario para continuar operando con el negocio, es decir, que cumpla con sus obligaciones (a proveedores, trabajadores, entre otros) y con los costos operativos de los bienes o servicios que produce.

Al realizar la proyección del flujo de caja libre del proyecto, podemos ver la caja remanente en cada uno de los períodos, en donde, si la caja tiene un valor positivo, significa que el dinero está disponible luego de cubrir todos los costos operativos (trabajadores y proveedores) y que además se realizó las inversiones en activo fijo y capital de trabajo para poder seguir produciendo. Contrariamente, si la caja es negativa, la empresa deberá incurrir en financiamiento por parte de los accionistas o una entidad financiera que permita cubrir los costos e inversiones anteriormente mencionadas. Por último, si la caja es igual cero, se observa que, en ese período, la empresa no cuenta con efectivo, pero logró cubrir sus costos.

Por último, para hallar el flujo de caja para el accionista propiamente, que descuenta los intereses y el pago de la deuda, se denomina flujo de caja del accionista (FCA en adelante), donde si la tasa de retorno es mayor a la tasa propuesta por los inversionistas (COK), el proyecto resulta rentable y atractivo para estos.

A continuación, se procede a proyectar el FCL y el FCA y, por último, a evaluar el proyecto en términos de rentabilidad.

#### **i. Proyección del Estado de Resultados**

Para calcular el flujo de caja libre (FCL en adelante), se requiere hallar tanto la Utilidad neta después de impuestos (NOPAT, en inglés *Net Operating Profit After Taxes*) como la inversión neta, donde el NOPAT se calcula a partir de la ganancia operativa del estado de resultados, mientras que la inversión neta, a partir del Balance (Roca, 2011).

Para proyectar el Estado de resultados, se debe conocer el ingreso por ventas esperado por la empresa. Para esto, debe considerarse cada uno de los productos a vender, con los respectivos precios actuales y su variación. En el año 0 (2020 para este proyecto), la empresa JCALDERON ha percibido ingresos por ventas de S/250,800 vendiendo un total de 1,140 kg de hilo de fibra de alpaca (utiliza 1,200 kg de fibra abierta y posee una merma de 5% en su proceso de hilado) a un precio de S/220 por kilogramo; Sin embargo, se observó una abrupta caída de aproximadamente 70% en el precio debido a la situación del mercado peruano afectado por el COVID 2019, posicionando el precio a S/83 por kilogramo, esto se corrobora con la información brindada por Aragon (2020), quien menciona que tanto los productores, transformadores artesanales y comercializadores de fibra de alpaca en Perú experimentarían una reducción en sus ingresos por ventas de 70% en el 2021 respecto al año anterior (2020).

Por otro lado, se pronostica una disminución en el precio de fibra de alpaca abierta en el país desde S/ 21 a S/13 del 2020 al 2021 (Aragon, 2020). No obstante, cabe recalcar que la producción de fibra de alpaca abierta con la máquina planteada en este trabajo ya considera la merma durante el proceso de apertura (véase punto 4.2).

A continuación, se muestra el estado de resultados proyectado para la empresa JCALDERON considerando el proyecto de la máquina de apertura semi-industrial de fibra de alpaca (véase tabla 5.13):

**Tabla 5.13**

*Ventas e Ingresos por ventas proyectados*

	Precio 2020 (soles)	Precio 2021+ (soles)	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Venta de hilo (en kg)	220	83	1,140	1,254	1,379	1,517	1,669	1,836
Venta de fibra abierta (en kg)	21	13	-	3,672	3,540	3,395	3,235	3,059
Ingresos por ventas proyectado (en soles)	Caída de 70% proyectada		250,800	152,654	161,316	170,845	181,326	192,855

*Nota.* Elaboración propia

Para hacer didáctico el cálculo del NOPAT, se muestra la proyección del estado de resultados considerando la máquina (proyecto) pero solo hasta la utilidad operativa sin depreciación (véase tabla 5.14), posteriormente se realizará el cálculo del NOPAT propiamente. Toda la información está basada en la entrevista a la empresa JCALDERON (véase anexo 29):

**Tabla 5.14**

*Estado de resultados de la empresa JCALDERON E.I.R.L. proyectado a 5 años*

CONCEPTO	%*	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Ventas		152,654	161,316	170,845	181,326	192,855
Costo De Ventas	<b>30%</b>	45,796	48,395	51,253	54,398	57,857
<b>Utilidad Bruta</b>		106,858	112,921	119,591	126,928	134,999
Gastos Administrativos	<b>45%</b>	(68,694)	(72,592)	(76,880)	(81,597)	(86,785)
Otros Gastos Operativos	<b>8%</b>	(12,212)	(12,905)	(13,668)	(14,506)	(15,428)
Gastos De Ventas	<b>8%</b>	(12,212)	(12,905)	(13,668)	(14,506)	(15,428)
<b>Utilidad Operativa (Sin Depreciación)</b>		13,739	14,518	15,376	16,319	17,357

*Nota.* Los valores están expresados en soles, las cifras fueron redondeadas a cantidades enteras. Datos extraídos de JCALDERON E.I.R.L. (2021).

\* Porcentaje calculado respecto a las ventas

## ii. Cálculo del Costo de Oportunidad del Capital (COK)

El costo de oportunidad del capital (COK en adelante) es la tasa que es exigida por los accionistas como consecuencia de invertir su dinero en el proyecto. Además, según Roca (2011), el COK dependerá de: (1) la estructura del capital proyectado (80% capital propio y 20% de financiamiento en la caja los Andes), (2) la tasa de impuesto a la renta (29.5%), (3) la tasa de interés bancaria o TCEA (18%) y (4) el costo de oportunidad de los accionistas según el modelo CAPM (*Capital Asset Pricing Model* por sus siglas en inglés).

Según el modelo CAPM, el COK se calcula según la siguiente fórmula:

$$COK = r_f + \beta_{proy} \times [r_m - r_f] \dots (I)$$

Donde:

$r_f$ : Tasa libre de riesgo

$r_m - r_f$ : Prima de riesgo de mercado

$\beta_{proy}$ :  $\beta$  del proyecto o apalancado

Por otro lado, el coeficiente beta<sup>6</sup> para el proyecto, que en adelante será llamado  $\beta_{proy}$ ,  $\beta_{equity}$  o  $\beta_{apalancado}$ , resulta a partir de las acciones del sector o industria pertinente, en este caso, se considerará el  $\beta_{desapalancado}$  para la industria de Vestir o *Apparel*, que cuenta con un beta des apalancado de 0.85 al 23 de febrero del 2021 según Damodaran (2021).

Luego, según Lira (2013), es necesario considerar la ecuación de Hamada, que considera:

$$\beta_{proy} = \left[ 1 + \frac{D}{E} \times (1 - tax) \right] \times \beta_{\mu} \dots (II)$$

Donde:

$$\frac{D}{E} = \text{Estructura Deuda vs Capital propio}$$

$tax = \text{tasa de impuesto a la renta}$

$$\beta_{\mu} = \beta_{desapalancado}$$

Reemplazando en II, se tiene:

$$\beta_{proy} = \left[ 1 + \frac{20\%}{80\%} \times (1 - 29.5\%) \right] \times 0.85$$

Por lo tanto:

$$\beta_{proy} = 1$$

El valor del beta permitirá conocer cuál es el riesgo asociado al activo evaluado en el mercado financiero de manera proporcional, en donde si el  $\beta_{proy} > 1$ , la acción es considerada riesgosa al amplificarse los movimientos de mercado; análogamente, si el  $\beta_{proy} < 1$ , se consideran acciones para invertir a bajo riesgo pues el comportamiento es menos proporcional al del mercado y, por último, en caso de que el  $\beta_{proy} = 0$ , se denomina activo sin riesgo de mercado (Lira, 2013). Entonces, para el valor obtenido, se concluye que la rentabilidad del activo financiero se comportará igual al índice de referencia.

---

<sup>6</sup> Coeficiente beta: índice normalizado del mercado financiero, encargado de medir el riesgo de mercado de un activo (Lira, 2013).

Acto seguido, se procede a obtener los parámetros  $r_f$  y  $r_m - r_f$ . Los datos requeridos fueron obtenidos del Laboratorio de Mercados Capitales de la Universidad de Lima con la fecha 23 de febrero del 2021 (véase tabla 5.15). Además, es necesario recordar que el riesgo país para Perú ya está considerado en los valores mostrados.

**Tabla 5.15**

*Datos para el cálculo del COK*

Datos	Valor
Rf	5.34%
Rm	13.48%
Prima de riesgo de mercado (Rm-Rf)	8.14%
Beta del proyecto	1

*Nota.* Valores extraídos el día 23 de febrero del 2021.

Luego, reemplazando en (I), se tiene:

$$COK = r_f + \beta_{proy} \times [r_m - r_f]$$

$$COK = 5.34\% + 1 \times 8.14\%$$

$$COK = 13.48\%$$

### iii. Cálculo del Costo medio ponderado del Capital (WACC)

El costo medio ponderado del capital o también denominado WACC (por sus siglas en inglés Weighted Average Cost of Capital) se calcula según la siguiente fórmula:

$$WACC = \frac{D}{D + E} \times i \times (1 - tax) + \frac{E}{D + E} \times COK_{proyecto}$$

Donde:

$D$  = Deuda o financiamiento, en %

$E$  = Capital propio o Equity, en %

$i$  = Tasa de Costo efectivo anual (entidad financiera), en %

Reemplazando los valores, se obtiene:

$$WACC = 20\% \times 18\% \times (1 - 29.5\%) + 80\% \times 13.48\%$$

$$WACC = 13.32\%$$

#### iv. Cálculo del capital de trabajo

El capital de trabajo (CT en adelante) de una empresa se puede definir sencillamente como el efectivo necesario para una empresa o proyecto a fin de seguir con sus operaciones productivas mientras se cobra lo vendido. Ampliando más la definición anterior, el CT se compone de activos corrientes<sup>7</sup> que servirán para financiar el ciclo productivo del negocio (Lira, 2013).

Como menciona Lira (2013), la planificación financiera es de suma importancia para una correcta elaboración de estados de resultados y su respectiva evaluación. Para esto, es menester contar con políticas financieras de la empresa que defina, en el caso del capital de trabajo, definir los lineamientos básicos de las cuentas por cobrar, el inventario, pago a proveedores y caja mínima necesaria a mantener.

Por otro lado, tal como lo sugiere Lira (2013), se utilizará el método contable para calcular el capital de trabajo neto<sup>8</sup> o CTN, dando así A continuación se muestra el cálculo del CTN siguiendo el método contable, según la ecuación:

$$CTN = Caja + C \times C + Inventarios - Proveedores$$

Donde:

*Caja: Dinero en efectivo*

*C × C: crédito a clientes*

---

<sup>7</sup> Activo corriente: Considera todo lo que la empresa pueda aportar, que pueda convertirse en efectivo en un plazo menor a un año. Además, las cuentas principales consideradas son: Caja (dinero en efectivo), Cuentas por cobrar (crédito a clientes) e Inventarios (stock de materias primas, en proceso y terminados) (Lira, 2013).

<sup>8</sup> Capital de trabajo neto (CTN): Se define por la diferencia entre Activo corriente y pasivo corriente (obligaciones a corto plazo) (Lira, 2013).

Luego, en la tabla 5.16 se muestra los períodos para cada componente de la ecuación, basados en las políticas financieras de la empresa JCALDERON E.I.R.L.:

**Tabla 5.16**

*Políticas financieras de la empresa JCALDERON E.I.R.L., del 2020 al 2025*

POLÍTICAS FINANCIERAS DE LA EMPRESA JCALDERON E.I.R.L.						
	Unidades	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Caja mínima	días	2	2	2	2	2
Cuentas por cobrar	días	30	30	30	30	30
Rotación de Inventarios	días	45	45	45	45	45
Pago a proveedores	días	30	30	30	30	30

*Nota.* Elaboración propia

Por otro lado, a partir de la proyección del estado de resultados (ver tabla 5.17), se extrae:

**Tabla 5.17**

*Ventas y costos de ventas del proyecto*

	Unidades	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ventas proyectadas	en S/	152,654	161,316	170,845	181,326	192,855
Costo de ventas	(% sobre ventas)	30%	30%	30%	30%	30%

*Nota.* Elaboración propia

Luego, se calcula cada uno de los componentes de la ecuación:

**a. Caja**

Este ratio indica el monto de dinero mínimo que se requiere mantener durante un cierto período.

Para el año 1, la caja mínima se calcula por la expresión:

$$Caja \text{ año } 1 = \frac{Ventas \text{ año } 1}{360} \times 2 \text{ días}$$

Reemplazando para cada año, se tiene:

**Tabla 5.18**

*Proyección de la caja a 5 años*

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Caja	849	897	950	1,008	1,072

*Nota.* Elaboración propia

**b. Cuentas por cobrar (CXC)**

Las cuentas por cobrar indican el número promedio de días en que la empresa recibe los pagos de sus clientes. Las cuentas por cobrar se estiman según la siguiente fórmula:

$$Rot. CxC = \frac{CxC}{Ventas} \times 360 \text{ días}$$

Luego, reemplazando para cada año, se tiene:

**Tabla 5.19**

*Proyección de las cuentas por cobrar a 5 años, en soles*

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Cuentas por cobrar	12,722	13,444	14,238	15,111	16,072

*Nota.* Elaboración propia

**c. Inventarios**

Para calcular el monto de inventarios necesario, se procede a utilizar el ratio de rotación de inventarios. Este ratio indica el número promedio de días necesarios para pasar de materias primas a productos terminados y se calcula con la fórmula:

$$Rot. Inv. = \frac{Inventarios}{Cto. de ventas} \times 360 \text{ días}$$

Luego, despejando Inventarios en la ecuación, se tiene:

$$Inventarios = \frac{Cto. de ventas \times Rot. Inv.}{360 \text{ días}}$$

Finalmente, reemplazando para cada año, se tiene:

**Tabla 5.20**

*Proyección de inventarios a 5 años, en soles*

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inventarios	5,725	6,050	6,407	6,800	7,233

*Nota.* Elaboración propia

#### d. Proveedores

Para estimar el total que se adeudará a los proveedores se debe utilizar el ratio de rotación de cuentas por pagar. Este ratio refiere al número de días promedio en el que se paga a los proveedores de la empresa. El cálculo se realiza con la siguiente fórmula:

$$Rot. CxP = \frac{CxP}{Cto. de ventas} \times 360 \text{ días}$$

Despejando las cuentas por pagar en la ecuación, se tiene:

$$CxP = \frac{Cto. de ventas \times Rot. CxP}{360 \text{ días}}$$

Reemplazando para cada año, se tiene:

**Tabla 5.21**

*Proyección de las cuentas por pagar a proveedores a 5 años, en soles*

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Cuentas por pagar a proveedores	3,817	4,033	4,272	4,534	4,822

*Nota.* Elaboración propia

Acto seguido, será necesario calcular el capital de trabajo neto (CTN) para cada año y el respectivo incremento respecto al año anterior (véase tabla 6.41). Además, es necesario mencionar que el capital de necesitado para el año 1 debe estar disponible el último día del año 0, puesto que uno de los supuestos para requeridos para el cálculo del flujo de caja es que los ingresos y gastos se realizan en el último día del período de proyección (Lira, 2013).

**Tabla 5.22**

*Cálculo del capital de trabajo neto a 5 años, en soles*

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Capital de trabajo neto	15,479	16,358	17,323	18,385	19,555	-

*Nota.* Elaboración propia

Luego, se observa que el CTN requerido para el año 1 es de S/15,479 que será financiado totalmente con el aporte otorgado por la empresa o una cantidad que provenga tanto de la empresa como de lo financiado por la caja Los Andes. Además, como menciona Lira (2013), cuando se evalúa un proyecto en el flujo de caja debe incluirse solo las necesidades incrementales; en base a lo anterior, se calcula que para el año 2, el CTN asciende de S/16,358 a S/17,323, de los cuales ya se financió S/16,358; Por lo tanto, se necesitará adicionar S/965 en el año 1 para hacerse efectivo en el año 2. Estos incrementos, calculados año por año son necesarios para calcular la inversión neta (ver punto vi. Cálculo de la inversión neta).

#### v. Cálculo del NOPAT

La utilidad operativa después de impuestos o NOPAT (Net Operating Profit After Taxes, por sus siglas en inglés), representa la utilidad descontada del impuesto a la renta que una empresa tendría si no tuviera deuda ni inversiones en activos no operativos y que se enfoca en los beneficios fiscales de financiación y gastos financieros (Pérez et al., 2018). Según Lira (2013), el cálculo del NOPAT sigue la estructura:

<b>Utilidad operativa</b>
<b>(sin depreciación)</b>
(-) Depreciación
<b>Utilidad operativa neta</b>
(+) Ingreso por venta de maquinaria
(-) Egreso por valor en libros
<b>Utilidad antes de impuestos</b>
(-) Impuesto a la renta
<b>Utilidad Neta</b>
(+) Depreciación
<b>NOPAT</b>

Por lo tanto, se procede a calcular el NOPAT en base a los datos de la tabla 5.23 y considerando el impuesto a la renta de 29.5% según SUNAT (2021). Además, la empresa planea vender la máquina al fin del proyecto (año 5) a un valor de S/2,000 representando aproximadamente un 10% del valor de inicial. Sin embargo, para el año 5, para el cálculo de la utilidad neta se realizará el artificio de registrarlo como *Utilidad operativa Neta*<sub>año 5</sub> – *Impuesto a la renta*<sub>año 5</sub> con el fin de no aumentar el impuesto a la renta debido a la venta del activo y registrar limpiamente la recuperación del activo en el cálculo de la inversión neta (punto vi. Cálculo de la inversión neta)

**Tabla 5.23***Cálculo del NOPAT*

CONCEPTO	%*	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
<b>Utilidad operativa (Sin depreciación)</b>		13,739	14,518	15,376	16,319	17,357
Depreciación		(4,029)	(4,029)	(4,029)	(4,029)	(4,029)
<b>Utilidad operativa neta</b>		9,710	10,490	11,347	12,291	13,328
Ingreso por venta de maquinaria						2,000
Egreso por valor en libros						-
<b>Utilidad operativa antes de impuestos</b>		9,710	10,490	11,347	12,291	15,328
Impuesto a la renta	<b>29.5%</b>	(2,865)	(3,095)	(3,347)	(3,626)	(4,522)
<b>Utilidad neta</b>		6,846	7,395	8,000	8,665	8,806*
Depreciación		4,029	4,029	4,029	4,029	4,029
<b>NOPAT</b>		<b>10,874</b>	<b>11,424</b>	<b>12,029</b>	<b>12,694</b>	<b>12,835</b>

*Nota.* Elaboración propia

\*Se calcula por  $Utilidad\ operativa\ Neta_{año\ 5} - Impuesto\ a\ la\ renta_{año\ 5}$  con fines de evitar doble registro de partida

#### vi. Cálculo de la Inversión neta

Para calcular el flujo de caja libre, se necesita calcular previamente la variación en las inversiones o también denominada inversión neta, que es la necesaria para que el negocio crezca. Además, Roca (2011) define a la inversión neta como la diferencia entre el capital proyectado para el año siguiente menos el del año actual, y se rige según la ecuación. Además, para el año 0 del proyecto, se considera la inversión realizada para la adquisición del activo fijo.

$$Inversión\ Neta = Capital_{n+1} - Capital_n$$

En la tabla 5.24, se muestra el cálculo de la inversión neta:

**Tabla 5.24***Cálculo y proyección de la Inversión neta a 5 años*

CONCEPTO	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Activo fijo	20,143	-	-	-	-	-
Capital de trabajo	15,479	16,358	17,323	18,385	19,555	-
<b>Inversión</b>	35,622	16,358	17,323	18,385	19,555	-
<b>Inversión neta</b>	<b>(35,622)</b>	<b>965</b>	<b>1,062</b>	<b>1,170</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

*Nota.* Elaboración propia

### vii. Proyección del flujo de caja libre (FCL)

Para calcular el FCL, se necesitará considerar tanto la depreciación omitida en el cálculo del NOPAT, el valor en libros del activo fijo al fin del período, la recuperación del capital y la inversión neta, según la estructura:

<b>NOPAT</b>
<b>(-) INVERSIÓN NETA</b>
(-) Inversión en activo fijo
(-) Capital de trabajo neto
(+) Recuperación del capital de trabajo
(+) Valor de recupero del activo
<hr/>
<b>FCF</b>

Además, la empresa desea recuperar el capital de trabajo inicial una vez cumplido los 5 años, período que ha sido considerado como el período del proyecto por fines académicos de este trabajo. Considerando lo anterior, se muestra la proyección del flujo de caja libre hasta el año 5 o fin del proyecto (véase tabla 5.25)

**Tabla 5.25**

*Proyección del flujo de caja libre (FCL)*

<b>CONCEPTO</b>	<b>AÑO 0</b>	<b>AÑO 1</b>	<b>AÑO 2</b>	<b>AÑO 3</b>	<b>AÑO 4</b>	<b>AÑO 5</b>
<b>NOPAT</b>		10,874	11,424	12,029	12,694	12,835
Recuperación del AF						2,000
Recuperación CT						15,479
Inversión neta	(35,622)	(965)	(1,062)	(1,170)	-	-
<b>FCL</b>	<b>(35,622)</b>	<b>9,909</b>	<b>10,362</b>	<b>10,859</b>	<b>12,694</b>	<b>30,314</b>

*Nota.* Elaboración propia

#### 5.4.6 Paso 6: Evaluación de indicadores de rentabilidad del proyecto

Por último, se procede a realizar la evaluación del proyecto considerando los indicadores económicos puesto que no se en el FCL no se considera el pago de la deuda, ni gastos financieros ni pago de intereses, por lo que representaría un aporte netamente del accionista hasta ese punto; Sin embargo, luego en el FCA se determinará cuánto es lo que realmente obtiene el accionista después de descontar el financiamiento de la deuda.

**Tabla 5.26**

*Indicadores de rentabilidad del proyecto (económico)*

Indicador	Valor
WACC	13.32%
VANE	S/ 12,571
TIRE	24.58%
B/C	1.35
P. RECUPERO	4 años y 2 meses y 21 días

*Nota.* Elaboración propia

Según los datos mostrados en la tabla 5.26 se observa que:

- Puesto que el proyecto de inversión se ha tomado, con fines académicos, para 6 años (5 años de operación y se liquida a inicios del 6to. año), el cual será liquidado al término de ese período. Se obtuvo un VANE de S/12,571 indicando que, considerando el costo promedio ponderado del capital de 13.32% (WACC), el proyecto resulta rentable.
- Adicionalmente, se obtiene un tasa interna de retorno económica (TIRE) de 24.58%, superando al costo promedio ponderado del capital (WACC) ante invertir en el negocio de compra y venta de ropa (industria de vestir), lo que indica que el proyecto es rentable.
- El beneficio-costo da un valor de 1.35, que siendo mayor que 1, justifica económicamente al proyecto, pues indica que por cada S/1 invertido, se obtiene S/1.35 en retorno.
- Por último, el período de recupero indica que en 4 años, 2 meses y 21 días aproximadamente, se recuperará la inversión y se obtendrá la ganancia para la empresa y la entidad financiera.

### 5.4.7 Paso 7: Indicadores de rentabilidad del proyecto para el accionista

Para hallar el FCA, Lira (2013) recomienda seguir la estructura:

<b>FCL</b>
(-) Servicio de la deuda
(+) EFI
<hr/>
<b>FCA</b>

Donde EFI representa el escudo fiscal de los intereses que, al sumarlo al FCL, indica que se está devolviendo el dinero que se pagó en exceso en el pago del impuesto a la renta al no considerar los intereses. El EFI para un período  $t$ , se calcula sencillamente según la fórmula:

$$EFI = Interés\ pagado_t * Tasa\ de\ impuesto\ a\ la\ renta_t$$

Por lo tanto, gracias a la figura 5.2 y reemplazando para el año 1, donde se terminan de pagar los intereses de la deuda, se tiene:

$$EFI = 359.15 * 29.5\%$$

$$EFI \approx S/106$$

En la tabla 5.27 se presenta el FCA, donde se visualiza que para el primer período el servicio de la deuda se refleja en positivo debido a que refleja una entrada de dinero para la caja, mientras que para el año 1 se sustrae la deuda y los intereses generados, pero se suma el EFI generado.

**Tabla 5.27**

*Proyección del FCA a 5 años*

CONCEPTO	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
<b>FCL</b>	<b>(35,622)</b>	<b>9,909</b>	<b>10,362</b>	<b>10,859</b>	<b>12,694</b>	<b>30,314</b>
(-) Servicio de la deuda	4,029	4,404				
(+) EFI		106				
<b>FCA</b>	<b>(31,593)</b>	<b>5,611</b>	<b>10,362</b>	<b>10,859</b>	<b>12,694</b>	<b>30,314</b>

*Nota.* Elaboración propia

Luego, hay que recordar que, para el cálculo de los indicadores de rentabilidad, se deberá considerar el COK (13.48%) de los accionistas (Lira, 2013). Los indicadores financieros para el accionista son (véase tabla 5.28):

**Tabla 5.28**

*Indicadores de rentabilidad del proyecto para el accionista (financiero)*

Indicador	Valor
COK	13.48%
VANF	S/ 12,591
TIRF	25.26%
B/C	1.40
P. RECUPERO	4 años, 2 meses y 19 días

*Nota.* Elaboración propia

Luego, se concluye que:

- Puesto que el proyecto de inversión se ha tomado, con fines académicos, para 5 años de operación, el cual será liquidado al término de ese período. Se obtuvo un VANF de S/12,591 (mayor a 0) indicando que, considerando el COK de los accionistas (13.48%), el proyecto resulta rentable.
- Adicionalmente, se obtiene un tasa interna de retorno (TIRF) de 25.26%, resultando en  $TIRF > COK$ , demostrando así la rentabilidad del proyecto.
- El beneficio-costos da un valor de 1.40, que siendo mayor que 1, justifica económicamente al proyecto, pues indica que por cada S/1 invertido, se obtiene S/1.40 en retorno.
- Por último, el período de recupero indica que en 4 años 2 meses y 19 días aproximadamente, se recuperará la inversión y se obtendrá la ganancia para los accionistas.

#### 5.4.8 Paso 8: Evaluación del proyecto utilizando la metodología aplicada para una empresa en marcha

Por otro lado, ya que se trata de un proyecto en una empresa en marcha, Lira (2013) recomienda realizar una comparativa entre el escenario que no se considere el proyecto versus el escenario donde sí se considere. Para esto, será necesario sustraer el FCA sin proyecto del FCA con proyecto, a fin de observar el FCA marginal, donde si los flujos son positivos para todos los años, el proyecto será atractivo y viable económicamente.

Primero, en la tabla 5.29 se muestra la proyección del NOPAT sin considerar el proyecto, la tabla 5.30 muestra la proyección de la inversión neta en donde solo se cuenta la variación en el capital de trabajo pues no hay inversión en activo fijo y, por último, la tabla 5.31 muestra la proyección del FCL que viene a ser la misma que el FCA.

**Tabla 5.29**

*Proyección del NOPAT a 5 años (sin proyecto)*

CONCEPTO	%*	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Ventas			104,082	114,490	125,939	138,533	152,386
Costo de ventas	<b>30%</b>		(31,225)	(34,347)	(37,782)	(41,560)	(45,716)
<b>Utilidad Bruta</b>			72,857	80,143	88,157	96,973	106,671
Gastos administrativos	<b>45%</b>		(46,837)	(51,521)	(56,673)	(62,340)	(68,574)
Otros gastos operativos	<b>8%</b>		(8,327)	(9,159)	(10,075)	(11,083)	(12,191)
Gastos de ventas	<b>8%</b>		(8,327)	(9,159)	(10,075)	(11,083)	(12,191)
<b>Utilidad operativa neta</b>			9,367	10,304	11,335	12,468	13,715
Ingreso por venta de maquinaria							-
Egreso por valor en libros							-
<b>Utilidad operativa antes de impuestos</b>			9,367	10,304	11,335	12,468	13,715
Impuesto a la renta	<b>29.5%</b>		(2,763)	(3,040)	(3,344)	(3,678)	(4,046)
<b>Utilidad neta</b>			6,604	7,264	7,991	8,790	9,669
Depreciación			-	-	-	-	-
<b>NOPAT</b>			6,604	7,264	7,991	8,790	9,669

*Nota.* Elaboración propia

**Tabla 5.30***Proyección de la inversión neta a 5 años (sin proyecto)*

Concepto	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Activo Fijo	-	-	-	-	-	-
Capital De Trabajo	10,554	11,609	12,769	14,046	15,451	-
<b>Inversión</b>	10,554	11,609	12,769	14,046	15,451	-
<b>Inversión Neta</b>	<b>(10,554)</b>	<b>1,160</b>	<b>1,277</b>	<b>1,405</b>	-	-

*Nota.* Elaboración propia**Tabla 5.31***Proyección del FCA a 5 años (sin proyecto)*

Concepto	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
<b>NOPAT</b>		6,604	7,264	7,991	8,790	9,669
Depreciación		-	-	-	-	-
Valor en libros del AF						-
Recuperación CT						10,554
Variación en inversiones	(10,554)	(1,160)	(1,277)	(1,405)	-	-
<b>FCL=FCA</b>	<b>(10,554)</b>	<b>5,444</b>	<b>5,987</b>	<b>6,586</b>	<b>8,790</b>	<b>20,223</b>

*Nota.* Elaboración propia

Luego, se procede a calcular el FCA marginal (ver tabla 5.32):

**Tabla 5.32***Proyección del FCA a 5 años (marginal)*

CONCEPTO	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
FCA <sub>con proyecto</sub>	<b>(31,593)</b>	<b>5,611</b>	<b>10,362</b>	<b>10,859</b>	<b>12,694</b>	<b>30,314</b>
FCA <sub>sin proyecto</sub>	<b>(10,554)</b>	<b>5,444</b>	<b>5,987</b>	<b>6,586</b>	<b>8,790</b>	<b>20,223</b>
FCA (marginal)*	<b>(21,039)</b>	<b>167</b>	<b>4,375</b>	<b>4,273</b>	<b>3,904</b>	<b>10,091</b>

*Nota.* Elaboración propia\*Indica  $FCA_{con\ proyecto} - FCA_{sin\ proyecto}$ 

Por último, adicional a los indicadores económicos como financieros hallados anteriormente, Lira (2013) menciona que, si los flujos del FCA marginal son positivos para todos los años proyectados (ver tabla 5.32), se confirma que el proyecto resulta atractivo y rentable para el accionista.

En conclusión, considerando la evaluación previa, el tamaño de la empresa y su alto interés para la realización del proyecto, se justifica el proyecto económicamente para ser llevado a cabo en la empresa JCALDERON E.I.R.L. Además, los resultados pueden ser escalables o variados dependiendo del usuario a evaluar o del número de máquinas utilizado.

#### **5.4.9 Paso 9: Incorporación del riesgo en la evaluación del proyecto**

La evaluación de proyectos de inversión cuenta con tres pilares fundamentales: Proyección del flujo de caja, determinación de la tasa de descuento (COK o WACC) y, por último, pero no menos importante, la inclusión del riesgo. Al incluir el riesgo en nuestro proyecto, se implica el hecho que las variables del proyecto consideradas se comporten de una manera diferente a los supuesto. Estadísticamente, el riesgo se define como el grado de dispersión de los resultados frente al promedio, donde a mayor dispersión<sup>9</sup> (o también denominada volatilidad), se tendrá un mayor riesgo (Lira, 2013). Para la inclusión del riesgo en nuestro proyecto, se emplearán las siguientes técnicas:

- Determinación de variables críticas por análisis tornado y análisis de sensibilidad por variables
- Análisis de sensibilidad por escenarios
- Análisis punto de equilibrio
- Simulación Montecarlo

A continuación, se realiza el cálculo del riesgo, utilizando cada una de las técnicas anteriores en el software Risk Simulator 2020:

##### **5.4.9.1 Determinación de variables críticas (análisis tabla tornado)**

Una de las herramientas más poderosas para determinar los impactos estadísticos de cada variable en un proyecto es el análisis tabla tornado. Además, organiza las perturbaciones según orden de importancia (de mayor a menor cambio). Esta tabla tendrá como entradas a los precedentes, que serán las variables de entrada y variables intermedias que impacten al proyecto, sin considerar los cálculos intermedios<sup>10</sup>. Adicionalmente, cada una de las variables variará en un rango consistente (recomendado  $\pm 10\%$ ) una a la vez, con el fin de comparar el resultado con su caso base o valor inicial.

---

<sup>9</sup> Grado de dispersión: También denominado volatilidad, es calculado estadísticamente como la desviación estándar, la cual es la raíz cuadrada de la varianza (Lira, 2013).

<sup>10</sup> Cálculos intermedios: Dícese de las variables que no son precedentes, sino que surgen y dependen de la relación entre otras variables precedentes.

**i. Análisis de tabla tornado para el VAN**

Para el presente proyecto, se definirá as variables que afecten al VAN, organizándolas según su impacto en este resultado. Además, es importante recalcar que se debe utilizar los valores esperados para el primer año de funcionamiento del proyecto (año 1). Las variables inicialmente consideradas como más impactantes son (véase tabla 5.33):

**Tabla 5.33**

*Variables iniciales para el análisis de tabla tornado (VAN)*

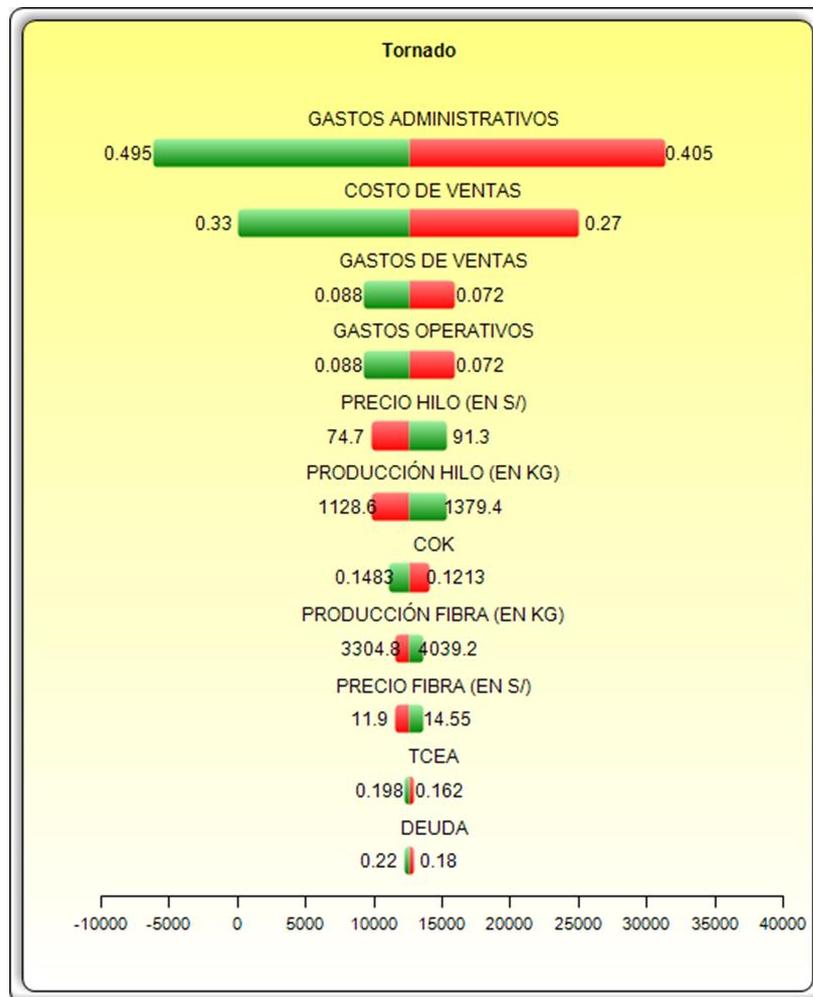
CONCEPTO	Valor base	Unidades
Gastos administrativos	45	%
Costo de ventas	30	%
Gastos de ventas	8	%
Gastos operativos	8	%
Precio hilo (en s/)	83.00	Soles
Producción hilo (en kg)	1,254	kg
COK	13.48	%
Producción fibra (en kg)	3,672	kg
Precio fibra (en s/)	13.23	Soles
TCEA	18	%
Deuda	20	%

*Nota.* Elaboración propia

En base a la definición de las 11 variables anteriormente mencionadas, se realiza el análisis tabla tornado (véase figura 5.3):

**Figura 5.3**

*Tabla de tornado (VAN)*



*Nota.* Elaboración propia

Como se observa en la figura 5.3, las variables que causan mayor impacto son los gastos administrativos, el costo de ventas, gastos de ventas, gastos operativos, el precio del hilo y la producción de hilo y COK. Por otro lado, el impacto (positivo o negativo) generado por cada variable en el VAN, se refleja de manera gráfica en el eje horizontal; Sin embargo, para una mejor precisión, se muestra la tabla 5.34 con los resultados tomando al VAN con un valor base de S/ 12,571.

**Tabla 5.34***Selección de variables críticas (VAN)*

CONCEPTO	Cambio de Ingreso			Valor Base (VAN): S/ 12,571			
	Unds. Base	Ingreso Inferior	Valor Caso Base	Ingreso Superior	Resultado Inferior	Resultado Superior	Rango de Efectividad
Gastos administrativos	%	40.5%	45%	49.5%	31,316.93	- 6,174.20	37,491.14
Costo de ventas	%	27%	30%	33%	25,068.41	74.32	24,994.09
Gastos de ventas	%	7.2%	8%	8.8%	15,903.91	9,238.82	6,665.09
Gastos operativos	%	7.2%	8%	8.8%	15,903.91	9,238.82	6,665.09
Precio hilo	Soles	74.70	83.00	91.30	9,823.41	15,319.32	5,495.90
Producción hilo	kg	1,129	1,254	1,379	9,823.41	15,319.32	5,495.90
COK	%	12.13%	13.48%	14.83%	14,122.71	11,092.13	3,030.58
Producción fibra	kg	3,305	3,672	4,039	11,570.20	13,572.53	2,002.32
Precio fibra	Soles	11.90	13.23	14.55	11,570.20	13,572.53	2,002.32
TCEA	%	16.20%	18.00%	19.80%	12,929.84	12,216.89	712.95
Deuda	%	18%	20%	22%	12,929.84	12,216.89	712.95
Variables críticas	Gastos administrativos, costo de ventas, gastos de ventas, gastos operativos, precio hilo, producción hilo, COK.						

*Nota.* Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla 5.34, se confirma la criticidad de las 7 primeras variables y priorizándolas para los análisis posteriores, dejando de lado las demás variables inicialmente consideradas como críticas, debido a su bajo impacto en el resultado final del VAN. En esta tabla, se puede observar que, para los gastos administrativos, el impacto que genera pasar de un 45% (columna valor caso base) a un 41% de las ventas (columna ingreso inferior) influye positivamente incrementando el VAN a un monto de S/31,317 aproximadamente, mientras que, si se incrementan los gastos a un 50% de las ventas, se obtiene una pérdida de S/6,174. Análogamente, se puede realizar el análisis para cada una de las otras variables.

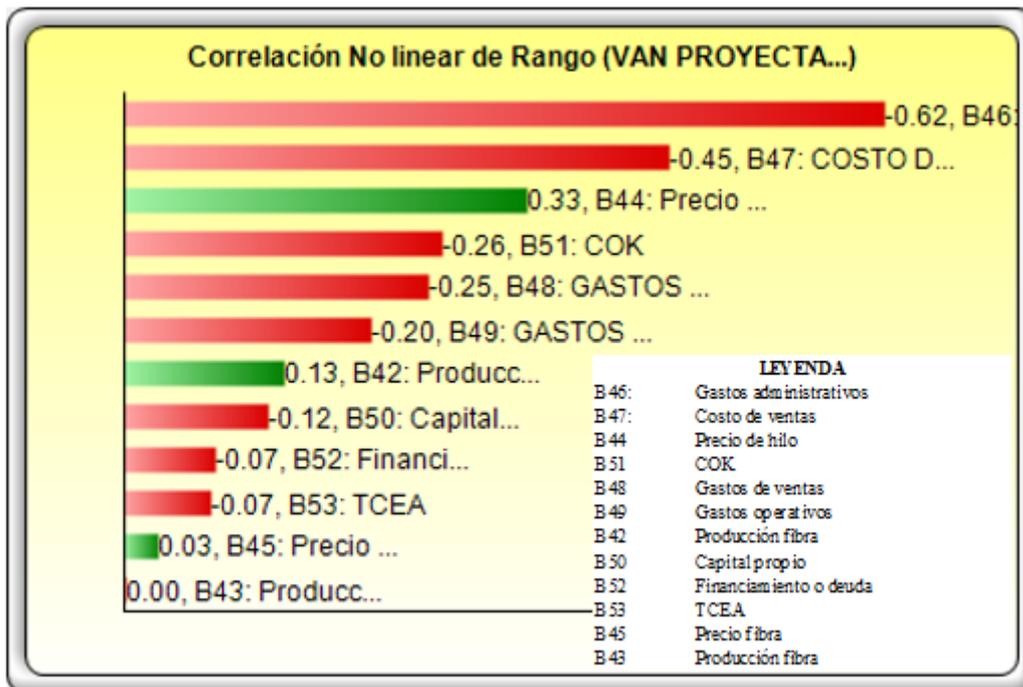
Por otro lado, a fin de tener una mayor claridad en cuanto a cuál es el impacto en términos porcentuales de una variable de entrada para el VAN, Lira (2013) recomienda realizar un análisis de sensibilidad por variable que, al igual que el análisis de tabla tornado, realiza un análisis estadístico estático al alterar cada una de las variable una tras otra y observando el impacto generado en el VAN, mientras que las otras permanecen constantes. Además, puesto que el proyecto no sigue un comportamiento lineal debido a que no existe un porcentaje de crecimiento constante, se asume un comportamiento no lineal.

En la figura 5.4 se presenta el grado de correlación no lineal para el VAN mientras que en la figura 5.5, el porcentaje de variación en el VAN debido a la alteración de la variable en cuestión. Se debe considerar que para la interpretación del coeficiente de correlación ( $r$ ) se tiene:

- Si  $r = 1$ , existe correlación positiva perfecta (dependencia total)
- Si  $0 < r < 1$ , existe correlación positiva, más fuerte para valores cercanos a 1.
- Si  $r = 0$ , no existe relación lineal, pero pueden existir relaciones no lineales
- Si  $-1 < r < 0$ , existe una correlación positiva, donde entre más cercano a -1, es más fuerte.
- Si  $r = -1$ , existe correlación negativa perfecta, expresando una relación inversa entre las variables.

**Figura 5.4**

*Análisis de sensibilidad por variables o unidimensional (VAN), correlación no lineal*

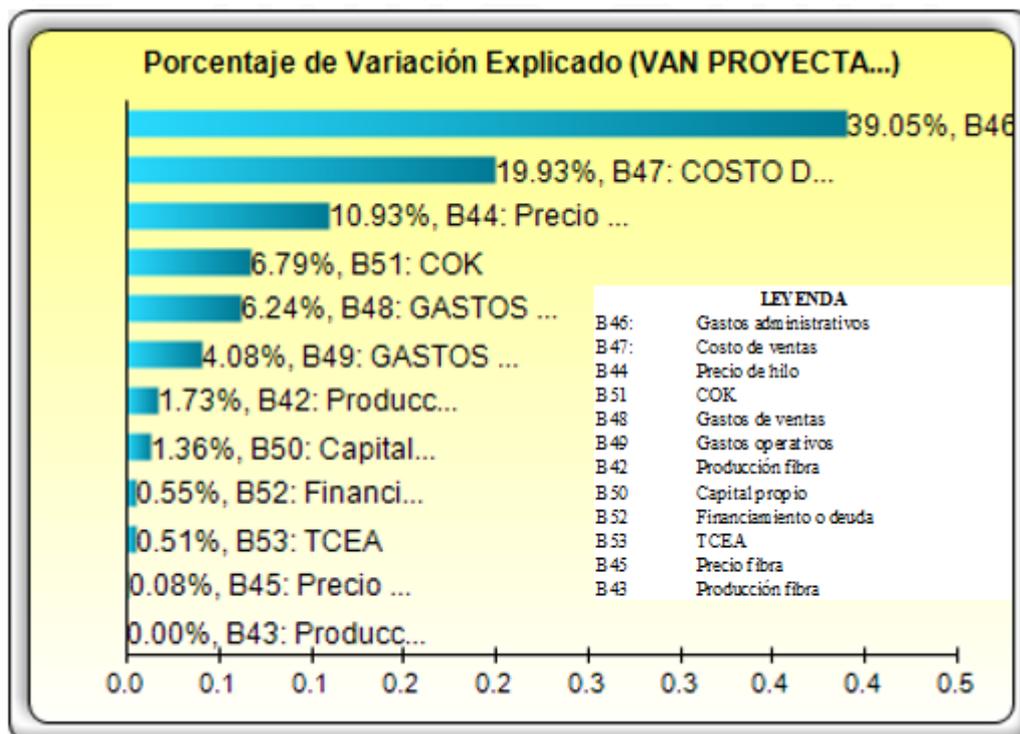


Nota. Elaboración propia

En la figura 5.4 se puede observar que los gastos administrativos tienen un coeficiente de correlación de Pearson<sup>11</sup> (r) de -0.62 respecto al VAN, indicando una fuerte variación inversamente proporcional entre el VAN y los gastos administrativos. Análogamente se puede realizar el análisis para las otras 5 variables.

**Figura 5.5**

*Porcentaje de variación explicado (VAN)*



*Nota.* Elaboración propia

En base a la figura 5.5, se puede afirmar que las 6 primeras variables son las más impactantes en el VAN. Además, se observa que los gastos administrativos explican el 39.05% de los cambios en el VAN, los costos de venta un 19.93%, el precio del hilo un 10.93%, el COK un 6.79% y los gastos de ventas y gastos operativos con un 6.24% y 4.08% respectivamente, donde los demás son considerados despreciables debido a su bajo porcentaje de variación explicado.

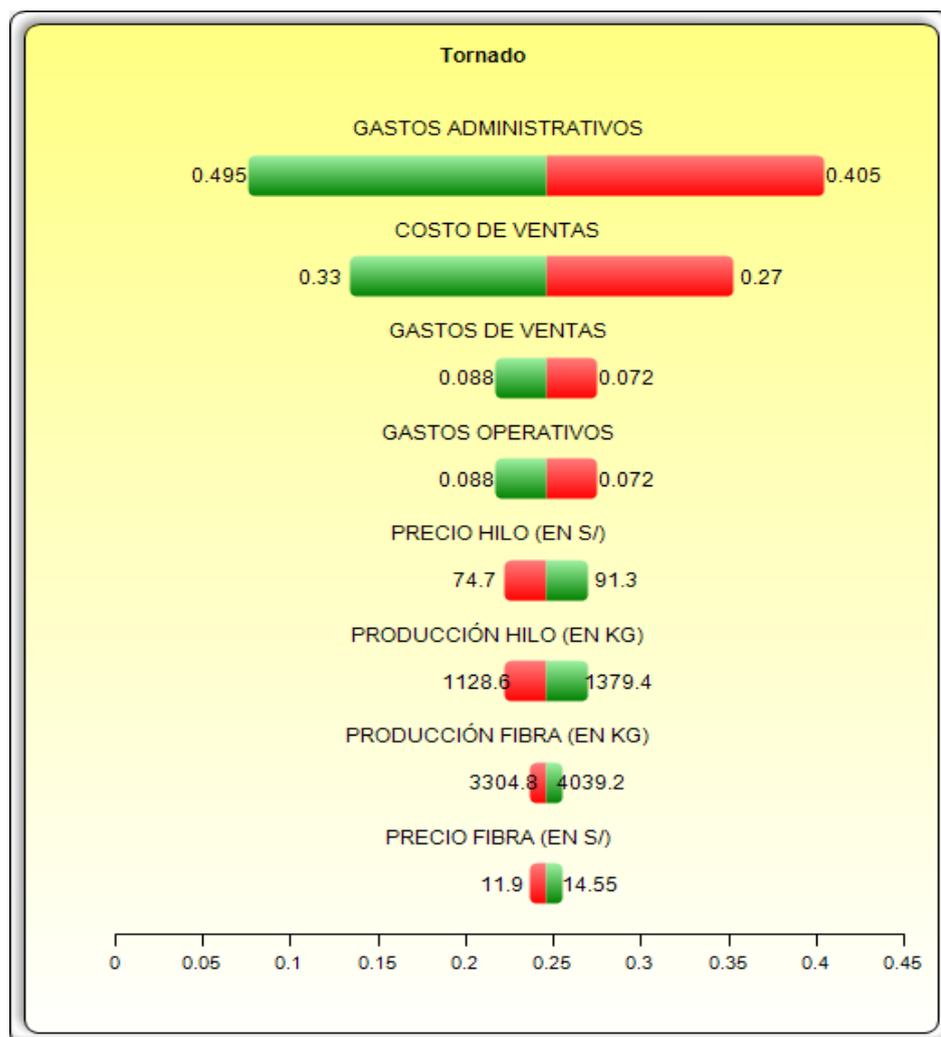
<sup>11</sup> Coeficiente de Pearson: Medida de dependencia lineal entre variables aleatorias cuantitativas (Lira,2013)

## ii. Análisis de tabla tornado para la TIR

Análogamente, para el cálculo de la TIR, se consideran inicialmente las mismas variables que para el VAN (ver tabla 5.33). De esta manera, en base a la tabla 5.6, se tiene el análisis tabla tornado:

**Figura 5.6**

*Análisis tabla tornado (TIR)*



Nota. Elaboración propia

Como se observa en la figura 5.6, las variables que causan mayor impacto en la TIR son los gastos administrativos, el costo de ventas, gastos de ventas, gastos operativos, el precio del hilo, la producción de hilo, producción de fibra y el precio de fibra. Por otro lado, el impacto (positivo o negativo) generado por cada variable en la TIR, se refleja de manera gráfica en el eje horizontal; Sin embargo, para una mejor precisión, se muestra la tabla 5.35 con los resultados tomando como valor base o de referencia de la TIR de 24.58%.

En la tabla 5.35, se muestran las variables con mayor impacto en el cambio de la TIR, donde en el caso que los gastos administrativos disminuyan de 45% a 41% de las ventas, la TIR se elevaría a 40.47%, haciendo el proyecto más rentable frente a un COK de 13.48%; mientras que, si los gastos administrativos aumentaran a 49.5% de las ventas, la TIR disminuiría a 7.55%, donde  $TIR < COK$  (no rentable). Análogamente, se puede realizar el análisis para cada una de las otras variables.

**Tabla 5.35**

*Selección de variables críticas (TIR)*

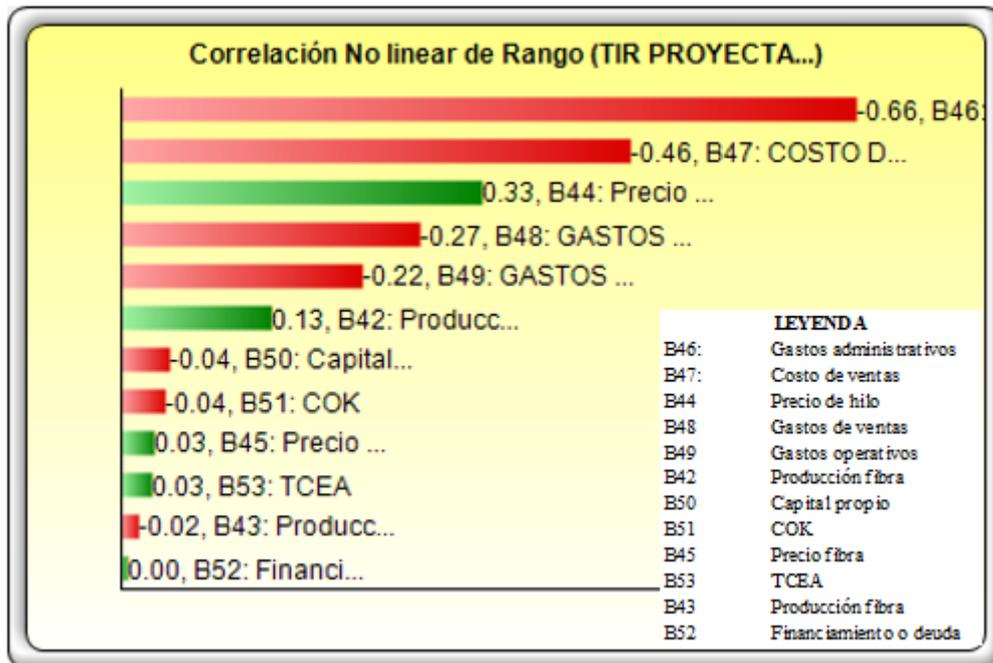
Concepto	Unds. Base	Valor Base: 24.58%			Cambio de ingreso		
		Resultado Inferior	Resultado Superior	Rango de Efectividad	Ingreso Inferior	Valor Caso Base	Ingreso Superior
Gastos administrativos	%	40.47%	7.55%	32.92%	40.5%	45%	49.5%
Costo de ventas	%	35.26%	13.39%	21.87%	27%	30%	33%
Gastos de ventas	%	27.47%	21.65%	5.82%	7.2%	8%	9%
Gastos operativos	%	27.47%	21.65%	5.82%	7.2%	8%	9%
Precio hilo	Soles	22.18%	26.94%	4.76%	74.70	83.00	91.30
Producción hilo	kg	22.18%	26.94%	4.76%	1,129	1,254	1,379
Producción fibra	kg	23.68%	25.47%	1.78%	3,305	3,672	4,039
Precio fibra	Soles	23.68%	25.47%	1.78%	11.90	13.23	14.55
Variables críticas	Gastos administrativos, costo de ventas, gastos de ventas, gastos operativos, precio hilo, producción hilo						

*Nota.* Elaboración propia

De la misma manera, observando la figura 5.7 se comprueban las 6 variables más críticas, donde se tiene que los gastos administrativos y la TIR poseen una fuerte relación no lineal negativa con coeficiente de correlación de Pearson de -0.66.

**Figura 5.7**

*Análisis de sensibilidad por variables o unidimensional (TIR), correlación no lineal*

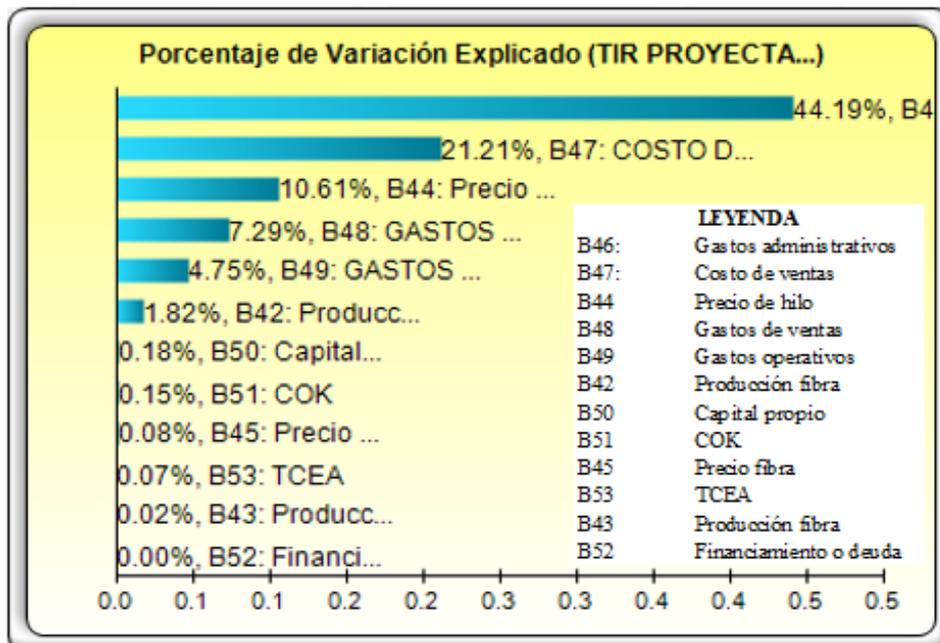


Nota. Elaboración propia

Además, en la figura 5.8, se muestra que las variaciones en el VAN se explican en un 44.19% gracias a los cambios en los gastos administrativos. Así mismo, se puede realizar el análisis para cada una de las otras variables críticas.

**Figura 5.8**

*Porcentaje de variación explicado (TIR)*



Nota. Elaboración propia

### 5.4.9.2 Análisis de sensibilidad por escenarios

Al realizar un análisis de sensibilidad por escenarios, se tiene la oportunidad de considerar la modificación de dos o más variables (multidimensional) comparado al análisis por variables (unidimensional) donde solo se podía modificar una de ellas, mientras las demás permanecían estáticas. Sin embargo, estas variaciones deben obedecer a escenarios<sup>12</sup> posibles a lo largo de la vida del proyecto, tomando como punto las variables críticas (halladas en los puntos anteriores) y agrupándolas en escenarios, en este proyecto, se tendrán los escenarios: base o normal (esperado), pesimista y optimista (Lira, 2013).

A continuación, en la tabla 5.36, se muestran las variables de entrada para cada uno de los tres escenarios, indicando además el valor del VAN, TIR y B/C respectivo para cada uno de ellos.

**Tabla 5.36**

*Escenarios del proyecto, variables de entradas y valores respectivos*

	Unds.	PESIMISTA	NORMAL	OPTIMISTA
GASTOS ADMINISTRATIVOS	%	49.50	45	40.50
COSTO DE VENTAS	%	33	30	27
GASTOS DE VENTAS	%	8.80	8.	7.20
GASTOS OPERATIVOS	%	8.80	8.	7.20
PRECIO HILO (EN S/)	Soles	74.70	83	91.30*
PRODUCCIÓN HILO (EN KG)	kg	1,128.60	1,254	1,379.40
COK	%	14.83	13.48	12.13
<b>VAN</b>	Soles	- 25,747.93	12,573.09	65,031.93
<b>TIR</b>	%	-11.86	24.58	64.92
<b>BC</b>	-	0.28	1.35	2.83

*Nota.* Elaboración propia

\*El precio histórico más alto registrado pertenece al 2020 (S/220). Se consideró un valor más conservador de 91.30 (+10% al actual) para el escenario optimista.

En la tabla 5.36, se observa que, en el escenario pesimista, el VAN reflejaría una pérdida total de S/25,748 aproximadamente, la TIR caería hasta un -11.86% (pérdida), y un índice de beneficio-costos de 0.28, indicando que por cada S/ 1 invertido, se obtiene S/0.28 en retorno. Por otro lado, en el escenario optimista, se obtiene un atractivo VAN de S/65,032, una TIR de 64.92% y un B/C de 2.83.

<sup>12</sup> Escenarios: Marco de relaciones causales lógicas dentro del análisis de sensibilidad (Lira, 2013).

### 5.4.9.3 Análisis del punto de equilibrio

El análisis del punto de equilibrio, desde la perspectiva de proyectos, permite conocer qué valor de cualquiera de las variables críticas hace que la variable de salida (VAN, TIR) sea igual a cero (Lira, 2013). A continuación, se muestra la tabla 5.37, en la cual se muestran los valores de los variables de entrada, el punto de equilibrio y el porcentaje de variación respecto a los valores base de estas mismas.

**Tabla 5.37**

*Análisis del punto de equilibrio*

	Unds	VALOR BASE	Pto. Equilibrio	% Variación	Valor absoluto
Gastos administrativos	%	45	48.02	6.71%	6.71%
Costo de ventas	%	30	33.02	10.07%	10.07%
Gastos de ventas	%	8	11.02	37.75%	37.75%
Gastos operativos	%	8	11.02	37.75%	37.75%
Precio hilo	Soles	83.00	45.02	-45.75%	45.75%
Producción hilo	kg	1254.00	680.24	-45.75%	45.75%
COK	%	13.48	28	104.38%	104.38%
Inversión*	Soles	20,143.00	32,714.37	62.41%	62.41%
WACC	%	13.32%	-	-	-

*Nota.* Elaboración propia

\*Se realiza el análisis a pesar de no ser variable crítica, solo a manera de información.

Interpretando la tabla 5.37 se tiene que si los gastos administrativos pasan de 45% a 48.02% sobre las ventas, el VAN del proyecto es igual a 0, en otras palabras, un porcentaje mayor a 48.02% haría que el proyecto no sea rentable y, análogamente, se realiza el análisis para las demás variables. Además, se concluye que la variable que más afecta al proyecto son los gastos administrativos, pues a una variación de solo 6.71% en estos, el VAN pasa a ser 0, luego se tiene de manera ordenada y descendente, las variables costo de ventas, gastos de ventas, gastos operativos, precio de hilo y producción de hilo, reafirmando lo mostrado en las figuras 5.6 y 5.7.

#### 5.4.9.4 Simulación Montecarlo

Tal como lo menciona Lira (2013), esta metodología permite realizar una mezcla del análisis de escenarios con la técnica de mediciones estadística, que a su vez implica la inclusión de las variables críticas dentro de una distribución de probabilidades para cada una de ellas, seleccionándose los valores de manera aleatoria a fin de simular lo que pasaría en un escenario real, al considerar un número de iteraciones (para nuestro caso,  $n=1000$ ).

Además, para realizar la simulación es necesario considerar tanto los datos históricos como la opinión de expertos a fin de seleccionar la mejor distribución de la información, en el proyecto se definirán dos tipos de distribuciones principalmente, las cuales son:

- **Distribución normal:** Distribución donde las desviaciones estándar sucesivas respecto a la media definen valores de referencia para la estimación del porcentaje de las observaciones de datos. Es decir, un valor promedio que varía en su desviación estándar ( $\mu \pm \sigma$ ) para ambos límites (Minitab, 2021).
- **Distribución triangular:** Tipo de distribución que posee valores mínimos, máximos y su moda (valor más repetido), comenzando desde el valor mínimo y aumentando en manera lineal hasta alcanzar su valor pico o moda y luego disminuye hasta el valor máximo (Minitab, 2021).

