

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



## FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

### CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

*Trabajo Estructurado de Manera Independiente, previo a la obtención del  
Título de Ingeniero Mecánico*

TEMA:

---

**“ESTUDIO DE PROCESOS DE CORTE EN PERFILERÍA DE  
ACERO ESTRUCTURAL PARA MEJORAR LA  
PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA PICO SÁNCHEZ CÍA.  
LTDA”.**

---

**AUTOR: MORALES FONSECA NÉSTOR ALEJANDRO**

**TUTOR: Ing. PABLO VALLE, Mg**

**AMBATO- ECUADOR**

**2014**

## **CERTIFICACIÓN**

En mi calidad de tutor de investigación, bajo el tema: “ESTUDIO DE PROCESOS DE CORTE EN PERFILERÍA DE ACERO ESTRUCTURAL PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA PICO SÁNCHEZ CÍA.LTDA”, desarrollado por el Sr. Néstor Alejandro Morales Fonseca, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe ha sido revisado minuciosamente y reúne los requisitos suficientes para ser sometido a la evaluación del tribunal examinador designado por el Consejo Directivo de esta Facultad.

Ambato, Junio de 2014

Ing. Pablo Valle, Mg

Tutor

## **AUTORÍA**

Declaro que el contenido del trabajo de investigación: “Estudio de procesos de corte en perfilería de acero estructural para mejorar la productividad en la empresa Pico Sánchez Cía. Ltda.”, así como sus resultados, análisis, interpretación, conclusiones, recomendaciones y propuesta son auténticos y de exclusiva responsabilidad de mi persona en calidad de autor del presente proyecto.

Ambato, Junio del 2014

Néstor Alejandro Morales Fonseca

CI: 1803598117

## **DEDICATORIA**

*A Dios porque solo bajo su consentimiento se pudo realizar este presente proyecto, así como también a mis padres a quienes debo mis principios, valores, su constante lucha por encaminarme en el camino del bien por esos años de amor, cariño, corrección y sacrificio para poder llegar a ser la persona quien en día soy.*

*ALEJANDRO MORALES*

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios, me ha dado la fuerza, en los momentos difíciles para seguir adelante a pesar de las circunstancias que se presentan en la vida, a mis padres y familiares que siempre han estado pendientes de mi persona y de mi bienestar, a mis maestros que han sabido educarme desde pequeño, al Ing. Mg. Pablo Valle que con mucha paciencia ha sabido guiarme en este proyecto, así también a mis amigos de la u que siempre están ahí apoyándome.*

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

### A.- PÁGINAS PRELIMINARES

CERTIFICACIÓN.....	II
AUTORÍA.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
RESUMEN EJECUTIVO.....	XVIII

### B.- TEXTO INTRODUCCIÓN

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

### EL PROBLEMA

#### CAPÍTULO I

##### 1. EL PROBLEMA

1.1. TEMA DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2.1. CONTEXTUALIZACIÓN .....	1
1.2.2. ANÁLISIS CRÍTICO .....	2
1.2.3. PROGNOSIS.....	3
1.2.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	3
1.2.5. PREGUNTAS DIRECTRICES.....	3
1.2.6. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.3. JUSTIFICACIÓN .....	4
1.4. OBJETIVOS .....	5
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	5
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5

## **CAPÍTULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO**

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS .....	6
2.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA .....	6
2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL .....	6
2.4. RED DE CATEGORÍAS FUNDAMENTALES .....	7
2.4.1. ACEROS ESTRUCTURALES USADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARROCERÍAS.....	7
2.4.2. CORTE DE PERFILERÍA DE ACERO ESTRUCTURAL .....	14
2.4.3. POTENCIA DE LA MÁQUINA CORTADORA .....	17
2.4.4. VELOCIDAD DE CORTE Y AVANCE .....	18
2.4.5. MOTORES ELÉCTRICOS .....	19
2.4.6. SISTEMAS DE TRANSPORTE .....	20
2.4.7. AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL INDUSTRIAL .....	21
2.4.8. ADMINISTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN .....	26
2.4.9. METODOS Y TIEMPOS .....	27
2.5. HIPÓTESIS .....	30

## **CAPÍTULO III**

### **3. METODOLOGÍA**

3.1. ENFOQUE.....	32
3.2. MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN .....	32
3.2.1. DE CAMPO .....	32
3.2.2. BIBLIOGRÁFICA .....	32
3.2.3. EXPERIMENTAL .....	33
3.3. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	33
3.3.1. EXPLORATORIA .....	33
3.3.2. CORRELACIÓN.....	33
3.3.3. EXPLICATIVA.....	33
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	33
3.4.1. POBLACIÓN O UNIVERSO (N) .....	33
3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	36
3.5.1 VARIABLE INDEPENDIENTE.....	36
3.5.2 VARIABLE DEPENDIENTE .....	37
3.6. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	38

3.7. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS .....	38
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b>	
4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	39
4.1.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA ENTREVISTA REALIZADA A LA GERENTE GENERAL MBA. FANNY BARRIONUEVO. ....	39
4.1.2. ANÁLISIS DE LOS TIEMPOS DE PRODUCCIÓN EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CARROCERIAS PICOSA.....	40
4.2. INTERPRETACIÓN DE DATOS .....	60
4.2.1. INTERPRETACIÓN DE TIEMPOS EN PROCESO DE CORTE DE PERFILES ESTRUCTURALES .....	60
4.3. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....	68
<b>CAPÍTULO V</b>	
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
5.1. CONCLUSIONES .....	70
5.2. RECOMENDACIONES .....	70
<b>CAPÍTULO VI</b>	
<b>6. PROPUESTA</b>	
6.1. DATOS INFORMATIVOS .....	72
6.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.....	72
6.3. JUSTIFICACIÓN .....	73
6.4. OBJETIVOS .....	74
6.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD .....	74
6.5.1. FACTIBILIDAD TÉCNICA .....	74
6.5.2. FACTIBILIDAD ECONÓMICA.....	74
6.6. FUNDAMENTACIÓN .....	74
6.6.1. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DE LA MÁQUINA.....	75
6.6.2. DISEÑO MECÁNICO DE LA TRONZADORA.....	75
6.6.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE PERFILERIA ..	133
6.6.4. AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL .....	168
6.7. METODOLOGÍA .....	182
6.7.1 CONSTRUCCIÓN DE TRONZADORA .....	183
6.7.2 CONSTRUCCIÓN DE SISTEMA DE TRANSPORTE.....	187
6.7.3. AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL .....	191



6.8. ADMINISTRACIÓN .....	197
6.9. PREVISION DE LA EVALUACIÓN .....	201
BIBLIOGRAFÍA .....	207
ANEXOS.....	210

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Requerimientos de tensión del Acero A36.....	10
Tabla 2.2. Composición del Acero A36.....	11
Tabla 2.3. Composición Química y Física de acero A500.....	12
Tabla 2.4. Composición Química y Física de acero A572.....	13
Tabla 2.5. Propiedades Mecánicas del Acero572.....	13
Tabla 2.6. Guía para selección de discos.....	16
Tabla 2.7. Velocidades de corte y avance para discos de acero rápido.....	19
Tabla 2.8. Unidades de observación de análisis.....	31
Tabla 2.9. Total de perfiles cortados para una carrocería de tipo urbano e interprovincial.....	34
Tabla 4.1. Especificaciones técnicas de máquina de corte de perfilería estructural.....	41
Tabla 4.2. Especificaciones técnicas de perfiles estructurales usados en Anclajes y Piso.....	44
Tabla 4.3. Tiempos de producción tomados en el proceso de corte de perfiles usados en ensamble de Anclajes y Piso Estructural.....	45
Tabla 4.4. Especificaciones técnicas de perfiles estructurales usados en Estructuras Laterales.....	47
Tabla 4.5. Tiempos de producción tomados en el proceso de corte de perfiles usados en ensamble de Estructuras Laterales.....	48
Tabla 4.6. Especificaciones técnicas de perfiles estructurales usados en Techo Estructural.....	50
Tabla 4.7. Tiempos de producción tomados en el proceso de corte de perfiles usados en ensamble de Techo Estructural.....	51
Tabla 4.8. Especificaciones técnicas de perfiles estructurales usados en Anclajes y Piso.....	53

Tabla 4.9. Tiempos de producción tomados en el proceso de corte de perfiles usados en ensamble de Anclajes y Piso Estructural.....	<b>54</b>
Tabla 4.10. Especificaciones técnicas de perfiles estructurales usados en Estructuras Laterales de Bus Urbano.....	<b>56</b>
Tabla 4.11. Tiempos de producción tomados en el proceso de corte de perfiles usados en ensamble de Estructuras Laterales.....	<b>57</b>
Tabla 4.12. Especificaciones técnicas de perfiles estructurales usados en Estructura Techo de Bus Urbano.....	<b>59</b>
Tabla 4.13. Tiempos de producción tomados en el proceso de corte de perfiles usados en ensamble de Techo Estructural.....	<b>60</b>
Tabla 4.14. Tiempos de operaciones requeridos para Anclajes y Piso Estructural.....	<b>63</b>
Tabla 4.15. Tiempos de operaciones requeridos para Estructuras Laterales.....	<b>65</b>
Tabla 4.16. Tiempos de operaciones requeridos para Estructuras Laterales.....	<b>68</b>
Tabla 6.1. Cortantes de izquierdas a derechas.....	<b>92</b>
Tabla 6.2. Momentos por el método de las áreas.....	<b>92</b>
Tabla 6.3. Coeficientes de fricción estática para diferentes recubrimientos (valores aproximados).....	<b>134</b>
Tabla 6.4. Propiedades de bandas de transporte.....	<b>135</b>
Tabla 6.5. Propiedades de un motoreductor.....	<b>139</b>
Tabla 6.6. Análisis de selección de cojinetes de rodillos.....	<b>153</b>
Tabla 6.7. Características de roscas unificadas UNC.....	<b>156</b>
Tabla 6.8. Dimensiones de rosca americana UNC.....	<b>158</b>
Tabla 6.9. Especificaciones generales del canal U del bastidor.....	<b>166</b>
Tabla 6.10. Especificaciones de funciones de Plc.....	<b>179</b>
Tabla 6.11. Costos directos.....	<b>198</b>
Tabla 6.12. Costos Mano de Obra.....	<b>200</b>

Tabla 6.13. Costos Administrativos.....**200**

Tabla 6.14. Costo Total.....**201**

Tabla 6.15. Diagrama Gantt de mantenimiento programado.....**204**

Tabla 6.16. Análisis de posibles fallas.....**204**

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Red de categorías fundamentales.....	7
Figura 2.2. Amoladora.....	14
Figura 2.3. Tronzadora de Acero.....	15
Figura 2.4 Especificaciones de un disco de corte.....	18
Figura 2.5 Motores eléctricos de varia potencia.....	20
Figura 2.6. Bandas de transporte.....	21
Figura 2.7. Elementos principales de un elemento automatizador.....	22
Figura 2.8. Contactor trifásico.....	23
Figura 2.9. Finales de carrera Camsco.....	23
Figura 2.10. Interacción de Encoder con contadores.....	24
Figura 2.11. Controlador programable.....	25
Figura 2.12. Oportunidades de relación de economía mediante la aplicación de la ingeniería de métodos estudio de tiempos.....	28
Figura 2.13. Consideraciones sobre el proceso de planeación en sistemas continuos e intermitentes.....	30
Figura 4.1. Flujograma de proceso de ensamble estructural de la carrocería.....	42
Figura 4.2. Plano de Piso y Anclajes estructurales de Bus Interprovincial.....	43
Figura 4.3.Plano de Estructuras Laterales Izquierda y Derecha de Bus Interprovincial.....	45
Figura 4.4. Plano de Techo Estructural para Bus Interprovincial.....	49
Figura 4.5. Plano de Estructuras de Anclajes y Piso de bus urbano.....	52
Figura 4.6 Plano de Estructuras Laterales Izquierda y Derecha de Bus Urbano..	55
Figura 4.7. Plano de Techo Estructural de Bus Urbano.....	58
Figura 4.8. Tiempo Total de corte en Anclajes y Piso de Urbano.....	61

Figura 4.9. Tiempo individual de cada perfil en Urbano.....	<b>61</b>
Figura 4.10. Tiempos de Totales de Operaciones de Piso en Urbano.....	<b>62</b>
Figura 4.11 Tiempo Total de corte en Estructuras Laterales de Interprovincial..	<b>63</b>
Figura 4.12 Tiempo individual de cada perfil en laterales Interprovincial.....	<b>64</b>
Figura 4.13. Tiempos Totales de Operaciones laterales Interprovincial.....	<b>64</b>
Figura 4.14. Tiempo Total de corte en Estructuras Techo Urbano.....	<b>66</b>
Figura 4.15. Tiempo individual de cada perfil en techo urbano.....	<b>66</b>
Figura 4.16 Tiempos Totales de Operaciones en techo Urbano.....	<b>67</b>
Figura 6.1. Flujograma de diseño de tronzadora .....	<b>77</b>
Figura 6.2. Análisis de corte en perfil estructural.....	<b>77</b>
Figura 6.3. Fuerza de corte en el fresado.....	<b>80</b>
Figura 6.4. Fuerzas de la banda en V sobre la polea del eje de transmisión.....	<b>89</b>
Figura 6.5. Esquema de fuerzas actuantes por el disco sobre el perfil.....	<b>90</b>
Figura 6.6. Diagrama de fuerzas en el eje que acciona el disco de corte.....	<b>90</b>
Figura 6.7. Diagrama de cuerpo libre del eje que acciona el disco de corte.....	<b>91</b>
Figura 6.8. Diagrama de cuerpo libre de la barra soporte de mecanismo de corte.....	<b>91</b>
Figura 6.9. Diagrama de carga, de corte y momento flexionante.....	<b>92</b>
Figura 6.10. Diagrama de cuerpo libre de la barra soporte de mecanismo de corte.....	<b>93</b>
Figura 6.11. Diagrama de carga, de corte y momento flexionante.....	<b>93</b>
Figura 6.12. Curvas para hallar radio de muesca.....	<b>97</b>
Figura 6.13. Barra de sección circular en flexión con estrechamiento y entalle...	<b>98</b>
Figura 6.14. Diagrama para determinar $v_1$ .....	<b>102</b>
Figura 6.15. Diagrama para determinar $v$ .....	<b>102</b>
Figura 6.16. Factor kappa – cálculo de vida nominal ajustado.....	<b>103</b>

Figura 6.17. Diagrama de cuerpo libre de la barra L soporte de mecanismo de corte.....	<b>105</b>
Figura 6.18. Diagrama de barra soporte de mecanismo de corte en plano x-y.....	<b>106</b>
Figura 6.19. Diagrama de carga, de corte y momento flexionante barra L.....	<b>106</b>
Figura 6.20. Diagrama de barra soporte de mecanismo de corte l.....	<b>107</b>
Figura 6.21. Diagrama de carga, de corte y momento flexionante de barra l.....	<b>107</b>
Figura 6.21. Diagrama de cargas que actúan en el soporte de barra.....	<b>110</b>
Figura 6.23. Diagrama de cargas que actúan en el soporte de la barra L en el plano x-y .....	<b>111</b>
Figura 6.24. Diagrama de carga, de corte y momento flexionante de barra L....	<b>112</b>
Figura 6.25. Diagrama de cargas que actúan en el soporte de barra 2 en el plano x-y.....	<b>112</b>
Figura 6.26. Diagrama de carga, de corte y momento flexionante de barra 2....	<b>113</b>
Figura 6.27. Diagrama de cuerpo libre de rodamiento de barra soporte.....	<b>114</b>
Figura 6.28. Diagrama de cargas que actúan en puente.....	<b>117</b>
Figura 6.29. Soporte de rodamientos.....	<b>118</b>
Figura 6.30. Diagrama de de cuerpo libre de puente.....	<b>119</b>
Figura 6.31. Diagrama de carga, de corte y momento flexionante de puente.....	<b>120</b>
Figura 6.32. Rosca cuadrada simple.....	<b>121</b>
Figura 6.33. Fuerzas externas que actúan en el tornillo de potencia.....	<b>122</b>
Figura 6.34. Diagrama de cargas de torsión que actúan en el tornillo de potencia.....	<b>123</b>
Figura 6.35. Diagrama de cuerpo libre del tornillo de potencia.....	<b>125</b>
Figura 6.36. Estructura de tronzadora.....	<b>128</b>
Figura 6.37. Análisis estructural.....	<b>129</b>
Figura 6.38. Diagrama de esfuerzo axial y torsión de estructura.....	<b>129</b>

Figura 6.39. Diagrama de carga, de corte y momento flexionante en el plano x-y de estructura.....	<b>130</b>
Figura 6.40. Diagrama de carga, de corte y momento flexionante en el plano x-z de estructura.....	<b>130</b>
Figura 6.41. Fuerzas que la banda ejerce sobre el rodillo conductor.....	<b>144</b>
Figura 6.42. Diagrama de cargas en la polea conducida.....	<b>146</b>
Figura 6.43. Diagrama de cuerpo libre en la polea conducida.....	<b>146</b>
Figura 6.44. Diagrama de cuerpo libre de rodillo.....	<b>147</b>
Figura 6.45. Diagrama de carga, de corte y momento flexionante en el plano xy de rodillo.....	<b>147</b>
Figura 6.46. Diagrama de cuerpo libre de rodillo motriz.....	<b>148</b>
Figura 6.47. Diagrama de carga, de corte y momento flexionante en el plano x-z.....	<b>148</b>
Figura 6.48. Diagrama de cargas en el tornillo tensor.....	<b>154</b>
Figura 6.49. Fuerzas que actúan sobre el bastidor.....	<b>159</b>
Figura 6.50. Diagrama de cargas sobre la plancha.....	<b>161</b>
Figura 6.51. Diagrama de cuerpo libre de plancha de tol.....	<b>161</b>
Figura 6.52. Diagrama de carga, de corte y momento flexionante en el plano x-y de plancha.....	<b>162</b>
Figura 6.53. Fuerzas que actúan sobre un tramo del canal del bastidor.....	<b>163</b>
Figura 6.54. Diagrama del cuerpo libre de un tramo del canal del bastidor.....	<b>164</b>
Figura 6.55. Diagrama de carga, de corte y momento flexionante en el plano x-y de canal de bastidor.....	<b>165</b>
Figura 6.56. Conexiones externas de Plc.....	<b>171</b>
Figura 6.57. Circuito de control de Tronzadora.....	<b>172</b>
Figura 6.58. Circuito de Potencia de Tronzadora.....	<b>173</b>
Figura 6.59. Panel de Control.....	<b>174</b>



Figura 6.60. Diagrama de Conexión de Encoder.....	175
Figura 6.61. Diagrama de Conexión de Encoder a Plc.....	177
Figura 6.62. Plc Encendido.....	178
Figura 6.63. Opción de corte 1.....	178
Figura 6.64. Opción de corte 2.....	179
Figura 6.65. Flujograma de control.....	179
Figura 6.66. Programación Interna de Plc.....	181
Figura 6.67. Programación Interna de Plc(continuación).....	181
Figura 6.68. Estructura de Tronzadora.....	183
Figura 6.69. Placa L Soporte Construída.....	184
Figura 6.70. Elementos de Transmisión de tronzadora.....	184
Figura 6.71. Eje de tronzadora.....	185
Figura 6.72. Disco de Corte.....	185
Figura 6.73. Montaje de Rodadura de Tronzadora.....	186
Figura 6.74. Tornillo de potencia.....	186
Figura 6.75. Estructura soporte de sistema de transporte.....	187
Figura 6.76. Placa soporte de banda.....	187
Figura 6.77. Rodillos motriz y conducido.....	188
Figura 6.78. Montaje de banda.....	188
Figura 6.79. Puente Soporte.....	189
Figura 6.80. Montaje de chumaceras de pared y tensoras.....	189
Figura 6.81. Motoreductor con freno.....	190
Figura 6.82. Protectores.....	190
Figura 6.83. Panel de control y Tablero eléctrico.....	191
Figura 6.84. Panel de control y cableado.....	192
Figura 6.85. Contactor trifásico.....	193

Figura 6.86. Relé a 220V con 11 pines.....	<b>193</b>
Figura 6.87. Montaje de breakers, contactores y relés térmicos.....	<b>194</b>
Figura 6.88. Pantalla digital de mando.....	<b>194</b>
Figura 6.89. PLC con conexiones externas.....	<b>195</b>
Figura 6.90. Montaje de regletas Din y canaletas perforadas.....	<b>195</b>
Figura 6.91. Tablero de control terminado.....	<b>196</b>
Figura 6.92. Montaje de Encoder.....	<b>196</b>
Figura 6.93. Final de carrera.....	<b>197</b>
Figura 6.94. Pruebas de funcionamiento de tronzadora.....	<b>202</b>
Figura 6.95. Pruebas de funcionamiento del Sistema de Transporte.....	<b>202</b>
Figura 6.96. Pruebas de funcionamiento del Sistema de Control Eléctrico.....	<b>203</b>
Figura 6.97. Prueba de funcionamiento de tronzadora terminada con dos tubos.....	<b>204</b>

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA**

**TEMA:** “ESTUDIO DE PROCESOS DE CORTE EN PERFILERÍA DE ACERO ESTRUCTURAL PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA PICO SÁNCHEZ CÍA. LTDA”.

**Autor:** Néstor Alejandro Morales Fonseca

**Tutor:** Ing. Mg. Pablo Valle

**RESUMEN EJECUTIVO**

El presente trabajo de investigación consiste en el estudio de procesos de corte de perfiles de acero estructural en la empresa carrocería Pico Sánchez Cía. Ltda. para analizar los procesos actuales y mejorar la productividad.

Se realizó encuestas e investigaciones de campo en las que se analizó y evaluó parámetros que afectan a la productividad a la empresa evaluando factores como procesos necesarios para realizar el corte de perfiles estructurales, así también las diferencias de estructuras entre laterales, piso y techo que se tiene en la construcción de buses de servicio urbano, así como de servicio interprovincial.

Se realizó un estudio de tiempos de las operaciones que realiza la persona en los diferentes tipos de perfiles de acero estructural para el proceso como son: subir material, medir, trazar, acomodar material, ajustar, cortar y aflojar.

Finalmente se diseñó y construyó una máquina tronadora de corte automática que es una alternativa viable para mejorar la productividad ya que con esta propuesta se disminuyen tiempos y operaciones del proceso.

**Palabras claves:** Estudios de procesos de corte, Pico Sanchez Cía. Ltda., operaciones de corte, tronadora de corte automática, productividad.

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN**

ESTUDIO DE PROCESOS DE CORTE EN PERFILERÍA DE ACERO ESTRUCTURAL PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA PICO SÁNCHEZ CÍA. LTDA.

#### **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

##### **1.2.1. CONTEXTUALIZACIÓN**

La perfilería estructural es de gran importancia al usarse en múltiples construcciones metálicas a nivel mundial.

Hoy en día, el uso de aceros estructurales tiene una demanda notable debido al crecimiento de la población, así como en la industria carrocera automotriz en el uso materiales en la construcción.

En el continente Americano existen múltiples empresas que tienen a cabo procesos con usos de perfilería estructural en carrocerías, que entre los más destacados podemos citar: MARCO POLO empresa carrocera ubicada en la ciudad de Caxias do Sul en Brasil, BUSSCAR empresa carrocera ubicada en la ciudad de Rua Augusto Bruno Nielson en Brasil, METALPAR empresa carrocera ubicada en Buenos Aires. Todas estas con determinadas sucursales en el resto Sudamérica.

A nivel nacional hay un gran número de empresas carroceras destinadas al uso de perfilería estructural entre ellas están: Quito. IMETAM; Cuenca. CARROCERÍAS OLÍMPICA; Santo Domingo. CARROCERÍAS MONCAYO; Riobamba. MEGABUSS.

Actualmente Ambato es considerada la ciudad con mayor demanda de construcción carrocera en el país con usos de perfilería de acero estructural, entre las principales tenemos Cepeda Cía. Ltda., Carrocerías Imce, Davmotors, Miral Buses, Carrocerías Varma, Ibimco, Carrocerías Impa, “Pico Sánchez Cía. Ltda.” las cuales utilizan el proceso de corte de perfiles estructurales para montaje de carrocerías metálicas.

La demanda de carrocerías metálicas nivel nacional exige a los fabricantes de carrocerías del país estandarizar procesos de producción para mejorar los tiempos de producción sin salirse del cumplimiento de normas y reglamentos técnicos ecuatorianos vigentes en nuestro país.

### **1.2.2. ANÁLISIS CRÍTICO**

En la actualidad la competitividad ha obligado a la industria carrocera a reemplazar procesos manuales de construcción por maquinaria que facilita los procesos de fabricación.

En la empresa “Pico Sánchez Cía. Ltda.” donde se va a realizar la investigación, no existe un proceso de corte uniforme en perfilería estructural, por lo cual las juntas para la soldadura no son uniformes pudiendo generar defectos en el producto final.

El método de corte de perfilería estructural utilizado es el realizado por máquinas denominadas tronadoras que tienen movimiento de corte en una sola dirección, dificultando el corte a diferentes ángulos.

El operario que realiza el corte se ve obligado a girar el perfil hasta aproximarse al ángulo requerido y realizando el ajuste tradicional por tornillos aumentando así los tiempos de proceso de corte.

La maquinaria que realiza el corte tiene porcentaje de daños altos por sobrecalentamientos excesivos y desgaste en partes electromecánicas por lo que el costo del proceso es alto.

El esfuerzo físico que realiza el operador al manipular perfiles para alineaciones de corte requeridas le significa cansancio rápidamente, disminuyendo así el potencial de recurso humano.

Durante el proceso de corte se desprenden partículas de acero debido al mecanismo de corte de la maquinaria, generándose un peligro para la integridad física y salud del operador, además de existir riesgos de desprendimientos de discos de corte por malos ajustes o baja calidad de estos.

### **1.2.3. PROGNOSIS**

El estudio de procesos de corte de perfilería estructural es de gran importancia en la industria carrocería, ya que permite conocer las falencias existentes en el proceso de corte de acero estructural, que afectan al operador con disminución de rendimiento por cansancio físico al trabajar con la tecnología de corte existente, con maquinaria con frecuentes daños, además de tener posibles riesgos de incidentes dentro de la planta de producción, generando de esta manera producto final a elevados costos con mayores defectos de ensamblaje estructural en juntas y soldadura y en caso de no realizarse seguirá provocando en la empresa disminución del potencial del recurso humano con pérdidas económicas.

### **1.2.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿El estudio de procesos de corte de perfilería estructural en la empresa “Pico Sánchez Cía. Ltda.” permitirá mejorar la productividad?

### **1.2.5. PREGUNTAS DIRECTRICES**

¿El proceso actual para realizar el corte de perfilería estructural es el más adecuado?

¿Qué parámetros disminuyen el tiempo de corte de perfiles estructurales?

¿Cuáles son los pasos que da el operador para el uso de la maquinaria?

¿Existen alternativas de solución para mejorar la productividad en el proceso de corte de perfilería estructural en la empresa “Pico Sánchez Cía. Ltda.”?

## **1.2.6. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.6.1. DELIMITACIÓN DE CONTENIDO**

La presente investigación se fundamenta en el campo de Ingeniería Mecánica en el área de Diseño de Elementos de Máquinas, Automatización y Control Industrial, Máquinas Eléctricas, Gestión Empresarial.

### **1.2.6.2. DELIMITACIÓN ESPACIAL**

El tema propuesto se lo realizará en:

- ✓ La empresa “Pico Sánchez Cía. Ltda. “en la ciudad de Ambato
- ✓ La Biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica mediante el contenido teórico necesario para la investigación.

### **1.2.6.3. DELIMITACIÓN TEMPORAL**

El presente trabajo investigativo se desarrollará en los meses comprendidos entre Septiembre del 2012 y Mayo del 2013.

## **1.3. JUSTIFICACIÓN**

Con esta investigación se pretende determinar la capacidad de producción actual del proceso de corte de perfiles estructurales, así como todos los factores físicos y riesgos existentes que afectan al operador al realizar su trabajo, incluyendo los defectos de corte que se tiene por limitaciones técnicas que presenta el proceso y como esto afecta en los siguientes procesos en la construcción de carrocerías como son los de soldadura, alineaciones, estructuración metálica de la carrocería que influyen en el producto terminado.

Esta investigación es de gran importancia, ya que relaciona temas de demasiada trascendencia en la industria carrocera como es el proceso de corte estructural, uno de los más importantes ya que la carrocería es netamente ensamblada con perfilería de acero estructural y por ende un análisis de la productividad en este tema está ligado a factores económicos por el tiempo y recurso humano utilizado en el mismo.

Además es factible porque en la ciudad de Ambato es un importante sector carroceros a nivel nacional, siendo la empresa “Pico Sánchez Cía. Ltda.” la más beneficiada.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. OBJETIVO GENERAL**

✓ Estudiar la tecnología del proceso de corte de perfilería de acero estructural en la empresa “Pico Sánchez Cía. Ltda.” para mejorar la productividad.

### **1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Definir los tipos de procesos existentes para realizar el corte de perfilería de acero estructural.
- ✓ Establecer los tiempos de producción requeridos para el proceso de corte.
- ✓ Identificar los pasos existentes para realizar el corte de perfiles estructurales.
- ✓ Proponer una reestructuración del proceso para mejorar la productividad en el proceso de corte de perfilería de acero estructural de la empresa “Pico Sánchez Cía. Ltda.”



## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

Este proyecto de investigación tiene por objeto estudiar los factores críticos del proceso de corte de perfilería de acero estructural por discos giratorios como son velocidad de corte, tipos de disco, materiales usados en el proceso y tiempos de producción.

En la actualidad empresas de las marcas de máquinas cortadoras de disco de perfilería estructural como BOSCH, DE WALT, ISKRAPERLES, RYOBY, MAKITA tienen estudios sobre parámetros de corte de perfiles estructurales aplicados en la construcción de sus productos.

Cabe recalcar que en nuestro país no existe un estudio similar que abarque todos los temas que influyen en el proceso de corte de perfiles estructurales dentro de una empresa carrocera.

#### **2.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA**

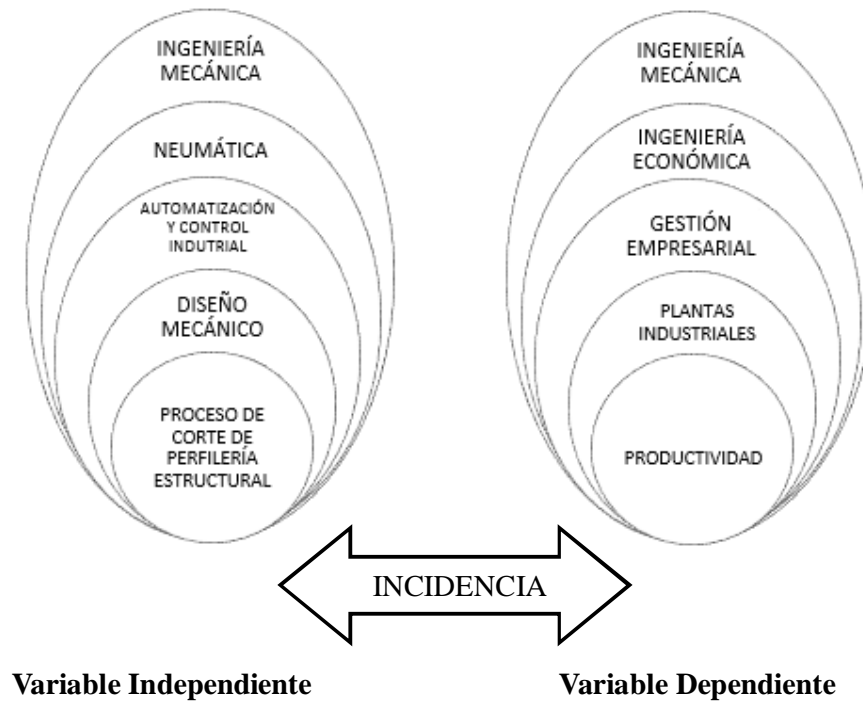
La presente investigación se ubica en el paradigma crítico propositivo, ya que esta abarca un tema de gran trascendencia en la industria carrocera ecuatoriana como es el corte de perfilería de aceros estructurales, y el propósito es aportar una mejora a procesos actuales y que su incidencia se vea reflejado en un autobús terminado con mayor calidad, menor tiempo de construcción, y con mayor comodidad de trabajo para el operador.

#### **2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL**

El presente proyecto de investigación estará fundamentado en las normas que están involucradas en el proceso:

- ✓ INEN 009. (Código de Dibujo Técnico –Mecánico). Especificación de realización de planos de diseño mecánico.
- ✓ ASTM (American Society For Testing And Materials). Denominación de aceros estructurales más usados en construcción.

## 2.4. RED DE CATEGORÍAS FUNDAMENTALES



**Figura 2.1.** Red de categorías fundamentales

**Fuente:** Alejandro Morales

### 2.4.1. ACEROS ESTRUCTURALES USADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARROCERÍAS

Los materiales de acero usados en la carrocería de un autobús, son seleccionados teniendo en cuenta factores tales como prestaciones, duración proceso de fabricación, disponibilidad de material, fiabilidad, costos, etc.

El uso de este material en el proceso de constructivo de la carrocería de un autobús se utiliza desde el montaje de los anclajes sujetos al chasis para

proseguir en el ensamblaje estructural de plataforma, laterales, techo, frente y posterior.

El comportamiento del material en usos de procesos industriales está dado por sus propiedades físicas y químicas entre las cuales tenemos:

**Maleabilidad:** Cualidad de un metal de reducirse en láminas finas, dobladas o deformadas por choque o presión en caliente o en frío.

**Tenacidad:** Resistencia a la rotura que oponen los materiales a los esfuerzos cuya aplicación es progresiva.

**Dureza:** Resistencia que opone un cuerpo al dejarse penetrar por otro bajo la acción de una fuerza.

**Resistencia:** Resistencia que oponen los materiales a la aplicación de esfuerzos bruscos y a los choques. Es lo contrario a la fragilidad.

**Elasticidad:** Propiedad que tienen los materiales de deformarse por acción de una fuerza y de recobrar su forma inicial cuando deja de obrar dicha fuerza.

**Alargamiento:** Es la deformación permanente que se produce en un metal cuando el esfuerzo aplicado sobre el sobrepasa la carga de su límite elástico. Se expresa en porcentaje.

**Ductilidad:** Es la propiedad del material de poder ser trabajado sin que se produzcan cambios en su estructura, o grietas.

**Fusibilidad:** Propiedad que caracteriza a ciertos materiales de pasar con mayor o menor rapidez del estado sólido al líquido por efecto del calor.

**Conductividad:** Propiedad de los cuerpos que consiste en transmitir con mayor o menor facilidad el calor o la corriente eléctrica.

#### **2.4.1.1. ACERO ASTM A36**

Es un material usado para la construcción de estructuras de gran resistencia, producido a partir de materiales muy abundantes en la naturaleza. Entre sus ventajas está la gran resistencia a tensión y compresión y el costo razonable.

El acero laminado en caliente, fabricado con fines estructurales, se denomina como acero estructural al carbono, con límite de fluencia de 36000 psi.

#### **APLICACIONES DEL ACERO A36.**

Las aplicaciones comunes del acero estructural A36 es en la construcción, y es moldeado en perfiles y láminas, usadas en edificios e instalaciones industriales; cables para puentes colgantes, atirantados y concreto reforzado; varillas y mallas electrosoldada para el concreto reforzado; láminas plegadas usadas para techos y pisos.

#### **REQUERIMIENTOS DE TENSIÓN.**

El acero A36 tiene como esfuerzo de fluencia mínimo de 36 ksi. Además, es el único acero que puede obtenerse en espesores mayores a 8 pulgadas, aunque estas placas como excepción, solo están disponibles con esfuerzo de fluencia mínimo inferior especificado de 32 ksi.

El esfuerzo último de tensión de este acero varía de 58 ksi a 80 ksi; para cálculos de diseño se utiliza el valor mínimo especificado.

**Tabla 2.1.** Requerimientos de tensión del Acero A36

Requerimientos a tensión*		
Laminas, Vigas* y barras	Ksi (Mpa)	*ver orientación del espécimen bajo la prueba a tensión según especificación A6. para la gama formas de brida sobre 426lb/ft (634kg / m), el 80 ksi (550Mpa) resistencia a la tensión máxima no se aplica un a elongación mínimo en 2 pulg.. (50mm) de 19% se aplica.
Esfuerzo último	50-80 (400-550)	*** Punto de fluencia 32 Ksi (220 MPa) para las placas de más de 8 pulgadas (200 mm..) de espesor. Alargamiento de que no es obligatorio determinarle para placa de piso. Las placas de más de 24 en (600 mm..) el requisito de elongación se reduce dos puntos porcentuales. Ver los ajustes de elongación en la sección de ensayo de tracción de la especificación A6
Esfuerzo de fluencia	36 (250)****	
Laminas y Barras, **, ***		
Elongación en 8in. (200mm), min, %	20	
Elongación en 2in. (50mm), min, %	23	
Vigas:		
Elongación en 8in. (200mm), min, %	20	
Elongación en 2in. (50mm), min, %	21	

*Fuente:* <http://www.ACERO A500/carbonoestructuralASTMA36.html>

### COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACERO A36

Tiene un contenido máximo de carbono que varía entre 0.25% y 0.29%, dependiendo del espesor. Según la norma de la ASTM A36, la composición química debe ser la siguiente según su forma:

**Tabla 2.2.**Composición del Acero A36

PRODUCTO	VIGAS*	PLACAS**					BARRAS			
ESPESOR, IN, (MM)	TODAS	De A 3/4	De 3/4 a 1 1/2	De 1 1/2 a 2 1/2	De 2 1/2 a 4	Sobre 4 in	A 3/4	De 3/4 a 1 1/2	De 1 1/2 a 4	Sobre 4 in
		Hasta 20mm	20mm a 40mm	De 40mm a 65mm	De 65mm a 100mm	Sobre 100mm	Hasta 20mm	20mm a 40mm	De 40mm a 100mm	Sobre 100mm
CARBON, Max%	0.26	0.25	0.25	0.26	0.27	0.29	0.26	0.27	0.28	0.29
MANGANESIO %	...	...	...	0.80-1.20	0.80-1.20	0.85-1.20	...	0.60-0.90	0.60-0.90	0.60-0.90
FOSFORO, MAX%	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
SULFURO, Max %	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
SILICIO, %	0.40 Max	0.40 Max	0.40 Max	0.15-0.40	0.15-0.40	0.15-0.40	0.40 Max	0.40 Max	0.40 Max	0.40 Max
COBRE, Min% cuando el cobre es especificado en el acero	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

\*El contenido de manganeso de 0.85 a 1.35%, y el contenido de silicio de 0.15 a 0.40% es requerido en vigas por encima de 426lb/ft o 634kg/m. \*\* por cada reducción de 0,01% por debajo del máximo de carbono especificado, un aumento del 0,06% de manganeso por encima del máximo especificado se permitirá hasta un máximo de 1,35%

*Fuente:*<http://www.ACERO A500/carbonoestructuralASTMA36.html>

#### 2.4.1.2. ACERO ASTM A500

La ASTM A500 es una especificación estándar publicada por American Society for Testing and Materials (ASTM). Esta es una Especificación normalizada de acero para Tubos Estructurales de Acero al Carbono Conformados en Frío, Electro soldados y sin Costura, de forma Circular y no Circular. Lo cual considera tanto las formas: cuadrada, rectangular, u otra forma especial, utilizadas para construcción mediante la unión de los elementos en forma electro soldada, remachada o atornillada de puentes y edificaciones, y para usos generales en estructuras.

El tipo de acero que abarca esta especificación normalizada se identifica en cuatro grados A, B, C, y D el cual el grado D requiere tratamiento por temperatura. Sus características físicas y químicas se pueden apreciar en la tabla siguiente:

**Tabla 2.3.** Composición Química y Física de acero A500

Grado	Composición (% by weight in heat)					Requerimientos mínimos de esfuerzos			
	C	Mn	P	S	Cu	tensión	Limite elástico	Esfuerzo de fluencia	Elongación
	max %	max %	max %	max %	min %	MPa (ksi)	MPa (ksi)	MPa (ksi)	%
A	0.26	1.35	0.035	0.035	0.20	310 (45)	230 (33)	270 (39)	25
B	0.26	1.35	0.035	0.035	0.20	400 (58)	290 (42)	315 (46)	23
C	0.23	1.35	0.035	0.035	0.20	425 (62)	315 (46)	345 (50)	21
D	0.26	1.35	0.035	0.035	0.20	400 (58)	250 (36)	250 (36)	23

*Fuente:* <http://www.ACERO A500/carbonoestructuralASTMA36.html>

#### **2.4.1.3. ACERO ASTM A572**

La ASTM A572 es una especificación estándar publicada por American Society Testing and Materials (ASTM). Esta es una Especificación Normalizada para Acero Estructural de Alta Resistencia de Baja Aleación de Columbio-Vanadio. Este acero es utilizado en aplicaciones, tales como construcción electrosoldada de estructuras en general o puentes, donde la tenacidad en las entalladuras es importante, los requisitos asociados con esta propiedad debido a la variedad de grados que contempla este tipo de acero deben ser especificados según los requerimientos de diseño. Es empleado en la construcción de estructuras metálicas, entresijos, puentes, torres de energía, torres para comunicación, herrajes eléctricos, señalización y edificaciones remachadas, atornilladas o soldadas.

#### **COMPOSICIÓN QUÍMICA**

Con la adición de Microaleantes (Niobio o Vanadio) se han desarrollado estos aceros de alta resistencia, haciéndolos más seguros en su comportamiento mecánico y lográndose una reducción en el consumo específico desde el punto de vista estructural.

El tipo de acero que abarca esta especificación normalizada se considera cinco grados de acero estructural de alta resistencia y de baja aleación en perfiles, placas, y barras. Los Grados 42 [290], 50 [345], y 55 [380] están previstos para estructuras remachadas, atornilladas o electrosoldadas. Los Grados 60 [415] y 65 [450] están previstos para construcción remachada o atornillada de puentes, o para construcción remachada, atornillada o electrosoldada en otras Sus características físicas y químicas se pueden apreciar en la tabla siguiente:

**Tabla 2.4.** Composición Química y Física de acero A572

GRADO	CARBONO Máx.%	MANGANESO Máx.%	FÓSFORO Máx.%	AZUFRE Máx.%	SILICIO Máx.%
42	0,21	1,35	0,04	0,05	0,4
50	0,23	1,35	0,04	0,05	0,4
60	0,26	1,35	0,04	0,05	0,4
65	0,26	1,35	0,04	0,05	0,4

	ELEMENTO	CONTENIDO
TIPO 1	Columbio (Niobio)	0,005-0,05
TIPO 2	Vanadio	0,01 – 0,15
TIPO 3	Niobio (0,05% máx.) más Vanadio	0,02 – 0,15

*Fuente:* <http://www.ACERO A500/carbonoestructuralASTMA36.html>

**Tabla 2.5.** Propiedades Mecánicas del Acero A572

Características Mecánicas					
GRADO	LIMITE DE FLUENCIA MÍNIMO		RESISTENCIA A LA TRACCIÓN MÍNIMA		ELONGACIÓN MÍNIMO % En 200 mm (8 pulgadas)
	Mpa	psi	Mpa	psi	
42	290	42000	415	60000	20
50	345	50000	450	65000	18*
60	415	60000	520	75000	16
65	450	65000	550	80000	15

ESPESOR	% ELONGACIÓN MÍNIMA EN 200 mm (8 pulgadas)			
(pulgadas)	Grado 42	Grado 50	Grado 60	Grado 65
1/2, 3/8	20,0	18,0	16,0	15,0
5/6	19,5	17,5	15,5	14,5
1/4	17,5	15,5	13,5	12,5
3/16	15,0	13,0	11,0	10,0
1/8	12,5	10,5	8,5	7,5

*Fuente:* <http://www.ACERO A500/carbonoestructuralASTMA36.html>



## 2.4.2. CORTE DE PERFILERÍA DE ACERO ESTRUCTURAL

El proceso de corte de perfilería estructural con discos giratorios de corte se lo realiza en dos tipos de maquinaria industrial como son las amoladoras y las tronzadoras.

### 2.4.2.1. AMOLADORAS

Son máquinas-herramientas que giran por medio de un disco que trabaja a elevadas rpm, consta de un motor universal, mecanismo de transmisión, mango, una carcasa, y un disco de desbaste o corte. Tienen la función de desgastar el material para afinar superficies o a su vez para realizar cortes.

Entre las ventajas que se tiene es que son portátiles para acceder a lugares difíciles de acceder, su uso más común es para desbaste de material, mas no para corte por la inestabilidad que genera y por ende el peligro que le representa al operador.



**Figura 2.2.Amoladora**

*Fuente:*<http://www.herramientaprofesional.com/articulo/194/amoladora-angular-makita-9079sf.html>.

### 2.4.2.2. TRONZADORAS

Son máquinas que trabajan con el mismo principio de las amoladoras, sus partes constitutivas son similares con la diferencia que son estáticas, no se las puede movilizar y su uso es exclusivo para corte de perfiles ,cuentan con banco de ajuste y el corte se lo realiza en un solo lugar.

Entre las ventajas se tiene que el corte se lo realiza de una manera más rápida que su similar, ya que el material de corte está fijado, y el torque aplicado que se ejerce es mayor siendo adecuada para cortes de perfiles en serie de la misma configuración.

Cabe recalcar que tiene limitaciones de giro, complicándose el corte a diferentes ángulos.



**Figura 2.3. Tronzadora de Acero**

*Fuente: <http://www.bricolandia.es/dewalt-d28700-tronzadora-hierro./html>*

#### **2.4.2.3. DISCOS DE CORTE**

Los discos de corte son herramientas abrasivas y dentados utilizadas para el corte de diversos tipos de materiales, metálicos y no metálicos, como acero, hierro fundido, bronce, latón, titanio, tungsteno, cerámica o vidrio, en forma de barras, tubos, placas, chapas y perfiles, además de ser aplicados para la apertura de canales.

Comparados con las sierras de acero, el corte con discos abrasivos es más ventajoso cuando se trata de materiales duros y tenaces, pueden ser utilizados en máquinas portátiles o estacionarias y son fabricados con telas de refuerzo en fibra de vidrio.

Proporcionan rapidez en la operación y deben siempre ser utilizados en ángulo de 90° con relación a la pieza de trabajo.

## Tipo del material a cortar

Se debe tomar en cuenta parámetros de selección de disco a cortar según el tipo de material a cortar como son:

En caso de materiales de alta resistencia a la tracción, aceros y sus ligas, el disco a usar debe ser de óxido de aluminio marrón.

Si se trata de materiales de baja resistencia a la tracción como hierro fundido gris y material no ferrosos y no metálicos, por ejemplo mármol– se debe usar un disco en carburo de silicio.

**Tabla 2.6.**Guía para selección de discos

GUÍA DE SELECCIÓN DE DISCOS			
Material	Operación	Tipo de grano	Características
Aceros, hierro fundido y materiales de alta resistencia a la tracción	Corte	Carburo de silicio Óxido de aluminio	Tienen alta resistencia al desgaste y al impacto.
	Desbaste	Óxido de aluminio	
	Doble aplicación	Óxido zirconado Carburo de silicio Óxido de aluminio	
Aluminio, cobre y sus aleaciones	Desbaste	Óxido zirconado	Presentan alta resistencia y capacidad de remoción, supera en 1 o 2 veces a los óxidos de aluminio.
Acero inoxidable	Corte	Óxido de aluminio	Alta resistencia al desgaste y al impacto y alta remoción de material.
	Desbaste		
	Doble aplicación	Óxido zirconado	
No ferrosos Refractarios	Corte	Carburo de silicio	Alta acción de corte y remoción.

*Fuente: <http://www.metal actual.com>*

## Sección de corte y terminación deseada

Dependiendo del tamaño del área a cortar y el acabado que se requiera se debe escoger un disco u otro.

Cuando un disco está en contacto con una determinada pieza sólo una parte del arco hace el corte. A mayor diámetro de disco y mayor área de superficie a cortar, es más grande el arco de contacto. A su vez, el tamaño del arco de contacto determina el largo de la viruta producida.

Las virutas grandes obstruyen el camino del disco y reducen la acción de corte, además causan desprendimiento prematuro del material abrasivo, acelerando el

desgaste de la herramienta. A fin de minimizar dichos efectos, es conveniente utilizar discos de durezas altas en piezas delgadas y durezas más blandas en piezas gruesas donde el área de corte sea mayor.

Igualmente, la elección adecuada del disco debe hacer se también según la terminación o el acabado que se requiera. La terminación está relacionada con el nivel de rebabas generadas en la pieza por efecto del corte. En general, cuanto más fino sea el grano del disco, menos rebaba se produce, principalmente porque se remueve menor cantidad de material, consecuentemente, genera menos calor mejorando la calidad de los acabados.

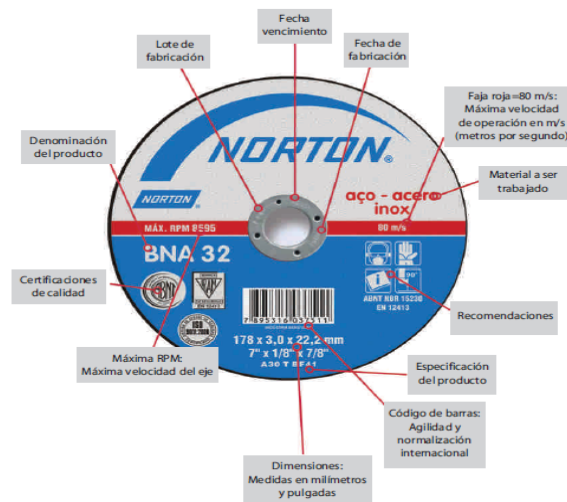
### **2.4.3. POTENCIA DE LA MÁQUINA CORTADORA**

Las máquinas cortadoras según su diseño y construcción alcanzan una potencia máxima específica, la cual es muy importante tener en cuenta, ya que a mayor potencia mayor podrá ser la presión ejercida del disco sobre la pieza, por lo cual son excelentes los discos de mayor dureza y resistencia para lograr resultados rápidos y eficientes.

Comúnmente las cortadoras empleadas en los diferentes procesos metalmecánicos tienen suficiente potencia para lograr velocidades hasta a las 6.000 revoluciones por minuto, sin embargo, para mejorar el resultado de la operación y minimizar los riesgos, es necesario identificar en el rótulo de los discos cuál es la máxima rotación recomendable por el fabricante, rpm máximas, y nunca utilizar en máquinas de gran potencia. La correlación entre la potencia de la máquina y la velocidad máxima del disco debe ser lo más similar posible, cuando esta velocidad supera los límites se corre el riesgo de quiebra del disco.

Para optimizar el proceso y mejorarla eficiencia, es recomendable utilizar discos que soporten grandes esfuerzos mecánicos, es decir, que sus propiedades físicas y químicas resistan altas velocidades.

Los fabricantes de estas herramientas incluyen las especificaciones del disco a un costado del mismo y/o en sus empaques, tales como: dimensiones, rpm máximas, usos, certificaciones de calidad y recomendaciones de seguridad industrial.



**Figura 2.4 Especificaciones de un disco de corte**

*Fuente:* <http://www.manual de discos/ NORTON./html>

#### 2.4.4. VELOCIDAD DE CORTE Y AVANCE

Es importante aclarar que velocidad de corte y velocidad de avance son dos conceptos diferentes, la primera hace referencia a la rotación de la hoja, y la segunda, al descenso del cabezal de la cortadora. Sin embargo, ambas, corte y avance, deben controlarse para optimizar el proceso de mecanizado, ya que no ser así, se incurre en procesos defectuosos que repercuten directamente en el corte. Si la rotación de la hoja es demasiado elevada respecto al descenso de la cabeza de la cortadora se produce un efecto de pulido y no un corte, esto además desgasta la hoja, si por el contrario la velocidad de descenso es demasiado elevada respecto a la rotación de la hoja no se da el tiempo necesario para la evacuación de la viruta, aspecto que ocasionará el rompimiento.

**Tabla 2.7.** Velocidades de corte y avance para discos de acero rápido

Velocidades de corte y avance para discos de acero rápido		
Materiales	(V)	(Az)
	Velocidad de Corte (m/min)	Avance/Diente (mm)
C10, C15, St34, aceros hasta 500 N/mm <sup>2</sup>	30 / 50	0,03 / 0,06
C20, C40, 15Cr3, 16MnCr5, aceros hasta 800 N/mm <sup>2</sup>	20 / 40	0,03 / 0,04
38NCD4, 50CrV4, 14NiCr14, aceros hasta 1.200 N/mm <sup>2</sup>	15 / 25	0,02 / 0,03
Acero inoxidable	10 / 30	0,01 / 0,03
Fundición	30 / 50	0,04 / 0,05
Aluminio (sección maciza) y aleaciones	600 / 900	0,04 / 0,09
Aluminio (perfil) y aleaciones	800 / 1.200	0,03 / 0,07
Bronce y Cobre	200 / 300	0,04 / 0,06
Latón	400 / 600	0,04 / 0,08
Materiales sintéticos	60 / 150	0,04 / 0,08

*Fuente:* <http://www.manual de discos/ 3M.com>

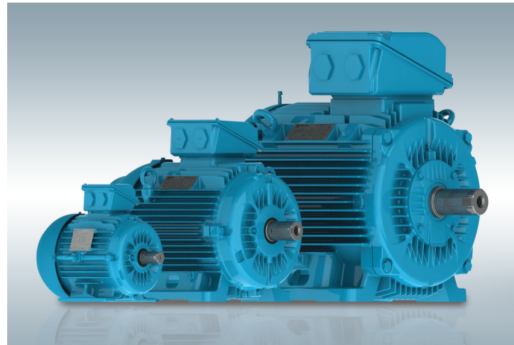
#### 2.4.5. MOTORES ELÉCTRICOS

Son máquinas electrodinámicas que transforman la energía eléctrica en energía mecánica rotatoria al generar un número de revoluciones constante sobre un eje al cual, se le puede acoplar elementos de transmisión mecánica para generar un trabajo específico en determinada máquina.

El principio de funcionamiento del motor se basa en la creación de una corriente inducida en un conductor cuando éste corta las líneas de fuerza de un campo magnético, La acción combinada de la corriente en el inducido y el campo magnético crea una fuerza motriz en el rotor del motor.

Existen diferentes tipos de motores eléctricos y uso viene dado según la necesidad y la adaptación al trabajo requerido, de ahí tenemos los más importantes:

- ✓ De corriente continua
- ✓ Motores universales
- ✓ Motores de corriente alterna
- ✓ Con rotor con imanes permanentes
- ✓ Con rotor bobinado



**Figura 2.5 Motores eléctricos de varia potencia**

*Fuente: <http://www.manual de motores WEG/.com>*

#### **2.4.6. SISTEMAS DE TRANSPORTE**

Son máquinas destinadas para circulación de productos que permiten la optimización de procesos dentro del campo industrial, comercial, entre otros.

Su desarrollo ha sido importante ya que se disminuye los tiempos de transportación que en la antigüedad lo realizaban el hombre, esto permite tener un estándar en tiempo de transporte dentro de una línea de circulación de un determinado producto y poder controlar de mejor manera un determinado proceso, además de disminuir un riesgo laboral de un operador.

Existen diferentes tipos de bandas según su configuración de las cuales se tiene las importantes:

- ✓ Transporte horizontal
- ✓ Transporte curvo

- ✓ Transporte inclinado
- ✓ Transporte combinado

Dentro de estas existen una amplia gama en tamaños para diversas funciones de manipulación de productos de todos los tipos y dentro de ambientes extremos, las cuales pueden funcionar dentro de sistemas de control automático o manual.

Sus diseños existentes se han desarrollado según la necesidad, de ahí se tiene que existen de cinta o de rodillos. Según el tipo de carga a trabajar.

Generalmente está compuesta de motoreductor, transmisión por bandas, cadenas o engranajes, rodillos motriz y conducido, cinta o rodillos de auxiliares, la estructura de soporte, así también el sistema de control de operación.



**Figura 2.6. Bandas de transporte**

*Fuente: <http://www.catalogo de transportadores Mastepack /.com>*

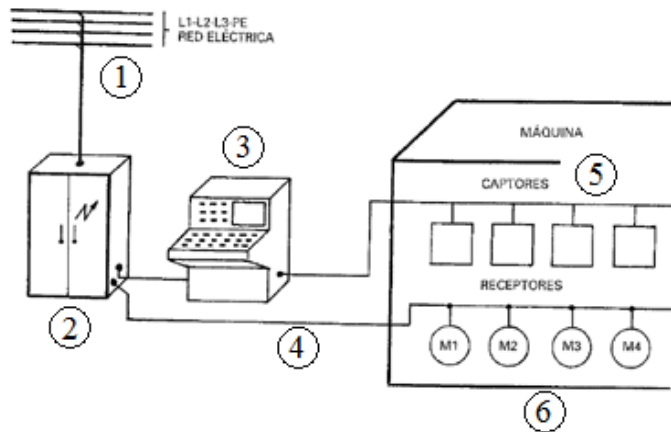
#### **2.4.7. AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL INDUSTRIAL**

Dentro de la amplia gama de los circuitos eléctricos ha resultado de gran importancia el control para manejar el funcionamiento y la protección de una máquina pequeña, hasta el sistema automático más complejo.

Los sistemas de control eléctrico industrial se manejan en los campos electrónico, digital, neumático, hidráulico, entre otros.



Un sistema de control debe contar con las siguientes partes principales explicadas en la figura 2.7.



**Figura 2.7. Elementos principales de un elemento automatizador**

*Fuente: Manual de automatismos y cuadros eléctricos parainfo.pdf*

En donde tenemos:

- 1.- Red eléctrica
- 2.- Tablero de control (Circuito de control, Plc)
- 3.- Panel de mando y control (Botoneras, pantallas)
- 4.- Cableado
- 5.- Captadores o Sensores (Sensores fotoeléctricos, fines de carrera, Encoders)
- 6.- Receptores o Accionadores (Motores, Electroválvulas, lámparas, contactores)

### **Contactador.**

Está definido como un interruptor accionado por un electroimán que permite diversas formas de maniobra eléctrica, que consta de tres partes principales como son:

- ✓ Contactos Principales: (Energizan al circuito de potencia)
- ✓ Contactos Auxiliares: (Forman parte del circuito de control)

- ✓ Electroimán (Elemento electromagnético que activa los contactos)



**Figura 2.8. Contactor trifásico**

*Fuente: TELEMECANIC. Manual electromecánico.*

### **Finales de carrera**

Conocidos también como interruptores de límite los cuales son elementos de control que convierten un movimiento mecánico en una señal de control eléctrica, su principal función es limitar, parar, o invertir el movimiento de una máquina.

Existen en diferentes formas y dimensiones según donde realice el trabajo, generalmente vienen con contactos normalmente abiertos (NA) y normalmente cerrados (NC).

En su forma física se componen de partes como: caja plástica con recubierta metálica con adecuado grado de protección, los contactos y el tope o fin de recorrido.



**Figura 2.9. Finales de carrera Camco**

*Fuente: Alejandro Morales*

## Encoder

Los Encoder tienen un gran uso en la industria, por la gran variedad de aplicaciones que su uso abarca ya que pueden determinar una medida de velocidad, longitud o de posición.

Es un sensor transductivo rotativo, que mediante una señal eléctrica (un pulso o una señal senoidal) nos indica un ángulo girado, al conectarlo a un elemento giratorio mediante un cálculo nos permitiría medir distancias lineales.

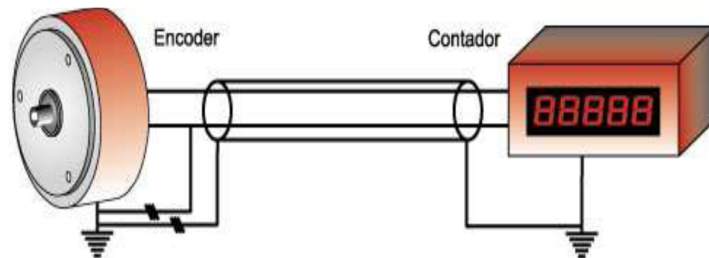
La señal de salida se transmite en una vía de conducción en el que transmite pulsos por cada ángulo girado y el número de pulsos por revolución viene dado según la precisión del requerimiento de este.

Los Encoder se pueden clasificar, según su función, en:

Unidireccionales (un solo canal de salida A), utilizados siempre que no sea necesario detectar la dirección de rotación, tal como sumar o restar en contadores o tacómetros.

Bidireccionales (con dos canales de salida A y B), que permiten detectar el sentido de rotación del eje, el canal B está desfasado 90° eléctricos respecto al canal A.

Generalmente su conexión se complementa con Contadores Electrónicos o Plc que tienen inmersos esta función interiormente, y su uso es exclusivo en procesos de automatización.



**Figura 2.10. Interacción de Encoder con contadores**

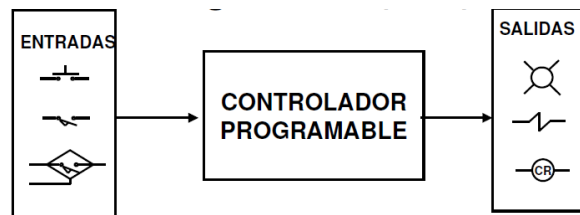
*Fuente: Catalogo de Encoders HKY.pdf*

## Plc (Controlador Lógico Programable)

Un Plc es un equipo de control que monitorea equipos que están conectados a las entradas, basado en un programa que está almacenado en una memoria y que este ha sido realizado por un usuario y que controla los equipos que están conectados a las salidas.

Son equipos de gran uso en el campo de la automatización industrial, ya que estos en la actualidad permiten la optimización de procesos así como de espacios de tableros de control.

Vienen en diferentes tamaños y con números de entradas y salidas según requerimientos, pueden tener módulos de expansión y pueden interactuar con otros equipos de monitoreo como sistemas Scada.



**Figura 2.11. Controlador programable**

*Fuente:* <http://www.principios de automatización/rockwell automation/.com>

Entre los equipos de entrada que monitorea el Plc tenemos:

- ✓ Arrancadores
- ✓ sensores
- ✓ Interruptores de límite
- ✓ Interruptores de nivel
- ✓ Selectores
- ✓ Botoneras

Entre los equipos de salida que controla el Plc tenemos:

- ✓ Solenoides
- ✓ Alarmas
- ✓ Luces
- ✓ Ventiladores
- ✓ Bocinas

#### **2.4.8. ADMINISTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN**

La administración de la producción o de operaciones es la administración de los recursos productivos de la empresa u organización. Esta área se encarga de la planificación, organización, dirección, control y mejora de los sistemas que producen bienes y servicios. La administración de las operaciones es un área de estudio de la Administración de Empresas.

#### **INNOVACIÓN**

Innovación el proceso de la innovación que cubre desde la generación de ideas, pasando por la prueba de viabilidad hasta la comercialización del producto o servicio. El objetivo principal es mejorar un producto, servicio o proceso. La innovación puede darse en muchos campos: tecnológico, económico, social.

#### **PRODUCTIVIDAD**

Productividad es la relación entre la producción obtenida de una actividad productiva y los recursos utilizados para obtener dicha producción. Por eso podemos definirla como la eficacia, de todos los factores de la producción, para obtener la mayor cantidad de producto de esos insumos, en las cantidades planificadas, con la calidad debida, en el menor tiempo posible.

El instrumento fundamental que genera mayor productividad es la utilización de métodos, el estudio de tiempos, junto con un sistema de pagos de salarios.

## **Importancia de la Productividad**

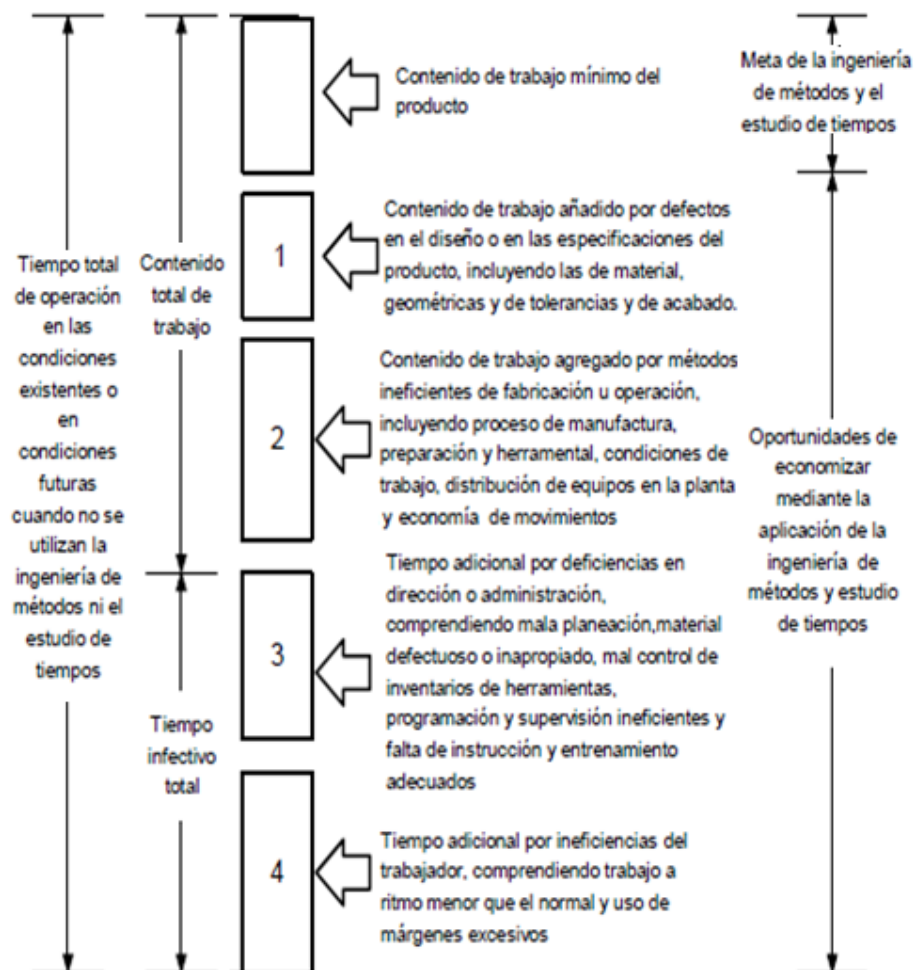
Uno de los métodos para que una empresa sea más rentable es aumentar la productividad, ya que estamos aumentando la producción por jornada laborada. El instrumento que genera una mayor productividad es la utilización de métodos, estudio de tiempos y un sistema de pagos de salarios.

El proceso de producción dentro de una empresa es el más importante, delicado y sensible, por lo cual aquí se determina el impacto en el mercado que se tiene al realizar un producto y la competitividad que este tendría, entonces se analiza todas las herramientas y recursos necesarias para alcanzar metas deseadas .

### **2.4.9. METODOS Y TIEMPOS**

Comprende las actividades como diseño, formulación, herramientas, procesos diversos y especialidades necesarias para manufacturar un producto después de haber realizado, estudios, cálculos, diseños, planos en la sección de ingeniería de trabajo. El método seleccionado debe tener entonces las mejores técnicas y habilidades disponibles, a fin de lograr una buena interrelación hombre- máquina.

Estas medidas incluyen también la definición del problema en relación con el costo esperado, la repartición del trabajo en diversas operaciones, el análisis de todas estas para determinar los procedimientos de fabricación más económicos según la producción considerada, la utilización de tiempos apropiados y las acciones necesarias para asegurar que el método prescrito sea puesto en operación de la manera planificada



**Figura 2.12. Oportunidades de relación de economía mediante la aplicación de la ingeniería de métodos estudio de tiempos.**

*Fuente: Apuntes sobre métodos y tiempos de la Universidad de Talca.pdf*

### Estudio de Tiempos

Es la técnica que establece un estándar de tiempo permisible para realizar una tarea determinada, con base de mediciones de tiempo de trabajo con método prescrito, con las consideraciones de fatiga, las demoras personales y los retrasos inevitables.

El análisis de estudio de tiempos tiene varias técnicas que se usan para establecer un estándar como:

- ✓ Estudio cronométrico de tiempos

- ✓ Datos estándares
- ✓ Datos de movimientos fundamentales
- ✓ Muestreo del trabajo
- ✓ Estimaciones basadas en datos históricos

Los objetivos principales de estas actividades es aumentar la productividad y reducir el costo de producto por unidad, permitiendo de esta manera que se aumente la producción de bienes para un número mayor de personas. La capacidad para producir más con menos horas dará como resultado más trabajo para más personas durante un mayor número de horas por año.

Al realizar el estudio de tiempos se logra:

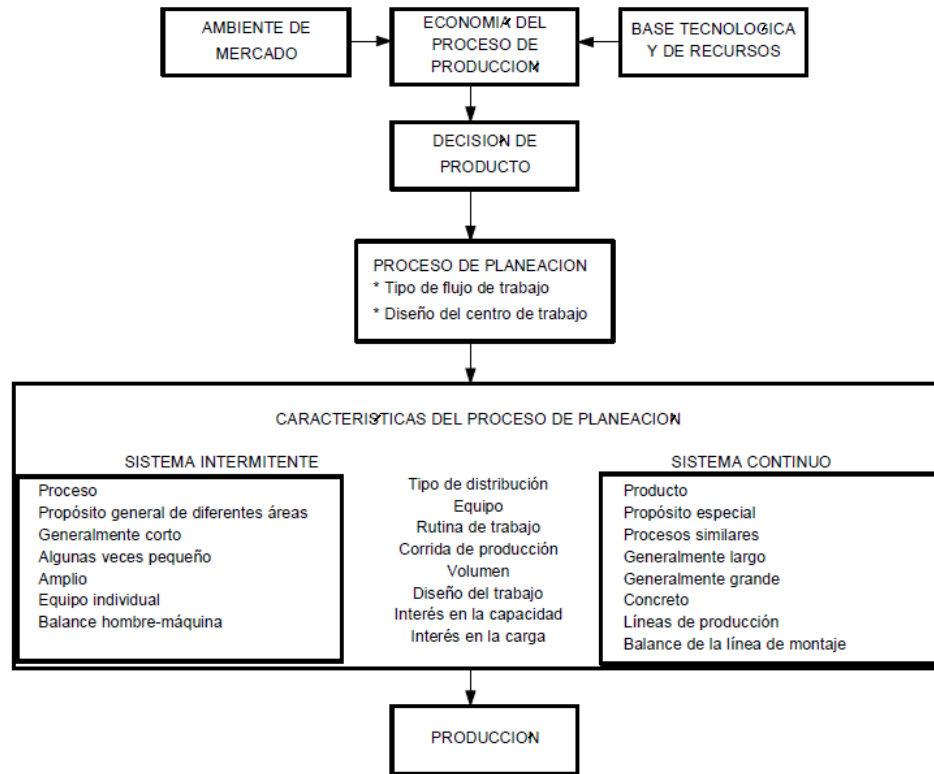
- ✓ Minimizar el tiempo requerido para la ejecución de trabajos.
- ✓ Conservar los recursos y minimizar costos especificando los materiales directos e indirectos más apropiados para la producción de bienes y servicios.
- ✓ Efectuar la producción sin perder de vista la disponibilidad de energía.
- ✓ Proporcionar un producto que es cada vez más confiable y de alta calidad.
- ✓ Maximizar la seguridad, la salud y el bienestar de todos los trabajadores.
- ✓ Realizar la producción considerando cada vez más la protección necesaria de las condiciones ambientales.
- ✓ Aplicar un programa de administración según un alto nivel humano.