En base a la tabla 5.38, se muestra los datos de las variables críticas de entrada para la simulación Montecarlo:

**Tabla 5.38**

*Variables críticas para la simulación Montecarlo*

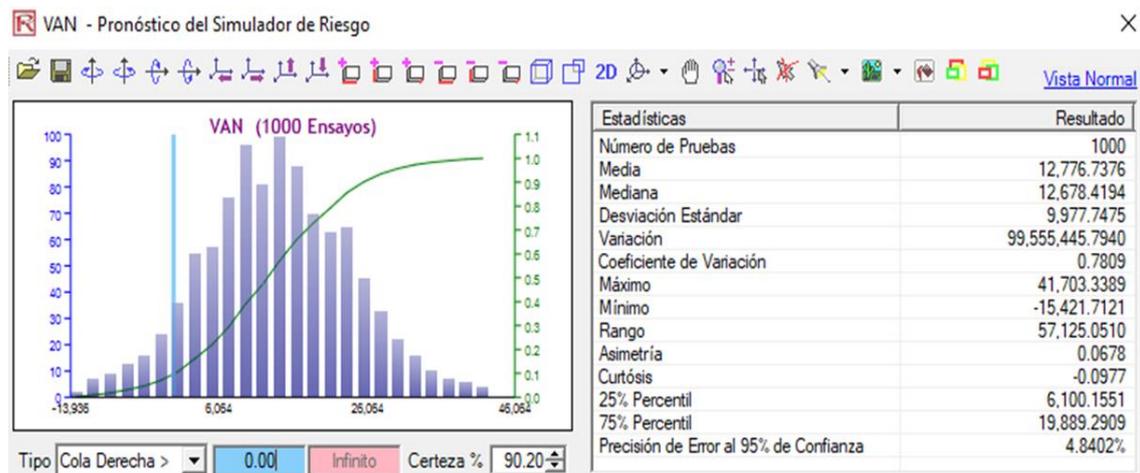
	Unds	Distrib. Probabilidad	Desv.Estándar	Valor base	Máximo	Mínimo
Gastos administrativos	%	Triangular	-	45	49.50	40.50
Costo de ventas	%	Triangular	-	30	33	27
Gastos de ventas	%	Normal	0.80	8.80	8	7.20
Gastos operativos	%	Normal	0.80	7.20	8	8.80
Precio hilo	Soles	Normal	8.30	83	91.30	74.70
Producción hilo	kg	Triangular	-	1,254.00	1,379.40	1,128.60
COK	%	Normal	1.35	13.48	14.83	12.13

*Nota.* Elaboración propia

Como se observa en la figura 5.9, para el VAN, tras 1000 iteraciones, se tiene que la certeza que el proyecto cree valor ( $VAN > 0$ ) es de 90.20% gracias al análisis de cola derecha  $> 0$ . Además, se tiene un valor esperado<sup>13</sup> de S/12,679 con una desviación estándar de  $\pm S/9,978$ , dependiendo de las condiciones de las variables en evaluación.

**Figura 5.9**

*Simulación Montecarlo (VAN)*

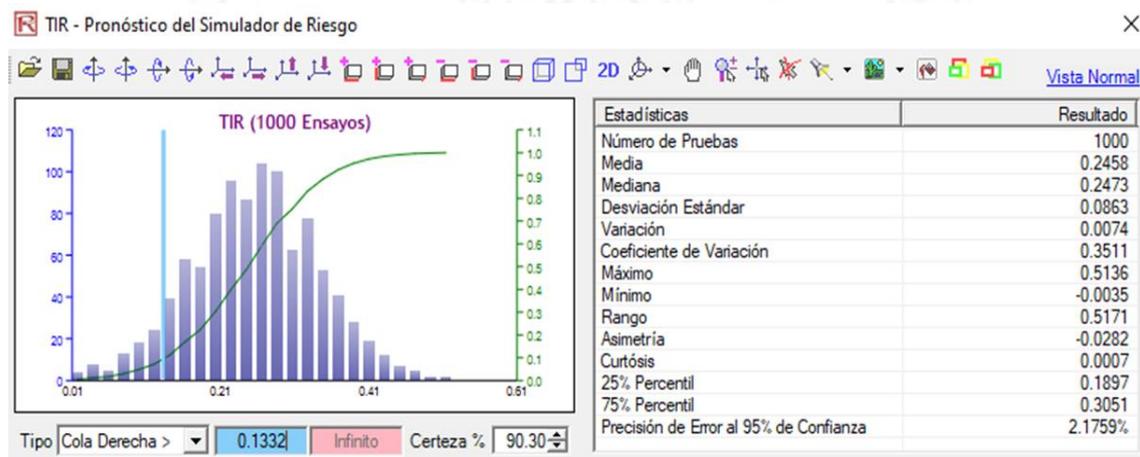


Nota. Elaboración propia

Análogamente para la TIR, en la figura 5.10 se observa que para que el proyecto sea rentable ( $TIR > WACC$ ), se tiene una certeza de 90.30%, considerando un WACC igual a 13.32%. Además, el valor esperado para la TIR es de 24.73%  $\pm$  8.63%, dependiendo de las condiciones de las variables evaluadas.

**Figura 5.10**

*Simulación Montecarlo (TIR)*



Nota. Elaboración propia

<sup>13</sup> Valor esperado: En una distribución de probabilidades, se toma como valor esperado a la mediana, puesto que la media es afectada por los valores extremos.

## **CAPITULO VI: MANTENIMIENTO DE LA MAQUINARIA**

En este capítulo se definirán los pasos a seguir para la implementación de la estrategia de mantenimiento, formatos necesarios para el adecuado registro histórico de la información, metodologías para encontrar la causa de las fallas, costos asociados al mantenimiento, implementación de mejoras planteadas y el costo de consumo eléctrico de la máquina y, por último, manuales de montaje y de uso y mantenimiento de la máquina.

### **6.1 Estrategia de mantenimiento**

A continuación, se detallan los pasos a realizar para la definición y posterior implementación de la estrategia de mantenimiento.

#### **6.1.1 Paso 1: Definición de la estrategia de mantenimiento**

En este punto se definirá la estrategia para la creación de un plan de mantenimiento para la máquina semi-industrial de apertura de fibra de alpaca. A continuación, se muestran los pasos a seguir para formular la estrategia de mantenimiento.

#### **6.1.2 Paso 2: Recopilación de datos técnicos de los componentes de la máquina**

En esta etapa, se busca obtener los datos técnicos de la maquinaria para luego realizar formatos de registro que permitan consultar rápidamente sobre las características de la máquina.

### 6.1.2.1 Codificación de equipos

Posterior al llenado de la ficha técnica de la maquinaria, será necesario contar con códigos que identifiquen a los componentes de una manera más sencilla, tomando como referencia su nombre y número de utilización a partir del primer cambio realizado. La identificación será útil para conocer cuántas veces ha sido cambiado el componente desde el inicio de trabajo de la maquinaria con todos sus componentes. La codificación propuesta se muestra a manera de ejemplo en la tabla 6.1.

**Tabla 6.1**

*Codificación de componentes*

Componente	Medida, diámetro, especificación	Número de utilización en la maquinaria
POLEA	5" –	02
Polea	5 pulgadas de diámetro	La polea sería la segunda polea utilizada que sirvió como repuesto.

*Nota.* Elaboración propia

### 6.1.3 Paso 3: Creación de registro histórico de mantenimientos realizados

En esta etapa se busca crear formatos que permitan conocer la información de los acontecimientos de fallas que puedan ocurrir en la maquinaria o uno de sus componentes, que posteriormente serán útiles para observar la evolución de falla de los componentes.

Estos formatos deben de ser constantemente revisados a fin de tener una planificación en el plan anual de mantenimiento y por ende optimizar el abastecimiento de insumos y componentes, horas de mantenimiento y así evitar paradas de la maquinaria en un tiempo no previsto.

A fin de separar las fallas por mal funcionamiento de componentes o paradas de emergencia de los simples cambios y ajustes, se emplearán dos tipos de reporte: Menor (ver figura 6.1) y mayor (ver figura 6.2). Estos se distinguirán de la siguiente manera:

- Reporte menor: Se mencionarán incidencias de bajo impacto en el funcionamiento general de la máquina tales como cambio de consumibles, ajustes, calibraciones, entre otros.
- Reporte mayor: Se anotará los cambios de repuestos, fallas que dicten una parada de más de media hora de trabajo del técnico.



**Figura 6.2**

*Formato de reporte mayor*

<b>Edición 1</b>	<b>REPORTE DE MANTENIMIENTO MAYOR</b>			
<b>TÉCNICO RESPONSABLE:</b> _____				
<b>HORA INICIO</b>	<b>HORA FIN</b>	<b>FECHA</b>	<b>TIPO MITO.</b>	
			<b>PREV.</b>	<b>CORR.</b>
<b>TÍTULO:</b> _____				
<b>INSPECCIÓN:</b> _____				
_____				
_____				
<b>CAUSA:</b> _____				
_____				
<b>ACCIÓN(ES) A EJECUTAR:</b> _____				
_____				
_____				
_____				
<b>REPUESTOS CAMBIADOS</b>				
<b>CÓDIGO</b>	<b>MOTIVO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	
<b>ESTADO FINAL DEL EQUIPO</b>				
<b>OBSERVACIONES / COMENTARIOS:</b>				
<b>ACCIONES PARA ELIMINAR CAUSA RAIZ:</b>				
_____			_____	
TÉCNICO			ING. SUPERVISOR	

*Nota.* Elaboración propia

### 6.1.3.1 Diagnóstico y codificación del modo de falla

Gracias a la identificación del tipo de falla, se identificará el tipo de falla ocurrido para una gestión mejor del mantenimiento por componente y, además, permitirá conocer cuál es la falla más frecuente en el sistema. Los tipos de falla planteados en el estudio serán (ver tabla 6.2)

**Tabla 6.2**

*Codificación de fallas*

CAUSA	COD
Desgaste por uso	DU
Mala regulación	MR
Mala operación	MO
Atasco	AT
Falla de componente eléctrico	FE
Falla de repuesto o material	FR
Defecto de diseño	DD
Mala calibración	MC
Debido a condiciones inadecuadas	CI
Mal registro de información	MI

*Nota.* Elaboración propia

La aplicación de modos de falla permitirá así posteriormente realizar un análisis de causa raíz a fin de tenerla mejor técnica para disminuir y controlar que siga habiendo casos de fallas en el uso cotidiano de la máquina.

### 6.1.4 Paso 4: Registro de la información

En cuanto a la información recopilada por medio de los formatos, esta debe ser resguardada a manera de reporte con una copia del documento en carpetas físicas y, a manera de sugerencia, en un libro de cálculo Excel que pueda posteriormente guardarse en una carpeta digital que permita llevar el control y, de esta manera, generar análisis posteriores. Por otro lado, esta información será de utilidad para el personal técnico encargado del mantenimiento de la maquinaria.

### 6.1.5 Paso 5: Aplicación de la criticidad de equipos

A fin de determinar la importancia de los equipos a funcionar dentro de un sistema, a los cuales se formulará el plan de mantenimiento, se desarrolla una evaluación para cada uno de ellos, de tal manera que se le asigne una categoría de criticidad basada el modelo de análisis de criticidad.

Posteriormente, en el paso 8 se realizará el análisis de modos y efectos de falla para las etapas de fabricación, montaje y uso de la maquinaria, realizando a su vez la evaluación de los resultados.

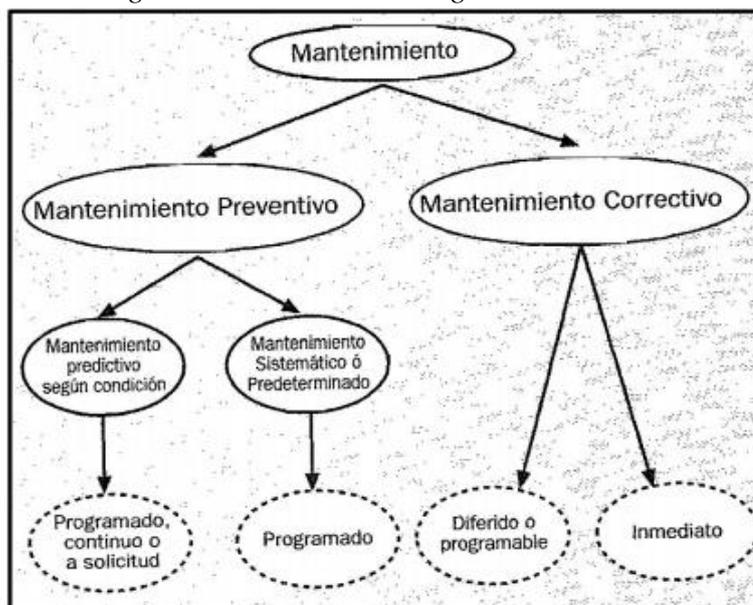
### 6.1.6 Paso 6: Implementación de la estrategia

En esta etapa, se definirá la estrategia más adecuada a seguir de acuerdo con el tipo de componentes, las recomendaciones del fabricante y expertos.

Los tipos de mantenimiento a implementar será el mantenimiento preventivo y correctivo (ver figura 6.3). En cuanto a las definiciones de mantenimiento preventivo y correctivo, tal como lo menciona Muñoz (como se cita en Cuba, 2018), será necesario realizar una aclaración basada en las definiciones de la norma competente. Actualmente se cuenta con la Norma EN-13360 con última revisión en el año 2011.

**Figura 6.3**

*Terminología del mantenimiento según Norma UNE-EN-13360:2018*



*Nota.* Extraído de Muñoz (2013).

En la Norma UNE-EN-13360:2018 se trata las definiciones referentes a fallos, degradaciones, estados de los fallos, tipos de mantenimiento y estrategias (preventivo, predeterminado o programado, y basado en la condición), entre otras más actividades. A partir de esta norma, se disgrega el mantenimiento en dos grupos. Preventivo y correctivo. Luego, el mantenimiento preventivo se subdivide en: basado en la condición (predictivo) y predeterminado (sistemático). Por otra parte, el mantenimiento correctivo se subdivide en: programable e inmediato o urgente (véase figura 6.4).

### Figura 6.4

#### *Estrategia de mantenimiento*



*Nota.* Elaboración propia

#### **6.1.7 Paso 7: Implementación del plan de mantenimiento**

Para el adecuado mantenimiento de la máquina semi industrial de apertura de fibra de alpaca, se contempla realizar inspecciones a los componentes de la máquina de manera frecuente. El plan será revisado de forma anual, de tal manera que permita ajustar posteriormente las frecuencias de cada una de las tareas si fuere necesario (ver figura 6.5). Se establece inicialmente la ejecución de intervención de los componentes críticos de manera mensual y los de menor criticidad de manera bimensual o trimestral, esto en base a la sugerencia de Cuba (2018, p.98).

## Figura 6.5

### Plan anual de mantenimiento preventivo

Edición 1	PLAN ANUAL DE MANTENIMIENTO MECÁNICO PREVENTIVO			
DESCRIPCIÓN	MÁQUINA SEMI INDUSTRIAL DE APERTURA DE FIBRA DE ALPACA			AÑO:
ITEM	COMPONENTE	TAREAS	FRECUENCIA	DURACIÓN
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Nota. Elaboración propia

#### 6.1.7.1 Procedimientos de mantenimientos preventivos básicos

Las tareas de prevención a realizar para la máquina tendrán frecuencias definidas dependiendo del componente en cuestión. Además, este mantenimiento tendrá como fin el asegurar la disponibilidad de la máquina al momento de trabajar, y esto por medio de la ejecución de tareas de preservación de limpieza y de cambio de componentes (por desgaste). Este tipo de mantenimiento puede ser elaborado por el operario con el equipo en funcionamiento o ante una parada muy corta.

Los componentes con sus respectivas tareas de mantenimiento, frecuencias y duraciones aproximadas se pueden encontrar en el Manual de Uso y Mantenimiento de la máquina semi industrial de apertura de fibra de alpaca (ver Anexo 21).

### **6.1.7.2 Procedimientos de mantenimientos correctivos**

Los mantenimientos correctivos se llevan a cabo ante la falla de un componente o al observar un inminente fallo durante la revisión del operario. El carácter del mantenimiento correctivo puede ser inmediato o emergencia, donde se tendrá que actuar con el cambio de componente o posponer la intervención hasta el momento en que la máquina se encuentre disponible, respectivamente.

Una vez hecha la intervención se deberá colocar los datos de esta en la ficha de control de atención técnica o también denominado reporte menor (ver figura 6.1), a fin de tener el registro a manera de información histórica.

### **6.1.8 Paso 8: Realización del análisis causa raíz**

Al tenerse un récord histórico de intervenciones, este debe ser analizado a fin de encontrar la causa raíz de cada uno, análisis que debe ir ligado al tipo de falla y la repercusión en el funcionamiento de la máquina. Según Cuba (2018), los aspectos a tomar en consideración para la correcta aplicación de esta metodología se encuentran:

- Frecuencia de falla
- Costo de reparación
- Impacto en la calidad de producción
- Impacto en la seguridad
- Impacto en la producción
- Impacto en el medio ambiente

Como base del análisis nos apoyaremos en la metodología para la clasificación del origen de las fallas. El formato de análisis de causa raíz sugerido (ver figura 6.6) debe complementarse con un análisis de modo de falla (*F.M.E.A.* por sus siglas en inglés), el cual nos permitirá identificar la severidad de la falla y la dificultad para su detección (ver figura 6.8), ya sea durante la fabricación, ensamblaje, en el mismo uso o mantenimiento de la máquina.

**Figura 6.6**

*Formato de Análisis Causa-Raíz*

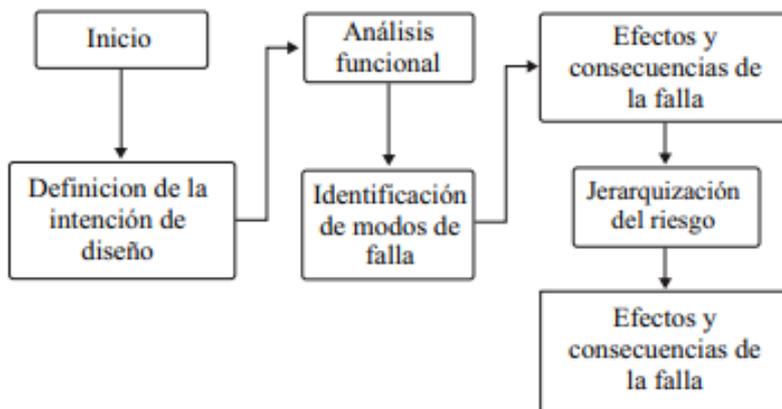
Edición 1	ANÁLISIS CAUSA-RAÍZ								
TÍTULO:									
Fecha de ocurrencia					Inicio Parada				
Componente					Fin de parada				
Responsable									
<b>1. Descripción del problema</b>									
<b>2. Registro histórico del componente</b>									
<b>3. Análisis 5 ¿Por qué?</b>									
1		2		3		4		5	
¿Por qué?	Verificación	¿Por qué?	Verificación	¿Por qué?	Verificación	¿Por qué?	Verificación	¿Por qué?	Verificación
CAUSA RAIZ 1:					MODO DE FALLA RELACIONADO:				
CAUSA RAIZ 2:					MODO DE FALLA RELACIONADO:				
<b>4. Plan de acción</b>									
Causa	Acción			Fecha	Tipo	Responsable		Estado	
<b>5. Verificación de efectividad del análisis</b>									

*Nota.* Elaboración propia

En cuanto al análisis de modo y efecto de falla (FMEA en adelante) planteado contiene las siguientes etapas (ver figura 6.7): Definición de la intención de diseño, análisis funcional, identificación de modos de falla, efectos de la falla, criticidad o jerarquización del riesgo y recomendaciones o acciones a ejecutar (Aguilar-Otero *et al*, 2010). Este deberá ser elaborado por un personal técnico que tenga el conocimiento entero del proceso de apertura de fibra de alpaca en la máquina de apertura semi industrial planteada pues la calidad de la información registrada es vital a fin de tener un FMEA confiable para realizar en el futuro estimaciones o ajustes de las frecuencias de falla de los componentes.

**Figura 6.7**

*Diagrama de la metodología de análisis de modos de falla y sus efectos (FMEA en inglés)*



*Nota.* Extraído de Aguilar-Otero et al.(2010).

Por otro lado, la finalidad de la implementación del FMEA será la de identificar los modos de falla que representan un mayor riesgo en el ensamblado, uso y mantenimiento de la maquinaria, considerando los riesgos a la producción, a la instalación y al personal. De esta manera, los modos de falla con un riesgo más alto deberán ser enviados a un proceso detallado de selección de tareas de mantenimiento, de esta manera se asegurará un mayor impacto en la seguridad y confiabilidad de la máquina.

**Figura 6.8**

Formato de Análisis de Modo y Efecto de Falla (FMEA en inglés)

F.M.E.A. ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA	
<b>Proceso:</b>	

MONTAJE	
OPERACIÓN	
MANTENIMIENTO	
OTRO:	

FECHA DEL ANÁLISIS: \_\_\_\_\_

ENCARGADO: \_\_\_\_\_

ITEM	COMPONENTE	MODO DE FALLA POTENCIAL	EFECTOS POTENCIALES DE FALLO	CAUSAS POTENCIALES DE FALLO	CONDICIÓN ACTUAL			NPR	NIVEL DE CONSIDERACIÓN
					FACTORES				
					O	G	D		

Nota. Elaboración propia

## **6.2 Problemas más comunes antes, durante y posterior al uso de la máquina**

En este punto se detallan los problemas más comunes en máquinas textiles en sus tres etapas: Previo o ensamblaje, durante su uso y posterior o en mantenimiento.

### **6.2.1 Problemas antes del uso de la maquinaria (etapa de ensamblaje o montaje)**

En esta etapa, se cuenta con los componentes de la máquina por separados, previos al ensamblado general de la máquina. Los problemas más comunes según Marc (2017) son:

- Diseño deficiente de los equipos
- Materiales pobres o de mala calidad
- Ensamblaje o montaje imperfectos
- Deterioro previo por uso excesivo o factores ambientales

A manera de ejemplo, se realizará el llenado del formato de Análisis de Causa-Raíz (ver figura 6.9) para un caso de mal funcionamiento de rodamientos durante la etapa de montaje.

**Figura 6.9***Análisis de Causa-Raíz de parada de máquina por mal estado de rodamientos de pie Y SKF-E2*

Edición 1		ANÁLISIS CAUSA-RAÍZ	
<b>TÍTULO:</b> Análisis de Causa-Raíz de mal funcionamiento de rodamientos de pie Y SKF-E2			
<b>Fecha de ocurrencia</b>	10/01/2021	<b>Inicio Parada</b>	10/01/2021, 3:30 p.m.
<b>Componente</b>	Rodamiento de pie Y SKF-E2	<b>Fin de parada</b>	15/01/2021, 3:55 p.m.
<b>Responsable</b>	Enrique Sánchez (Técnico maquinaria textil) Joan Sánchez (Ingeniero)	<b>Etapa</b>	Montaje
<b>1. Descripción del problema</b>			
Los rodamientos no funcionan en óptimas condiciones durante pruebas de ensamblaje. Se visualiza óxido y pobre lubricación en el rodamiento y leve desviación de este.			
<b>2. Registro histórico del componente</b>			
Ninguno			

(continúa)

(continuación)

3. Análisis 5 ¿Por qué?									
1		2		3		4		5	
¿Por qué?	Verificación	¿Por qué?	Verificación	¿Por qué?	Verificación	¿Por qué?	Verificación	¿Por qué?	Verificación
Rotación en ejes no uniforme	Se comprobó al revisar la rotación del eje	Los rodamientos no están bien lubricados y desalineados	Se revisó lubricación y alineación visualmente. Se escucha ruido al girar	Inadecuada distribución de grasa para rodamientos en los anillos. Mala calibración	Verificación de lubricación entre los anillos y ruido al giro del eje	Mala utilización de técnica de distribución de grasa y puesta de rodamiento	Se observó desviación del rodamiento	Se realizó el mantenimiento de manera apresurada y sin verificación	Reporte verbal de técnico
Presencia de óxido en los anillos del rodamiento	Se revisó la composición del rodamiento	Presencia de humedad en las cajas	Algunas cajas se encontraban con rastros de agua	Almacenamiento en lugares inadecuados	Las cajas se encontraron en el suelo junto a tuberías	Falta de delimitación de área de almacenado	No se encuentra un área exclusiva de almacén de repuestos		
<b>CAUSA RAIZ 1: Falta de verificación posterior a la intervención</b>					<b>MODO DE FALLA RELACIONADO: MC</b>				
<b>CAUSA RAIZ 2: No se cuenta con área exclusiva para correcto almacenamiento de componentes</b>					<b>MODO DE FALLA RELACIONADO: CI</b>				
4. Plan de acción									
Causa	Acción			Fecha límite	Tipo	Responsable		Estado	
<b>C.R. 1</b>	Registro de correcta verificación y funcionamiento de componentes posterior a su ensamble			10/01/2021	MC	Técnico Enrique Sánchez		COMPLETO	
<b>C.R. 2</b>	Disponer de un área de almacén y delimitarlo para cada tipo de componentes			10/03/2021	CI	Joan Sánchez		EN PROCESO	
5. Verificación de efectividad del análisis									
El análisis es efectivo, pues permitió conocer las dos causas raíz que permitirán extender su utilización para los demás componentes.									

### **6.2.2 Problemas durante el uso de la maquinaria (en funcionamiento)**

En esta etapa, la máquina se encuentra en funcionamiento normal y cotidiano, con cada una de sus partes principales en movimiento y realizando el proceso de apertura de la fibra de alpaca suministrada por el operario. Los principales problemas durante el uso de la maquinaria son:

- Mala calidad en la apertura de fibra de alpaca
- Atasco en la maquinaria
- Accidentes de seguridad en el trabajo

A manera de ejemplo, se realizará el llenado del formato de Análisis Causa-Raíz para el caso de atascamiento de fibra durante el procesamiento (ver figura 6.10).

**Figura 6.10**

*Análisis de Causa Raíz de parada de máquina por atascamiento en la zona de procesamiento*

Edición 1		ANÁLISIS CAUSA-RAÍZ							
<b>TÍTULO:</b> Análisis de Causa-Raíz de parada de máquina por atascamiento en la zona de procesamiento									
<b>Fecha de ocurrencia</b>	20/07/2021			<b>Inicio Parada</b>	20/07/2021, 11:30 a.m.				
<b>Componente</b>	Varios			<b>Fin de parada</b>	20/07/2021, 03:05 p.m.				
<b>Responsable</b>	Enrique Sánchez (Técnico maquinaria textil) Joan Sánchez (Ingeniero)			<b>Etapa</b>	En Funcionamiento (uso cotidiano)				
<b>1. Descripción del problema</b>									
La máquina se encuentra detenida por atasco en la zona de procesamiento. Se observa gran volumen de fibra en la zona superior de los tambores principal y quitador y deterioro de la fibra.									
<b>2. Registro histórico del componente</b>									
Ninguno									
<b>3. Análisis 5 ¿Por qué?</b>									
1		2		3		4		5	
¿Por qué?	Verificación	¿Por qué?	Verificación	¿Por qué?	Verificación	¿Por qué?	Verificación	¿Por qué?	Verificación

(continúa)

(continuación)

Acumulación excesiva de fibra en el interior	Se verifica atascamiento con fibra en la parte superior e inferior de los tambores	Volumen abastecido en exceso	Se observa fibra enmarañada ocupando la zona de procesamiento	Inadecuada distribución de la fibra en el abastecimiento	Se encuentra fibra enmarañada y en copos en vez de capas finas	Técnica de abastecimiento no estandarizada	No se cuenta con un método establecido para este proceso	No se tiene un manual de uso y mantenimiento de la maquinaria	Falta de realización de manual de uso y mantenimiento de la maquinaria
				Falta de limpieza y mantenimiento en caso de atasco	Se encuentra fibra presente en la zona de procesamiento	No se encuentra el procedimiento en caso de atasco			
Velocidades de los tambores muy por debajo de lo estipulado	Se observan velocidades muy por debajo de 900 rpm	Falta de ajuste en variador de frecuencia del tablero de control	El variador de frecuencia marca velocidades menores a lo estipulado	Posible mala manipulación en el último uso de la máquina	Cantidades de trabajo del variador distintas a las nominales	No existe un aviso que indique la no alteración de los valores de trabajo			
<b>CAUSA RAIZ 1: Falta de manual básico de uso y mantenimiento</b>					<b>MODO DE FALLA RELACIONADO: AT</b>				
<b>CAUSA RAIZ 2: Falta de aviso de seguridad para indicación de valores de trabajo.</b>					<b>MODO DE FALLA RELACIONADO: AT</b>				

(continúa)

(continuación)

<b>4. Plan de acción</b>					
<b>Causa</b>	<b>Acción</b>	<b>Fecha límite</b>	<b>Tipo</b>	<b>Responsable</b>	<b>Estado</b>
<b>C.R. 1</b>	Realización del manual básico de uso y mantenimiento de la maquinaria	20/10/2021	AT	Joan Sánchez	EN PROCESO
<b>C.R. 2</b>	Colocar señal de "No alterar los valores de trabajo" y colocar tablilla con los respectivos valores	25/07/2021	AT	Joan Sánchez	COMPLETO

**5. Verificación de efectividad del análisis**

El análisis permite identificar las causas raíz para la parada por atascamiento, además de incentivar a la creación de un manual de uso y mantenimiento de la maquinaria que servirá para el correcto funcionamiento y preservación de esta.

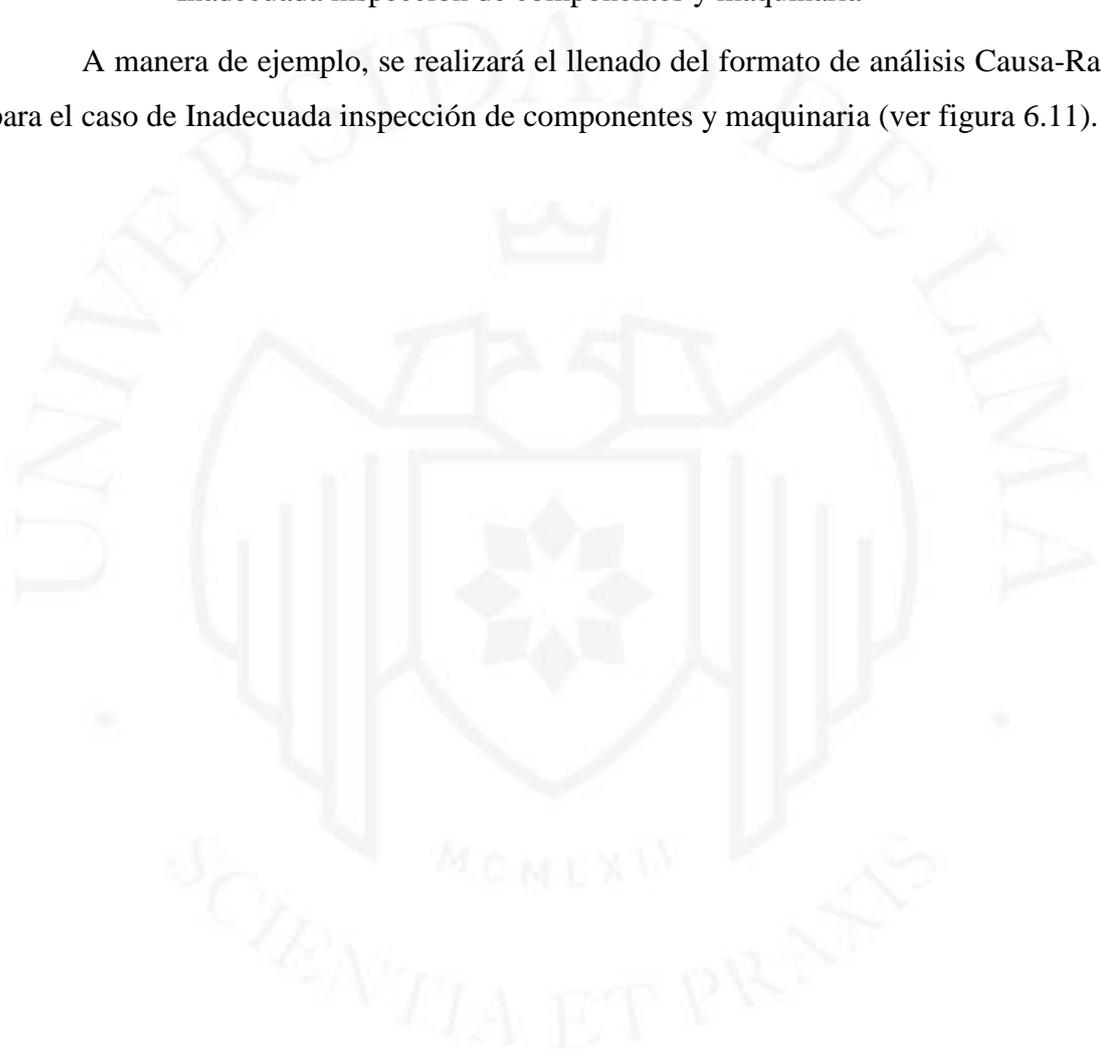
*Nota.* Elaboración propia

### **6.2.3 Problemas posteriores al uso de la maquinaria (en mantenimiento)**

En esta última etapa, la máquina se encuentra detenida o en mantenimiento. Los principales problemas posteriores al uso de la maquinaria son:

- Desajuste de componentes por funcionamiento
- Mala calibración posterior al cambio de componentes
- Mal llenado de fichas de registro de mantenimiento
- Inadecuada inspección de componentes y maquinaria

A manera de ejemplo, se realizará el llenado del formato de análisis Causa-Raíz para el caso de Inadecuada inspección de componentes y maquinaria (ver figura 6.11).



**Figura 6.11**

*Análisis de Causa-Raíz de inadecuada inspección rutinaria*

Edición 1		ANÁLISIS CAUSA-RAÍZ							
<b>TÍTULO:</b>		<b>Análisis de Causa-Raíz de inadecuado registro de inspección rutinaria</b>							
<b>Fecha de ocurrencia</b>	15/06/2021				<b>Inicio Parada</b>	15/06/2021, 09:00 a.m.			
<b>Componente</b>	Varios				<b>Fin de parada</b>	15/06/2021, 4:00 p.m.			
<b>Responsable</b>	Enrique Sánchez (Técnico maquinaria textil)				<b>Etapas</b>	Mantenimiento			
<b>1. Descripción del problema</b>									
Se presentan registros de tareas de inspección incompletos, con poca especificación de componentes.									
<b>2. Registro histórico del componente</b>									
Ninguno									
<b>3. Análisis 5 ¿Por qué?</b>									
<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>		<b>5</b>	
<b>¿Por qué?</b>	<b>Verificación</b>	<b>¿Por qué?</b>	<b>Verificación</b>	<b>¿Por qué?</b>	<b>Verificación</b>	<b>¿Por qué?</b>	<b>Verificación</b>	<b>¿Por qué?</b>	<b>Verificación</b>
Los formatos toman mucho tiempo en completarse	Los formatos son llenados a mano(diariamente) y luego registrados en hoja de Excel (interdiario)	Existen muchos componentes en la maquinaria a revisar con frecuencia	Existen componentes cuya mayoría deben tener revisión frecuente	Ajuste de frecuencia de revisión no es muy preciso	La revisión de algunos componentes puede ajustarse a un período menos frecuente	Se considera actualmente las recomendaciones del fabricante	Inicialmente, se consideran los tiempos de mantenimiento según manuales de fabricante	Por falta de registros históricos del componente utilizado en la máquina de apertura	No se encuentran análisis de datos históricos suficientes de falla para realizar un ajuste preciso de revisión de componentes

(continúa)

(continuación)

El técnico tiene problemas al llenar el formato	Los datos por completar son muchos y el tiempo es limitado	El tiempo para rellenar el formato es insuficiente	Se tiene 30 minutos aproximadamente para rellenar el formato	El llenado del formato se realiza 30 minutos antes de la hora de salida	Los formatos de revisión periódica son registrados 30 minutos antes del fin del horario laboral				
<b>CAUSA RAIZ 1: Falta de análisis basado en datos históricos y ajuste de las frecuencias de revisión de componentes</b>					<b>MODO DE FALLA RELACIONADO: MI</b>				
<b>CAUSA RAIZ 2: Insuficiente tiempo para registro de las tareas de inspección</b>					<b>MODO DE FALLA RELACIONADO: MI</b>				
<b>4. Plan de acción</b>									
<b>Causa</b>	<b>Acción</b>			<b>Fecha límite</b>	<b>Tipo</b>	<b>Responsable</b>		<b>Estado</b>	
<b>C.R. 1</b>	Realizar análisis en base a datos históricos de uso en la maquinaria y ajustar frecuencias de revisión de componentes			15/07/2021	MI	Joan Sánchez		COMPLETO	
<b>C.R. 2</b>	Realizar el registro de las tareas de inspección inmediatamente después de realizar cada una de ellas.			15/06/2021	MI	Técnico Enrique Sánchez		COMPLETO	
<b>5. Verificación de efectividad del análisis</b>									
El análisis es efectivo al permitir conocer las dos causas raíz que permitirán establecer un correcto registro de la información tanto física como de manera digital.									

Nota. Elaboración propia

### 6.3 Desarrollo del Análisis de modos y efectos de falla (FMEA)

En este punto, se realizará el análisis de modos y efectos de falla (FMEA en adelante) a manera de ejemplo para las etapas de fabricación, montaje y uso de la maquinaria. En este análisis, se considera el criterio de evaluación de acuerdo con la prioridad de riesgo para cada componente, en el cual se considera la gravedad o severidad de las fallas (G), ocurrencia (O) y facilidad de la dificultad de detección (D).

De ahí, se tiene:

$$\text{Número de prioridad de riesgo (NPR)} = G * O * D$$

Los factores de gravedad, ocurrencia y facilidad de detección se basarán en base a puntuaciones definidas por el equipo técnico. A continuación, en las tabla 6.3 al 6.6 se muestran las puntuaciones para cada uno de los factores tomando como referencia los valores planteados por Gamarra (2018):

**Tabla 6.3**

*Puntajes para el factor “Gravedad”*

Gravedad	Puntaje
Imperceptible	1
Escasa, falla menor	2 a 3
Bajo, falla inminente	4 a 5
Media	6 a 7
Elevada, falla crítica	8 a 9
Muy elevada, afecta la seguridad	10

*Nota.* Valores de referencia extraídos de Gamarra (2018). Elaboración propia.

**Tabla 6.4***Puntajes para el factor "Ocurrencia"*

Ocurrencia	Puntaje
1 falla en más de 2 años	1
1 falla cada dos años	2 a 3
1 falla anual	4 a 5
1 falla entre 6 meses y 1 año	6 a 7
1 falla entre 1 y 6 meses	8 a 9
1 falla mensual	10

*Nota.* Valores de referencia extraídos de Gamarra (2018). Elaboración propia.

**Tabla 6.5***Puntajes para el factor "Dificultad de detección"*

Dificultad de detección	Puntaje
Casi nula	1
Escasa	2 a 3
Moderada	4 a 5
Frecuente	6 a 7
Elevada	8 a 9
Muy elevada	10

*Nota.* Valores de referencia extraídos de Gamarra (2018). Elaboración propia.

Las características de puntaje establecidas serán:

**Tabla 6.6***Características del Número Prioritario de Riesgo (NPR)*

Valores	Jerarquía	Nivel de consideración
Mayor a 200	Inaceptable	Crítico
125 a 200	Reducción necesaria	Semi Crítico
1 a 125	Aceptable	No crítico

*Nota.* Valores de referencia extraídos de Gamarra (2018). Elaboración propia.

Luego, se procede al desarrollo del análisis FMEA para los componentes para las etapas de fabricación, montaje y uso de la máquina semi industrial de apertura de fibra de alpaca (ver Anexo 22, 23 y 24).

### 6.3.1 Resultados del FMEA

El desarrollo y análisis del FMEA se basaron en el análisis de criticidad de los componentes de la máquina. En base al puntaje obtenido en el Número de prioridad de riesgo, se realiza la clasificación en base a los niveles: crítico, semi crítico y no crítico.

A manera de resumen, en la tabla 6.7. se detalla el número de procesos según el nivel de consideración para cada una de las etapas (fabricación, montaje y uso). De aquí se tiene que el mayor número de procesos críticos se da en la etapa de montaje. Esto puede explicarse debido al número de procedimientos de ajuste, lubricación y puesta a punto de la máquina, añadido a los peligros de exposición presentes durante esta etapa.

**Tabla 6.7**

*Número de procesos según nivel de consideración para cada etapa*

Etapa	No críticos	Semi Críticos	Críticos
Fabricación	7	8	7
Montaje	6	5	9
Uso	6	0	8

*Nota.* Elaboración propia

Además, se presenta el mayor el modo de falla con el mayor NPR y su respectivo nivel de consideración para cada una de las partes principales de la máquina. Gracias a esta información, se aprecia que se debe tener el mayor cuidado en el montaje de la zona de procesamiento (NPR de 720), específicamente en el correcto soldado de las púas de acero con sus respectivas regletas. Además, la criticidad general de esta etapa se puede explicar debido a la precisión en el montaje y la gravedad de los posibles efectos de las fallas en el alto número de componentes presentes en esta.

**Tabla 6.8***Resumen de procesos según nivel de criticidad para cada componente en cada etapa*

Componente/ Parte de la máquina	Etapas	NPR Mayor	Nivel de consideración
Telera	Fabricación	162	SEMI-CRÍTICO
	Montaje	486	CRÍTICO
	Uso	320	CRÍTICO
Cilindros alimentadores	Fabricación	567	CRÍTICO
	Montaje	567	CRÍTICO
	Uso	320	CRÍTICO
Zona de procesamiento	Fabricación	405	CRÍTICO
	Montaje	720	CRÍTICO
	Uso	567	CRÍTICO
Sistema de transmisión	Fabricación	180	NO CRÍTICO
	Montaje	486	CRÍTICO
	Uso	486	CRÍTICO
Bancada o bastidor	Fabricación	108	NO CRÍTICO
	Montaje	288	CRÍTICO
	Uso	108	NO CRÍTICO
Componentes eléctricos	Fabricación	180	NO CRÍTICO
	Montaje	140	SEMI-CRÍTICO
	Uso	252	CRÍTICO

*Nota.* Elaboración propia

A manera de resumen, se recomienda verificar siempre la criticidad presente en los componentes de la máquina a fin de que se definan mejoras centradas en mitigar el impacto al ocurrir una falla y así aumentar la disponibilidad de la máquina en general.

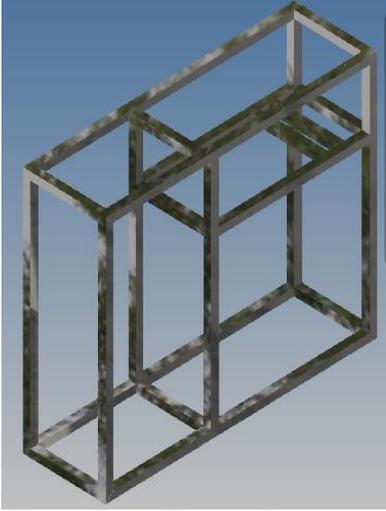
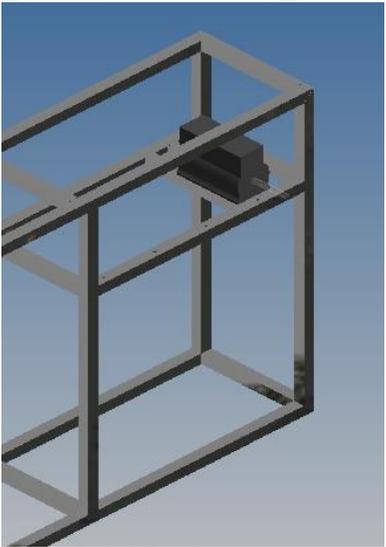
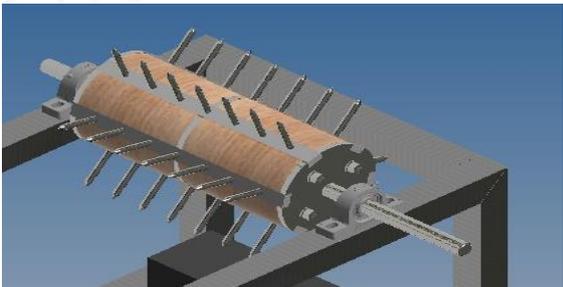
## **6.4 Manuales de montaje, uso y mantenimiento de la máquina**

### **6.4.1 Manual de montaje de la máquina semi industrial de apertura de fibra de alpaca**

En este manual, se detallan los pasos a seguir para el correcto montaje de la máquina semi industrial de apertura de fibra de alpaca (ver figura 6.12)

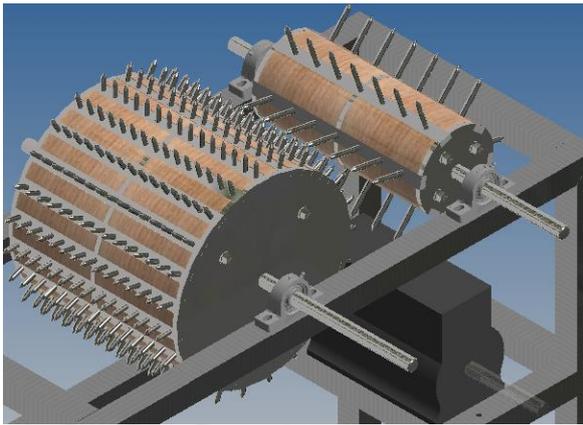
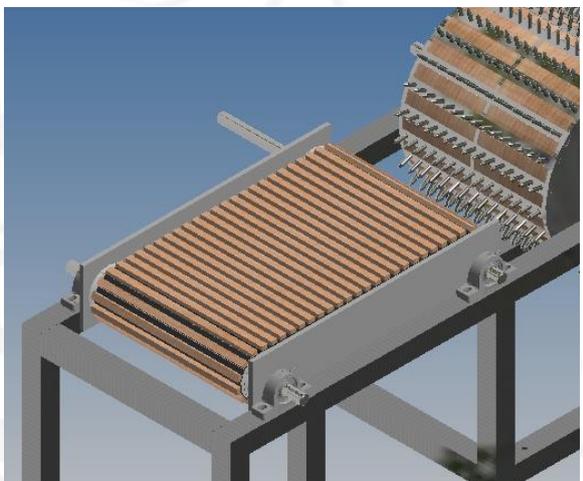
**Figura 6.12**

*Manual de montaje de la máquina semi industrial de apertura de fibra de alpaca*

MANUAL DE MONTAJE DE LA MÁQUINA SEMI INDUSTRIAL DE APERTURA DE FIBRA DE ALPACA		
ITEM	DESCRIPCIÓN	IMAGEN DE REFERENCIA
1	Se ubica el bastidor en una superficie sin desniveles a fin de evitar vibraciones en la maquinaria causadas por el motor.	
2	Se posiciona al motor en el bastidor fijándolo en los agujeros realizados asegurando así al bastidor con el motor por medio de los elementos de fijación (pernos, tuercas y arandelas).	
3	Posteriormente, se ensamblan las chumaceras de pie al eje del tambor quitador gracias a los elementos de fijación y a los agujeros realizados según el diseño estructural, realizado a fin de asegurar la correcta alineación de los rodamientos para una óptima rotación del eje del tambor.	

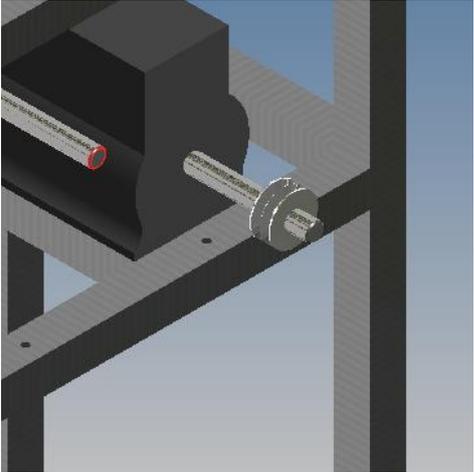
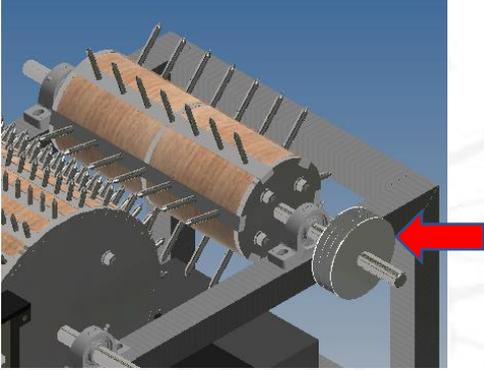
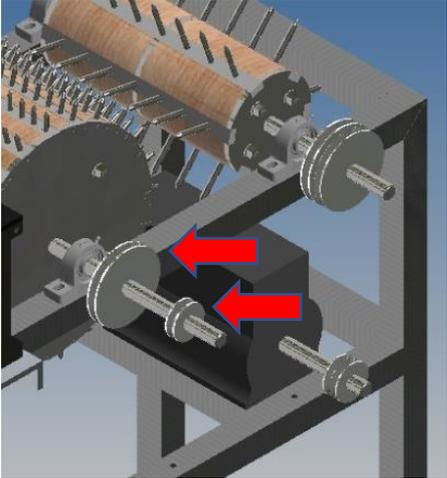
(continúa)

(continuación)

<p>4</p>	<p>Análogamente se realiza el ensamblado de las chumaceras de pie y rodamientos al eje del tambor principal gracias a los agujeros y elementos de fijación (pernos, tuercas y arandelas).</p>	 A 3D CAD model of a mechanical assembly. It shows a large cylindrical drum with a series of sharp teeth or spikes around its circumference. The drum is mounted on a metal frame. A bearing is being assembled onto the drum's shaft, secured with a nut and washer. The assembly is shown from a perspective view.
<p>5</p>	<p>Luego, se realiza el ensamblado de las chumaceras necesarias para la colocación de la telera de madera ya previamente ensamblada como conjunto por el proveedor, fijándola al bastidor. En este proceso se considera la colocación de las tablillas laterales que evitan la caída de la fibra.</p>	 A 3D CAD model of a wooden frame assembly. The frame consists of several parallel wooden slats supported by a metal structure. Side boards are being attached to the frame to prevent fiber from falling. The assembly is shown from a perspective view.
<p>6</p>	<p>Posteriormente, se procede al ensamble de los cilindros alimentadores con sus respectivos mecanismos reguladores, fijando sus respectivos soportes al bastidor con los elementos de fijación según diseño estructural.</p>	 A 3D CAD model of a feeding cylinder assembly. The cylinder is mounted on a metal frame. A regulator mechanism is attached to the cylinder, allowing for adjustment of the pressure or gap between the cylinder and the frame. The assembly is shown from a perspective view.

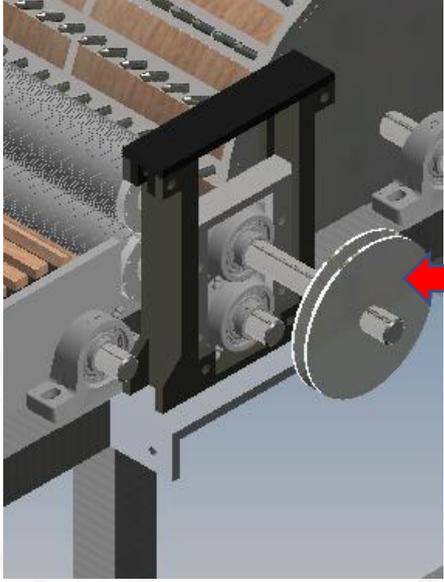
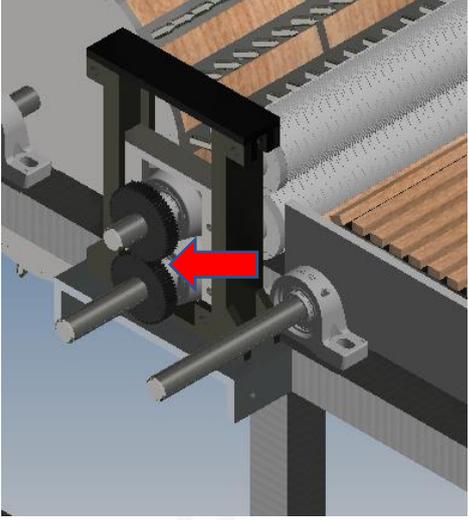
(continúa)

(continuación)

7	Acto seguido se procede al acoplamiento de la polea (polea A de 2.5") en el eje del motor con su respectiva chavetero y empernado.	
8	Luego, se procede a la ubicación de la polea del tambor quitador (polea B de 5") que conectará luego con la polea del eje del motor.	
9	Asimismo, se realiza la ubicación de las poleas pertenecientes al eje del tambor principal que conectarán con el tambor quitador con el tambor principal (polea C de 5") y al tambor principal con el cilindro alimentador superior (polea C' de 2.3").	

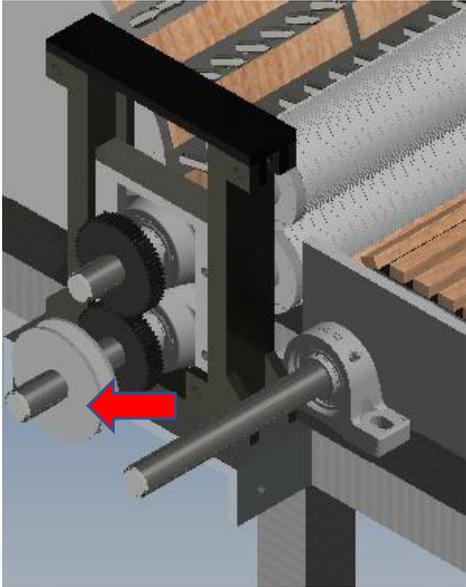
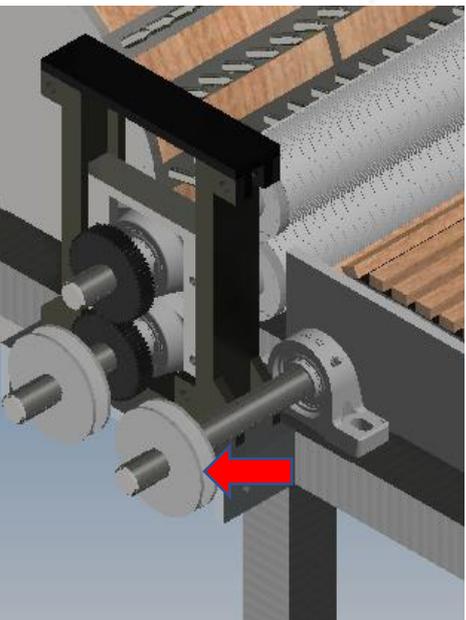
(continúa)

(continuación)

<p><b>10</b></p>	<p>Luego se procede a la colocación de la polea ubicada en el extremo derecho del eje del cilindro de alimentación superior (polea D de 5.72")</p>	
<p><b>11</b></p>	<p>Luego, se procede a la ubicación de los engranajes (engranajes E y F de 60 dientes) tanto en el eje del cilindro alimentador como en el inferior.</p>	

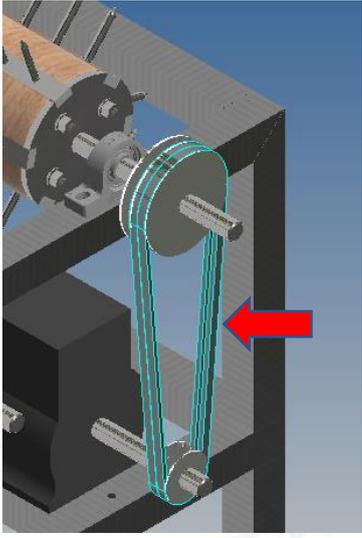
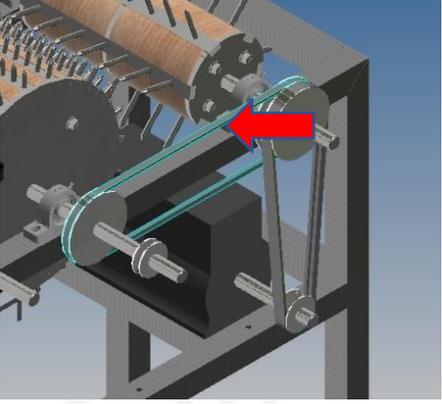
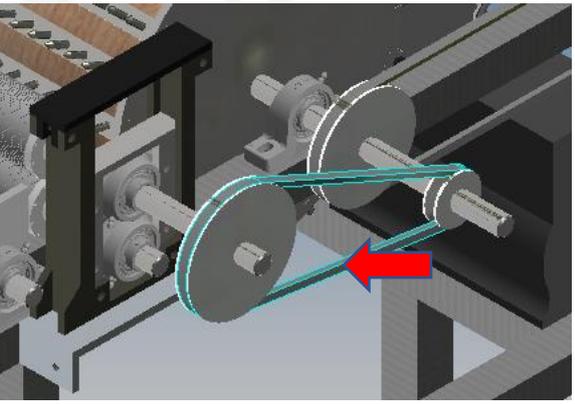
(continúa)

(continuación)

<p><b>12</b></p>	<p>Posteriormente, se realiza la ubicación de la polea (polea G de 3.3") en el eje del cilindro alimentador inferior.</p>	
<p><b>13</b></p>	<p>La última polea (polea H de 3.3") se ubica en el eje del cilindro de la telera de madera, que permitirá la transmisión de movimiento a la telera.</p>	

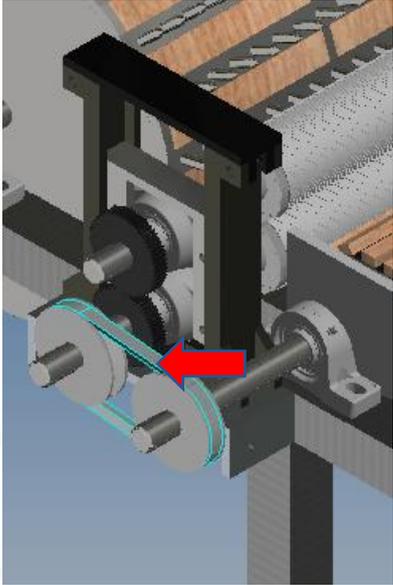
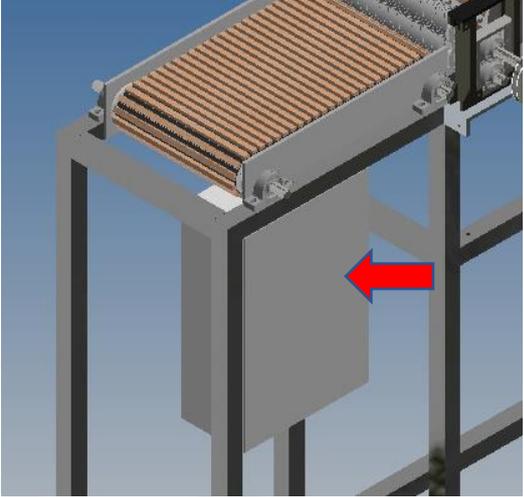
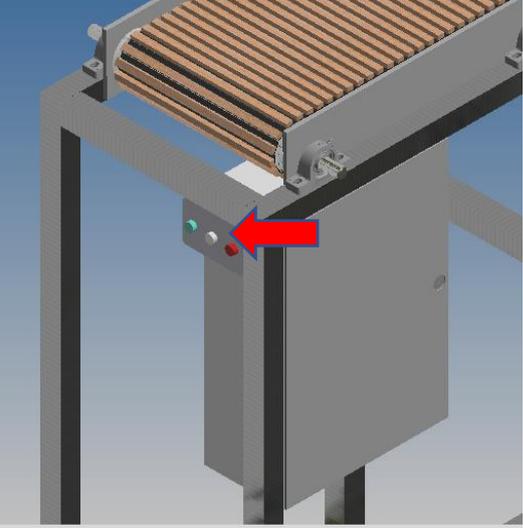
(continúa)

(continuación)

<p><b>14</b></p>	<p>Una vez colocadas las poleas y engranajes, se inicia la colocación de las fajas respectivas. Se inicia con la colocación de la faja "V" A40 en la polea motriz (polea A) y la polea del tambor quitador (polea B).</p>	
<p><b>15</b></p>	<p>Luego, se ensambla la faja en "V" A51 conectando las poleas del tambor quitador (polea B) con la del tambor principal (polea C).</p>	
<p><b>16</b></p>	<p>Posteriormente, se realiza la colocación de la faja entre las poleas del tambor principal (polea C') y la del eje del cilindro alimentador superior (polea D).</p>	

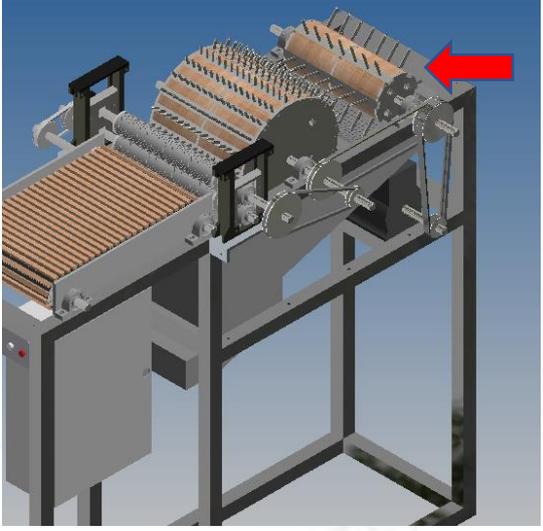
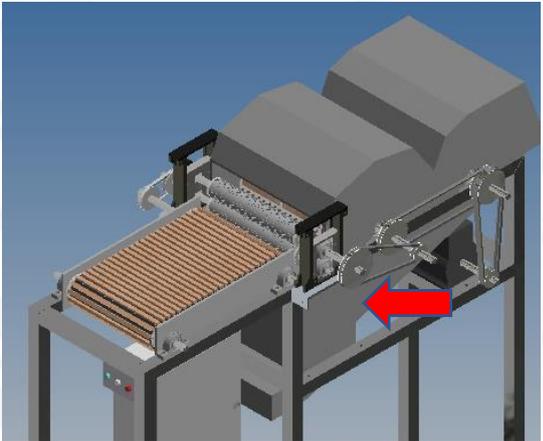
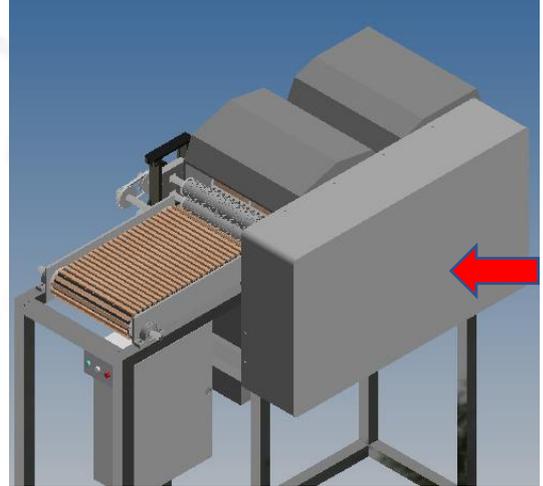
(continúa)

(continuación)

<p><b>17</b></p>	<p>Para finalizar con la colocación de fajas, se procede al ensamble de la faja de la polea del eje del cilindro alimentador inferior (polea G) con el eje del cilindro de la telera de madera (polea H).</p>	 <p>A 3D CAD rendering of a mechanical assembly. It shows two shafts with pulleys. A red arrow points to a belt being placed over the pulleys. The pulleys are labeled G and H in the original image. The belt is shown in a light blue color.</p>
<p><b>18</b></p>	<p>Luego, se procede a la instalación del tablero de control en el bastidor para luego colocar todos los elementos de protección y funcionamiento en el interior.</p>	 <p>A 3D CAD rendering of the machine's frame. A grey control panel is being attached to the side of the frame. A red arrow points to the panel.</p>
<p><b>19</b></p>	<p>Asimismo, se coloca la caja de botones de arranque, parada y parada de emergencia ensamblado en el tablero de control</p>	 <p>A 3D CAD rendering of the control panel. A red arrow points to a small assembly of buttons and a red emergency stop button mounted on the panel.</p>

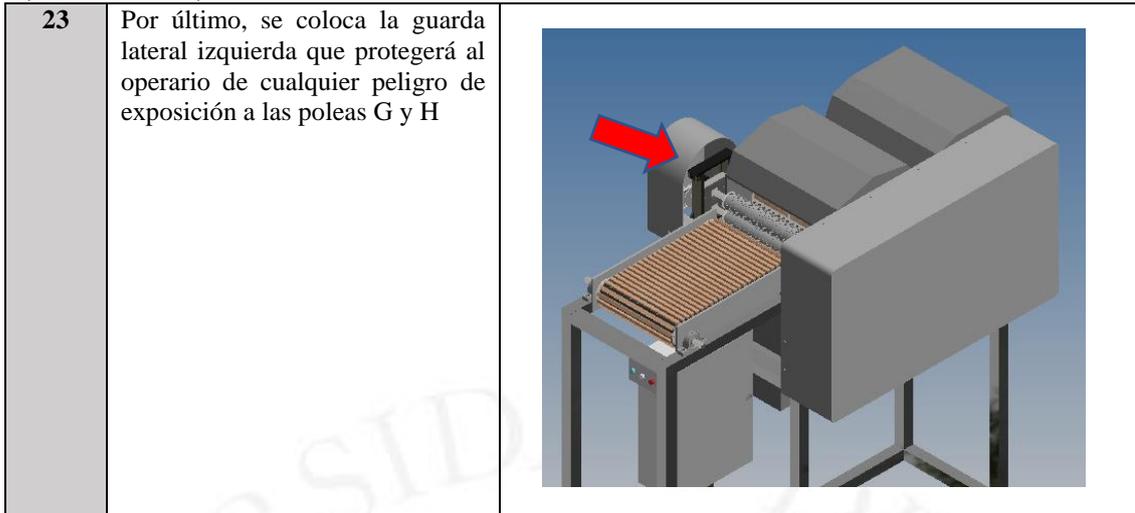
(continúa)

(continuación)

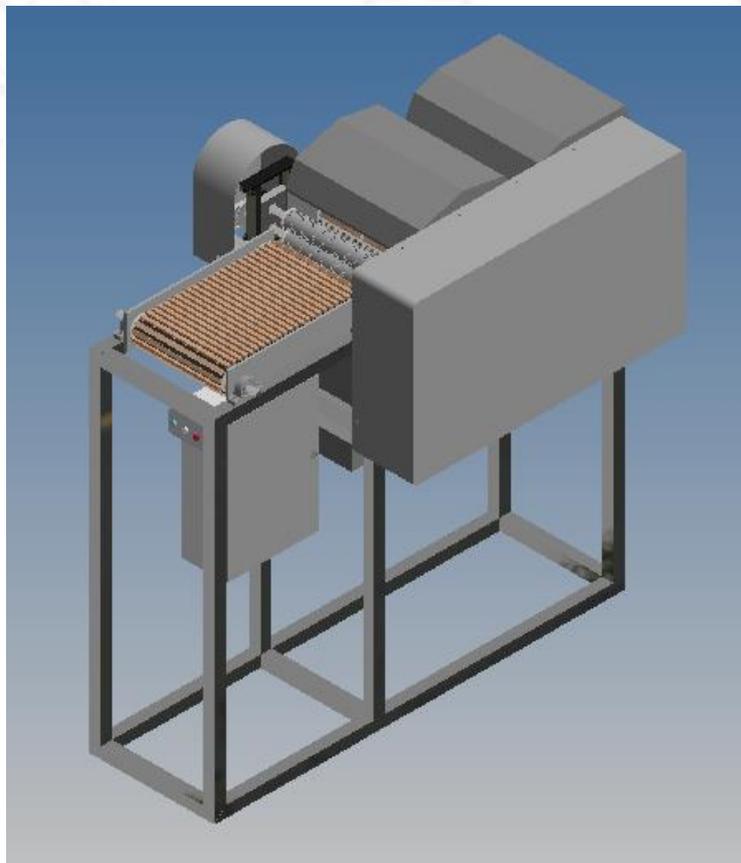
<p><b>20</b></p>	<p>Para la colocación de las guardas como elementos de protección para el operario, se iniciará con la colocación de la guarda superior considerando los agujeros y elementos de fijación según diseño estructural</p>	
<p><b>21</b></p>	<p>Acto seguido se realiza la colocación de la guarda inferior considerando los agujeros y elementos de fijación según diseño estructural</p>	
<p><b>22</b></p>	<p>Luego, se procede con la colocación de la guarda lateral derecha que protege al operario ante cualquier peligro de exposición a las poleas.</p>	

(continúa)

(continuación)



Finalmente, se muestra el ensamble final en la vista isométrica de la máquina como se muestra en la figura.