### **Planeación y análisis de Procesos**

Consiste en el diseño e implantación de un sistema de trabajo para generar los productos deseados en las cantidades requeridas, en los tiempos previstos y con costos aceptables. Esta transformación de recursos en bienes y servicios es el corazón tecnológico de una operación de producción.



Los procesos de transformación van desde montaje mecánico, eléctrico, químico, si se habla en producción de bienes y hasta procesos médicos, información y educación en servicios.



**Figura 2.13. Consideraciones sobre el proceso de planeación en sistemas continuos e intermitentes**

*Fuente: Apuntes sobre métodos y tiempos de la Universidad de Talca. pdf*

## 2.5. HIPÓTESIS

El estudio de procesos automatizados de corte en perfilería estructural mejorará la productividad en la empresa “PICO SÁNCHEZ CÍA LTDA”.

## 2.5.1. UNIDADES DE OBSERVACIÓN DE ANÁLISIS

**Tabla 2.8. Unidades de observación de análisis**

Empresas carroceras autorizadas por la Agencia Nacional de Transito.	36
Estudio de procesos automatizados de corte en perfilería estructural.	0
Tipos de productos a elaborar (tipo de servicio de transporte).	4
Proveedores de materia prima	7
TOTAL	47

*Fuente: Alejandro Morales*

## 2.5.2. VARIABLES

### 2.5.2.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Estudio de procesos automatizados de corte en perfilería estructural

### 2.5.2.2 VARIABLE DEPENDIENTE

La productividad

## 2.5.3. TÉRMINO DE RELACIÓN

Mejorará

## **CAPÍTULO III**

### **3. METODOLOGÍA**

#### **3.1. ENFOQUE**

En la presente investigación se presenta un enfoque cuantitativo ya que se evaluaron los tiempos de corte de perfilería de acero estructural con su incidencia en la productividad de la empresa” Pico Sánchez Cía. Ltda.”.

De la misma manera se presenta un enfoque cualitativo ya que se analizó la calidad del corte de los perfiles de acero estructural para procesos de soldadura, y el sistema de funcionamiento de la tecnología actual de corte.

#### **3.2. MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN**

El proyecto de investigación se realizó según las siguientes modalidades:

##### **3.2.1. DE CAMPO**

Ya que la obtención de datos del proceso de corte de los tipos de perfil de acero estructural usados para el ensamble de la carrocería metálica fueron tomados en la planta de producción de la empresa “Pico Sánchez Cía. Ltda.” para ser analizados.

##### **3.2.2. BIBLIOGRÁFICA**

La investigación se sustentó básicamente en la recolección de información acerca del tema propuesto en lo que son textos, catálogos, revistas, internet con la finalidad de tener los instrumentos apropiados para la correcta elaboración de la investigación.

### **3.2.3. EXPERIMENTAL**

Mediante esta investigación se pudo manipular las tecnologías de corte actuales y observar los efectos que ésta produce sobre la producción de carrocerías metálicas.

### **3.3. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN**

La presente investigación se basará en los siguientes tipos:

#### **3.3.1. EXPLORATORIA**

Se exploró el problema a fin de desarrollar una base de investigación acerca de la tecnología de corte de perfilería estructural y la productividad que esta genera para encontrar opciones de solución al problema planteado.

#### **3.3.2. CORRELACIÓN**

Se lo realizó ya que las dos variables están relacionadas entre sí, debido a que, el proceso de corte de perfilería estructural incide directamente en la productividad, llegando así a una solución al problema planteado.

#### **3.3.3. EXPLICATIVA**

Además de documentar todo el desarrollo del proyecto, se explica de manera detallada el porqué de cada situación, así como su relación, a fin de conocer la estructura y los aspectos dinámicos que intervienen en la misma.

### **3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **3.4.1. POBLACIÓN O UNIVERSO (N)**

En la presente investigación se determinó realizar una entrevista a la Sra. Mba. Fanny Barrionuevo gerente general de la empresa “PICO SÁNCHEZ CÍA. LTDA”, que es la principal beneficiada con el proyecto investigativo.

Cabe recalcar que el tipo de servicio de transporte es interprovincial y urbano teniendo diferentes tiempos de producción para cada tipo de construcción.

Se ha considerado entonces población a la cantidad actual de cortes semanalmente, se ha visto conveniente realizar un estudio por cada tipo de servicio para determinar los tiempos de producción de cada tipo de construcción.

### 3.4.2. MUESTRA (n)

Esta se determinó por un muestreo intencional no probalístico, y se ha considerado escoger el lote de producción con una cantidad de 937 perfiles estructurales cortados de una semana de los tipos de construcción a fin de que cada elemento de la muestra escogida tenga la misma importancia al momento de analizar los resultados de la ficha de campo.

De donde tenemos:

**Tabla 2.9.** Total de perfiles cortados para una carrocería de tipo urbano e interprovincial

SERVICIO	PERFILES CORTADOS
INTERPROVINCIAL	524
URBANO	413
TOTAL	937

*Fuente: Alejandro Morales*

Para la determinación de la muestra utilizaremos la siguiente ecuación:

$$n = \frac{N\sigma^2Z^2}{(N-1)E^2 + \sigma^2Z^2} \quad Ec (3.1)$$

Siendo:

n = Muestra

N = Población o Universo(937 Perfiles)

$\sigma^2$ = Varianza poblacional (0.25)

Z= Nivel de confianza deseado 90 % (1.645)

E= Error admisible de muestra (6%)

$$n = \frac{937 * 0.25 * 1.645^2}{(937 - 1)0.06^2 + 0.25 * 1.645^2}$$

n = 157 perfiles cortados

### 3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

#### 3.5.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

Estudio de procesos automatizados de corte en perfilería estructural

CONCEPTO	CATEGORÍAS	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
El estudio de tecnologías automatizadas de corte en perfilería estructural analiza factores importantes para realizar con mayor rapidez y precisión el proceso de corte.	Tipo de Perfilería Estructural	Tubo Cuadrado Tubo Rectangular Perfil Tipo U Tipo L	¿Qué tipo de perfiles son los usados para el proceso de corte?	Entrevista	Cuestionario de entrevista
	Discos Giratorios	Minerales abrasivos Aceros Especiales	¿De qué tipo de material existen los discos giratorios?	Entrevista	Catálogos Manuales
	Rapidez y precisión de corte	Sistema automatizado de Control electromecánico. Sistema automatizado de control electroneumático	¿Qué tipo de sistemas automatizados existen?	Bibliográfica	Manuales Catálogos

*Fuente: Alejandro Morales*

### 3.5.2 VARIABLE DEPENDIENTE

La productividad

CONCEPTO	CATEGORÍAS	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
La productividad carrocera es la relación existente entre los procesos de producción que intervienen para obtener como producto terminado autobuses de transporte para pasajeros con los recursos que se dispone dentro de la industria.	Producción	Interprovincial	¿Cuántos tipos de servicio de transporte se fabrican?	Entrevista	Cuestionario
		Urbano		Encuesta	Cuaderno de notas
	Recursos	Económicos Talento humano Tecnológicos	¿Cuáles son los recursos necesarios para la actividad productividad?	Entrevistas	Marco Teórico

*Fuente: Alejandro Morales*



### **3.6. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

La información que nos permitió realizar la investigación es de manera directa tomada en la planta de producción, ya que pudimos observar y determinar de mejor manera los pasos que intervienen en el proceso de corte y los inconvenientes que genera a la productividad, para esto utilizaremos un cuaderno de notas, cuestionarios, registros de producción de la planta.

Se realizó una entrevista directa a la Gerente de la empresa Sra. Mba. Fanny Barrionuevo sobre el impacto y alcance del proceso que tiene en la construcción de Carrocerías Metálicas, así como entrevistas a operadores y supervisores sobre todos los pasos que tiene el proceso de corte, para lo cual también utilizamos cuestionarios.

La utilización de estas técnicas e instrumentos de recolección de información fue analizado y tabulado de manera que permitió obtener resultados concluyentes de los pasos a seguir para la solución del problema planteado y de esta manera llegar a la comprobación de la hipótesis.

### **3.7. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS**

Según los resultados que reflejaron los instrumentos de recolección de información utilizados, se colocó especial interés en las características más importantes en el proceso de corte de perfilería de acero estructural.

Se realizó tablas de ponderaciones, así como índices de productividad que nos permitieron observar las desventajas de la tecnología de corte usada en la planta de producción.

Este procesamiento de información permitió una comparación de datos sobre la mejora en la productividad que ha tenido el desarrollo del proyecto de investigación.

## CAPÍTULO IV

### 4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

##### 4.1.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA ENTREVISTA REALIZADA A LA GERENTE GENERAL MBA. FANNY BARRIONUEVO.

###### 1. ¿Qué tipo de servicio de transporte se construye dentro de la planta de producción?

En la planta de producción se construye servicio de transporte urbano e interprovincial, con diferentes configuraciones estructurales de acuerdo a las normas de construcción nacional e internacional vigentes.

###### 2. ¿Cuál es la producción mensual de Carrocerías?

La producción de carrocerías depende de la demanda del sector transportista, así como de la importación de la principal materia prima que son los chasis en las diferentes marcas autorizadas.

###### 3. ¿En qué nivel se encuentra la demanda de nuevas carrocerías para el transporte de pasajeros?

La demanda actual de carrocería esta en nivel alto ya que existe planes de renovación vehicular impuestos por entidades reguladoras del gobierno como la ANT (Agencia Nacional de Transito), que han visto la necesidad de mejorar el servicio de transporte en el Ecuador.

###### 4. ¿Cuáles son los tipos de acero usados en la construcción de la estructura metálica de la carrocería?

Los perfiles de acero estructural usados en carrocerías son de tipo A36, A 500 (Gr A, Gr B), que son los disponibles en el mercado nacional de los diferentes proveedores.

**5.¿Ha tenido inconvenientes al ensamblar la estructura con la maquinaria de corte actual?**

La maquinaria existente en el área de corte es de uso general y esto ha producido defectos de corte, quedando las juntas de soldadura con grandes aberturas o teniendo que volver a pulir las juntas por el ángulo de corte inexacto.

**6.¿Ha tenido para de producción considerable en el área de corte de perfilería estructural?**

El tipo de maquinaria existente en la planta demanda un considerable mantenimiento, además de tener una duración corta, eso ha hecho que exista paras frecuentes de la producción.

**4.1.2. ANÁLISIS DE LOS TIEMPOS DEL PROCESO DE CORTE EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CARROCERÍAS PICOSA**

Del estudio realizado en la planta de producción en el área de corte de perfilería estructural se presentan los valores de tiempos de las actividades realizadas de corte de los perfiles estructurales, explicando la manera que se tomó los datos a continuación.

El análisis realizado tenía un alcance hasta el área de corte de perfilería estructural donde se analizaron las actividades para cortar perfiles usados en el ensamble estructural en anclajes con piso, laterales, techo, frente y posterior.

Cabe recalcar que se analizó el tipo de carrocería para tipo interprovincial y el Urbano, que en cada caso el proceso difiere en dimensiones según los requerimientos de la norma ecuatoriana de construcción (INEN) de cada tipo de transporte.

La toma de datos se realizó, para el proceso de corte en una máquina con las siguientes características técnicas:

**Tabla 4.1.** Especificaciones técnicas de máquina de corte de perfiles estructurales

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
DESCRIPCIÓN	OBSERVACIÓN
MÁQUINA	TRONZADORA DE DISCO DE WALT
VELOCIDAD	3800 RPM
POTENCIA	2,5 HP
TIPO DE DISCO	ABRASIVO Ø 14 PLG
REGULACIÓN DE ANGULOS DE CORTE	MANUAL
AJUSTE	MANUAL

*Fuente: Manual de máquina tronadora DE WALT.*

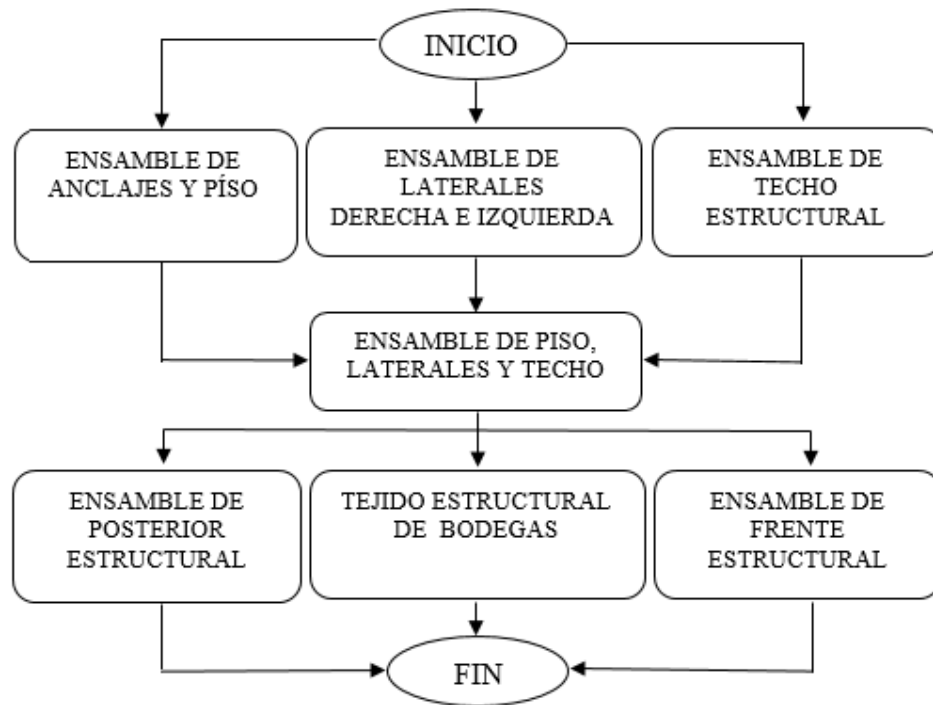
En la tabulación de datos se dividieron los diferentes tiempos existentes como son: Tiempos Productivos, Tiempos Improductivos, Tiempos Totales.

**Tiempos Productivos:** Son todos aquellos en los cuales se considera el tiempo de corte neto del perfil.

**Tiempos Improductivos:** Son todos aquellos que representan las actividades necesarias antes y después de realizar el corte del material como son: subir material, trazarlo, ajustar, aflojar, acomodar material.

**Tiempos Totales:** Es la suma de los tiempos productivos y los tiempos improductivos.

Para iniciar el estudio se presenta el flujograma de ensamble estructural principal de la carrocería.



**Figura 4.1. Flujograma de proceso de ensamble estructural de la carrocería**

*Fuente: Departamento Técnico Carrocerías Picosá.*

Según el flujograma anterior tenemos un análisis de manera individual de cada subensamble que conforma en ensamble estructural total de la carrocería.

Se tiene toma de datos individuales en cada parte con el siguiente orden:

- 1.- Anclajes y piso
- 2.- Laterales izquierda y derecha
- 3.-Techo

### 4.1.2.1ANÁLISIS DE LOS TIEMPOS DE CORTE DE PERFILES ESTRUCTURALES EN BUS INTERPROVINCIAL.

En la fig. 4.2. se presenta el esquema de armado de anclajes y piso estructural en donde se especifica dimensiones y tipo de material requeridos para el ensamblaje.

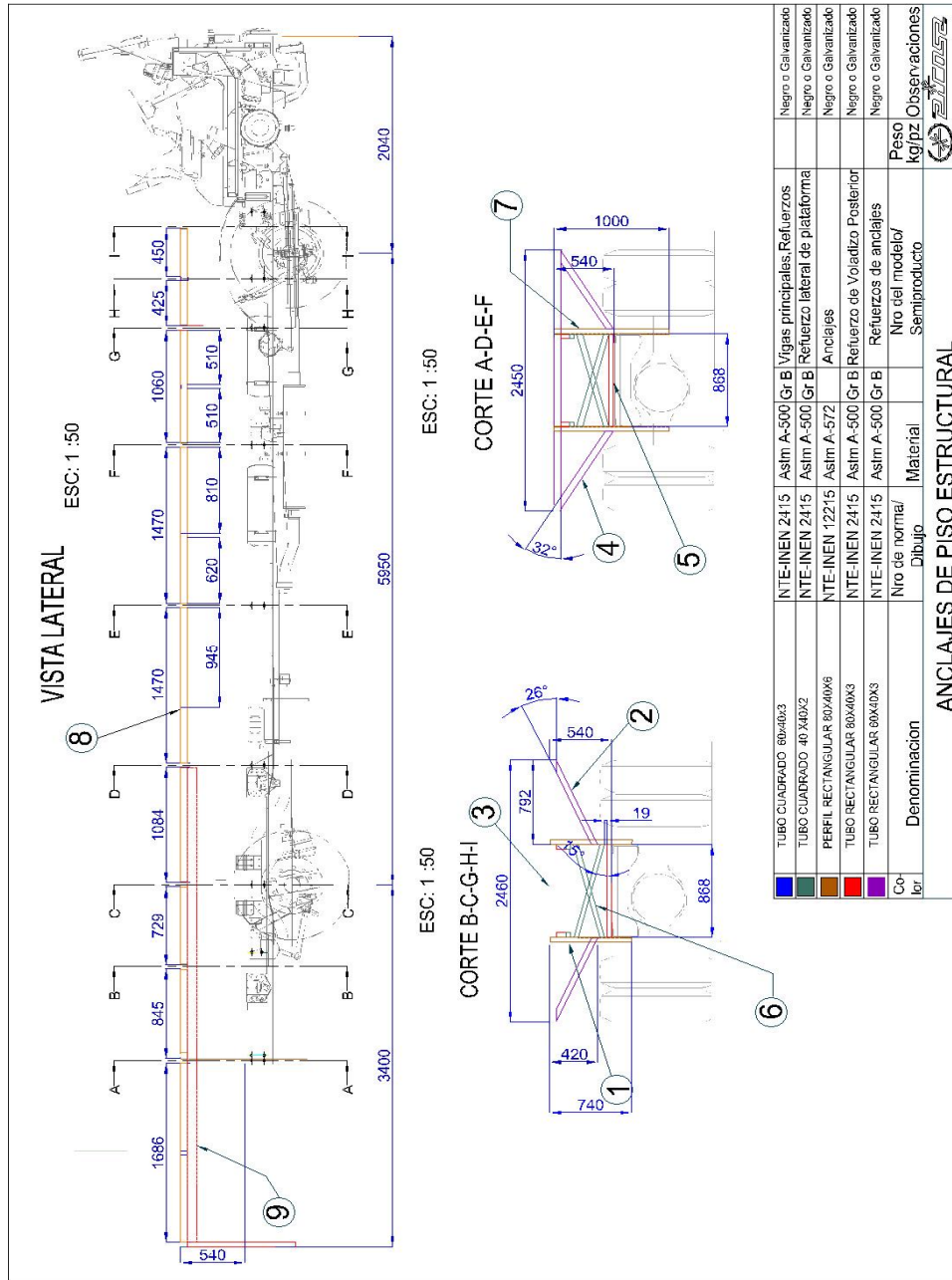


Figura 4.2.Plano de Piso y Anclajes estructurales de Bus Interprovincial

Fuente: Departamento de Diseño Carrocerías Picoso

De la Fig. 4.2 se tiene las siguientes especificaciones requeridas para el ensamblaje de piso y anclajes presentados en la siguiente tabla.

**Tabla 4.2.** Especificaciones técnicas de perfiles estructurales usados en Anclajes y Piso.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
PERFILES CORTADOS USADOS EN MONTAJE DE ANCLAJES Y PISO					
REFERENCIA DE CORTE CON ÁNGULO					
PIEZA	ESPECIFICACIÓN	TIPO DE ACERO	DIMENSIÓN (mm)	ÁNGULOS CORTE (GRADOS)	NÚMERO DE PIEZAS
1	PERFIL U 80X40X6	A572	740	0°	10
2	TB RECTANGULAR 60X40X3	A500	860	25°, 65°	10
3	TB RECTANGULAR 60X40X3	A500	2460	0°	9
4	TB RECTANGULAR 60X40X3	A500	864	58°, 32°	8
5	TB RECTANGULAR 80X40X3	A500	868	0°	9
6	TB CUADRADO 40X40X2	A500	906	15°, -15°	18
7	PERFIL U 80X40X6	A572	1000	0°	8
8	TB RECTANGULAR 60X40X2	A500	2460	0°	5
9	TB RECTANGULAR 80X40X3	A500	4464	0°	1

*Fuente: Alejandro Morales*

En la siguiente tabla se presenta una toma de datos en los que se detallan las operaciones realizadas para el proceso de corte de perfiles usados en ensamble de Anclajes y Piso estructural.

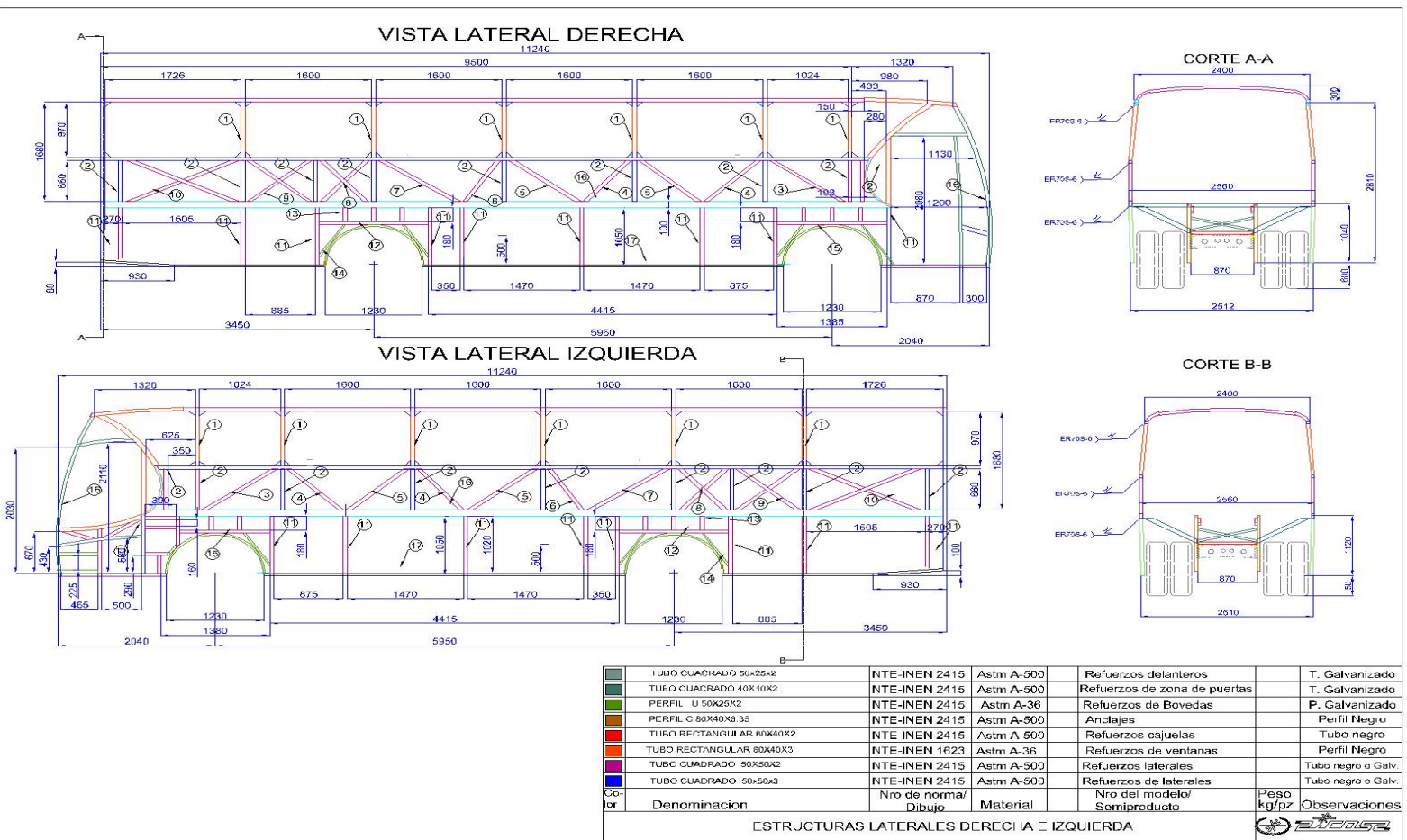
**Tabla 4.3.** Tiempos de producción tomados en el proceso de corte de perfiles usados en ensamble de Anclajes y Piso Estructural.

<b>TIEMPOS DE PRODUCCIÓN DE PERFILES ESTRUCTURALES CORTADOS PARA PISO Y ANCLAJES</b>																	
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>										<b>ENSAYO 01</b>							
<b>ELABORADO POR : ALEJANDRO MORALES</b>																	
<b>TIPO DE ESTUDIO:</b>			De Campo			<b>SUPERVISOR:</b>			Ing. Mg. Pablo Valle								
<b>FECHA:</b>			03/01/2013			<b>LUGAR:</b>		Planta de Producción Pico Sánchez Cía.Ltda.									
<b>MÁQUINA :</b>			REF. (TABLA 4.1)				<b>NUMERO DE OPERADORES:</b>				2						
	<b>OPERACIÓN</b>	<b>PIEZA</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>TIEMPO PRODUCTIVO DEL CONJUNTO(seg)</b>	<b>TIEMPO IMPRODUCTIVO DEL CONJUNTO (seg)</b>	<b>TIEMPO TOTAL CONJUNTO (seg)</b>			
<b>1</b>	<b>SUBIR MATERIAL</b>		12,6	82,5	81	32,4	36,24	87,3	34,8	48,3	18,1						
<b>2</b>	<b>TRAZADO</b>		64,96	190	174,3	167,4	157,4	527	144,3	166,1	25,9						
<b>3</b>	<b>ACOMODAR MATERIAL</b>		74	283,02	166,1	227	73,8	392	48,8	111	16,5						
<b>4</b>	<b>AJUSTE</b>		54,87	156,3	73,1	138	74	296	53,2	41,6	5,1						
<b>5</b>	<b>CORTE</b>		189,2	567,3	175,8	434	150,6	577	191	80,4	12,6						
<b>6</b>	<b>AFLOJAR</b>		24	70,35	30,8	60,4	26	133	23	19,2	2,1						
<b>TIPO DE SERVICIO</b>			INTERPROVINCIAL														
<b>TIEMPO PRODUCTIVO POR PIEZA</b>			189,2	567,3	175,8	434	150,6	577	191	80,4	12,6	2378,03					
<b>TIEMPO IMPRODUCTIVO POR PIEZA</b>			230,4	625,9	525,3	457	367,5	1435	304,1	386,2	67,7		4399,6				
<b>TIEMPO TOTAL POR PIEZA</b>			419,6	1193	701,1	891	518,1	2013	495,1	466,6	80,3			6777,63			

*Fuente: Alejandro Morales*



En la figura 4.3 se presenta el esquema de armado de estructuras laterales en donde se especifica las dimensiones y tipo de material requeridos para el ensamble.

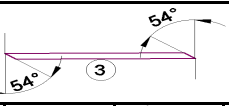


**Figura 4.3. Plano de Estructuras laterales Izquierda y derecha de bus interprovincial**

Fuente: Departamento de Diseño Carrocarreras Pícosa

De la Figura 4.3 se tiene las siguientes especificaciones requeridas para el ensamblaje de laterales presentados en la siguiente tabla:

**Tabla 4.4. Especificaciones técnicas de perfiles estructurales usados en Estructuras Laterales.**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA PERFILES CORTADOS USADOS EN MONTAJE DE LATERALES							
REFERENCIA DE CORTE CON ÁNGULO: 							
PIEZA	ESPECIFICACIÓN	TIPO DE ACERO	DIMENSIÓN (mm)	ÁNGULO DE CORTE	NÚMERO DE PIEZAS POR LATERAL	LATERALES DE LA CARROCERÍA	TOTAL DE PERFILES CORTADOS
1	TB RECTANGULAR 60X40X3	A500	960	0°	6	2	12
2	TB CUADRADO 50X50X3	A500	660	0°	9	2	18
3	TB CUADRADO 50X50X2	A500	1184	54°, 54°	1	2	2
4	TB CUADRADO 50X50X2	A500	989	45°, 45°	2	2	4
5	TB CUADRADO 50X50X2	A500	1038	48°, 48°	2	2	4
6	TB CUADRADO 50X50X2	A500	813	32°, -32°	1	2	2
7	TB CUADRADO 50X50X2	A500	1250	56°, -56°	1	2	2
8	TB CUADRADO 50X50X2	A500	913	41°, -41°	2	2	4
9	TB CUADRADO 50X50X2	A500	1058	49°, -49°	2	2	4
10	TB CUADRADO 50X50X2	A500	1589	64°, -64°	2	2	4
11	TB CUADRADO 50X50X2	A500	1020	0°	9	2	18
12	TB CUADRADO 50X50X2	A500	1380	0°	2	2	4
13	PERFIL RECTANGULAR 50X25X2	A36	180	0°	6	2	12
14	PERFIL RECTANGULAR 50X25X2	A36	628	57°, 33°	4	2	8
15	PERFIL RECTANGULAR 50X25X2	A36	2102	0°	2	2	4
16	TUBO CUADRADO 40X40X2	A500	2643	0°	1	2	2

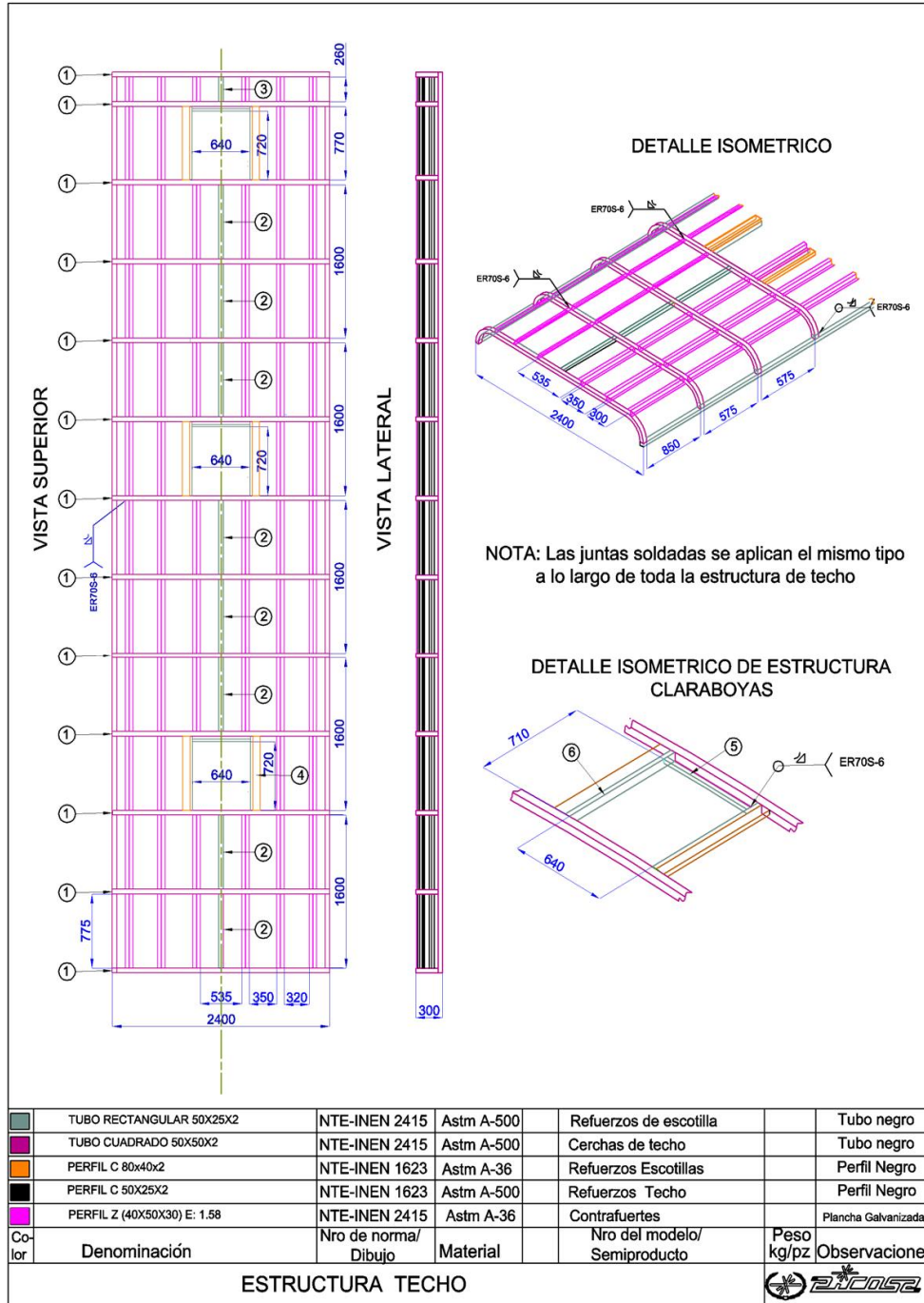
*Fuente: Alejandro Morales*

Tabla 4.5. Tiempos de producción tomados en el proceso de corte de perfiles usados en ensamble de Estructuras Laterales.

TIEMPOS DE PRODUCCIÓN DE PERFILES CORTADOS PARA ESTRUCTURAS LATERALES IZQUIERDA Y DERECHA																							
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO							FACULTAD DE ING. CIVIL Y MECÁNICA							ENSAYO 02									
MÁQUINA:		REF. (TABLA 4.1)					NÚMERO DE OPERADORES:			2		ELABORADO POR : ALEJANDRO MORALES											
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA																							
TIPO DE ESTUDIO:			De Campo				SUPERVISOR:			Msc. Ing. Pablo Valle													
FECHA:			03/01/2013				LUGAR:		Planta de Producción Pico Sánchez Cia.Ltda.														
PIEZA OPERACIONES		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	TIEMPO PRODUCTIVO DEL CONJUNTO	TIEMPO IMPRODUCTIVO DEL CONJUNTO	TIEMPO TOTAL DEL CONJUNTO			
1	SUBIR MATERIAL	34,1	63,2	16,1	16,44	15,8	16,25	16,1	17,3	15,8	32,4	32,5	15,4	13,2	13,4	26,9	14,67						
2	TRAZADO	265	377,74	64	115,2	141	60,8	70,4	121,6	128	76,8	400,2	80,92	187,9	233,5	154,9	53,4						
3	ACOMODAR MATERIAL	76,8	109,80	101	181	221	95,51	110,6	191	201,1	120,6	122,4	26	49,2	208,8	28,3	16,2						
4	AJUSTE	73,5	112,2	35,7	64,17	78,4	33,86	39,21	67,74	71,3	42,78	112,2	24,4	62,4	126,4	30,6	13,8						
5	CORTE	188	332,42	102	184,3	225	97,27	112,6	194,5	204,8	122,9	226,2	51,4	70,85	162,4	32,7	18,96						
6	AFLOJAR	32,5	48,4	14,8	26,62	32,5	14,3	16,27	28,1	29,58	17,75	57,2	13	27,3	63,2	13,8	8,9						
TIPO DE SERVICIO:		INTERPROVINCIAL																					
TIEMPO PRODUCTIVO POR PIEZA		188	332,42	102	184,3	225	97,27	112,6	194,5	204,8	122,9	226,2	51,4	70,85	162,4	32,7	18,96	2326,54					
TIEMPO IMPRODUCTIVO POR PIEZA		482	711,34	231	403,4	489	220,7	252,6	425,8	445,8	290,4	724,5	159,7	340	645,3	254,5	107		6182,85				
TIEMPO TOTAL POR PIEZA		670	1043,8	333	587,7	714	318	365,2	620,3	650,5	413,2	950,6	211,1	410,8	807,7	287,2	125,9			8509,385			

Fuente: Alejandro Morales

En la figura 4.4. se presentan el esquema de armado de techo estructural donde se especifica dimensiones y tipo de material requeridos para el ensamblaje



**Figura 4.4. Plano de Techo Estructural para Bus Interprovincial**

*Fuente: Departamento Diseño Carrocerías Picosá*

De la figura 4.4. se tiene las siguientes especificaciones requeridas para el ensamblaje de techo estructural presentados en la siguiente tabla:

**Tabla 4.6. Especificaciones técnicas de perfiles estructurales usados en Techo Estructural.**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
PERFILES CORTADOS USADOS EN MONTAJE DE TECHO ESTRUCTURAL					
REFERENCIA DE CORTE CON ÁNGULO: CORTES RECTOS					
PIEZA	ESPECIFICACIÓN	TIPO DE ACERO	DIMENSIÓN (mm)	ÁNGULOS CORTE (GRADOS)	NÚMERO DE PIEZAS
1	TUBO CUADRADO 50X50X2	A500	2040	0°	13
2	PERFIL U 50X25X2	A36	775	0°	8
3	PERFIL U 50X25X2	A36	260	0°	1
4	PERFIL U 80X40X2	A36	775	0°	4
5	TB RECTANGULAR 50X25X2	A500	640	0°	2
6	TB RECTANGULAR 50X25X2	A500	710	0°	4

*Fuente: Alejandro Morales*

Tabla 4.7. Tiempos de producción tomados en el proceso de corte de perfiles usados en ensamble de Techo Estructural.