El montaje debe realizarse con extremo cuidado a fin de evitar cualquier tipo de accidente, considerando previamente los pesos de los componentes, utilizando equipos de protección como guantes, zapatos con punta de acero, cascos y fajas de protección lumbar.

*Nota.* Elaboración propia

## **6.5 Manual de Uso y Mantenimiento**

### **6.5.1 Manual de uso y mantenimiento de la máquina semi industrial de apertura de alpaca**

El manual fue diseñado para ser una herramienta de fácil comprensión, breve y didáctico. Además, evita incluir información más allá de la necesaria a fin de que cualquier persona que opere la máquina, ya sea un operario o personal de mantenimiento, pueda comprenderlo.

Dentro del manual se puede encontrar cinco partes diferenciadas según su contenido, las cuales son:

- **Perfiles laborales del técnico de mantenimiento y del operario:** Se detalla cada uno de los requisitos, competencias, habilidades y funciones del técnico encargado de mantenimiento, así como también del operario de la máquina.
- **Instrucciones de uso:** Dirigido a la(s) persona(s) encargada(s) de operar la máquina de manera directa. Además, se describe la secuencia operativa a seguir, las funciones y cuidados a considerar en el uso de la maquinaria y los requerimientos de conocimiento mínimos necesarios por el operario.
- **Mantenimiento de la máquina:** Se detalla el mantenimiento mecánico preventivo como correctivo. Además, se detalla el proceso básico para cada uno de ellos, la lista de componentes y los requerimientos necesarios para el personal encargado del mantenimiento de la máquina.
- **Recomendaciones:** Se detallan recomendaciones para la utilización de dispositivos Poka-Yoke, delimitación de zonas de trabajo y almacén-mantenimiento, utilización de una regleta que sirva de guía visual y la utilización de señales de seguridad.
- **Listado de proveedores:** Se incluye la lista de todos los proveedores del material que incluye la máquina de tal manera que sea útil como vía de contacto y solución de problemas para el usuario de la máquina.

El manual se puede observar en el Anexo 21 (Manual de Uso y Mantenimiento de la máquina semi industrial de apertura de fibra de alpaca).

## **6.6 Costo anual de mantenimiento de la maquinaria**

En este punto se detallará el costo anual asociado al mantenimiento de la maquinaria. Para calcular este costo se tomó en cuenta el primer año de funcionamiento de la maquinaria, para lo cual se debe tener un stock mínimo de piezas importantes como rodamientos, fajas, piñones, elementos de protección, entre muchos otros.

Como se visualiza en el Anexo 25 (Costo anual asociado al mantenimiento de la maquinaria), el costo anual de mantenimiento asciende a un monto de S/ 3,489, representando así el 22% del precio total de la maquinaria.

Todo lo antes mencionado, se contempla en el Anexo 25 denominado Costo anual de mantenimiento de la máquina.

## **6.7 Costo asociado a las mejoras**

Por otro lado, se muestra el costo total asociado a mejoras, en base a las recomendaciones planteadas en el manual de uso y mantenimiento de la maquinaria (ver manual en el Anexo 21), en los cuales se detalla el uso de dispositivos Poka-Yoke, delimitación de las áreas de trabajo y de almacén-mantenimiento, implementación de una regleta guía para el abastecimiento de la fibra y el uso de señales de seguridad.

Como se observa en el Anexo 26 (Costos asociados a las mejoras), el costo único para la implementación de las mejoras asciende a un monto de S/ 2,485, representando así el 16% del precio total de la maquinaria.

## 6.8 Costo asociado al consumo eléctrico del motor

Por último, se calculará el costo de consumo eléctrico de la máquina. Cabe recalcar, que el costo final dependerá de factores como el número de horas trabajadas por día (fuera y en horario de punta) y el número de días trabajados al mes.

Como un caso particular, se calculará el costo de consumo eléctrico para la máquina de apertura semi industrial de fibra de alpaca considerando las condiciones mostradas en la tabla 6.9.

**Tabla 6.9**

*Condiciones de uso de la máquina*

Horario de trabajo	De 7 a.m. – 17:00 p.m.
Horas por día trabajadas	8 horas
Número de días de trabajo por mes	22 días
Tarifa contratada	BT4 – Tarifa horaria con simple medición de energía y contratación o medición de una potencia. -1E1P

*Nota.* Elaboración propia

Primero, se debe considerar las especificaciones de nuestro motor (ver tabla 4.18). De esta manera, se procede a calcular la potencia de entrada o también denominada potencia de activa (de consumo), la intensidad de línea y la intensidad reactiva.

La potencia de entrada o activa se calcula por:

$$P_{\text{entrada}} = \frac{P_{\text{salida}}}{\text{Eficiencia del motor según valores de placa de motor}}$$

$$P_{\text{entrada}} = \frac{0.5 \text{ HP}}{79.6\%} = 0.6281 \text{ HP}$$

Convirtiendo de HP a kW, se tiene:

$$P_{\text{entrada}} = 0.6281 \text{ HP} * 0.746 \text{ kW}$$

$$P_{\text{entrada}} = 0.4686 \text{ kW}$$

Luego, considerando que el motor es un motor trifásico con voltaje de suministro de 220V, se calcula la intensidad de línea con la siguiente fórmula:

$$I_{Linea} = \frac{P_{entrada}}{\sqrt{3} * (V_{Linea}) * (Factor\ de\ Potencia)}$$

$$I_{Linea} = \frac{0.4686\ kW}{\sqrt{3} * (220\ V) * (0.76)}$$

Finalmente, se tiene:

$$I_{Linea} = 1.61\ A$$

Acto seguido, se procede a calcular la potencia reactiva con la siguiente fórmula:

$$P_{reactiva} = P_{activa} * \tan(\cos^{-1}(F.Potencia))$$

Reemplazando, se tiene:

$$P_{reactiva} = 0.4686\ kW * \tan(\cos^{-1}(0.76))$$

$$P_{reactiva} = 0.40\ kVar$$

Posteriormente, puesto que el usuario posee una tarifa BT4, que es aquella que realiza una medición simple de energía y contratación o medición de una potencia (ENEL, 2020), se considera a manera de ejemplo la ubicación de la máquina tanto en Lima (Lima norte) como en una provincia, que en este caso particular será Puno. La empresa distribuidora de energía eléctrica que será contratada en Lima será ENEL Distribución Perú S.A.A., mientras que en Puno será Electro Puno S.A.A. Los tarifarios de cada una de estas empresas se encuentra en el Anexo 27 (tarifarios para la venta de energía eléctrica).

Luego, previo a calcular el costo final, se procede a calcular cuantos kWh y kVarh se consumirán mensualmente por la máquina. Para realizar el cálculo de cada uno de ellos, basta con calcular el número de horas de trabajo de la máquina por mes y multiplicarlo finalmente por el número de kW o kVar dependiendo del caso (los valores se pueden visualizar en la tabla 5.10).

$$kWh_{mes} = kW * \frac{\#Horas\ de\ trabajo\ de\ máquina}{día} * \frac{\#Días\ laborables}{mes}$$

Reemplazando, se tiene:

$$kWh_{mes} = 0.4686 \text{ kW} * \frac{8 \text{ horas}}{\text{dia}} * \frac{22 \text{ días}}{\text{mes}} * \frac{12 \text{ meses}}{\text{año}}$$

$$kWh_{mes} = 0.4686 \text{ kW} * \frac{8 \text{ horas}}{\text{dia}} * \frac{22 \text{ días}}{\text{mes}}$$

$$kWh_{mes} = 82.4736 \frac{kWh}{mes}$$

Análogamente, se tiene el número de kVarh por cada mes de consumo:

$$kWh_{mes} = 70.4 \frac{kVarh}{mes}$$

Finalmente, gracias a la información brindada por el Ministerio de Energía y Minas (2011), se debe tener en claro los siguientes conceptos:

- Cargo fijo mensual: Monto fijo mensual a cargar asociado al usuario independiente de su demanda de potencia y energía.
- Cargo por Energía activa: Monto a cargar al cliente por consumo calculado a partir del consumo de energía activa (kW) multiplicado por el número de horas a utilizar un cierto equipo.
- Cargo por potencia activa de generación: Dado por la demanda máxima mensual en horas punta, multiplicado por el precio unitario de potencia activa de generación
- Cargo por potencia activa de generación en horas punta y fuera de punta: Se toma en cuenta el cargo por potencia activa de generación dependiendo del horario utilizado, donde para las horas punta se establece el horario de lunes a sábado de 18:00 a 23:00 p.m. mientras que fuera de punta rige desde 23:00 a 18:00 p.m. de lunes a domingo incluyendo feriados.
- Cargo por potencia por uso de las redes de distribución: Resulta del promedio de las dos más altas demandas máximas de los últimos seis períodos de punta.

Por último, se procede a calcular el costo final del consumo eléctrico de la máquina (ver tabla 6.10). Hay que considerar que, para los cargos por potencia activa de generación y distribución, se considera el mismo consumo de energía activa para todos los meses del año.

**Tabla 6.10**

*Cálculo de costo de consumo eléctrico anual para la máquina*

Concepto	Unidad	Precio unitario Lima	Precio unitario Puno	Costo total Lima	Costo total Puno
Cargo fijo mensual	S/. /cliente	4.3	11.72	4.30	11.72
Cargo por Energía	Cént. S/. /kWh	28.91	26.5	23.84	21.86
CARGO POR POTENCIA ACTIVA DE GENERACIÓN					
A. Presentes en punta	S/. /kW-mes	61.04	48.94	28.60	22.93
B. Fuera de punta	S/. /kW-mes	37.09	47.27	-	-
CARGO POR POTENCIA ACTIVA POR USO DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN					
A. Presentes en punta	S/. /kW-mes	63.63	83.34	29.82	39.05
B. Fuera de punta	S/. /kW-mes	55.52	80.63	-	-
Cargo por energía reactiva	Cént. S/. /kVarh	5.42	4.68	2.47	1.16
<b>COSTO CONSUMO ELÉCTRICO MENSUAL</b>				<b>89.04</b>	<b>96.72</b>
<b>COSTO CONSUMO ELÉCTRICO ANUAL</b>				<b>1 069</b>	<b>1 161</b>

*Nota.* Valores de precio unitario en Lima (Lima Norte) extraídos del “Tarifario para la venta de energía eléctrica”, publicado el 03/02/2020 (ENEL, 2020). Valores de precio unitario en Puno extraídos de los “Pliegos tarifarios para clientes finales con vigencia desde el 04 de diciembre del 2020” publicado el 03/12/2020 (ElectroPuno S.A.A., 2020)

Como se muestra en la tabla 6.10, los costos finales de consumo eléctrico anual para Lima como para Puno serán de S/ 1 069 y S/1 161 respectivamente. Además, el costo de consumo eléctrico anual de la máquina semi industrial de apertura de fibra de alpaca en Lima y en Puno representan el 6.68% y 7.26% del precio de la máquina, respectivamente.

## CONCLUSIONES

Al realizar el presente trabajo de investigación, en el transcurso se concluyeron los siguientes puntos:

- En base a la información bibliográfica y entrevistas realizadas a representantes de empresas del rubro de trabajo textil con fibra de alpaca, se obtuvo que, en Perú, 8 de cada 9 productores realizan actualmente el proceso de apertura manualmente, obteniendo una capacidad promedio de 0.2 kg/, limitando su producción tanto fibra de alpaca abierta como en hilo. De esta manera, se concluye que el proceso actual es ineficiente y no cumple con las demandas de los productores ni del mercado.
- Como resultado de la búsqueda de maquinaria de apertura de fibra de alpaca a un nivel semi-industrial, se concluye que en la actualidad no existen modelos que suplan la necesidad de encontrar una máquina a costo accesible que permita elevar la producción de fibra de alpaca abierta. Por lo contrario, existen modelos para otro tipo de fibras y con producción a gran escala a precios muy altos (aproximadamente €31,600) en países como Italia, Alemania y China e India.
- La máquina de apertura semi-industrial de fibra de alpaca propuesta permite suplir la necesidad de elevar la capacidad actual (método artesanal) a un costo accesible. El costo total de la máquina es de S/ 20 143 y cuenta con dimensiones de 1800 mm x 550 mm x 1315 mm. Además, posee componentes como motor de 0.5 HP a 1800 rpm, variador de frecuencia, elementos de protección eléctrica obligatorios (interruptor diferencial y guardamotor), bancada de acero ASTM A500 resistente a las cargas suministradas durante el proceso, guardas de protección y partes para la zona de alimentación (telera y cilindros alimentadores), zona de procesamiento (tambor principal y rejilla) y de expulsión (tambor quitador, boquilla de impurezas y de salida de fibra).
- El diseño presentado espera generar una mejora en la capacidad de producción al pasar de una de 0.2 kg/h obtenido manualmente, hasta un procesamiento de 2kg/h de fibra abierta con el uso de la máquina considerando una merma de 5% durante el procesamiento. Como resultado se obtiene una capacidad de producción 10 veces mayor comparada con la obtenida en el método manual-artesanal.

- En la máquina de apertura semi-industrial de fibra de alpaca, se observó que el componente más costoso es la telera de madera tornillo con lona, cuyo monto asciende a un total de S/4,786. Este precio resulta alto debido a que esta telera evita que la fibra se quede pegada debido a la estática generada en lugares de altura tales como Puno.
- El proyecto posee un VAN económico de S/12,574 con una TIR económica de 24.58% superior al WACC de 13.32%, mientras que el VAN financiero asciende a S/12,592 con una TIR financiera de 25.26% superior al COK de 13.48%. De esta manera se demuestra la viabilidad económica del proyecto y su respectiva rentabilidad para el horizonte de evaluación considerado.
- Gracias al análisis de tabla tornado y análisis de sensibilidad por variables se pudo demostrar que la variable que más impacta al proyecto y sus indicadores (VAN, TIR y B/C) son los gastos administrativos con un coeficiente de correlación ( $r$ ) de -0.62 demostrando su fuerte comportamiento inversamente proporcional al comportamiento del VAN y explicando a su vez el 39.05% de las variaciones en el VAN. De la misma manera, se obtuvo un coeficiente de correlación de -0.66 para la TIR, explicando el 44.19% de las variaciones en esta.
- Al incluir el componente de riesgo mediante la utilización de la simulación Montecarlo al análisis económico-financiero, se obtuvo, en base a 1000 iteraciones, una probabilidad de 90.20% para la generación de valor, esto es, de obtener un VAN mayor que cero y TIR mayor al COK. En detalle, se obtuvo un VAN esperado de S/12,679 y una TIR esperada de 24.73% con una probabilidad de ocurrencia de 90.30% (mediante prueba de hipótesis de cola derecha). Lo cual representa un proyecto atractivo y de riesgo aceptable para el inversionista.
- Gracias a los manuales de montaje, uso y mantenimiento de la maquinaria, se puede acortar la curva de aprendizaje al plazo de una semana posterior a la entrada del operario y técnico encargados. Esto debido a la incorporación de información útil para la definición de procedimientos para el ensamblado, uso y mantenimiento de la máquina propuesta, funciones del personal, uso de equipos de protección personal, formatos de mantenimiento, entre otros.

- El costo de mantenimiento anual de la máquina asciende a S/ 3,849. Por otro lado, los costos de consumo eléctrico promedio tomando como referencia a la Zona-Norte de Lima se estiman en S/1,061, mientras que en Puno en S/ 1,161, representando así aproximadamente el 7% del costo de la maquinaria
- Al realizar el presupuesto a asignar para las mejoras Poka Yoke se obtuvo un monto de S/2,485, el cual se considera como un único pago realizado al inicio de operaciones de la máquina. Este presupuesto es mostrado a manera de recomendación para el usuario, pues no impacta directamente en el funcionamiento de la máquina (proceso de apertura), sino que reducirá el riesgo de accidentes y el tiempo perdido en errores cotidianos.



## RECOMENDACIONES

En este punto, gracias a la experiencia ganada al realizar la presente tesis, consultas a expertos y visitas a empresas, se detallan recomendaciones que incluyen punto de vistas tanto del autor como de distintos expertos en el rubro con los que se tuvo la misma opinión. A continuación, se detallan las recomendaciones:

- Para tener una revisión sistemática efectiva de la literatura, es de gran utilidad realizar cuadros comparativos a manera de resumen resaltando las características más importantes de cada concepto a estudiar o analizar. En este trabajo, se realizó un cuadro comparativo por autor y origen de la fuente para el proceso actual de producción de fibra de alpaca abierta existente a fin de considerar las diferentes formas y características a partir del punto de vista de distintos autores.
- En cuanto a la identificación de la tecnología, se recomienda hacer un cuadro comparativo de la tecnología existente a nivel nacional e internacional, a fin de poder seleccionar y definir las características más adecuadas para la propuesta de diseño a realizar en el presente trabajo.
- Se recomienda determinar cuál es el número adecuado de máquinas a utilizar en una empresa considerando factores como: Tamaño de la empresa, cantidad demandada del producto (fibra abierta, hilo, prendas, entre otros), flujo de cada de la empresa y capacidad de financiamiento.
- En la zona de alimentación, es recomendable realizar un estudio posterior para evaluar la posibilidad de implementar un sistema de aspersion de líquidos antiestáticos que evitan la aglomeración de la fibra por estática, lo que permitirá a su vez cambiar la telera de madera por teleras de PVC o de menor costo, e inclusive por otros materiales modernos sin ninguna dificultad.
- Al tomar esta tesis como punto base de diseño de futuras máquinas de apertura, se plantea considerar una zona de eliminación de polvo por medio de un extractor, además de una zona de reposo para la fibra (Ramella, 2018).

- Para agregar aún más valor al acabado de la fibra, se recomienda tener una zona de reposo con sistema de aspersión de sustancias lubricantes tales como aceites a fin de evitar la ruptura de la fibra en procesos posteriores (Schmid, 2006, pp. 60-77).
- Para una evaluación económica más certera, se sugiere considerar los tres pilares fundamentales para la evaluación de proyectos propuestos por Lira (2013), los cuales son: Proyección del flujo de caja de la empresa, determinación de la tasa de descuento del proyecto (COK y WACC) y la inclusión del riesgo en la inversión. Además, si se realiza la evaluación sin considerar las técnicas de evaluación de proyectos planteadas en estos pilares, el fracaso será el resultado más certero.
- En base al análisis económico en la empresa JCALDERON E.I.R.L. y en su contexto en específico, se recomienda reducir los gastos administrativos (45% de los ingresos por ventas) a un valor optimizado de 40.50% a fin de obtener un VAN de S/31,320 y una TIR de 40.47%. Esta reducción puede realizarse evaluando la factibilidad de comprar un local propio o por medio de la reducción de sueldos posterior a la evaluación de los montos asignados para cada una de las funciones asignadas para cada puesto.
- Para un correcto montaje, puesta en marcha y mantenimiento (preventivo y correctivo) de la máquina, se sugiere realizar manuales de montaje y de uso y mantenimiento de la máquina y complementarlos con videos tutoriales de fácil comprensión, los cuales servirán de guía a los futuros usuarios de la máquina explicando los potenciales riesgos implicados e instrucciones.
- Se recomienda seleccionar el tipo de anclaje de la máquina de acuerdo al lugar donde irá posicionada, este dependerá si la máquina estará al aire libre, en un local con suelo de tierra, o en concreto.

## REFERENCIAS

- ABB (01 de mayo de 2020). Productos para distribución de energía y automatización.  
<https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK107680A5796&LanguageCode=es&DocumentPartId=&Action=Launch>
- Adot, O. (2010). *Introducción a la industrialización de la lana y fibras especiales*. M.V. Hick, Michel. Universidad Católica de Córdoba.  
<https://www.uccor.edu.ar/paginas/agronomia/SUPPRAD.php>
- Aguilar, M. (agosto de 2012). *Esquila y categorización de fibra de alpaca* [Infografía].  
<http://www.descosur.org.pe/wp-content/uploads/2014/12/Manual007.pdf>
- Aguilar-Otero, J., Torres Arcique, R., & Magaña-Jiménez, D. (2010). Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. *Tecnología, Ciencia y Educación*.  
<https://www.redalyc.org/pdf/482/48215094003.pdf>
- AHMSA (2019). *Normas y características a las que se sujetan los aceros fabricados por Altos Hornos de México* [Infografía].  
[https://www.ahmsa.com/assets/files/manuales/manual-ahmsa/Capitulo\\_1.pdf](https://www.ahmsa.com/assets/files/manuales/manual-ahmsa/Capitulo_1.pdf)
- Allen-Bradley (octubre de 2009). *Productos- Powerflex 4*.  
<https://www.rockwellautomation.com/es-mx/products/hardware/allen-bradley/drives-and-motors/low-voltage-ac-drives/component-drives/22a-powerflex-4.html>
- Álvarez, S. (23 de junio de 2015). *Autodesk Inventor, un sistema de diseño mecánico inteligente con modelado 3D*. 3DCADPortal.  
<http://www.3dcadportal.com/autodesk-inventor-un-sistema-de-diseno-mecanico-inteligente-con-modelado-3d.html>
- Alzamora, M. (2017). *Limitaciones en la producción de fibra de alpaca con valor agregado de los productores de puno* [Tesis de pregrado, Universidad San Martín de Porres]. Repositorio académico de la Universidad San Martín de Porres.  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

- Aragon, O. (21 de mayo de 2020). *Innovar y compartir*.  
<http://innovarycompartir.org/efectos-del-covid-19-en-los-ingresos-de-los-alpaqueros-peruanos/>
- Arciniega, S. (2013). *Mejoramiento de la productividad en la hilatura manual de fibra de alpaca en la comunidad Morochos-Cuycocha-Cotacachi* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica del Norte.  
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/1975>
- Autodesk (noviembre de 2019). *Inventor*. Autodesk.  
<https://knowledge.autodesk.com/es/support/inventor/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ESP/Inventor-Help/files/GUID-877564AC-78CE-4216-9913-003A2DE8D698-htm.html>
- BBVA Continental. (14 de febrero de 2021). *Simulador de préstamos*.  
[https://extranetperu.grupobbva.pe/SimuladorWeb/sw/pantallaDinamicaCtrl/init?OR=PB&GR=CS%20bbva:e:::text::&gclid=Cj0KCQiAj9iBBhCJARIsAE9qRtDfNFZ5eR-8PxI8ezgzA2KhU-ghgVxtCFv0\\_QjOMPMT9uEYvxQB1OcaAkv5EALw\\_wcB](https://extranetperu.grupobbva.pe/SimuladorWeb/sw/pantallaDinamicaCtrl/init?OR=PB&GR=CS%20bbva:e:::text::&gclid=Cj0KCQiAj9iBBhCJARIsAE9qRtDfNFZ5eR-8PxI8ezgzA2KhU-ghgVxtCFv0_QjOMPMT9uEYvxQB1OcaAkv5EALw_wcB)
- Caja Los Andes. (14 de febrero de 2021). *Simulador de créditos*.  
<http://cajarurallosandes.com/web/simulador-de-creditos/>
- Córdova, K. (2017). *Optimización del proceso de hilatura cardada de fibra de alpaca, enfocado a la mejora de la calidad del tejido de punto de la empresa Incalpaca TPX S.A* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.  
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2996>
- Cuba, C. (22 de Enero de 2018). *Propuesta de mejora para incrementar la disponibilidad de los equipos en el proceso de teñido, a través de un plan de mantenimiento en una empresa textil peruana* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio académico UPC.  
<http://hdl.handle.net/10757/625854>
- Damodaran (2021). *Historical returns on Stocks, Bonds and Bills: 1998-2020*.  
[http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New\\_Home\\_Page/datafile/Betas.html](http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html)

De la Cruz, L. (2010). Rendimiento de fibra de alpaca categorizada a la clasificación en cuatro asociaciones de productores en la provincia de Lucanas y Sucre- Región Ayacucho [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional UNCP.  
<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/2896>

Electroclub (01 de enero de 2019). Control a tres hilos con un variador de frecuencia Powerflex 4 [Video]. Youtube.  
<https://www.youtube.com/watch?v=VDJM7f1exH4>

ElectroPuno S.A.A. (03 de diciembre de 2020). Pliegos tarifarios para clientes finales con vigencia desde el 04 de diciembre del 2020. Recuperado el 03 de diciembre de 2020, de  
[https://www.electropuno.com.pe/web/archivos\\_ftp/202012021647\\_Publicacion%20ELPU016-2020%20Pliego%20con%20vigencia%2004-12-2020x.pdf](https://www.electropuno.com.pe/web/archivos_ftp/202012021647_Publicacion%20ELPU016-2020%20Pliego%20con%20vigencia%2004-12-2020x.pdf)

ENEL (03 de febrero de 2020). Tarifa para la venta de energía eléctrica. Recuperado el 03 de diciembre de 2020, de  
<https://www.enel.pe/content/dam/enelpe/empresas/archivos/pliego-tarifario---distribucion/Pliegos%20ENEL040220%20WEB.pdf>

Equipo Ferros Planes (18 de enero de 2017). Los tubos de acero inoxidable y sus usos en la industria y en el día a día.  
<https://ferrosplanes.com/tubos-acero-inoxidable-usos/>

Fametal S.A. (noviembre de 2014). Protección y control de motores.  
[https://www.fametal.com/wp-content/uploads/2014/11/capitulo-2\\_2014\\_V4-Protecci%C3%B3n-y-Control-de-Motores.pdf](https://www.fametal.com/wp-content/uploads/2014/11/capitulo-2_2014_V4-Protecci%C3%B3n-y-Control-de-Motores.pdf)

Fastcap (07 de mayo de 2014). Lean Manufacturing- Lean Factory Tour [Video]. Youtube. [https://www.youtube.com/watch?v=jYby\\_HczyDA&feature=youtu.be](https://www.youtube.com/watch?v=jYby_HczyDA&feature=youtu.be)

Gamarra, J. L. (14 de diciembre de 2018). Propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento del área de hilandería en las etapas de prehilado para una empresa textil basado en la implementación de TPM [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio académico UPC.  
<http://hdl.handle.net/10757/625101>

Gamonal, W. (2019). Uso de las Normas ASTM en Corporación Aceros Arequipa S.A [Presentación en Power Point]. Aceros Arequipa.  
<https://www.astm.org/GLOBAL/docs/Presentacion-Walter-Gamonal-Ruiz.pdf>

- Goñi, J. C. (2011). Máquinas, instrumentos y procesos de manufactura (2a, Vol 1). Fondo Editorial (Ed.). <https://www.ulima.edu.pe/publicaciones/maquinas-instrumentos-y-procesos-de-manufactura>
- Granda, E. (27 de octubre de 2011). Guardas de seguridad en máquinas. Estructplan. <https://estrucplan.com.ar/guardas-de-seguridad-en-maquinas/>
- Grupo SKF (marzo de 2011). SKF Power transmission productos catalogue. <https://www.skfptp.com/CategorySearch/Index/4>
- Hansford, K. (1997). Wool strength and topmaking. ResearchGate. [https://www.researchgate.net/publication/293605579\\_Wool\\_strength\\_and\\_topmaking](https://www.researchgate.net/publication/293605579_Wool_strength_and_topmaking)
- Hermoso, E. (2001). Caracterización mecánica de la madera estructural de Pinus sylvestris [Tesis de posgrado, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes]. Repositorio de Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. <http://oa.upm.es/644/1/07200117.pdf>
- Hernandez-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2019). Metodología de la investigación- Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta (6a). McGRAW-HILL / Interamericana editores S.A., Ed.). <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Hiroyuki, H. (1991). Poka Yoke- Mejorando la calidad del producto evitando los defectos. L. Nikkan Kogyo Shimbun. <https://docplayer.es/89289817-Poka-yoke-mejorando-la-calidad-del-producto-evitando-los-defectos.html>
- Holt, C. (2006). A Survey of the Relationships of Crimp Frequency [Notas de lectura en la web]. Alpaca Association New Zealand. <http://www.cameronholt.com/CrimpRelationships.pdf>
- Holt, C. (2014). Chapter 10: Overview of Processing. Revista Alpaca Association New Zealand, 18-19. [https://issuu.com/nzalpaca/docs/aanz\\_alpaca\\_magazine\\_april2016\\_issu](https://issuu.com/nzalpaca/docs/aanz_alpaca_magazine_april2016_issu)
- IMF Business School (06 de junio de 2019). Sistema Poka Yoke: Ejemplos y motivos para plicarlo. <https://blogs.imf-formacion.com/blog/logistica/logistica/sistema-poka-yoke/>

- INACAL (2007). Norma Técnica Peruana (NTP) 232.200:2007 - Artesanías de textil plano en telar. Terminología y clasificación.  
[https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/31573/22214\\_41\\_Artesanias\\_textil\\_plano\\_en\\_telar\\_2007.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/31573/22214_41_Artesanias_textil_plano_en_telar_2007.pdf)20180706-19116-uwlzs5.pdf
- INACAL (2014). Norma Técnica Peruana (NTP) 231.301:2014- Fibra de alpaca clasificada.  
[https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/31573/22214\\_41\\_Artesanias\\_textil\\_plano\\_en\\_telar\\_2007.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/31573/22214_41_Artesanias_textil_plano_en_telar_2007.pdf)20180706-19116-uwlzs5.pdf
- Info Alpacas (2 de enero de 2016). Info Alpacas. Recuperado el 05 de abril de 2020.  
<http://infoalpacas.com.pe/fibra/>
- INGELEC TECH. (2020). INGELEC TECH . Un mundo de energía.  
<https://ingelec.pe/>
- Intermec® (2019). Manual de transmisión de potencia [Infografía].  
[https://www.intermec.com.co/poleas\\_v.php](https://www.intermec.com.co/poleas_v.php)
- Lira, P. (Ed.). (2013). Evaluación de proyectos de inversión. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas S.A.C.*
- Marc, R. (13 de setiembre de 2017). Los fallos más comunes en mantenimiento industrial. Kriptón.  
<https://blog.kriptongroup.com/los-fallos-mas-comunes-en-mantenimiento-industrial/>
- Marsal, F., Morral, E., & Palet, D. (2009). Puesta en valor de lanas y pieles de producción nacional [Infografía].  
[3https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/llana%20definitiu%2024\\_04\\_2009\\_tcm30-58888.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/llana%20definitiu%2024_04_2009_tcm30-58888.pdf)
- McColl, A. (2004). Methods for measuring microns [Notas de lectura en web].  
[http://www.rmla.com/html/-measuring\\_microns.htm](http://www.rmla.com/html/-measuring_microns.htm)
- Michelin, A. (18 de enero de 2011). Advantages and Disadvantages of MIG Welding [Publicación foro en línea]. Ezone articles.  
<https://ezinearticles.com/?Advantages-and-Disadvantages-of-MIG-Welding&id=5744278>

- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (noviembre de 2018). Sumaq Alpaca-Situación de la alpaca en el Perú [Infografía].  
<https://www.minagri.gob.pe/portal/analisis-economico/analisis-2018?download=14155:boletin-situacion-de-la-alpaca-en-el-peru-nov-2018>
- Ministerio de Energía y Minas (20 de diciembre de 2019). Uso del interruptor diferencial es obligatorio para salvar vidas.  
<https://www.minem.gob.pe/descripcion.php?idSector=6&idTitular=1627>
- Minitab (2021). Distribución normal. Minitab.  
<https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/probability-distributions-and-random-data/supporting-topics/distributions/triangular-distribution/#:~:text=Una%20distribuci%C3%B3n%20triangular%20es%20una,m%C3%ADnimos%2C%20m%C3%A1ximos%20y%20su%20moda.&text=Comienza%20en%20el%20valor%20m%C3%ADnimo,hasta%20alcanzar%20el%20valor%20m%C3%A1ximo.>
- Minitab (2021). Distribución triangular. Minitab.  
<https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/probability-distributions-and-random-data/supporting-topics/distributions/triangular-distribution/#:~:text=Una%20distribuci%C3%B3n%20triangular%20es%20una,m%C3%ADnimos%2C%20m%C3%A1ximos%20y%20su%20moda.&text=Comienza%20en%20el%20valor%20m%C3%ADnimo,hasta%20alcanzar%20el%20valor%20m%C3%A1ximo.>
- Mondragón, J. (enero de 2002). Fibras textiles. VirtualPro.  
<https://www.virtualpro.co/biblioteca/fibras-textiles>
- Mott, R. L. (2006). Diseño de elementos de máquinas (4a). Guerrero, P.  
<https://de.slideshare.net/juliomrkt/diseo-de-elementos-de-mquinas-robert-l-mott>
- Muñoz, S. (2013). Terminología del mantenimiento I: Norma EN 13360 frente a norma AFNOR NFX 60-010.  
<https://blog.enrimusa.com/author/enrimusa/>
- Octal. (21 de julio de 2018). Diferencias entre tuberías de acero ERW y HFW.  
<https://www.octalacero.com/tuberias-de-acero-erw-y-hfw>
- Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (2006). Producción textil de fibras de camélidos sudamericanos en el área altoandina de Bolivia, Ecuador y Perú [Infografía].

[http://repositorio.promperu.gob.pe/bitstream/handle/123456789/1456/Produccion\\_textil\\_fibras\\_camelidos\\_sudamericanos\\_Bolivia\\_Ecuador\\_Peru\\_2006\\_keyword\\_principal.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.promperu.gob.pe/bitstream/handle/123456789/1456/Produccion_textil_fibras_camelidos_sudamericanos_Bolivia_Ecuador_Peru_2006_keyword_principal.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Paucar-Chanca, R., Alfonso-Ruiz, L., Soret-Lafraya, B., Mendoza-Ordoez, G., & Alvarado-Quezada, F. (1 de setiembre de 2019). Textile characteristics of fiber from Huacaya alpacas (Vicugna pacos). *Scientia Agropecuaria*.  
<http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop>

Pérez, E., Villareal, A. & Reyes, G. (13 de junio de 2018). Modelo para determinar desempeño financiero de empresas proveedoras de servicios de internet: el caso Colombia. *Espacios*.  
<http://www.revistaespacios.com/a18v39n42/a18v39n42p32.pdf>

Permanent Steel (21 de octubre de 2019). ¿Qué es la tubería de acero ERW?.  
<https://www.permanentsteel.com/es/newsshow/what-is-the-erw-steel-pipe.html#:~:text=La%20%22tuber%C3%ADa%20de%20acero%20ERW,petr%C3%B3leo%20y%20el%20gas%20natural.>

PERURAIL (31 de agosto de 2018). Alpacas peruanas [Publicación en un foro en línea]. PERURAIL BLOG.  
<https://www.perurail.com/es/blog/alpacas-peruanas/>

Poma, A., Ventura, C. (febrero de 2009). Caracterización del perfil de diámetro de fibra en alpacas Huacaya de color blanco. *ResearchGate*.  
[https://www.researchgate.net/publication/280295307\\_CHARACTERIZACION\\_DEL\\_PERFIL\\_DE\\_DIAMETRO\\_DE\\_FIBRA\\_DE\\_ALPACA\\_HUACAYA\\_DE\\_L\\_CIDCS\\_LACHOCC\\_-\\_HUANCAVELICA](https://www.researchgate.net/publication/280295307_CHARACTERIZACION_DEL_PERFIL_DE_DIAMETRO_DE_FIBRA_DE_ALPACA_HUACAYA_DE_L_CIDCS_LACHOCC_-_HUANCAVELICA)

Portilla, E. (setiembre de 2017). Construcción de una máquina artesanal cardadora de fibra de alpaca [Proyecto previo a la obtención del título de ingeniería en mecatrónica, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Digital Institucional de la UTN.  
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7666/1/04%20MEC%20206%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

Porto, H. (noviembre de 2015). Cadena Productiva de la Fibra de alpaca [Presentación en Power Point]. AgroBanco.  
[https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/pdf\\_cpc/CADENA\\_DE\\_ALPACA.pdf](https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/pdf_cpc/CADENA_DE_ALPACA.pdf)

- Protección, Mano de Obra y Factoría S.A. (2019). Ejemplos Poka Yoke.  
<https://pmof.prevencionyseguridad.com.mx/ejemplos-poka-yoke/>
- Proyecto Fondecyt Contrato 089. (2018). Prototipo de una línea de hilatura semiautomática para la estandarización de hilo de fibra de alpaca para mejorar la competitividad del productor artesanal de la región andina 2018-2021.
- Pucha, R., Vallejo, M. (2017). Implementación de un prototipo mecánico para el escarmenado de lana ovina [Trabajo de titulación, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Dirección de Bibliotecas y Recursos para el Aprendizaje y la Investigación DBRAI. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/7195>
- Qingdao Yuanquan Machinery Co. (2014). Double roller opening machinery.  
<https://www.yuanquanmh.com/opening-machine/fiber-opening-machine/double-roller-opening-machine.html>
- Quispe Huanca, J. L. (2016). Caracterización fenotípica de alpacas Suri conservadas en las comunidades de Huacochani e Hichocollo del departamento de La Paz. *Revistas Bolivianas*.  
[http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2308-250X2016000200006&lng=es&nrm=iso](http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-250X2016000200006&lng=es&nrm=iso)
- Quispe, E., Poma, A., & Purroy, A. (2013). Características productivas de la fibra de alpaca de raza Huacaya . ResearchGate.  
[https://www.researchgate.net/publication/271446653\\_CHARACTERISTICAS\\_PRODUCATIVAS\\_Y\\_TEXTILES\\_DE\\_LA\\_FIBRA\\_DE\\_ALPACAS\\_DE\\_RAZA\\_HUACAYA\\_A\\_REVIEW\\_OF\\_HUACAYA\\_ALPACAS\\_FIBER\\_TRAITS](https://www.researchgate.net/publication/271446653_CHARACTERISTICAS_PRODUCATIVAS_Y_TEXTILES_DE_LA_FIBRA_DE_ALPACAS_DE_RAZA_HUACAYA_A_REVIEW_OF_HUACAYA_ALPACAS_FIBER_TRAITS)
- Ramella (2018). Fiber opening and preparation.  
<http://www.ramella.com/picker.php>
- Representaciones Fiorella S.A.C. (enero de 2020). Tubo cuadrado LAC.  
<https://www.fiorellarepre.com.pe/TUBO-CUADRADO-LAC/803012>
- Roca, F. (2011). Finanzas para emprendedores (3.a). *Universidad Francisco de Marroquín*.
- Rojas, R. (noviembre de 2009). Protección en baja tensión discriminando entre defectos de instalación y perturbaciones eléctricas [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio de la Universidad Nacional del

Centro del Perú.

<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3567/Rojas%20Ordo%C3%B1ez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Romero, R. (11 de octubre de 2018). Más valor agregado para la alpaca. Expreso.  
<https://www.expreso.com.pe/opinion/mas-valor-agregado-para-la-alpaca/>

Roque, L., Ormachea, E. (2018). Características productivas y textiles de la fibra en alpacas Huacaya de Puno. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú.  
[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1609-91172018000400027](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172018000400027)

Rosas, A. (2012). Estudio de las principales características de la fibra de alpaca grasienta y de las condiciones de su proceso de lavado [Tesis de pregrado]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ingeniería.  
<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/169>

Salazar, B. (01 de noviembre de 2019). Poka-Yoke: A prueba de errores. Ingeniería Industrial Online.com  
<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/poka-yoke-a-prueba-de-errores/>

Saldaña, L. (2017). Categorización, clasificación y procesamiento industrial de la fibra de alpaca [Tesis de pregrado]. Repositorio de la Universidad Nacional de La Molina.  
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3428/salda%C3%B1a-perales-lorena-natali.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sánchez, J., Sanabria, E. (2016). Sistema de control de velocidad de un motor trifásico mediante un variador de frecuencia y sistema SCADA [Infografía].  
<https://core.ac.uk/download/pdf/84108358.pdf>

Schmid, S. (2006). The value chain of alpaca fiber in Peru, an economic analysis [El valor de la cadena de la fibra de Alpaca en Perú, un análisis económico]. [Tesis de posgrado, Institut für Agrarwirtschaft].  
<https://core.ac.uk/download/pdf/48032051.pdf>

Sermaqui Perú (20 de noviembre de 2018). Triplay fenólico de doble film de 18 mm.  
<https://sermaqui peru.com/triplay-fenolico-de-18-mm/>

- Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. (2017). Estándar guardas de protección [Infografía]. [https://cerroverde.pe/wp-content/uploads/2018/11/ssore0002\\_reglamento-interno-de-seguridad-y-salud-ocupacional\\_v.03.pdf](https://cerroverde.pe/wp-content/uploads/2018/11/ssore0002_reglamento-interno-de-seguridad-y-salud-ocupacional_v.03.pdf)
- Suárez, E. (10 de julio de 2018). Variadores de frecuencia, beneficios de los variadores Powerflex 4M. Elvatron. [https://www1.elvatron.com/variadores\\_frecuencia/beneficios-de-los-variadores-powerflex-4m](https://www1.elvatron.com/variadores_frecuencia/beneficios-de-los-variadores-powerflex-4m)
- SUNAT (02 de setiembre de 2020). Tipo de cambio oficial. <https://e-consulta.sunat.gob.pe/cl-at-ittipcam/tcS01Alias>
- SUNAT (14 de febrero de 2021). Tasas para la determinación del impuesto a la renta anual. <https://orientacion.sunat.gob.pe/index.php/empresas-menu/impuesto-a-la-renta-empresas/regimen-general-del-impuesto-a-la-renta-empresas/calculo-anual-del-impuesto-a-la-renta-empresas/2900-03-tasas-para-la-determinacion-del-impuesto-a-la-renta-anual>
- Terroba, J. (mayo de 2017). Implementación de una planta de procesamiento y comercialización de tops e hilados con fibra de alpaca para organizaciones de pequeños y medianos productores [Infografía]. <https://es.scribd.com/document/406972290/PLANTA-DE-PROCESAMIENTO-DE-TOPS-E-HILADOS-CON-FIBRA-DE-ALPACA-pdf>
- Vásquez, R., Gómez-Quispe, O., & Quispe, E. (2015). Características Tecnológicas de la fibra Blanca de Alpaca Huacaya en la zona altoandina de Apurímac. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1609-91172015000200007](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172015000200007)
- Von Bergen, W., Mauersberger, H. R. (1948). American Wool Handbook- A practical text and reference book for the entire wool industry. Textile Book Publishers, Inc. <https://archive.org/details/in.ernet.dli.2015.114968>
- Von Bergen, W., Mauersberger, H. R. (1969). American Wool Handbook- A practical text and reference book for the entire wool industry (2a). Textile Book Publishers, Inc. <https://archive.org/details/in.ernet.dli.2015.114968>

Wang, X., Wang, L., & Liu, X. (2003). The quality and processing performance of alpaca fibres [La calidad y rendimiento en el procesamiento de fibra de alpaca] Industries Research and Development Corporation.  
<https://www.agrifutures.com.au/wp-content/uploads/publications/03-128.pdf>





## **ANEXOS**

## Anexo 1: Cuadro comparativo del proceso de obtención de hilo a partir de fibra de alpaca por autor y origen

	AUSTRALIA / INDUSTRIAL	PERU / INDUSTRIAL	BOLIVIA, ECUADOR, PERU / ARTESANAL	INDUSTRIAL	PERU / INDUSTRIAL
	Wang, X.; Wang, L. ; Liu, X. (Noviembre de 2003)	Schmid,S. (2006)	Bonifacio, A. (2006)	Córdova, K. (2017)	Espejo, A. R. (2012).
ETAPA	Principales procesos en el procesamiento de la fibra de alpaca peinada	La cadena de valor de la fibra de alpaca, un análisis económico	Producción textil de fibras de camélidos sudamericanos en el área altoandina de Bolivia, Ecuador y Perú	Características productivas y textiles de la fibra de alpacas de raza Huacaya	Estudio de las principales características de la fibra de alpaca grasienta y de las condiciones de su proceso de lavado
ESQUILA	No aplica	No aplica	Se realiza la esquila en base a las NTP, a partir de los 18 meses de edad. Se evita todo tipo de stress y violencia con el animal. Se esquila en el siguiente orden: Flanco derecho, izquierdo y por último, las bragas.	En esta etapa se extrae el vellón de la alpaca, teniendo cuidado de ocasionar cortes o maltrato al animal. Se extrae el vellón de las bragas(patas, pecho, copete y barriga).  La primera esquila debe darse a los 12 meses, teniendo a lo largo de la vida del animal un total de 7 esquilas .	No aplica
			Maquinaria/Herramientas	Maquinaria/Herramientas	
			Manual: -Tijeras con patrón de cuchilla estándar y acabado de metal pulido. -Piedra de afilar o esmeril  Electromecánica: -Peines y cortantes -Asentadora o amoladora -Generador de energía eléctrica	-Tijeras -Cortadoras eléctricas -Sacos	
			Subproducto	Subproducto	
			Vellones de alpaca	Vellón de alpaca	
			Consideraciones técnicas	Consideraciones técnicas	

(continúa)

(continuación)

CLASIFICACIÓN	No aplica	A pesar de la existencia de las Normas Técnicas Peruanas, en la práctica, aún existen sistemas de clasificaciones diferentes las que varían entre productores y centros. Estas variaciones se dan principalmente en: colores y diámetro. Las mujeres realizan la clasificación, dividiendo en 5 lotes a los vellones categorizándolos según su finura.	La clasificación se hace según calidades. Dentro de las cuales se encuentran: -Alpaca Baby -Alpaca Flecce -Alpaca Medium Flecce -Alpaca Huarizo -Alpaca gruesa -Alpaca corta	No aplica	Separación de la fibra o lana con características iguales. Por: -Finura (micronaje) -Longitud -Color Se realiza sobre vellón. Clasificación varía según institución. La merma (5-10%) varía según especie y procedencia.
		Maquinaria/Herramientas	Maquinaria/Herramientas		Maquinaria/Herramientas
		Proceso manual	Proceso Manual (Técnicas visuales y tacto)		Proceso Manual (Vista y tacto)
		Subproducto	Subproducto		Subproducto
		Fibra clasificada según calidades con impurezas aún presentes	Fibra clasificada según calidades.		
		Consideraciones técnicas	Consideraciones técnicas		Consideraciones técnicas
		Conocimiento de técnicas visuales y de tacto Merma de 5 a 10% debido a humedad y al suelo de la región	Se basa en experiencia		Fibra clasificada

(continúa)

(continuación)

APERTURA	No aplica	La fibra aún posee residuos vegetales, sustancias insolubles, materia mineral, humedad. Se realiza un proceso mecánico a fin de eliminar impurezas, arena y demás residuos, pero sin perder de vista el daño a la fibra, pues se debe evitar daños drásticos a la misma.	No aplica	La fibra pasará por un proceso de corte para dar homogeneidad a la fibra. En este proceso también se considera importante la mezcla con aceites y cohesionantes a fin de proveer mayor fluidez al proceso de cardado.	El vellón es despedazado para facilitar su carga al lavadero, abrir la materia para un eficaz y eficiente lavado y eliminar la contaminación mineral y vegetal. Las fibras dejan de estar paralelas y se hacen propensas a enredo afieltrado.
		Maquinaria		Maquinaria	Maquinaria
		Máquina de apertura industrial		- Máquina aperturadora - Máquina dosificadora de líquidos	Equipo de apertura de doble cilindro - BERGEN, 1963 Diferencia de velocidades lineales debe ser lo más pequeña posible igual que la distancia entre las puntas de las respectivas guarniciones.
		Subproducto			
		Fibra aperturada		Fibra lubricada lista para cardar	Fibra aperturada
		Consideraciones técnicas		Consideraciones técnicas	Consideraciones técnicas
		Evaluar constantemente correcta eliminación del polvo Regular cualquier impacto drástico de la máquina sobre la fibra		Considerar longitudes de corte aproximada a 10 cm.	Fundamental la diferencia de velocidades lineales entre los cilindros abridores. A mayor diferencia de velocidades, mayores las roturas. Densidad de las puntas de los cilindros abridores es menor que en el tratamiento de la lana.

(continúa)

(continuación)

LIMPIEZA / BATANADO/ BATIDO/ SACUDIDO	No detalla	La limpieza se realiza dentro del batido	Se realiza una limpieza manual a manera superficial	Se realiza retiro de polvo y limpieza de impurezas manualmente	Eliminación de polvo e impurezas en fibra, como contaminación mineral, suciedad orgánica no proteica. Puede mejorar rendimiento de lavado.
			Maquinaria	Maquinaria	Maquinaria
			Proceso manual	Proceso manual	Manual: Retiro de suciedad del fondo de eliminador de impurezas.  Electromecánico: Polvo extraído con ventilador expulsor.  Máquinas: Batidora moderna gradual - Stewart, 1985 Partes: -Cilindros con púas -Deflectores -Grillas (contaminante cae por gravedad y batido, y es extraído por aspiración neumática)
			Subproducto	Subproducto	Subproducto
			Fibra limpia superficialmente	Fibra relativamente limpia	No detalla
			Consideraciones técnicas	Consideraciones técnicas	Consideraciones técnicas
			No aplica	No detalla	No detalla

(continúa)

(continuación)

PREPARACIÓN PARA LAVADO	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Reducción de contaminación mineral y suciedad orgánica no proteica. La fibra aperturadas coloca en alimentadora automática manualmente o por medio de fajas transportadoras
					Maquinaria
					Fibra aperturadas se coloca en alimentadora automática manualmente o por medio de fajas transportadoras.  Máquinas: Cargador vertical tradicional-STEWART,1985 Va al lado de la primera tina de lavado.  Partes: -Telera alimentadora horizontal -Telera vertical con púas -Cilindro peinador con púas/ Peine vibrador (púas descendentes): Peina contra la telera (púas ascendentes). -Cargador: Nivel adicional de apertura.

(continúa)

(continuación)

LAVADO/ DESENGRASADO	En este proceso se remueven las fibras grasosas por medio de un lavado acuoso donde también se eliminan los contaminantes de grasa, suciedad y proteínas; Sin embargo, aún quedan residuos vegetales como residuos. Cabe resaltar que las condiciones de lavado serán más suaves mientras menos sea la cantidad de grasa en la fibra.	En esta etapa se eliminan sustancias insolubles, impurezas y contaminantes utilizando agua relativamente caliente y detergente. La fibra pasa por 3 tinas: -Primera tina: Se eliminan contaminantes, suciedad e impureza solo con agua -Segunda tina: Contiene detergente y se lleva a cabo procesos de emulsificación y disolución -Tercera tina: Se enjuaga la fibra, liberando de contaminantes, detergente y demás residuos	No aplica	No aplica	Reducción de contaminación mineral y suciedad orgánica no proteica.  -Primera tina: T 45°C, pH de 9,5, concentración de detergente 0,4%. -Segunda tina: T 50°C, agua más carbonato y detergente de sodio en dosis de 0,5% y 0,2 %. -Tercera tina: T 45°C, mismos componentes que segunda. -Cuarta tina: T 35°C, solo agua. -Quinta tina: T 24°C, solo agua.
	Maquinaria	Maquinaria			Maquinaria
	No detalla	Tinas de lavado industrial, contienen intercambiador de calor, entrada y salida de efluentes.			Tinas de lavado con sistema de transporte a rastrillara-Bergen,1963
	Subproducto	Subproducto			Subproducto
	Fibra lavada y desengrasada	Fibra lavada			Fibra lavada
	Consideraciones técnicas	Consideraciones técnicas			Consideraciones técnicas
	No detalla	Los aspectos para considerar son: -Las tinas deben estar a una temperatura entre 48 y 55°C. -Se utiliza alrededor de 50L de agua por cada kilogramo de fibra			La relación de baño de las tinas de lavado debe permanecer constante, el peso del material será comprobado antes de pasar al proceso de lavado.

(continúa)

(continuación)

SECADO INTERMEDIO	No aplica	Se secan las fibras a fin de prepararlas para el cardado. Cabe resaltar que este secado es un proceso costoso debido al suministro de energía necesario para que se lleve cabo.	No detalla	No detalla	Consiste en la evaporación del agua mediante aire caliente. Lana ingresa al secadero con un 45% de agua y a la salida se la obtiene un 13% de humedad. El exceso de humedad puede causar oxidación en las máquinas, exceso de nepsy procreación de bacterias en la fibra.
		Maquinaria			Maquinaria
		No detalla			Secadero de telera sin fin: El más utilizado. El agua se evapora por circulación de aire caliente, compresión o succión, la cual es forzada perpendicularmente a través de una capa ligera de fibras, las que serán llevadas en una faja transportadora horizontal. Secadero Fleissner Tiene una superficie externa en donde se deposita la materia a secar. La lana se adhiere al tambor por succión de aire caliente en el interior del cilindro. En la entrada, se encuentra el sistema cargador que distribuye la fibra sobre el primer cilindro y así consecutivamente hasta el último.
		Subproducto			Subproducto
		Fibra seca			Fibra seca
		Consideraciones técnicas			Consideraciones técnicas

(continúa)

(continuación)

LUBRICACIÓN/ REPOSO/ ENSIMADO	No aplica	En esta etapa se deja reposar la fibra ya seca en una habitación de reposo por al menos 10 horas con humedad controlada. Posteriormente, se lubrica las fibras con aceites a fin de minimizar la rotura de la fibra en procesos posteriores Se utilizará líquido antiestático para medir la carga estática de las fibras , por ende, su aglomeración. Además, será necesario	No aplica	Se realiza el ensimado, en el cual se adhieren cohesionantes y aceites para facilitar el cardado y demás procesos, además de evitar la rotura de la fibra	Ensimado consiste en proveer a la lana la grasa que haya sido eliminada en el lavado a fin de lubricarla y facilitar su procesamiento, ya que para hilar es necesario un continuo y prolongado deslizamiento de las fibras entre sí. El rocío se hace por medio de boquillas dispuestas a lo largo del dispositivo.
		Maquinaria		Maquinaria	Maquinaria
		No detalla		Dosificadora de líquidos	No detalla
		Subproducto		Subproducto	Subproducto
		Fibra lubricada y reposada		Fibra lubricada	Fibra lubricada
		Consideraciones técnicas		Consideraciones técnicas	Consideraciones técnicas  El aceite a rociarse será una mezcla de derivados ácidos grasos naturales y polioxietilenos (aniónicos e iónicos compatibles con tensoactivos aniónicos y no aniónicos). La cantidad de lubricante corresponde al 2-3% del peso del material a lubricarse.

(continúa)

(continuación)

CARDADO	<p>Permitirá convertir la fibra enredada en un sliver (fibra cardada) con una mejor paralelización de las fibras. Además, permite:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Abrir individualizar mechones de alpaca enredados y desgrasados previamente con una rotura de fibras mínima, mezclar los tipos de fibra uniformemente</li> <li>-Eliminar impurezas que causen defectos en la apariencia del hilo</li> <li>-Alinear fibras casi paralelamente, evitando daños en la fibra.</li> </ul>	<p>Se busca la paralelización de la fibra. Se evita el rompimiento de fibras en la individualización y proceso de paralelización propiamente, pues el factor más importante que se busca aquí es la longitud .</p>	<p>Se produce la eliminación de pelos cortos y restos pequeños, uniformizando las mechas.</p>	<p>Se carga la fibra a la cardadora, según la cantidad demandada por el cliente, para luego paralelizar la fibra y darle una dirección única a fin de tener un velo continuo y en cintas de peso y ancho definidos.</p>	<p>Fines principales:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Separar la fibra para desplazar individualmente en vez de en conjunto.</li> <li>-Desenredar aglomeraciones y fieltros de fibras.</li> <li>-Paralelizar las fibras y estirarlas.</li> <li>-Eliminar residuos vegetales.</li> <li>- Mezclar y homogenizar.</li> <li>-Entregar fibras más paralelas tipo mecha (sliver) en el caso de hilatura peinada, o de cintas finas (woolen roving) en cardada.</li> </ul> <p>Las cardas se abren, se pulen las fibras, se forma el velo y se lleva en forma de cinta.</p>
	Maquinaria	Maquinaria	Maquinaria	Maquinaria	Maquinaria
	Máquina cardadora	Máquina cardadora industrial	Máquina cardadora de madera (artesanal)	- Máquina cardadora - Divisores Después del peine vibrador, se divide el velo con ancho definido que pasará por cilindros acanalados o cilindros divisores.	Máquina cardadora: Partes: -Avantrén: Separa impurezas -Cilindro: Cardado
	Subproducto	Subproducto	Subproducto	Subproducto	Subproducto
	Fibra cardada	-Fibra cardada o sliver (peso y grosor definidos) -Bajo cardado (sirve para rellenar colchones)	Fibra cardada con fibras semi paralelizadas	Cintas con peso y ancho definido listas para hilar	Silver y bajo carda.
	Consideraciones técnicas	Consideraciones técnicas	Consideraciones técnicas	Consideraciones técnicas	Consideraciones técnicas
	No detalla	Residuos por considerar entre 2 y 3%	En esta etapa se deberá considerar: -Especificaciones para cada fibra -Requerimientos del cliente -Puede mezclarse con fibras naturales o sintéticas	No detalla	Merma alrededor de 4 a 7%.