TIEMPOS DE PRODUCCIÓN DE PERFILES ESTRUCTURALES CORTADOS PARA PISO Y ANCLAJES												
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			FACULTAD DE ING. CIVIL Y MECÁNICA				ENSAYO 01					
MÁQUINA:	REF. (TABLA 4.1)		NÚMERO DE OPERADORES:		2							
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA							ELABORADO POR : ALEJANDRO MORALES					
TIPO DE ESTUDIO:	De Campo		SUPERVISOR:			Msc. Ing Pablo Valle						
FECHA:	03/01/2013		LUGAR			Planta de Producción Pico Sanchez Cia.Ltda.						
PIEZA OPERACIONES	1	2	3	4	5	6	TIEMPO PRODUCTIVO DEL CONJUNTO(seg)	TIEMPO IMPRODUCTIVO DEL CONJUNTO (seg)	TIEMPO TOTAL DEL CONJUNTO (seg)			
1 SUBIR MATERIAL	115,5	26,2	13,1	15,1	15,1	14,1						
2 TRAZADO	335,14	164,9	6,5	76,4	38,2	84,04						
3 ACOMODAR MATERIAL	177,32	48,8	6,7	28,2	14,1	31,02						
4 AJUSTE	122	64	5,6	32	16	35,2						
5 CORTE	186,8	62,5	5,25	39,1	19,55	43,01						
6 AFLOJAR	68	32	2,4	16	8	17,6						
TIPO DE SERVICIO:	INTERPROVINCIAL											
TIEMPO PRODUCTIVO POR PIEZA	186,8	62,5	5,25	39,1	19,55	43,01	356,21					
TIEMPO IMPRODUCTIVO POR PIEZA	817,96	335,9	34,3	167,7	91,4	181,96		1629,22				
TIEMPO TOTAL POR PIEZA	1004,76	398,4	39,55	206,8	110,95	224,97			1985,43			

Fuente: Alejandro Morales

### 4.1.2.2ANÁLISIS DE LOS TIEMPOS DE CORTE DE PERFILES ESTRUCTURALES EN BUS URBANO.

En la figura 4.5. se presentan el esquema de armado de anclajes y piso estructural en donde se especifica dimensiones y tipo de material requeridos para el ensamblaje del bus de tipo de servicio urbano.

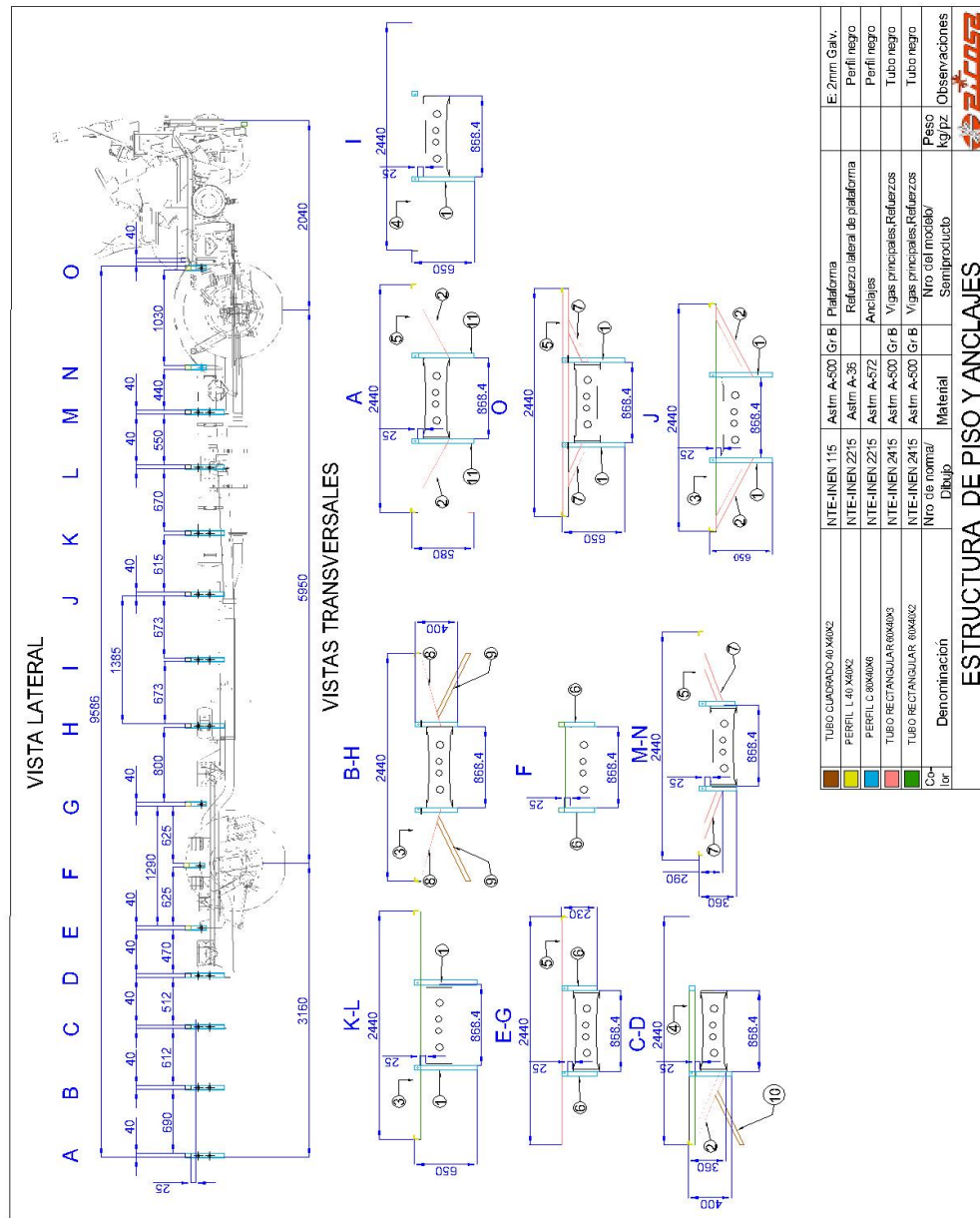
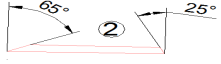


Figura 4.5.Plano de Estructuras de Anclajes y Piso de bus urbano

Fuente:Departamento Diseño Carrocerías Picoso.

De la Figura 4.5. se tiene las siguientes especificaciones requeridas para el ensamblaje de piso y anclajes presentados en la siguiente tabla:

**Tabla 4.8.** Especificaciones técnicas de perfiles estructurales usados en Anclajes y Piso

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
PERFILES CORTADOS USADOS EN ANCLAJE Y PISO ESTRUCTURAL					
REFERENCIA DE CORTE CON ÁNGULOS: 					
PIEZA	ESPECIFICACIÓN	TIPO DE ACERO	DIMENSIÓN (mm)	ÁNGULOS CORTE (GRADOS)	NÚMERO DE PIEZAS
1	PERFIL U 80X40X6	A572	650	0°	9
2	TB RECTANGULAR 60X40X3	A500	858	65° ,25°	4
3	TB RECTANGULAR 60X40X2	A500	2440	0°	5
4	TB RECTANGULAR 60X40X2	A500	1710	0°	2
5	TB RECTANGULAR 60X40X3	A500	2440	0°	6
6	PERFIL U 80X40X6	A500	230	0°	6
7	TB RECTANGULAR 60X40X3	A500	505	66° ,24°	6
8	TB RECTANGULAR 60X40X3	A500	790	75° ,15°	2
9	TB CUADRADO 40X40X2	A500	766	50° ,25°	4
10	TB CUADRADO 40X40X2	A500	639	43° ,25°	2
11	PERFIL U 80X40X6	A500	580	0°	2

*Fuente: Alejandro Morales*



**Tabla 4.9.** Tiempos de producción tomados en el proceso de corte de perfiles usados en ensamble de Anclajes y Piso Estructural

<b>TIEMPOS DE PRODUCCIÓN DE PERFILES ESTRUCTURALES CORTADOS PARA PISO Y ANCLAJES</b>																		
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>				<b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA</b>				<b>ENSAYO 01</b>										
<b>MÁQUINA:</b>		<b>REF. (TABLA 4.1)</b>		<b>NÚMERO DE OPERADORES:</b>				2		<b>ELABORADO POR : ALEJANDRO MORALES</b>								
<b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>																		
<b>TIPO DE ESTUDIO:</b>				De Campo				<b>SUPERVISOR:</b>				<b>Ing. Mg. Pablo Valle</b>						
<b>FECHA:</b>				03/01/2013				<b>LUGAR:</b>				Planta de Producción Pico Sánchez Cía.Ltda.						
<b>OPERACIÓN / PIEZA</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>TIEMPO PRODUCTIVO DEL CONJUNTO(seg)</b>	<b>TIEMPO IMPRODUCTIVO DEL CONJUNTO (seg)</b>	<b>TIEMPO TOTAL CONJUNTO (seg)</b>			
<b>1 SUBIR MATERIAL</b>		17,1	15,2	48,3	15,8	18,96	16,9	15,32	16,34	16,72	15,1	18,3						
<b>2 TRAZADO</b>		157,5	83,72	166,1	49	58,8	97,3	184,3	41,86	92,09	39,77	33						
<b>3 ACOMODAR MATERIAL</b>		72,9	113,4	111	18,6	22,32	30,6	194,3	56,71	124,8	53,87	16,2						
<b>4 AJUSTE</b>		63	68,4	41,6	16,2	19,44	42,7	114	34,2	75,24	32,49	18,9						
<b>5 CORTE</b>		196	216,9	80,4	30,2	36,18	140	201	108,4	238,5	103	58,8						
<b>6 AFLOJAR</b>		31	30,2	19,2	9,7	11,64	27,9	74,4	15,1	33,22	14,35	11,4						
<b>TIPO DE SERVICIO</b>		<b>URBANO</b>																
<b>TIEMPO PRODUCTIVO POR PIEZA</b>		196	216,9	80,4	30,2	36,18	140	201	108,4	238,5	103	58,8	1409,02					
<b>TIEMPO IMPRODUCTIVO POR PIEZA</b>		341,5	310,9	386,2	109	131,2	215	582,4	164,2	342	155,6	97,8		2836,5				
<b>TIEMPO TOTAL POR PIEZA</b>		537,5	527,8	466,6	139	167,3	355	783,4	272,6	580,6	258,6	156,6			4245,5			

*Fuente: Alejandro Morales*

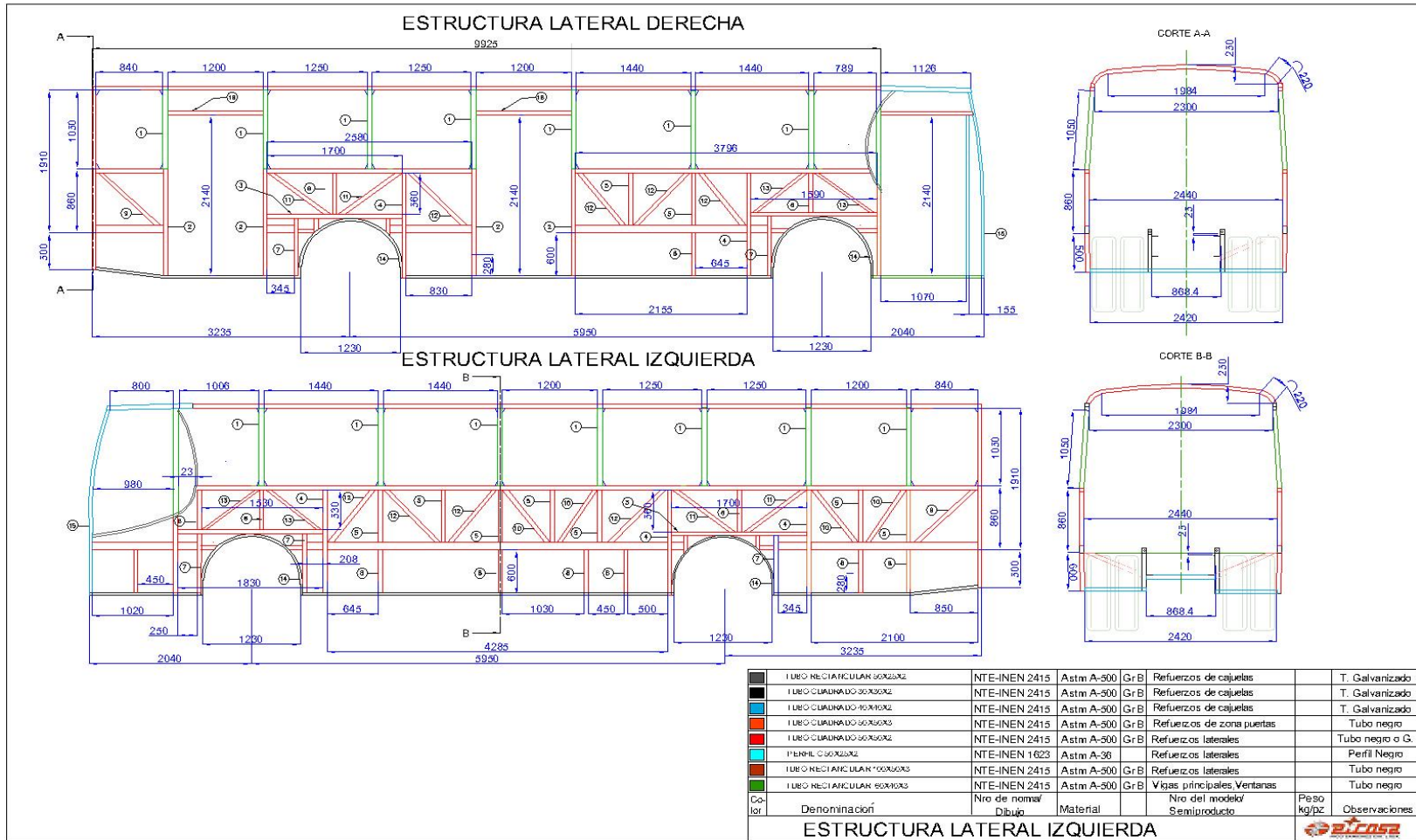



Figura 4.6 Plano de Estructuras Laterales Izquierda y Derecha de Bus Urbano

Fuente: Departamento Diseño Carrocerías Pícosa

De la Figura 4.6. se tiene las siguientes especificaciones requeridas para el ensamblaje de Estructuras laterales presentados en la siguiente tabla:

**Tabla 4.10.** Especificaciones técnicas de perfiles estructurales usados en Estructuras Laterales de Bus Urbano

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
PERFILES CORTADOS USADOS EN LATERALES ESTRUCTURAL					
REFERENCIA DE CORTE CON ÁNGULOS: 					
PIEZA	ESPECIFICACIÓN	TIPO DE ACERO	DIMENSIÓN (mm)	ÁNGULOS CORTE (GRADOS)	NÚMERO DE PIEZAS
1	TB RECTANGULAR 60X40X3	A500	1050	0°	14
2	TB CUADRADO 50X50X2	A500	1430	0°	4
3	TB CUADRADO 50X50X2	A500	1700	0°	2
4	TB CUADRADO 50X50X2	A500	1410	0°	5
5	TB CUADRADO 50X50X2	A500	710	0°	8
6	TB CUADRADO 50X50X2	A500	530	0°	5
7	TB CUADRADO 50X50X2	A500	850	0°	5
8	TB CUADRADO 50X50X2	A500	570	0°	8
9	TB CUADRADO 50X50X2	A500	1052	45°,-45°	2
10	TB CUADRADO 50X50X2	A500	864	33°,-33°	4
11	TB CUADRADO 50X50X2	A500	973	52°,-52°	4
12	TB CUADRADO 50X50X2	A500	929	38°,-38°	8
13	TB CUADRADO 50X50X2	A500	874	50°,-50°	4
14	PERFIL RECTANGULAR 50X25X2	A500	2256	0°	4
15	TB CUADRADO 40X40X2	A500	2504	0°	2
16	TB CUADRADO 50X50X2	A500	1200	0°	2

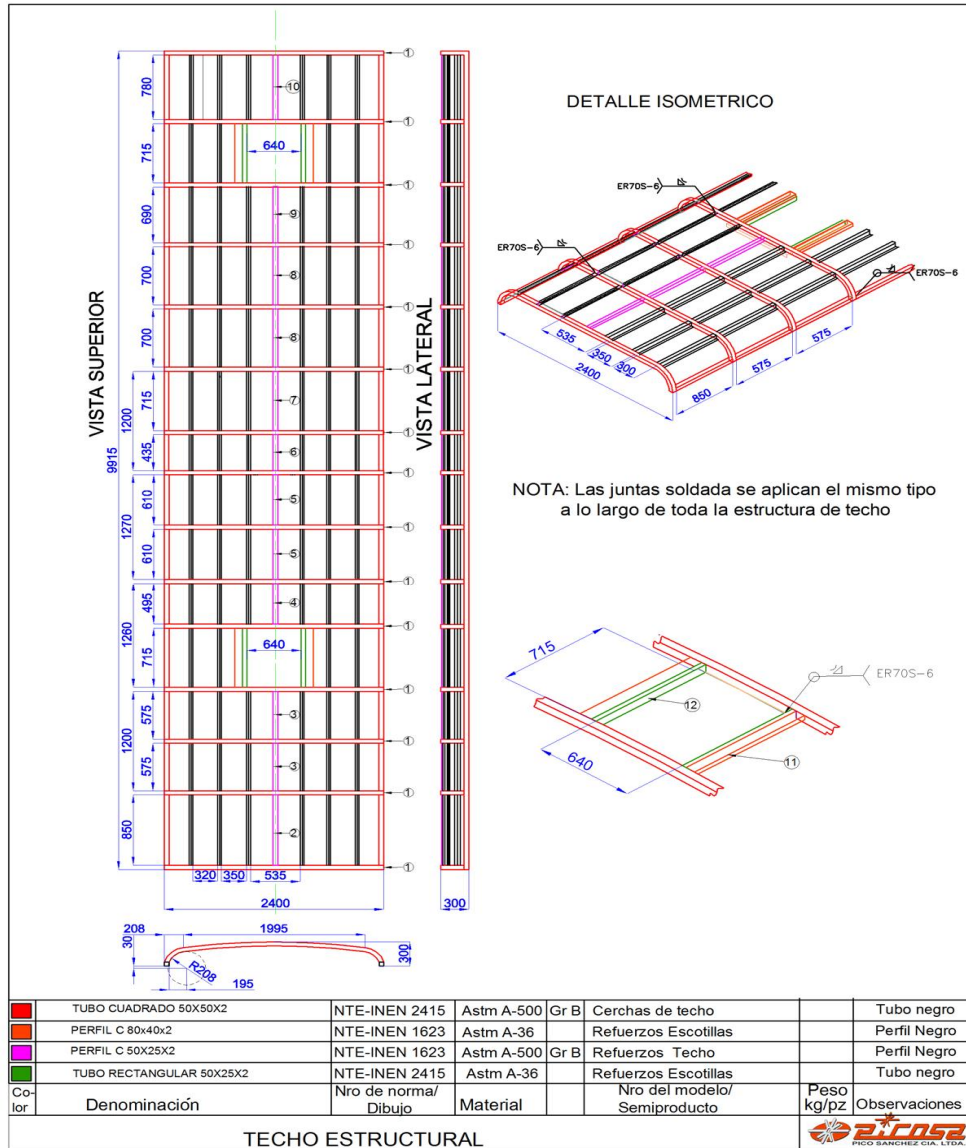
*Fuente: Alejandro Morales*

**Tabla 4.11.** Tiempos de producción tomados en el proceso de corte de perfiles usados en ensamble de Estructuras Laterales

TIEMPOS DE PRODUCCIÓN DE PERFILES CORTADOS PARA ESTRUCTURAS LATERALES IZQUIERDA Y DERECHA																				
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						FACULTAD DE ING. CIVIL Y MECÁNICA						ENSAYO 01								
MÁQUINA: REF. (TABLA 4.1)						NÚMERO DE OPERADORES: 2						ELABORADO POR : ALEJANDRO MORALES								
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA																				
TIPO DE ESTUDIO:			De Campo				SUPERVISOR:			Ing. Mg. Pablo Valle										
FECHA:			03/01/2013				LUGAR:			Planta de Producción Pico Sánchez Cia.Ltda.										
OPERACIONES	PIEZA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	TIEMPO PRODUCTIVO DEL CONJUNTO	TIEMPO IMPRODUCTIVO DEL CONJUNTO	TIEMPO TOTAL DEL CONJUNTO
		1	SUBIR MATERIAL	45,60	14,70	15,10	29,60	14,90	14,80	15,20	14,96	15,16	14,90	17,14	16,1	16,28	26,20			
2	TRAZADO	241,08	79,84	43,91	99,80	134,88	80,09	92,73	140,95	35,60	136,59	157,08	314,16	149,22	96,32	48,16	39,72			
3	ACOMODAR MATERIAL	99,26	29,20	16,06	36,50	48,08	28,55	33,06	50,24	119,00	153,04	176,00	351,99	167,20	48,84	24,42	14,40			
4	AJUSTE	88,40	25,50	14,03	31,88	43,74	25,97	30,07	45,71	37,10	66,46	76,43	152,86	72,61	24,60	12,30	14,70			
5	CORTE	230,52	46,40	25,52	58,00	90,09	53,49	61,94	94,14	76,03	108,66	124,96	249,92	118,71	36,60	18,30	30,03			
6	AFLOJAR	52,70	17,00	9,35	21,25	36,09	21,43	24,81	37,71	56,50	54,25	62,39	124,78	59,27	25,20	12,60	10,50			
TIPO DE SERVICIO: URBANO																				
TIEMPO PRODUCTIVO POR PIEZA		230,52	46,4	25,52	58	90,09	53,491	61,937	94,144	76,03	108,66	124,96	249,92	118,711	36,6	18,3	30,03	1653,5		
TIEMPO IMPRODUCTIVO POR PIEZA		527,04	166,24	98,447	219,025	277,69	170,83	195,87	289,58	263,36	425,24	489,03	959,88	464,575	221,16	111,68	94,52		5386,54	
TIEMPO TOTAL POR PIEZA		757,56	212,64	123,967	277,025	367,78	224,32	257,81	383,72	339,39	533,9	613,99	1209,8	583,286	257,76	129,98	124,55			7039,99

Fuente: Alejandro Morales

En la figura 4.7. se presenta el esquema de armado de techo estructural donde se especifica dimensiones y tipo de material requeridos para el ensamblaje



**Figura 4.7. Plano de Techo Estructural de Bus Urbano**

*Fuente: Departamento Diseño Carrocerías Picosá*

De la Figura 4.7. se tiene las siguientes especificaciones requeridas para el ensamblaje de techo estructural presentado en la siguiente tabla:

**Tabla 4.12.** Especificaciones técnicas de perfiles estructurales usados en Estructura Techo de Bus Urbano

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
PERFILES CORTADOS USADOS EN TECHO ESTRUCTURAL					
REFERENCIA DE CORTE CON ÁNGULOS: CORTES RECTOS					
PIEZA	ESPECIFICACIÓN	TIPO DE ACERO	DIMENSIÓN (mm)	ÁNGULOS CORTE (GRADOS)	NÚMERO DE PIEZAS
1	TUBO CUADRADO 50X50X2	A500	2040	0°	15
2	PERFIL U 50X25X2	A36	850	0°	1
3	PERFIL U 50X25X2	A36	575	0°	2
4	PERFIL U 50X25X2	A36	495	0°	1
5	PERFIL U 50X25X2	A36	610	0°	2
6	PERFIL U 50X25X2	A36	435	0°	1
7	PERFIL U 50X25X2	A36	715	0°	1
8	PERFIL U 50X25X2	A36	700	0°	2
9	PERFIL U 50X25X2	A36	690	0°	1
10	PERFIL U 50X25X2	A36	780	0°	1
11	PERFIL U 80X40X2	A36	715	0°	4
12	TB RECTANGULAR 50X25X2	A500	715	0°	4

*Fuente: Alejandro Morales*

**Tabla 4.13.** Tiempos de producción tomados en el proceso de corte de perfiles usados en ensamble de Techo Estructural

<b>TIEMPOS DE PRODUCCIÓN DE PERFILES ESTRUCTURALES CORTADOS PARA TECHO ESTRUCTURAL</b>																			
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					FACULTAD DE ING. CIVIL Y MECÁNICA					ENSAYO 01									
MÁQUINA:	REF. (TABLA 4.1)				NÚMERO DE OPERADORES:			2		ELABORADO POR : ALEJANDRO MORALES									
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA																			
TIPO DE ESTUDIO:		De Campo			SUPERVISOR:								Msc. Ing Pablo Valle						
FECHA:		03/01/2013			LUGAR:								Planta de Producción Pico Sánchez Cia.Ltda.						
PIEZA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TIEMPO PRODUCTIVO DEL CONJUNTO (seg)	TIEMPO IMPRODUCTIVO DEL CONJUNTO (seg)	TIEMPO TOTAL DEL CONJUNTO (seg)			
OPERACIONES		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						
1	SUBIR MATERIAL	91,2	12,1	6,1	5,3	5,85	5,04	6,10	5,80	5,7	4,9	15,1	14,1						
2	TRAZADO	386,7	15,41	30,6	14,1	28,3	13,40	14,64	29,28	16,98	16,10	76,4	168,08						
3	ACOMODAR	204,6	6,9	13,8	7,3	14,6	6,94	6,56	13,11	8,76	7,21	28,2	62,04						
4	AJUSTE	96,6	5,2	9,6	4,95	10,78	4,70	4,94	9,88	6,468	5,43	32	70,4						
5	CORTE	197,82	5,6	11,2	5,25	10,9	4,99	5,32	10,64	6,54	5,85	39,1	86,02						
6	AFLOJAR	65,1	3,2	6,12	4,1	7,3	3,90	3,04	6,08	4,38	3,34	16	35,2						
TIPO DE SERVICIO :		URBANO																	
TIEMPO PRODUCTIVO POR PIEZA		197,82	5,6	11,2	5,25	10,9	4,99	5,32	10,64	13,08	5,85	39,10	86,02	395,77					
TIEMPO IMPRODUCTIVO POR		844,2	42,81	66,22	35,75	66,83	33,96	35,27	64,15	78,88	36,99	167,70	349,82		1822,588				
TIEMPO TOTAL POR PIEZA		1042,02	48,41	77,42	41	77,73	38,95	40,59	74,79	91,96	42,84	206,80	435,84			2218,3575			

*Fuente: Alejandro Morales*

## **4.2. INTERPRETACIÓN DE DATOS**

De acuerdo a la entrevista realizada a gerencia sobre el proceso de corte se concluye que el servicio de transporte más ofertado dentro de la empresa es el de Interprovincial y Urbano, cada uno con sus especificaciones dadas según normas y reglamentos técnicos vigentes en el Ecuador, teniendo de esta manera diferentes configuraciones estructurales para cada tipo de servicio.

Se precisa también mejorar los tiempos de producción en los diferentes procesos existentes en la planta, ya que la demanda de buses nuevos en el país es alta en la actualidad.

De la misma manera se tiene la necesidad de implementar una nueva tecnología para el sistema de corte de perfiles estructurales ya que la maquinaria existente demora el proceso, requiere mayor mantenimiento, limitando de esta manera la productividad.

En las tablas efectuadas de los ensayos de toma de datos de tiempos de producción de corte de perfiles estructurales que conforma la estructura de la carrocería de tipo urbano e interprovincial podemos interpretar gráficamente los resultados arrojados y verificar como afectan al proceso los tiempos estudiados como son: tiempos productivos, tiempos improductivos por cantidades de perfiles cortados, por todo el conjunto, así como los tiempos de operaciones que se requieren en cada proceso.

De esta manera podemos interpretar en que parte del proceso de corte de perfilería estructural es la que debemos mejorar o realizar modificaciones para aumentar la productividad.

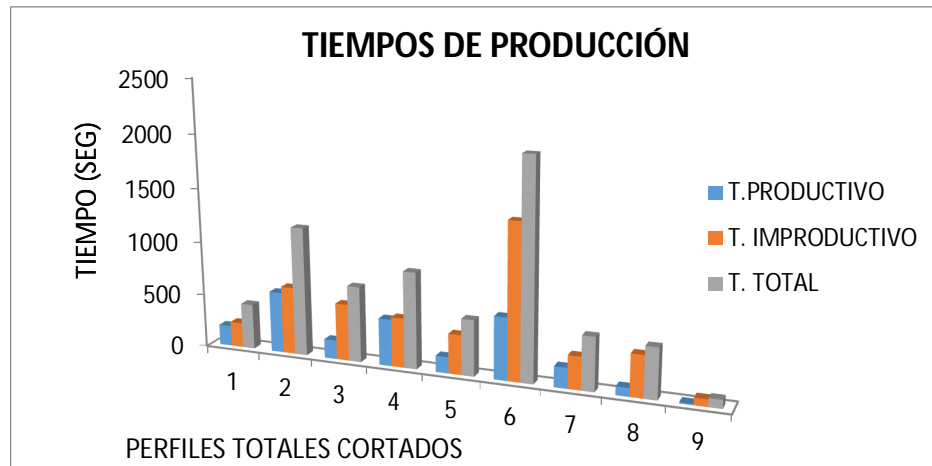
### **4.2.1. INTERPRETACIÓN DE TIEMPOS EN PROCESO DE CORTE DE PERFILES ESTRUCTURALES**

Para interpretar los tiempos existentes en el bus interprovincial se han realizado las siguientes tablas mostradas a continuación.



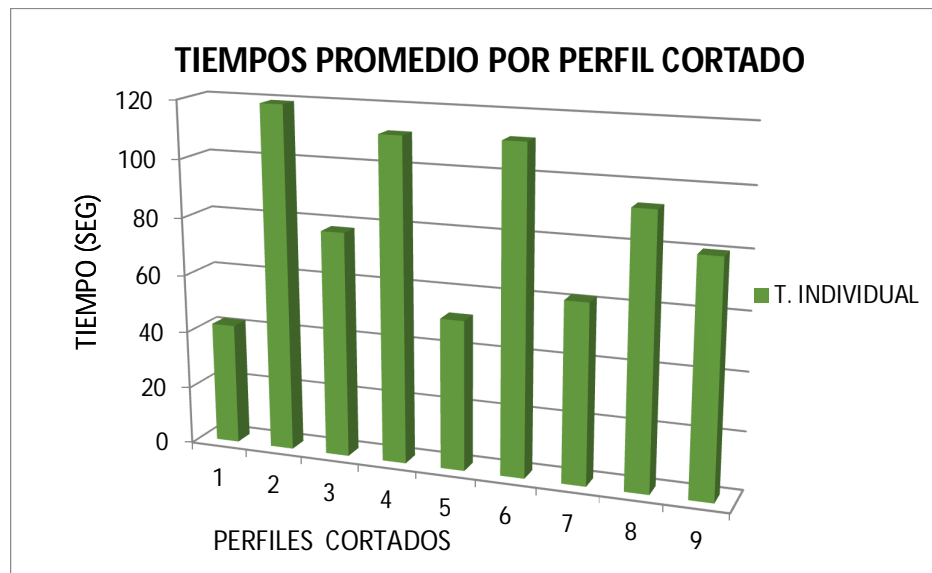
#### 4.2.1.1. INTERPRETACIÓN DE CORTE DE LOS PERFILES ESTRUCTURALES USADOS EN ENSAMBLAJE DE PISO Y ANCLAJES EN BUS URBANO

En las siguientes figuras se puede apreciar los tiempos totales, individuales, así como los tiempos de operaciones requeridos en el proceso.



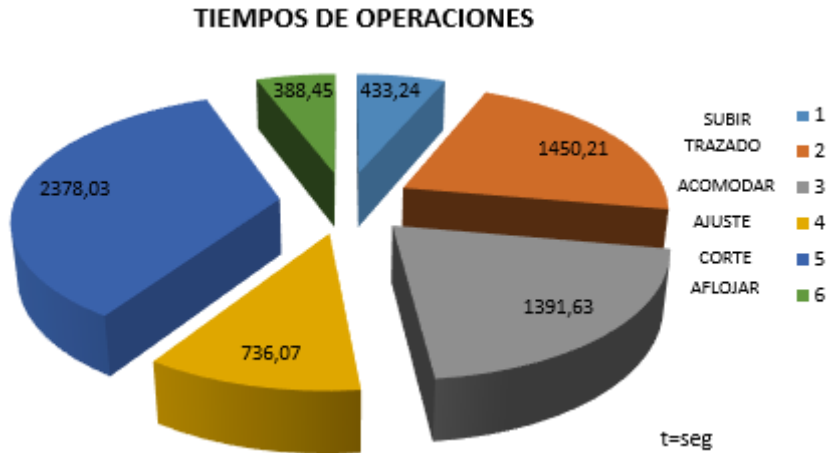
**Figura 4.8. Tiempo Total de corte en Anclajes y Piso de Urbano**

*Fuente: Alejandro Morales*



**Figura 4.9. Tiempo individual de cada perfil en Urbano**

*Fuente: Alejandro Morales*



**Figura 4.10. Tiempos de Totales de Operaciones de Piso en Urbano**

*Fuente: Alejandro Morales*

En la fig 4.9. se muestra que los tiempos productivos son menores que los tiempos improductivos, ya que el tiempo de corte es el único tiempo productivo y las otras operaciones implican mayor tiempo, al igual se muestra que los mayores tiempos requeridos son los perfiles 2(perfil con longitud de 860 mm y ángulos de corte de 25°,65°) y 6(perfil con longitud de 864 mm y ángulos de corte de 58°,32°) ,ya que son los que más número de perfiles se requieren con 10, 18 respectivamente.

En la fig 4.8. se puede observar que el tiempo requerido por pieza individual mayor es en los perfiles 2,4, 6, que observados en la tabla 4.2. tienen ángulos de corte, seguidos de los perfiles que tienen mayor longitud como son 3,7 y 8.

En la interpretación de datos de la fig 4.10. se puede apreciar que el mayor tiempo de operación es el de corte seguido del tiempo de trazado y acomodar material ya que se tiene corte de perfiles con ángulos y esta especificación aumenta el tiempo de las operaciones dichas como se refleja en la fig 4.8.

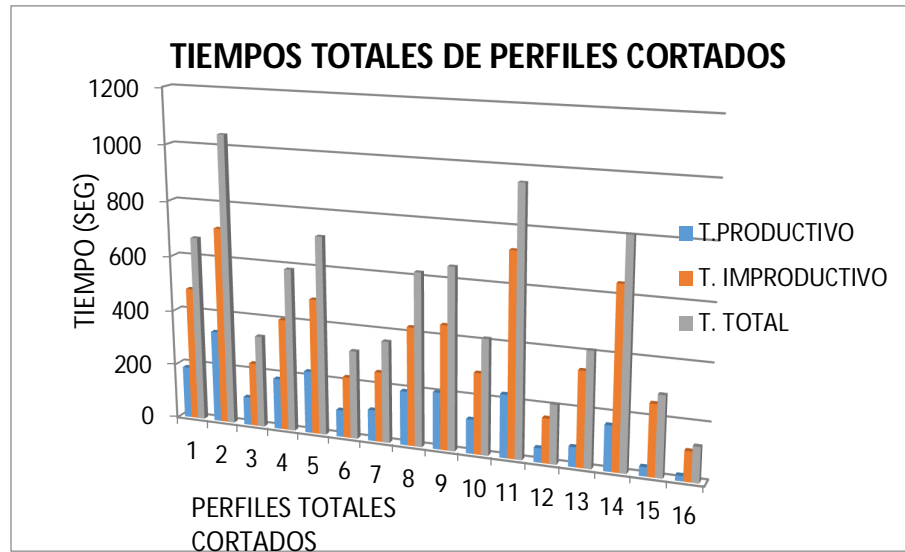
**Tabla 4.14.** Tiempos de operaciones requeridos para Anclajes y Piso Estructural de bus Urbano.

OPERACIONES	PORCENTAJE	TIEMPO(SEG)
SUBIR MATERIAL	6,39%	433,24
TRAZADO	21,39%	1450,21
ACOMODAR MATERIAL	20,52%	1391,63
AJUSTE	10,86%	736,07
CORTE	35,08%	2378,03
AFLOJAR	5,73%	388,45
TOTAL	100%	6777,63

*Fuente: Alejandro Morales*

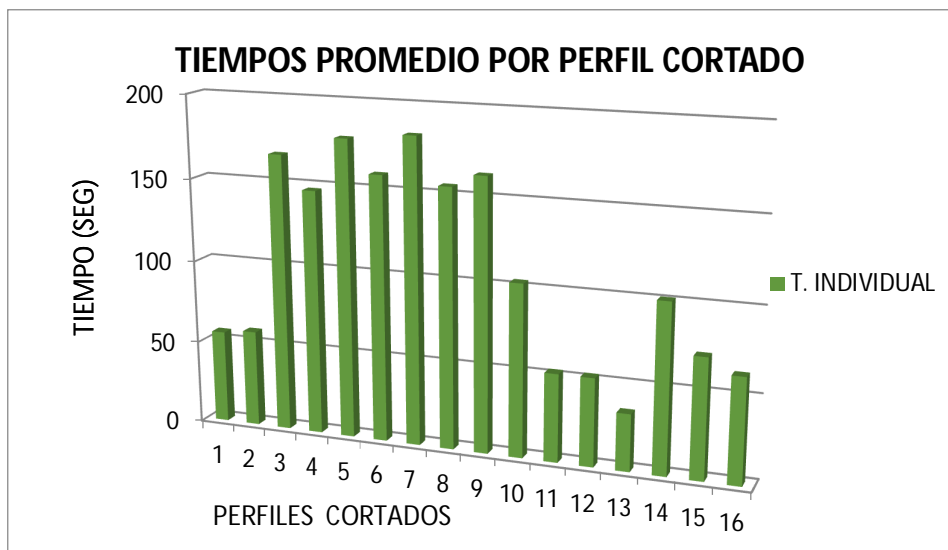
#### 4.2.1.2. INTERPRETACIÓN DE CORTE DE LOS PERFILES ESTRUCTURALES USADOS EN ENSAMBLAJE DE ESTRUCTURAS LATERALES EN BUS INTERPROVINCIAL

En las siguientes figuras se puede apreciar los tiempos totales, individuales, así como los tiempos de operaciones requeridos en el proceso de bus interprovincial.



**Figura 4.11** Tiempo Total de corte en Estructuras Laterales de Bus Interprovincial.

*Fuente: Alejandro Morales*



**Figura 4.12 Tiempo individual de cada perfil en laterales de bus Interprovincial.**

*Fuente: Alejandro Morales*



**Figura 4.13. Tiempos Totales de Operaciones en laterales de bus Interprovincial**

*Fuente: Alejandro Morales*

En las fig 4.11 se repite lo interpretado en el análisis de datos de ensamble de estructura de laterales en lo que se muestra que los tiempos productivos son menores que los tiempos improductivos, ya que el tiempo de corte es el único

tiempo productivo y las otras operaciones implican mayor tiempo, al igual se muestra que los mayores tiempos requeridos son los perfiles 2(perfil con longitud de 660 mm y una cantidad de perfiles de 18), 14(perfil con longitud de 628 mm , una cantidad de perfiles de 8, pero con ángulos de corte) , y el perfil 5 (con longitud de 1038 mm, una cantidad de perfiles de 4, y con ángulos de corte), en lo que se puede observar que el tiempo de corte esta en funcion de la longitud del perfil cortado,y si requiere de ángulos de corte.

En la fig 4.12. se puede observar que el tiempo requerido por pieza individual es mayor en los perfiles 3,5,7, 9 que observamos en la tabla 4.4. tienen ángulos grandes de corte, seguidos de los perfiles que tiene menores ángulos de corte como son 4,6,8.

En la interpretación de datos de la fig 4.13. se puede apreciar que el mayor tiempo de operaciones es el de acomodar seguido de corte y trazado, ya que la gran cantidad de perfiles con ángulos de corte usados en estructuras laterales demandan mayores tiempos de acomodar materiales para realizar el corte, superando el tiempo de corte.

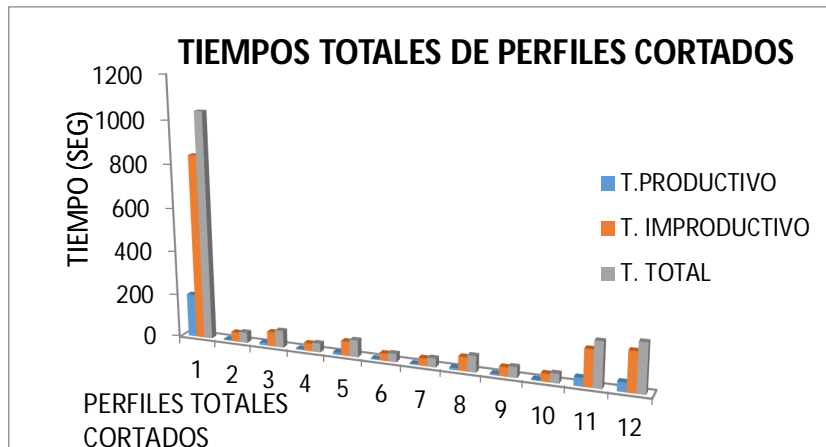
**Tabla 4.15.** Tiempos de operaciones requeridos para Estructuras Laterales de Bus Interprovincial.

<b>OPERACIONES</b>	<b>PORCENTAJE</b>	<b>TIEMPO</b>
<b>SUBIR MATERIAL</b>	3%	359,54
<b>TRAZADO</b>	22%	2531,37
<b>ACOMODAR MATERIAL</b>	16%	1859,07
<b>AJUSTE</b>	33%	988,63
<b>CORTE</b>	21%	2326,53
<b>AFLOJAR</b>	4%	444,22
<b>TOTAL:</b>	100%	8509,38

*Fuente: Alejandro Morales*

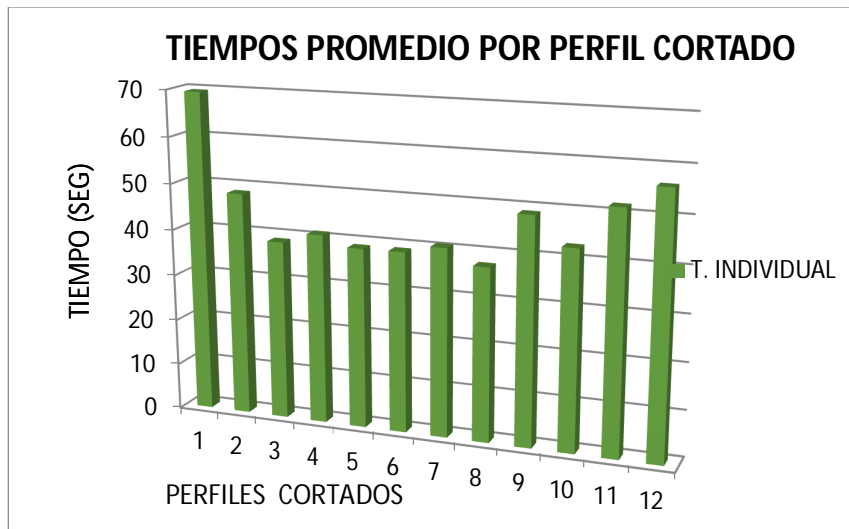
#### 4.2.1.3. INTERPRETACIÓN DE CORTE DE LOS PERFILES ESTRUCTURALES USADOS EN ENSAMBLAJE DE TECHO ESTRUCTURAL EN BUS URBANO

En las siguientes figuras se puede apreciar los tiempos totales, individuales, así como los tiempos de operaciones requeridos en el proceso de bus Urbano.



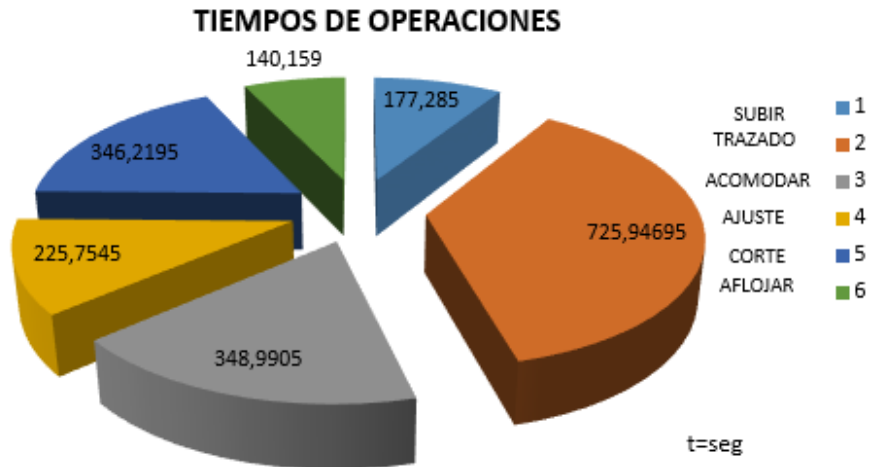
**Figura 4.14. Tiempo Total de corte en Estructuras Techo Urbano.**

*Fuente: Alejandro Morales*



**Figura 4.15. Tiempo individual de cada perfil en techo urbano**

*Fuente: Alejandro Morales*



**Figura 4.16 Tiempos Totales de Operaciones en techo Urbano.**

*Fuente: Alejandro Morales*

En la fig 4.11. se puede interpretar que los tiempos totales de producción son relativamente menores que los mostrados en anclajes, piso estructural y en estructuras laterales, sin embargo los tiempos mayores encontrados del proceso es en el perfil 1 de cercha estructural (15 perfiles de 2040 mm de longitud sin ángulo de corte), así también disminuyendo los tiempos de producción de manera considerable debido que en el techo estructural no existen ángulos de corte en los perfiles de ensamble y el total de perfiles cortados usados es menor.

En la fig 4.15. se puede observar que el tiempo requerido por pieza individual mayor es en los perfiles 1,11,12 que observados en la tabla 4.12. tienen mayores longitudes.

En la interpretación de datos de la fig 4.16. se muestra que los mayores tiempos de operaciones son los de trazado y acomodar el material debido a longitudes de material, así como se tiene perfiles únicos sin repetición en el ensamble, quedando después el tiempo de corte por espesores y tipos de perfiles.

**Tabla 4.16.** Tiempos de operaciones requeridos para Estructura de Techo Urbano.

OPERACIONES	PORCENTAJE	TIEMPO
SUBIR MATERIAL	9,03%	177,28
TRAZADO	36,96%	725,94
ACOMODAR MATERIAL	17,77%	348,99
AJUSTE	11,49%	225,75
CORTE	17,63%	346,21
AFLOJAR	7,14%	140,15
<b>TOTAL:</b>	100,00%	1964,35

*Fuente: Alejandro Morales*

DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA SE TIENE LA SIGUIENTE TABLA 4.17 EN LA QUE SE MUESTRA LOS TIEMPOS TOTALES DEL PROCESO DE CORTE DE MANERA GENERAL.

**Tabla 4.17.** Tiempos de operaciones requeridos para Estructura de Techo Urbano.

TIEMPOS TOTALES DEL PROCESO DE CORTE		
OPERACIONES	TIEMPO (SEG)	PORCENTAJE
SUBIR MATERIAL	970,06	5,62%
TRAZADO	4707,52	27,29%
ACOMODAR MATERIAL	3599,69	20,87%
AJUSTE	1950,45	11,31%
CORTE	5050,77	29,28%
AFLOJAR	972,82	5,64%
<b>TOTAL:</b>	17251,36	100,00%

*Fuente: Alejandro Morales*



### **4.3. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

En el estudio realizado se muestra que la tecnología existente en el proceso de corte de perfilería estructural limita la productividad en la producción de Carrocerías metálicas, ya que en las tablas realizadas de tiempos de operaciones y tiempos totales se puede mostrar claramente que los tiempos improductivos son mayores que los tiempos productivos.

Mediante la implementación de un proceso automatizado de corte en perfilería estructural se conseguirá mejorar la productividad, ya que disminuirémos tiempos de operaciones considerados improductivos(subir material , trazar, acomodar material , ajustar,aflojar), que demandan un tiempo de 3,4 horas y en porcentaje representa el 70.7% del tiempo total requerido de las operaciones.

El desarrollo de este estudio contribuirá de gran manera a la productividad dentro de la empresa en parámetros de calidad en corte y procesos en serie, entonces esta alternativa a la empresa le permitirá mejorar la productividad.

## **CAPÍTULO V**

### **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. CONCLUSIONES**

- ✓ En el estudio realizado se concluyó que las configuraciones estructurales entre buses interprovinciales y urbanos son diferentes en especificaciones como: altura total, largo total, tipo de material.
- ✓ Se determinó que existe una gran cantidad de perfiles estructurales con las mismas especificaciones a ser usados en las configuraciones estructurales en piso, anclajes, laterales y techo que pueden ser cortados en un proceso en serie.
- ✓ Los tiempos de operación como: acomodar y trazar material, considerados como improductivos aumentan considerablemente cuando los perfiles tienen ángulos de corte.
- ✓ En la tecnología actual del proceso de corte los tiempos improductivos son mayores que los productivos, debido a que las operaciones como acomodar, trazar, aflojar y cortar se realizan de manera manual.
- ✓ Un proceso de corte automatizado disminuiría costos de producción, ya que el trabajador no realizaría operaciones que actualmente está realizando, disminuyendo de esta manera el valor de la mano de obra.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- ✓ Innovar los procesos productivos dentro de la empresa carrocera de acuerdo a tecnologías actuales que permitan mejorar la productividad y el avance tecnológico del sector industrial carrocerero del país.
- ✓ Es necesario que el producto final que se oferta al cliente como es un bus terminado para uso público de las personas sea garantizado con una buena calidad de la estructura que es la parte crítica de la construcción de una carrocería.
- ✓ Se necesita implementar procesos de producción en la industria en los que el trabajador disminuya operaciones en las que realice esfuerzo físico y mejore el ambiente de trabajo.

## CAPÍTULO VI

### 6. PROPUESTA

#### 6.1. DATOS INFORMATIVOS

De los estudios realizados en la empresa “Pico Sánchez Cía. Ltda.” se muestra que en el proceso de corte de perfiles estructurales se requiere mejorar los tiempos de producción por tanto se propone **diseñar y construir una máquina automática de corte de perfiles estructurales.**

Para la ubicación de la máquina se dispone de una área de trabajo de (3x12)m en el área de corte de perfilería estructural dentro de la planta de producción que es el espacio necesario para ubicar materiales para luego realizar el proceso de corte en la cuál se cuenta con tomas de fuerza eléctrica trifásica, así como intalaciones neumáticas.

La realización de este proyecto le permitirá a la empresa mejorar el proceso, disminuir los tiempos de producción y actividades del operador.

#### 6.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

En la actualidad en el país no existe un apoyo técnico, ni económico para mejorar procesos de manufactura en el sector metalmecánico y carroceros por lo que la productividad del sector nacional ha sido limitada , no permitiéndole a la industria exportar productos terminados, haciendo que la competencia extranjera introduzca al país buses con iguales características con mismos costos o menores.

En la ciudad de Ambato se encuentran el mayor número de empresas dedicadas a la construcción de carrocerías metálicas en las cuales uno de los principales procesos es el de corte de perfiles de acero estructural para el ensamblaje de la configuración del tipo de bus a construir, en las cuales se realiza el proceso de corte con máquinas tronadoras de discos abrasivos y de accionamiento manual, debido al tipo de maquinarias existentes en el mercado nacional.

Dentro de la planta de producción se determinó que en el área de corte, el tipo de maquinaria y la forma de realizar el proceso produce problemas para obtener buses en menor tiempo de entrega, de esta manera la necesidad de implementar un proceso mejorado es importante.

### **6.3. JUSTIFICACIÓN**

De los estudios realizados se tiene que la maquinaria existente dentro de la planta de producción obliga a la empresa a incurrir en costos para cumplir con la planificación de la producción por lo que se ha visto en la necesidad de adquirir más maquinaria, equipos y aumentar el recurso humano.

La maquinaria existente genera un alto costo de mantenimiento y reposición ya que en la mayoría de casos su configuración es de carcasa plástica y tipo de motor universal que tienden averiarse rápidamente, además de generar desprendimiento de limalla a elevadas temperaturas provocando incomodidad y condiciones inseguras de trabajo al operador, agregándole a éste un proceso adicional, el pulido de los perfiles cortados.

Para realizar el corte en estas maquinarias se debe agregar procesos como medición, colocación de material, ajuste y desajuste de material, y corte ejercido por el operador.

Los procesos descritos han servido para recopilar y seleccionar los parámetros para implementar un proceso en el que exista una máquina tronadora automática de corte que permita mejorar el proceso y logre un mejor desarrollo para los empleados, empresa y el sector carrocerero.

Actualmente el gobierno está implementando proyectos de renovación del transporte para un mejor servicio al pasajero por lo que la demanda de productos terminados en carrocería va en aumento, por lo que es urgente optimizar procesos de construcción que permitan cumplir con las demandas del sector transportista y mejorar la productividad.

## **6.4. OBJETIVOS**

- ✓ Diseñar y construir una máquina automática de corte para perfiles estructurales que van dentro las configuraciones estructurales de una carrocería.
- ✓ Establecer los parámetros necesarios de diseño para cumplir con especificaciones de corte de perfilera estructural.
- ✓ Disminuir las operaciones al realizar el trabajo en la maquinaria actual.

## **6.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD**

### **6.5.1. FACTIBILIDAD TÉCNICA**

Esta máquina es factible de construir ya que se dispone de especificaciones técnicas de diseño de la máquina como: velocidades de corte y avance, tipos de disco de corte, resistencia específica de materiales a cortar.

En el país se pueden adquirir los materiales para la construcción de los elementos mecánicos para los sistemas de transporte y corte, así como también los equipos eléctricos y de control para la automatización.

### **6.5.2. FACTIBILIDAD ECONÓMICA**

Esta máquina es factible económicamente, ya que algunos de los materiales requeridos para la construcción se tiene a disposición en las bodegas de la empresa, los equipos de automatización serán adquiridos.

En cuanto a la mano de obra se lo realizará con el apoyo de operadores y técnicos de mantenimiento respectivamente, es importante mencionar que la maquinaria necesaria para la realización de los elementos de la máquina tronadora existe dentro de la planta de producción.

## **6.6. FUNDAMENTACIÓN**

Para el diseño de la máquina propuesta se lo realizó en etapas como son: el diseño de la tronadora, diseño del mecanismo de transporte, y finalmente la interacción

de las dos, mediante un tablero con un circuito de control con PLC que permitirá el corte de perfiles de forma automática.

### **6.6.1. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DE LA MÁQUINA**

**Tipo de impulsión para sistema de corte:** Motor eléctrico Trifásico.

**Sistema de transmisión:** Poleas y Bandas

**Avance:** Accionado por servomotor

**Disco de corte:** Metálico con dientes de carburo

**Velocidad de Corte:** 1500 rpm (Anexo 1)

**Velocidad de Avance:** 5mm/seg.( Se considera el mayor tiempo en cortar un perfil de mayor espesor y mayor dimensión en forma manual)( según cap. IV)

**Impulsor de sistema de transporte:** moto reductor con freno eléctrico

**Trabajo por día:** 8 horas

**Presión específica de material al esfuerzo cortante:**  $1716,7 * 10^6$  Pa (Anexo 2)

**Velocidad de Transporte de material:** 125 mm/seg. Se considera el tiempo en mover un perfil en forma manual (según cap. IV).

**Accionamiento de operación:** manual y automática.

**Sistema de control:** Tablero de control con equipos para automatización y Plc.

### **6.6.2. DISEÑO MECÁNICO DE LA TRONZADORA**

Para realizar el diseño mecánico de los elementos de la máquina se ha considerado realizar el flujograma mostrado en la figura 6.1 con el orden en que se diseñan los elementos constitutivos de la tronadora automática.

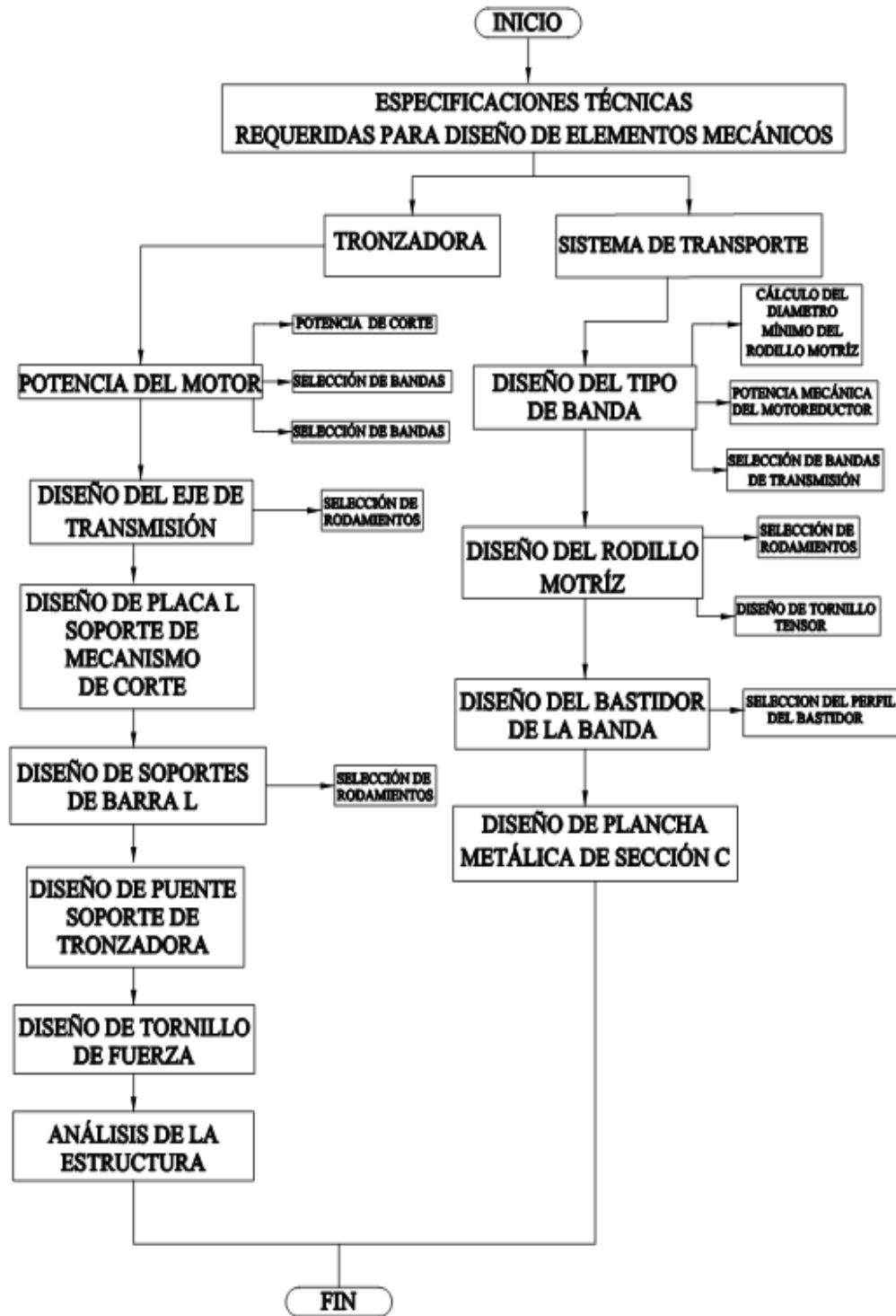


Figura 6.1. Flujograma de Diseño de máquina Tronzadora

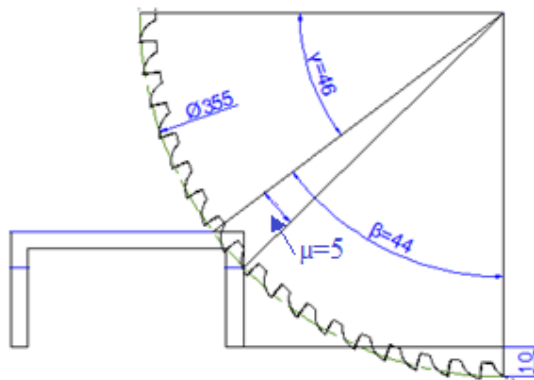
Fuente: Alejandro Morales



### 6.6.2.1. CÁLCULOS DE LA POTENCIA DEL MOTOR

Para el cálculo de la potencia del motor se ha realizado con el análisis de la teoría de arranque de viruta por la configuración que se tiene en el disco los dientes que posee para el corte.

En la figura 6.1 se observa de la acción de corte del disco un perfil tipo u con las dimensiones de (80x40x6) que es el usado en los anclajes de la carrocería y es más crítico, el de mayor espesor y según el estudio realizado el que más tiempo se requiere para realizar el corte.



**Figura 6.2. Análisis de corte en perfil estructural**

*Fuente: Alejandro Morales*

De la figura 6.1 se tiene los siguientes valores:

$D$  = Diámetro del disco = 14 pulg (355,5mm)

$\mu=5^\circ$  (Ángulo en el cuál se está realizando el trabajo de corte)

$\beta= 44^\circ$

$T= 10\text{mm}$

#### **Disco de corte:**

Espesor=  $b = 3 \text{ mm}$

Número de dientes =  $Z= 72$

Velocidad recomendada =  $\omega= 1500 \text{ rpm}$  (157 rad/seg)

**PASO ANGULAR:**

$$\varepsilon = \frac{360}{Z} \quad \text{Ec. (6.1)}$$

$$\varepsilon = \frac{360}{160} = 2,25$$

**NÚMERO DE DIENTES FORMADO EN EL ARCO DE CORTE:**

$$Z = \mu / \varepsilon \quad \text{Ec. (6.2)}$$

$$Z = 5 / 2,25$$

$$Z = 2,22 \text{ DIENTES}$$

**VELOCIDAD DE CORTE:**

Esta dada por la siguiente fórmula:

$$V = \omega * \frac{D}{2} \quad \text{Ec. (6.3)}$$

Donde:

$\omega$  = Velocidad Angular de Corte

$D$  = Diámetro de Disco de Corte

$$V = 157 * \frac{0,355}{2}$$

$$V = 27,48 \text{ m/seg}$$

**AVANCE POR DIENTE ( $S_z$ ):**

Velocidad recomendado ( $am$ ) = 0,03 mm (Anexo 3)

**ESPESOR MEDIO DE VIRUTA ( $em$ ):**

$$em = S_z \sqrt{\frac{e}{D}} \quad \text{Ec. (6.4)}$$

Dónde:

$em$  = Espesor medio de viruta

$e$  = Espesor de corte de 40mm (perfil U ASTM A 500 80x40x6)

$D$  = Diámetro del disco = 14 plg (355,5mm)

$$em = 0,00003 \sqrt{\frac{40}{350}}$$

$$em = 0,0000101 \text{ m}$$

### ÁREA DE CORTE:

$$Ac = em * b \quad \text{Ec. (6.5)}$$

Donde:

$Ac$  = Área de corte

$b$  = Espesor de diente

$$Ac = 0,00001014 * 0,003$$

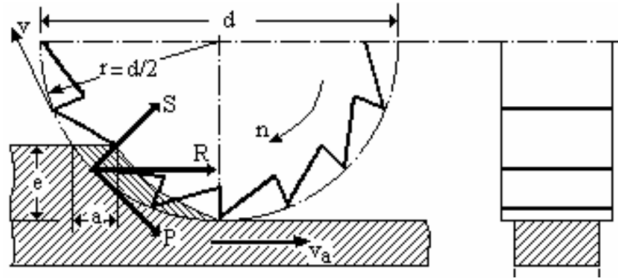
$$Ac = 0,0304 * 10^{-6} \text{ m}^2$$

### 6.6.2.2. POTENCIA NECESARIA PARA EL CORTE ( $K_s$ ):

Está definida como la fuerza tangencial de corte para cortar viruta de una determinada sección, el valor de la presión específica de corte se lo encuentra en tablas según el tipo de material a trabajar y la potencia total dependerá de la sección a desbastar.

Este parámetro es importante calcular ya que cuando se calcula la fuerza del avance por el corte por proceso de arranque de viruta es una medida de la maquinabilidad del material a desbastar, teniendo relación directa con la potencia eléctrica del motor.

En la figura 6.2 se muestra la forma de desbaste del disco y la dirección de la fuerza  $P$  que actúa tangencialmente sobre el material a cortar.



**Figura 6.3. Fuerza de corte en el fresado**

*Fuente: Freyre, Felipe F., Aplicaciones de Tecnología Mecánica*

**FUERZA DE CORTE:**

$$F_c = K_s * A_c \quad \text{Ec. (6.6)}$$

Donde:

$F_c$  = Fuerza de corte

$K_s$  = Resistencia específica de material al esfuerzo cortante

$$F_c = 1716,7 * 10^6 * 0,0304 * 10^{-6}$$

$$F_c = 52,19 \text{ N}$$

**TORQUE DE CORTE:**

Donde:

$T_c$  = Torque de corte

$r$  = Radio de disco de corte

$$T_c = F_c * r \quad \text{Ec. (6.7)}$$

$$T_c = 9,14 \text{ Nm}$$

**CÁLCULO DEL TORQUE DE ARRANQUE DEL MOTOR**

Se debe calcular la inercia que debe vencer el motor, para el arranque, en esta inercia estarán involucrados elementos como el disco de corte y la polea, se descartará el peso e inercia del eje para este análisis por ser de valores pequeños.

Sumatoria de momentos de inercia:

$$\sum M = \sum I * \alpha \quad \text{Ec. (6.8)}$$

Donde:

$M$  = Momento,  $N\cdot m$

$I$  = Inercia de las masas,  $Kg\cdot m^2$

$\alpha$  = Aceleración angular,  $rad/seg^2$

Para hallar la sumatoria de las inercias debemos calcular todas aquellas que están presentes en el corte, así:

$$\sum I = I_{disco} + I_{polea} \quad \text{Ec. (6.9)}$$

$I_{disco}$  = Inercia del disco de corte,  $Kg\cdot m^2$

$I_{polea}$  = Inercia de la polea,  $Kg\cdot m^2$

#### INERCIA DE DISCO:

$$I = \frac{1}{2}mr^2 \quad \text{Ec. (6.10)}$$

Donde:

$m$  = Masa,  $kg$

$r$  = Radio,  $m$

Elemento	Masa (kg)	Radio (m)
Polea	0,579	0,1016
Disco de corte	1,78	0,1775

$$I_{disco} = 0,028 \text{ kg} * m^2$$

$$I_{polea} = 0,00298 \text{ kg} * m^2$$

Reemplazando los valores hallados en la ecuación (6.9)

$$\sum I = 0,0309 \text{ kg} * m^2$$

## CÁLCULO DEL TORQUE DE ARRANQUE

Para encontrar el momento de torsión que ejerce el motor sobre el eje, se lo realiza con la inercia total obtenida y la aceleración angular del motor que se establece un tiempo de arranque de 3,2 seg, por ser un arranque directo, también se conoce el número de revoluciones es de 1500 rpm o 157 rad/s.

$$T_a = \sum I * \alpha \quad Ec. (6.11)$$

Donde:

$T_a$ =Torque de arranque o momento de torsión del motor al eje,  $N \cdot m$

Con los datos anteriores se obtiene la aceleración angular:

$$\alpha = \frac{W_f - W_o}{\Delta t} \quad Ec. (6.12)$$

Donde:

$\alpha$  = Aceleración angular,  $rad/s^2$

$W_f$  = Velocidad final, 1500 rpm o 157 rad/s

$W_o$  = Velocidad inicial, 0 rpm

$\Delta t$  = Tiempo de arranque, 3,2 seg

$$\alpha = 49,06 \text{ rad/s}^2$$

$$T_a = 1,52 \text{ Nm}$$

El torque total se calcula de la siguiente manera:

$$T_t = T_c + T_a \quad Ec. (6.13)$$

$$T_t = 10,66 \text{ N} * \text{m}$$

## POTENCIA REQUERIDA PARA EL CORTE:

$$P_c = T_t * \omega \quad Ec. (6.14)$$

$$P_c = 10,66 * 157$$

$$P_c = 1673,62 \text{ W} = 2,24 \text{ HP}$$

### 6.6.2.3. DIMENSIONAMIENTO DEL MOTOR ELÉCTRICO

En este caso dimensionaremos el motor eléctrico con una eficiencia del 85% para evitar sobrecalentamientos.

$$P_{motor} = \frac{\text{Potencia de corte}}{\text{eficiencia}} \quad \text{Ec. (6.15)}$$

$$P_{motor} = 2,64 \text{ HP}$$

Escogemos un motor de 3HP (Anexo 4)

### 6.6.2.4. SELECCIÓN DE BANDAS DE TRONZADORA

#### POTENCIA DE DISEÑO:

$$H_d = H_{nom} * k_s * n_d \quad \text{Ec. (6.16)}$$

Donde:

$H_d$  = Potencia de diseño

$H_{nom}$  = Potencia nominal

$k_s$  = Factor de servicio, 1,2 (Anexo 5)

$n_d$  = Factor de diseño, 1

Remplazando tenemos:

$$H_d = 2,64 * 1,2 * 1 = 3,1 \text{ HP}$$

Se determina la potencia de diseño. Se selecciona un motor trifásico de 3hp con 1760 rpm.