(continúa)

(continuación)

ESTIRADO	Esta etapa será necesaria pues tiene una influencia notable en el peinado, puesto que da regularidad a la fibra, enderezándolas. Tiene como objetivo preparar a la fibra para el peinado ya que la fibra de alpaca es lisa y ondulada.	Endereza y paraleliza las fibras del sliver para la operación de peinado.	No aplica	No detalla	No detalla
	Maquinaria	Maquinaria			
	Pasajes de estirado	Máquina de estirado			
	Subproducto	Subproducto			
	Fibra cardada y estirada (sliver)	Sliver			
	Consideraciones técnicas	Consideraciones técnicas			
	En caso de fibras: -Cortas(Alpaca fina y Baby): 3 pasajes -Medianas y fuertes: 5 pasajes	No detalla			

(continúa)

(continuación)

	<p>El peinado es necesario para obtener hilo de alta calidad, caracterizado por la ausencia de fibras muy cortas(&lt;15mm) y de impurezas. Los objetivos en esta etapa serán:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Eliminar fibras cortas y fibras muy enredadas además de materias extrañas (impurezas)</li> <li>-Ordenar fibras largas restantes y ensamblarlas a un sliver continuo. Este sliver es importante para productos finos e hilos de estambre fuertes.</li> </ul>	<p>El peinado agregará valor a la fibra al organizar el resto de las fibras largas en una formación paralela ensamblándolas en una cinta continua.</p>	<p>Se paraleliza y uniformiza la fibra a fin de tener un mejor acabado final</p>	<p>No aplica</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Preparado: Las cintas entran a tres gills intersectings (estirado y doblado) de preparación donde se lleva a cabo el paralelizado.</li> <li>-Peinado: Las fibras se paralelizan por completo y se alinearán en relación al eje de la cinta.</li> <li>-La fibra continúa por dos pasajes acabadores (gills intersectings ), cuya función es seguir paralelizando las fibras y estirar para reducir el gramaje.</li> </ul>
	Maquinaria	Maquinaria	Maquinaria		Maquinaria
	Máquina peinadora	Máquina estiradora-peinadora (continua)	Máquina peinadora de madera (artesanal)		Máquina peinadora con grills intersectings.
PEINADO	Subproducto	Subproducto	Subproducto		Subproducto
	Fibra peinada o TOP	Fibra peinada de consistencia suave y de forma continua	Fibra peinada con fibras paralelizadas y uniforme.		Industrial: Mecha en bobina <b>(continúa)</b>
	Consideraciones técnicas	Consideraciones técnicas	Consideraciones técnicas		Consideraciones técnicas
	No detalla	Para obtener un hilo de calidad , dependerá de contar con hilo con fibras de longitud >15mm	No detalla		La longitud de las fibras es uno de los factores vitales. El promedio debe fluctuar entre 60-175 mm.

ACABADO	Se realizan operaciones adicionales de estirado para colocar las fibras o de parafinado según requerido por el cliente.	Los procesos de acabado final son muy uniformes pues se busca tratar la fibra con especial cuidado. Además, el acabado dependerá de los requerimientos del cliente como el caso del parafinado, mezclado con fibras, entre otros.	No aplica	Se puede realizar distintos tipos de acabado según los requerimientos del cliente, entre ellos tenemos: torsionado con más cabos (2 o 3), parafinado, alternar colores, entre otros.	
	Maquinaria	Maquinaria		Maquinaria	Maquinaria
	Retorno a máquina de estirado	No detalla específica		No detalla	
	Subproducto	Subproducto		Subproducto	Subproducto
	Top con acabado adicional	Top con acabado adicional		Hilo con acabado	
	Consideraciones técnicas	Consideraciones técnicas		Consideraciones técnicas	Consideraciones técnicas
	No detalla	No detalla		No detalla	

(continúa)

(continuación)

BLANQUEAMIENTO O TEÑIDO	<p>Puesto que la mayoría de las alpacas australianas son de colores distintos al blanco, y todos en diferentes tonos, será necesario eliminar el pigmento de las diferentes fibras coloreadas y teñirlas a un nuevo color.</p> <p>El blanqueo y teñido de los Tops puede ser apreciado más uniforme en los productos finales, pues el estirado post-top mezcla las fibras de manera homogénea</p>	<p>Puesto que la tonalidad varía mucho entre vellón y vellón, se blanquea las fibras para que luego se pueda obtener un teñido uniforme en toda la fibra.</p>	<p>Se realiza el teñido de los hilos en base a colores naturales o artificiales.</p>	No detalla	No detalla
	Maquinaria	Maquinaria	Maquinaria		
	Autoclaves de teñido	Autoclaves de teñido	No detalla		
	Subproducto	Subproducto	Subproducto		
	Fibra teñida	top teñido listo para bobinar	Hilo de fibra de alpaca teñido		
	Consideraciones técnicas	Consideraciones técnicas	Consideraciones técnicas		
	Considerar un proceso adicional de estirado post-top	Entre más temprano en el proceso se inicie el teñido, más uniforme será el color	Considerar colores requeridos por el cliente		

(continúa)

(continuación)

HILADO/ BOBINADO	No detalla	En esta etapa se transforman los tops a hilo siguiendo el siguiente proceso: -En el primero: las máquinas solo actúan sobre el grosor del top, dándole continuidad y haciéndolo más fino -Segundo: Se atrae la fibra a una rosca fina que le da torsión definida para proveer resistencia a la ruptura -La torsión de la rosca se estabiliza , y se conecta a varios hilos obteniendo una longitud determinada	En este proceso se elaboran los distintos hilos de diferentes calidades, mezclas, colores naturales o artificiales y títulos.	Una vez que ya se tengan las cintas, se debe dar resistencia y homogeneidad al hilo, por lo que las cintas resultantes de la cardadora pasarán directamente a la hiladora continua de anillos. Aquí también se llevará a cabo la torsión y estiramiento del hilo.  Para torsión e hilo se utilizan máquinas vaporizadores.	No aplica
	Maquinaria	Maquinaria	Maquinaria		
	Máquinas hiladoras industriales	Máquina hiladora (industrial, semi-industrial o artesanal)	- Máquinas vaporizadores - Rueda de torsión		
	Subproducto	Subproducto	Subproducto		
	Hilo de fibra de alpaca	Hilo a partir de fibra de alpaca	Hilo de fibra de alpaca		
	Consideraciones técnicas	Consideraciones técnicas	Consideraciones técnicas		
	Los residuos por considerar están entre 1 y 2% del total Se pueden combinar estos hilos con otros más fuertes	No detalla	Los rangos admisibles para la torsión y el estiramiento deben ser considerados según las partidas de exportación.		

## **Anexo 2: Ficha técnica de máquina de apertura semi-industrial de fibra de alpaca (versión 1)**



### FICHA TÉCNICA DE MÁQUINA DE APERTURA Y LIMPIEZA PARA FIBRA DE ALPACA

DESPIECE DE PARTES Y ENSAMBLES



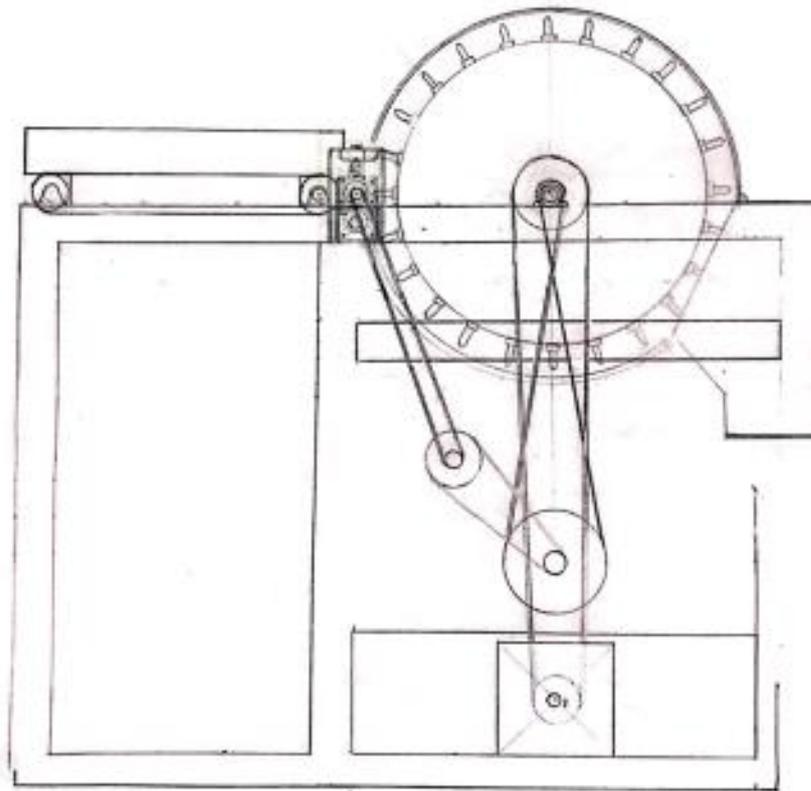
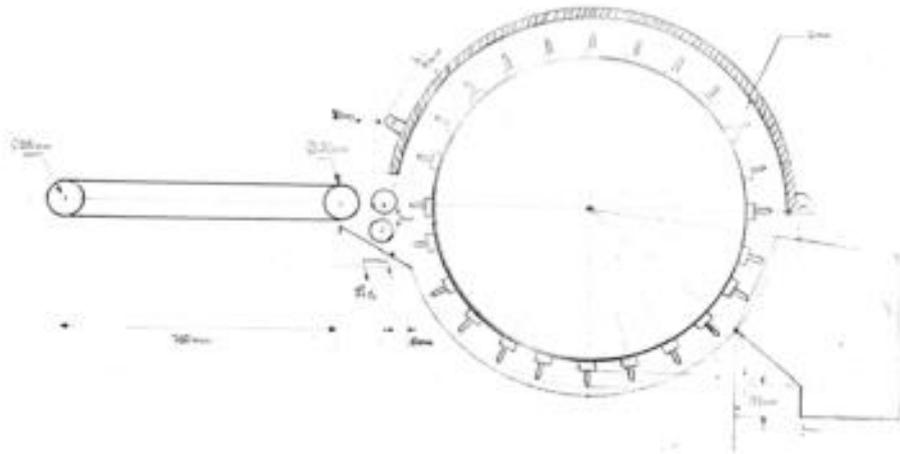


## DESCRIPCIÓN GENERAL

EL PROCESO CONSISTE EN ABRIR Y SEPARAR LA FIBRA ENTRE SÍ, GENERANDO UN MOVIMIENTO ROTATORIO EL CUAL DESENREDA EL PELAJE QUE SE VA DESPOJANDO DEL POLVO Y OTROS RESIDUOS QUE GENERAN LAS MERMAS EXISTENTES EN ESTE SECTOR. LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS QUE SE ENCUENTRAN ADHERIDAS A LA LANA CAEN, Y SON DEPOSITADAS EN RECIPIENTES EN UN AMBIENTE CONTIGUO. EN LA ABRIDORA LAS FIBRAS DEJAN DE ESTAR PARALELAS UNAS A OTRAS VOLVIÉNDOSE MÁS PROPENSAS AL ENREDO Y AFIELTRADO.



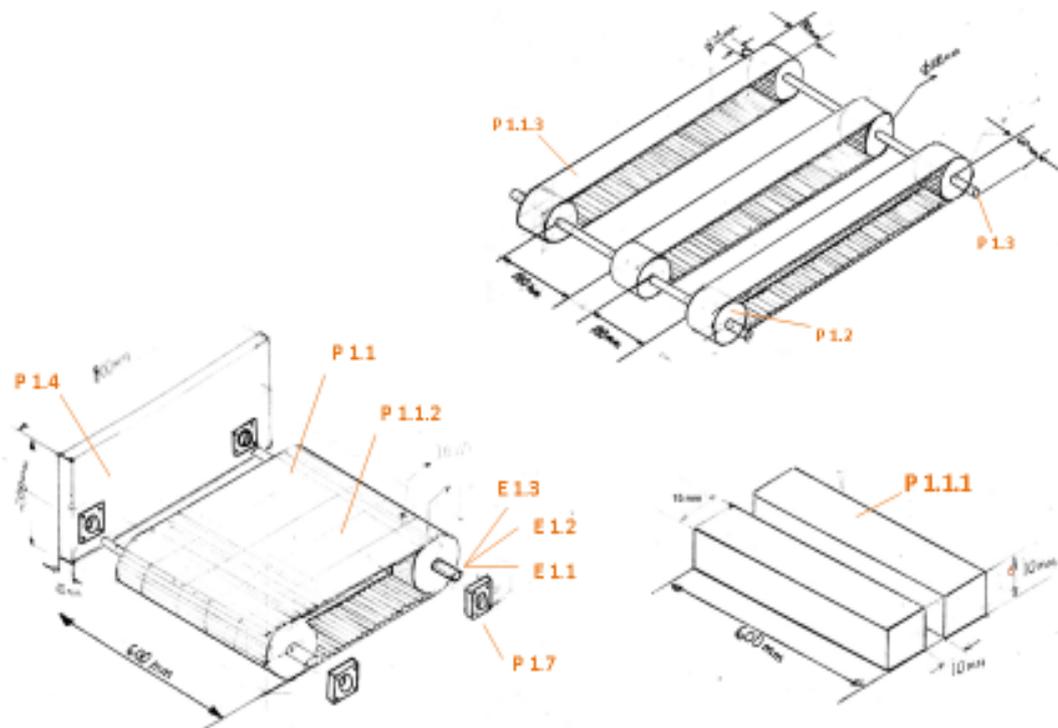
## VISTA LATERAL



# COMPONENTES

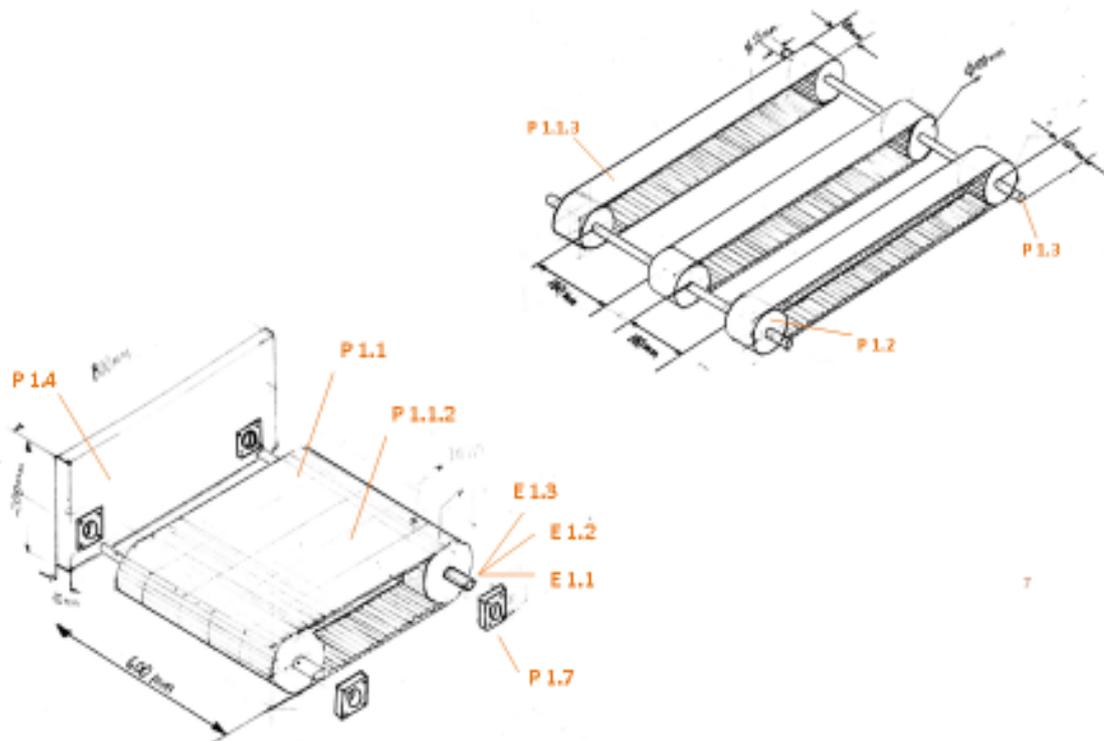
## P1 TELERA

Partes	Sub-partes	Descripción	Material	Cantidad	Dimensiones (mm)			Proceso
					Long.	Ancho	Alto	
P1.1	Faja de telera	<b>Tablillas de madera:</b> 58 maderas talladas en tornillo de 25 mm x 600 mm Luego del tallado se realizará un barnizado y posterior remachado a las fajas. Permite transportar la fibra. Debe ser un tipo de madera duro y seco.	Madera tornillo	58	25	600	10	SERVICIO A TODO COSTO BRINDADO POR PROVEEDOR: Cerrado de banda de transmisión Cerrado, vulcanizado de fajas planas de transmisión. Tallado y barnizado de tablillas de madera. Espernado de maderas a las fajas. Ensamble de todas las piezas de la faja de telera.
		<b>Banda de transmisión de LONA MONARCA:</b> Base en la cual se colocan tablillas de madera que permiten el traslado de la fibra desde el punto inicial de alimentación. Banda de transmisión telera de 1714.2 mm x 600 mm. Trama de algodón: 32 onzas N° de lonas: 2-8 lonas parafinadas Color: Beige Bordes cortados: Color rojo Tensión de trabajo: 5.5 kgs/cm (por lona) Alargamiento: 5% Fuerza de detención: 5.5 kgs/cm (por lona) Adhesión: 7kgs/pulgada Temperatura de uso: Hasta 90°C	Lona Monarca	1	1714.2	600	4	
		<b>Fajas planas de transmisión:</b> 3 fajas planas de transmisión de 4 lonas Monarca de 1714.2 x 60 mm de ancho vulcanizada. Permiten que la maderas no se deslicen sobre la lona, además servirán como punto de unión entre la madera y la lona.	Lona	3	1714.2	60	2	



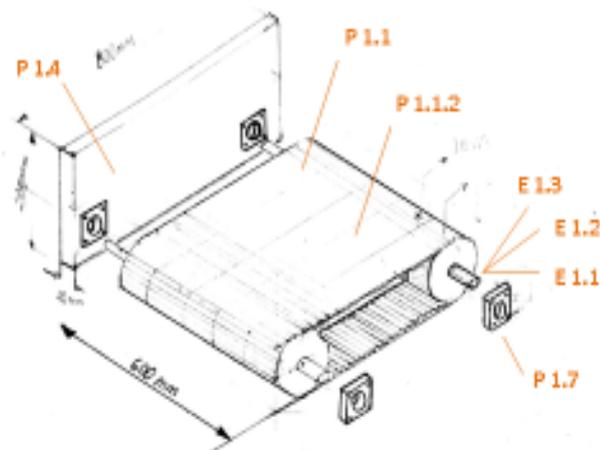
## COMPONENTES

Partes	Descripción	Material	Cant.	Dimensiones					Proceso
				Long.	Ancho	Alto	Diámetro		
							Int.	Ext.	
<b>P1.2</b>	<p><b>Polea dentada estructural - Teler</b></p> <p>Estructuras que permiten el desplazamiento de la faja transportadora, el movimiento de estos será transmitido por un piñón catalina.</p> <p>Polea dentada D.ext 100 mm x D.int 25 mm x 80 mm.</p>	Acero 1020	6	0	80	0	25	100	<p>SERVICIO A REALIZAR POR ULIMA:</p> <p>6 cortes de 80mm</p> <p>SERVICIO EXTERNO:</p> <p>Torneado de eje hasta D.ext 100mm x D.int 25 mm x 80 mm</p> <p>Fresado a 90° para colocar prisioneros que unan polea con eje transportador.</p>
<b>P1.3</b>	<p><b>Eje de giro de teler</b></p> <p>Eje que conecta impulso del motor, a través del piñón para el giro del cilindro.</p> <p>AC. H-1045 RED 25mm x 720mm</p> <p>Plancha de soporte para posicionamiento de ejes.</p>	Acero 1045	2	0	720	0	0	25	<p>Eje saliente 60 mm por lado</p>
<b>P1.4</b>	<p><b>Soportes de teler</b></p> <p>PLANCHA LAC A36 2.9X1200X2400MM - MIROMINA</p> <p>Longitud: 1200 mm</p> <p>Ancho: 2400 mm</p> <p>Epesor: 2.9 mm</p> <p>Norma técnica: ASTM A36/A36M</p> <p>Peso: 65.56 kg</p> <p>Composición: 0.25 C, 1.2 Mn, 0.04 P, 0.05 S, 0.4 Si</p> <p>Límite de fluencia (mín.): 2530 kg/cm<sup>2</sup> (250Mpa)</p> <p>Resistencia a la Tracción (mín.): 4080 kg/cm<sup>2</sup> (400 Mpa)</p>	Acero A36	2	800	4	200	0	0	<p>SERVICIO A REALIZAR POR ULIMA:</p> <p>Longitud: 2 cortes de 800 mm x 200 mm</p> <p>2 perforaciones: x: 50 mm, y: 50 mm</p> <p>x: 750 mm y: 50 mm</p>



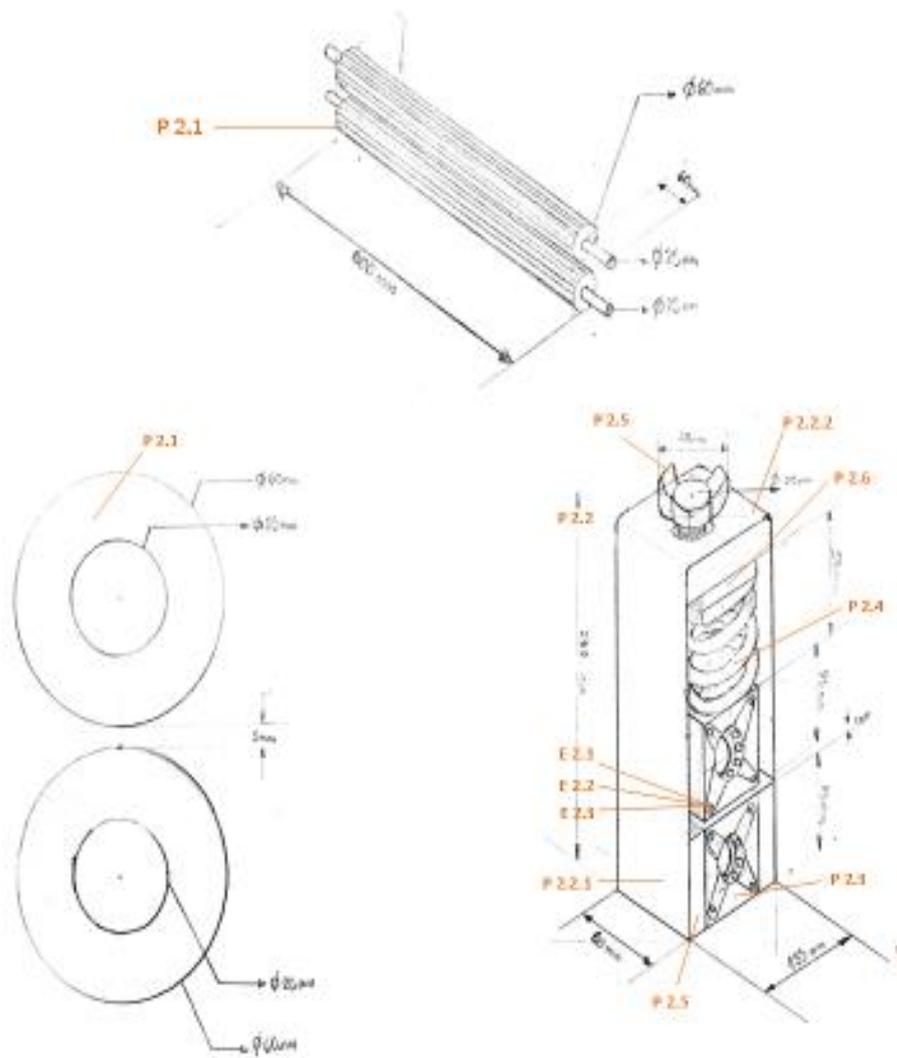
## COMPONENTES

	Partes	Descripción	Material	Cant.	Dimensiones				
					Long.	Ancho	Alto	Diámetro	
								Int.	Ext.
P1.5	Rodamiento con soporte de brida (pared - 4 pernos)	<p>Unidad de rodamiento con soporte de pie con anillo de fijación exocéntrico.</p> <p>Elemento mecánico que conecta un elemento que permite un elemento rotacional y un elemento fijo.</p> <p>Marca: SKF</p> <p>Modelo: FYK 25 FE (4 pernos)</p> <p>Rodamiento: E2.YET205</p> <p>Soporte: FYK 303</p> <p>Peso: 0,33 kg</p> <p>Vel. Maxi: 7000 rpm</p>		4	95	49	95	25	0
E1.1	Pernos rodamiento M10	<p>Elemento que permite asegurar el rodamiento a la superficie fija.</p> <p>PERNO HEX. 8.8 UNC M-10 x 30 NEGRO</p> <p>Longitud de parte roscada: 30 mm</p> <p>Tornillo 8.8 -Acero al carbono con o sin aditivos templado y revenido.</p> <p><math>R_t</math>: 800 N/mm<sup>2</sup> de resistencia a la tracción</p> <p><math>R_e</math>: 640 N/mm<sup>2</sup> de límite elástico</p> <p>Par recomendado: 4,2/37 Nm/pulg./bf</p> <p>Cabeza hexagonal según la normativa ISO 4014:1999.</p>	Fierro negro	16	0	0	16	0	M10
E1.2	Arandela de muelle M10	<p>Dispositivo usado en montajes de sistemas de apretado bien definidos, ya que contribuyen a asegurar piezas flexibles y/o sometidas a medios de temperatura cambiantes.</p> <p>Permite fijación de tornillo o perno al eje de ajuste del rodamiento.</p>	Zinc	16	0	0		M10	0
E1.3	Arandela plana M10	<p>Elemento en forma de disco, con apertura céntrica utilizado para repartir de forma homogénea la fuerza de apriete en la superficie.</p> <p>ARANDELA PLANA M-10 ZINC.</p> <p>Diámetro interior: 11 mm</p> <p>Diámetro exterior: 20</p> <p>Altura: 2 mm</p>	Zinc	32	0	0	2	11	20



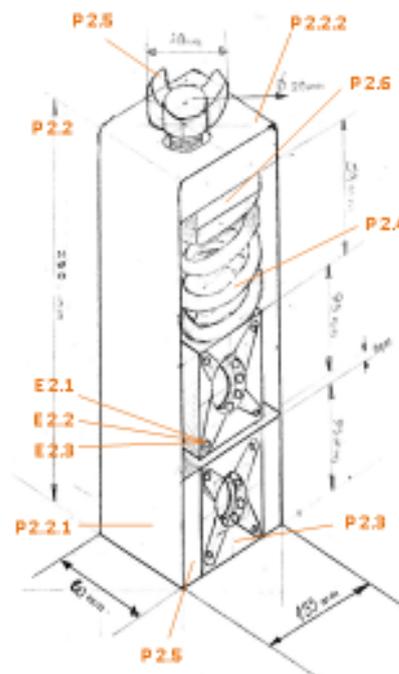
## P2 CILINDROS ALIMENTADORES

Partes	Descripción	Material	Cant.	Dimensiones					Proceso
				Long.	Ancho	Alto	Diámetro		
							Int.	Ext.	
P2.1	<p>Estos cilindros alimentan con fibra al tambor a fin de que sea aperturada. El movimiento y sentido de los mismos es realizado por la transmisión del motor pero llega por medio de un sistema de transmisión.</p> <p>ALUMINOILD RED 80mm x 600mm</p>	Duraluminio (Alumold extra)	2	0	600	0	25	60	<p>SERVICIO A REALIZAR POR ULIMA: Tornado hasta 60mm (Ancho: 600 mm) Tornado hasta llegar a 25mm (Ancho: 60 mm a cada extremo)</p> <p>SERVICIO EXTERNO: Cilindros acanalados/moleteados</p>



## COMPONENTES

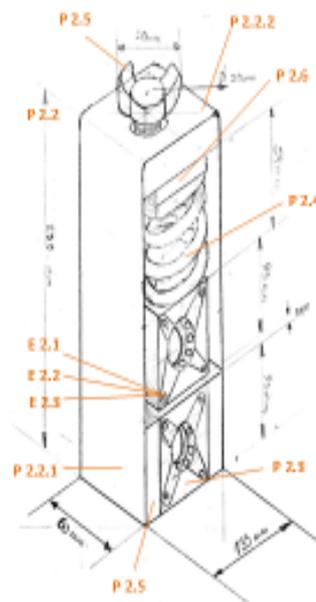
Partes	Descripción	Material	Cant.	Dimensiones					Proceso
				Long.	Ancho	Alto	Diámetro		
							Int.	Ext.	
P2.2 Buje	<b>Placa lateral:</b> Actúa como un bloque de soporte para los cilindros alimentadores.  PLANCHA LAC A36 2.9X1200X2400MM - MIROMINA Longitud: 1200 mm Ancho: 2400 mm Espesor: 2.9 mm Norma técnica: ASTM A36/A36M Peso: 65.56 kg Composición: 0.25 C, 1.2 Mn, 0.04 P, 0.05 S, 0.4 Si Límite de fluencia (mín.): 2530 kg/cm <sup>2</sup> (250Mpa) Resistencia a la Tracción (mín.): 4080 kg/cm <sup>2</sup> (400 Mpa)	Acero A36	2	3	50	250	0	0	SERVICIO A REALIZAR POR ULIMA: 2 cortes de 250 mm x 50 mm
	Placa superior e inferior: PLANCHA LAC A36 2.9X1200X2400MM - MIROMINA Longitud: 1200 mm Ancho: 2400 mm Espesor: 2.9 mm Norma técnica: ASTM A36/A36M Peso: 65.56 kg Composición: 0.25 C, 1.2 Mn, 0.04 P, 0.05 S, 0.4 Si Límite de fluencia (mín.): 2530 kg/cm <sup>2</sup> (250Mpa) Resistencia a la Tracción (mín.): 4080 kg/cm <sup>2</sup> (400 Mpa)	Acero A36	1	135	60	3	0	0	SERVICIO A REALIZAR POR ULIMA: 1 corte de 135 mm x 60 mm



10

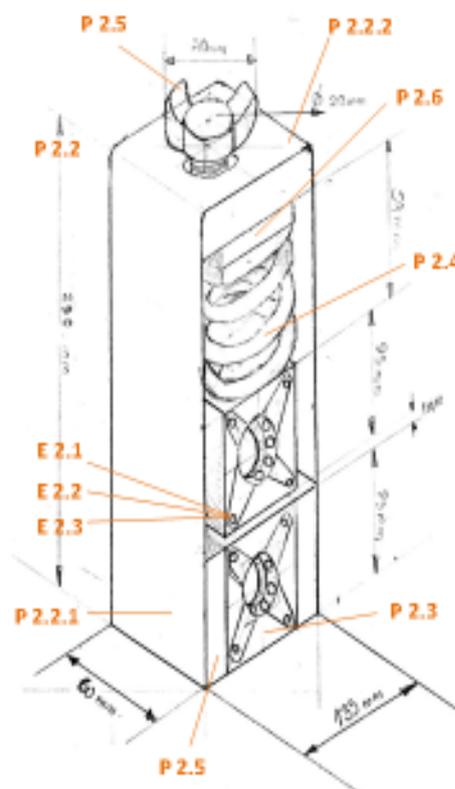
## COMPONENTES

Partes	Descripción	Material	Cant.	Dimensiones					Proceso
				Long.	Ancho	Alto	Diámetro		
							Int.	Ext.	
<b>P2.3</b> Rodamiento con soporte de brida (pared - 4 pernos)	<p>Unidad de rodamiento con soporte de brida cuadrada con anillo de fijación excéntrico. Elemento mecánico que conecta un elemento que permite un elemento rotacional y un elemento fijo.</p> <p>Marca: SKF Modelo: FYK 25 FE (4 pernos) Rodamiento: E2.YET205 Soporte: FYK 505 Peso: 0.33 kg Vel. Maxi 7000 rpm</p>		4	95	49	95	25	135	
<b>P2.4</b> Resorte	<p>Resorte de compresión. Elemento que cumplirá la tarea de amortiguador para la regulación de separación entre cilindros alimentadores.</p>		2	0	0	44	0	89	
<b>P2.5</b> Tornillo regulador	<p>Tornillo que procura el empuje para la deformación del resorte, que deriva en el acercamiento o alejamiento de los cilindros alimentadores. Elemento que brinda estabilidad al resorte y en el medio de regulación entre el tornillo y este.</p>		2	0	0	!	20	40	Diam. Tornillo: 20 mm Aleronc: 40 mm
<b>P2.6</b> Tapa de regulación del resorte	<p>PLANCHA LAC A36 9X1200X2400MM - MROMINA Longitud: 1200 mm Ancho: 2400 mm Espesor: 9 mm Norma técnica: ASTM A36/A36M Peso: 203.47 kg Composición: 0.25 C, 1.2 Mn, 0.04 P, 0.05 S, 0.4 Si Límite de fluencia (min.): 2530 kg/cm<sup>2</sup> (250Mpa) Resistencia a la Tracción (min.): 4080 kg/cm<sup>2</sup> (400 Mpa)</p>	Acero A36	2	120	60	9	0	0	SERVICIO A REALIZAR POR ULIMA: 2 cortes de 120 mm x 60 mm



## COMPONENTES

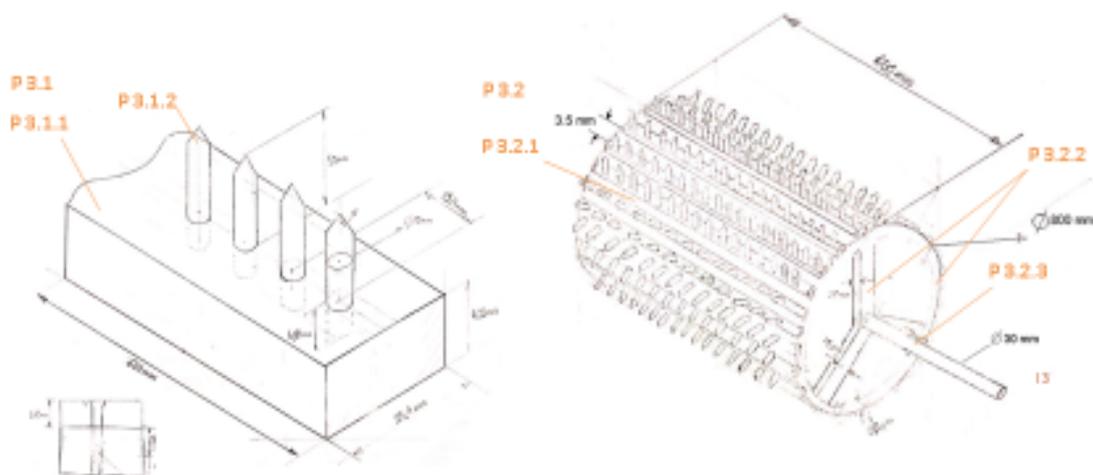
	Partes	Descripción	Material	Cant.	Dimensiones					Proceso
					Long.	Ancho	Alto	Diámetro		
								Int.	Ext.	
E2.1	<b>Pernos rodamiento M10</b>	Elemento que permite asegurar el rodamiento a la superficie fija.  PERNO HEX. 8.8 UNC M-10 x 30 NEGRO Longitud de parte roscada: 30 mm Tornillo 8.8 -Acero al carbono con o sin aditivos templado y revenido. 8: 800 N/mm2 de resistencia a la tracción 8: 640 N/mm2 de límite elástico Par recomendado: 4.2/37 Nm/pulg.lbf Cabeza hexagonal según la normativa ISO 4014:1999.	Fierro negro	16	0	0	15	0	M10	
E2.2	<b>Arandela de muelle M10</b>	Dispositivo usado en montajes de sistemas de apretado bien definidos, ya que contribuyen a asegurar piezas flexibles y/o sometidas a medios de temperatura cambiante. Permite fijación de tornillo o perno al eje de ajuste del rodamiento.	Zinc	16	0	0			M10	
E2.3	<b>Arandela plana M10</b>	Elemento en forma de disco, con apertura céntrica utilizado para repartir de forma homogénea la fuerza de apriete en la superficie.  ARANDELA PLANA M-10 ZINC Diámetro interior: 11 mm Diámetro exterior: 20 Altura: 2 mm	Zinc	32	0	0	2	11	20	



12

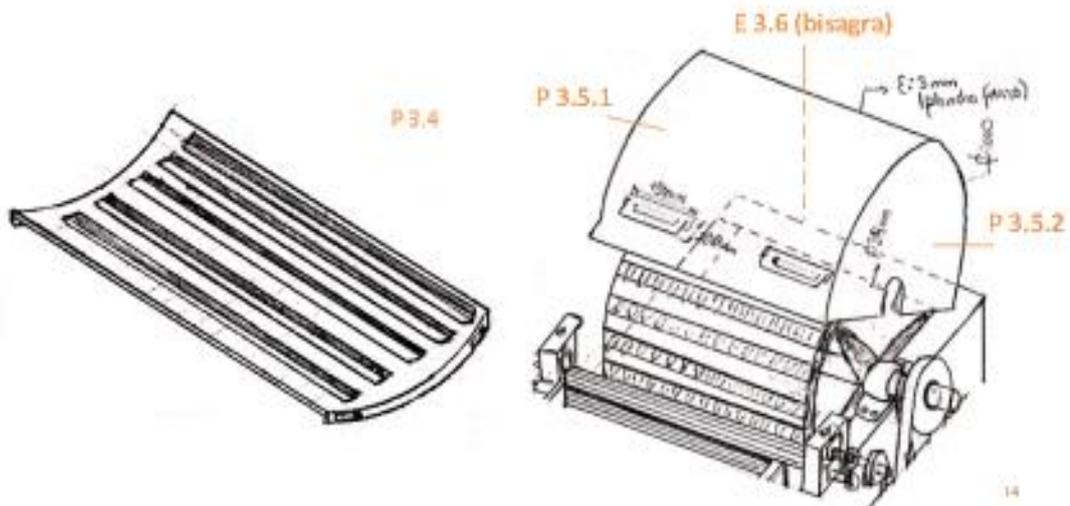
## P3 SISTEMA DE APERTURA

Partes	Descripción	Material	Cant.	Dimensiones						Proceso
				Long.	Ancho	Alto	Diámetro			
							Int.	Ext.		
P3.1 Guarnición de púas de apertura	P3.1.1 Regleta de púas: Tablilla que une y distribuye las púas a lo largo del tambor. Longitud total cubierta por tablilla de púas 711,2 mm PLANCHA AC A36	Acero A36	28	25.4	600	6.35	0	0	SERVICIO REALIZADO POR UUMA: 28 cortes de 600 mm x 25.4 mm.  SERVICIO EXTERNO: Planado y perforación de regleta de 600 mm x 25.4 x 6.35 mm con fresadora cincinada N°3. Separación entre centro de púas 25.4 mm	
	P3.1.2 Púas de apertura: Elemento con punta roma que incide en las fibras a fin de separarlas. 23 por tablilla x 28 tablillas Total 644  VARELLA AC. A36	Acero A36	644	0	0	56	0	10	SERVICIO EXTERNO: - Torneado de ejes hasta llegar a D.10 x 56.35, con una conicidad de 20°. - Insertar púas cortantes ya mecanizadas en agujeros perforados en la regleta. - Soldado posterior de púas cortantes con la regleta perforada por medio de soldadura TIG.	
P3.2 Tambor de apertura	P3.2.1 Gran tambor: Placa de acero que forma cobertura en forma de cilindro creando el tambor. Junto a tablillas de púas forma tambor con diámetro de 800 mm.	Acero A36	28	64.36	600	6.35	0	0	SERVICIO EXTERNO: - Rolado de cobertura cilíndrica (plancha de 6.35 mm x 2493.33 mm x 600 mm.) - Soldado para lograr cilindro D800 mm x 600 mm x 6.35 mm - Torneado/Cilindrado interior de D788 x L12.70 mm en ambos extremos para alojamiento de discos - Ensamblado total	
	P3.2.2 Poleas estructural de apertura: Elemento que brinda estructura al tambor. Las placas con y sin púas serán distribuidas sobre estas para llegar a la forma cilíndrica. Eje de giro de apertura: El eje del tambor permitirá que este último realice su movimiento rotacional	Acero A36	3	0	12	0	40	788	SERVICIOS EXTERNO: - Mecanizado de discos. D.ext 788mm x D.int 40 mm x L12 mm Espesor 9.5mm. - Unión de disco a cilindro con soldadura de arco eléctrico, con soldadura SUPERCITO E7018 de 1/8".	
	P3.2.3	Acero A36	1	720	0	0	0	40	SERVICIO EXTERNO: - Pre-mecanizado de eje. D32mm x L1100mm. Introducción de eje y soldado a dicho. Sumergimiento en cal para enfriamiento.	



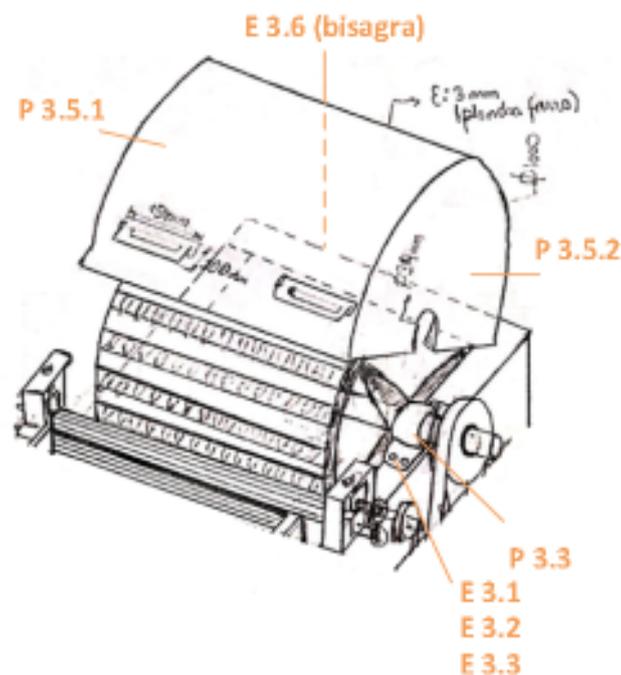
## COMPONENTES

Partes	Descripción	Material	Cant.	Dimensiones				Comentarios	
				Long.	Ancho	Alto	Diámetro Int. Ext.		
P3.4	Rejilla Elemento que permite limpiar los residuos e impurezas presentes en la fibra al estar en contacto con la rotación del tambor con púas.	Acero inoxidable	1	1452.42	600	2	0	Separación púa-rejilla: 6mm 924. SERVICIO EXTERNO: 64 - Rolado de placa cilíndrica (plancha de 1452.42 mm x 600 mm x 2 mm	
P3.5	Guarda Guarda Placa cilíndrica superior Evita el flujo de fibra(nerma) hacia el aire, además de servir como elemento protector ante cualquier contacto indeseado con las púas del tambor. PLANCHA LAC A36 2.9X1200X2400MM - MIROMINA Longitud: 1200 mm Ancho: 2400 mm Espesor: 2.9 mm Norma técnica: ASTM A36/A36M Peso: 65.56 kg Composición: 0.25 C, 1.2 Mn, 0.04 P, 0.05 S, 0.4 Si Límite de fluencia (mín.): 2530 kg/cm2 (250Mpa) Resistencia a la Tracción (mín.): 4080 kg/cm2 (400 Mpa) Guarda Placa lateral Evita el flujo de fibra(nerma) hacia el aire, además de servir como elemento protector ante cualquier contacto indeseado con las púas del tambor. PLANCHA LAC A36 2.9X1200X2400MM - MIROMINA Longitud: 1200 mm Ancho: 2400 mm Espesor: 2.9 mm Norma técnica: ASTM A36/A36M Peso: 65.56 kg Composición: 0.25 C, 1.2 Mn, 0.04 P, 0.05 S, 0.4 Si Límite de fluencia (mín.): 2530 kg/cm2 (250Mpa) Resistencia a la Tracción (mín.): 4080 kg/cm2 (400 Mpa)	Acero A36	1	922.7	600	3	0		
			Acero A36	2	1000	3	500	0	100



## COMPONENTES

	Partes	Descripción	Material	Cant.	Dimensiones				
					Long	Ancho	Alto	Diámetro	
								Int	Ext
P3.6	<b>Bisagra</b>	Elemento formado por dos piezas que tienen un eje común, el cual les permite moverse en conjunto para unir dos elementos.	Acero A36	3	100	300	3	0	0
P3.3	<b>Rodamiento con soporte de pie</b>	Elemento mecánico que conecta un elemento que permite un elemento rotacional y un elemento fijo. Marca: SKF Modelo: SKF 30 FE (2 pernos) Peso: 0.30 kg Vel. Maxi 7000 rpm	Acero, cerámicos y polímeros	2	159	45	82	30	0
E3.1	<b>Pernos rodamiento M12</b>	Elemento que permite asegurar el rodamiento a la superficie fija. PERNO HEX. 8.8 UNC M-12 x 40 NEGRO Longitud de parte roscada: 30 mm Tornillo 8.8 -Acero al carbono con o sin aditivos templado y revenido. 8: 800 N/mm <sup>2</sup> de resistencia a la tracción 8: 640 N/mm <sup>2</sup> de límite elástico Par recomendado: 4.2/37 Nm/pulg.lbf Cabeza hexagonal según la normativa ISO 4014:1999.	Acero de medio carbono templado y revenido	4	0	0	19	0	M12
E3.2	<b>Arandela de muelle M12</b>	Dispositivo usado en montajes de sistemas de apretado bien definidos, ya que contribuyen a asegurar piezas flexibles y/o sometidas a medios de temperatura cambiante. Permite fijación de tornillo o perno al eje de ajuste del rodamiento.	Zinc	4	0	0		M12	
E3.3	<b>Arandela plana M12</b>	Elemento en forma de disco, con apertura céntrica utilizado para repartir de forma homogénea la fuerza de apriete en la superficie.	Zinc	8	0	0		M12	



15



## P5 BANCADA

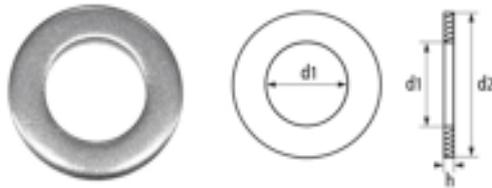
	Partes	Descripción	Material	Cant.	Dimensiones			Proceso
					Long.	Ancho	Alto	
P 5.1	<b>Soportes - patas</b>	Soportes en forma de tubo cuadrado de 2 mm que brindan estabilidad y estructura a la máquina. TUBO CUADRADO 50 mm x 50 mm x 2mm x 6 m	Acero A36	6	50	2	890	SERVICIOS REALIZADO POR ULIMA:  6 cortes de 890 mm de longitud. Unión por soldadura con base de máquina
P 5.2	<b>Soporte de máquina longitud</b>	Soportes en forma de tubo cuadrado de 2 mm que brindan estabilidad y estructura a la máquina. TUBO CUADRADO 50 mm x 50 mm x 2mm x 6 m	Acero A36	2	2000	2	50	
P 5.3	<b>Soporte de máquina ancho</b>	Soportes en forma de tubo cuadrado de 2 mm que brindan estabilidad y estructura a la máquina. TUBO CUADRADO 50 mm x 50 mm x 2mm x 6 m	Acero A36	2	2	626	50	
P 5.4	<b>Soportes a piso -Tambor principal</b>	Soportes en forma de tubo cuadrado de 2 mm que brindan estabilidad y estructura a la máquina. TUBO CUADRADO 50 mm x 50 mm x 2mm x 6 m	Acero A36	4	626	2	50	SERVICIOS REALIZADO POR ULIMA:  4 cortes de 626 mm de longitud. 2 cortes de 45° en cada esquina de las barras ya cortadas. Unión por soldadura de 4 piezas en forma de cuadrado.
P 5.5	<b>Soportes a piso 1 - Motor tambor principal</b>	Soportes en forma de tubo cuadrado de 2 mm que brindan estabilidad y estructura a la máquina. TUBO CUADRADO 50 mm x 50 mm x 2mm x 6 m	Acero A36	4	800	2	50	SERVICIOS REALIZADO POR ULIMA:  2 cortes de 800 mm de longitud. 2 cortes de 45° en cada esquina de las barras ya cortadas. Unión por soldadura Soportes a piso 2 en forma de cuadrado.
P 5.6	<b>Soportes a piso 2 - Motor tambor principal</b>	Soportes en forma de tubo cuadrado de 2 mm que brindan estabilidad y estructura a la máquina. TUBO CUADRADO 50 mm x 50 mm x 2mm x 6 m	Acero A36	4	300	2	50	SERVICIOS REALIZADO POR ULIMA:  2 cortes de 300 mm de longitud. 2 cortes de 45° en cada esquina de las barras ya cortadas. Unión por soldadura Soportes a piso 2 en forma de cuadrado.





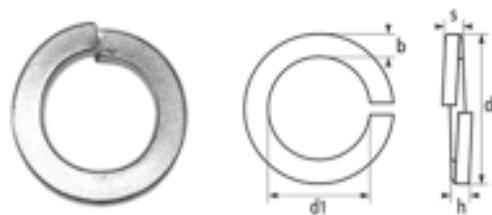
## COMPLEMENTOS

### ARANDELA PLANA



d1	para	d2	h
6.4	M6	12	1.6
7.4	M7	14	1.6
8.4	M8	16	1.6
10.5	M10	20	2
13.0	M12	24	2.5
15.0	M14	28	2.5
17.0	M16	30	3
19.0	M18	34	3

### ARANDELA DE PRESIÓN



d1	para	d2	b	h	s
6.1	M6	11.8	2.5	3.2	1.6
8.1	M8	14.8	3	4	2
10.2	M10	18.1	3.5	4.4	2.2
12.2	M12	21.1	4	5	2.5
14.2	M14	24.1	4.5	6	3
16.2	M16	27.4	5	7	3.5
18.2	M18	29.4	5	7	3.5

## MONTAJES

### RODAMIENTOS

1. Elimine las rebabas del eje con tela de esmeril o una lima fina. Limpiela con un paño y compruebe al diámetro del eje
2. Monte en el eje los componentes que se encuentren entre los dos rodamientos.
3. Limpie la base del rodamiento y su superficie de apoyo, asegurándose que sea plana y lisa. En el caso de unidades de pie, se si ajusta la elevación con chapas calibradas, estas deben cubrir todo el largo y ancho de la base de la unidad.
4. Deslizar el primer rodamiento sobre el eje.
5. Dije la segunda unidad de rodamiento en el eje. Para las unidades de pie, alinearlas y luego ajustar los tornillos de fijación en la base del soporte.
6. Alinear el eje y si es posible girar un par de veces.
7. Asegurar unidades de rodamientos

## Anexo 3: Lona Monarca características más importantes

### FAJA DE TRANSMISIÓN "MONARCA"

#### DESCRIPCIÓN

Confeccionando en Jebe y lona para transmisión con bordes cortados y tejidos de lonas parafinadas de 32 onzas.  
Faja MONARCA ha diseñado para Servicio Liviano y Pesado de gran flexibilidad con adaptación a cualquier polea es menos resbalamiento a causa de impregnado de jebe.

Las correas MONARCA fabricada de varias capas de tejido con lonas parafinadas y engomado

Son el tipo ideal para todas las transmisiones corrientes. La selección de los materiales empleados así como la construcción de las correas se basan en las recientes experiencias técnicas y los métodos de fabricación más avanzados, y por lo tanto los más modernos.

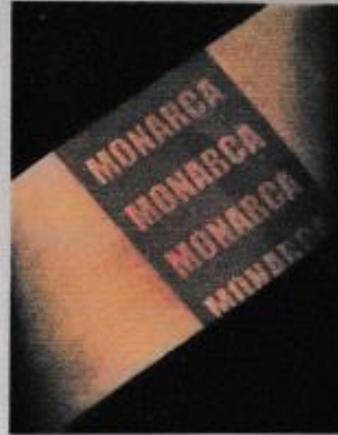
#### PRINCIPALES CAMPOS PARA SU UTILIZACIÓN

Durante muchos decenios las correas MONARCA de goma y tejido producidas por la MONARCA han sido elementos muy valiosos y seguros siempre a disposición de los constructores para solucionar los problemas de transmisión que se les plantean en empresas industriales, talleres de artesanado y en la agricultura. Las correas planas MONARCA son conocidas en todos los continentes. Han probado su elevada eficiencia en todos sus usos bajo la más distintas influencias climatológicas. Su inmejorable calidad y gran duración y su seguridad de servicio contribuyen de manera decisiva a la rentabilidad, por su economía y su seguridad tanto en la fase técnica como en la del manejo por parte del personal, traduciendo en una enorme reducción de los gastos de producción.

Hoy en día se utilizan aún principalmente en trilladoras y cosechadoras, molinos y elevadores de toda clase, industria de la madera y en los talleres más diversos. Además, se prestan de manera, ideal para el uso en minas, canteras, talleres de reparación de Ferrocarriles, para la industria del automóvil y la de tejidos así como para la aplicación en cualquier máquina herramienta.

Los ejemplos que acaban de citarse no son completos. Solamente sirven de orientación.

Las correas de transmisión MONARCA, son correas planas, tipo Standard, de gran rendimiento, que se pueden utilizar para todo tipo de transmisión y transportadora ya sea esta con mucha o poca carga.



#### DATOS TÉCNICOS

Trama de Algodón	: 32 onzas
Nº de lonas	: de 2 a 8 lonas parafinadas
Ancho	: desde 1" hasta 48"
Color	: Beige
Borde cortados	: Color rojo
Marca registrada	: MONARCA
Procedencia	: Inglaterra
Tensión de trabajo	: 5.5kgs/cm. Por Lona (pliegues).
Alargamiento	: 5%
Fuerza de Detención	: 5.5kgs/cm. Por lona (Pliegues)
Adhesión	: 7 kgs/pulgada (Inches)
Temperatura de uso	: Hasta 90°C.

## Anexo 4: Factor de seguridad por uso para fajas de poleas

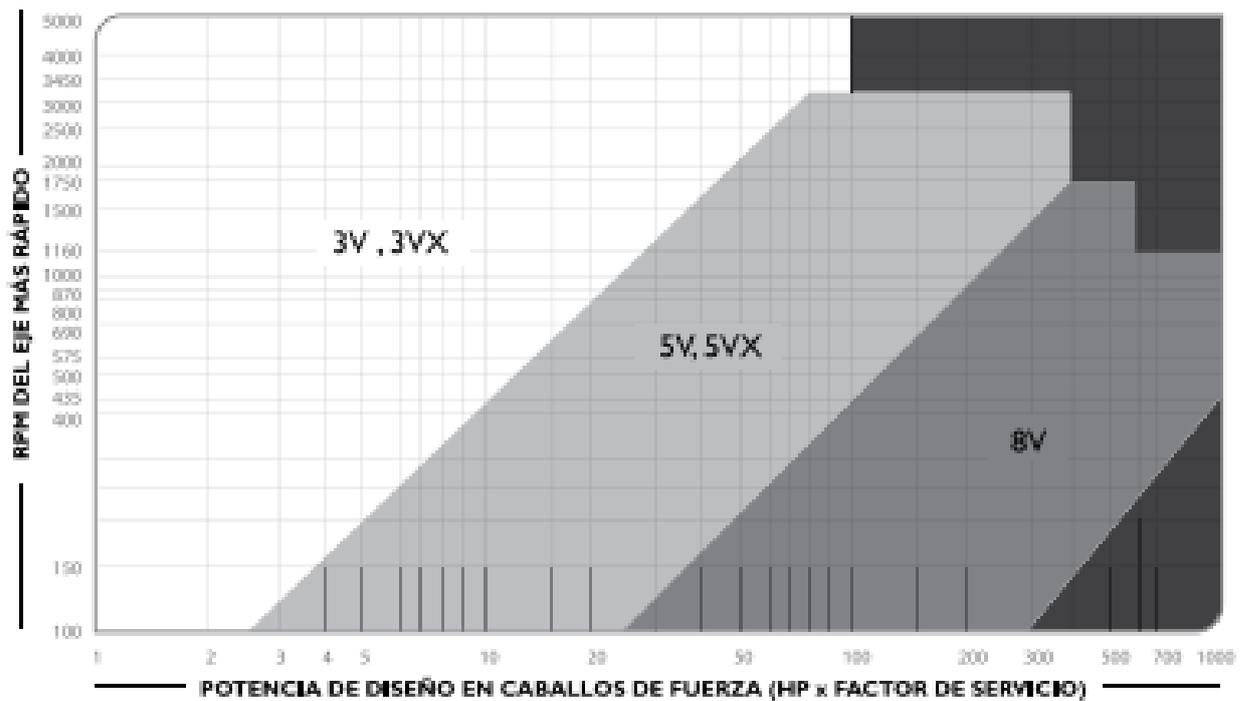
TIPOS DE MÁQUINAS O EQUIPOS	SERVICIO INTERMITENTE	SERVICIO NORMAL	SERVICIO CONTINUO
Agitadores para líquidos Sopladores y aspiradoras Transportadores de trabajo ligero Ventiladores de hasta 10 caballos de fuerza	1.1	1.2	1.3
Transportadores de banda para arena, grano, etc Bombas rotativas de desplazamiento positivo Máquinas herramientas Maquinaria de lavandería Mezcladores de masa Ejes de línea Generadores Maquinaria de imprenta Taladros-prensas-cortadores Cribas giratorias y vibratorias Ventiladores de mas de 10 caballos de fuerza	1.2	1.3	1.4
Maquinaria para aserrios y trabajos en madera Transportadores (arrastre o tornillo) Compresores de pistón Molinos de martillo Pulverizadores Excitadores Maquinaria textil Bombas de pistón Elevadores cangilones Maquinaria para ladrillos Sopladores de desplazamiento positivo	1.4	1.5	1.6
Trituradoras (giratorias-mandibula-rodillo) Extrusores-molinos de caucho Molinos de bolas Molacates	1.5	1.6	1.8



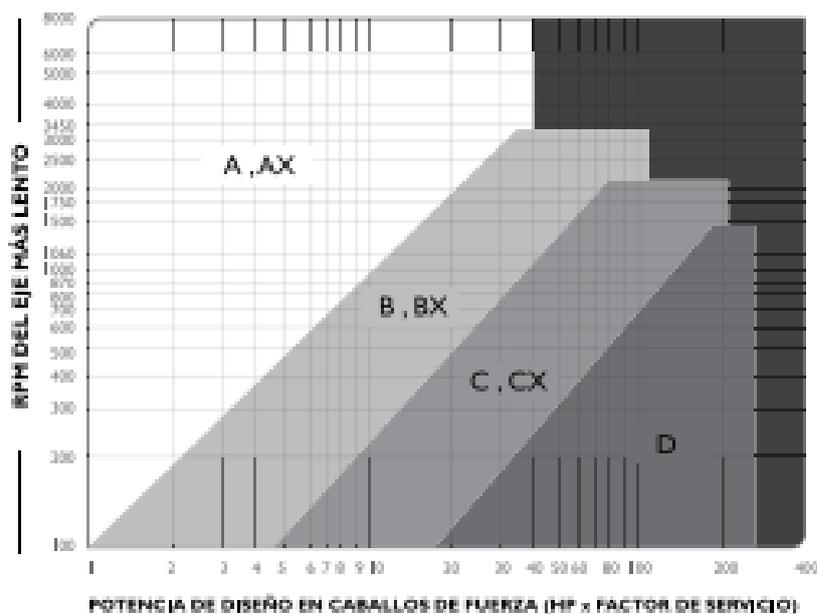
## Anexo 5: Tablas de selección de tipo de perfil y de faja

### TABLAS PARA SELECCIONAR EL TIPO O PERFIL DE LA CORREA

#### CORREAS ALTA CAPACIDAD



#### CORREAS CLÁSICAS



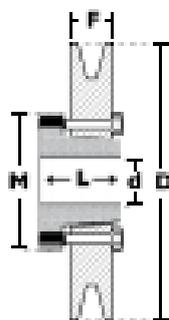
■ Consulte a INTERMEC para el área en negro

**POLEAS TIPO**

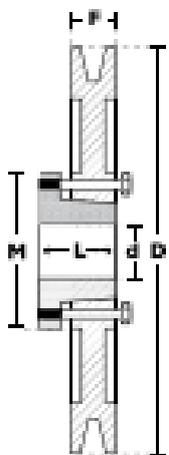
**A**

**DIMENSIONES DE POLEAS PARA BUJES QD**

**Nomenclatura para poleas con Bujes QD**



**Modelo T1**



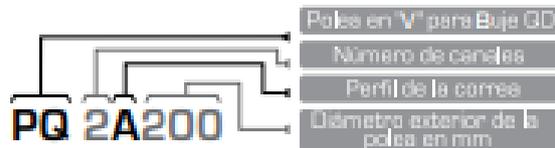
**Modelo T3**

1 CANAL									
Ancho [F] = 19.0 mm									
Diámetro Exterior [D]		Referencia Polea	Ref. Bujes	Hueso máximo con cubreestricador [d]		Longitud del Bujes en mm [L]	Diámetro del buje en mm [M]	Modelo	Peso sin Bujes en Lb
in	mm			mm	in				
2.2	55	PQ 1A55	JA	25.4	1	27	50	T1	0.7
2.3	60	PQ 1A60	JA	25.4	1	27	50	T1	0.8
2.5	65	PQ 1A65	JA	25.4	1	27	50	T1	0.8
2.6	70	PQ 1A70	JA	25.4	1	27	50	T1	0.9
3.0	75	PQ 1A75	JA	25.4	1	27	50	T1	1.0
3.1	80	PQ 1A80	JA	25.4	1	27	50	T1	1.0
3.3	85	PQ 1A85	JA	25.4	1	27	50	T1	1.1
3.6	90	PQ 1A90	BH	25.4	1	33	70	T1	1.3
3.9	100	PQ 1A100	BH	34.9	1	33	70	T1	1.6
4.1	105	PQ 1A105	BH	34.9	1-3/8	33	70	T1	1.7
4.3	110	PQ 1A110	BH	34.9	1-3/8	33	70	T1	2.0
4.5	115	PQ 1A115	BH	34.9	1-3/8	33	70	T1	2.1
4.7	120	PQ 1A120	BH	34.9	1-3/8	33	70	T1	2.5
5.0	125	PQ 1A125	BH	34.9	1-3/8	33	70	T1	2.8
5.1	130	PQ 1A130	BH	34.9	1-3/8	33	70	T1	3.0
5.3	135	PQ 1A135	BH	34.9	1-3/8	33	70	T1	3.2
5.6	140	PQ 1A140	BH	34.9	1-3/8	33	70	T1	3.5
6.0	150	PQ 1A150	BH	34.9	1-3/8	33	70	T1	3.6
6.3	160	PQ 1A160	BH	34.9	1-3/8	33	70	T1	7.8
6.5	165	PQ 1A165	BH	34.9	1-3/8	33	70	T1	3.9
6.7	170	PQ 1A170	BH	34.9	1-3/8	33	70	T1	4.3
6.9	175	PQ 1A175	BH	34.9	1-3/8	33	70	T1	4.5
7.0	180	PQ 1A180	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T1	4.6
7.5	180	PQ 1A180	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T1	5.2
8.0	200	PQ 1A200	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T3	5.4
9.0	230	PQ 1A230	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T3	6.2
9.8	250	PQ 1A250	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T3	7.4
10.6	270	PQ 1A270	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T3	8.0
11.0	280	PQ 1A280	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	8.3
11.8	300	PQ 1A300	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	11.3
12.5	320	PQ 1A320	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	12.0
13.7	350	PQ 1A350	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	13.8
14.0	355	PQ 1A355	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	13.5
15.7	400	PQ 1A400	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	14.1
16.0	485	PQ 1A485	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	17.0

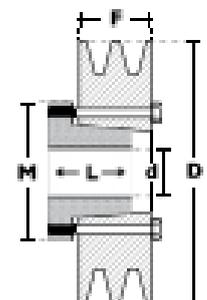
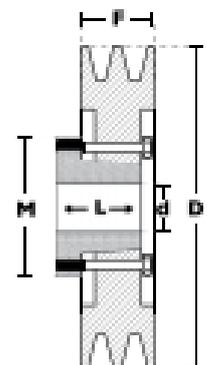
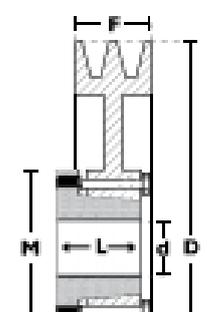
## DIMENSIONES DE POLEAS PARA BUJES QD

**POLEAS TIPO**
A

### Nomenclatura para poleas con Buje QD



2 CANALES									
Ancho (F) = 34.9 mm									
Diámetro Exterior (D)		Referencia Polea	Ref. Buje	Huevo máximo con cubierta estándar (d)		Longitud del Buje en mm (L)	Diámetro del buje en mm (M)	Modelo	Paso sin Buje en Lb
pulg	mm			mm	pulg				
2.2	55	PQ 2A55	JA	25.4	1	27	50	T1	0.8
2.3	60	PQ 2A60	JA	25.4	1	27	50	T1	1.0
2.5	65	PQ 2A65	JA	25.4	1	27	50	T1	1.2
2.8	70	PQ 2A70	JA	25.4	1	27	50	T1	1.4
3.0	75	PQ 2A75	JA	25.4	1	27	50	T1	1.6
3.1	80	PQ 2A80	JA	25.4	1	27	50	T1	1.8
3.3	85	PQ 2A85	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	2.0
3.6	90	PQ 2A90	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	2.4
3.9	100	PQ 2A100	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	2.6
4.1	105	PQ 2A100	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	2.7
4.3	110	PQ 2A110	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	2.8
4.5	115	PQ 2A115	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	2.9
4.7	120	PQ 2A120	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	3.1
5.0	125	PQ 2A125	SH	34.9	1-3/8	33	70	T2	3.6
5.1	130	PQ 2A130	SH	34.9	1-3/8	33	70	T2	4.3
5.3	135	PQ 2A135	SH	34.9	1-3/8	33	70	T2	4.5
5.6	140	PQ 2A140	SH	34.9	1-3/8	33	70	T2	5.0
6.0	150	PQ 2A150	SH	34.9	1-3/8	33	70	T2	5.5
6.3	160	PQ 2A160	SH	34.9	1-3/8	33	70	T2	5.8
6.5	165	PQ 2A165	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T2	5.8
6.7	170	PQ 2A170	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T2	6.4
6.9	175	PQ 2A175	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T2	6.6
7.0	180	PQ 2A180	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T2	6.7
7.5	190	PQ 2A190	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T2	6.8
8.0	200	PQ 2A200	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T3	7.0
9.0	230	PQ 2A230	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	7.9
9.3	250	PQ 2A250	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	9.3
10.6	270	PQ 2A270	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	10.0
11.0	280	PQ 2A280	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	10.3
11.8	300	PQ 2A300	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	11.0
12.5	320	PQ 2A320	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	14.3
13.7	350	PQ 2A350	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	15.6
14.0	355	PQ 2A355	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	16.0
15.7	400	PQ 2A400	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	20.7
18.0	465	PQ 2A465	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	25.0
25.0	635	PQ 2A635	SF	57.1	2-1/4	52	120	T3	28.0


**Modelo T1**

**Modelo T2**


## Anexo 6: Tablas de longitud de faja y factor de corrección de longitud " $K_L$ "

LONGITUD DE FAJA Y FACTOR POR LONGITUD DE FAJA								
SECCION A			SECCION B			SECCION C		
FAJA N°	LONG. PASO PULG.	$K_L$	FAJA N°	LONG. PASO PULG.	$K_L$	FAJA N°	LONG. PASO PULG.	$K_L$
A26	27,3	0,81	B35	36,8	0,81	C51	53,9	0,80
A31	32,3	0,84	B38	39,8	0,83	C60	62,7	0,82
A33	34,3	0,85	B42	43,8	0,85	C68	70,9	0,85
A35	36,3	0,87	B46	47,8	0,87	C75	77,9	0,87
A36	37,3	0,87	B51	52,8	0,89	C81	83,9	0,89
A38	39,3	0,88	B53	54,8	0,89	C85	87,9	0,90
A40	41,3	0,89	B55	56,8	0,90	C90	92,9	0,91
A42	43,3	0,90	B58	59,8	0,91	C96	98,9	0,92
A43	44,3	0,90	B60	61,8	0,92	C100	102,9	0,92
A46	47,3	0,92	B62	63,8	0,92	C105	107,9	0,94
A48	49,3	0,93	B64	65,8	0,93	C112	114,9	0,95
A51	52,3	0,94	B66	67,8	0,93	C120	122,9	0,97
A53	54,3	0,95	B68	69,8	0,95	C124	126,9	0,97
A55	56,3	0,96	B71	72,8	0,95	C128	130,9	0,98
A58	59,3	0,97	B75	76,8	0,97	C136	138,9	0,99
A60	61,3	0,98	B78	79,8	0,97	C144	146,9	1,00
A62	63,3	0,98	B81	82,8	0,98	C158	160,9	1,02
A64	65,3	0,99	B83	84,8	0,98	C162	164,9	1,03
A66	67,3	0,99	B85	86,8	0,99	C173	175,9	1,04
A68	69,3	1,00	B90	91,8	1,00	C180	182,9	1,05
A71	72,3	1,01	B93	94,8	1,01	C195	197,9	1,07
A75	76,3	1,02	B97	98,8	1,02	C210	212,9	1,08
A78	79,3	1,03	B103	104,8	1,03	C225	225,9	1,10
A80	81,3	1,04	B105	106,8	1,04	C240	240,9	1,11
A85	86,3	1,05	B112	113,8	1,05	C255	255,9	1,12
A90	91,3	1,06	B120	121,8	1,07	C270	270,9	1,14
A96	97,3	1,08	B128	129,8	1,08	C300	300,9	1,16
A105	106,3	1,10	B136	137,8	1,09	C330	330,9	1,19
A112	113,3	1,11	B144	145,8	1,11	C360	360,9	1,21
A120	121,3	1,13	B158	159,8	1,13	C390	390,9	1,23
A128	129,3	1,14	B173	174,8	1,15	C420	420,9	1,24
			B180	181,8	1,16			
			B195	196,8	1,18			
			B210	211,8	1,19			
			B240	240,8	1,22			
			B270	270,3	1,25			
			B300	300,3	1,27			

**Anexo 7: Cálculo de Ángulo de contacto " $K_\theta$ "**

$\frac{(D-d)}{c}$	Arco de contacto (Grados)	Factor de corrección
0.00	180	1.00
0.10	174	0.99
0.20	169	0.97
0.30	163	0.96
0.40	157	0.94
0.50	151	0.93
0.60	145	0.91
0.70	139	0.89
0.80	133	0.87
0.90	127	0.85
1.00	120	1.82
1.10	113	1.80
1.20	106	1.77
1.30	99	1.73
1.40	91	1.70
1.50	83	1.65

## Anexo 8: Potencia transmitida por la faja (en HP)

# A

### TABLA DE CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN POR CANAL (EN HP)

RPM del Eje más Rápido	Diámetro exterior de la Polea Motriz (en milímetros)								
	85	90	100	105	110	115	120	125	130
50	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19	0.20	0.21	0.23	0.24
100	0.20	0.23	0.26	0.31	0.34	0.37	0.39	0.42	0.45
500	0.71	0.83	1.07	1.20	1.30	1.43	1.55	1.67	1.80
800	0.81	0.96	1.24	1.38	1.52	1.66	1.80	1.94	2.08
700	0.81	1.08	1.40	1.57	1.73	1.90	2.06	2.20	2.36
800	1.00	1.30	1.56	1.74	1.92	2.10	2.28	2.46	2.64
900	1.10	1.30	1.70	1.90	2.10	2.30	2.50	2.70	2.90
1000	1.17	1.40	1.85	2.07	2.30	2.50	2.73	2.94	3.16
1100	1.25	1.50	1.98	2.23	2.47	2.70	2.94	3.17	3.40
1100	1.30	1.55	2.05	2.32	2.57	2.82	3.06	3.29	3.55
1200	1.32	1.60	2.12	2.38	2.63	2.90	3.15	3.40	3.65
1300	1.40	1.68	2.24	2.52	2.80	3.07	3.35	3.62	3.90
1400	1.46	1.77	2.37	2.66	2.96	3.25	3.54	3.83	4.10
1500	1.53	1.85	2.50	2.80	3.20	3.42	3.73	4.03	4.34
1600	1.60	1.93	2.60	2.93	3.28	3.60	3.90	4.23	4.55
1700	1.65	2.00	2.70	3.05	3.40	3.75	4.10	4.43	4.75
1750	1.67	2.04	2.77	3.13	3.48	3.83	4.18	4.52	4.85
1800	1.70	2.08	2.82	3.20	3.55	3.90	4.26	4.60	4.98
1900	1.75	2.15	2.93	3.30	3.70	4.08	4.43	4.80	5.18
2000	1.80	2.22	3.03	3.42	3.82	4.20	4.60	4.97	5.34
2100	1.85	2.28	3.12	3.53	3.94	4.35	4.74	5.14	5.53
2200	1.90	2.34	3.20	3.64	4.07	4.48	4.90	5.30	5.70
2300	1.94	2.40	3.30	3.75	4.18	4.60	5.04	5.46	5.87
2400	1.98	2.45	3.40	3.85	4.30	4.74	5.18	5.60	6.03
2500	2.05	2.56	3.55	4.03	4.50	4.98	5.44	5.90	6.33
2800	2.10	2.65	3.70	4.20	4.70	5.20	5.67	6.14	6.60
3000	2.16	2.72	3.82	4.35	4.87	5.40	5.88	6.37	6.85
3200	2.20	2.80	3.93	4.50	5.03	5.56	6.07	6.57	7.06
3400	2.23	2.84	4.03	4.60	5.16	5.70	6.23	6.75	7.24
3500	2.24	2.87	4.08	4.66	5.22	5.77	6.30	6.82	7.32
3600	2.25	2.90	4.11	4.70	5.26	5.83	6.37	6.90	7.40
3800	2.26	2.92	4.16	4.78	5.37	5.93	6.48	7.00	7.50
4000	2.25	2.93	4.23	4.84	5.44	6.00	6.56	7.08	7.58
4200	2.24	2.94	4.28	4.89	5.49	6.06	6.60	7.13	7.63
4400	2.22	2.93	4.27	4.91	5.51	6.10	6.63	7.15	7.63
4600	2.18	2.90	4.27	4.91	5.51	6.08	6.62	7.13	7.60
4800	2.13	2.87	4.25	4.88	5.49	6.05	6.58	7.07	7.52
5000	2.07	2.82	4.20	4.84	5.44	6.00	6.50	6.98	7.40

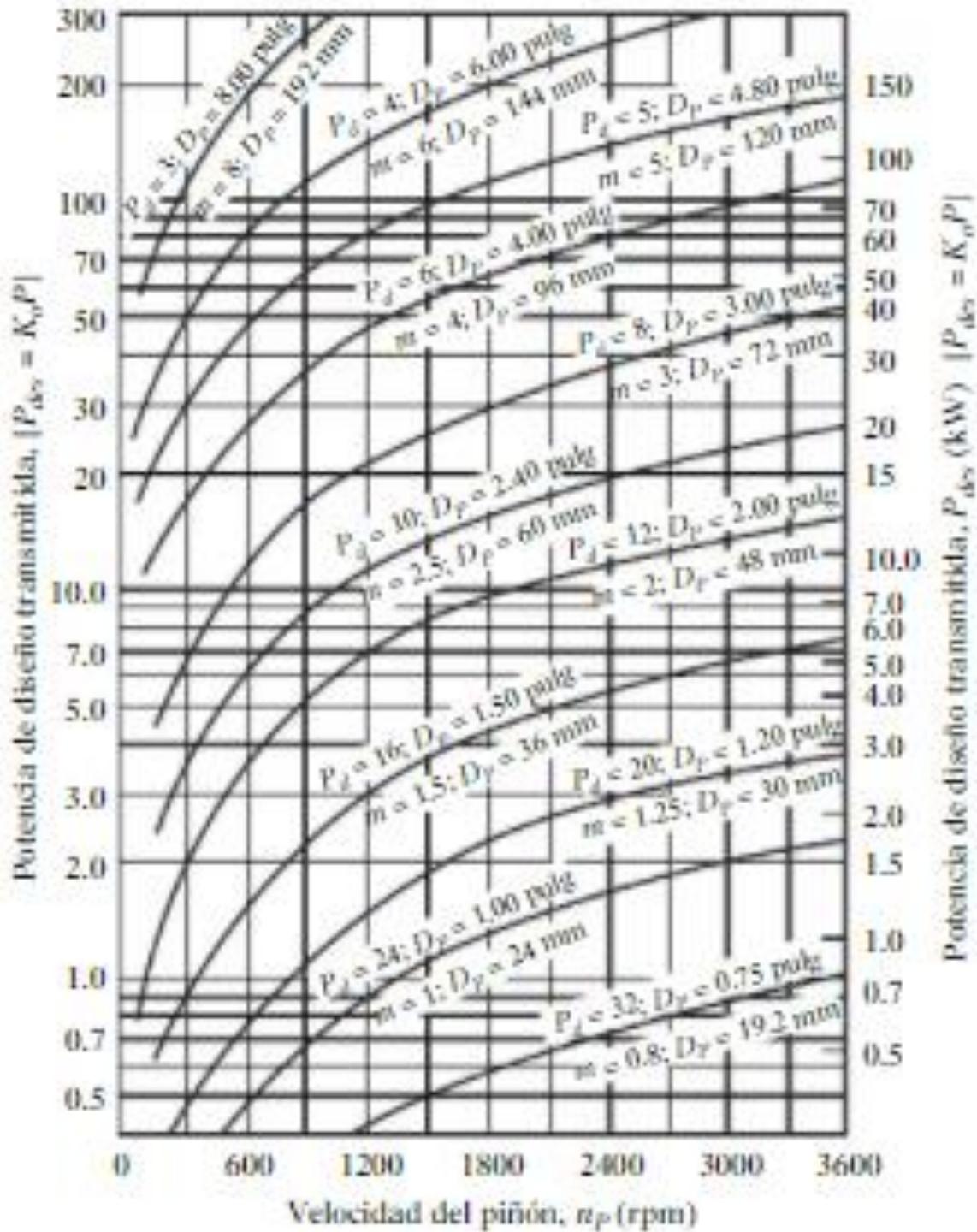
## Anexo 9: Potencia adicional transmitida por la faja (en HP)

POTENCIA ADICIONAL POR RELACION DE TRANSMISION

RELACION DE TRANSMISION	SECCION DE FAJA				
	A	B	C	D	E
0,00 a 1,01	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1,02 a 1,04	0,00180	0,00472	0,0131	0,0466	0,0890
1,05 a 1,08	0,00360	0,00944	0,0263	0,0931	0,1780
1,09 a 1,12	0,00539	0,01415	0,0394	0,1397	0,2670
1,13 a 1,18	0,00719	0,01887	0,0525	0,1863	0,3560
1,19 a 1,24	0,00899	0,02359	0,0656	0,2329	0,4450
1,25 a 1,34	0,01079	0,02831	0,0788	0,2794	0,5340
1,35 a 1,51	0,01259	0,03303	0,0919	0,3260	0,6230
1,52 a 1,99	0,01439	0,03774	0,1050	0,3726	0,7120
2,00 ó más	0,01618	0,04246	0,1182	0,4191	0,8010



## Anexo 10: Selección de paso diametral



Para todas las curvas: dientes  $20^\circ$  profundidad completa;  
 $N_P = 24$ ;  $N_G = 96$ ;  $m_G = 4.00$ ;  $F = 12/P_d$ ;  $Q_T = 6$   
 Engranajes de acero, HB 300;  $s_{at} = 36\,000$  psi;  $s_{uc} = 126\,000$  psi

## Anexo 11: Coeficiente elástico " $C_p$ "

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

Fuente: Tomado de la norma AGMA 2001-C95: *Fundamental Rating Factors and Calculation Methods for Involute Spur and Helical Gear Teeth*, con autorización del editor, American Gear Manufacturers Association, 1500 King Street, Suite 201, Alexandria, VA 22314

Nota: Relación de Poisson = 0.30; unidades de  $C_p$ : (lb/pulg<sup>2</sup>)<sup>0.5</sup> o (MPa)<sup>0.5</sup>

## Anexo 12: Número de calidad " $Q_v$ " y velocidad de línea " $V_L$ "

Aplicación	Número de calidad	Aplicación	Número de calidad
Accionamiento de tambor mezclador de cemento	3-5	Taladro pequeño	7-9
Horno de cemento	5-6	Lavadora de ropa	8-10
Impulsores de laminadoras de acero	5-6	Prensa de impresión	9-11
Cosechadora de granos	5-7	Mecanismo de cómputo	10-11
Grúas	5-7	Transmisión automotriz	10-11
Prensas de punzonado	5-7	Accionamiento de antena de radar	10-12
Transportador de mina	5-7	Accionamiento de propulsión marina	10-12
Máquina para fabricar cajas de papel	6-8	Accionamiento de motor de avión	10-13
Mecanismo de medidores de gas	7-9	Giroscopio	12-14
Accionamientos de máquinas herramienta y de otros sistemas mecánicos de alta calidad			
Velocidad de la línea de paso (pies/min)	Número de calidad	Velocidad de la línea de paso	
0-800	6-8	0-4	
800-2000	8-10	4-11	
2000-4000	10-12	11-22	
Más de 4000	12-14	Más de 22	



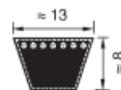
### Anexo 13: Características comerciales de piñones

Módulo m	Paso circular (mm) $P_c$	Addendum m (mm) a=m	Dedendum m (mm) b=1,25m	Profundidad (mm) h=2,25m
0.5	1,571	0,50	0,63	1,13
0.6	1,885	0,60	0,75	1,35
0.7	2,199	0,70	0,88	1,58
0.75	2,356	0,75	0,94	1,69
0.8	2,513	0,80	1,00	1,80
0.9	2,827	0,90	1,13	2,03
1	3,142	1,00	1,25	2,25
1.25	3,927	1,25	1,56	2,81
1.5	4,712	1,50	1,88	3,38
1.75	5,498	1,75	2,19	3,94
2	6,283	2,00	2,50	4,50
2.25	7,069	2,25	2,81	5,06
2.5	7,854	2,50	3,13	5,63
2.75	8,639	2,75	3,44	6,19
3	9,425	3,00	3,75	6,75
3.25	10,210	3,25	4,06	7,31
3.5	10,996	3,50	4,38	7,88
3.75	11,781	3,75	4,69	8,44
4	12,566	4,00	5,00	9,00
4.25	13,352	4,25	5,31	9,56
4.5	14,137	4,50	5,63	10,13
4.75	14,923	4,75	5,94	10,69
5	15,708	5,00	6,25	11,25
5.5	17,279	5,50	6,88	12,38
6	18,850	6,00	7,50	13,50
7	21,991	7,00	8,75	15,75
8	25,133	8,00	10,00	18,00
9	28,274	9,00	11,25	20,25
10	31,416	10,00	12,50	22,50

Nota. Medidas comerciales de engranajes. Extraído de Goñi (2011)

## Anexo 14: Catálogo de fajas Optibelt

**optibelt VB** Correas trapeciales clásicas DIN 2215 / ISO 4184  
Correia trapezoidal clássica DIN 2215 / ISO 4184



A/13

### Perfil A/13

No. correa/ Correia n°	Desarrollo de ref./ Comprim. de refer. ISO (mm)	Desarrollo int./ Comprimento interno (mm)	No. correa/ Correia n°	Desarrollo de ref./ Comprim. de refer. ISO (mm)	Desarrollo int./ Comprimento interno (mm)	No. correa/ Correia n°	Desarrollo de ref./ Comprim. de refer. ISO (mm)	Desarrollo int./ Comprimento interno (mm)
UE/BM = 25 piezas/unidades			UE/BM = 10 piezas/unidades					
A 16	437	407	A 49	1280	1250	A 91	2341	2311
A 18	487	457	A 50	1300	1270	A 92	2367	2337
A 19	510	480	A 51	1330	1300	A 93	2390	2360
A 20	538	508	A 52	1350	1320	A 94	2418	2388
A 21	565	535	A 53	1380	1350	A 95	2443	2413
A 22	590	560	A 54	1405	1375	A 96	2468	2438
A 23	605	575	A 55	1430	1400	A 97	2494	2464
A 23½	630	600	A 56	1452	1422	A 98	2530	2500
A 24	640	610	A 57	1480	1450	A 100	2570	2540
A 25	660	630	A 58	1505	1475	A 102	2621	2591
A 26	680	650	A 59	1530	1500	A 104	2680	2650
A 26½	700	670	A 60	1555	1525	A 105	2697	2667
A 27	716	686	A 61	1580	1550	A 107	2755	2725
A 27½	730	700	A 62	1605	1575	A 108	2773	2743
A 28	740	710	A 63	1630	1600	A 110	2830	2800
A 29	760	730	A 64	1655	1625	A 112	2875	2845
A 29½	780	750	A 65	1680	1650	A 114	2926	2896
A 30	797	767	A 66	1706	1676	A 116	2976	2946
A 31	805	775	A 67	1730	1700	A 118	3030	3000
A 31½	830	800	A 68	1755	1725	A 120	3078	3048



## Anexo 15: Tubos cuadrados Acero ASTM A500

### TUBO CUADRADO Y RECTANGULAR DE ACERO ASTM A500



#### TUBO CUADRADO A500

Dimensiones		Espesor	Peso Teórico
mm	pulg	mm	Kg/m
20 x 20	3/4" x 3/4"	15	0.857
		2	1.040
25 x 25	1" x 1"	15	1.061
		2	1.460
30 x 30	1 1/4" x 1 1/4"	15	1.300
		2	1.700
40 x 40	1 1/2" x 1 1/2"	15	1.770
		2	2.244
		3	3.320
50 x 50	2" x 2"	15	2.250
		2	3.122
		2.5	3.872
		3	4.316
75 x 75	3" x 3"	2	4.500
		2.5	5.560
		3	6.810
		2	6.165
100 x 100	4" x 4"	2.5	7.675
		3	9.174
		4	12.133
		4.5	13.594
		6	16.980
125 x 125	5" x 5"	3	11.310
		4	14.870
		4.5	16.620
		6	21.690
150 x 150	6" x 6"	3	13.670
		4.5	20.8
		6	27.386

\* Equivalencias de conversión son aproximadas.

#### TUBOS ACERO A500

El tubo cuadrado de acero estructural laminado al caliente (LAC), presenta una soldadura interna con el sistema ERW. Son ampliamente utilizados en el mantenimiento industrial, implementos agrícolas, equipos de transporte, ornamental, etc.

Especificaciones: ASTM A500, AISI A500

Fácil de soldar, cortar, dar forma y maquinar.  
Longitud 6 metros.

Propiedades Mecánicas	Límite de Fluencia (Mpa) mín.	269
	Resistencia a la Tracción (Mpa) mín.	310
	Elongación Probeta 8"	25.0% mínimo

#### TUBO RECTANGULAR A500

Dimensiones		Espesor	Peso Teórico
mm	pulg	mm	Kg/m
20 x 40	3/4" x 1 1/2"	15	1.354
		2	1.700
25 x 50	1" x 2"	15	1.650
		2	2.261
40 x 60	1 1/2" x 1 3/4"	15	2.260
		2	3.033
		2.5	3.600
40 x 80	1 1/2" x 3 3/16"	3	4.250
		15	2.710
		2	3.660
		2.5	4.390
50 x 75	2" x 3"	3	5.190
		3	5.423
		2	4.500
		2.5	5.560
50 x 100	2" x 4"	3	6.600
		4	8.590
		2	6.165
		2.5	7.676
100 x 150	4" x 6"	3	9.174
		4	11.730
		3	10.850
		4.5	16.600
100 x 200	4" x 8"	6	21.700
		3	13.670
		4	18.010
		4.5	20.150
150 x 200	6" x 8"	6	26.400
		4	21.150
		4.5	23.680
		6	31.100

\* Equivalencias de conversión son aproximadas.

\* Fotos y datos referenciales. No aceptamos responsabilidad por usos incorrectos o mal interpretaciones de estos datos.

# Anexo 16: Variador de frecuencia AB PowerFlex 4

Technical Data



## PowerFlex 4 and 40 AC Drives

Original Instructions



Topic	Page
Product Overview	2
Reference Materials	2
Packaging and Mounting	3
Start Up, Programming and Operation	3
Optimized Performance	4
Sensorless Vector Performance	4
Sensorless Vector Control	4
Performance	4
I/O	5
Communications	5
Versatile Programming and Network Solutions	6
PC Programming Software	6
Catalog Number Explanation	8
Product Selection	9
User Installed Options	10
Installation Considerations	14
Control Wiring	15
Specifications	19
Parameter Descriptions	22
Product Dimensions	25
PowerFlex 4 and 40 Configured Drives	32



Allen-Bradley • Rockwell Software

**Rockwell  
Automation**

## Specifications

### Drive Ratings — PowerFlex 4

Catalog Number	Output Ratings		Input Ratings		Branch Circuit Protection			Power Dissipation		
	kW (HP)	Amps	Voltage Range	kVA	Amps	Fuses <sup>(2)</sup>	140M Motor Protectors <sup>(3) (4)</sup>	Min. Enclosure Volume <sup>(5)</sup> (in. <sup>3</sup> )	Internal Total	
<b>100...120V AC – 1-Phase Input, 0...230V 3-Phase Output</b>										
22A-V1P5N104	0.2 (0.25)	1.5	90...126	0.75	6.0	10	140M-C2E-C10	100-C09	1655	10 25
22A-V2P3N104	0.4 (0.5)	2.3	90...126	1.15	9.0	15	140M-C2E-C16	100-C12	1655	9 30
22A-V4P5N104	0.75 (1.0)	4.5	90...126	2.25	18.0	30	140M-D8E-C20	100-C23	1655	12 50
22A-V6P0N104	1.1 (1.5)	6.0	90...126	3.00	24.0	40	140M-F8E-C32	100-C37	1655	12 70
<b>200...240V AC – 1-Phase Input, 0...230V 3-Phase Output (No Brake)<sup>(1)</sup></b>										
22A-A1P4N103	0.2 (0.25)	1.4	180...265	0.7	3.2	6	140M-C2E-B40	100-C09	1655	10 25
22A-A2P1N103	0.4 (0.5)	2.1	180...265	1.05	5.3	10	140M-C2E-B63	100-C09	1655	9 30
22A-A3P6N103	0.75 (1.0)	3.6	180...265	1.8	9.2	15	140M-C2E-C16	100-C12	1655	12 50
22A-A6P8N103	1.5 (2.0)	6.8	180...265	3.4	14.2	25	140M-C2E-C16	100-C16	1655	16 80
22A-A9P6N103	2.2 (3.0)	9.6	180...265	4.8	19.6	30	140M-D8E-C25	100-C23	1655	11 110
<b>200...240V AC – 1-Phase Input, 0...230V 3-Phase Output<sup>(1)</sup></b>										
22A-A1P5N104	0.2 (0.25)	1.5	180...265	0.75	5.0	10	140M-C2E-B63	100-C09	1655	10 25
22A-A2P3N104	0.4 (0.5)	2.3	180...265	1.15	6.0	10	140M-C2E-B63	100-C09	1655	9 30
22A-A4P5N104	0.75 (1.0)	4.5	180...265	2.25	10.0	15	140M-C2E-C16	100-C12	1655	12 50
22A-A8P0N104	1.5 (2.0)	8.0	180...265	4.0	18.0	30	140M-D8E-C20	100-C23	1655	16 80
<b>200...240V AC – 3-Phase Input, 0...230V 3-Phase Output</b>										
22A-B1P5N104	0.2 (0.25)	1.5	180...265	0.75	1.8	3	140M-C2E-B25	100-C09	1655	10 25
22A-B2P3N104	0.4 (0.5)	2.3	180...265	1.15	2.5	6	140M-C2E-B40	100-C09	1655	9 30
22A-B4P5N104	0.75 (1.0)	4.5	180...265	2.25	5.2	10	140M-C2E-C10	100-C09	1655	12 50
22A-B8P0N104	1.5 (2.0)	8.0	180...265	4.0	9.5	15	140M-C2E-C16	100-C12	1655	16 80
22A-B012N104	2.2 (3.0)	12.0	180...265	5.5	15.5	25	140M-C2E-C16	100-C16	1655	16 115
22A-B017N104	3.7 (5.0)	17.5	180...265	8.6	21.0	35	140M-F8E-C25	100-C23	1655	16 165
<b>380...480V AC – 3-Phase Input, 0...460V 3-Phase Output</b>										
22A-D1P4N104	0.4 (0.5)	1.4	340...528	1.4	1.8	3	140M-C2E-B25	100-C09	1655	15 30
22A-D2P3N104	0.75 (1.0)	2.3	340...528	2.3	3.2	6	140M-C2E-B40	100-C09	1655	13 40
22A-D4P0N104	1.5 (2.0)	4.0	340...528	4.0	5.7	10	140M-C2E-B63	100-C09	1655	13 60
22A-D6P0N104	2.2 (3.0)	6.0	340...528	5.9	7.5	15	140M-C2E-C10	100-C09	1655	17 90
22A-D8P7N104	3.7 (5.0)	8.7	340...528	8.6	9.0	15	140M-C2E-C16	100-C16	1655	14 145

(1) 200...240V AC - 1-Phase drives are also available with an integral EMC filter. Catalog suffix changes from N104 to N114 or N103 to N113.

(2) Recommended Fuse type: UL Class I, CC, T or Type BS88; 600V (550V) or equivalent.

(3) The AIC ratings of the Bulletin 140M Motor Protector Circuit Breakers may vary. See [Bulletin 140M Motor Protection Circuit Breakers Application Ratings](#).

(4) Manual Self-Protected (Type E) Combination Motor Controller, UL listed for 208 Wye or Delta, 240 Wye or Delta, 480Y/277 or 600Y/347. Not UL listed for use on 480V or 600V Delta/Delta, corner ground, or high-resistance ground systems.

(5) When using a Manual Self-Protected (Type E) Combination Motor Controller, the drive must be installed in a ventilated or non-ventilated enclosure with the minimum volume specified in this column. Application specific thermal considerations may require a larger enclosure.

## Anexo 17: Interruptor automático o guardamotor

### Interruptores Automáticos para Motores (Guardamotores) SIEMENS



Código Fametal	Código del Fabricante	Tamaño	Regulación (A) Bimetalico	Cortocircuito	Capacidad de Ruptura (KA)		Potencia del motor (HP) <sup>1)</sup>	
					220V	440V	220V	440V
P0004308	3RV1011-0AA10	S00	0.11 - 0.16	2.1	100	100		
P0006079	3RV1011-0BA10	S00	0.14 - 0.2	2.6	100	100		
P0045128	3RV1011-0CA10	S00	0.18 - 0.25	3.3	100	100		
P0004309	3RV1011-0DA10	S00	0.22 - 0.32	4.2	100	100		
P0006040	3RV1011-0EA10	S00	0.28 - 0.4	5.2	100	100		
P0004311	3RV1011-0FA10	S00	0.35 - 0.5	6.5	100	100	0.08	0.16
P0006043	3RV1011-0GA10	S00	0.45 - 0.63	8.2	100	100	0.12	0.25
P0006045	3RV1011-0HA10	S00	0.55 - 0.8	10	100	100	0.16	0.33
P0006047	3RV1011-0JA10	S00	0.7 - 1	13	100	100	0.2	0.4
P0022530	3RV1011-0KA10	S00	0.9 - 1.25	25	100	100	0.25	0.5
P0006049	3RV1011-1AA10	S00	1.1 - 1.6	21	100	100	0.33	0.75
P0006051	3RV1011-1BA10	S00	1.4 - 2.0	26	100	100	0.5	1.0
P0006030	3RV1011-1CA10	S00	1.8 - 2.5	33	100	100	0.75	1.5
P0006059	3RV1011-1DA10	S00	2.2 - 3.2	42	100	50	0.75	2.0
P0006061	3RV1011-1EA10	S00	2.8 - 4.0	52	100	50	1	2
P0006064	3RV1011-1FA10	S00	3.5 - 5.0	65	100	50	1.5	3.0
P0006068	3RV1011-1GA10	S00	4.5 - 6.3	82	100	50	2.0	4.0
P0006071	3RV1011-1HA10	S00	5.5 - 8.0	96	100	50	2	5.0
P0006076	3RV1011-1JA10	S00	7.0 - 10.0	130	100	10	3.0	6.0
P0006078	3RV1011-1KA10	S00	9.0 - 12.0	156	100	10	4.0	7.5
P0006048	3RV1021-1AA10	S0	1.1 - 1.6	21	100	100	0.33	0.75
P0006050	3RV1021-1BA10	S0	1.4 - 2.0	26	100	100	0.5	1.0
P0006052	3RV1021-1CA10	S0	1.8 - 2.5	33	100	100	0.75	1.5
P0006058	3RV1021-1DA10	S0	2.2 - 3.2	42	100	100	0.75	2.0
P0006060	3RV1021-1EA10	S0	2.8 - 4.0	52	100	100	1	2
P0006087	3RV1021-1FA10	S0	3.5 - 5.0	65	100	100	1.5	3.0
P0006067	3RV1021-1GA10	S0	4.5 - 6.3	82	100	100	2.0	4.0
P0006072	3RV1021-1HA10	S0	5.5 - 8.0	104	100	50	2	5.0
P0006075	3RV1021-1JA10	S0	7.0 - 10	130	100	50	3.0	6.0
P0006027	3RV1021-1KA10	S0	9.0 - 12.5	163	100	50	4.0	7.5
P0006053	3RV1021-4AA10	S0	11.0 - 16.0	208	100	50	6	12.5
P0006055	3RV1021-4BA10	S0	14.0 - 20.0	260	100	50	7.5	15
P0006057	3RV1021-4CA10	S0	17.0 - 22.0	286	100	50	7.5	15
P0006031	3RV1021-4DA10	S0	20.0 - 25.0	325	100	50	9.0	18.0
P0006054	3RV1031-4AA10	S2	11.0 - 16.0	208	100	50	6	12.5
P0006056	3RV1031-4BA10	S2	14.0 - 20.0	260	100	50	7.5	15
P0029820	3RV1031-4DA10	S2	18.0 - 25.0	325	100	50	9.0	18.0
P0006032	3RV1031-4EA10	S2	22.0 - 32.0	416	100	50	12.5	25

## Anexo 18: Presupuesto económico del proyecto (costo materiales)

Código	Partes	MATERIALES						Proveedor	Precio Unitario inc IGV \$	Precio Total inc IGV \$	Precio Unitario inc IGV S/	Precio Total inc IGV S/	AGRUPACION SEGÚN MATERIAL	COMENTARIO
		Cantidad	Dimensiones			Diámetro								
			Long	Ancho	Alto	Int.	Ext.							
P1	Telera													
P1.1	Faja de telera	38	15	385	10	-	-							
		1	1714.2	385	4	-	-							
P1.2	Cilindro de giro de telera	2	-	400	-	25	100	TECNOINDUSTRIAS PERU RD E.I.R.L.	1056.10	1056.10	-	-		
P1.3	Eje de giro de telera	2	-	890.05 (sup) 809.60 (inf)	-	-	25							
P1.4	Soporte lateral de telera	3	640	18	150	-	-	SODIMAC	-	-	89.90	269.70	Madera triplay finológica	El precio unit corresponde al valor de 1 plancha de madera triplay finológica. Para las partes, el tambor principal y el quitador requieren como 3 unidades.
P1.5	Chumacera de pvc Y SKF E2 con anillo de fijación excéntrico (2 pcos)	4	130	36	70	25	-	SKF	-	-	172.28	689.12		
E1.1	Pomos rodamiento M10	8	-	-	16	0	M10		-	-	3.15	25.20		
E1.2	Arandela plana M10	16	-	-	2	M10	-	SODIMAC	-	-	12.90	12.90		1 Caja de arandela M10 contiene 100 unidades.
E1.3	Tuerca M10	8	19.6	17	8	M10	-		-	-	1.85	14.80		
P2	Cilindros alimentadores													
P2.1	Cilindros alimentadores	2	-	400	-	25	73		53.94	107.89	-	-		
P2.2	Eje de cilindro alimentador	2	-	720	-	-	25		12.14	24.27	-	-		
P2.3	Mecanismo regulador	2	255	48	cap:3 mm	-	-	ITECH PERUVIAN	29.33	58.66	-	-	Plancha de acero A36	El precio unit corresponde al valor de 1 plancha de acero A36. Para la abridora, requieren como 1 unidad.
		2	206	48	cap:3 mm	-	-		32.03	64.06	-	-	Plancha de acero A36	
P2.4	Chumacera de pvc Y SKF E2 con anillo de fijación excéntrico (2 pcos)	4	124	70	39.9	25	-		20.23	80.91	-	-		
E2.1	Pomos rodamiento M10	12	-	-	16	-	M10		-	-	3.15	37.80		
E2.2	Arandela plana M10	20	16	2	-	M10	-	SODIMAC	-	-	-	-		Incluido en la caja de 100 unidades
E2.3	Tuerca M10	12	19.6	17	8	M10	-		-	-	1.85	22.20		

P4								Sistema de transmisión del motor								
P4.1	POLEA A	1	-	-	-	1 pulg	2.5 pulg	INTERMEC	25.99	25.99	-	-				
P4.2	POLEA B	1	-	-	-	1 pulg	5 pulg		36.12	36.12	-	-				
P4.3	POLEA C	1	-	-	-	1 pulg	5 pulg		27.87	27.87	-	-				
P4.4	POLEA C'	1	-	-	-	1 pulg	2.3 pulg		17.77	17.77	-	-				
P4.2	POLEA D	1	-	-	-	1 pulg	5.7 pulg		29.50	29.50	-	-				
P4.3	POLEA G	1	-	-	-	1 pulg	3.3 pulg		21.66	21.66	-	-				
P4.4	POLEA H	1	-	-	-	1 pulg	3.3 pulg		21.66	21.66	-	-				
P4.5	Piton (E y F)	2	-	-	-	-	-	SKF	-	-	48.38	96.76		En base a seño estipulado, Z=60, m=1.25		
P4.7	Faja (Polea A-B)	2						INTERMEC	5.87	11.74	-	-				
P4.7	Faja (Polea B-C)	2							6.70	13.40	-	-				
P4.7	Faja (Polea C-D)	1							4.80	4.80	-	-				
P4.7	Faja (Polea G-H)	1						OPTIBELT	4.80	4.80	-	-				
P4.10	Chumacera de pie Y SKF E2 con anillo de fijación excéntrico (2 pernos)	4	134	50	70.5	25	-	ROCMAGA	-	-	117.28	469.12				
F4.1	Pernos acodamiento M10	8	-	-	16	0	M10	SODIMAC	-	-	3.15	25.20				
F4.2	Arandela plana M10	8	-	-	2	M10	-		-	-	-	-	-		Incluido en la caja de 100 unidades	
F4.3	Tuercas M10	8	19.6	17	8	M10	-		-	-	1.85	14.80				
P5								Bancada								
P5.1	Soportes verticales extremos (patas)	4	1550	50	50	-	-	ITECHPERUVIAN	15.17	60.69	-	-	Tubos cuadrados de acero ASTM A 500	Según la Norma ASTM A500, referido a tubos cuadrados, rectangulares y circulares.		
P5.2	Soportes verticales intermedios (patas)	2	1450	50	50	-	-		15.17	30.34	-	-				
P5.3	Soportes horizontales extremos (longitudinales)	4	1800	50	50	-	-		20.23	80.91	-	-				
P5.4	Soportes horizontales intermedios (longitudinales)	2	1000	50	50	-	-		10.11	20.23	-	-				
P5.5	Soportes transversales	12	450	50	50	-	-		5.06	60.69	-	-				
P5.6	Soportes horizontales (motor 0.5HP)	2	60	50	50	-	-		13.49	26.97	-	-				
P5.8	SOLDADURA MIG MAG (en kg)	5	-	-	-	-	-		18.88	94.40	-	-				
P6	Motore	Cantidad	Modelo	Tensión	Intensidad	RPM										

P6	Motores	Potencia	Cantidad	Modelo	Tensión	Intensidad	RPM							
P6.1	Motor 0.5HP de baja tensión(Alimentación)	0.5 HP	1	Thompson 712- IE2 - 3 Phase	220 DD/380 YY / 440 DV		1800	INDUMETAL	130.095	130.095	-	-		
P6.2	Guarda motor (Interruptor automático) SIEMENS	0.5 HP	1	3RV1021- 1BA10	220 -240 V CA	2.5 A		FAMETAL	68.44	68.44	-	-		
P6.3	Variador de frecuencia AB POWERFLEX 4	0.5 HP	1	22A- A2P1N105	220-240 V CA	2.5 A		WIA	224.20	224.20	-	-		
P6.4	Estación de mando de 2 pulsadores + 1 stop (Polyester +PVC)	-	1		220-240 V CA	2.5 A		WIA / INGELEC	-	-	100.00	100.00		
P6.5	TERMINAL TIPO PDN AISLADO 12- 22 AWG ROJO	Compatible con 0.5 HP	1		220-240 V CA	-		INGELEC	-	-	9.44	9.44		
P6.6	Tablero eléctrico de Polyester	-	1	500	200	400	-	INGELEC	-	-	377.60	377.60		
P6.7	Cable vulcanizado (trifásico)	Compatible con 0.5 HP	1	NMT3X12- INDECO	220-240 V CA	12 AWG		WIA/ INGELEC	-	-	778.80	778.80		
P6.8	Interruptor diferencial de 30mA de Sensibilidad	Compatible con 0.5 HP	1	FH204-AC- 25/0.03 - ABB	220 -240 V CA	2.5 A		ABB	-	-	237.00	237.00		
<b>SUBTOTAL</b>									US\$	3340.75	S/	4056.71		
<b>SUBTOTAL MATERIALES Y SERVICIOS (SOLES)</b>											S/	15994.00		

\*Se considera como valor del dólar =

S/ 3.573

Fuente: SUNAT - 02/09/2020

## **Anexo 19: Especificaciones técnicas de la máquina de apertura (versión final)**



# ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MÁQUINA DE APERTURA SEMI INDUSTRIAL PARA FIBRA DE ALPACA

DESPIECE DE PARTES Y ENSAMBLES





## DESCRIPCIÓN GENERAL

EL PROCESO CONSISTE EN ABRIR Y SEPARAR LA FIBRA ENTRE SÍ, POR LA ACCIÓN ROTATORIA ENTRE UN TAMBOR PRINCIPAL CON PÚAS, UN TAMBOR QUITADOR, LA FIBRA Y UNA REJILLA, PROCESO QUE VA REDUCIENDO LA CANTIDAD DE POLVO Y OTROS RESIDUOS.

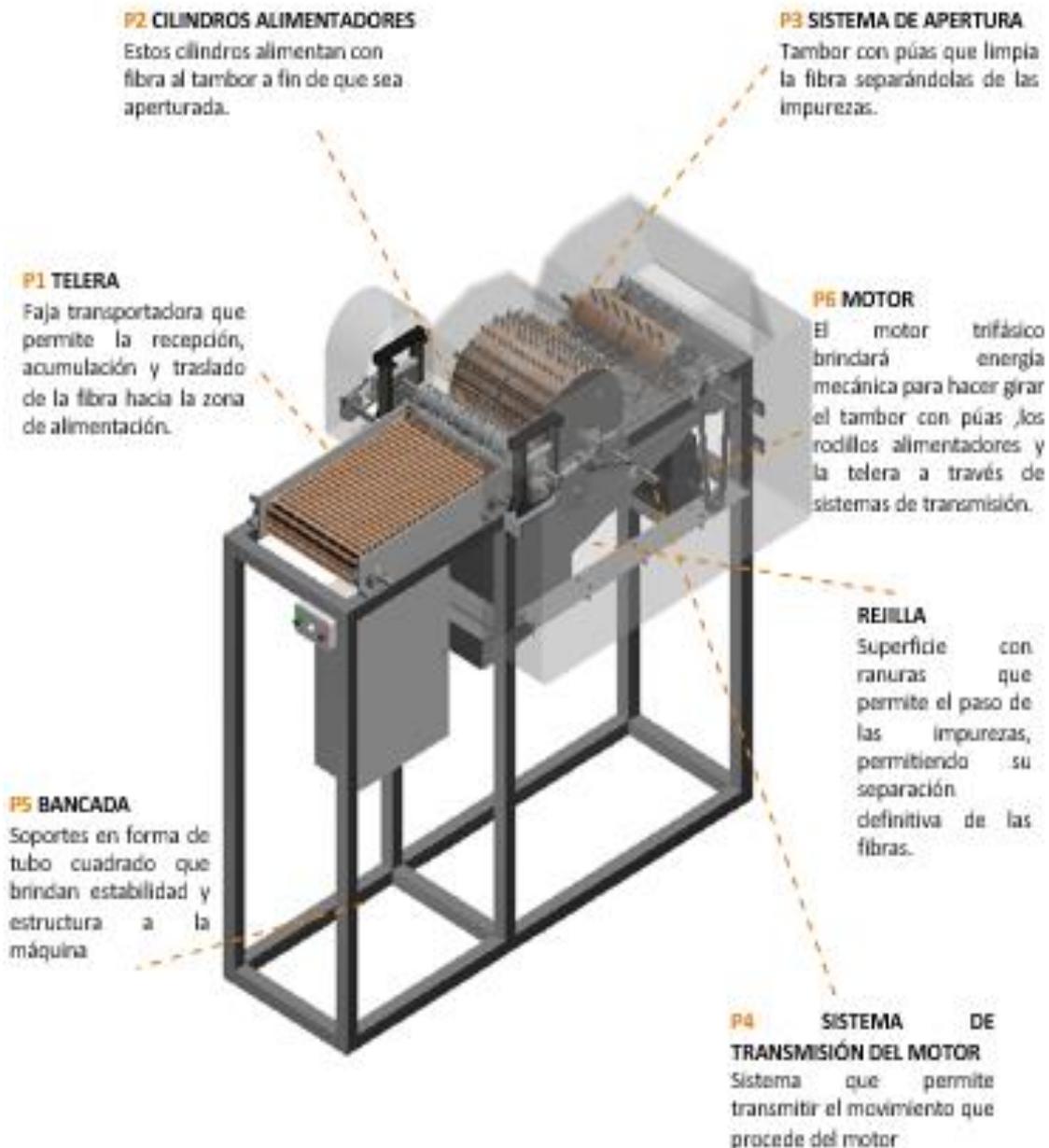


## CONTENIDO

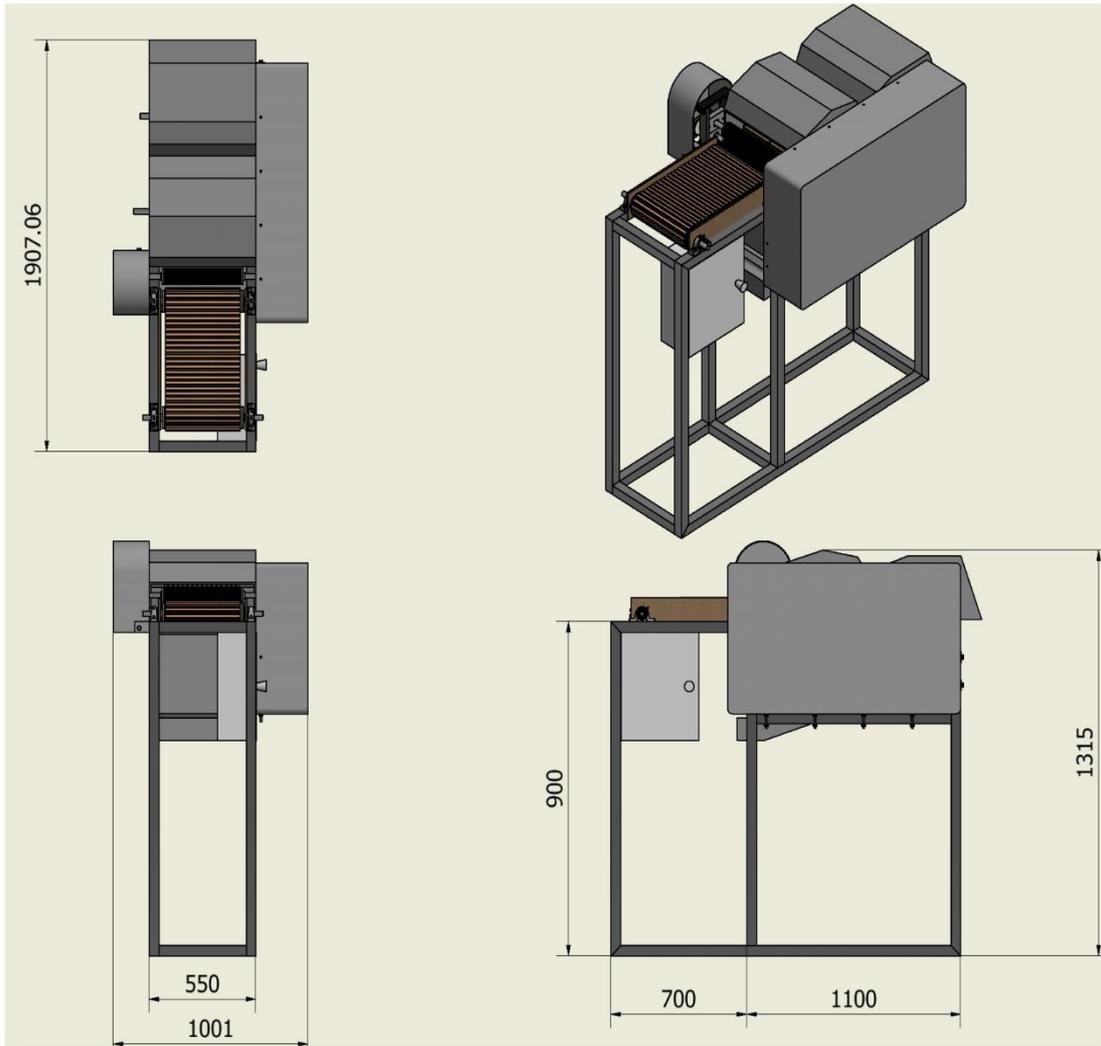
<b>PARTES PRINCIPALES.....</b>	<b>4</b>
<b>VISTA GENERAL.....</b>	<b>5</b>
<b>COMPONENTES.....</b>	<b>6</b>
<b>P1 TELERA.....</b>	<b>6</b>
<b>P2 CILINDROS ALIMENTADORES.....</b>	<b>8</b>
<b>P3 SISTEMA DE APERTURA.....</b>	<b>10</b>
<b>P4 SISTEMA DE TRANSMISIÓN.....</b>	<b>12</b>
<b>P5 BANCADA.....</b>	<b>13</b>
<b>P6 MOTOR.....</b>	<b>14</b>
<b>COMPLEMENTOS.....</b>	<b>15</b>
<b>MONTAJES.....</b>	<b>16</b>



## PARTES PRINCIPALES



## VISTA GENERAL

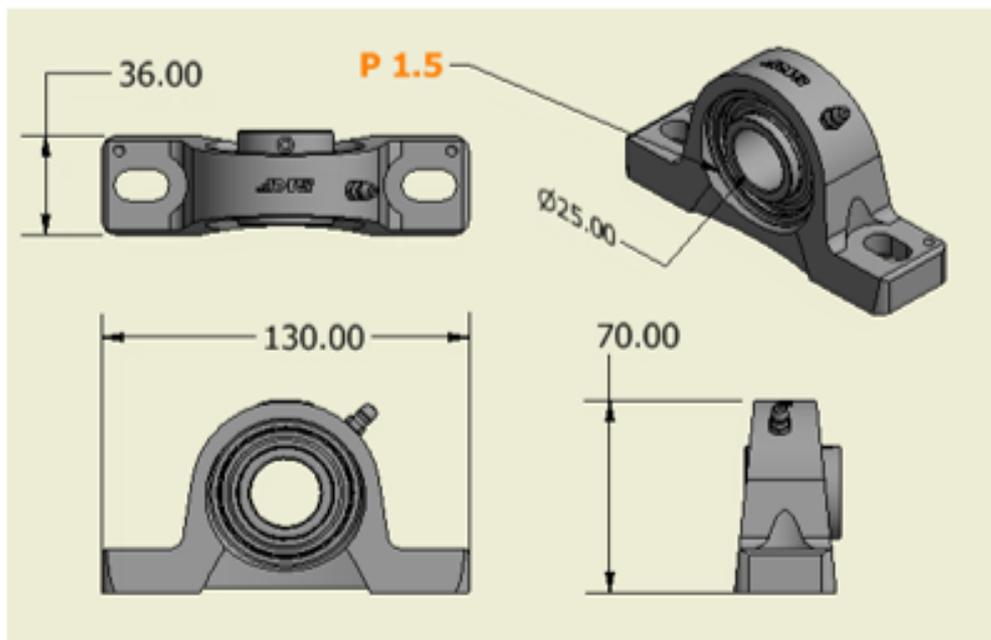


Unidades en mm



## COMPONENTES

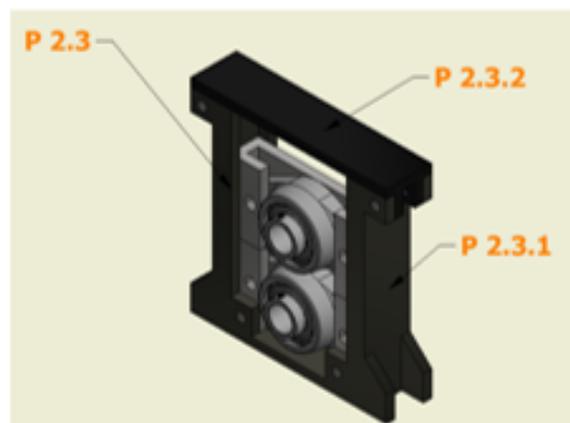
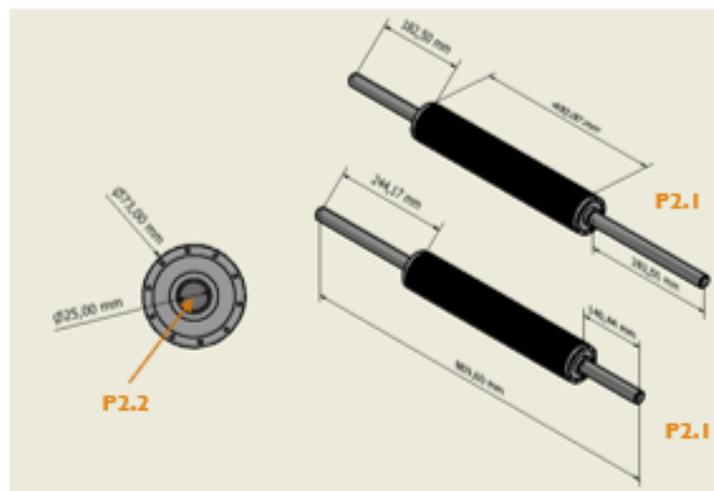
Partes	Material	Cantidad	Dimensiones (mm)			Diámetro (mm)		
			Long.	Ancho	Alto	Int.	Ext.	
P 1.5	Chumacera de pie (2 pernos)	Fundición	12	130	36	70	25	-
E1.1	Pernos rodamiento M10	Acero negro	28	-	-	16	-	M10
E1.2	Arandela planas M10	Zinc	32	-	-	2	M10	-
E1.3	Tuercas M10	Zinc	36	19.6	17	8	M10	-
E1.4	Espárrago M12	Acero Inox.	8	400	-	-	M12	-
E1.5	Arandela planas M12	Zinc	16	-	-	-	-	-
E1.6	Tuercas M12	Zinc	16	-	-	2	M12	-



Unidades en mm

## P2 CILINDROS ALIMENTADORES

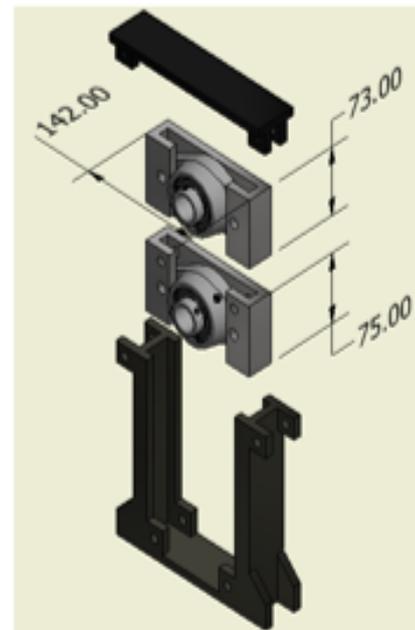
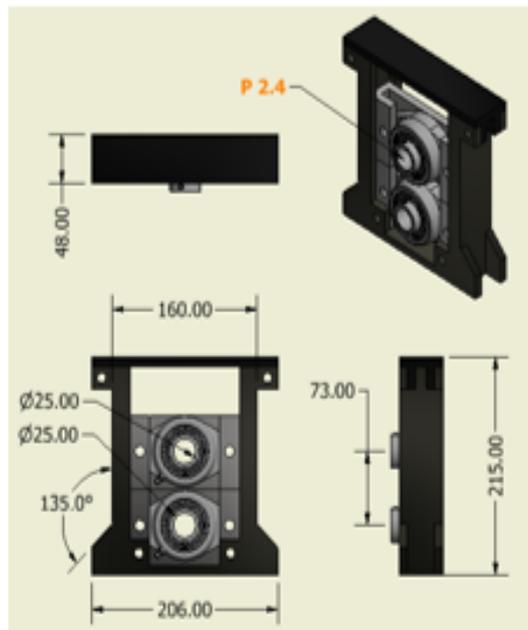
Partes	Sub-partes	Material	Cantidad	Dimensiones (mm)					
				Long.	Ancho	Alto	Diámetro		
							Int.	Ext.	
P2.1	Cilindros alimentadores	Acero A53	2	-	400	-	25	73	
P2.2	Eje de cilindro alimentador	Acero H 1045	2	-	811.60 (0±0) 892.05 (ava)	-	-	25	
P2.3	Mecanismo regulador de separación	P2.3.1	Placa lateral	Acero A36	2	9	72	225	-
		P2.3.2	Placa superior e inferior	Acero A36	2	9	72	193	-



Unidades en mm

## COMPONENTES

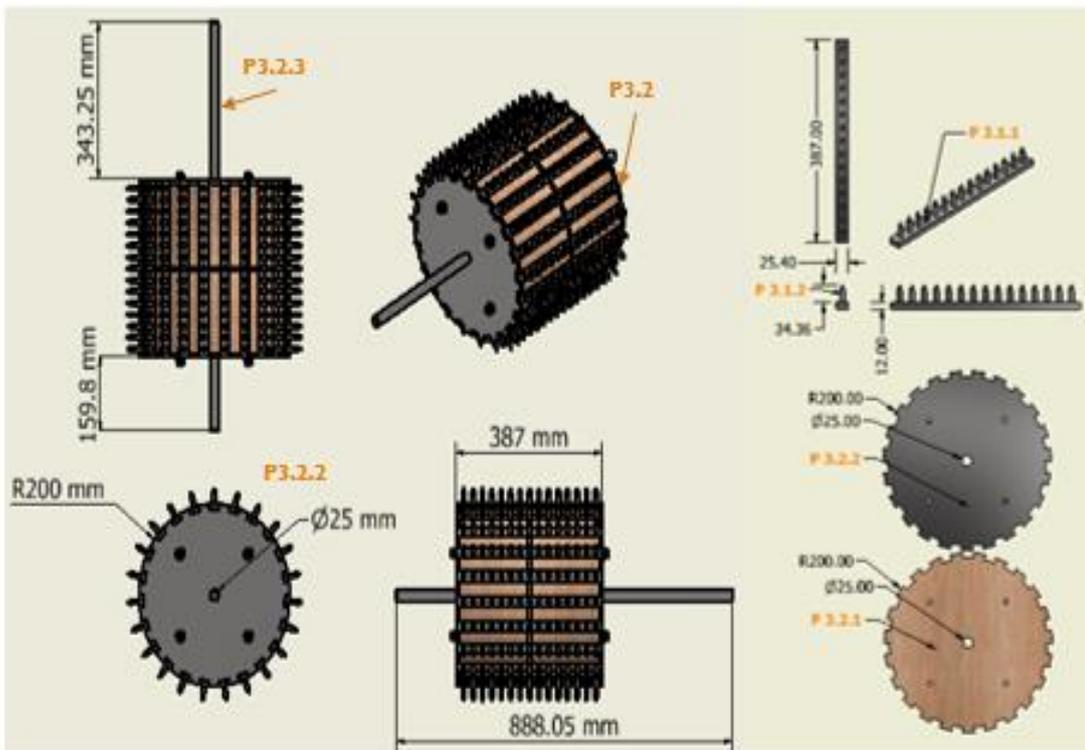
Partes	Material	Cantidad	Dimensiones (mm)				
			Long.	Ancho	Alto	Diámetro	
						Int.	Ext.
P2.4 Chumacera de pared (pared - 2 pernos)	Fundición	4	124	70	38.80	25	-