#### CÁLCULO DE LAS POLEAS A UTILIZAR:

Para dimensionar las poleas se debe considerar parámetros como:

Motor de 1760 rpm

Número de rpm requeridas 1500

Potencia a transmitir 3HP

### **CÁLCULO DE RELACIÓN DE TRANSMISIÓN:**

$$I = \frac{\omega_{entrada}}{\omega_{salida}} = \frac{D_{pm}}{D_{pd}} \quad Ec. (6.17)$$

Donde:

$I$  =Relación de transmisión

$\omega_{entrada}$  =Velocidad angular de polea motriz

$\omega_{salida}$  =Velocidad angular de polea conducida

$D_{pm}$  = Diámetro polea motriz

$D_{pd}$  = Diámetro de conducida

$$I = 1760rpm/1500rpm$$

$$I = 1,1733$$

### **DIMENSIONAMIENTO DE LAS POLEAS:**

Para el dimensionamiento de las poleas considerando el diámetro mínimo de poleas tipo A que es de 3 plg se escoge una polea de 3,5 plg, en la ecuación 6.17 se tiene:

$$D_{pd} = I * D_{pm}$$

$$D_{pd} = 4,1$$

$$D_{pd} = 4 \text{ plg}$$

### **DISTANCIA ENTRE CENTROS:**

El rango nominal entre distancias centrales debe ser:

$$D_{pd} < C < 3(D_{pd} + D_{pm}) \quad Ec. (6.18)$$

$$4 < C < 22,5$$



Por la configuración del diseño se escoge una distancia entre centros de 330 mm (13 pulg).

### SELECCIÓN DE LA BANDA:

Cuando se emplea una transmisión de banda abierta los ángulos de contacto se determinan mediante:

$$\theta = \pi - 2\text{sen}^{-1}\left(\frac{D - d}{2C}\right) \quad \text{Ec. (6.19)}$$

Donde:

$D$  = Diámetro polea mayor, 4 pulg

$d$  = Diámetro polea menor, 3,5 pulg (Anexo 6)

$C$  = Distancia entre centros, 13 pulg

$\theta$  = Ángulo de contacto, rad

$$\theta = \pi - 2\text{sen}^{-1}\left(\frac{4 - 3,5}{2 * 13}\right) = 3,1 \text{ rad}$$

### FACTOR DE CORRECCIÓN:

$$e^{f\theta} = \exp\{0,5123(\theta)\} \quad \text{Ec. (6.20)}$$

$$e^{f\theta} = \exp\{0,5123(3,1)\} = 4,89 \text{ rad}$$

### VELOCIDAD PERIFÉRICA:

$$V = \frac{\pi * d * n}{12} \quad \text{Ec. (6.21)}$$

Donde:

$V$  = Velocidad, ft/min

$n$  = Revoluciones del motor, 1760 rpm

$d$  = Diámetro de polea menor, 3,5 pulg

$$V = \frac{\pi * 3,5 * 1760}{12}$$

$$V = 1612,68 \frac{\text{pies}}{\text{min}}$$

Se ha seleccionado una banda trapezoidal tipo A (Anexo 7).

Con el diámetro mínimo de patea, la potencia del motor de 3HP y 1500 RPM y la velocidad periférica se determina la sección de la banda.

**LONGITUD DE PASO DE LA BANDA:**

$$Lp = 2 * C + \frac{\pi(D + d)}{2} + \frac{(D - d)^2}{4C} \quad \text{Ec. (6.22)}$$

Donde:

Lp = longitud de paso de la banda, pulg.

$$Lp = 2 * 13 + \frac{\pi(4 + 3,5)}{2} + \frac{(4 - 3,5)^2}{4 * 13} = 37,79 \text{ pulg}$$

Se determina la cantidad a sumarse es 1,3 (Anexo 8)

Conociendo que es una banda de sección tipo A y mediante este cálculo se obtiene la longitud de la banda.

$$L = Lp - \text{Aumento de longitud} \quad \text{Ec. (6.23)}$$

$$L = 37,79 - 1,3$$

$$L = 36,49 \text{ pulg}$$

Con esta longitud escogemos una banda A38 (Anexo 9)

**POTENCIA PERMITIDA:**

$$Ha = k_1 k_2 H_{tab} \quad \text{Ec. (6.24)}$$

Donde:

$H_{tab} = 1,98$  (Anexo 10) para  $V = 1612,18 \frac{\text{pies}}{\text{min}}$  y sección de banda tipo A.

$k_1$  = Factor de corrección del ángulo de cobertura

$k_1 = 0,7538$  (Anexo 11) para  $3,1 (180)/\pi = 177,61^\circ$

$k_2$  = Factor de corrección de la longitud de la banda

$k_2 = 0,9$  (Anexo 12) para  $L_p = 37,79$  pulg

Reemplazando valores se tiene:

$$H_a = 0,7538 * 0,9 * 1,98 = 1,34 \text{ hp}$$

### NÚMERO DE BANDAS:

$$Nb \leq \frac{H_d}{H_a} \quad \text{Ec. (6.25)}$$

$$Nb = \frac{3,1}{1,35} = 2,2$$

Por tanto se selecciona 2 bandas , por facilidad de montaje y espacio.

Para encontrar la tensión centrífuga en las bandas usamos:

$$F_c = K_c \left( \frac{V}{1000} \right)^2 \quad \text{Ec. (6.26)}$$

Donde:

$F_c$  = Tensión centrífuga,  $lb$

$K_c$  = Factor de corrección,  $0,561$  (Anexo 13)

$V$  = Velocidad periférica,  $pies/min$

$$F_c = 0,561 \left( \frac{1612,68}{1000} \right)^2 = 1,46 \text{ lbf} = 6,5 \text{ N}$$

La potencia que se transmite por banda se basa en:

$$H_d = \frac{(F_1 - F_2)V}{33000} \quad \text{Ec. (6.27)}$$

$$\frac{F_1 - F_c}{F_2 - F_c} = e^{f\theta} \quad \text{Ec. (6.28)}$$

Donde:

$F_1$  = Tensión mayor de la banda,  $N$

$F2$  = Tensión menor de la banda,  $N$

$F_c$  = Tensión centrífuga,  $6,5 N$

$e^{f\theta}$  = Factor de corrección,  $4,89 rad$

Reemplazando los valores conocidos anteriormente en la ecuación (6.27) y (6.28) tenemos:

$$F1 = 61,4 + F2 \quad Ec. (6.29)$$

$$F1 = 4,89 F2 - 5,658 \quad Ec. (6.30)$$

Resolviendo el sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas, se hallan los valores de las tensiones, así:

$$F1 = 78,69 \text{ lbf} = 350,53 N$$

$$F2 = 17,29 \text{ lbf} = 77,02 N$$

#### **TENSIÓN INICIAL DE LA BANDA:**

$$F_i = \frac{F1 + F2}{2} - F_c \quad Ec. (6.31)$$

$$F_i = \frac{78,69 + 17,29}{2} - 1,46 = 46,53 \text{ lbf} = 207,27 N$$

#### **FACTOR DE SEGURIDAD DE LA BANDA:**

$$nfs = \frac{H_a * N_b}{H_{nom} * K_s} \quad Ec. (6.32)$$

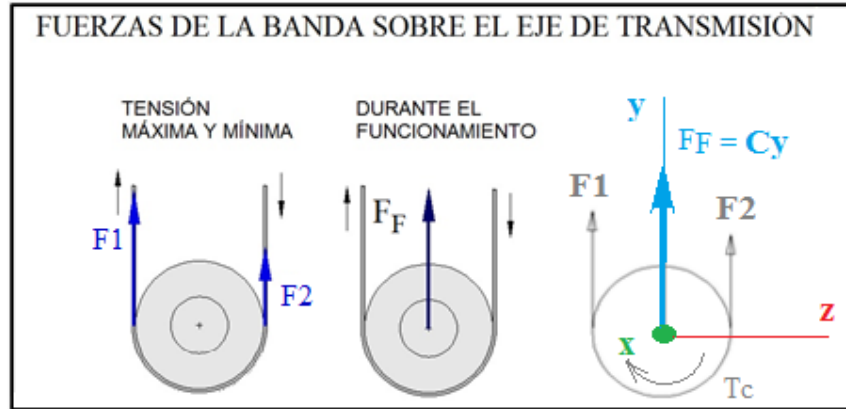
$$nfs = \frac{1,782 * 2}{3 * 1,2} = 1$$

### **6.6.2.5.DISEÑO DEL EJE DE TRANSMISIÓN**

#### **DISEÑO POR RESISTENCIA ESTÁTICA**

Para el diseño del eje se toma en cuenta lo siguiente: el acoplamiento de una polea en uno de sus extremos, el movimiento del disco de corte y la posición de una chumacera para el apoyo, se deben considerar todas las cargas que actúan en el

mismo, se iniciará con la determinación de las cargas efectuadas por la banda que acciona la polea.



**Figura 6.4. Fuerzas de la banda en V sobre la polea del eje de transmisión**

*Fuente: Alejandro Morales*

Aplicando la primera ley de Newton, ecuación para encontrar la fuerza producida por las tensiones de las bandas:

$$(\uparrow +)\Sigma F_y = 0 \quad \text{Ec. (6.33)}$$

$$F_F = Cy = F_1 + F_2$$

Reemplazando valores tenemos:

$$F_F = 78,69 + 17,29 = 95,98 \text{ lbf} = 427,55 \text{ N}$$

### TORQUE POR ROTACIÓN DEL EJE

$$T_c = (F_1 - F_2) * R \quad \text{Ec. (6.34)}$$

Donde:

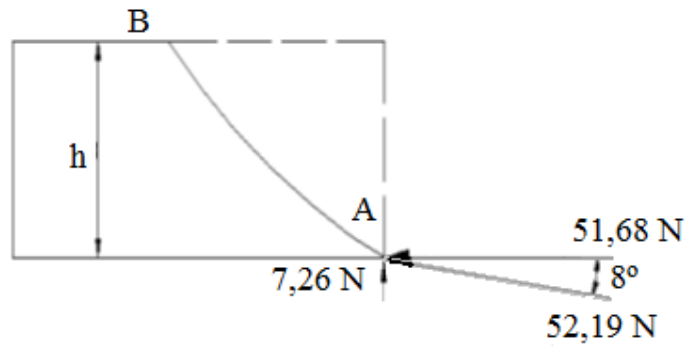
\$T\_c\$ = Torque producido por las tensiones de las bandas.

\$R\$ = Radio de la polea conducida, \$0,0508\text{m}\$

Remplazando valores se obtiene:

$$T_c = (350,53 - 77,02) * 0,0508 = 13,89 \text{ Nm}$$

Ahora se procede a asignar las cargas producidas por el disco de corte en el eje.



**Figura 6.5.** Esquema de fuerzas actuantes por el disco sobre el perfil

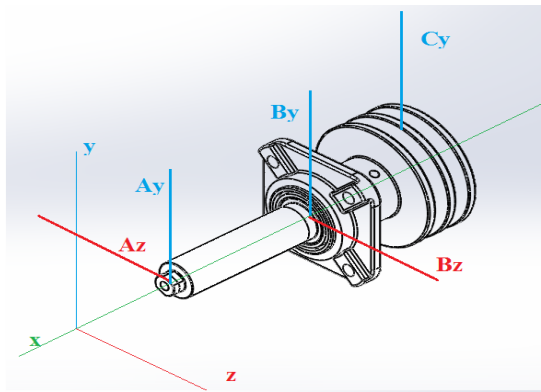
*Fuente: Alejandro Morales*

De la figura 6.5 se tiene:

$$A_z = F_{corte} \cos \beta = 51,68 \text{ N}$$

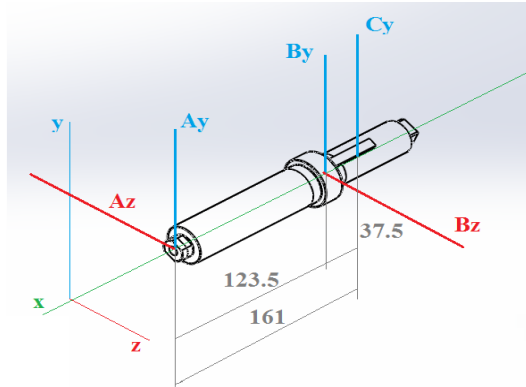
$$A_y = F_{corte} \sin \beta = 7,26 \text{ N}$$

$\beta = 8$  valor recomendado de ángulo de incidencia (Anexo 3)



**Figura 6.6.** Diagrama de fuerzas en el eje que acciona el disco de corte

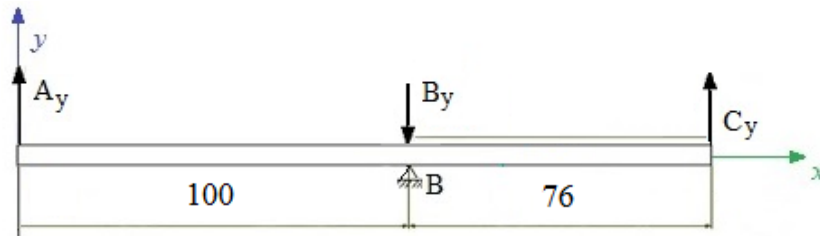
*Fuente: Alejandro Morales*



**Figura 6.7. Diagrama de cuerpo libre del eje que acciona el disco de corte**

*Fuente: Alejandro Morales*

**EN PLANO X -Y**



**Figura 6.8. Diagrama de cuerpo libre de la barra soporte de mecanismo de corte.**

*Fuente: Alejandro Morales*

Aplicando sumatoria de fuerzas con la ecuación (6.33) en el plano y, para la figura 6.7. se tiene:

$$By = Cy + Ay$$

Reemplazando las reacciones ya conocidas, se obtiene el valor de la reacción en la chumacera B en dirección y.

$$By = 427,55 + 7,26 = 434,81 \text{ N}$$

Para determinar las fuerzas cortantes y momentos flectores se emplean los metodos siguientes: cortantes de izquierdas y derechas y de áreas para el momento máximo, así se muestra en las siguientes tablas:

**Tabla 6.1.** Cortantes de izquierdas a derechas

Fuerza cortante de izquierdas y derechas		
A	$V_{AI} = 0$	[N]
	$V_{AD} = 0 + 7,26 = 7,26$	[N]
B	$V_{BI} = 7,26 + 0 = 7,26$	[N]
	$V_{BD} = 7,26 - 434,81 = -427,55$	[N]
C	$V_{CI} = -427,55 + 0 = -427,55$	[N]
	$V_{CD} = -427,55 + 427,55 = 0$	[N]

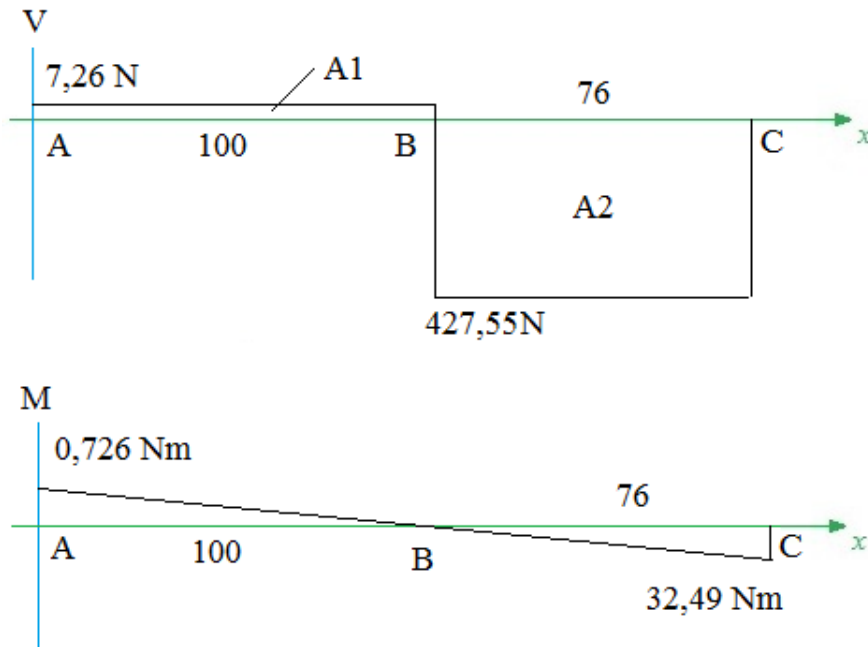
*Fuente: Alejandro Morales*

**Tabla 6.2.** Momentos por el método de las áreas

Momento Flector	
A1	$7,26 \times 0,1 = 0,726$ [N-m]
A2	$-427,55 \times 0,076 = 32,49$ [N-m]

*Fuente: Alejandro Morales*

Entonces tenemos:



**Figura 6.9.** Diagrama de carga, de corte y momento flexionante

*Fuente: Alejandro Morales*



## RESULTADO DE ANÁLISIS DE FUERZA

$$R_{BY} = 434,81 \text{ N} = 97,61 \text{ lbf}$$

$$M_{m\acute{a}x} = 32,49 \text{ Nm} = 287,15 \text{ lbf} \cdot \text{pulg}$$

## EN PLANO X-Z

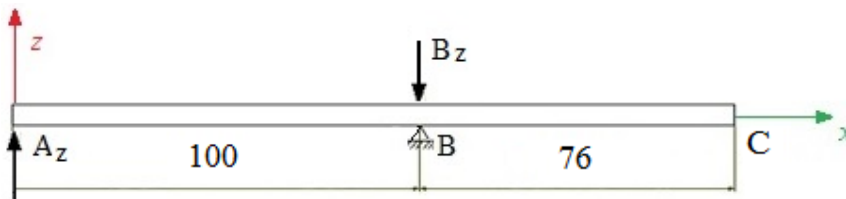


Figura 6.10. Diagrama de cuerpo libre de la barra soporte de mecanismo de corte.

Fuente: Alejandro Morales

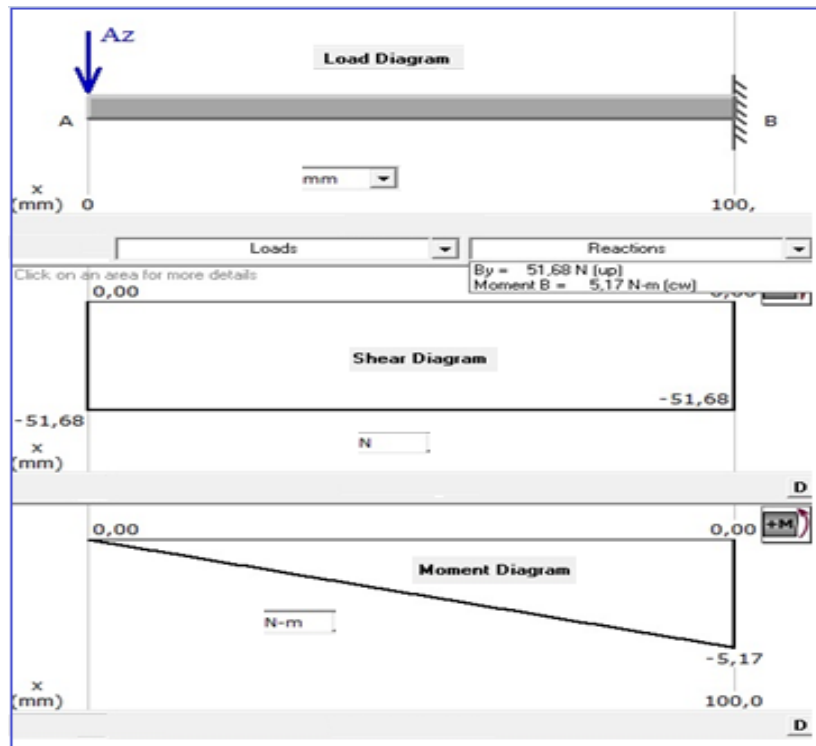


Figura 6.11. Diagrama de carga, de corte y momento flexionante

Fuente: Alejandro Morales

## RESULTADO DE ANÁLISIS DE FUERZA

$$R_{BZ} = 51,68 \text{ N} = 11,6 \text{ lbf}$$

$$M_{m\acute{a}x} = 5,17 \text{ Nm} = 45,69 \text{ lbf} * \text{pulg}$$

## MOMENTO MÁXIMO

$$Mmax = \sqrt{Mmax(xy)^2 + Mmax(xz)^2} \quad Ec. (6.35)$$

Reemplazando valores tenemos:

$$Mmax = \sqrt{32,49^2 + 5,17^2}$$

$$Mmax = 32,91 \text{ Nm}$$

## SELECCIÓN DE MATERIAL

ACERO AISI 1020

Laminado en caliente

Resistencia a la tensión:  $S_{ut} = 380 \text{ MPa}$ .

Resistencia a la fluencia:  $S_y = 210 \text{ MPa}$ .

## VERIFICACIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD:

Se ha seleccionado un diámetro de 30mm para el eje de transmisión, utilizamos las siguientes ecuaciones para el diseño estático:

## DISEÑO ESTÁTICO

Para encontrar el esfuerzo de Von Misses o el criterio de falla de la energía de la distorsión utilizamos:

$$\sigma' = \sigma_{m\acute{a}x} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau^2} \quad Ec. (6.36)$$

Donde:

$\sigma_x$  = Esfuerzo flexión

$\tau$  =Torsión pura

**FACTOR DE SEGURIDAD ESTÁTICO:**

$$n = \frac{Sy}{\sigma'} \quad Ec. (6.37)$$

**ESFUERZO ESTÁTICO:**

$$\sigma = \frac{M}{S} \quad Ec. (6.38)$$

**MÓDULO DE SECCIÓN:**

$$S = \frac{\pi d^3}{32} \quad Ec. (6.39)$$

Reemplazando la ecuación (6.39) en (6.38) tenemos:

$$\sigma_f = \frac{32M}{\pi d^3} \quad Ec. (6.40)$$

El esfuerzo cortante torsional máximo:

$$\tau = \frac{16T}{\pi d^3} \quad Ec. (6.41)$$

Reemplazando los valores calculados anteriormente se tiene el factor de seguridad estático.

$$\sigma_f = \frac{32(32,91)}{\pi(0,03)^3} = 12,42 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xz} = \frac{16 * 13,89}{\pi(0,03)^3} = 2,62 \text{ MPa}$$

$$\sigma' = \sqrt{12,42^2 + 3(2,62)^2}$$

$$\sigma' = 13,22 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{210}{13,22}$$

$$n = 15,89$$

## DISEÑO A FATIGA

Se calculará con 30 mm de diámetro para el diseño a fatiga del eje.

$$S_e = S_e' * k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_f \quad Ec. (6.42)$$

Donde:

$S_e$  = Límite de resistencia a la fatiga del elemento mecánico

$S_e'$  = Límite de resistencia a la fatiga del elemento giratorio

$k_a$  = Factor de modificación de la condición superficial

$k_b$  = Factor de modificación del tamaño

$k_c$  = Factor de modificación de la carga

$k_d$  = Factor de modificación de la temperatura

$k_e$  = factor de confiabilidad

$k_f$  = Factor de modificación de efectos varios

$$S_e' = 0,5 S_{ut} \quad Ec. (6.43)$$

La ecuación (6.43) se cumple cuando  $S_{ut} \leq 1400 \text{ MPa}$

Donde:

$S_{ut}$  = resistencia mínima a la tensión,  $380 \text{ MPa}$

Reemplazando valores tenemos:

$$S_e' = 0,5 * 380$$

$$S_e' = 190 \text{ MPa}$$

### FACTOR DE SUPERFICIALIDAD: ( $k_a$ )

$$k_a = a(S_{ut})^b = 0,95 \quad Ec. (6.44)$$

Donde  $a = 1,58$  y  $b = -0,085$  (Anexo 14)

### FACTOR DE TAMAÑO: ( $k_b$ )(Anexo 15)

$$k_b = 1,24(d)^{-0,107} \quad Ec. (6.45)$$

La ecuación (6.45) se cumple cuando el diámetro del eje está comprendido entre:

$$2,79 < d \leq 51 \text{ mm}$$

$$kb = 0,861$$

**FACTOR DE MODIFICACIÓN DE LA CARGA: ( $k_c$ )**

$k_c = 0,59$  , Esfuerzos de torsión combinada. (Anexo 16)

**FACTOR DE TEMPERATURA: ( $k_d$ )**

Bajo condiciones normales de temperatura,  $k_d = 1$ , (Anexo 17)

**FACTOR DE CONFIABILIDAD: ( $k_e$ )**

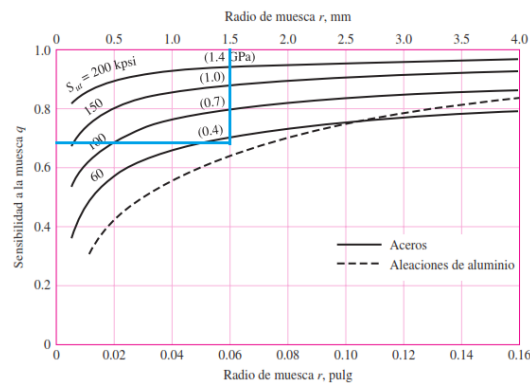
$$k_e = 0,814 \quad \text{Ec. (6.46)}$$

La ecuación (6.46) se calcula para una confiabilidad del 99% (Anexo 18).

**FACTOR DE CONCENTRACIÓN DE ESFUERZOS: ( $k_f$ )**

$$K_f = 1 + q(K_t - 1) \quad \text{Ec. (6.47)}$$

Radio de ranura:  $1,5 \text{ mm}$ ;  $q = 0,69$



**Figura 6.12. Curvas para hallar radio de muesca**

*Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica.*

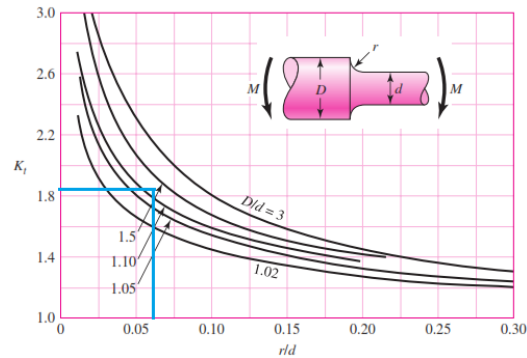
$D = 30 \text{ mm}$

$d = 25 \text{ mm}$

$$\frac{D}{d} = 1,2$$

$$\frac{r}{d} = 0,06$$

Entonces:  $Kt=1,9$



**Figura 6.13. Barra de sección circular en flexión con estrechamiento y entalle**

*Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica.*

$$Kf = 1 + 0,69(1,9 - 1)$$

$$Kf = 1,621$$

Por lo tanto, reemplazando todos los valores de los factores hallados para la ecuación de (6.42), tenemos que:

$$Se = 190 * 0,95 * 0,861 * 0,59 * 1 * 0,814 * 1,621 = 120,98 \text{ MPa}$$

### ESFUERZOS MEDIOS Y ALTERNATES

Los esfuerzos fluctuantes máximos y mínimos son:

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \sigma_f = 12,42 \text{ MPa} ; \sigma_{m\acute{i}n} = -\sigma_f = -12,42 \text{ MPa} ;$$

### ESFUERZO MEDIO:

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} \quad \text{Ec. (6.48)}$$

$\sigma_m = 0 \text{ MPa}$  (al ser iguales los esfuerzos fluctuantes máximos y mínimos)

### ESFUERZO ALTERNANTE:

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} \quad Ec. (6.49)$$

$$\sigma_a = 12,42 \text{ MPa}$$

$$S_a = Se * \left(1 - \frac{\sigma_m}{S_{ut}}\right) \quad Ec. (6.50)$$

Donde:

$S_a$  = Amplitud de esfuerzo

Reemplazando valores tenemos:

$$S_a = 120,98 * \left(1 - \frac{0}{380}\right) = 120,98 \text{ MPa}$$

Se prueba que la selección del diámetro de 30 mm no fallará a fatiga, y se comprueba con la teoría de falla de la recta de Soderberg es:

$$\frac{\sigma_m}{S_y} + \frac{\sigma_a}{S_e} = \frac{1}{n} \quad Ec. (6.51)$$

$$\frac{0}{210 \times 10^6} + \frac{12,42 \times 10^6}{120,98 \times 10^6} = \frac{1}{n}$$

$$n = 9,74$$

El eje tiene con un factor de seguridad considerable, en este caso no se reducirá su diámetro debido a la facilidad que se presenta en el montaje, así se garantizará un normal funcionamiento en condiciones extremas de corte tanto de velocidades de avance, como de espesores de perfilera, y de impacto.

#### 6.6.2.6. SELECCIÓN DE RODAMIENTOS PARA EL EJE

La utilización de los cojinetes es muy importante para reducir la fricción del eje que está rotando. En este caso la fricción de deslizamiento se sustituye por fricción de rodamiento. Las cargas radiales están ya determinadas en la figura 6.5.

$$R_y = 434,81 \text{ N} = 97,61 \text{ lbf}$$

$$R_z = 51,68 \text{ N} = 11,6 \text{ lbf}$$

Reacción resultante en el punto de apoyo de la chumacera, de manera similar con la ecuación (6.35).

$$R = \sqrt{R_y^2 + R_z^2}$$

$$R = Fr = 437,87 \text{ N}$$

Diámetro del eje:  $0,03 \text{ m}$ ; trabaja 8h/día.

### **CÁLCULO DEL FACTOR DE ESFUERZO ESTÁTICO:**

$$f_s = \frac{C_{o_{req}}}{P_o} \quad \text{Ec. (6.52)}$$

Donde:

$f_s$  = Factor de esfuerzo estático (1-1,5 para exigencias normales)

$C_{o_{req}}$  = Capacidad de carga estática requerida

$P_o$  = Carga estática equivalente

### **CARGA ESTÁTICA EQUIVALENTE:**

$$P_o = X_o \cdot Fr + Y_o \cdot Fa \quad \text{Ec. (6.53)}$$

Donde:

$X_o$  = Factor de carga radial

$Fr$  = Carga radial

$Y_o$  = Factor de carga axial

$Fa$  = Carga axial

Seleccionamos un  $f_s = 1,25$  y reemplazando en la ecuación (6.52) se tiene:

$$C_{o_{req}} = 1,25 P_o \quad \text{Ec. (6.54)}$$

Existen dos alternativas para calcular la carga estática equivalente:



$$P_o = Fr, \quad \text{cuando } \frac{Fa}{Fr} \leq 0,8 \quad \text{Ec. (6.55)}$$

$$P_o = 0,6Fr + 0,5Fa, \text{ cuando } \frac{Fa}{Fr} > 0,8 \quad \text{Ec. (6.56)}$$

Como no tenemos fuerza axial, por lo tanto:

$$\frac{Fa}{Fr} = 0; \quad P_o = Fr$$

Al reemplazar en la ecuación (6.54) tenemos que:

$$C_{o_{req}} = 547,34 \text{ N}$$

Capacidad de carga dinámica:

$$C_{req} = C_o \sqrt[p]{\frac{L_{10H} * n * 60}{1000000 * a_1 * a_{23}}} \quad \text{Ec. (6.57)}$$

Donde:

$L_{10h}$  = Duración nominal en horas, 25000 horas de servicio (Anexo 19)

$n$  = Velocidad angular deseada, 1500 rpm

$a_1$  = Factor de ajuste de duración (1 para confiabilidad  $R = 90\%$ ) (Anexo 20)

$a_{23}$  = Factor de condiciones de funcionamiento

$p = 3$ , para rodamiento de bolas

#### PARA CÁLCULO DE $a_{23}$

$$dm = \frac{d + D}{2} \quad \text{Ec. (6.58)}$$

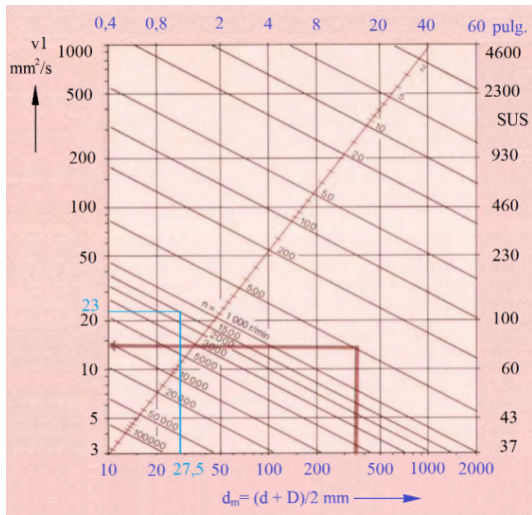
Donde:

$d$  = diámetro menor, 25 mm

$D$  = diámetro mayor, 30 mm

$$dm = 27,5 \text{ mm}$$

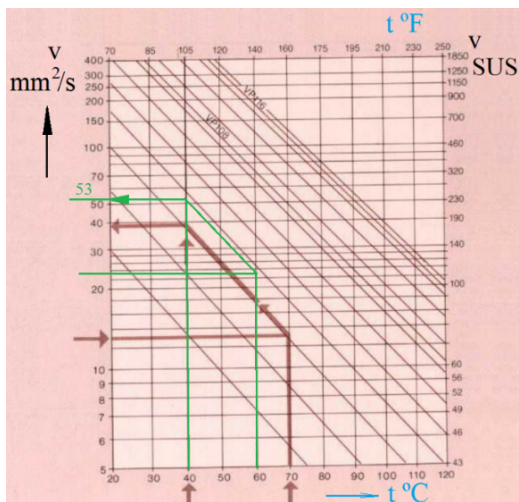
En el siguiente diagrama, con el valor de  $dm$  procedemos a encontrar  $v_l$  y  $v$ :



**Figura 6.14. Diagrama para determinar  $v_1$**

*Fuente: Catálogo de rodamientos SKF*

$$v_1 = 23 \frac{\text{mm}^2}{\text{seg}}$$



**Figura 6.15. Diagrama para determinar  $v$**

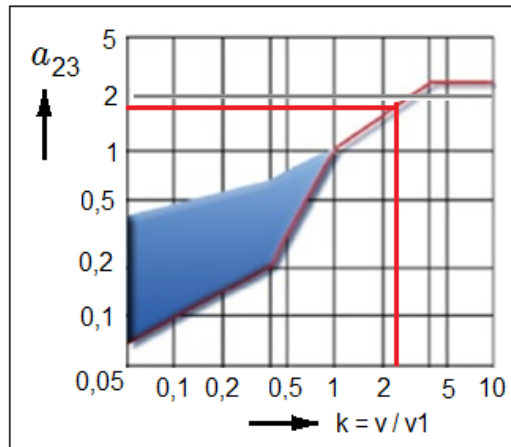
*Fuente: Catálogo de rodamientos SKF*

$$v = 53 \frac{\text{mm}^2}{\text{seg}}$$

$$k = \frac{v}{v_1} \quad \text{Ec. (6.59)}$$

$$k = 2,30$$

Y de la figura 6.16 se obtiene el factor  $a_{23}$  :



**Figura 6.16. Factor kappa – cálculo de vida nominal ajustado**

*Fuente: Catálogo de rodamientos SKF*

$$a_{23} = 1,8$$

Seleccionamos rodamiento rígido de bolas: 6005, que posee las siguientes características:

$$d = 25\text{mm}$$

$$D = 47\text{ mm}$$

$$C = 11200\text{ N}$$

$$C_o = 5600\text{ N}$$

$$C_{req} = 547,34 \sqrt[3]{\frac{25000 * 1500 * 60}{1000000 * 1 * 1,8}}$$

$$C = 5896 < 11200\text{ N} \rightarrow Ok$$

$$C_o = 547,34 < 5600\text{ N} \rightarrow Ok$$

### 6.6.2.7. DISEÑO DE BARRA L SOPORTE DE MECANISMO DE CORTE

El diseño de la barra soporte se lo ha realizado basado en parámetros anteriores como son selección de motor, configuración de poleas de transmisión, así como también las reacciones producidas en el mecanismo de corte.

Para conocer que peso soportará tanto la barra L como la barra de soporte que se moverá en sentido transversal, se puede calcular el volumen del elemento mecánico, y a partir de la ecuación de la masa encontraremos el peso del mismo.