Unidades en mm

## P3 SISTEMA DE APERTURA

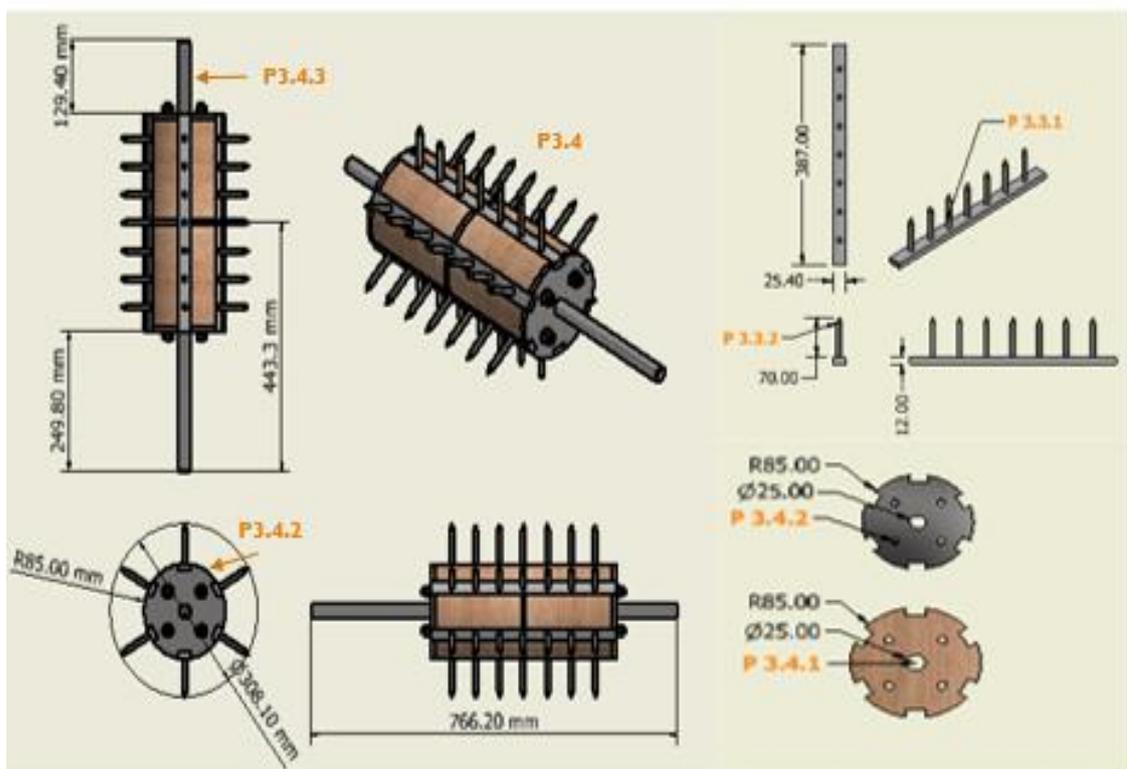
Partes	Sub-partes	Material	Cantidad	Dimensiones (mm)				
				Long.	Ancho	Alto	Diámetro	
							Int.	Ext.
P3.1 Guarnición de púas de gran tambor	P3.1.1	Releta de alú	23	25.4	387	12	-	-
	P3.1.2	Púas de apertura	345	-	-	46	-	10
P3.2 Gran tambor	P3.2.1	Madera para gran tambor	3	-	18	-	25	400
	P3.2.2	Polca estructural de gran tambor	3	-	9	-	25	400
	P3.2.3	Eje de tiro de gran tambor	1	892.05	-	-	-	25



Unidades en mm

## COMPONENTES

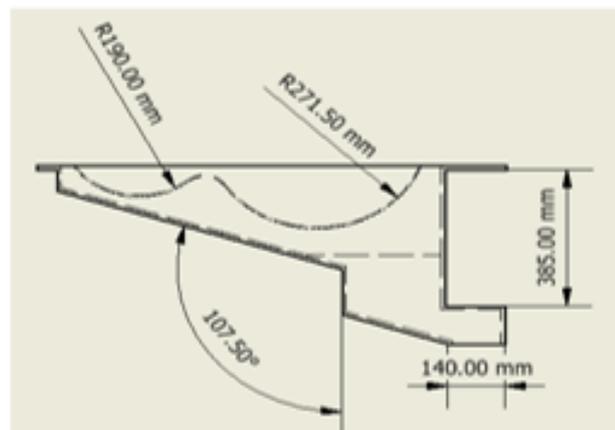
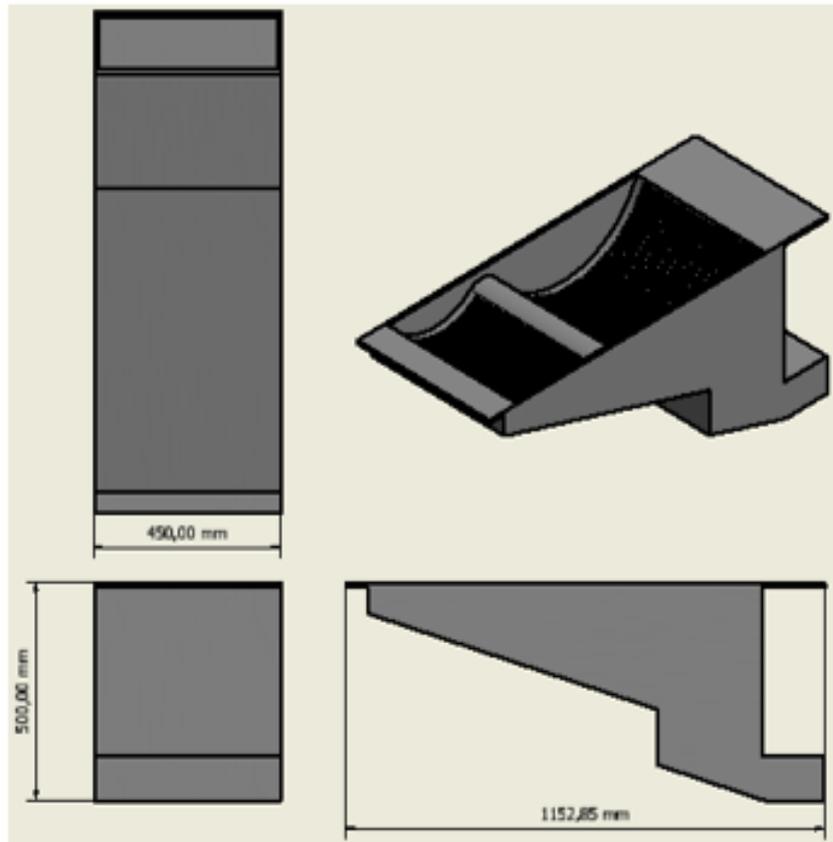
Partes	Sub-partes	Material	Cantidad	Dimensiones (mm)					
				Long.	Ancho	Alto	Diámetro		
							Int.	Ext.	
P3.3 Guarnición de púas de tambor batidor	P3.3.1	Rezleta de púas	Acero A36	6	25.4	387	12	-	-
	P3.3.2	Púas de apertura	Acero cista	42	-	-	81	-	10
P3.4 Tambor batidor	P3.4.1	Madera para tambor batidor	Madera tricolor fenólica	1	-	18	-	25	170
	P3.4.2	Poles estructural de tambor batidor	Acero A36	3	-	9	-	25	170
	P3.4.3	Eje de giro de tambor batidor	Acero H 1045	1	766.20	-	-	-	25



Unidades en mm

## COMPONENTES

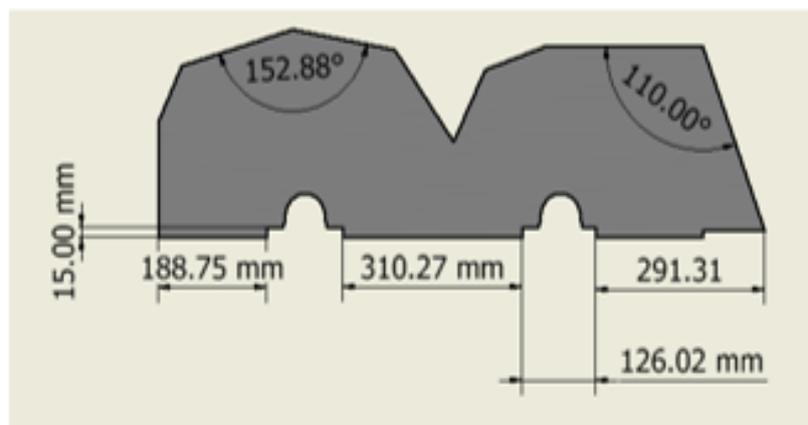
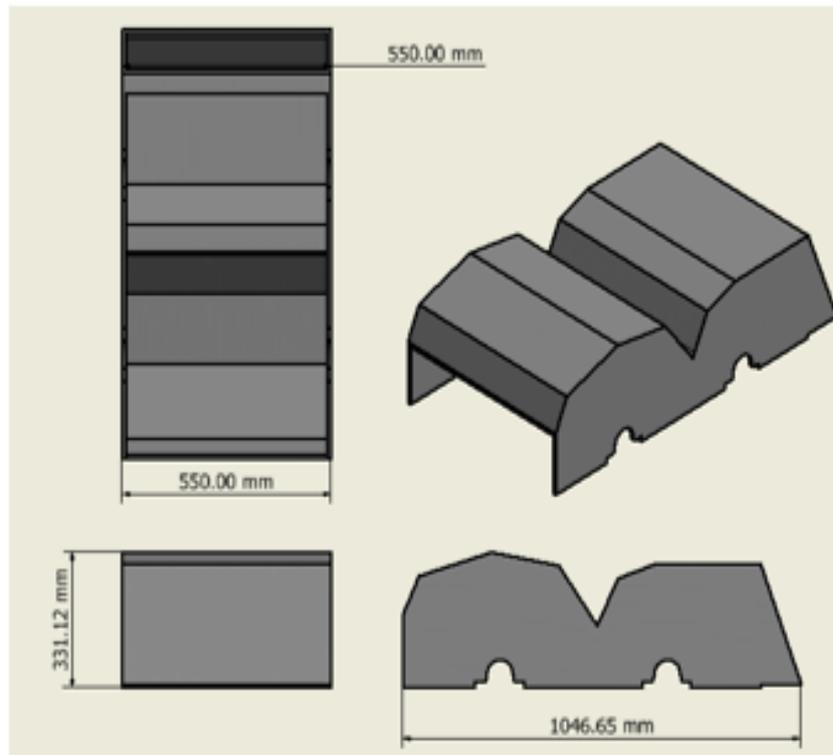
G	Material	Cantidad	Dimensiones				
			Long	Ancho	Alto	Diámetro	
						D1	D2
P3.5	Rejilla (zaranda)	1	1452.42	400	3 (Esp.)	190	271.50
P3.6.A	Guarda inferior	1	1152.85	450	500	190	271.50



Unidades en mm

## COMPONENTES

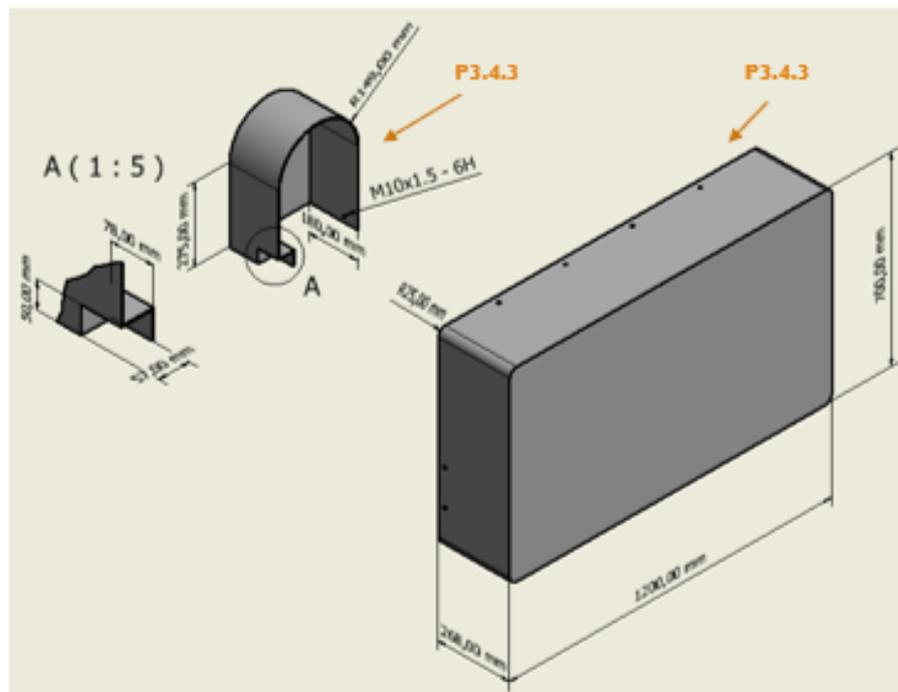
Partes	Material	Cantidad	Dimensiones				
			Long	Ancho	Alto	Diámetro	
						Int	Ext
P3.6.B Guarda superior	Acero ASTM A36	1	1046.65	550	331.12	-	-



Unidades en mm

## COMPONENTES

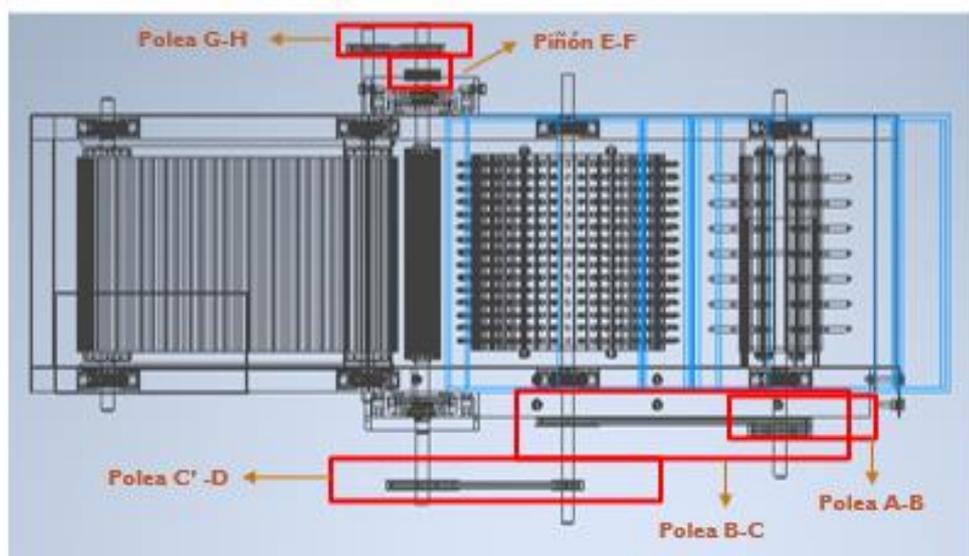
Partes	Material	Cantidad	Dimensiones					
			Long	Ancho	Alto	Diámetro		
						Int	Ext	
P3.6.C	Acero ASTM A36	1	298.9	180	70	424	-	
P3.6.D	Acero ASTM A36	1	1200	248	700	-	-	



Unidades en mm

## P4 SISTEMA DE TRANSMISIÓN

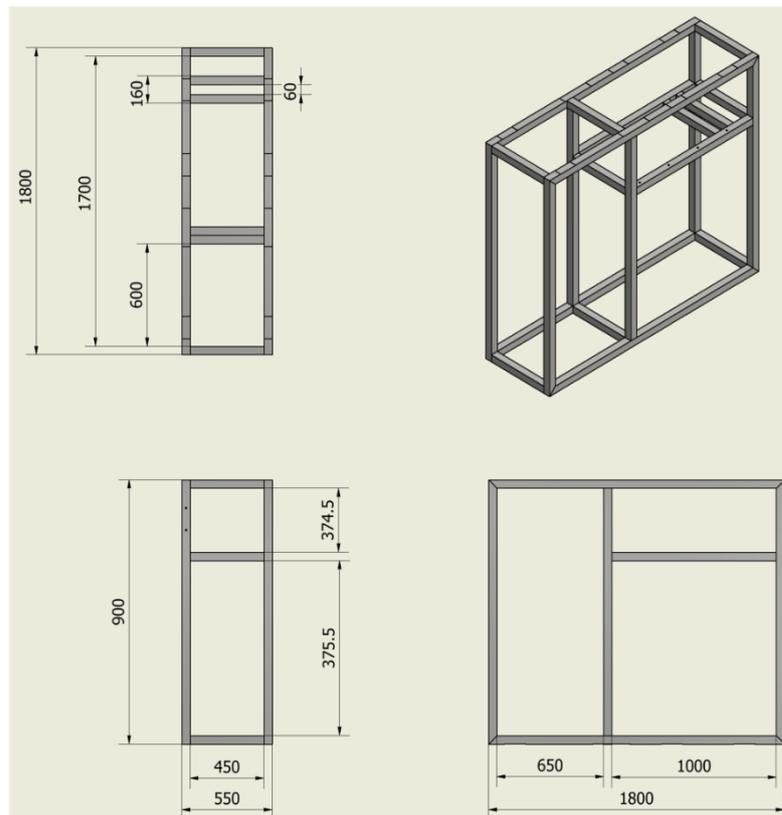
Partes	Sub-partes	Material	Cantidad	Dimensiones
P 4.1 POLEA "A"	P 4.1.1 Polea 2.5"	Aluminio	1	Ø63.5 mm
	P 4.1.2 Faja A40	Varlox	2	-
P 4.2 POLEA "B"	P 4.2.1 Polea 5"	Aluminio	1	Ø127 mm
	P 4.2.2 Faja A51	Varlox	1	-
P 4.3 POLEA "C"	P 4.3.1 Polea 5"	Aluminio	1	Ø144.78 mm
	P 4.3.2 Faja A36	Varlox	1	-
P 4.4 POLEA "C' "	P 4.4.1 Polea 2.3"	Aluminio	1	200 mm
	P 4.4.2 Faja 13/A	Varlox	1	-
P 4.5 POLEA "D"	P 4.5.1 Polea 5.7"	Aluminio	2	144.78 mm
	P 4.5.2 Faja A36	Varlox	1	-
P 4.6 POLEA "G"	P 4.6.1 Polea 100 mm	Aluminio	1	100 mm
	P 4.6.2 Faja 13/A	Varlox	1	-
P 4.7 POLEA "H"	P 4.7.1 Polea 3.3 "	Aluminio	1	83.82 mm
	P 4.7.2 Faja 13/A	Varlox	1	-
P 4.8 PIÑÓN E Y F	P 4.8 Modulo=1.25	Acero H1035	2	Z= 60 dientes



15

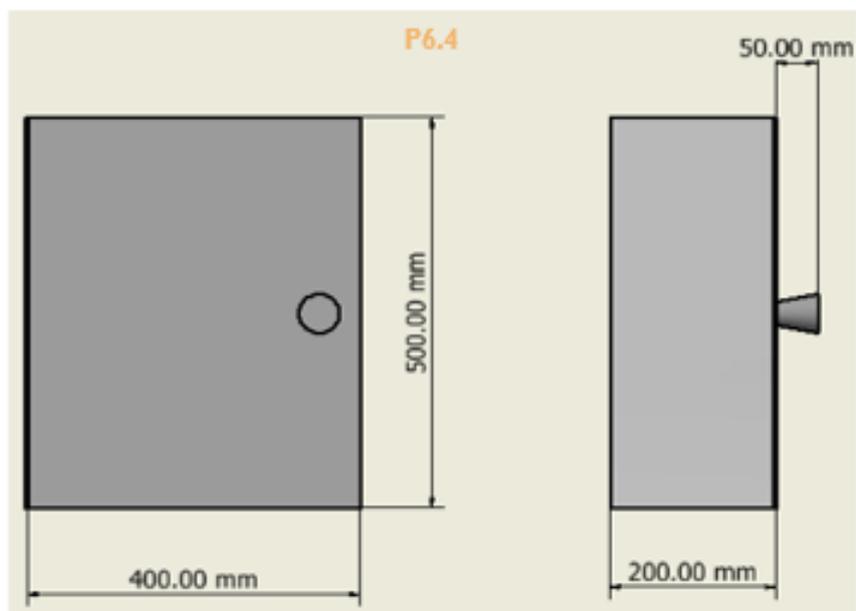
## P5 BANCADA

Partes	Material	Cantidad	Dimensiones (mm)		
			Long.	Ancho	Alto
<b>P 5.1</b> Soportes verticales extremos (patas)	Acero ASTM A500	4	900	50	50
<b>P 5.2</b> Soportes verticales intermedios (patas)	Acero ASTM A500	2	800	50	50
<b>P 5.3</b> Soportes horizontales extremos (longitudinales)	Acero ASTM A500	4	1800	50	50
<b>P 5.4</b> Soportes horizontales intermedios (longitudinales)	Acero ASTM A500	2	1050	50	50
<b>P 5.5</b> Soportes transversales	Acero ASTM A500	8	450	50	50
<b>P 5.6</b> Soportes horizontales (motor 0.5HP)	Acero ASTM A500	2	60	50	50



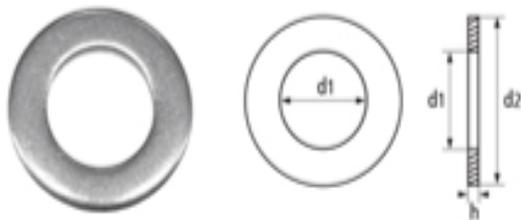
## P6 MOTOR

	Motor	Potencia	Cantidad	Modelo	Tensión	RPM
P 6.1	Motor 0.5HP de baja tensión (Alimentación)	0.5 HP	1	Trifásico	220 DD / 380 YY / 440 DV	1800
P 6.2	Interruptor automático SIEMENS	0.5 HP	1	Mod. 3RV1021-1BA10 Trifásico	220-240 V CA	-
P 6.3	Variador de frecuencia	0.5 HP	1	AB PowerFlex 4	220-240 V CA	1800
P 6.4	Estación de mando de 2 pulsadores + 1 stop	-	1	Poliestere-Inzelec	Dimensiones: 500 x400x200 mm	-
P 6.5	Terminar tipo pin Aislado 12-22 AWG Rojo (Contactor)	-	15	12-22 AWG	-	-
P 6.6	Tablero de control	-	1	Poliestere-Inzelec	-	-
P 6.7	Cable vulcanizado trifásico	-	10 mts	Vulcanizado trifásico NMT3X12 INDECO	220-240 V CA	12 AWG



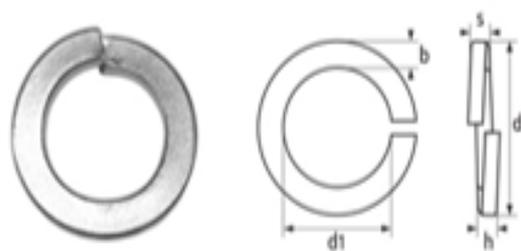
## COMPLEMENTOS

### ARANDELA PLANA



d1	para	d2	h
6.4	M6	12	1.6
7.4	M7	14	1.6
8.4	M8	16	1.6
10.5	M10	20	2
13.0	M12	24	2.5
15.0	M14	28	2.5
17.0	M16	30	3
19.0	M18	34	3

### ARANDELA DE PRESIÓN



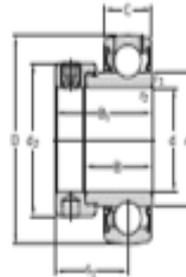
d1	para	d2	b	h	s
6.1	M6	11.8	2.5	3.2	1.6
8.1	M8	14.8	3	4	2
10.2	M10	18.1	3.5	4.4	2.2
12.2	M12	21.1	4	5	2.5
14.2	M14	24.1	4.5	6	3
16.2	M16	27.4	5	7	3.5
18.2	M18	29.4	5	7	3.5

## MONTAJES

### RODAMIENTOS

1. Eliminar las rebabas del eje con tela de esmeril o una lima fina. Límpiela con un paño y compruebe al diámetro del eje.
2. Montar en el eje los componentes que se encuentren entre los dos rodamientos.
3. Limpiar la base del rodamiento y su superficie de apoyo, asegurándose que sea plana y lisa. En el caso de unidades de pie, se si ajusta la elevación con chapas calibradas, estas deben cubrir todo el largo y ancho de la base de la unidad.
4. Deslizar el primer rodamiento sobre el eje.
5. Fijar la segunda unidad de rodamiento en el eje. Para las unidades de pie, alinearlas y luego ajustar los tornillos de fijación en la base del soporte.
6. Alinear el eje y si es posible girar un par de veces.
7. Asegurar unidades de rodamientos al eje apretando el dispositivo de fijación de rodamiento .
8. Colocar los anillos de fijación excéntricos en la extensión del aro interior de ambas unidades de rodamientos Y, y girarlos para apretarlos contra el aro interior, en el sentido de giro principal.
9. Apretar los anillos de fijación hasta su posición final, utilizando una llave de gancho que enganche el agujero de la circunferencia del anillo.
10. Apretar el prisionero en los anillos de fijación excéntricos de ambas unidades de rodamientos Y .

Rodamientos Y SKF E2 con un anillo de fijación excéntrico, ejes métricos  
d 20 – 45 mm

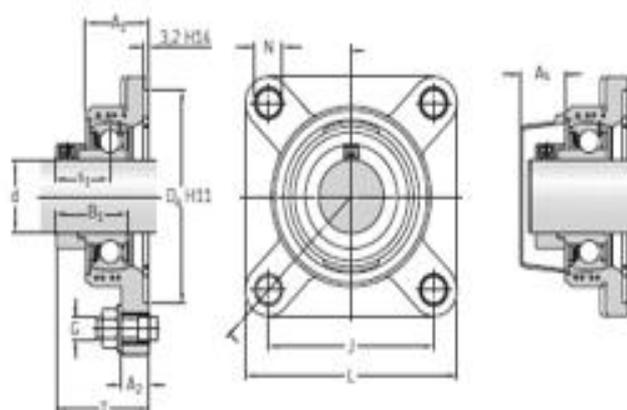


Dimensiones										Capacidad de carga básica dinámica		Carga límite de fatiga	Velocidad límite con tolerancia de eje h6	Masa	Designación
d	D	B	B <sub>1</sub>	C	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	s <sub>1</sub>	r <sub>1,2</sub>	C	C <sub>0</sub>	P <sub>0</sub>				
mm								mm	kN	kN	kN	r.p.m.	kg	-	
20	47	21,5	31	14	28,2	32,4	24,0	0,6	12,7	6,55	0,28	8 500	0,16	E2.YET 204	
25	52	21,5	31	15	33,7	37,4	23,5	0,6	14	7,8	0,335	7 000	0,19	E2.YET 205	
30	62	23,8	35,7	18	39,7	44,1	26,7	0,6	19,5	11,2	0,475	6 300	0,30	E2.YET 206	
35	72	25,4	38,9	19	46,1	51,1	29,4	1	25,5	15,3	0,655	5 300	0,44	E2.YET 207	
40	80	30,2	43,7	21	51,8	56,5	33,2	1	30,7	19	0,8	4 800	0,60	E2.YET 208	
45	85	30,2	43,7	22	56,8	62	32,7	1	33,2	21,6	0,915	4 300	0,66	E2.YET 209	

Fuente: SKF (2019)

Unidades de rodamientos Y SKF E2 con soporte de brida cuadrada de material compuesto con anillo de fijación excéntrico, para ejes métricos

d 20 – 40 mm



### Dimensiones

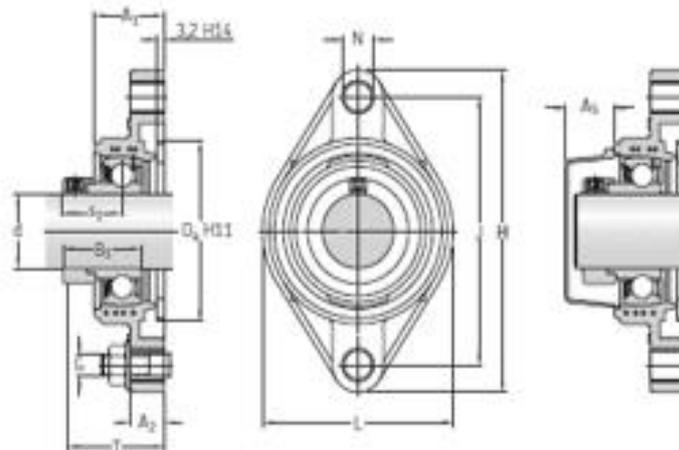
d	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	J	L	N	G	s <sub>1</sub>	T	A <sub>2</sub>
mm											
20	30	15	31	48,3	63,5	86	12,3	M10	23,9	42,9	18,5
25	31	15	30,9	74,6	70	95	12,3	M10	23,4	42,4	18
30	33	15,3	35,6	93,7	82,5	108	12,3	M10	26,6	46,6	20
35	35	17	38,8	106,4	92	118	14,8	M12	29,3	50,3	22
40	39	17	43,6	115,9	101,5	130	14,8	M12	33,1	57,1	23,5

Capacidad de carga básica	Carga límite		Velocidad límite	Masa de soporte	Designación del soporte	Designación del rodamiento	Designación adecuada de la tapa lateral	Designación de la unidad
	dinámica	estática						
C	C <sub>d</sub>	P <sub>0</sub>						
kN		kN	r.p.m.	kg	-	-	-	-
12,7	6,55	0,28	8 500	0,28	FYK 504	E2YET 204	ECY 204	FYK 20 FE
14	7,8	0,335	7 000	0,33	FYK 505	E2YET 205	ECY 205	FYK 25 FE
19,5	11,2	0,475	6 300	0,51	FYK 506	E2YET 206	ECY 206	FYK 30 FE
25,5	15,3	0,655	5 300	0,68	FYK 507	E2YET 207	ECY 207	FYK 35 FE
30,7	19	0,8	4 800	0,88	FYK 508	E2YET 208	ECY 208	FYK 40 FE

Fuente: SKF (2019)

Unidades de rodamientos Y SKF E2 con soporte de brida ovalada de material compuesto con anillo de fijación excéntrico, para ejes métricos

Ø 20 - 35 mm



Dimensiones

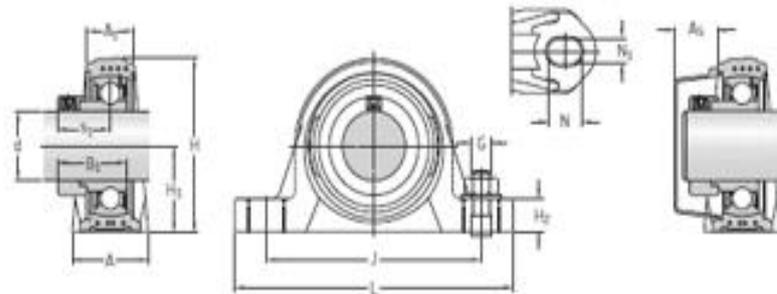
d	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	H	J	L	N	G	s <sub>1</sub>	T	A <sub>3</sub>
mm												
20	29,5	15	31	50,8	112	90	60,5	12,3	M10	23,9	42,9	18,5
25	30	15	30,9	63,5	124	99	70	12,3	M10	23,4	42,4	18
30	33	15	35,6	76,2	142,5	116,5	83	12,3	M10	26,6	46,6	20
35	35	17	38,8	88,9	156	130	96	14,8	M12	29,3	50,3	22

Capacidad de carga básica dinámica	Capacidad de carga estática	Carga límite de fatiga	Velocidad límite	Masa	Designación del soporte	Designación del rodamiento	Designación adecuada de la tapa lateral	Designación de la unidad
C	C <sub>0</sub>	F <sub>0</sub>	r.p.m.	kg	-	-	-	-
kN	kN	kN						
12,7	6,55	0,28	8 500	0,24	FYTBK 504	E2.YET 204	ECY 204	FYTBK 20 FE
14	7,8	0,335	7 000	0,29	FYTBK 505	E2.YET 205	ECY 205	FYTBK 25 FE
19,5	11,2	0,475	6 300	0,45	FYTBK 506	E2.YET 206	ECY 206	FYTBK 30 FE
25,5	15,3	0,655	5 300	0,63	FYTBK 507	E2.YET 207	ECY 207	FYTBK 35 FE

Fuente: SKF (2019)

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



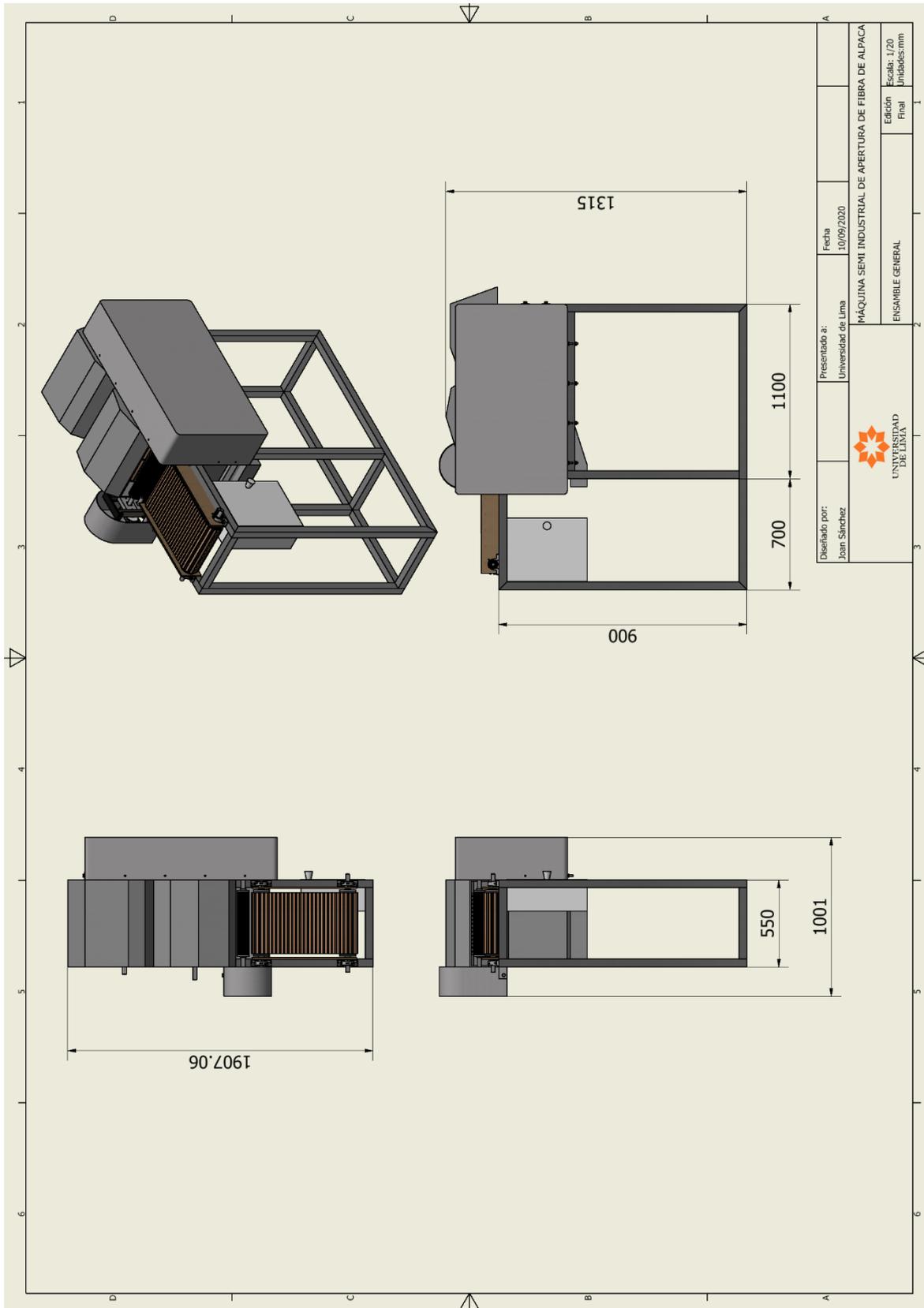
Dimensiones

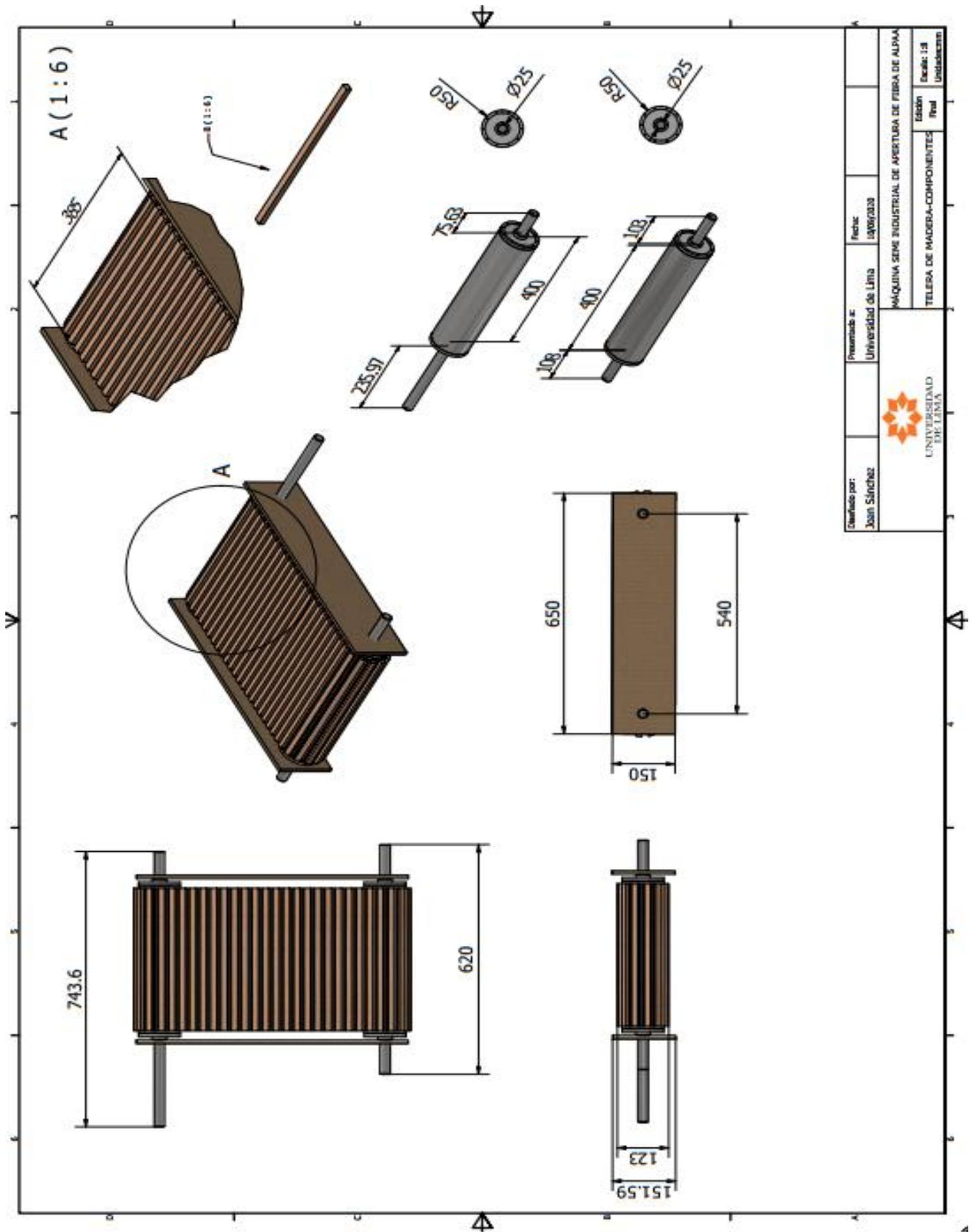
d	A	A <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	H	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	J	L	N	N <sub>1</sub>	G	s <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>
mm													
20	32	21	31	64	33,3	16	96	126	17,6	12,4	M10	23,9	18,5
25	32	22	30,9	70,5	36,5	16	105	134	17,6	12,4	M10	23,4	18
30	40	25	35,6	82	42,9	19	121	159	21,4	14,4	M12	26,6	20
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	Capacidad de carga estática	Carga límite de fatiga	Velocidad límite	Masa	Designación del soporte	Designación del rodamiento	Designación adecuada de la tapa lateral	Designación de la unidad
C	C <sub>0</sub>	P <sub>k</sub>	r.p.m.	kg	-	-	-	-
kN	kN	kN						
12,7	6,55	0,28	8 500	0,26	SKK 504	E2.YET 204	ECY 204	SKK 20 FE
14	7,8	0,335	7 000	0,31	SKK 505	E2.YET 205	ECY 205	SKK 25 FE
19,5	11,2	0,475	6 300	0,50	SKK 506	E2.YET 206	ECY 206	SKK 30 FE
25,5	15,3	0,655	5 300	0,69	SKK 507	E2.YET 207	ECY 207	SKK 35 FE
30,7	19	0,8	4 800	0,86	SKK 508	E2.YET 208	ECY 208	SKK 40 FE

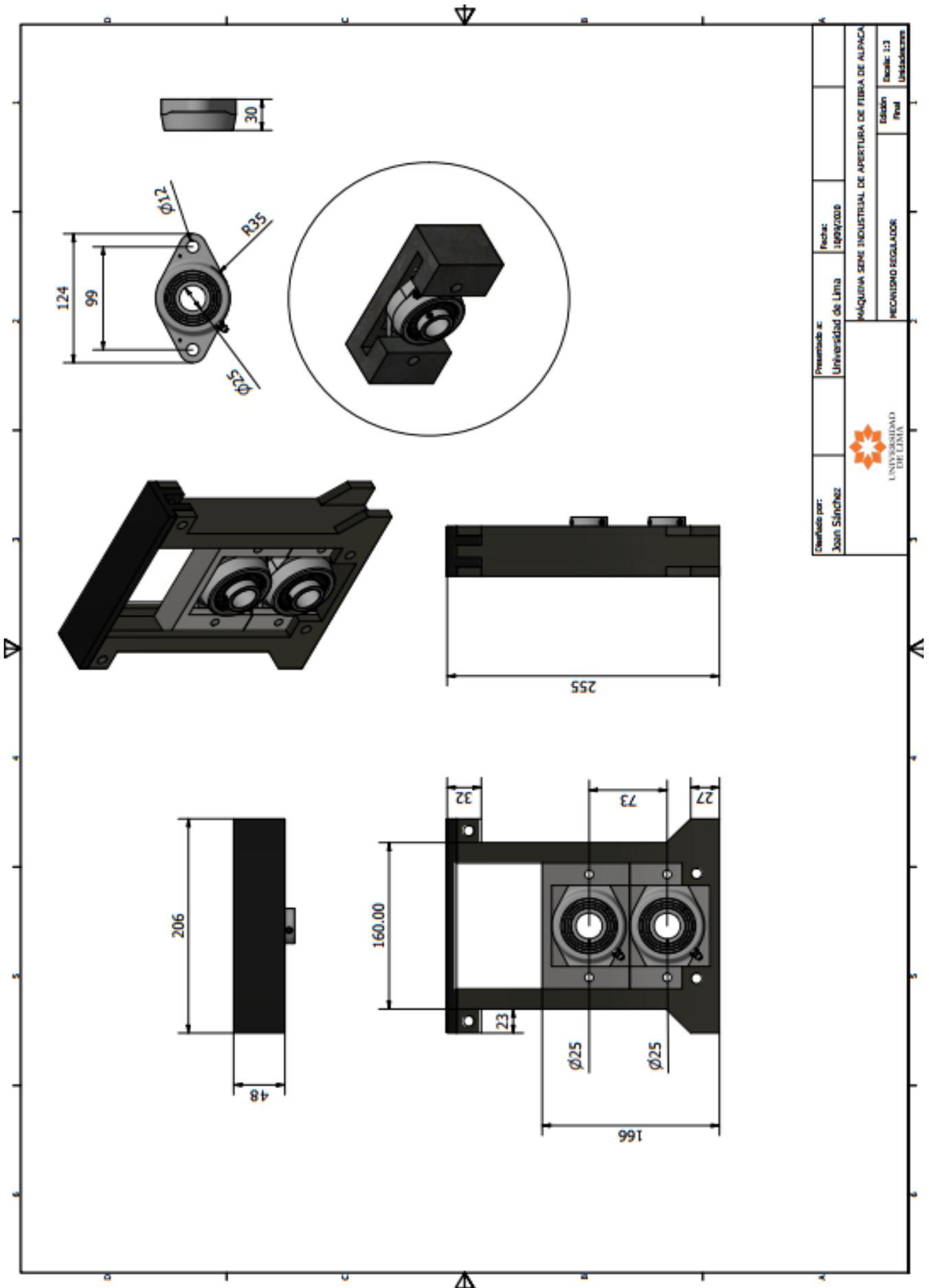
Fuente: SKF (2019)

## Anexo 20: Planos de la máquina de apertura

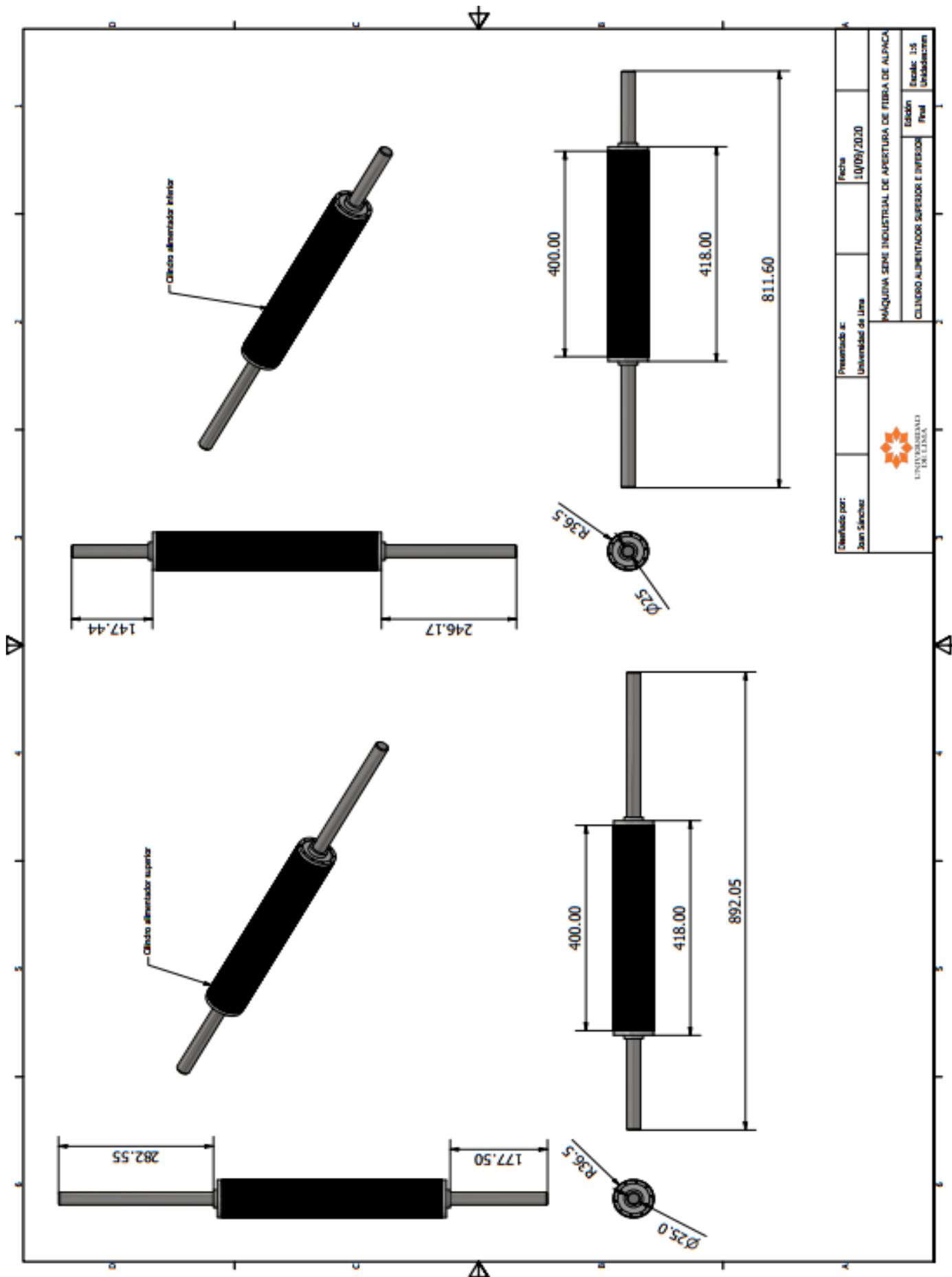




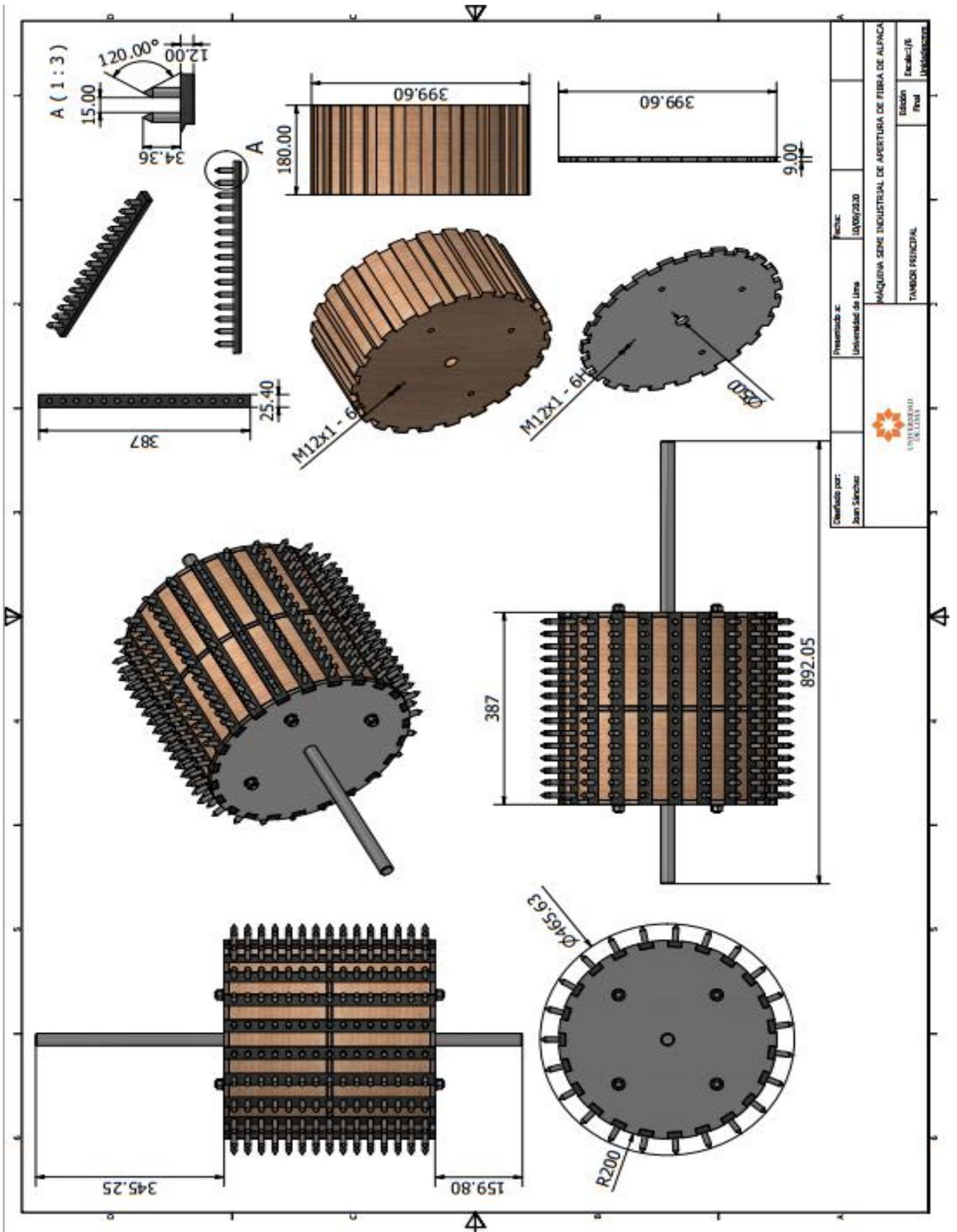
Elaborado por: Joan Sánchez	Presentado a: Universidad de Lima	Fecha: 10/09/2020	Escala: 1:8 Folios 1 de 1
 UNIVERSIDAD DE LIMA			MÁQUINA SEME INDUSTRIAL DE APERTURA DE FIBRA DE ALPACA TELA DE MADERA-COMPONENTES

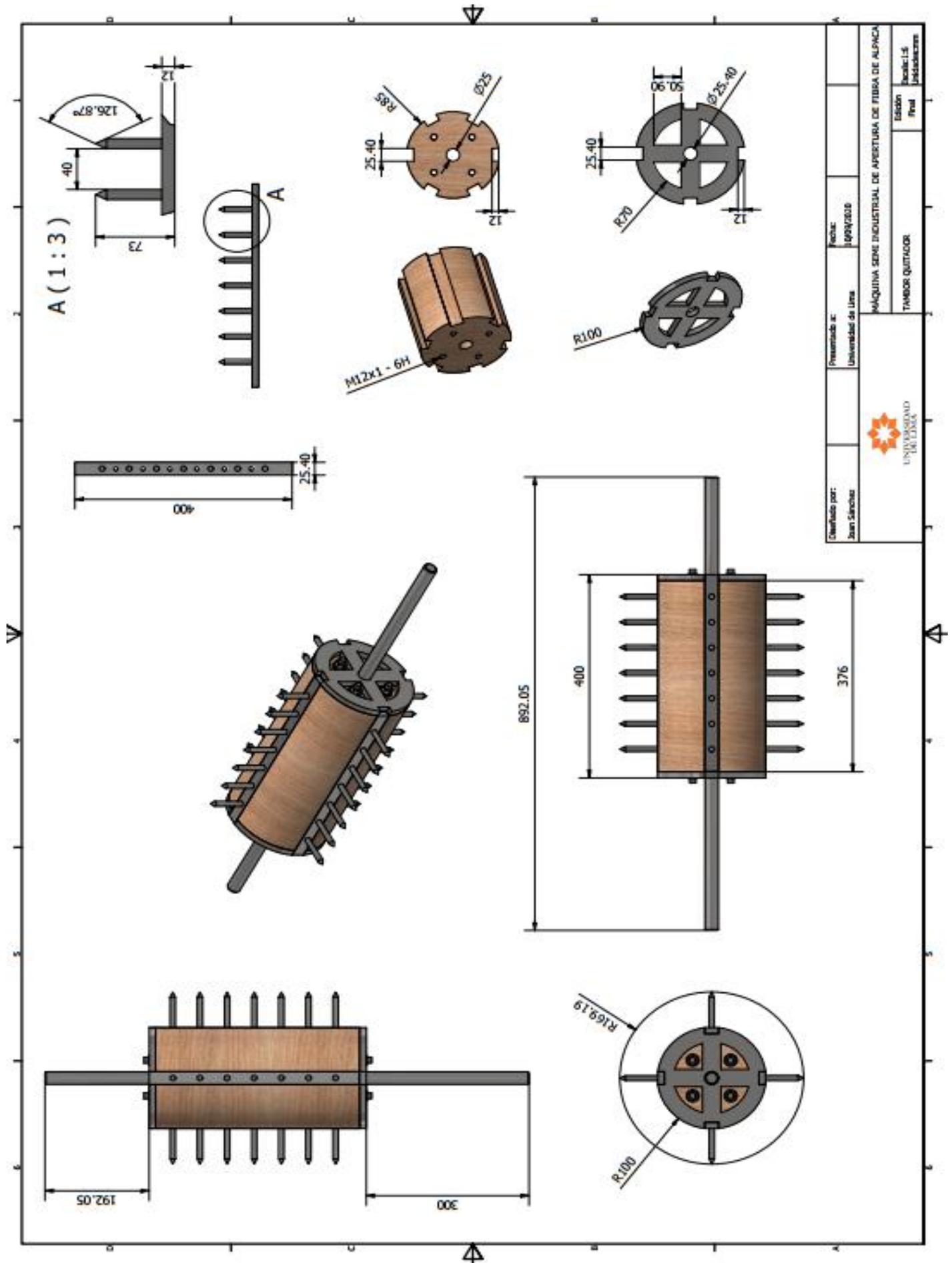


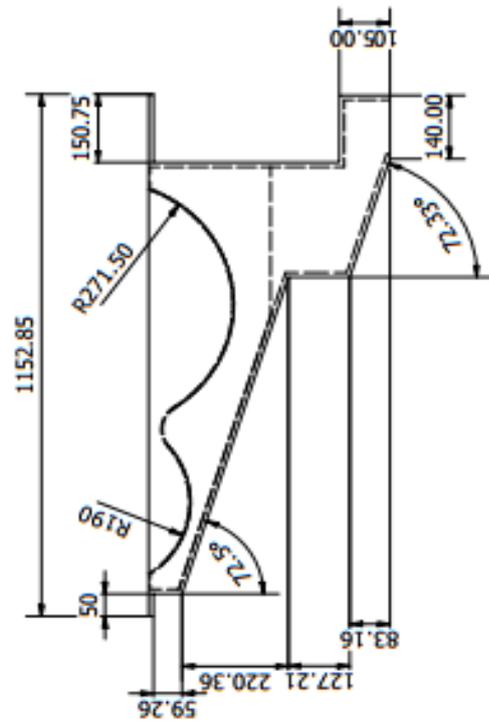
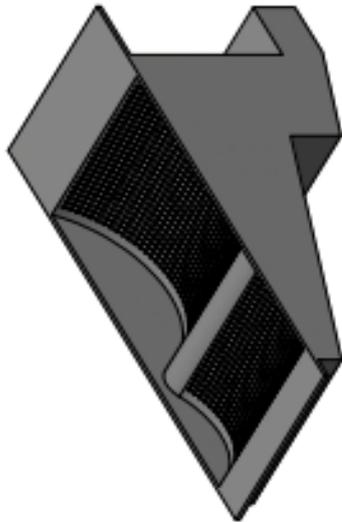
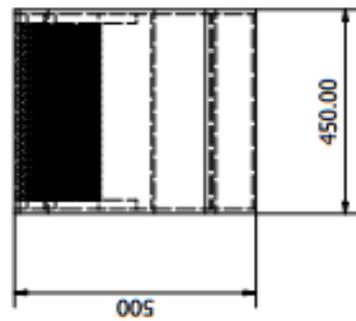
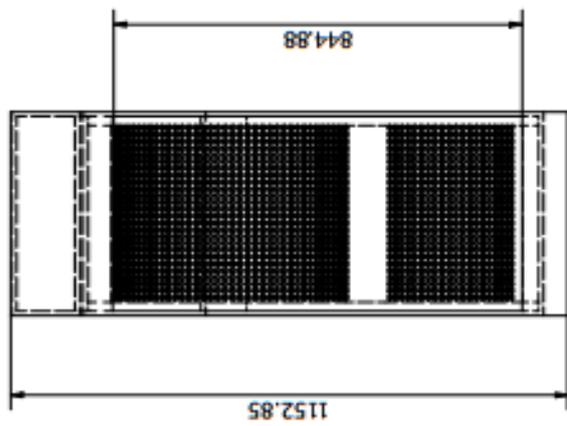
 UNIVERSIDAD DE LIMA	Diseñado por: Juan Sánchez	Presentado a: Universidad de Lima	Fecha: 14/09/2008	Título: MÁQUINA SEME INDUSTRIAL DE APERTURA DE FIBRA DE ALPACA MECANISMO REGULADOR	Edición: Final	Escala: 1:1	Unidad: Unidades
--	-------------------------------	--------------------------------------	----------------------	--	-------------------	----------------	---------------------



 UNIVERSIDAD DE LIMA	Diseñado por: Juan Sánchez	Presentada a: Universidad de Lima	Fecha: 10/09/2020
	MÁQUINA SEME INDUSTRIAL DE APERTURA DE FIBRA DE ALPACA CILINDRO ALIMENTADOR SUPERIOR E INFERIOR		Edición: Final
			Escala: 1:5 Unidades: cm