#### ECUACIÓN DE LA MASA:

$$m = d * V \quad \text{Ec. (6.60)}$$

Donde:

$m$  = Masa,  $kg$

$d$  = Densidad del acero ASTM A36:  $7850 \text{ Kg/m}^3$

$V$  = Volumen de la barra L,  $1177970,75 \text{ mm}^3$

$$m = 7850 * 1,177 * 10^{-3}$$

$$w = 9,25 \text{ kgf} = 90,65 \text{ N}$$

$$WL = w_m + w_{dc} + w_{eje} + w_p + w_{ch} + w_{protector} + w_{td} + w_{pd} + w_{extra}$$

$$\text{Ec. (6.61)}$$

$$WC = WL + w_b \quad \text{Ec. (6.62)}$$

Donde:

$WL$  =Peso total que soporta la barra L, N

$WC$  =Peso total que soporta la barra C, N

$w_m$  =Peso del motor,

$w_b$  =Peso de la barra soporte,  $90,65 \text{ N}$

$w_{dc}$  =Peso de disco de corte,

$w_{eje}$  = Peso del eje de rotación,

$w_p$  =Peso de poleas,  $1,08 \text{ kg}$

$w_{ch}$  =Peso de chumacera,

$w_{protector}$  =Peso de protector de caucho,

$w_{td}$  =Peso de tapas de disco,

$w_{pd}$  =Peso de platos de disco,

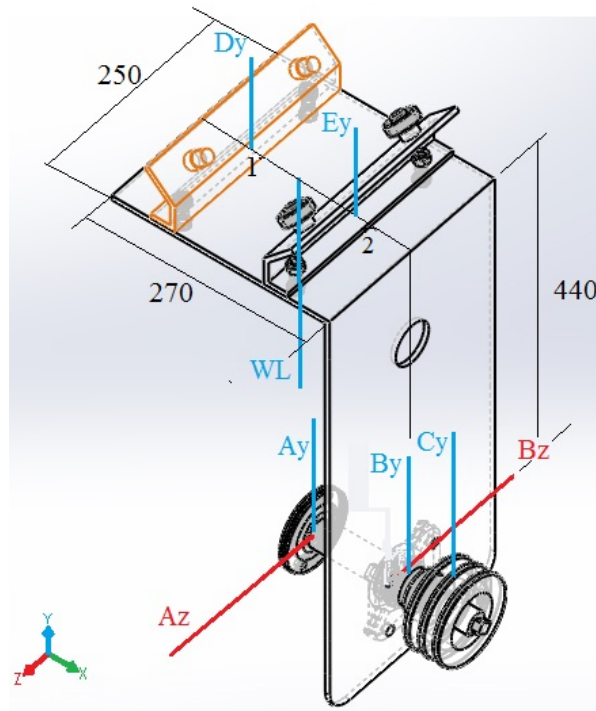
$w_{extra}$  =Peso de bandas, poleas y chavetas,

$Wt$  =Peso de todo el conjunto antes del soporte L,  $409,56 N$

Al reemplazar todos los pesos que intervienen en el mecanismo de corte, tenemos:

$$Wl = 409,56 N$$

$$Wc = 500,21 N$$



**Figura 6.17. Diagrama de cuerpo libre de la barra L soporte de mecanismo de corte.**

*Fuente: Alejandro Morales*

PLANO X-Y

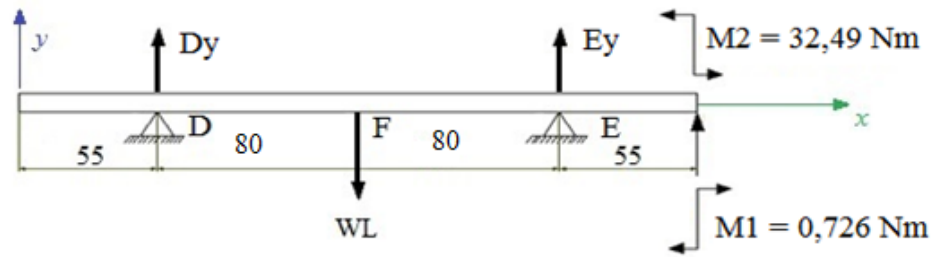


Figura 6.18. Diagrama de barra soporte de mecanismo de corte en plano x-y.

Fuente: Alejandro Morales

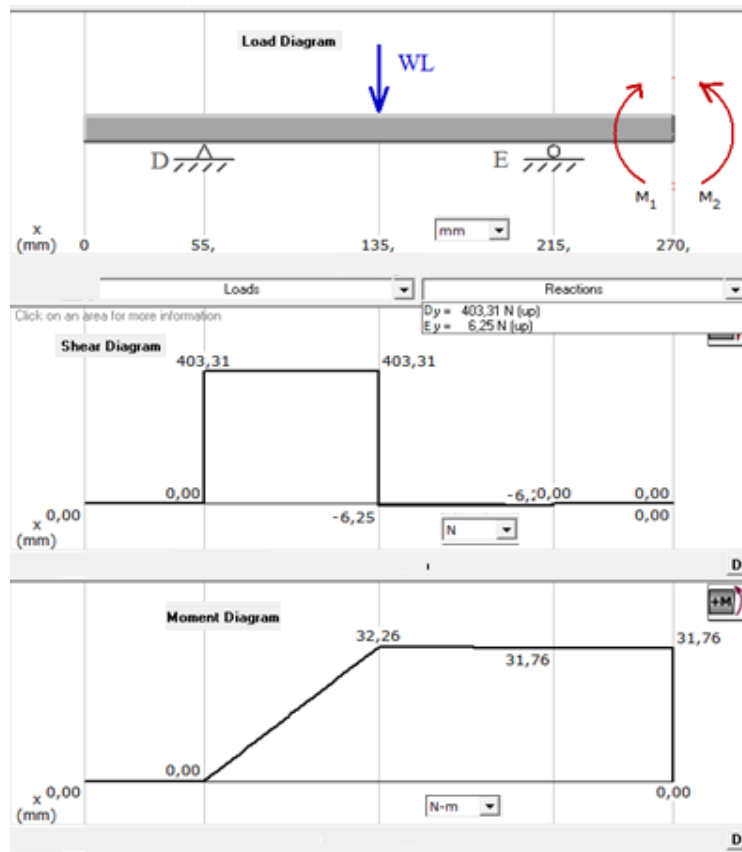


Figura 6.19. Diagrama de carga, de corte y momento flexionante barra L

Fuente: Alejandro Morales

## RESULTADO DE ANÁLISIS DE FUERZA

$$R_{DY} = 403,31 \text{ N} = 90,54 \text{ lbf}$$

$$R_{EY} = 6,25 \text{ N} = 1,4 \text{ lbf}$$

$$M_{m\acute{a}x} = 32,26 \text{ Nm} = 285,12 \text{ lbf} * \text{ pulg}$$

## PLANO X-Z

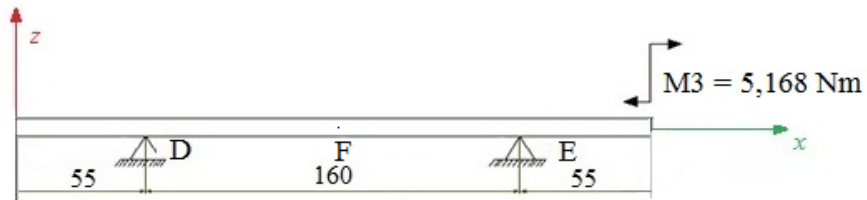


Figura 6.20. Diagrama de barra soporte de mecanismo de corte I.

Fuente: Alejandro Morales

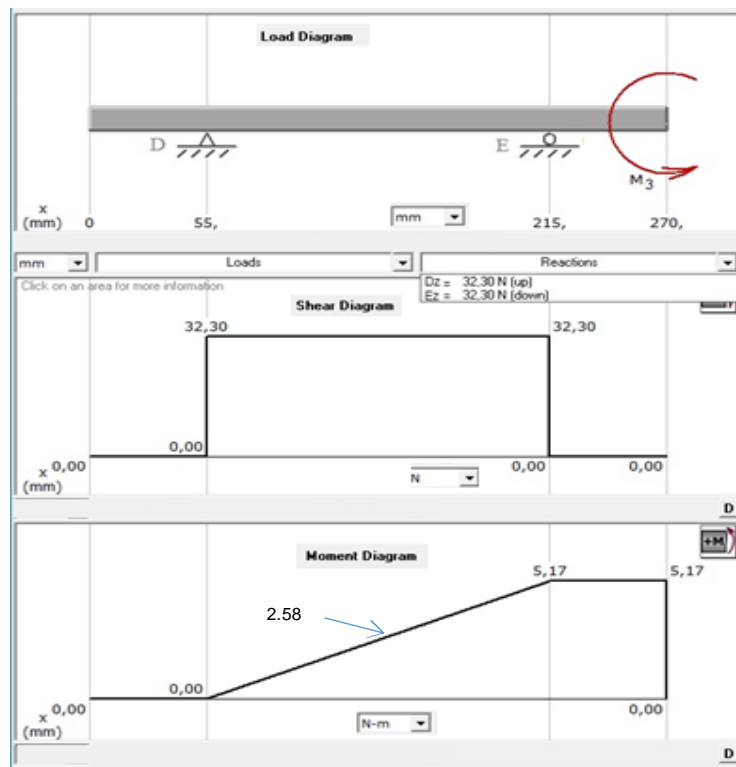


Figura 6.21. Diagrama de carga, de corte y momento flexionante de barra I.

Fuente: Alejandro Morales

## RESULTADO DE ANÁLISIS DE FUERZA

$$R_{Dz} = 32,3 \text{ N} = 7,25 \text{ lbf}$$

$$R_{Ez} = 32,3 \text{ N} = 7,25 \text{ lbf}$$

$$M_{m\acute{a}x} = 5,17 \text{ Nm} = 45,69 \text{ lbf} * \text{ pulg}$$

Se procederá a calcular la reacción resultante en los puntos E y F, a una distancia de 215 y 135 mm respectivamente, ya que ambos cuentan con un momento alto en un plano de análisis, con los diagramas de cortante y momento flector resultante, de forma similar con la fórmula de Pitágoras, aplicada en la ecuación (6.35), para encontrar el momento máximo ya que será el punto crítico.

## MOMENTOS MÁXIMOS EN EL PLANO X-Z

### ANÁLISIS EN EL PUNTO E:

$$RE = 32,9 \text{ N}$$

$$Mmax = \sqrt[2]{31,76^2 + 5,17^2}$$

$$Mmax = 32,18 \text{ Nm}$$

### ANÁLISIS EN EL PUNTO F:

$$RF = 409,56 \text{ N}$$

$$Mmax = \sqrt[2]{32,26^2 + 2,58^2}$$

$$Mmax = 32,36 \text{ Nm}$$

## SELECCIÓN DE MATERIAL

ACERO ASTM A36 con espesor  $e = 6 \text{ mm}$

Laminado en caliente

Resistencia a la tensión:  $Sut = 380 \text{ MPa} = 55 \text{ ksi}$

Resistencia a la fluencia:  $Sy = 248 \text{ MPa} = 36 \text{ ksi}$

$\tau_p = 48,5 \text{ ksi} = 334,4 \text{ MPa}$



## DISEÑO ESTÁTICO

### ESFUERZOS A FLEXIÓN:

#### MÓDULO DE SECCIÓN RECTANGULAR:

$$S = \frac{bxh^2}{6} \quad \text{Ec. (6.63)}$$

$$S = \frac{250x6^2}{6}$$

$$S = 1500 \text{ mm}^3 = 1,5x10^{-6}m^3$$

Utilizando la ecuación del esfuerzo máximo por flexión (6.38), se tiene:

$$\sigma = \frac{32,36 \text{ Nm}}{1,5x10^{-6}m^3}$$

$$\sigma = 21,57 \text{ MPa}$$

Verificando el factor de seguridad con la ecuación (6.37):

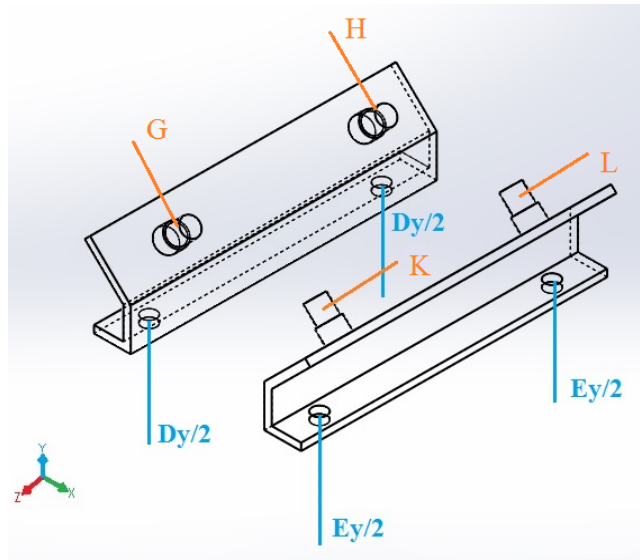
$$n = \frac{Sy}{\sigma}$$

$$n = \frac{248}{21,57}$$

$$n = 11,5$$

Se considera estas dimensiones por facilidad de montaje de elementos .

### 6.6.2.8. DISEÑO DE SOPORTES DE BARRA



**Figura 6.22. Diagrama de cargas que actúan en el soporte de barra**

*Fuente: Alejandro Morales*

Diseñados para soportar la carga de la barra de soporte y de los elementos de la máquina que intervienen directamente en el corte, así como para la ubicación de los rodamientos.

### CARGA MÁXIMA QUE SOPORTA LA BARRA

Para el diseño se analizará la barra que está más alejada de la chumacera, ya que ésta soporta mayor carga, según el cálculo de fuerzas en los puntos D y E.

$$D_{max} = R_{DY} = 403,31 \text{ N} = 90,54 \text{ lbf}$$

$$E_{max} = R_{EY} = 6,25 \text{ N} = 1,4 \text{ lbf}$$

### MÓDULO DE RESISTENCIA DE LA SECCIÓN:

$$S = \frac{I}{C} = \frac{My}{Y} \quad \text{Ec. (6.64)}$$

Donde:

My = Segundo momento de inercia del área, 48813,17 mm<sup>4</sup>

Y = Distancia del eje centroidal al lugar de máximo esfuerzo, 28,28 mm

El diseño cuenta con dos barras de iguales dimensiones simétricas, por ende se tiene el mismo módulo de resistencia.

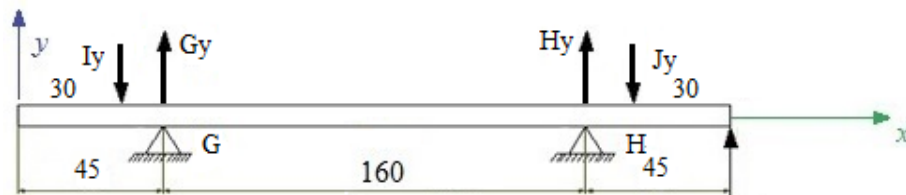
$$S = \frac{48813,17}{28,28}$$

$$S = 1726,07 \text{ mm}^3 = 1,726 * 10^{-6} \text{ m}^3$$

La carga máxima que soporta la barra se encuentra en el punto de análisis 1, pero se deberá analizar el punto 2 también, ya que para el diseño del puente se necesitan las cargas que actúan en dicho punto, como son dos apoyos, la carga se dividirá para tal número, por lo tanto:

#### REACCIONES EN BARRA 1:

$$Iy = Jy = \frac{R_{DY}}{2} = \frac{D_{max}}{2} = \frac{403,31}{2} \text{ N} = 201,66 \text{ N}$$



**Figura 6.23. Diagrama de cargas que actúan en el soporte de barra L en plano x-y**

*Fuente: Alejandro Morales*

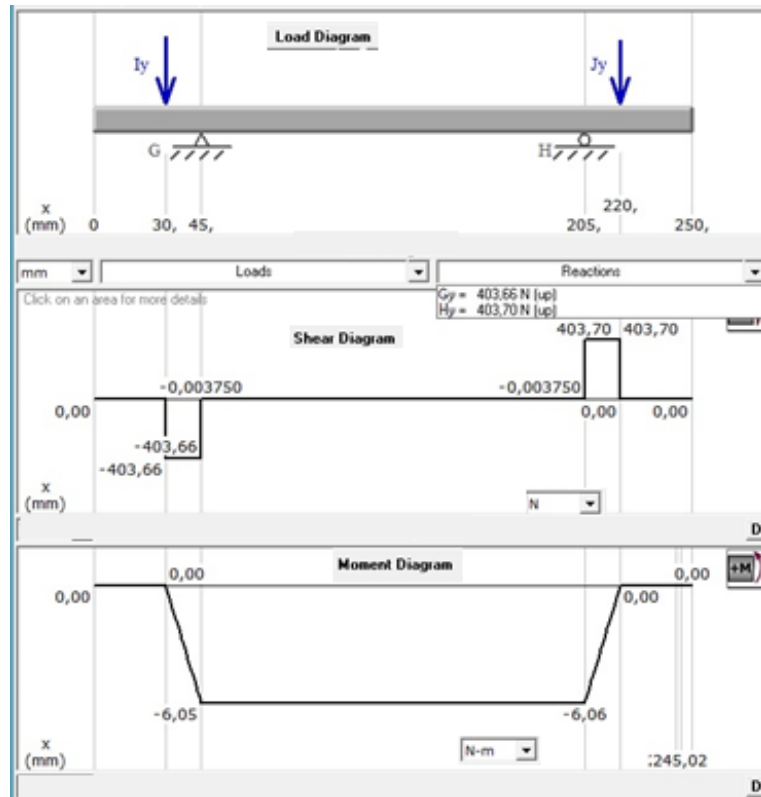


Figura 6.24. Diagrama de carga, de corte y momento flexionante de barra L.

Fuente: Alejandro Morales

REACCIONES EN BARRA 2:

$$K_y = L_y = \frac{R_{EY}}{2} = \frac{E_{\max}}{2} = \frac{6,25}{2} \text{ N} = 3,13 \text{ N}$$

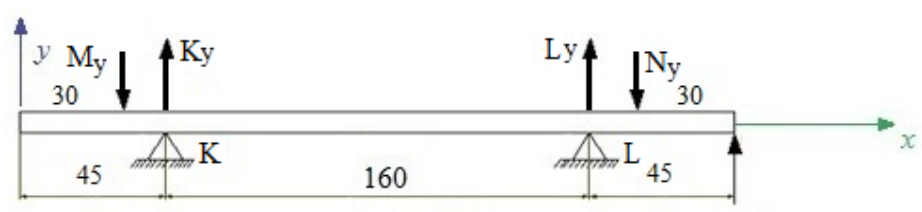
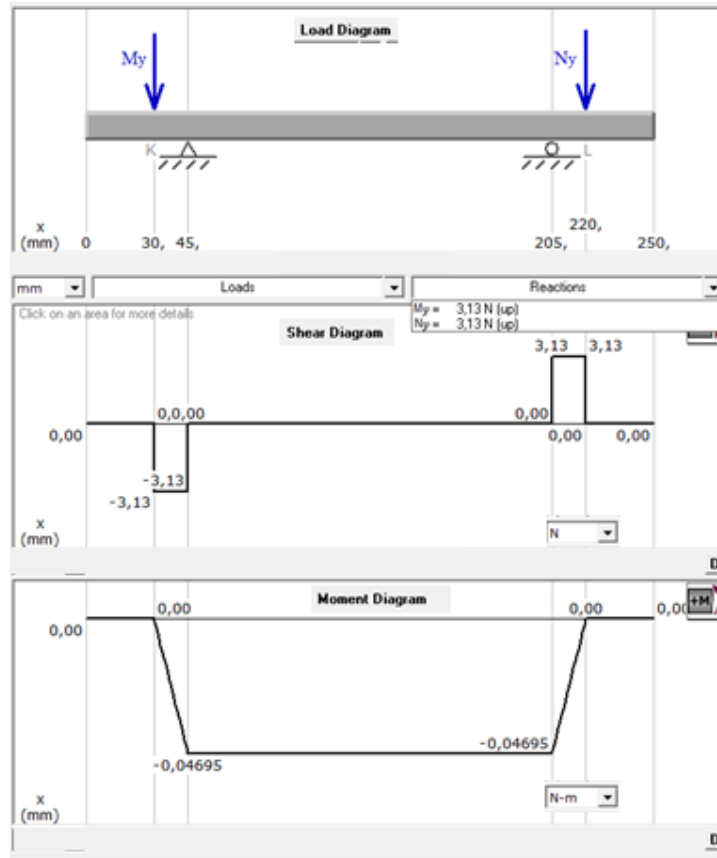


Figura 6.25. Diagrama de cargas que actúan en el soporte de barra 2 en plano x-y

Fuente: Alejandro Morales



**Figura 6.26. Diagrama de carga, de corte y momento flexionante de barra 2**

*Fuente: Alejandro Morales*

De la ecuación del esfuerzo por flexión (6.38), con el momento máximo:

$$\sigma_f = \frac{6,06}{1,726 * 10^{-6}}$$

$$\sigma_f = 3,51 \text{ MPa}$$

## SELECCIÓN DE MATERIAL

ACERO ASTM A36 con espesor  $e = 6 \text{ mm}$

Laminado en caliente

Resistencia a la tensión:  $Sut = 380 \text{ MPa} = 55 \text{ ksi}$

Resistencia a la fluencia:  $Sy = 248 \text{ MPa} = 36 \text{ ksi}$

Para el diseño estático se debe trabajar con el esfuerzo máximo aplicados al soporte de barra, aplicando el teorema de la energía de distorsión (6.36) y (6.37) se tiene:

$$n = \frac{S_y}{\sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau^2}} = \frac{248}{\sqrt{(3,51)^2 + 0}}$$

$$n = 70,66$$

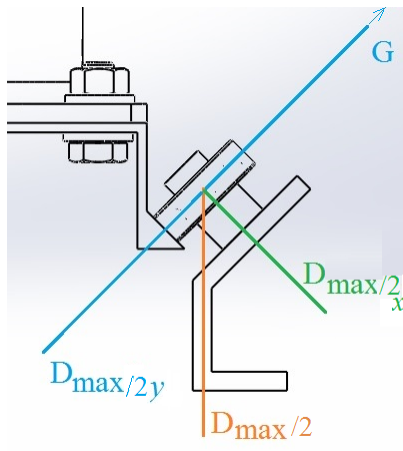
Se considera el factor de seguridad más crítico entre esfuerzos de flexión y Tensión.

$$S_y > \sigma_{m\acute{a}x} \rightarrow OK.$$

Las dimensiones consideradas son debido a la facilidad de montaje.

### SELECCIÓN DE RODAMIENTOS PARA LA BARRA DE SOPORTE

Para la selección de estos rodamientos se debe tener presente la carga radial, para ello se realiza el diagrama de cuerpo libre de la barra que está íntimamente relacionada con los cojinetes.



**Figura 6.27. Diagrama de cuerpo libre de rodamiento de barra soporte**

*Fuente: Alejandro Morales*

Aplicando la primera ley de Newton, ecuación (6.33) para encontrar las componentes radiales que actúan en el rodamiento:

$$(\uparrow +) \Sigma F_y = 0$$

$$G = D_{max}/2y$$

$$G = D_{max}/2 * \text{Cos } 45$$

$$G = 201,66 \text{ Cos } 45 = 142,59 \text{ N}$$

Para encontrar la componente axial que actúa en el rodamiento aplicamos teorema de triángulo rectángulo:

$$D_{max}/2x = \frac{D_{max}}{2} \text{Sen}45$$

$$\frac{D_{max}}{2x} = 142,59 \text{ N}$$

Diámetro del eje:  $0,03 \text{ m}$ ; trabaja 8h/día

$$Fr = G = 142,59 \text{ N}$$

$f_s$  = Factor de esfuerzo estático (1-1,5 para exigencias normales)

Al reemplazar los valores de la carga radial y axial cumple con la condición

$\frac{Fa}{Fr} > 0,8$ , por lo tanto se ocupará la ecuación (6.56), así:

$$Po = 0,6Fr + 0,5Fa$$

$$Po = 0,6(142,59) + 0,5(142,59)$$

$$Po = 156,85 \text{ N}$$

Seleccionamos un  $f_s = 1,25$  y reemplazando en la ecuación (6.54) se tiene:

$$Co_{req} = 196,06 \text{ N}$$

Con la ecuación para el cálculo de capacidad de cargadinámica (6.57):

Donde:

$L_{10H}$  = Duración nominal en horas, 25000 horas de servicio (Anexo 19)

$n$  = Velocidad angular deseada, 6 rpm

$a_1$  =Factor de ajuste de duración (1 para confiabilidad R = 90%) (Anexo20)

$p = 3$ , para rodamiento de bolas

**PARA CÁLCULO DE  $a_{23}$**

$$dm = \frac{d + D}{2}$$

Donde:

$d$  = Diámetro menor

$D$  = Diámetro mayor

$$dm = 25 \text{ mm}$$

$$v_1 = 27,5 \frac{\text{mm}^2}{\text{seg}}$$

$$v = 60 \frac{\text{mm}^2}{\text{seg}}$$

Con la ecuación (6.59) encontramos el valor de k:

$$k = 2,18$$

$$a_{23} = 1,8$$

Seleccionamos rodamiento rígido de bolas: 6005, que posee las siguientes características:

$$d = 25 \text{ mm}$$

$$D = 47 \text{ mm}$$

$$C = 11200 \text{ N}$$

$$C_o = 5600 \text{ N}$$

Con la ecuación (6.57) tenemos:

$$C_{req} = 547,34 \sqrt[3]{\frac{25000 * 1500 * 60}{1000000 * 1 * 1,8}}$$

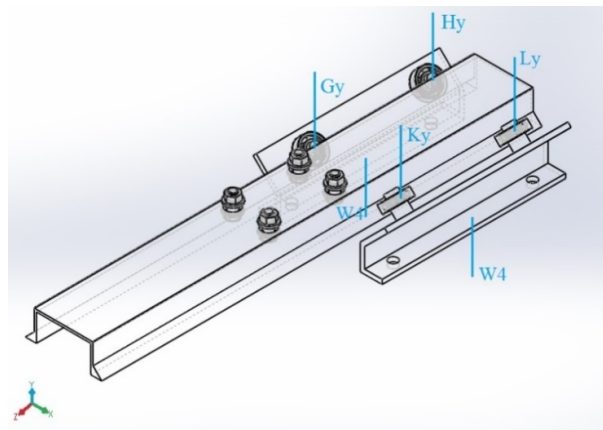


$$C = 5896 < 11200 \text{ N} \rightarrow Ok$$

$$Co = 547,34 < 5600 \text{ N} \rightarrow Ok$$

### 6.6.2.9. DISEÑO DE PUENTE SOPORTE DE TRONZADORA

El diseño del puente principal de tronadora se lo realiza tomando en cuenta las reacciones producidas por el esfuerzo de corte, así como el peso de los elementos que conforman los mecanismos de la máquina.



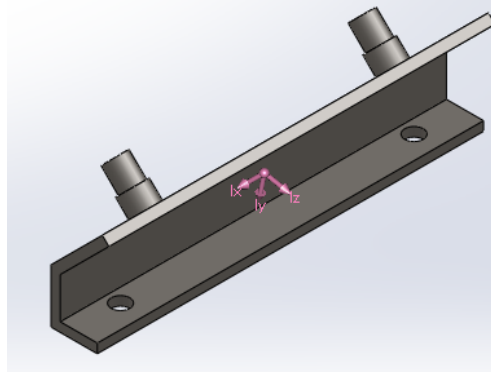
**Figura 6.28. Diagrama de cargas que actúan en puente**

*Fuente: Alejandro Morales*

Se lo ha diseñado con un soporte central donde está sujeto al tornillo de potencia, lo que indica que se analizará como una viga en voladizo, cuando el peso que soporte se encuentre en la posición extrema de trabajo.

### PESO DE LA BARRA SOPORTE DE RODAMIENTOS

Una vez diseñado la barra de soporte para rodamientos, y asignado el material, se procede a encontrar el peso de este elemento.



**Figura 6.29. Soporte de rodamientos.**

*Fuente: Alejandro Morales*

$$W_4 = 1,3 \times 9,8 = 12,74 \text{ N}$$

Donde:

$W_4$  = Peso de la barra soporte de rodamientos

Volumen de puente:  $V = 363534 \text{ mm}^3$

Con las dimensiones descritas se considera utilizar Acero ASTM A36

Resistencia a la tensión:  $S_{ut} = 380 \text{ MPa} = 55 \text{ ksi}$

Resistencia a la fluencia:  $S_y = 248 \text{ MPa} = 36 \text{ ksi}$

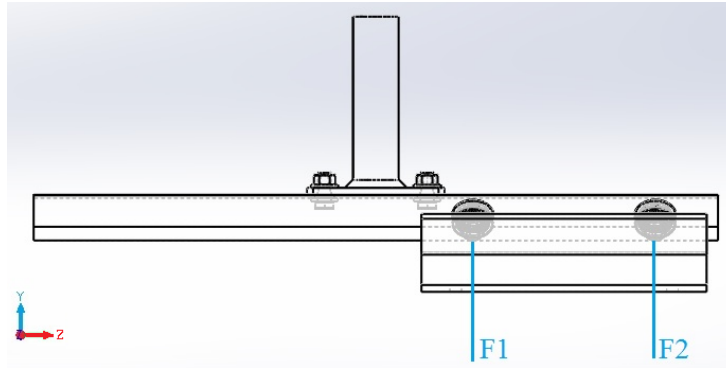
### **PESO DE PUENTE:**

Utilizando la ecuación (6.60) se puede encontrar el peso del puente:

$$m = 7850 * 3,64 * 10^{-4}$$

$$W_5 = 2,85 \text{ Kg} = 27,97 \text{ N}$$

Una vez encontrados, todos los pesos que actúan en el puente, es indicado sumar todas las cargas que soportará el mismo para el análisis.



**Figura 6.30. Diagrama de de cuerpo libre de puente**

*Fuente: Alejandro Morales*

$$F1 = Gy + Ky + W4 + \frac{W5}{2} \quad \text{Ec. (6.65)}$$

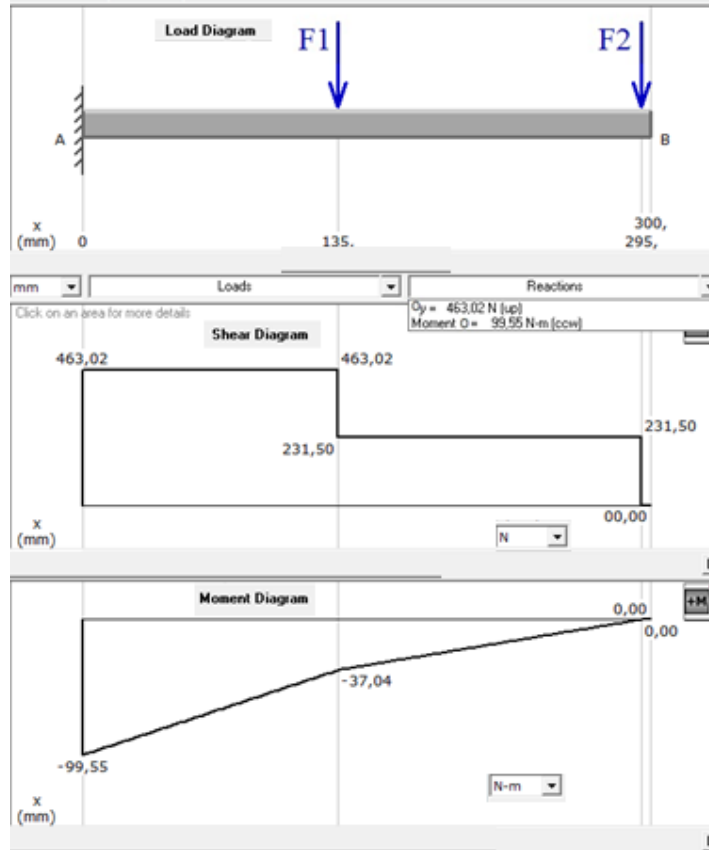
$$F1 = 201,66 + 3,13 + 12,74 + \frac{27,97}{2}$$

$$F1 = 231,52 \text{ N}$$

$$F2 = Hy + Ly + W4 + \frac{W5}{2} \quad \text{Ec. (6.66)}$$

$$F2 = 201,66 + 3,13 + 12,74 + \frac{27,97}{2}$$

$$F2 = 231,52 \text{ N}$$



**Figura 6.31. Diagrama de carga, de corte y momento flexionante de puente**

*Fuente: Alejandro Morales*

De las propiedades físicas de la sección en la figura (6.30), se puede encontrar el módulo de resistencia con la ecuación (6.64), así:

$$S = \frac{736991,27}{22,97}$$

$$S = 32084,95 \text{ mm}^3 = 3,208 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

Aplicando la ecuación (6.38) para encontrar el esfuerzo de flexión:

$$\sigma_f = \frac{99,55 \text{ Nm}}{3,208 \times 10^{-5} \text{ m}^3}$$

$$\sigma_f = 3,1 \text{ Mpa}$$

Se considera el factor de seguridad más crítico entre esfuerzos de flexión, utilizando la ecuación (6.37), tenemos:

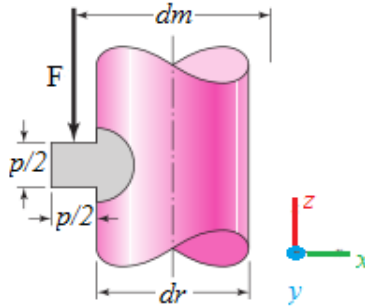
$$n = \frac{S_y}{\sigma}$$

$$n = \frac{248}{3,1}$$

$$n = 80 \rightarrow OK$$

El factor de seguridad es elevado, pero se considera el material fácil de adquirir y a disponibilidad.