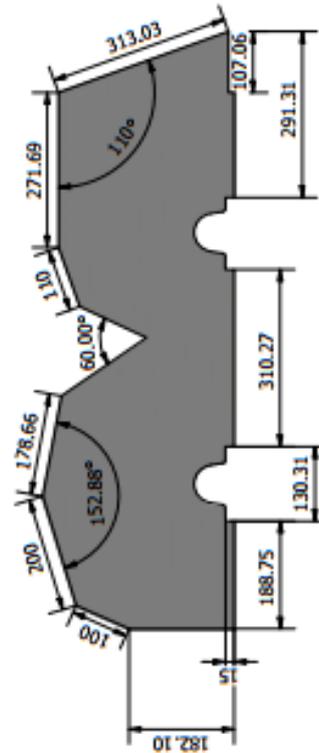
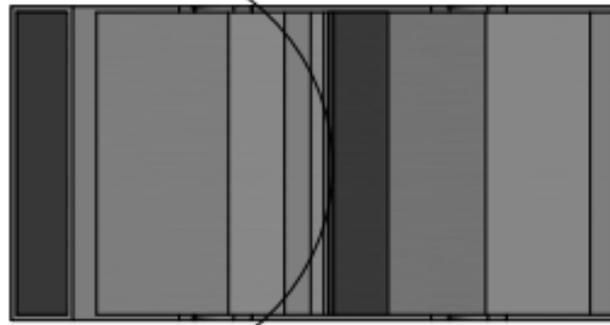
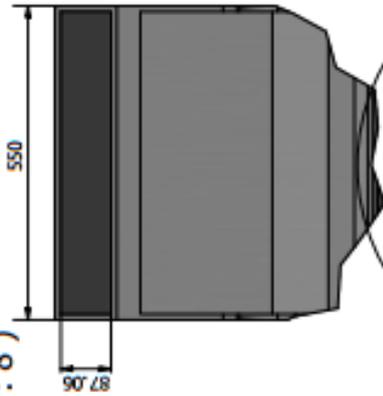
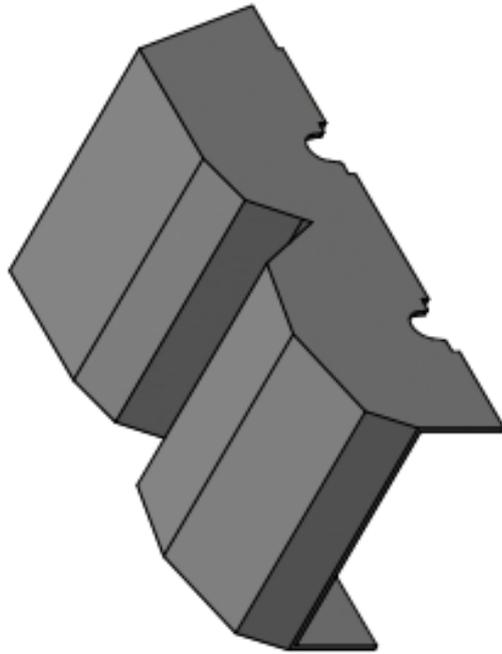
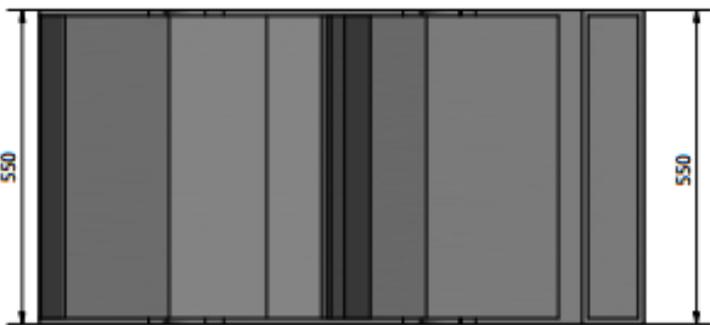




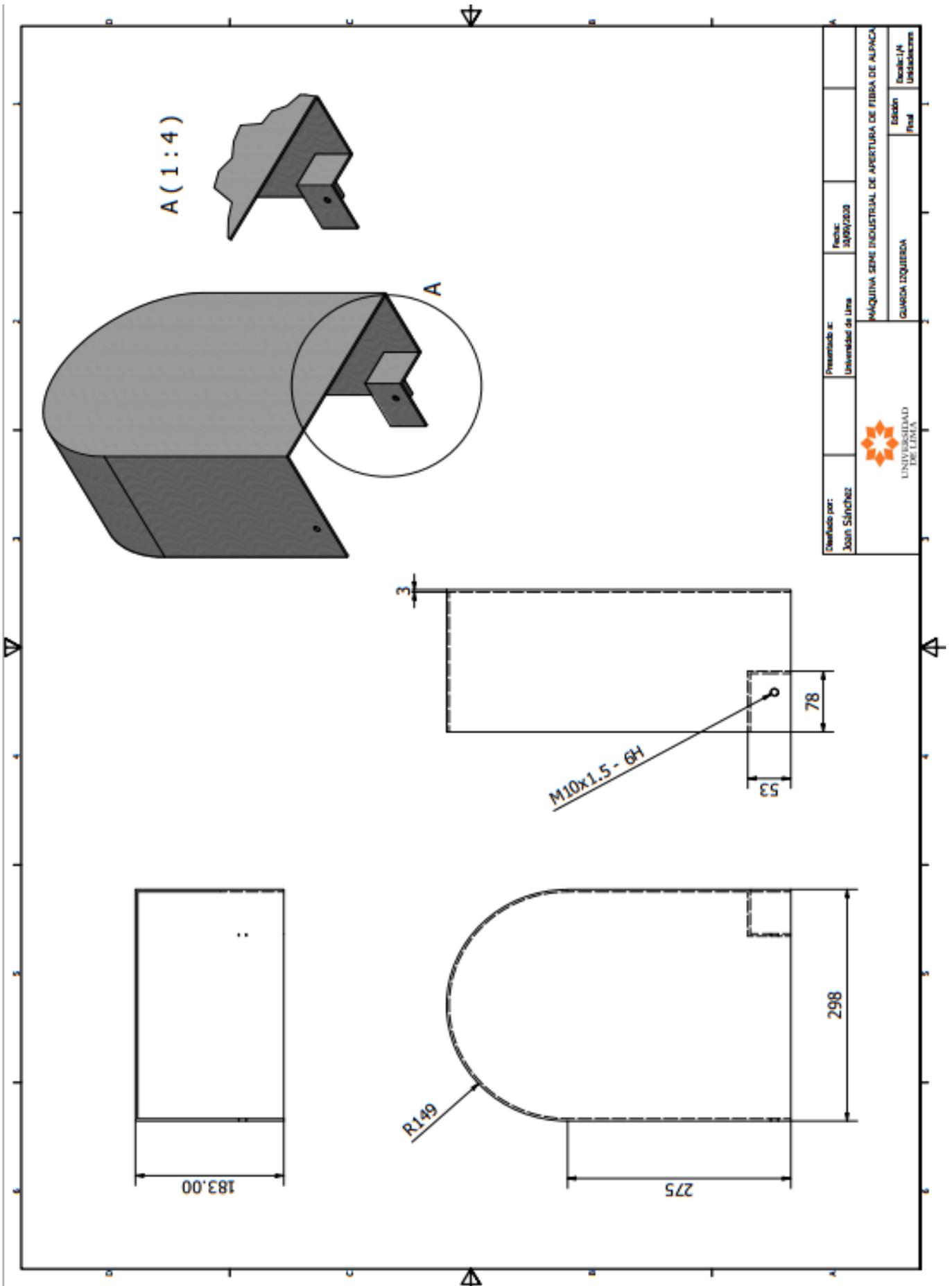
Diseñado por: Joan Sánchez	Presentado a: Universidad de Lima	Fecha: 20/09/2020	MÁQUINA SEME INDUSTRIAL DE APERTURA DE FIBRA DE ALPACA	
			Edición Final	Escala: 1:10 Unidades: milímetros



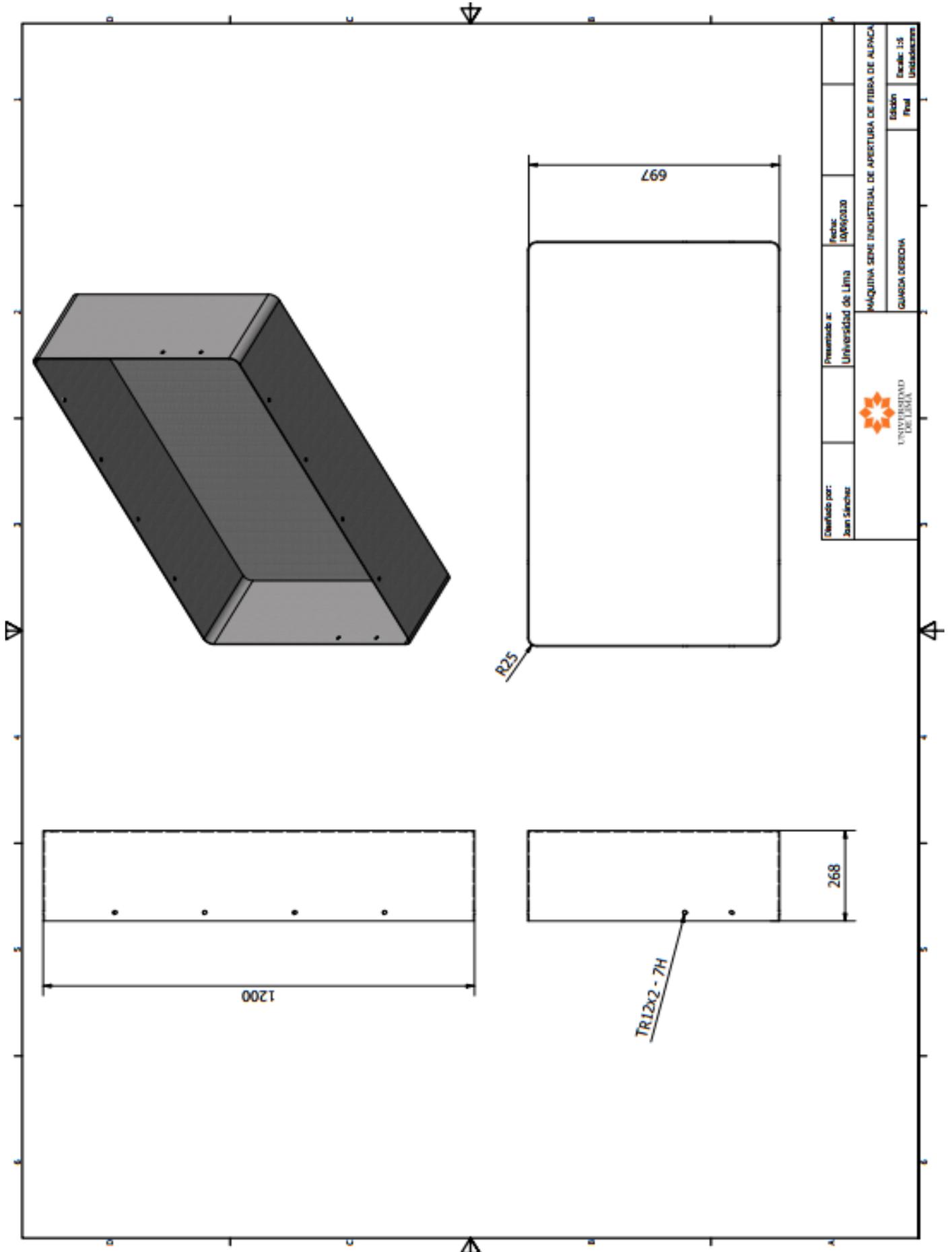
BOQUILLA ( 1 : 8 )

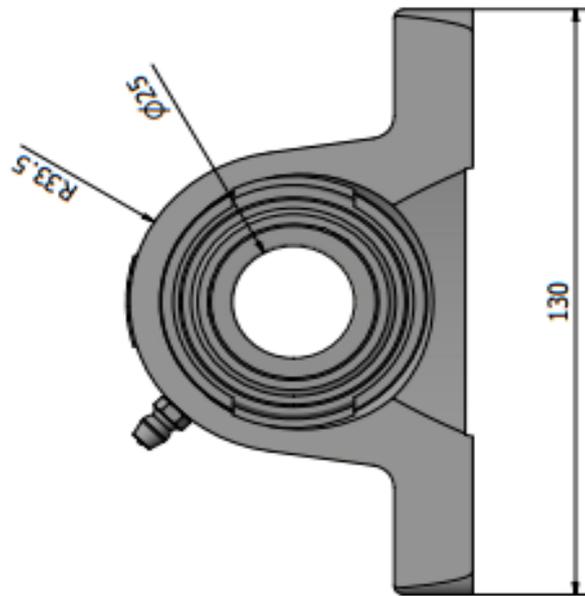
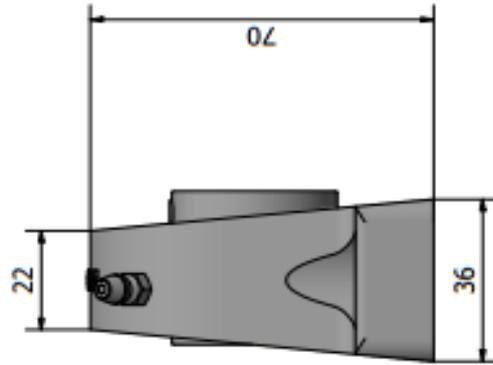


Diseñado por: Joan Sánchez	Presentado a: Universidad de Lima	Fecha 10/09/2020
 UNIVERSIDAD DE LIMA		
MÁQUINA SEME INDUSTRIAL DE APERTURA DE FIBRA DE ALPACA		Edición Final
GUARDA SUPERIOR		Escala: 1/8 Unidades

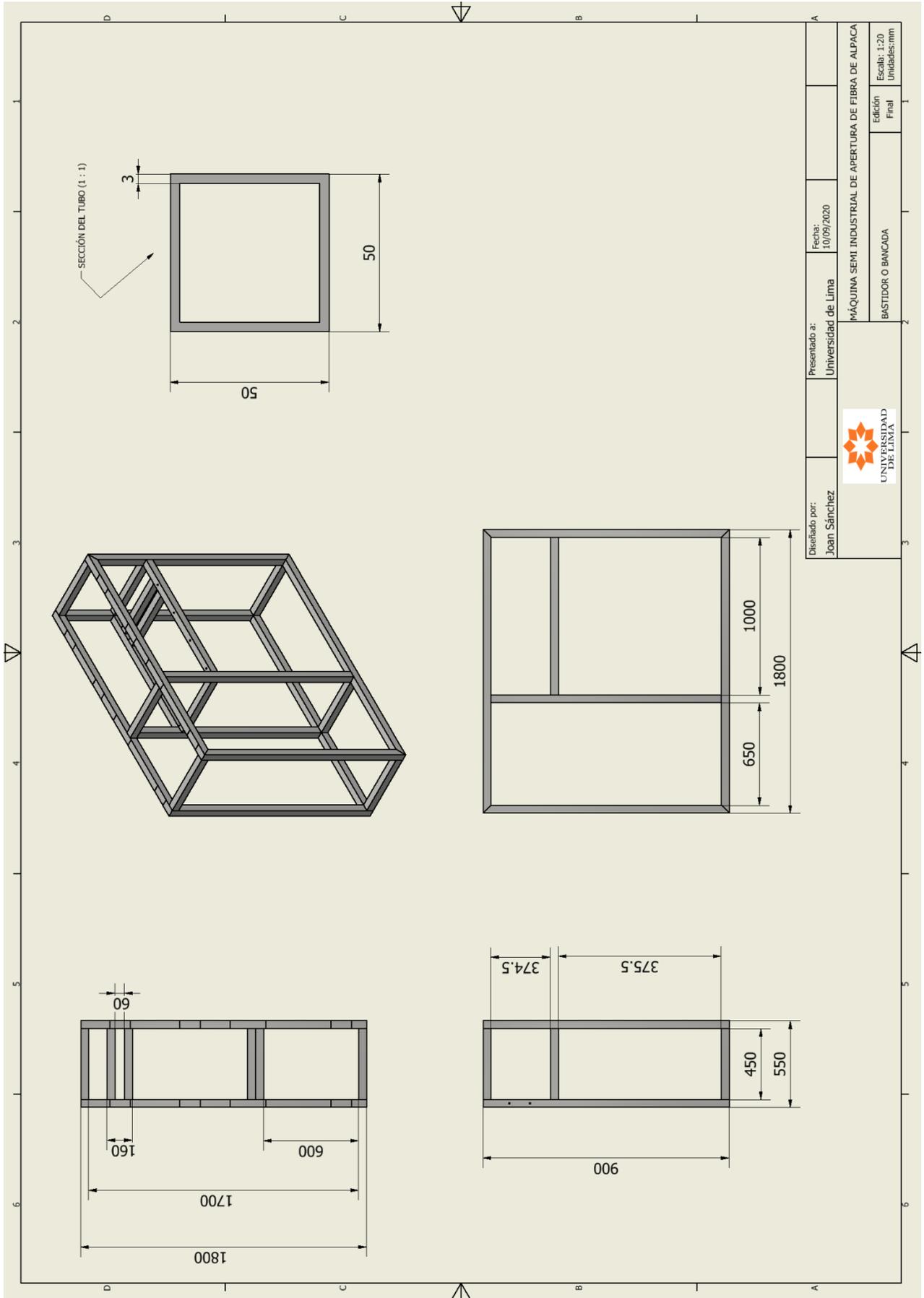


Diseñado por: Joan Sánchez	Presentado a: Universidad de Lima	Fecha: 30/09/2008	Escala: Final
 UNIVERSIDAD DE LIMA		MÁQUINA SEME INDUSTRIAL DE APERTURA DE FIBRA DE ALPACA GUARSA IZQUIERDA	
		Escala: Final	Escala: Final

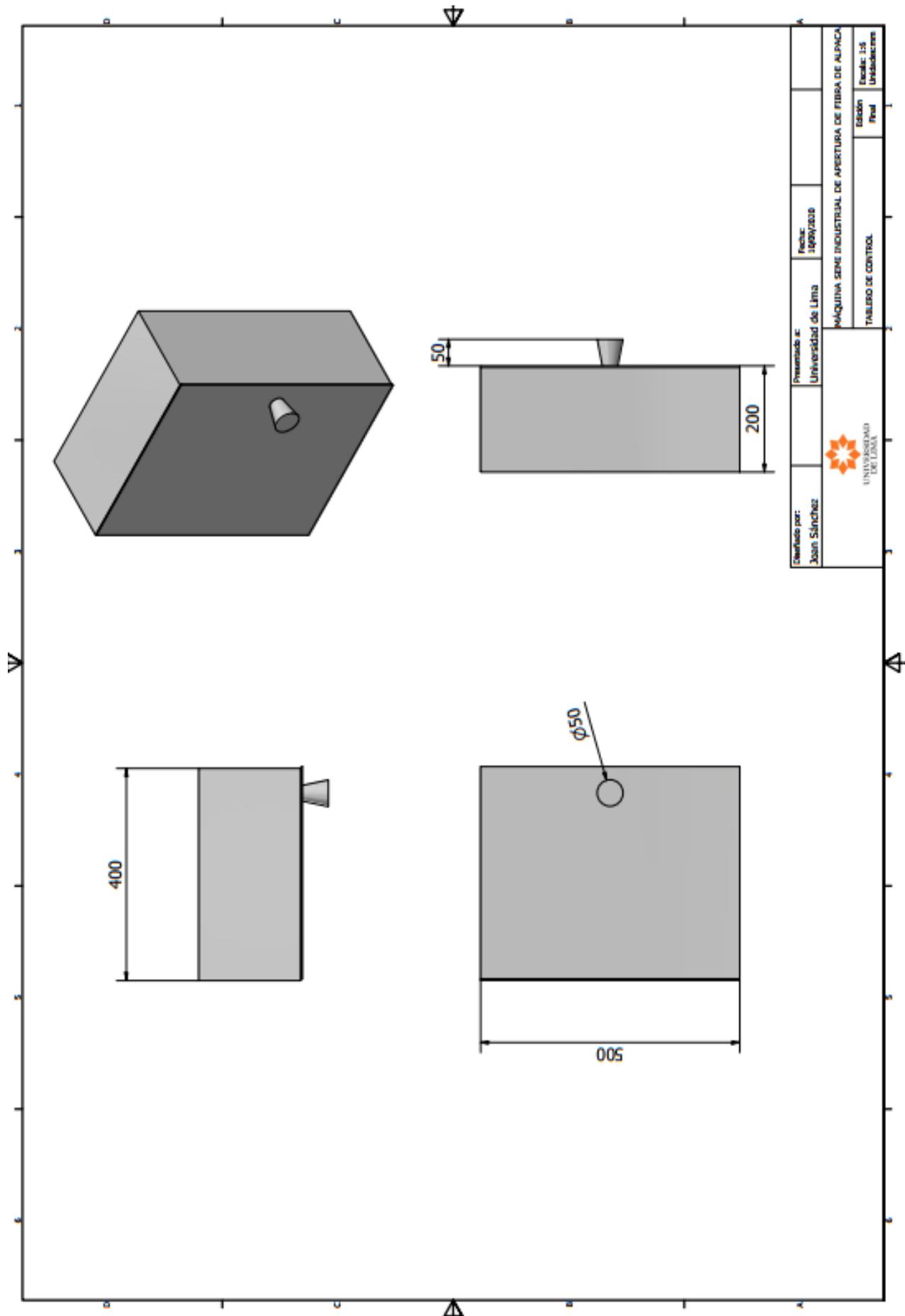




Creado por: Juan Sánchez	Entregado de: SKF	Presentado a: Universidad de Lima	Fecha: 10/09/2020	
 UNIVERSIDAD DE LIMA		MAQUINA SEME INDUSTRIAL DE APERTURA DE FIBRA DE ALPACA CHUMACERA DE PIE SKF SY 25FT		
		Edición: Prat	Escala: 1:1 Unidades:mm	



Diseñado por: Joan Sánchez	Presentado a: Universidad de Lima	Fecha: 10/09/2020	MÁQUINA SEMI INDUSTRIAL DE APERTURA DE FIBRA DE ALPACA BASTIDOR O BANCAJA	
 UNIVERSIDAD DE LIMA			Edición Final	Escala: 1:20 Unidades: mm



Diseñado por: Joan Sánchez	Presentada a: Universidad de Lima	Fecha: 19/06/2018	MÁQUINA SEME INDUSTRIAL DE APERTURA DE FIBRA DE ALPACA TABLERO DE CONTROL	Escala: 1:1 Unid. de med.: mm
-------------------------------	--------------------------------------	----------------------	--	-------------------------------------

**Anexo 21. Manual de uso y mantenimiento de la máquina  
semi-industrial de apertura de fibra de alpaca**

**MÁQUINA DE APERTURA SEMI INDUSTRIAL DE APERTURA DE  
FIBRA DE ALPACA**

**MANUAL BÁSICO DE USO Y  
MANTENIMIENTO**

**Elaborado por: Joan Jefferson Sánchez Jiménez**

**Noviembre del 2020**

**LIMA, Perú**



# INTRODUCCIÓN

El presente manual presentado incluye procedimientos y recomendaciones para el uso y mantenimiento de la máquina semi-industrial de apertura de fibra de alpaca.

El presente manual fue diseñado para ser una herramienta de fácil comprensión, breve y didáctico. Además, evita incluir información más allá de lo necesaria a fin de que cualquier persona que opere la máquina, ya sea un operario o personal de mantenimiento, pueda comprenderlo.

Dentro del manual se puede encontrar cinco partes diferenciadas según su contenido, las cuales son:

- Perfiles laborales del técnico de mantenimiento y del operario: Se detalla cada uno de los requisitos, competencias, habilidades y funciones del técnico encargado de mantenimiento, así como también del operario de la máquina.
- Instrucciones de uso: Dirigido a la(s) persona(s) encargada(s) de operar la máquina de manera directa. Además, se describe la secuencia operativa a seguir, las funciones y cuidados a considerar en el uso de la maquinaria y los requerimientos de conocimiento mínimos necesarios por el operario.
- Mantenimiento de la máquina: Se detalla el mantenimiento mecánico preventivo como correctivo. Además, se detalla el proceso básico para cada uno de ellos, la lista de componentes y los requerimientos necesarios para el personal encargado del mantenimiento de la máquina.
- Recomendaciones: Se detallan recomendaciones para la utilización de dispositivos Poka-Yoke, delimitación de zonas de trabajo y almacén-mantenimiento, utilización de una regleta que sirva de guía visual y la utilización de señales de seguridad.
- Listado de proveedores: Se incluye la lista de todos los proveedores del material que incluye la máquina de tal manera que sea útil como vía de contacto y solución de problemas para el usuario de la máquina.

# USO DE LA MÁQUINA

## INSTRUCCIONES PREVIAS

Es responsabilidad del operario leer el manual de uso y mantenimiento de la maquinaria antes de realizar cualquier operación o intervención en esta. Se considerará un plazo de una semana desde el inicio de labores para el aprendizaje del manual y conceptos básicos detallados en él. Posterior al plazo dado, se solicitará realizar una tarea básica de mantenimiento preventivo y correctivo siguiendo cada uno de los pasos y consideraciones establecidos en el manual.

A fin de cumplir con las normas de seguridad al operar con la máquina, el usuario de la máquina deberá tener conocimientos que acrediten una adecuada formación para su uso. Los conocimientos previos mínimos referentes a las máquina son:

- La máquina dispone de sistema de protección ante cortocircuitos, sobrecargas y fallas de aislamiento gracias a los elementos de protección utilizados en el interior del tablero de control de la máquina (guardamotor, interruptor diferencial y fusibles en el variador de frecuencia)
- Los rodamientos y piñones deben siempre estar correctamente lubricados.
- Todas las guardas deben estar correctamente colocadas.
- El operario dispone de guantes de protección.
- Colocar el variador de frecuencia en valor inicial de cero posterior al uso de la maquinaria.
- Mantener el interior, exterior y alrededores de la máquina limpios posterior a su uso.
- Realizar mantenimientos preventivos de manera periódica (en base a plan de mantenimiento anual).
- Evitar paradas de máquina injustificadas durante el procesamiento de la máquina.

## **PERFILES LABORALES DEL TÉCNICO Y OPERARIO**

### **A. Perfil del técnico encargado de mantenimiento**

En este punto se detallará el perfil del personal técnico requerido para las actividades de mantenimiento de la máquina semi-industrial de apertura de fibra de alpaca.

#### **Estudios oficiales**

- Técnico en Mantenimiento Electromecánico
- Técnico Superior en Mecatrónica Industrial

#### **Perfil Profesional**

- Conocimiento técnico sobre máquinas y fibras
- Habilidades manuales para el uso de herramientas y equipos
- Experiencia en electrónica, mecánica y electricidad
- Buen sentido del color, agudeza visual y auditiva
- Capacidad de resolución de problemas inesperados

#### **Competencias**

- Aptitudes para redacción de informes
- Conocimiento de Microsoft Word y Excel Básico-Intermedio
- Habilidad para resolución de problemas
- Trabajo sin supervisión continua
- Toma medidas y realiza cálculos numéricos con precisión

#### **Funciones**

- Comprobar el buen funcionamiento de la maquinaria en base a plan de mantenimiento
- Montaje de la maquinaria y componentes
- Ajuste y/o cambios de componentes en caso de falla o en base a plan de mantenimiento
- Redacción y llenado de formatos de mantenimiento según manual
- Actualización periódica de carpeta de documentos de mantenimiento

## **B. Perfil del operador de maquinaria textil**

En este punto se detallará el perfil del personal requerido para la operación de la máquina semi industrial de apertura de fibra de alpaca.

### **Estudios oficiales- Experiencia requerida**

- Técnico en maquinaria textil (no indispensable)
- Experiencia mínima de 6 meses operando máquinas textiles (deseable)
- Estudios secundarios completos (deseable)

### **Perfil Profesional**

- Conocimiento de normativa de prevención de riesgos laborales
- Habilidades manuales para el uso de herramientas y equipos
- Buena actitud en el uso de máquinas
- Buen sentido del color, agudeza visual y auditiva
- Capacidad de resolución de problemas inesperados

### **Competencias**

- Capacidad de lidiar con trabajos que implican desorden
- Capacidad de sobrellevar trabajo rutinario
- Capacidad para seguir instrucciones
- Puntualidad
- Supervisa y controla la maquinaria textil

### **Funciones**

- Preparación de materia prima e insumos para el proceso de apertura de fibra de alpaca
- Realizar inspecciones visuales y auditivas básicas de componentes de la máquina
- Realizar limpieza rápida antes y después del uso de la maquinaria
- Realizar el abastecimiento de fibra de alpaca a la máquina
- Cargar sacos y contenedores con fibra de alpaca en el interior
- Trabajar en conjunto con el técnico encargado para actualización programada de formatos de mantenimiento.

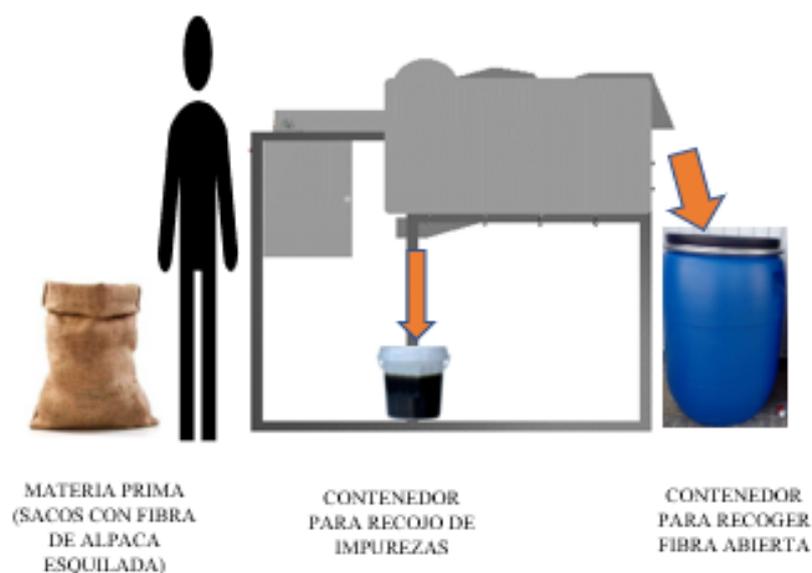
## INSTRUCCIONES PARA EL CORRECTO USO

En este punto se detallará el proceso paso a paso para el uso de la máquina, considerando una breve explicación en cada paso a fin de orientar al usuario.

### Paso 1: Preparación de materia e insumos

Como primer paso, se deberá tener todos los materiales a utilizar preparados para su posterior procesamiento. Además, este y los demás pasos consideran el trabajo de un único operario durante todo el proceso. En este caso se deberá tener listo lo siguiente:

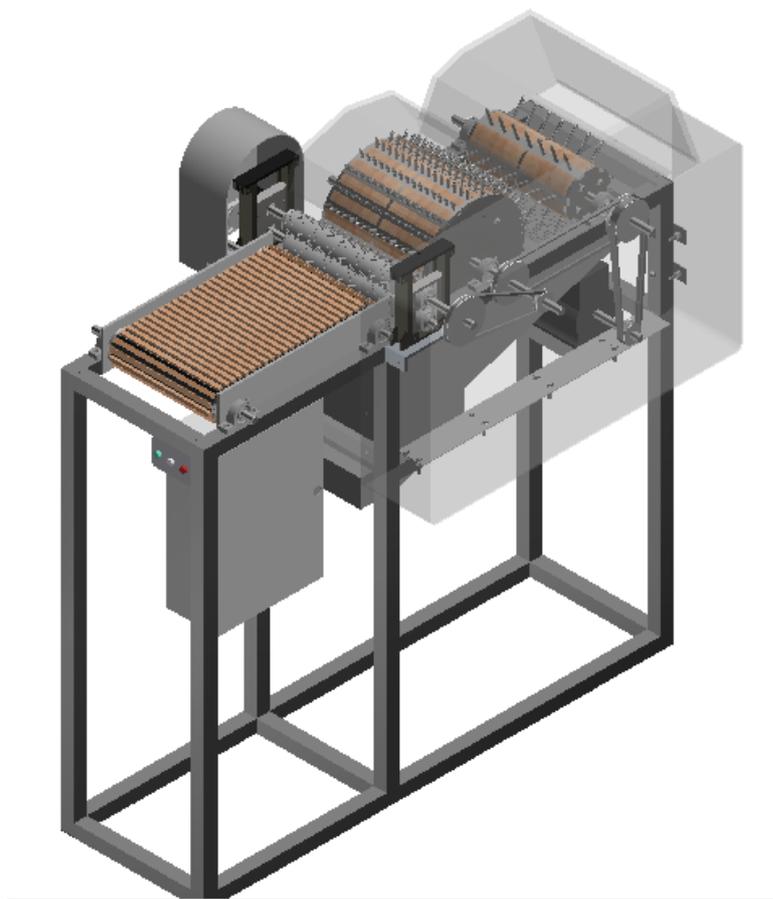
- **Materia prima:** Se debe tener la fibra de alpaca ya esquilada en sacos o algún contenedor. Además, deberá estar ubicada a un costado de la zona de alimentación para facilitar el suministro rápido y continuo de la fibra.
- **Contenedor de salida o recojo:** Colocar contenedor por debajo de boquilla de salida de la máquina. Se recomienda que el contenedor sea transparente para poder observar el avance de llenado desde la zona de alimentación, evitando así tiempos improductivos.
- **Verificar limpieza externa e interna de la máquina:** Se debe realizar una inspección visual en caso de sustancias o materiales no deseados para el proceso (grasa, agua, fibra de alpaca residual)



## Paso 2: Verificación visual de componentes mecánicos

Luego, se procede a la verificación de los componentes mecánicos, considerando siempre la seguridad para el operario en primer lugar. En este punto se considerará:

- Lubricación: Se debe verificar una correcta lubricación en los rodamientos para evitar desgaste.
- Alineamiento de ejes
- Guardas de seguridad: Se debe revisar la correcta colocación de las guardas de seguridad, que protegerán al usuario de cualquier peligro de exposición a los componentes en movimiento.
- Rodamientos en buen estado
- Mecanismos reguladores en buen estado, alineados con ejes
- Tablillas de madera en telera en buen estado
- Tablero de control, componentes internos y estación de control (botones pulsadores en buen estado)



### Paso 3: Verificación visual de componentes en el tablero eléctrico

Acto seguido, se procede a revisar los componentes ubicados en el tablero de control, los cuales son:

- Variador de frecuencia: El variador de frecuencia debe presentar la perilla de control de velocidad en el valor inicial “0”.
- Interruptor diferencial: Debe encontrarse listo para su uso.
- Guardamotor: El guardamotor o interruptor automático debe encontrarse listo para su uso.
- Cableado eléctrico: El cableado eléctrico debe encontrarse en óptimas condiciones a fin de evitar cualquier tipo de energización de superficies.



#### Paso 4: Conexión eléctrica de la máquina

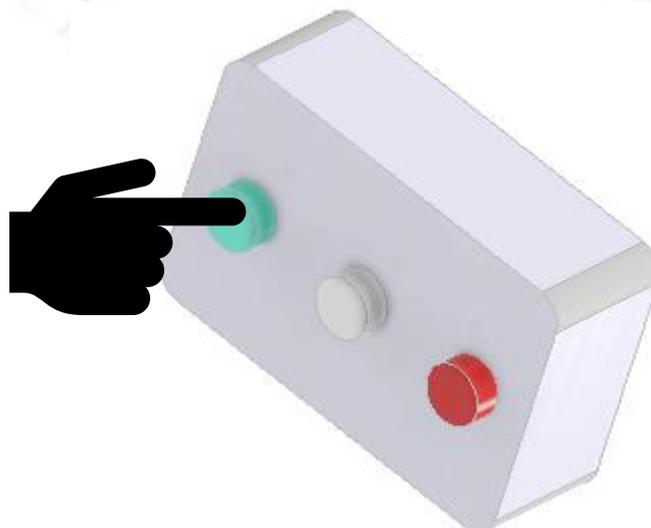
Se procede a conectar la máquina a la toma trifásica correspondiente. En esta etapa está completamente prohibido:

- Manipular el cable con las manos mojadas
- Tocar la toma de corriente
- Estar distraído o mirando hacia otro lado al conectar el cable a la toma
- Tocar el cable o colocar objetos cercanos al mismo posterior a la conexión



#### Paso 5: Arranque/Inicio de la máquina

Luego, una vez verificado todo lo anterior, se procede a iniciar la máquina. Para esto, se debe presionar el botón de color verde ubicado en la estación o caja de control.



### Paso 6: Ajuste de velocidad de trabajo

Acto seguido, se procede a girar la perilla del variador de frecuencia hasta obtener 900 rpm. Este proceso debe hacerse lentamente para evitar producir daños al motor, desgastar las fajas y demás componentes de la máquina.



### Paso 7: Alimentación de fibra a la máquina

Para abastecer de fibra a la máquina, se deberá colocar la fibra en la telera en movimiento aplanando con la mano y distribuyendo uniformemente a lo largo y ancho de la telera. De lo contrario, si se abasteciera un volumen muy alto y de forma desordenada, podría resultar en un atascamiento en la zona de alimentación. No hay problema si la alimentación no es continua, pues el proceso no lo requiere así, sino que es flexible para poder trabajar con lotes, por lo que la velocidad de abastecimiento dependerá del operario.



#### **Paso 8: Verificación de correcto llenado de la fibra en recipientes**

Mientras se va dando el proceso de apertura de la fibra, a la salida se está llenando el contenedor (transparente de preferencia), el cual será necesario observar cada cierto tiempo a fin de asegurar tanto un correcto llenado como el avance de este último.



Nota. Imagen referencial

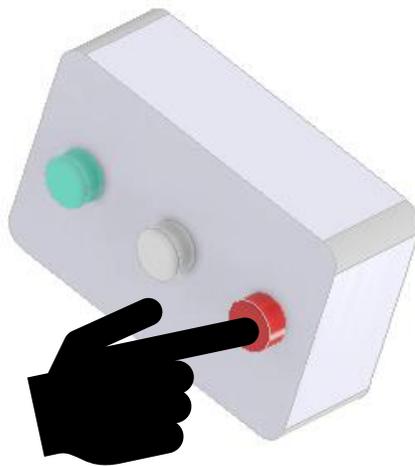
### Paso 9: Ajuste de valores trabajo a iniciales

Una vez procesado todo nuestro(s) lote(s), se procederá a realizar el giro de la perilla del variador de frecuencia al valor inicial de trabajo, girándola lentamente hasta colocarla en “0”. En breve, la máquina se irá deteniendo hasta que cada uno de los componentes se encuentre en reposo.



### Paso 10: Parada de la máquina

Para esto, se presiona el botón rojo de la estación de control que permitirá abrir todo el circuito y detener la máquina completamente. Luego se verifica el completo detenimiento de la máquina antes de proceder al recojo del material.



### **Paso 11: Recojo de material**

Para proceder al recojo del material, basta con desplazar al contenedor desde la salida de la boquilla hasta una zona delimitada para el almacenamiento de este.



Nota. Imagen referencial

### **Paso 13: Desconexión de máquina**

Al final de la jornada productiva, se procede a la desconexión de la máquina. Para que luego pueda pasar a la etapa de limpieza y mantenimiento.

En el caso existan varios lotes, no es necesario detener la máquina, sino cambiar de contenedor.



## Paso 14: Limpieza

En cuanto a la limpieza, esta se dividirá en:

- Limpieza interna: Se desmontará la guarda superior a fin de tener una mayor capacidad de maniobra. Se recomienda utilizar un escobillón de cerdas gruesas o, como la mejor opción, un soplador que permita eliminar cualquier residuo de fibra en el interior. No se deberá verter agua al interior, debido a que se trabaja con madera, y esta se hinchará. Una vez realizada la limpieza interna, se procede al montaje de la guarda superior, asegurándose de dejarla en condiciones óptimas.
- Limpieza externa: Se realiza la limpieza por los componentes metálicos en caso de:
  - Presencia de grasa o agua: Utilizar desengrasante aplicado directamente a un trapo que ha sido brevemente empapado en agua y estrujado. Pasar el trapo con desengrasante en el área con grasa, realizar movimientos circulares hasta quitar la suciedad.
  - Presencia de polvo: Utilizar un trapo industrial o un cepillo para sacudir el polvo. Luego, recoger el polvo con una escoba y recogedor y proceder a su eliminación.
- Limpieza general rápida: Se recomienda utilizar un trapo industrial seco, evitando todo tipo de material abrasivo como esponjas metálicas.
- Limpieza de alrededores: Se realiza la limpieza alrededor de la máquina con una escoba y recogedor, de tal manera se tendrá un área de trabajo limpia y ordenada.



## **MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA**

En esta sección, se detallará los tipos de mantenimiento a realizar en la máquina semi industrial de apertura de fibra de alpaca y sus componentes, diferenciando a su vez entre el mantenimiento preventivo del correctivo.

### **MANTENIMIENTO MECÁNICO Y ELÉCTRICO**

#### **RECOMENDACIONES GENERALES**

Se recomienda al usuario cumplir con las instrucciones para el correcto uso de la máquina detalladas en el punto anterior (ver Instrucciones para el correcto uso). De esta manera, se puede contar con una adecuada limpieza y funcionamiento de esta y, por ende, complementar con la revisión periódica de los componentes de la máquina.

#### **MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

El mantenimiento preventivo conformará el conjunto de operaciones y acciones recomendadas de manera periódica, a fin de evitar incidencias como paradas de máquina.

Para esto, se procede a realizar un plan que permita distribuir las intervenciones de manera programada y considerando la información de parte de los fabricantes y expertos en mantenimiento textil. La frecuencia de revisión del plan de mantenimiento será anual inicialmente; Sin embargo, esta frecuencia tendrá que evaluarse en los años posteriores.

#### **Plan de mantenimiento preventivo anual**

En este punto, se muestra el plan de mantenimiento preventivo anual inicial. Se consideran los componentes y subcomponentes de la máquina, además de las tareas a ejecutar, las frecuencias y su duración aproximada.

Edición

1

## PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ANUAL

TÉCNICO  
RESPONSABLE: \_\_\_\_\_

Item	Componente		Tareas	Frecuencia	Duración (en H)	
<b>P1</b>	<b>Telera</b>					
<b>P1.1</b>	Faja de telera	<b>P1.1.1</b>	Tablillas de madera:	Revisión visual / Sustitución en caso de deterioro	12 MESES	0.75
		<b>P1.1.2</b>	Banda de transmisión de LONA MONARCA	Revisión de tensión / Revisión de remaches en lona	12 MESES	0.5
<b>P1.2</b>	Cilindro de giro de telera		Verificación de alineamiento con rodamientos	3 MESES	1	
<b>P1.3</b>	Eje de giro de telera					
<b>P1.4</b>	Soporte lateral de telera		Revisión de elementos de fijación	3 MESES	0.25	
<b>P1.5</b>	Chumacera de pie Y SKF E2 con anillo de fijación excéntrico (2 pernos)		Cambio de rodamientos, lubricación.	36 MESES	6	
<b>P2</b>	<b>Cilindros alimentadores</b>					
<b>P2.1</b>	Cilindros alimentadores		Verificación de alineamiento con rodamientos en el mecanismo regulador	3 MESES	1	
<b>P2.2</b>	Eje de cilindro alimentador			3 MESES		
<b>P2.3</b>	Mecanismo regulador	<b>P2.3.1</b>	Placa lateral	Verificación de estado, eliminación de impurezas acumuladas por contacto con grasa de rodamientos	12 MESES	1
		<b>P2.3.2</b>	Placa superior e inferior			
<b>P2.4</b>	Chumacera de pared Y SKF E2 con anillo de fijación excéntrico (2 pernos)		Cambio de rodamientos, lubricación.	36 MESES	3	
<b>P3</b>	<b>Zona de procesamiento</b>					
<b>P3.1</b>	Guarnición de púas de apertura	<b>P3.1.1</b>	Regleta de púas	Revisión de estado, descartar desgaste de púas /Sustitución de regleta en caso de desgaste	36 MESES	4
		<b>P3.1.2</b>	Púas de apertura:			
<b>P3.2</b>	Tambor de apertura	<b>P3.2.1</b>	Madera para gran tambor	Verificación de estado de la madera (humedad)	6 MESES	1
		<b>P3.2.2</b>	Poleas estructural de gran tambor	Verificar acumulación de óxido, revisión de elementos de fijación	12 MESES	2
		<b>P3.2.3</b>	Eje de giro de gran tambor	Verificación de alineamiento con rodamientos	3 MESES	1
<b>P3.3</b>		<b>P3.3.1</b>	Regleta de púas	Revisión de estado, descartar desgaste de	36 MESES	4

	Guarnición tambor batidor	<b>P3.3.2</b>	Púas de apertura	púas /Sustitución de regleta en caso de desgaste		
<b>P3.4</b>	Tambor batidor	<b>P3.4.1</b>	Madera para tambor batidor	Verificación de estado de la madera (humedad)	6 MESES	1
		<b>P3.4.2</b>	Poleas estructural para tambor batidor	Verificar acumulación de óxido, revisión de elementos de fijación	12 MESES	2
		<b>P3.4.3</b>	Eje de giro de tambor batidor	Verificación de alineamiento con rodamientos	3 MESES	1
<b>P3.5</b>	Rejilla (zaranda)			Corroborar limpieza de la rejilla	1 MES	0.25
<b>P3.6</b>	Guardas (superior, inferior y costados)			Verificar que esté colocada correctamente	1 MES	0.5
<b>P3.7</b>	Chumacera de pie Y SKF E2 con anillo de fijación excéntrico (2 pernos)			Cambio de rodamientos, lubricación.	36 MESES	3
<b>P4</b>	<b>Sistema de transmisión del motor</b>					
<b>P 4.1</b>	POLEA A		PQ-3A65	Revisión del montaje y rodamientos, lubricación.	24 MESES	7
<b>P 4.2</b>	POLEA B		PQ-2A125			
<b>P 4.3</b>	POLEA C		PQ-1A125			
<b>P 4.4</b>	POLEA C'		PQ-1A60			
<b>P 4.5</b>	POLEA D		PQ-1A140			
<b>P 4.6</b>	POLEA G		PQ-1A85			
<b>P 4.7</b>	POLEA H		PQ-1A85			
<b>P 4.8</b>	Piñón (E y F)		PHS 12B-1B18	Verificación de estado de los dientes, lubricación y eliminación de impurezas acumuladas por contacto con grasa	24 MESES	2
<b>E 4.1</b>	Faja (Polea A-B)		A40	Inspección visual y auditiva, revisión de tensión en faja, verificación de vibraciones o sonidos anormales, desgaste o daños, revisión de la temperatura de la faja por tacto	24 MESES	4
<b>E 4.2</b>	Faja (Polea B-C)		A51			
<b>E 4.3</b>	Faja (Polea C'-D)		A36			
<b>E 4.4</b>	Faja (Polea G-H)		13/A			
<b>E 4.5</b>	Chumacera de pie Y SKF E2 con anillo de fijación excéntrico (2 pernos)			Cambio de rodamientos, lubricación.	1 MES	3

<b>P5 Bancada</b>				
<b>P 5.1</b>	Soportes verticales extremos (patas)	Revisión de estructura, posibles deformaciones, puntos de soldadura, acumulación de óxido	6 MESES	1.5
<b>P 5.2</b>	Soportes verticales intermedios (patas)			
<b>P 5.3</b>	Soportes horizontales extremos (longitudinales)			
<b>P 5.4</b>	Soportes horizontales intermedios (longitudinales)			
<b>P 5.5</b>	Soportes transversales			
<b>P 5.6</b>	Soportes horizontales (motor 1HP)			
<b>P6 Motores</b>				
<b>P6.1</b>	Motor 0.5HP de baja tensión (Alimentación)	Cambio de rodamientos y acople para polea, revisión de armadura	24 MESES	7
<b>P6.2</b>	Guardamotor (Interruptor automático) SIEMENS	Mantenimiento de contactores	1 MES	1.5
<b>P6.3</b>	Variador de frecuencia AB POWERFLEX 4	Mantenimiento de contactores y perilla reguladora	1 MES	1.5
<b>P6.4</b>	Estación de mando de 2 pulsadores +1 stop (Polyester +PVC)	revisión de pulsadores	6 MESES	1
<b>P6.6</b>	Tablero eléctrico de Polyester	Mantenimiento y limpieza interna y externa	12 MESES	1
<b>P6.7</b>	Cable vulcanizado trifásico	Verificación de conexiónado, estado de cobertura de cables	6 MESES	1.5
<b>P6.8</b>	Interruptor diferencial de 30mA de Sensibilidad	Mantenimiento de contactores	1 MES	1.5

## MANTENIMIENTO CORRECTIVO

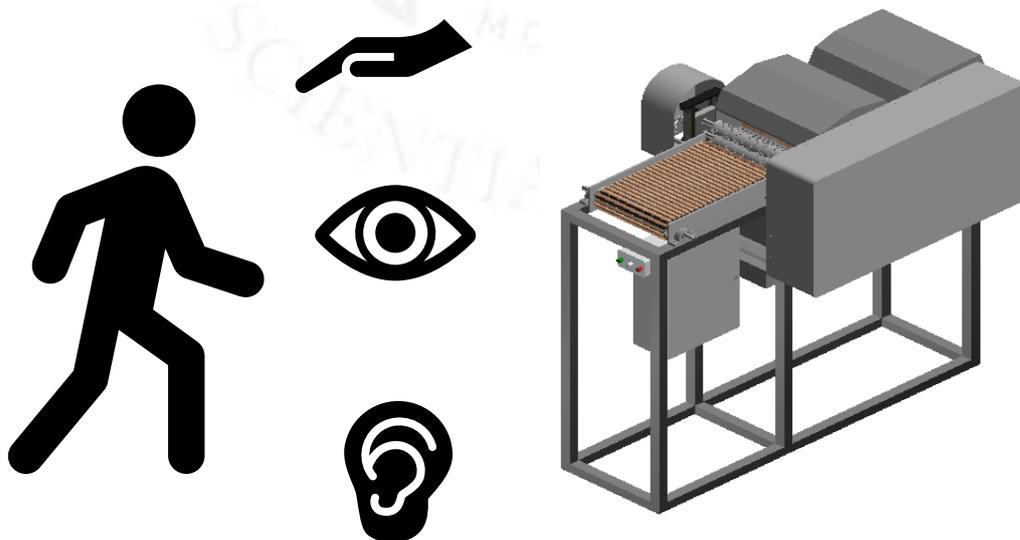
En cuanto al mantenimiento correctivo aquel conjunto de operaciones presentadas ante la presencia de una falla de componentes u observación del operario sobre situaciones de atención inmediata o emergencia o se pueda programar la intervención.

Para los mantenimientos correctivos se seguirá el siguiente proceso:

### Paso 1: Identificar la falla

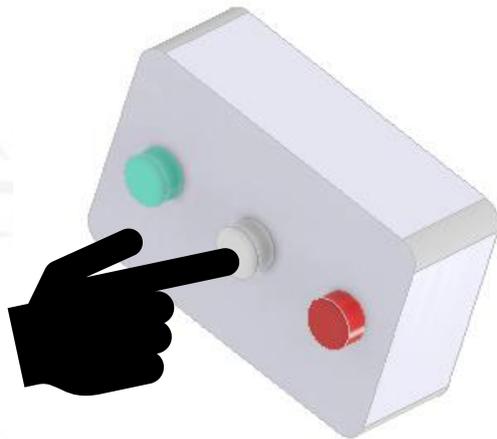
La identificación de la falla puede darse de manera visual, auditiva o por tacto.

- Visual: Las fallas más habituales a observarse podrán ser rajaduras, hinchazón de la madera por contacto con agua u otra sustancia, desalineamiento de ejes de cilindros, desajuste de elementos de fijación, entre otros.
- Auditiva: Las fallas más habituales a percibirse auditivamente serán rupturas de los componentes de madera, sobrecarga del motor, deslizamiento de fajas, falta de calibración en rodamientos, entre otros.
- Tacto: Las principales fallas a detectar gracias al tacto de los componentes en reposo (previamente se realizó la parada de la máquina), será sobrecalentamiento en fajas, falta de lubricación uniforme en rodamientos, desgaste de púas, rupturas en madera (en faja y en cilindros), entre otros.



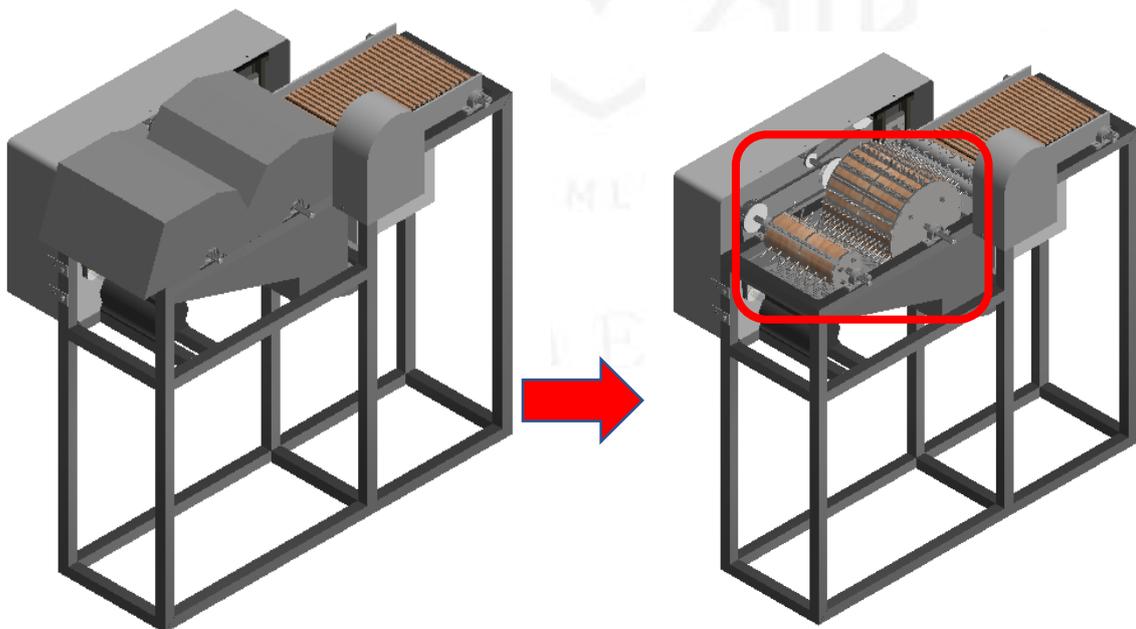
## Paso 2: Parada de emergencia

Para realizar el inicio de desmontaje se debe realizar la parada del equipo previamente, también denominada parada de emergencia. Para esto, se debe presionar el botón color blanco de la estación de control.



## Paso 3: Inicio de desmontaje de componente

En este paso, se procede al desmontaje del componente, recomendándose tomar una fotografía antes y después del desmontaje a fin de que sirva como una guía del estado inicial y final del proceso.

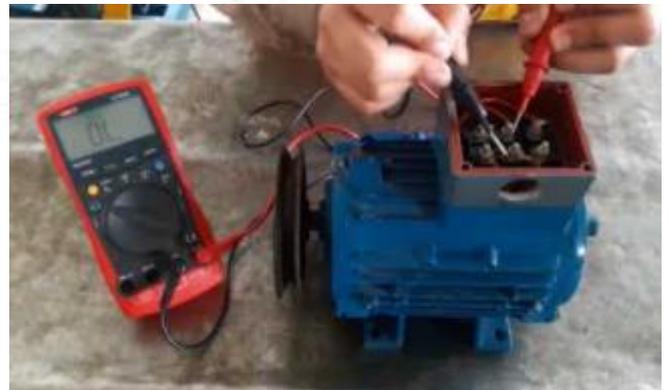


El desmontaje debe hacerse obligatoriamente utilizando guantes, zapatos de punta de acero, lentes de protección, mascarilla antipolvo y partículas y casco para evitar cualquier tipo de accidente. Recordar también los requerimientos del personal en cuanto a mantenimiento de los componentes, que serán útiles para asegurar un buen mantenimiento y seguridad de la persona.



#### **Paso 4: Detección de partes averiadas**

Luego, se procede a la inspección más detallada del componente averiado, teniendo sumo cuidado de las condiciones en las que se encuentre (alta temperatura, con rajaduras o filos cortantes de material). Esta información será útil para el posterior llenado del formato y justificación de cambio de reparación o cambio de componente.



### **Paso 5: Verificar procedimiento adecuado**

Una vez detectada e identificada la falla, se procede a verificar el procedimiento adecuado, que pueden ser:

- Ajustes menores: Involucra tareas menores como ajustes, calibraciones, lubricación de componentes.
- Reparación: El componente se encuentra averiado, pero puede reemplazarse uno de sus componentes internos o realizarse una mejora física a fin de tenerlo en condiciones aptas para el funcionamiento de la máquina.
- Sustitución: El componente no puede seguir funcionando como parte de la máquina pues presenta averías irreparables o de alto riesgo.

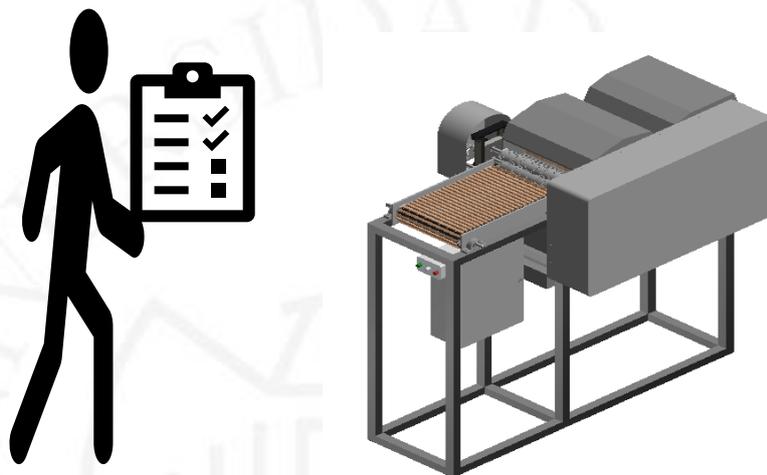
### **Paso 6: Realizar reparación, ajuste o sustitución**

Una vez identificado el procedimiento más adecuada para la falla identificada, se procede a la ejecución de las tareas.



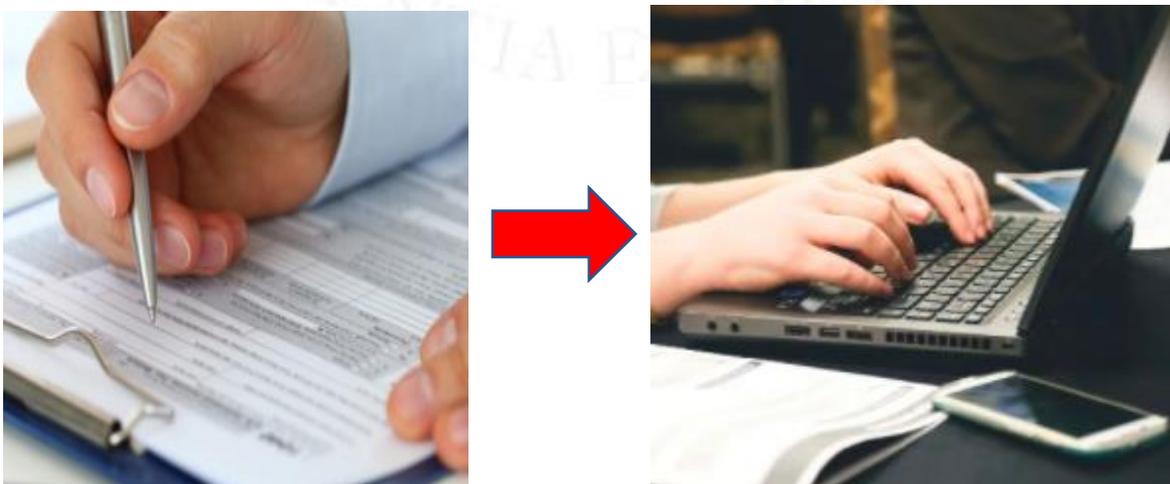
### **Paso 7: Montaje y pruebas de funcionamiento**

Se procede a realizar el montaje del componente reparado o nuevo componente, asegurándose de colocar meticulosamente cada uno de los otros componentes que fueron desmontados en conjunto. Una vez esté ensamblado todo correctamente, se procede a realizar pruebas de funcionamiento a fin de asegurar el correcto mantenimiento del componente.

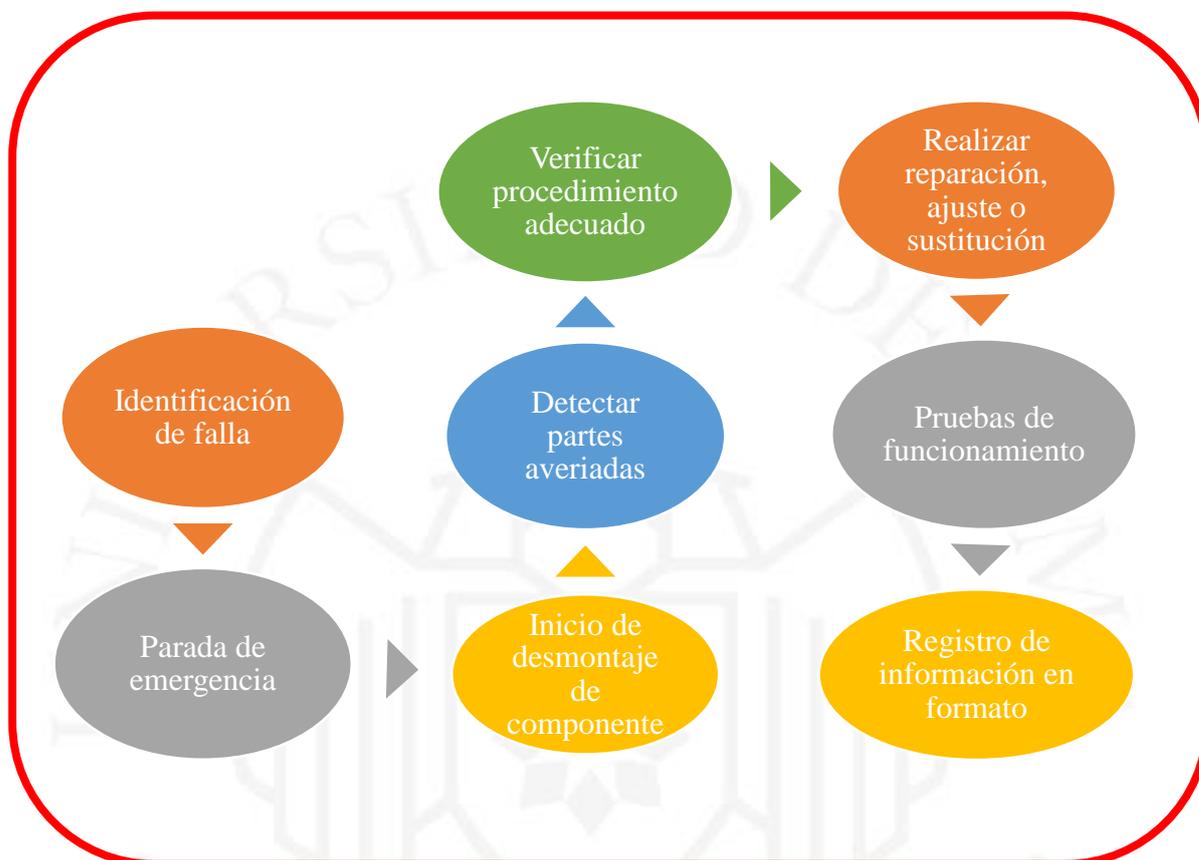


### **Paso 8: Registro de información en formato**

Por último, se procede con el registro de la información del procedimiento realizado identificando en base al tiempo si es un reporte mayor o menor. Luego, será necesario realizar el análisis de Causa Raíz y completar el formato a fin de poder reducir la aparición de esta(s) falla(s) en el futuro. Por último, se debe registrar toda la información recolectada en los formatos en el software Excel.



## RESUMEN DE PROCESO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO



## RECOMENDACIONES

En esta sección, se detallarán las recomendaciones del autor que permitirán evitar errores comunes causados por el personal durante el procesamiento o seguimiento de instrucciones. Además, se plantea la delimitación de áreas de trabajo y, por último, pero no menos importante, la utilización de señales de seguridad que permitan al personal trabajar siempre consciente de los riesgos presentes en el trabajo a fin de evitarlos.

### 1. Utilización de dispositivos “Poka-Yoke”

Poka-Yoke es un término japonés derivado de Poka (Errores imprevistos) y Yokeru (acción de evitar), por ende, significa “evitar el error imprevisto” o también conocido como “cero defectos” (Salazar, 2019). Los dispositivos Poka-Yoke permiten evitar errores humanos en los procesos antes que estos se harán realidad, además permitirán que los trabajadores centren toda su atención en las actividades creativas o que añadan valor al proceso (IMF Business School, 2019).

Según Hiroyuki (1991), los cinco mejores dispositivos Poka-Yoke que permitirán evitar cometer errores causados por el operario son:

- i. Tacos de guía de distintos tamaños: Permiten colocar y distinguir la ubicación y disposición de las piezas o herramientas a utilizar. Estos deben ser elaborados con precisión a fin de que las herramientas no se desordenen por algún agente externo como movimientos o por mala práctica del operario (desorden). Ejemplo: Utilización de gabinete o una caja de herramientas con espacios para colocación de herramientas.
- ii. Detección de errores y alarmas: Se muestran señales audiovisuales para el personal involucrado a fin de detectar rápidamente algún tipo de error o para un proceso en específico que tenga riesgos potenciales. Estos pueden complementarse con el uso de botones pulsadores o sensores. Ejemplo: Foco de color rojo que se enciende cada vez que la máquina está en funcionamiento indicando peligro ante cualquier acercamiento a los componentes en movimiento de la máquina.

- iii. Conmutadores de límite: Permiten colocar un tope para los procesos, evitando sobrepasar los límites de seguridad o establecidos en el proceso. Ejemplo: Se acopla a lo ancho una regleta de aluminio a 30 mm de altura desde la superficie de la telera como tope para evitar acumulación de fibra en la zona de alimentación de la máquina.
- iv. Contadores: Permiten enumerar una serie de acciones para lograr un objetivo concreto. Estos pueden usarse tanto para evitar falta o excedente en un proceso determinado o para realizar cambios o mantenimiento de componentes en base al número de veces que se usaron.
- v. Listas de chequeo: Muy útiles para evitar errores comunes en el operario que pueden derivar desde el olvido de las instrucciones de seguridad hasta el procedimiento para la utilización de la máquina.

Por otro lado, de acuerdo con Protección, Mano de Obra y Factoría S.A. (2019), los pasos para la implementación de un dispositivo Poka-Yoke son:

- vi. Detección del problema repetitivo: En caso se presenten errores de manera constante dentro de un procedimiento (en el ensamble, uso o mantenimiento), estos deben identificarse a fin de evaluar la elaboración de un Poka-Yoke que sirva de solución.
- vii. Llegar a la raíz del problema: Gracias al formato de Análisis Causa-Raíz presentado en este trabajo, se podrá encontrar la causa original del problema y las acciones a realizar.
- viii. Diseñar un Poka-Yoke: Se presenta la propuesta de la herramienta que permitirá solucionar el defecto.
- ix. Capacitación: Se brinda capacitación al personal involucrado con el Poka-Yoke.
- x. Revisión constante: Por último, se añade la inspección de cumplimiento de Poka-Yoke dentro del plan de mantenimiento preventivo anual.

Para el trabajo con la máquina de apertura semi industrial se recomendará la implementación de 3 dispositivos Poka-Yoke, los cuales serán detallados uno por uno:

### a. Utilización de Gabinete rodante para herramientas

El dispositivo planteado pertenece a los dispositivos tacos de guía de distintos tamaños, que permitirán colocar a las herramientas gracias a la delimitación y ubicación de estas en un material de espuma encontrado en el interior de los cajones del gabinete planteado. Además, se colocarán etiquetas con nombres que permitirá identificar las herramientas fácilmente sin lugar a errores por alguna selección equivocada.

Para esto se deben identificar las herramientas básicas a utilizar por el operario y el técnico en la ejecución de las tareas. Las herramientas se detallan en la tabla líneas abajo.

HERRAMIENTA	USO	IMAGEN REFERENCIAL
Juego de destornilladores	Permite montar/desmontar los pernos en guardas, chumaceras y telera de madera.	
Juego de alicates	Permitirá trabajar en caso de sujeción o manipuleo de componentes, cortar o pelar cables para el circuito eléctrico de la máquina.	

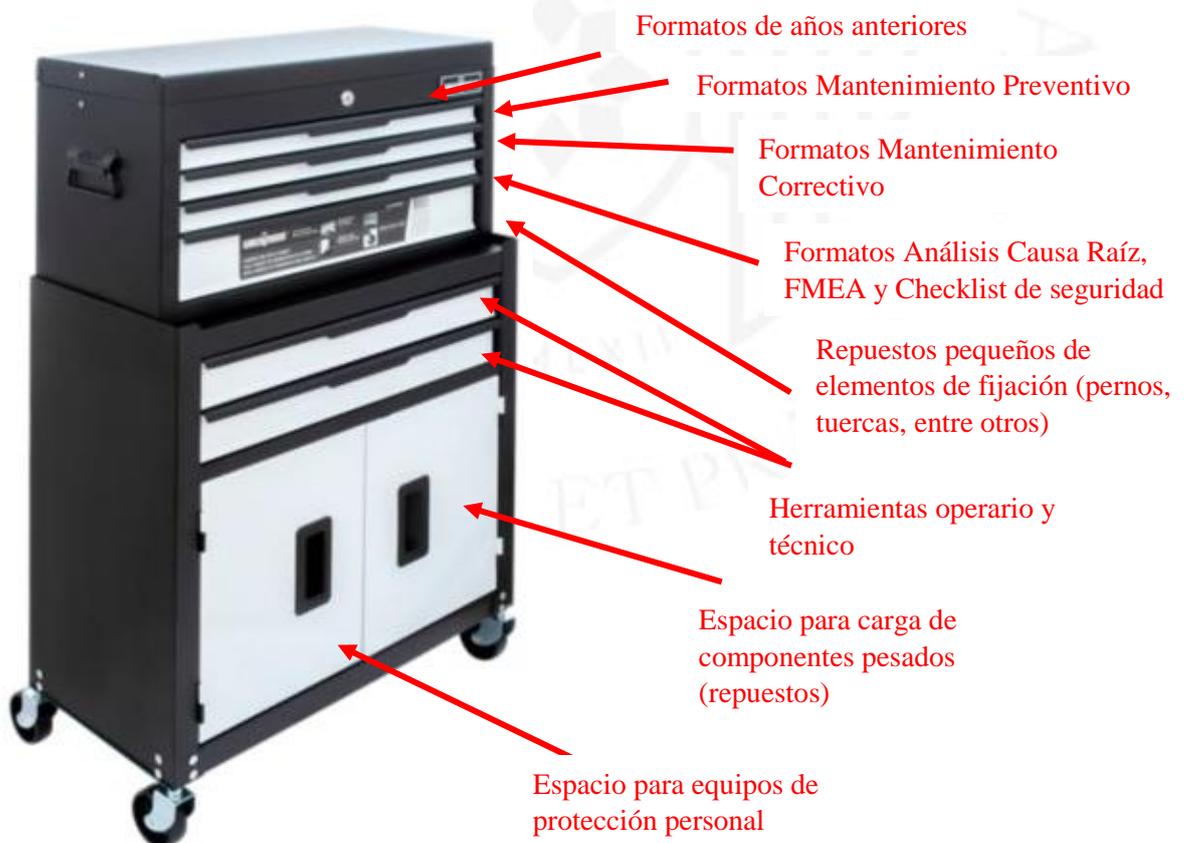
<p>Juego de llaves de boca</p>	<p>Permitirá quitar o colocar tuercas utilizadas en guardas, chumaceras y telera de madera.</p>	
<p>Calibrador Milimétrico 6"</p>	<p>Permite realizar medidas con precisión hasta 0,02 mm. Dispositivo para ajuste de dial</p>	
<p>Multímetro</p>	<p>Medición de voltaje AC/DC. Medición de resistencia. Medición de capacidad. Medición de frecuencia. Medición de continuidad. Relativo. Ciclo de trabajo. Fijación de datos. Apagado automático.</p>	

<p>Lubricante en Espray</p>	<p>Maquinaria, ejes, rodamientos, fajas, poleas, piñones.</p>	
<p>Trapo industrial</p>	<p>Limpieza de la máquina. Puede utilizarse en madera, metal y plásticos.</p>	
<p>Set de Cinta de medición, nivel medidor y destornillador tipo estrella</p>	<p>Tomar mediciones grandes, corroborar el nivel horizontal o vertical de componentes y quitar o colocar pernos M10.</p>	

<p>Guantes</p>	<p>Protección ante riesgos mecánicos</p>	
<p>Casco de protección</p>	<p>Proteger al técnico ante posibles impactos con componentes o la máquina</p>	
<p>Lentes de seguridad</p>	<p>Proteger la vista del operario y técnico ante cualquier riesgo mecánico o contacto con la fibra de alpaca.</p>	
<p>Botas de seguridad (zapatos punta de acero)</p>	<p>Proteger al personal ante cualquier riesgo de caída de objetos pesados</p>	

Respirador antipolvo y partículas doble vía	Útil para prevenir la entrada de polvo, fibra y partículas en el aire al sistema respiratorio del operario o técnico.	
---	---	--

Luego, se plantea la compra de un gabinete que permita guardar las herramientas descritas anteriormente. La elección de este mueble es debido a la ventaja de que posee ruedas que facilitan el trabajo y evitan posibles lesiones por cargas pesadas al operario o técnico, comparado con una caja de herramientas que se realizaría de realizar el trabajo anti gravitacional de cargarlas hasta el lugar de uso.



El gabinete mostrado es de la marca Uebermann, posee unas dimensiones de 61.6 cm de ancho, 95 cm de alto y 29.5 de profundidad, posee también inmovilizador de ruedas, 8 cajones con espuma interna y correderas (1 cajón con cerradura) para guardar las herramientas, documentos, repuestos o insumos necesarios. El material es metal y el color tiene combinaciones de negro y blanco humo.

Por último, se realizará el etiquetado de las cajones para indicar las herramientas que poseen, tal como se muestra en las imágenes referenciales líneas abajo.



Nota. Imagen referencial. Extraído de Fastcap (2014)



Nota. Imagen referencial. Extraído de Fastcap (2014)

## DESTORNILLADORES, ALICATES Y JUEGO DE LLAVES DE BOCA

Nota Elaboración propia

### b. Etiquetado e identificación de grupo de repuestos por colores y códigos

Se recomienda también, colocar los repuestos a adquirir posteriormente, en cajas identificadas con un color característico, una etiqueta que indique el nombre y modelo del componente y una foto de este a fin de facilitar al técnico en la búsqueda.



Nota. Extraído de Fastcap (2014)

Además, se recomienda que las cajas estén ubicadas en un lugar alto a fin de evitar el contacto con superficies en condiciones no deseadas (mojadas, sucias, entre otros). A manera de ejemplo se muestra una caja que contiene Chumaceras SKF modelo Y 25 mm SKF-E2 para los ejes de los tambores y cilindros. Esta caja estará identificada por el color azul y posee una foto del componente y una etiqueta con el código respectivo.



Nota. Elaboración propia

Los materiales necesarios para las cajas recomendadas para los repuestos a utilizar serán:

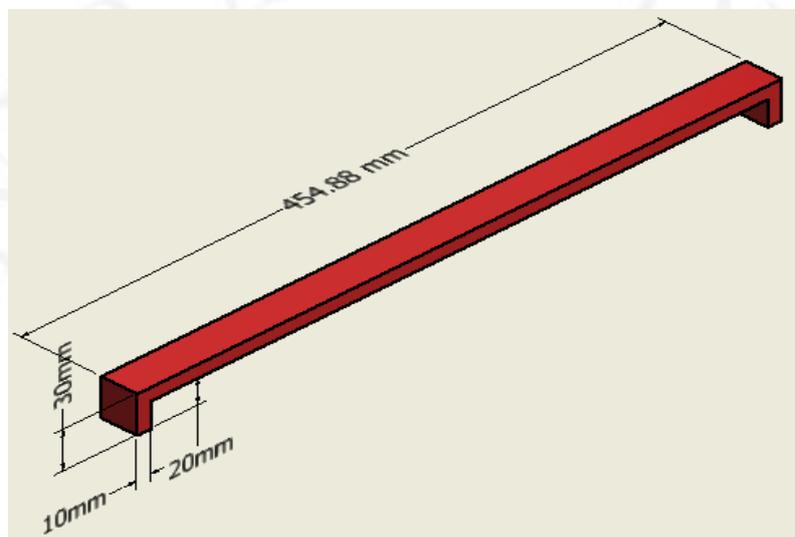
Descripción	Medidas	Unidad de Medida	Precio (en S/)	Imagen referencial
Caja de cartón	38x32x27.5cm	Unidad	6.10	 <p>Proveedor: SODIMAC</p>
Cinta adhesiva transparente	3/4"x25	Unidad	5.90	 <p>Proveedor: SODIMAC</p>
Papel Lustre	100x 80cm	Pliego	1.30	 <p>Proveedor: Tai Loy</p>

Nota. Elaboración propia

Se consideran dos pliegos de papel lustre por caja y una cinta adhesiva transparente para tener las cajas diferenciadas por colores tal como se recomienda en este punto.

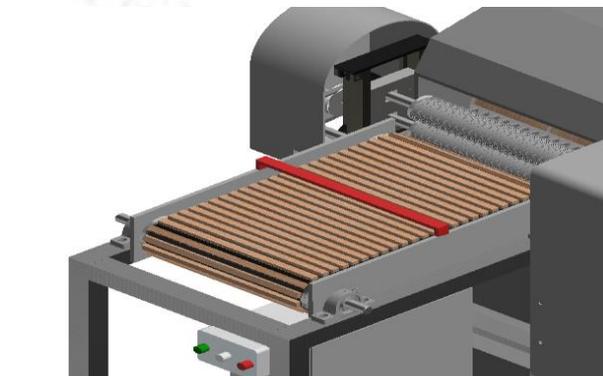
### c. Acople de regleta guía para alimentación de la fibra de alpaca a la telera

En cuanto al acople de una regleta que sirva como guía para medir el volumen de fibra de alpaca esquilada que se abastece por la telera hacia la máquina, se recomienda colocar una regleta a lo ancho de la telera, soportándose en los soportes o paredes laterales de la telera. Con esta, el operario podrá recordar el aplanado manual y distribución de la fibra al abastecerla, en vez de solo colocar la fibra por cantidades excesivas y sin ningún aplanado, causando un posible atascamiento en la zona de abastecimiento.



Nota. Elaboración propia

Esta regleta se pintará de color rojo para denotar un límite de altura (30 mm desde la superficie de la tablilla de madera hasta el tope de la regleta). Además, se colocará con pegamento a los soportes de la máquina

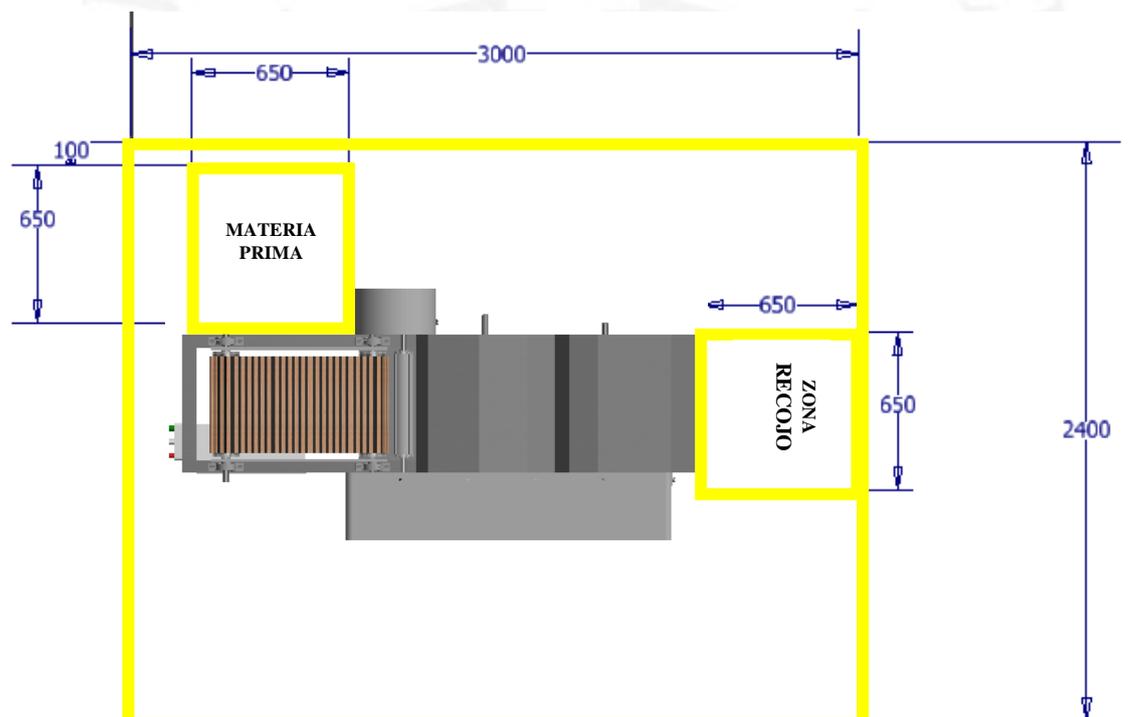


Nota. Elaboración propia

## 2. Delimitación de zona de trabajo y zona de almacenamiento-mantenimiento

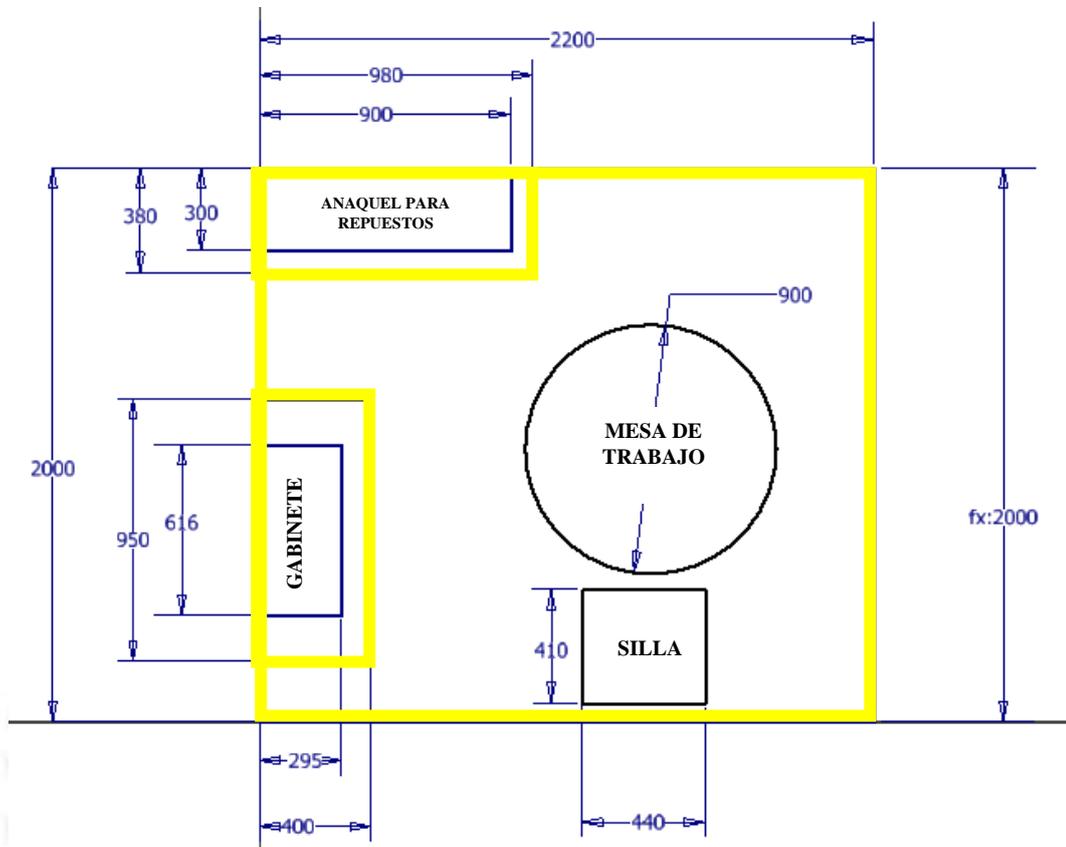
Se recomienda delimitar la zona de trabajo en la que estará la máquina, así como el área donde se encontrarán las herramientas y repuestos (almacenamiento-mantenimiento), los sacos con fibra de alpaca esquilada y los contenedores (De recojo de fibra y de recojo de impurezas). La delimitación tendrá forma rectangular de dimensiones 2.40mx 3m y se realizará con cinta adhesiva de color amarillo, que es un color llamativo que permite identificar rápidamente la zona de trabajo.

### Propuesta de delimitación del área de trabajo (máquina)



Nota. Elaboración propia

## Propuesta de delimitación del área de almacenamiento-mantenimiento



Nota. Elaboración propia

A manera de propuesta, se plantea un área con dimensiones 2.2m x 2m. Además, se recomienda la compra de un anaquel para la colocación de las cajas para repuestos, una silla y una mesa de trabajo para el llenado de formatos y la delimitación para la colocación del gabinete rodante (área delimitada de 400mm x 950mm). Las características del anaquel, de la mesa y la silla se muestran a continuación:

Elemento	Uso	Medidas	Precio (en S/)	Imagen referencial
Mesa de trabajo	Permite trabajo del técnico u operario (llenado de formatos)	Diám.:900mm Alto: 750mm	299.90	 <p><b>Proveedor:</b> <b>SODIMAC</b></p>
Silla	Elemento de apoyo para el trabajo del técnico u operario	Ancho: 440mm Alto: 790mm Prof.: 410 mm	42.90	 <p><b>Proveedor:</b> <b>SODIMAC</b></p>
Anaqueles	Permite ubicar las cajas con repuestos en una zona de fácil acceso y evita contacto con suelo	Ancho: 300mm Largo: 900mm Alto: 1800 mm	139.90	 <p><b>Proveedor:</b> <b>SODIMAC</b></p>

Nota. Elaboración propia

### 3. Utilización de señales de seguridad en el lugar de trabajo

Por otro lado, será sumamente necesario utilizar señales seguridad para indicar al personal cualquier riesgo, advertir o recordar una determinada acción obligatoria. Las señales propuestas para el trabajo con la máquina semi industrial de apertura serán:

- Señales de prohibición: Referente a posibles comportamientos peligrosos causados por el personal.
- Señal de advertencia: Como medio de atención, precaución y verificación.
- Señales de obligación: Para comportamientos o acciones específicas, utilización obligatoria de equipos de protección personal.

La distribución de las señales se dará en base a la información mostrada en la tabla líneas abajo:

<b>Señal</b>	<b>Tipo de señal</b>	<b>Área de ubicación/ Estado de la máquina</b>	<b>Imagen referencial</b>
Protección obligatoria de la vista	De obligación	Zona de Mantenimiento (en pared)	
Protección obligatoria de la cabeza	De obligación	Zona de Mantenimiento (en pared)	
Protección obligatoria de las vías respiratorias	De obligación	Zona de Mantenimiento (en pared)	

Protección obligatoria de los pies	De obligación	Zona de Mantenimiento (en pared)	
Protección obligatoria de las manos	De obligación	Zona de Mantenimiento (en pared)	
Riesgo eléctrico	De advertencia	-Zona de tablero eléctrico (en tablero) -Zona de toma trifásica (en pared)	 <b>Riesgo eléctrico</b>
No tocar	De prohibición	Máquina en mantenimiento (en cartel con base de apoyo)	 <b>No tocar</b>

## LISTADO DE PROVEEDORES

Proveedor	Componentes ofrecidos	Contacto	Correo	Dirección	Teléfono
TECNOINDUSTRIAS PERU RD E.I.R.L.	Teleros de madera y otros	Rolando Ríos	<a href="mailto:Rrios@tecnord.com">Rrios@tecnord.com</a>	Santa Raquel Et.3- Call.2, Lima	+51 (1) 351 7259
ABB	Elementos de protección para motor	Dpto. Ventas	<a href="mailto:contact.center@pe.abb.com">contact.center@pe.abb.com</a>	Av. Argentina 3120, Lima	+51 (1) 415-5100
FAMETAL S.A.	Elementos de protección para motor /Tubos de acero/ Servicios varios	Robert Streuli	<a href="mailto:ventas@fametal.com">ventas@fametal.com</a>	Prolongación Antonio Bazo 1524, La Victoria - Lima	+51 (1) 614-7575
INDUCOM/ INDUMETAL S.A.	Motores y componentes electrónicos	Douglas Palma	<a href="mailto:dpalma@inducocom.pe">dpalma@inducocom.pe</a>	Av. Canadá 1055, La Victoria 15034	979 400 344
INGELEC TECH S.A.C.	Componentes electrónicos varios	Anabel Sanjinez	<a href="mailto:ventas@ingelec.pe">ventas@ingelec.pe</a>	Jr. Los Jacintos 2118 2do Piso, Urb. las Begonias S.J.L – Lima.	+51 (1)-3881923
INTERMEC S.A.	Fajas y Poleas	Camilo Nope	<a href="mailto:asesor2@intermec.com.co">asesor2@intermec.com.co</a>	Calle 17A No. 33-68, Bogotá, Colombia, Sur América	(+571) 742 8300
ITECH PERUVIAN S.A.C.	Servicios de ensamblaje y diseño	Jordan Castillo / Claudia Fleitas	<a href="mailto:ventas@itechperuvian.com">ventas@itechperuvian.com</a>	Aurelio García y García 1563, Cercado de Lima 15081	+51 921 381 463
OPTIBELT S.A.S.	Fajas y poleas	Distribuidor en Perú (Solminsa)	<a href="mailto:ventas@solminsa.com">ventas@solminsa.com</a>	Av. Guardia Civil 520 – Chorrillos	+51 (1) 252- 2207
ROCMAGA E.I.R.L.	Estructuras metálicas, soldadura y servicios de ensamblaje y diseño	Gary Maza	<a href="mailto:gmaza@rocmaga.com">gmaza@rocmaga.com</a>	Jr. Veracidad Mza. Aa4 Lote. 24	989847623
SKF	Rodamientos, poleas, fajas	Sergio Castillo	<a href="mailto:ventas.enlinea@sedisa.pe">ventas.enlinea@sedisa.pe</a>	Av. Argentina 2427, Callao 07001	+51 (1) 441-5222
SODIMAC S.A.C.	Elementos de fijación, Triplay, madera, elementos metálicos por mayor y menor	Dpto. Ventas	<a href="mailto:servicios@sodimac.com.pe">servicios@sodimac.com.pe</a>	Urb. Industrial, El Artesano, Av. Los Frutales 202, Lima 15023	+51 (1) 203-0420
WIAutomation	Componentes electrónicos varios	Sonia Scotto	<a href="mailto:info@wiautomation.com">info@wiautomation.com</a>	Via le Croci, 80070 Monte di Procida, Italia. (Sede Central)	+39 (02) 871-89214



**FIN DEL MANUAL**

## Anexo 22. Análisis de modos y efectos de falla para la etapa de fabricación de la máquina

<b>F.M.E.A. ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA</b>	
<b>Proceso:</b>	<b>Montaje de máquina semi industrial de apertura de fibra de alpaca</b>

MONTAJE		
OPERACIÓN		
MANTENIMIENTO		
OTRO:	FABRICACIÓN	<b>X</b>

FECHA DEL ANÁLISIS: 20/12/2020  
 ENCARGADO: Técnico Enrique Sánchez

ITEM	COMPONENTE	MODO DE FALLA POTENCIAL	EFECTOS POTENCIALES DE FALLO	CAUSAS POTENCIALES DE FALLO	CONDICIÓN ACTUAL			NPR	NIVEL DE CONSIDERACIÓN
					FACTORES				
					O	G	D		
1	Telera	Desprendimiento de remaches de madera y lona	Vibración en telera y pérdida de tensión en lona	Deficiente ensamble de piezas por parte de fabricante	4	3	5	60	NO CRÍTICO
		Ubicación de tablillas no uniforme	Acumulación de fibra entre tablillas	Deficiente ensamble de piezas por parte de fabricante	1	5	4	20	NO CRÍTICO
		Desalineamiento de cilindros de giro respecto a lona y tablillas	Vibración y deslizamiento de telera en movimiento	Deficiente ensamble de piezas por parte de fabricante	3	6	9	162	SEMI CRÍTICO

(continúa)

(continuación)

2	Cilindros alimentadores	Desajuste en elementos de fijación	Desajuste o ruptura de piezas	Falta de inspección	7	9	9	567	CRÍTICO
		Rolado de placa de acero no uniforme	Variación en superficie de contacto	Falta de inspección	4	6	8	192	SEMI CRÍTICO
		Rajaduras en acero de cilindros	Corte y deterioro de fibra	Material o componente defectuoso	5	9	8	360	CRÍTICO
3	Zona de procesamiento	Peligro de exposición a púas de acero	Riesgo de corte	Falta de utilización de equipos de protección personal	5	10	8	400	CRÍTICO
		Peligro de exposición a quemadura durante soldadura	Riesgo de quemadura de segundo a tercer grado	Falta de utilización de equipos de protección personal	1	10	10	100	SEMI CRÍTICO
		Desajuste en elementos de fijación	Desajuste o ruptura de piezas	Falta de inspección	5	9	9	405	CRÍTICO
		Humidificación de la madera	Hinchazón de madera y desajuste de piezas	Contacto con sustancias o superficies húmedas	3	7	8	168	SEMI CRÍTICO
		Contaminación de púas y demás componentes	Contaminación de la fibra	Contacto con sustancias o superficies que contaminen las piezas	8	8	5	320	CRÍTICO

(continúa)

(continuación)

4	Sistema de transmisión	Inadecuado diseño del sistema de transmisión	Desgaste acelerado de componentes	Cálculos inadecuados en diseño	1	8	2	16	NO CRÍTICO
		Defectos en fajas	Desajuste o ruptura de piezas	Material o componente defectuoso	2	9	10	180	SEMI CRÍTICO
		Defectos en rodamientos de poleas	Desajuste o ruptura de piezas	Material o componente defectuoso	2	8	9	144	SEMI CRÍTICO
		Longitud de fajas muy corta	Desajuste o ruptura de piezas	Cálculos inadecuados en diseño	1	9	2	18	NO CRÍTICO
		Longitud de fajas muy larga	Deslizamiento de poleas	Cálculos inadecuados en diseño	1	9	2	18	NO CRÍTICO
5	Bancada o bastidor	Peligro de exposición a quemadura durante soldadura de bastidor	Riesgo de quemadura de segundo a tercer grado	Falta de utilización de equipos de protección personal	1	10	10	100	NO CRÍTICO
		Desnivel observado en bastidor	Vibración durante procesamiento	Técnica de soldadura inadecuada	6	8	6	288	CRÍTICO
		Falta de uniformidad de soldadura en uniones	Desajuste o ruptura de piezas	Técnica de soldadura inadecuada	8	10	9	720	CRÍTICO
6	Componentes eléctricos	Detección de rupturas en cables eléctricos	Riesgo de electrocución y/o incendios	Material o componente defectuoso	2	10	8	160	SEMI CRÍTICO
		Detección de rupturas o defectos en el interior o exterior de elementos de protección	Riesgo de electrocución y/o incendios	Material o componente defectuoso	1	10	9	90	NO CRÍTICO
		Detección de fallas en el motor trifásico	Motor no enciende	Material o componente defectuoso	2	10	9	180	SEMI CRÍTICO

Nota. Elaboración propia

## Anexo 23. Análisis de modos y efectos de falla para la etapa de montaje de la máquina

F.M.E.A. ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA	
<b>Proceso:</b>	<b>Montaje de máquina semi industrial de apertura de fibra de alpaca</b>

MONTAJE					X
OPERACIÓN					
MANTENIMIENTO					
OTRO:					

FECHA DEL ANÁLISIS: 15/01/2021

ENCARGADO: Técnico Enrique Sánchez

ITEM	COMPONENTE	MODO DE FALLA POTENCIAL	EFECTOS POTENCIALES DE FALLO	CAUSAS POTENCIALES DE FALLO	CONDICIÓN ACTUAL			NPR	NIVEL DE CONSIDERACIÓN
					FACTORES				
					O	G	D		
1	Telera	Desalineamiento de lona con cilindros de giro	Vibración en telera y pérdida de tensión en lona	Ensamble deficiente y falta de inspección	2	6	9	108	NO CRÍTICO
		Lubricación de piñones y rodamientos muy pobre o inadecuada	Sobrecalentamiento de piezas y ruido producido por contacto entre metales	Mala técnica de lubricación o Lubricante no idóneo.	9	9	6	486	CRÍTICO
		Desalineamiento de ejes de cilindros de giro respecto a rodamientos	Vibración y deslizamiento de telera en movimiento	Ensamble deficiente y falta de inspección	2	6	9	108	NO CRÍTICO

(continúa)

(continuación)

2	Cilindros alimentadores	Desajuste en elementos de fijación a bastidor	Desajuste o ruptura de piezas	Ensamble deficiente y falta de inspección	7	9	9	567	CRÍTICO
		Lubricación de piñones y rodamientos muy pobre o inadecuada	Sobrecalentamiento de piezas y ruido producido por contacto entre metales	Mala técnica de lubricación o Lubricante no idóneo.	9	9	6	486	CRÍTICO
		Golpes o abolladuras presente en superficie de contacto de cilindros	Leve variación en la alimentación de la fibra a la zona de procesamiento	Mala manipulación o defectos durante fabricación	2	3	7	42	NO CRÍTICO
3	Zona de procesamiento	Púas de acero no se encuentran completamente fijadas en regletas	Desprendimiento de púas	Técnica de soldadura inadecuada	8	10	9	720	CRÍTICO
		Desajuste en elementos de fijación en montaje de máquina	Desajuste o ruptura de piezas	Falta de inspección	7	9	9	567	CRÍTICO
		Humidificación de la madera durante montaje de máquina	Hinchazón de madera y desajuste de piezas	Contacto con sustancias o superficies húmedas	3	7	8	168	SEMI-CRÍTICO
		Contaminación de púas y demás componentes durante montaje de máquina	Contaminación de la fibra	Contacto con sustancias o superficies que contaminen las piezas	8	8	5	320	CRÍTICO
		Lubricación de piñones y rodamientos muy pobre o inadecuada	Sobrecalentamiento de piezas y ruido producido por contacto entre metales	Mala técnica de lubricación o lubricante no idóneo.	9	9	6	486	CRÍTICO

(continúa)

(continuación)

4	Sistema de transmisión	Inadecuado montaje de poleas en ejes de cilindros	Vibración y desajuste o ruptura de piezas	Ensamble deficiente y falta de inspección	6	8	3	144	SEMI-CRÍTICO
		Lubricación de piñones y rodamientos muy pobre o inadecuada	Sobrecalentamiento de piezas y ruido producido por contacto entre metales	Mala técnica de lubricación o Lubrificante no idóneo.	9	9	6	486	CRÍTICO
		Longitud de fajas muy corta	Desajuste o ruptura de piezas	Cálculos inadecuados en diseño o montaje	1	9	2	18	NO CRÍTICO
		Longitud de fajas muy larga	Deslizamiento de poleas	Cálculos inadecuados en diseño o montaje	1	9	2	18	NO CRÍTICO
5	Bancada o bastidor	Peligro de exposición de aplastamiento en montaje de componentes a bancada	Riesgo de aplastamiento	Ruptura de bastidor por soldadura deficiente	1	10	10	100	NO CRÍTICO
		Desnivel observado en bastidor	Vibración durante procesamiento	Ensamble deficiente y falta de inspección	6	8	6	288	CRÍTICO
6	Componentes eléctricos	Inadecuado conexionado de cable de alimentación trifásico a bornera de motor	Riesgo de electrocución y/o incendios por sobrecarga o cortocircuitos	Ensamble deficiente y falta de inspección	2	10	7	140	SEMI-CRÍTICO
		Inadecuado conexionado de elementos de protección al motor	Riesgo de electrocución y/o incendios por sobrecarga o cortocircuitos	Ensamble deficiente y falta de inspección	2	10	7	140	SEMI-CRÍTICO
		Inadecuado conexionado del variador de frecuencia al motor	Motor no puede variar velocidades	Ensamble deficiente y falta de inspección	2	10	7	140	SEMI-CRÍTICO

Nota. Elaboración propia

## Anexo 24. Análisis de modos y efectos de falla en la etapa de uso de la máquina

F.M.E.A. ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA	
<b>Proceso:</b>	<b>Proceso de apertura de fibra de alpaca (uso cotidiano)</b>

MONTAJE	
OPERACIÓN	X
MANTENIMIENTO	
OTRO:	

FECHA DEL ANÁLISIS: 01/02/2021

ENCARGADO: Técnico Enrique Sánchez

ITEM	COMPONENTE	MODO DE FALLA POTENCIAL	EFECTOS POTENCIALES DE FALLO	CAUSAS POTENCIALES DE FALLO	CONDICIÓN ACTUAL			NPR	NIVEL DE CONSIDERACIÓN
					FACTORES				
					O	G	D		
1	Telera	Velocidad de alimentación de telera muy baja	Incremento del tiempo improductivo	RPM inferiores al valor de trabajo estándar	10	6	4	240	CRÍTICO
		Velocidad de alimentación de telera muy alta	Abastecimiento no uniforme de fibra hacia los cilindros alimentadores Atascamiento	RPM superiores al valor de trabajo estándar	10	8	4	320	CRÍTICO
		Caída de fibra por laterales	Generación de mermas y reprocesos en el proceso de apertura	Paredes laterales de telera no están correctamente ensamblados. Vibración de telera	2	6	9	108	NO CRÍTICO

(continúa)

(continuación)

2	Cilindros alimentadores	Velocidad de giro muy lenta	Atascamiento de fibra entre cilindros	RPM inferiores al valor de trabajo estándar	10	8	4	320	CRÍTICO
		Velocidad de giro muy alta	Desestabilización de rodamientos y desalineamiento de ejes	RPM superiores al valor de trabajo estándar	10	6	4	240	CRÍTICO
3	Zona de procesamiento	Desprendimiento de púas de acero	Riesgo de laceración por púas, deterioro de guardas y componente internos	Proceso de soldadura deficiente RPM superiores al valor de trabajo estándar	1	10	3	30	NO CRÍTICO
		Desajuste en elementos de fijación en montaje de máquina	Desajuste o ruptura de piezas	Ensamble deficiente y falta de inspección	7	9	9	567	CRÍTICO
		Lubricación de piñones y rodamientos muy pobre o inadecuada	Sobrecalentamiento de piezas y ruido producido por contacto entre metales	Mala técnica de lubricación o Lubricante no idóneo.	9	9	6	486	CRÍTICO
4	Sistema de transmisión	Falla en sincronización de poleas	Deterioro del sistema de transmisión	Inadecuado diseño del sistema de transmisión	5	6	3	90	NO CRÍTICO
		Lubricación de piñones y rodamientos muy pobre o inadecuada	Sobrecalentamiento de piezas y ruido producido por contacto entre metales	Mala técnica de lubricación o Lubricante no idóneo.	9	9	6	486	CRÍTICO

(continúa)

(continuación)

5	Bancada o bastidor	Vibración de la estructura	Caída de la fibra, vibración de componente internos y desalineamiento de ejes	Presencia de desniveles en la estructura	2	6	9	108	NO CRÍTICO
		Presencia de óxido en la estructura	Corrosión de la estructura, debilitamiento	Utilización de trapos húmedos durante la limpieza rutinaria.	2	3	5	30	NO CRÍTICO
6	Componentes eléctricos	Sensibilidad de perilla reguladora del variador de frecuencia es muy alta	Elevación o disminución rápida de las RPM. Deterioro del sistema de transmisión y motor	Característica propia del componente	7	6	6	252	CRÍTICO
		Peligro de exposición a electrocución por conexión de cable de alimentación a toma	Riesgo de electrocución por contacto con toma en condiciones inadecuadas	Falta de seguimiento de instrucciones de seguridad en el conexionado de cables Conexionado de cables con manos húmedas	1	10	4	40	NO CRÍTICO

Nota. Elaboración propia

## Anexo 25. Costo anual de mantenimiento de la máquina

COSTO ANUAL ASOCIADO AL MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA									
ITEM	Descripción	Unidad de medida	Cant.	Tipo	Proveedor	Precio unitario (en \$)	Precio Unitario (en S/)	Precio total (en \$)	Precio Total (en S/)
<b>M1</b>	<b>Rodamientos</b>								
M1.1	Modelo Y SKF-E2 (de pie)	Unidad	2	Bien	SKF		172.49	-	344.98
M1.2	Modelo Y SKF-E2 (de pared)	Unidad	2	Bien	SKF	20.23		40.46	-
<b>M2</b>	<b>Poleas y fajas</b>							-	-
M2.1	Polea PQ-3A65	Unidad	1	Bien	Intermec/ Optibelt	25.99		25.99	-
M2.2	Polea PQ-2A125	Unidad	1			36.12		36.12	-
M2.3	PQ-1A125	Unidad	1			27.87		27.87	-
M2.4	PQ-1A60	Unidad	1			17.77		17.77	-
M2.5	PQ-1A-140	Unidad	1			29.50		29.50	-
M2.6	PQ-1A85	Unidad	1			21.66		21.66	-
M2.7	PQ-1A85	Unidad	1			21.66		21.66	-
M2.8	Faja A40	Unidad	2				48.38	-	96.76
M2.9	Faja A51	Unidad	2			5.87		11.74	-
M2.10	Faja A36	Unidad	1			6.70		6.70	-
M2.11	Faja 13/A	Unidad	1			4.80		4.80	-
M2.12	Piñón PHS 12B-1B18	Unidad	2		SKF	4.80		9.60	-
<b>M3</b>	<b>Elementos de fijación</b>							-	
M3.1	Pernos M10	Unidad	40	Bien	Sodimac		3.15	-	126.00

(continúa)

(continuación)

M3.2	Arandela plana M10	Caja	1			12.90	-	12.90	
M3.3	Tuerca M10	Unidad	40			1.85	-	74.00	
M3.4	Regleta de púas	Unidad	10		7.41		74.10	74.10	
M3.5	Espárrago M12	Varilla	1			13.90	-		
M3.6	Tuerca M12	Unidad	16			3.20	-		
M3.7	Arandela plana M12	Unidad	16			1.60	-		
<b>E1</b>	<b>Componentes eléctricos</b>						-		
E1.1	Motor Thompson 712-IE2-Triásico0.5 HP	Unidad	1	Bien	Indumetal	130.10		130.10	
E1.2	Guardamotor Siemens 3RV1021-1BA10	Unidad	1		Fametal	68.44		68.44	
E1.3	Variador de frecuencia AB Powerflex 4	Unidad	1		WiA	224.20		224.20	
E1.4	Interruptor diferencial de 30mA FHC204-AC-25/0.03	Unidad	1		Ingelec Tech		237.00	-	
E1.5	Estación de mando de 3 pulsadores	Unidad	1		Ingelec Tech		100.00	-	
E1.6	Terminal tipo pin aislado 12-22 AWG	Unidad	10		Ingelec Tech		9.44	-	
E1.7	Cable Vulcanizado trifásico 12AWG	Rollo	1		Ingelec Tech		778.80	-	
E1.8	Tablero eléctrico de Polyester	Unidad	1		Ingelec Tech		377.60	-	
<b>M4</b>	<b>Lubricante 3 en 1-Frasco de 284 ml</b>	Unidad	4	Bien	Sodimac		18.90	-	75.60
							<b>Subtotal Costo Mantenimiento (en \$)</b>	751.00	
							<b>Subtotal Costo Mantenimiento (en S/)</b>		805.00
							<b>Total Costo Mantenimiento (en S/)</b>		<b>3,489.00</b>

Tipo de cambio: S/3.573  
Extraído de SUNAT el día 02/09/2020

## Anexo 26. Costo total asociado a las mejoras

COSTOS ASOCIADOS A LAS MEJORAS									
ITEM	Descripción	Unidad de medida	Cant.	Tipo	Proveedor	Precio unitario (en \$)	Precio Unitario (en S/)	Precio total (en \$)	Precio Total (en S/)
M6	Impresión de formatos	Unidad	1	Servicio	Particular		300.00	-	300.00
M7	Impresión de etiquetas	Millar	1	Servicio	Particular		10.00	-	10.00
M8	Gabinete rodante	Unidad	1	Bien	Sodimac		649.90	-	649.90
M9	<b>Herramientas</b>								
M9.1	Juego de destornilladores	Juego	1	Bien	Sodimac		47.90	-	47.90
M9.2	Juego de alicates	Juego	1				64.90	-	64.90
M9.3	Juego de llaves de boca	Juego	1				79.90	-	79.90
M9.4	Calibrador milimétrico de 6"	Unidad	1				69.90	-	69.90
M9.5	Multímetro	Unidad	1				64.90	-	64.90
M9.6	Trapo Industrial	Unidad	24				5.90	-	141.60
M9.7	Set de Cinta de medición, nivel medidor y destornillador	Juego	1				11.90	-	11.90

(continúa)

(continuación)

<b>M10</b>	<b>Equipos de protección personal</b>								
M10.1	Guantes de protección	Par	2	Bien	Sodimac		5.90	-	11.80
M10.2	Casco de protección azul	Unidad	2				15.90	-	31.80
M10.3	Lentes de seguridad clásico	Unidad	2				7.90	-	15.80
M10.4	Botas de seguridad (punta de acero)	Par	2				59.90	-	119.80
M10.5	Respirador antipolvo y partículas de doble vía	Unidad	2				25.90	-	51.80
<b>M11</b>	<b>Anaqueles</b>	Unidad	1	Bien	Sodimac		139.90	-	139.90
<b>M12</b>	<b>Contenedores</b>								
M11.1	Contenedor de salida de fibra	Unidad	2	Bien	Sodimac		44.90	-	89.80
M11.2	Contenedor de recojo de impurezas (balde Km15)	Unidad	1				11.90	-	11.90
<b>M13</b>	<b>Silla</b>	Unidad	1	Bien	Sodimac		42.90	-	42.90
<b>M14</b>	<b>Mesa de trabajo</b>	Unidad	1	Bien	Sodimac		299.90	-	299.90
<b>M15</b>	<b>Cinta amarilla</b>	Unidad	1	Bien	Tai Loy		2.70	-	2.70
<b>M16</b>	<b>Cajas para repuestos</b>								
M16.1	Cajas de cartón	Unidad	6	Bien	Sodimac		6.10	-	36.60
M16.2	Papel lustre	Unidad	12		Tai Loy		0.45	-	5.40
M16.3	Cinta adhesiva transparente	Unidad	1	Bien	Sodimac		5.90	-	5.90

(continuación)

<b>M17</b>	Regleta guía	Unidad	1	Bien	Itech Peruvian		45.00	-	45.00
<b>M18</b>	Señales de seguridad	Unidad	7	Bien	Sodimac		18.90	-	132.30
SUBTOTAL COSTO MEJORA. (\$)								-	
SUBTOTAL COSTO MEJORA. (S/)									2,485.00
<b>COSTO TOTAL DE MEJORA (S/)</b>									<b>2,485.00</b>
<b>Porcentaje respecto al precio de la máquina</b>									<b>15.54%</b>

Nota. Elaboración propia

## Anexo 27. Tarifarios para la venta de energía eléctrica en Lima y en Puno

ENEL DISTRIBUCIÓN PERÚ S.A.A.  
TARIFA PARA LA VENTA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

FECHA DE PUBLICACIÓN : 03 - 02 - 2020

LAS TARIFAS DE LA PRESENTE PUBLICACION SE APLICARAN A LOS CONSUMOS EFECTUADOS A PARTIR DEL 04 / 02 / 2020

PLIEGO TARIFARIO FEBRERO 2020 - 2

N° 02 - 2020

TARIFAS PARA SUMINISTROS CON ALIMENTACION A TENSIONES NOMINALES EN MEDIA TENSION	UNIDAD	LIMA NORTE	HUACHO	SUPE- BARRANCA	HUARAL- CHANCAY	PATIVILCA	AISLADO B 6 Hidraulico	AISLADO B 4 Hidraulico	AISLADO B 5 Hidraulico	SAYÁN - HUMAYA	SER_CHILLON
<b>TARIFA BT4 : TARIFA HORARIA CON SIMPLE MEDICION DE ENERGIA Y CONTRATACION O MEDICION DE UNA POTENCIA .- 1E1P</b>											
Cargo Fijo mensual	S/Cliente	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.14	4.14	4.14	4.30	4.30
Cargo por Energía	Cent.S/ /kW h	28.91	28.40	28.30	28.91	28.30	22.24	22.24	22.24	28.40	28.91
Cargo por potencia activa de generación											
Presentes en punta	S/ /kW-mes	61.04	61.04	61.04	61.04	61.04	29.94	29.94	29.94	61.04	61.04
Fuera de punta	S/ /kW-mes	37.09	37.09	37.09	37.09	37.09	18.18	18.18	18.18	37.09	37.09
Cargo por potencia activa por uso de las redes de distribución											
Presentes en punta	S/ /kW-mes	63.63	63.63	63.63	63.63	63.63	61.30	61.30	61.30	63.63	63.63
Fuera de punta	S/ /kW-mes	55.52	55.52	55.52	55.52	55.52	53.49	53.49	53.49	55.52	55.52
Cargo por energía reactiva que exceda del 30% del total de la energía activa	Cent S/ /kvarh	5.42	5.42	5.42	5.42	5.42	5.22	5.22	5.22	5.42	5.42

Nota. Extraído de ENEL (2020)

**PLIEGOS TARIFARIOS PARA CLIENTES FINALES CON VIGENCIA DESDE EL 04 DE DICIEMBRE DEL 2020**

Fecha de Publicación : 03 DE DICIEMBRE DEL 2020

Calculado de acuerdo a Comunicado N° 044-2020-GRT y cargos ajustados del MCTER - Osinergmin

RESOLUCIÓN TARIFARIA DE GERENCIA COMERCIAL N° 016-2020-ELPU/GC			PUNO	JULIACA	AZANGARO	ANTAUTA	AYAVIRI	PUNO BAJA DENSIDAD	AZANGARO RURAL	SAN GABAN	ANAPIA	JULIACA RURAL	ILAVE - POMATA	SER PUNO - ILAVE	SER JULIACA	SER AZANGARO	SER AYAVIRI	SER SAN GABAN
INCLUYE FOSE - INCLUYE MCTER - NO INCLUYE I.G.V.			Unidad	12	12	14	14	14	14	14	14	14	14	SER	SER	SER	SER	SER
<b>BT4 :</b>	<b>MEDICION SIMPLE DE ENERGIA Y POTENCIA ACTIVA</b>	<b>IE IP</b>																
	Cargo fijo mensual	S./cliente	11.72	11.72	11.72	11.72	11.72	11.72	11.72	11.72	11.72	11.72	11.72	11.72	11.72	11.72	11.72	11.72
	Cargo por energía activa	Cént.S./KWh	26.50	26.49	26.34	26.34	26.50	26.50	26.34	25.48	26.50	26.49	26.50	26.50	26.49	26.34	26.50	25.48
	Cargo por potencia activa de generación:																	
	Presente en punta	S./KW-mes	48.94	48.94	48.94	48.94	48.94	48.94	48.94	48.94	48.94	48.94	48.94	48.94	48.94	48.94	48.94	48.94
	Presente fuera de punta	S./KW-mes	47.27	47.27	47.27	47.27	47.27	47.27	47.27	47.27	47.27	47.27	47.27	47.27	47.27	47.27	47.27	47.27
	Cargo por potencia activa de distribución:																	
	Presente en punta	S./KW-mes	83.34	83.34	83.34	83.34	83.34	83.34	83.34	83.34	83.34	83.34	83.34	83.34	83.34	83.34	83.34	83.34
	Presente fuera de punta	S./KW-mes	80.63	80.63	80.63	80.63	80.63	80.63	80.63	80.63	80.63	80.63	80.63	80.63	80.63	80.63	80.63	80.63
	Cargo por energía reactiva	Cént.S./AVARh	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68

Nota. Extraído de ElectroPuno S.A.A. (2020).

## Anexo 28: Cronograma de pagos de deuda (BBVA Continental y Caja Los Andes)

### SIMULACIÓN DE CRONOGRAMA DE PAGOS - Préstamos Libre Disponibilidad

Importe a Solicitar :	4,028.60 SOLES	Días de Pago	01
Duración Total :	12 meses	Período de Gracia :	-
Fecha de Solicitud :	14/02/2021	Valor del Bien :	-
Sub-Producto :	CS01 - LIBRE DISPONIB.	Cuota :	407.43
Tipo Seg.	Monto Inicial	Importe Seguro Desgravamen :	2.05
Importe Seguro del	-	Tasa Efectiva Anual	21.500000
TCEA Referencial de	28.257667%	Comis. envío físico de estado de	10.00

NRO	VENC TO	AMORTIZAC.	INTERESES	COMISION(ES) + SEGUROS	SUBVENC	CUOTA	SALDO
001	05/04/2021	296.98	110.45	12.05	0.00	419.48	3,731.62
002	03/05/2021	350.48	56.95	12.05	0.00	419.48	3,381.14
003	01/06/2021	353.97	53.46	12.05	0.00	419.48	3,027.17
004	01/07/2021	357.90	49.53	12.05	0.00	419.48	2,669.27
005	02/08/2021	360.82	46.61	12.05	0.00	419.48	2,308.45
006	01/09/2021	369.66	37.77	12.05	0.00	419.48	1,938.79
007	01/10/2021	375.71	31.72	12.05	0.00	419.48	1,563.08
008	02/11/2021	380.14	27.29	12.05	0.00	419.48	1,182.94
009	01/12/2021	388.73	18.70	12.05	0.00	419.48	794.21
010	03/01/2022	393.12	14.31	12.05	0.00	419.48	401.09
011	01/02/2022	401.09	6.34	12.05	0.00	419.48	0.00
		4,028.60	453.13	132.55	0.00	4,614.28	

- Los datos emitidos por este simulador son referenciales.
- El otorgamiento del préstamo está sujeto a evaluación crediticia.
- La fecha de desembolso, para efectos de esta simulación, es la fecha de solicitud que ha ingresado en este simulador.
- La simulación no incluye el ITF.
- La tasa de interés es fija.- Usted podrá contratar directamente su póliza de seguro, con las mismas características y beneficios a la ofrecida, y endosarla a favor del Banco.El endoso de la póliza está sujeto a comisión publicada en nuestro tarifario en: [www.bbvacontinental.pe](http://www.bbvacontinental.pe)

## SIMULADOR DE CRÉDITOS

## RESULTADO DE LA SIMULACIÓN



Monto solicitado:	4028.60	Moneda:	Soles
Número de cuotas:	12	Cuota a pagar:	366.90
Total Intereses a Pagar:	359.15	Total I.T.F.:	0.00
Total a Pagar(Inc. ITF):	4403.86	T.E.A.(%):	17.16
Te Cuesta (T.C.E.A.)	17.99		

Nº	FECHA PAGO	SALDO CAPITAL	CAPITAL	INTERÉS	SEG. DESG.(*)	TOT. CUOTA	I.T.F.	TOT.CUO+ SEG.DES+ ITF
1	01/03/2021	4,028.60	314.55	49.93	2.42	366.90	0.00	366.90
2	01/04/2021	3,714.05	313.67	51.00	2.23	366.90	0.00	366.90
3	01/05/2021	3,400.38	319.69	45.17	2.04	366.90	0.00	366.90
4	01/06/2021	3,080.69	322.75	42.30	1.85	366.90	0.00	366.90
5	01/07/2021	2,757.94	328.61	36.64	1.65	366.90	0.00	366.90
6	01/08/2021	2,429.33	332.08	33.36	1.46	366.90	0.00	366.90
7	01/09/2021	2,097.25	336.84	28.80	1.26	366.90	0.00	366.90
8	01/10/2021	1,760.41	342.45	23.39	1.06	366.90	0.00	366.90
9	01/11/2021	1,417.96	346.58	19.47	0.85	366.90	0.00	366.90
10	01/12/2021	1,071.38	352.03	14.23	0.64	366.90	0.00	366.90
11	01/01/2022	719.35	356.59	9.88	0.43	366.90	0.00	366.90
12	01/02/2022	362.76	362.76	4.98	0.22	367.96	0.00	367.96
			4,028.60	359.15	16.11		0.00	4,403.86

Fecha y Hora: 24-02-2021 22:24:45

Imprimir Simulación

Volver a Simular

La información contenida en el simulador web es referencial y está sujeta a cambios. Esta información es difundida conforme a lo dispuesto en la Ley N° 28587 y el Reglamento de Gestión de Conducta de Mercado del Sistema Financiero, aprobado mediante Resolución SBS N° 3274-2017

## **Anexo 29: Entrevista a la empresa JCALDERON E.I.R.L.**

**Tesis de pregrado: Propuesta de diseño de una máquina semi industrial de apertura para la etapa de preproducción de hilo a partir de fibra de alpaca**

**Clasificación: Información de fuente primaria- Entrevista**

**Entrevistador:** Joan Jefferson Sánchez Jiménez

**Entrevistado:** Joel Calderón Mamani

**Empresa:** JCALDERON EIRL

**Cargo:** GERENTE

**RUC:** 20447841224

**Dirección de la empresa:** Av. Floral Nro. 1128

**Fecha:** 03 de febrero de 2021

1. ¿A qué se dedica la empresa que representa?

**Principal - CIU 17306 - FAB. HILO, TEJIDOS Y ARTE DE PUNTO.**

**Secundaria 1 - CIU 51502 - VTA. MAY. MAQUINARIA, EQUIPO Y MATER.**

**Secundaria 2- CIU 74996 - OTRAS ACTIVIDADES EMPRESARIALES NCP.**

2. ¿Cuál es el producto más representativo/demandado que tiene su empresa?

**- “El producto más representativo de la empresa es el hilo de fibra de alpaca en carretes, se vende por kg.”**

***\*Nota: De aquí en adelante, las preguntas se referirán específicamente al producto más representativo seleccionado en la pregunta 2.***

3. En cuanto a la fibra de alpaca, ¿cuánto se requiere, en kg, dentro de la producción en un año en su empresa para el producto más representativo (elegido en pregunta 2)?

**- “Aproximadamente 1200 kg por año, pero se pierde un 5% durante el proceso de hilado”**

4. ¿Cuál es el ingreso anual percibido por ventas (aproximado) del producto más representativo?

**- “El año 2020 se ha percibido S/250,800, pero para el año 2021 hay una caída de precio muy alta, entre 65-70% por el COVID. Sin embargo, la cantidad demandada de hilo tiende a incrementarse en 10% anual, eso esperamos.”**

5. ¿Las ventas tienden a mantenerse o se espera un aumento o disminución en los siguientes años? ¿De cuánto % esperas que aumente o disminuya?

**- “Esperamos que se incremente en 10% anualmente”**

6. ¿Cuál es el porcentaje que representa el costo de ventas del producto, aproximadamente?

**- “El costo de ventas representa el 30% de las ventas”**

7. ¿En cuanto a gastos administrativos, el porcentaje más próximo sería?

- **“Los gastos administrativos aproximadamente el 45% de las ventas”**

8. ¿Los gastos de venta asociados (transporte, publicidad, entre otros) para la venta del producto, qué porcentaje representarían?

- **“Los gastos de venta cerca del 8% de las ventas al igual que los gastos operativos”**

9. ¿Necesita pagar alguna licencia para crear productos a partir de fibra de alpaca?

- **“No”**

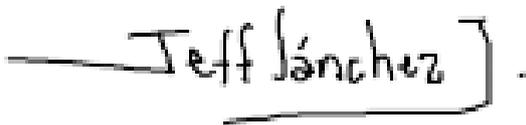
10. ¿Consideraría Ud. la opción de fabricar la máquina semi industrial de apertura de fibra de alpaca propuesta esperando agilizar su proceso y generar una disminución en pasivo corriente, específicamente en mano de obra? ¿Del 1 al 10 qué tan interesado estaría?

- **“Sí, de todas maneras, un 10. Solo puedo producir 1200 kg por año de hilo, pero lo demás puedo venderlo como fibra”**

11. ¿Cuenta Ud. con un medio de transporte propio? ¿Podría transportar la máquina de Lima a Puno?

- **“Cuento con un camión pequeño, soporta hasta 1.5 toneladas, los gastos de transporte lo cubriré del capital de trabajo del año pasado que ha sobrado, no hay problema”**

**NOTA: La información brindada por la empresa será utilizada exclusivamente para fines académicos, respetando el carácter de confidencialidad debido por parte del tesista (algunos valores pueden modificarse según requerimientos del tesista)**



---

**JOAN JEFFERSON SÁNCHEZ JIMENEZ**

**RUC: 10701033995**



---

**JOEL CALDERON MAMANI**

**RUC: 20447841224**

Lima, 03 de febrero de 2021