#### 6.6.2.10. TORNILLO DE FUERZA (ROSCA CUADRADA SIMPLE)



**Figura 6.32. Rosca cuadrada simple**

*Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica.*

#### DIMENSIONES GENERALES DEL TORNILLO:

**Largo:** 150mm

**Diámetro:** 38,1 mm

**Hilos por pulgada (hpp):** 4

#### PASO AXIAL:

$$p = \frac{1}{hpp} \quad \text{Ec. (6.67)}$$

$$p = 0,25$$

**AVANCE (l):**

$$l = N * p \quad \text{Ec. (6.68)}$$

Se tiene número de entradas:  $N=1$

$$l = 1 * 0,25$$

$$l = 0,25$$

**DIÁMETRO MEDIO:**

$$dm = d - \frac{p}{2} \quad \text{Ec. (6.69)}$$

$$dm = 1,5 - \frac{0,25}{2}$$

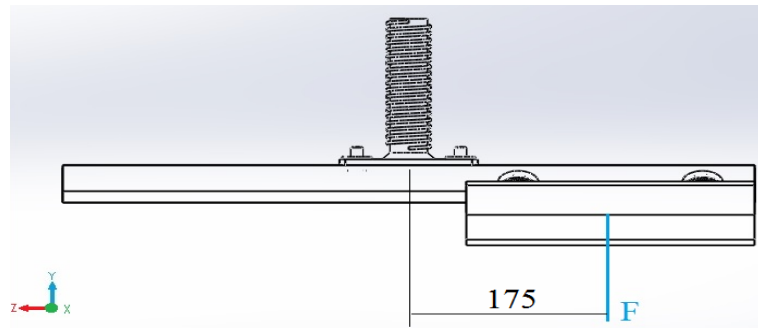
$$dm = 1,375 \text{ pulg} = 34,93 \text{ mm}$$

**DIÁMETRO DE RAÍZ:**

$$dr = d - p \quad \text{Ec. (6.70)}$$

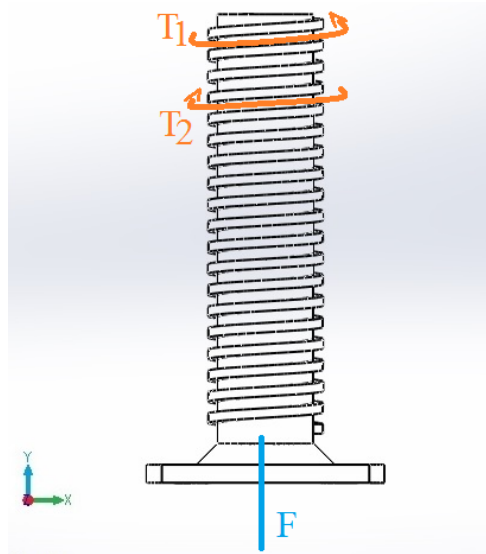
$$dr = 1,5 - 0,25$$

$$dr = 1,25 \text{ pulg} = 31,75 \text{ mm}$$



**Figura 6.33. Fuerzas externas que actúan en el tornillo de potencia**

*Fuente: Alejandro Morales*



**Figura 6.34. Diagrama de cargas de torsión que actúan en el tornillo de potencia**

*Fuente: Alejandro Morales*

#### **CARGA AXIAL QUE SOPORTA EL TORNILLO:**

La carga total que debe soportar, el tornillo, tanto para elevar y bajar está dado por el peso de los elementos que están relacionados con el mecanismo de corte, es decir el peso de la barra L y sus componentes, la barra de soporte de rodamientos y al final el puente.

$$F = W_c + W4 + W5 \quad \text{Ec. (6.71)}$$

Donde:

$F$  = Peso total que soporta el tornillo,  $N$

$W_c$  = Peso que soporta la barra C,  $500,21 N$

$W4$  = Peso de los soportes de rodamientos,  $12,74 N$

$W5$  = Peso del puente,  $27,97 N$

$$F = 500,21 + 2 \times 12,74 + 27,97 = 553,66 N$$

### **TORQUE REQUERIDO PARA LEVANTAR CARGA:**

$$T_1 = \frac{F dm}{2} \left( \frac{l + \pi f_c dm}{\pi dm - fl} \right) + \frac{F f_c dc}{2} \quad Ec. (6.72)$$

Donde:

$F$ = Fuerza ejercida por peso y reacciones y elementos de tronzadora

$dm$ = Diámetro medio, 34,93 mm

$l$ =Avance

$f_c$ = Coeficiente de fricción, 0,15 (Anexo 21)

$dc$ = Diámetro de fricción de la tuerca, 63,5mm

$$T_1 = \frac{553,66 \times 34,93}{2} \left( \frac{0,25 + \pi \times 0,15 \times 34,93}{\pi \times 34,93 - 0,15 \times 0,25} \right) + \frac{553,66 \times 0,15 \times 63,5}{2}$$

$$T_1 = 4109,79 \text{ Nmm} = 4,11 \text{ Nm}$$

### **TORQUE REQUERIDO PARA BAJAR LA CARGA:**

$$T_2 = \frac{F dm}{2} \left( \frac{\pi f_c dm - l}{\pi dm - fl} \right) + \frac{F f_c dc}{2} \quad Ec. (6.73)$$

$$T_2 = \frac{553,66 \times 34,93}{2} \left( \frac{\pi \times 0,15 \times 34,93 - 0,25}{\pi \times 34,93 - 0,15 \times 0,25} \right) + \frac{553,66 \times 0,15 \times 63,5}{2}$$

$$T_2 = 4065,72 \text{ Nmm} = 4,07 \text{ Nm}$$

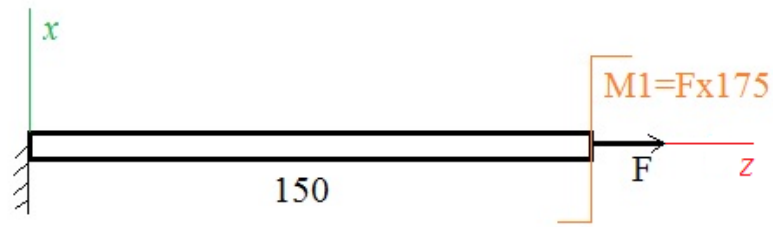
### **SELECCIÓN DEL MATERIAL**

Con las dimensiones descritas se considera utilizar un acero AISI 1018

Resistencia a la tensión:  $S_{ut} = 393 \text{ MPa}$

Resistencia a la fluencia:  $S_y = 296 \text{ MPa}$





**Figura 6.35. Diagrama de cuerpo libre del tornillo de potencia**

*Fuente: Alejandro Morales*

Encontramos el momento flector máximo provocado por la traslación de fuerzas, se sabe que ha recorrido una distancia de 175 mm, y la carga total que soporta el tornillo de fuerza.

$$M_{max} = F * d \quad \text{Ec. (6.74)}$$

$$M_{max} = 553,66 \times 0,175 = 96,89 \text{ Nm}$$

Realizamos el análisis como una barra sección circular sometida a tracción y torsión, para hallar el esfuerzo al que está sometido el mecanismo, utilizamos:

$$\sigma_A = \frac{F}{A} \quad \text{Ec. (6.75)}$$

$$\sigma_A = \frac{4 * F}{\pi (dr^2)} = \frac{4 * 553,66}{\pi (0,03175^2)}$$

$$\sigma_A = 699,3 \text{ kPa}$$

El esfuerzo flexionante en la raíz de la rosca  $\sigma_b$ , se establece que la rosca soporta  $0,38F$  según Shigley, muestra que la primera rosca está en contacto.

$$\sigma_b = \frac{6F}{\pi dr n_t p} \quad \text{Ec. (6.76)}$$

Donde:

$n_t$  = Número de roscas en contacto,  $l$

Al establecer,  $n_t = 1$ , se obtendrá el nivel máximo de esfuerzos en la combinación rosca-tuerca. Al reemplazar los valores obtenidos anteriormente en la ecuación (6.76) tenemos:

$$\sigma_b = \frac{6(0,38 * 553,66)}{\pi * 0,03175 * 1 * 0,25}$$

$$\sigma_b = 50,62 \text{ kPa}$$

Reemplazando los valores conocidos en la ecuación (6.40), para encontrar el esfuerzo normal por flexión tenemos:

$$\sigma_f = \frac{32(96,89)}{\pi(0,03175)^3} = 30,84 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{fT} = \pm \sigma_f \pm \sigma_b \quad \text{Ec. (6.77)}$$

$$\sigma_{fT} = 30,84 \times 10^6 + 50,62 \times 10^3$$

$$\sigma_{fT} = 30,89 \text{ MPa}$$

Para encontrar el esfuerzo de torsión máximo, utilizamos la ecuación (6.41), con el torque mayor requerido para elevar la carga:

$$\tau = \frac{16T}{\pi(dr)^3}$$

$$\tau = \frac{16 * 4,11}{\pi(0,03175)^3} = 654 \text{ kPa}$$

Ahora indicaremos los esfuerzos principales resultantes:

$$\sigma_x = \sigma_{fT} = 30,89 \text{ MPa} \quad \tau_{xy} = 0$$

$$\sigma_y = 0 \text{ kPa} \quad \tau_{yz} = \frac{16T}{\pi(dr)^3} = 654 \text{ kPa}$$

$$\sigma_z = \frac{4F}{\pi(dr^2)} = 699,33 \text{ kPa} \quad \tau_{zx} = 0$$

El esfuerzo cortante máximo en la raíz del tornillo, lo calculamos mediante la ecuación (6.79), mediante la fórmula de los esfuerzos principales, tenemos:

$$\sigma_1, \sigma_3 = \frac{\sigma_y + \sigma_z}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_y - \sigma_z}{2}\right)^2 + \tau_{yz}^2} \quad \text{Ec. (6.78)}$$

$$\sigma_1, \sigma_3 = \frac{699,33}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{-699,33}{2}\right)^2 + 654^2}$$

$$\sigma_1, \sigma_3 = 1091,27 \quad ; \quad -391,94 \text{ Pa}$$

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \quad \text{Ec. (6.79)}$$

$$\tau_{max} = \frac{1091,27 - (-391,94)}{2} = 741,61 \text{ Pa}$$

Para encontrar el esfuerzo de Von Misses, utilizando los esfuerzos tridimensionales xyz, se usa la ecuación:

$$\sigma' = \frac{1}{\sqrt{2}} \left[ (\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2) \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{Ec. (6.80)}$$

$$\sigma' = \frac{1}{\sqrt{2}} \left[ (30890)^2 + (-(699,33))^2 + (699,33 - (30890))^2 + 6(654^2) \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma' = 30,57 \text{ MPa}$$

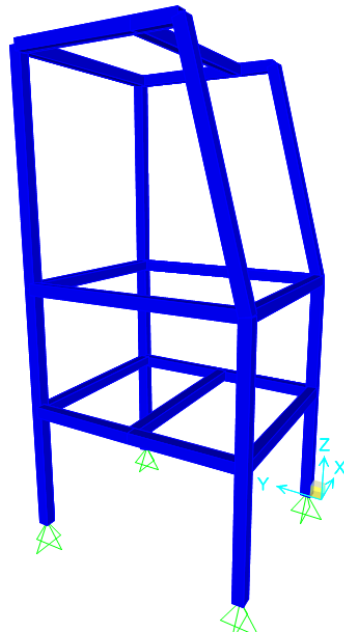
Reemplazando el esfuerzo máximo en la ecuación (6.37) tenemos:

$$n = \frac{296}{30,57} = 9,68$$

El esfuerzo calculado es mucho menor que el esfuerzo máximo de fluencia del material, por lo tanto vemos que el diseño del tornillo de potencia es satisfactorio, además se ha considerado estas dimensiones por facilidad de montaje.

### 6.6.2.11. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA

Para el diseño de la estructura soporte de la bancada se ha realizado mediante software de análisis de elementos finitos en los cuales nos permiten determinar las vigas o columnas que están sometidas a mayores esfuerzos para poder seleccionar materiales.



**Figura 6.36. Estructura de tronzadora**

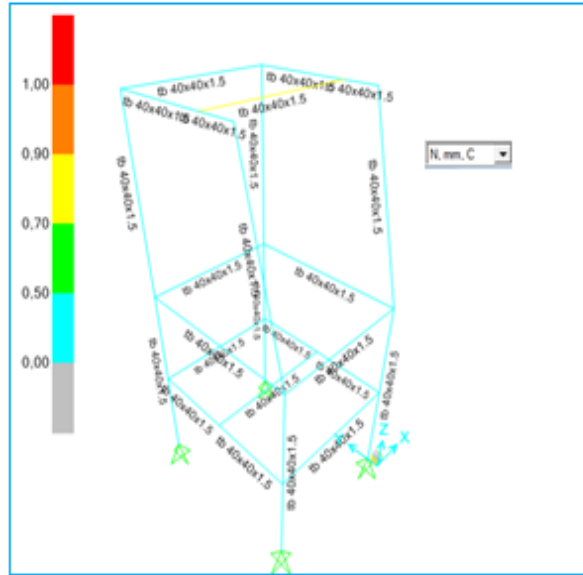
*Fuente: Alejandro Morales*

Se consideran las fuerzas ejercidas por peso y reacciones de la máquina tronzadora, así como del material a cortar, y la del propio peso de la estructura.

Donde:

$$\text{Fuerza de Elementos y Reacciones} = 553,66 \text{ N}$$

$$\text{Peso de materiales} = 793,43 \text{ N}$$



**Figura 6.37. Análisis estructural**

*Fuente: Alejandro Morales*

En figura 6.37 se puede observar que la viga 15 presenta mayor concentración de esfuerzos, por ende el diseño de elementos se lo realizará en esta viga.

Se requieren conocer los valores de esfuerzos, momentos, y torsión máxima generados en la viga 15, en donde se tiene los siguientes diagramas.



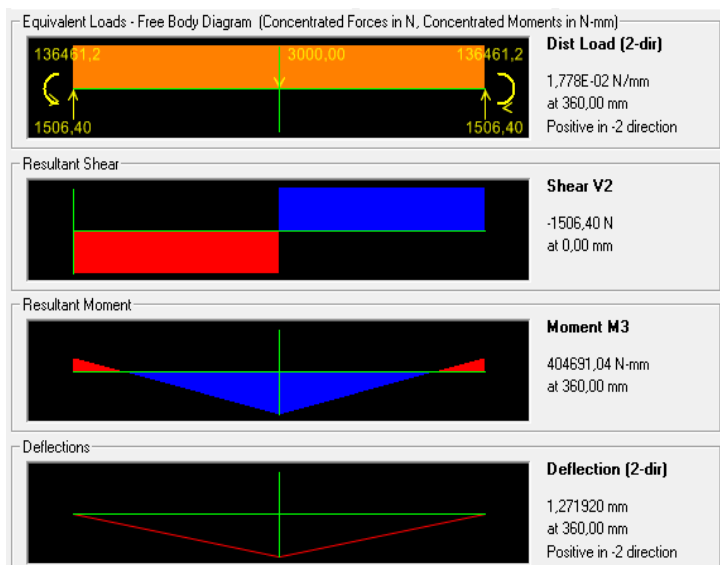
**Figura 6.38. Diagrama de esfuerzo axial y torsión de estructura**

*Fuente: Alejandro Morales*



**Figura 6.39. Diagrama de carga, de corte y momento flexionante en el plano xy de estructura.**

*Fuente: Alejandro Morales*



**Figura 6.40. Diagrama de carga, de corte y momento flexionante en el plano xz de estructura.**

*Fuente: Alejandro Morales*

Momento Máximo en la viga 15, aplicando la fórmula de Pitágoras (6.35):

$$M = \sqrt{M_{max}(xy)^2 + M_{max}(xz)^2}$$

$$M = \sqrt[2]{10,569^2 + 404,691^2}$$

$$M = 404,82 \text{ N}$$

Se escoge un perfil estructural A500 Gr B disponible en el mercado de (50x50x2) mm con las siguientes características físicas: (A = 5,33 cm<sup>2</sup>, S<sub>x</sub> = 4,62 cm<sup>3</sup>, r<sub>y</sub> = 1,88 cm) con una longitud de 0,72 m.

$$fa = \frac{P}{A_{viga}} \quad Ec. (6.81)$$

$$\frac{KL}{r} \quad Ec. (6.82)$$

$$\frac{fa}{Fa} \leq 0.15 \quad Ec. (6.83)$$

$$fb = \frac{M}{S} \quad Ec. (6.84)$$

$$Fbx = 0.66Fy \quad Ec (6.85)$$

$$Fby = 0.75Fy \quad Ec (6.86)$$

$$\frac{fa}{Fa} + \frac{fbx}{Fbx} + \frac{fby}{Fby} \quad Ec (6.87)$$

Donde:

*fa* = Esfuerzo axial de la viga.

*Fa* = Esfuerzo permisible si sólo se tuviesen esfuerzos axiales.

*fb* = Esfuerzo de flexión.

*Fb* = Esfuerzo permisible si sólo se tuviesen presentes esfuerzos de flexión.

*P* = Fuerza axial sobre el elemento.

*A<sub>viga</sub>* = Área de la viga.

*M<sub>viga</sub>* = Momento máximo de la viga.

*S<sub>x</sub>* = Módulo de sección.

*K* = Factor para longitudes efectivas ,0.65 (Anexo 25)

Reemplazando los valores en las ecuaciones se tiene:

$$fa = \frac{199,63}{5,33 \times 10^{-4}}$$

$$fa = 0,37454 \text{ MPa}(0,0543 \text{ Ksi})$$

$$\frac{KL}{r} = \frac{0,65 * 0,72}{0,0188} = 24.89$$

Con este valor 24.89 observamos en tabla C36( Anexo 27)  $\rightarrow Fa=20,25 \text{ Ksi}$

Aplicando la Ec.6.83 tenemos:

$$\frac{0,0543}{20,25} = 0.00268 < 0,15$$

Calculamos los esfuerzos de flexion en los ejes:

$$fbx = \frac{Mx}{Sx}$$

$$fbx = \frac{10.569 \text{ Nm}}{4.62 * 10^{-6} \text{ m}^3}$$

$$fbx = 2.29 \text{ Mpa}(0.332 \text{ Ksi})$$

$$fby = \frac{My}{Sy}$$

$$fby = \frac{404.691 \text{ Nm}}{4.62 * 10^{-6} \text{ m}^3}$$

$$fby = 87.595 \text{ Mpa}(12.71 \text{ Ksi})$$

El acero A500 Gr B tiene un límite de fluencia de:  $Fy=42 \text{ ksi}$

$$Fbx = 0,66 (42)$$



$$Fbx = 27.72Ksi$$

$$Fby = 0,75 (42)$$

$$Fby = 31.5Ksi$$

Aplicamos la condicion de seguridad con la Ec. 6.86.

$$\frac{0.0543}{20.25} + \frac{0.332}{27.72} + \frac{12.71}{31.5} = 0.418 \leq 1$$

El perfil seleccionado cumple con la condicion de seguridad.

### **6.6.3.DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE PERFILERÍA**

El diseño de sistema de transporte se lo ha realizado tomando parámetros como son el material a transportar, el peso de los mismos, así como el tiempo requerido para movilizar el perfil estructural de una manera que pueda interactuar con el sistema de automatización sin que pueda verse afectada la dimensión o tamaño del corte.

#### **PESO DE ELEMENTOS A TRANSPORTAR:**

Los elementos a transportar se consideran netamente perfiles estructurales de acero A500 Gr B con secciones transversales tipo cuadrado, rectangular, y Tipo U.

Se ha considerado cortar hasta dos perfiles a la vez, en donde el mayor peso que soporta la banda se considera al transportar dos perfiles rectangulares de 80x40x3 con una longitud de 6m, donde se tiene un peso de 70 kg.

#### **VELOCIDAD DE TRANSPORTE:**

Se ha considerado el tiempo en que se transporta el tubo sea mayor a las actividades que realiza el operador en medir y acomodar el material.

$$V = 0,25 \frac{m}{seg}$$

### 6.6.3.1. DISEÑO DE FORMA DE BANDA

Por la similitud de diseño a la configuración de la banda según (Anexo 22) tenemos la siguiente fórmula para el cálculo de la fuerza tangencial máxima.

$$Fu = \mu_T g \left( m + \frac{m_B}{2} \right) + \mu_R g \left( \frac{m_B}{2} + m_R \right) + \mu_{ST} g m \quad \text{Ec. (6.88)}$$

Donde:

$Fu$  = Fuerza tangencial máxima.

$\mu_T$  = Coeficiente de fricción para marcha sobre mesa

$\mu_R$  = Coeficiente de fricción para marcha sobre rodillo

$g$  = Aceleración de la gravedad,  $9,81 m/s^2$

$m$  = Masa de la mercancía transportada en la parte superior (carga total)

$m_B$  = Masa de la banda

$m_R$  = Masa de todos los tambores, excepto el tambor motriz.

$\mu_{ST}$  = Coeficiente de fricción para acumulación. 0,33

**Tabla 6.3.** Coeficientes de fricción estática para diferentes recubrimientos (valores aproximados)

	0, A0, E0, T, U0, P	NOVO	U1, V1, VH	UH, V2H, U2H, E0, A0, V5H, V10H
$\mu_T$ (mesa)	0,33	0,33	0,5	0,5
$\mu_R$ (rodillo)	0,033	0,033	0,033	0,033
$\mu_{ST}$ (acumulación)	0,33	0,33	0,5	0,5

*Fuente: Folleto Siegling Transilon. Cálculo de bandas de transporte y procesamiento.*

#### MASA DE LOS TAMBORES:

Se tiene un tambor motriz y un conducido, en donde el conducido tiene el siguiente análisis para la masa:

Se ha diseñado con un diámetro estimado de 2 pulg y una longitud de 350mm con acero AISI 1018 con una densidad:  $7900 \text{ Kg/m}^3$ , para encontrar el volumen del

tambor utilizamos la ecuación (6.87), sabiendo que el área de la sección transversal es una circunferencia.

$$V = \pi * r^2 * L \quad \text{Ec. (6.89)}$$

$$V = \pi * 25,4^2 * 350$$

$$V = 7,0939 \times 10^{-4} m^3$$

Utilizando la ecuación (6.60) podemos encontrar la masa del tambor conducido:

$$m_r = 7900 \times 7,0939 \times 10^{-4}$$

$$m_r = 5,604 \text{ kg}$$

### MASA DE LA BANDA

Se considera una masa por área de la banda de 0,65 Kg/m<sup>2</sup>

**Tabla 6.4.** Propiedades de bandas de transporte

Programa de suministro estándar	Datos técnicos, propiedades y recomendaciones, aplicaciones	N° de artículo	Espesor total aprox. [mm]	Peso aprox. [kg/m <sup>2</sup> ]	Fuerza de tracción con un 1% de alargamiento después de la relajación (k <sub>10%</sub> ) [N/mm de ancho]*	d <sub>int</sub> aprox. [mm]**	Temperatura de servicio admisible [°C]
E 2/1 A2/A2TT	azul	906647	0,75	0,7	***	***	-10/+60
E 2/1 U0/U2 HACCP	blanco	900176	0,65	0,65	3,5	r 3-8	-30/+100
E 2/2 U0/0	transp.	900102	1,2	1,2	3	r 3-8	-30/+100
E 3/1 E0/E0TT	transp.	900339	0,9	0,65	3,5	r 3-8	-30/+100

**Fuente:** Folleto Siegling Transilon. Cálculo de bandas de transporte y procesamiento.

$$\text{Área de Banda} = l * a \quad \text{Ec. (6.90)}$$

Donde:

$l$  = Longitud total de la banda, 10m

$a$  = Ancho de banda, 320 mm

$$\text{Área de Banda} = 10 * 0,32 = 3,2 \text{ m}^2$$

Para encontrar la masa de la banda multiplicamos el área de la banda, por el peso aproximado que indica el manual sobre unidad de área.

$$m_B = 0,65 \text{ Kg/m}^2 (3,20 \text{ m}^2)$$

$$m_B = 2,08 \text{ kg}$$

Con todos los valores conocidos, encontramos la fuerza tangencial con la ecuación (6.86)

$$Fu = (0,33)(9,81) \left(70 + \frac{2,08}{2}\right) + (0,033)(9,81) \left(\frac{2,08}{2} + 5,6\right) (0,33)(9,81)(70)$$

$$Fu = 458,74 \text{ N}$$

#### **FUERZA MÁXIMA DE TRACCIÓN DE LA BANDA**

$$F_{Tmax} = Fu * C1 \quad \text{Ec. (6.91)}$$

Dónde:

$F_{Tmax}$  = Fuerza máxima de tracción de la banda

$C_1$  = Factor para tambor motriz (Anexo23)

$$F_{Tmax} = 458,74 * 2,1$$

$$F_{Tmax} = 963,35 \text{ N}$$

#### **CONTROL DEL TIPO DE BANDA SELECCIONADA:**

Se verifica si la banda seleccionada soporta la tracción máxima con las siguientes condiciones:

$$\frac{F_{Tmax}}{b_0} \leq C_2 \left[ \frac{\text{N}}{\text{mm}} \right] \quad \text{Ec. (6.92)}$$

Donde:

$b_0$  = Ancho de banda

$C_2$  = Factor de control del tipo de banda seleccionado,  $N/mm$

$$C_2 = \varepsilon_{max} * k_{1\%} \quad Ec. (6.93)$$

Donde:

$\varepsilon_{max}$  = Elongación de servicio máxima, [adimensional]

$k_{1\%}$  = Fuerza de tracción con 1% de elongación después de la relajación, 9,63

$N/mm$

$$C_2 = 2,0 * 9,63$$

$$C_2 = 19,26 \frac{N}{mm}$$

Reemplazando la condición (6.92) se tiene:

$$\frac{963,35}{320} \leq 19,26 \frac{N}{mm}$$

$$3,01 \leq 19,26 \rightarrow Ok$$

Se ha elegido el tipo de banda correcto.

### 6.6.3.2. CÁLCULO DEL DIÁMETRO MÍNIMO DEL RODILLO MOTRIZ

El diámetro mínimo del tambor o rodillo motriz por el que se desliza la banda se escoge con la siguiente ecuación, ya que se encuentra en el folleto (Siegling Transilon):

$$dA = \frac{Fu * C_3 * 180}{b_0 * \beta} \quad Ec. (6.94)$$

Donde:

$dA$  = diámetro mínimo del tambor o rodillo motriz

$C_3$  = Factor de tambor motriz (Anexo 24)

$\beta$  = Ángulo de contacto

$$dA = \frac{458,74 * 30 * 180}{320 * 180}$$

$$dA = 43 \text{ mm}$$

Se elige un diámetro de rodillo de 2,25 pulg (57,15 mm).

Utilizando la ecuación que facilita el folleto SieglingTransilon. Cálculo de bandas de transporte y procesamiento, para calcular la potencia mecánica para el tambor motriz tenemos:

$$P_A = \frac{Fu * V}{1000} \quad Ec. (6.95)$$

Donde:

$P_A$  =Potencia mecánica del tambor motriz, *kw*

$V$  = Velocidad de la banda.

$$P_A = \frac{458,74 * 0,25}{1000}$$

$$P_A = 0,11 Kw$$

Calculamos la velocidad angular del rodillo conductor:

$$\omega_R = \frac{2V}{D} \quad Ec. (6.96)$$

Donde:

$\omega_R$  = Velocidad angular del rodillo conducido, *rpm*

$V$  = Velocidad lineal de la banda.

$$\omega_R = \frac{2(0,25)}{0,05715m}$$

$$\omega_R = 8,75 \frac{rad}{seg} = 83,56 rpm$$

La relación de transmisión se calcula entre la velocidad de salida del motor y la velocidad requerida en el rodillo conductor, se considera una velocidad de 1400 rpm (bajas revoluciones), disponible en el mercado.

Para calcular la relación de transmisión utilizamos la ecuación (6.17)

$$I = \frac{1400}{83,56}$$

$$I = 16,75$$

Con esta relación de transmisión se escoge un motoreductor REM 090 con  $i = 10$ , por disponibilidad, para completar la relación de transmisión por medio de bandas de transmisión.

**Tabla 6.5.** Propiedades de un motoreductor

Reductor: REM090					
i	Z1	$\beta$	mx	$\eta_d (1400)$	$\eta_s$
7,5	4	23°57'45"	4,5	91,30%	74,05%
10	4	18°26'06"	3,5	89,90%	70,71%
15	2	15°56'43"	5	88,20%	65,64%
20	2	9°55'30"	3,5	84,10%	60,07%
25	2	10°18'17"	3	83,50%	57,02%
30	1	8°07'48"	5	80,80%	50,76%
40	1	5°	3,5	74,00%	44,40%
50	1	5°11'40"	3	73,10%	41,63%
60	1	4°23'55"	2,5	69,60%	38,33%
80	1	2°51'45"	1,75	61,40%	31,19%
100	1	2°51'45"	1,5	59,00%	28,00%

*Fuente: Catálogo motoreductores REM.*

### 6.6.3.3. POTENCIA MECÁNICA DEL MOTOREDUCTOR

Se utiliza la ecuación de reductores de velocidad de tornillo sin fin:

$$P_M = \frac{P_A}{n_s \times n_d \times n_{\text{electrico}}} \quad \text{Ec. (6.97)}$$

Donde:

$P_M$  = Potencia mecánica necesaria de motor, W

$P_A$  = Potencia del rodillo motriz, W

$n_s$  = Rendimiento estático del motoreductor, 70,71 %

$n_d$  = Rendimiento dinámico del motoreductor, 89,90 %

$n_{\text{electrico}}$  = Rendimiento eléctrico del motoreductor, 85 %

Reemplazando en la ecuación los valores conocidos, tenemos:

$$P_M = \frac{200}{0,707 \times 0,899 \times 0,85}$$

$$P_M = 370,19 \text{ W}$$

Se escoge un motoreductor de 1Hp.

Se determina la potencia de diseño requerida para el mecanismo, con la ecuación (6.16):

$$H_d = 0,5 * 2,28 * 1,2 = 1,37 \text{ HP}$$

$ks$  = factor de servicio, 2,28 (impacto pesado y 8 horas diarias de trabajo)

$nd$  = factor de diseño, 1,2

La potencia del motor necesaria es de 1,37 hp, sin embargo se utilizará un motor de 2 hp por lo siguiente:

En un futuro podría necesitar un incremento de la capacidad de carga, así la velocidad de transporte o la longitud de la banda, requerirá de una mayor potencia.

#### **6.6.3.4. SELECCIÓN DE BANDAS TRANSMISIÓN PARA RODILLO**

Considerando la velocidad angular que se requiere para tener una velocidad lineal de 0,25m/seg se ha considerado, de la ecuación (6.17):

$$Dpd = \frac{150 \text{ rpm} * 3 \text{ pulg}}{86,65 \text{ rpm}}$$

$$Dpd = 5,19 \text{ pulg}$$

$$\text{Entonces } I = 2$$

Con una potencia de 2HP y 1500 RPM, se debe tener muy en cuenta que la velocidad periférica de funcionamiento es mucho menor que la recomendada, por lo que se elige una banda tipo A.



Para encontrar el rango entre distancias centrales debe ser, por condición (6.18):

$$Dpd < C < 3(Dpd + Dpm)$$

$$6 < C < 27$$

Por la configuración de diseño se escoge una distancia entre centros de 25,4 mm = 10 pulg.

Como se emplea una transmisión de banda abierta los ángulos de contacto se determinan mediante la ecuación (6.19):

Donde:

$D$  = diámetro polea mayor, 6 pulg.

$d$  = diámetro polea menor, 3 pulg

$C$  = distancia entre centros, 10 pulg

$\theta_2$  = ángulo de contacto

$$\theta_2 = \pi - 2\text{senr}^{-1}\left(\frac{6-3}{2*10}\right) = 2,84 \text{ rad}$$

El factor de corrección lo calculamos mediante la ecuación (6.20), así:

$$e^{f\theta} = \exp\{0,5123(2,84)\} = 4,28 \text{ rad}$$

Se determina la longitud de paso mediante la ecuación (6.22):

$$Lp = 2 * 10 + \frac{\pi(6+3)}{2} + \frac{(6-3)^2}{4*10} = 34,36 \text{ pulg}$$

Se determina la cantidad a sumarse es 1,3, conociendo que es una banda de sección tipo A y mediante el reemplazo de valores conocidos en la ecuación (6.23) se obtiene la longitud de la banda.

$$L = 34,36 - 1,3$$

$$L = 33,06 \text{ pulg}$$

Con esta longitud escogemos una banda A35.

Para encontrar la velocidad periférica de la polea motriz utilizamos la ecuación (6.21)

$$V = \frac{\pi \times 3 \times 150}{12}$$

$$V = 117,81 \text{ pies/min}$$

Para encontrar la potencia permitida por banda utilizamos la ecuación (6.24), con los nuevos parámetros de funcionamiento, así:

$$H_{tab} = 1,25 \text{ hp (Anexo10) para } V = 1000 \frac{\text{pies}}{\text{min}} \text{ y sección de banda tipo A.}$$

$$k_1 = 0,79 \text{ (Anexo11) para } 2,84 (180)/\pi = 162,72^\circ$$

$k_2$  = Factor de corrección de la longitud de la banda

$$k_2 = 0,85 \text{ (Anexo 12) para } L_p = 34,36 \text{ pulg}$$

$$H_a = 0,79 \times 0,85 \times 1,25$$

$$H_a = 0,84 \text{ Hp}$$

Para obtener el número de bandas para este mecanismo tenemos de la ecuación (6.25):

$$Nb \geq \frac{1,57}{0,84}$$

$$Nb \geq 1,86$$

Escogemos poleas con 2 bandas.

Para encontrar la tensión centrífuga en las bandas calculamos con la ecuación (6.26):

Donde:

$K_c$  = Factor de corrección se tiene 0,561 (Anexo13)

$$F_c = 0,561 \left( \frac{117,81}{1000} \right)^2 = 0,00778 \text{ lbf} = 0,034 \text{ N}$$

La potencia que se transmite por banda se basa en las ecuaciones (6.27) y (6.28):

$$Hd = \frac{(F1 - F2)V}{33000}$$

$$\frac{F1 - Fc}{F2 - Fc} = e^{f\theta}$$

Donde:

$Hd$  = Potencia de diseño, 2 hp

$V$  = velocidad periférica de la polea motriz, 117,81 pies/min

$Fc$  = Tensión centrífuga, 0,034 N

$e^{f\theta}$  = Factor de corrección, 4,28 rad

Reemplazando los valores conocidos anteriormente en la ecuación (6.27) y (6.28) tenemos:

$$F1 = 560,22 + F2 \quad \text{Ec. (6.98)}$$

$$F1 = 4,28 F2 - 0,025518 \quad \text{Ec. (6.99)}$$

Resolviendo el sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas, se hallan los valores de las tensiones, así:

$$F1 = 731,03 \text{ lbf} = 3256,41 \text{ N}$$

$$F2 = 170,81 \text{ lbf} = 760,88 \text{ N}$$

Para hallar la tensión inicial de la banda se utiliza la ecuación (6.31):

$$Fi = \frac{731,03 + 170,81}{2} - 0,00778 = 450,91 \text{ lbf} = 2008,6 \text{ N}$$

La comprobación del diseño de la banda se lo realiza con el factor de seguridad de la banda, por lo tanto utilizaremos la ecuación (6.32):

Donde:

$K_s$  = Factor de servicio sugeridos para una máquina con trabajo de impacto medio  $k_s = 1,4$

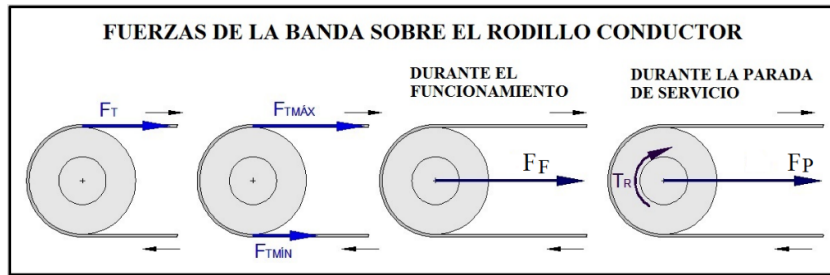
$$nfs = \frac{Ha * Nb}{Hnom * Ks}$$

$$nfs = \frac{0,84 * 2}{0,370 * 1,4} = 2,58$$

### 6.6.3.5. DISEÑO DEL RODILLO CONDUCTOR

#### DISEÑO POR RESISTENCIA ESTÁTICA

Para diseñar el rodillo conductor se deben encontrar todas las cargas que actúan en el mismo. Se iniciará con la determinación de las cargas efectuadas por la banda.



**Figura 6.41. Fuerzas que la banda ejerce sobre el rodillo conductor**

*Fuente: Siegling Transilon. Cálculo de bandas de transporte y procesamiento*

Para hallar todas las tensiones que intervienen en el rodillo utilizamos las ecuaciones que se presentan a continuación para determinar sus valores.

$$F_{Tmin} = F_{Tmax} - F_T \quad \text{Ec. (6.100)}$$

$$F_P = 1,5F_{Tmax} + 0,5F_{Tmin} \quad \text{Ec. (6.101)}$$

$$F_F = F_{Tmax} + F_{Tmin} \quad \text{Ec. (6.102)}$$

Donde:

$F_T$  = Fuerza tangencial de la banda, 458,74 N

$F_{Tmin}$  = Fuerza tangencial al rodillo por la tracción mínima de la banda,  $N$

$F_{Tmax}$  = Fuerza tangencial al rodillo por la tracción máxima de la banda,  $963,35 N$

$F_F$  = Fuerza radial sobre el rodillo conductor durante el funcionamiento,  $N$

$F_P$  = Fuerza radial sobre los rodillos durante la parada de servicio,  $N$

Reemplazando los valores encontrados anteriormente tenemos:

$$F_{Tmin} = 963,35 - 458,74 = 504,61 N$$

$$F_P = 1,5(963,35) + 0,5(504,61) = 1697,33 N$$

$$F_F = 963,35 + 504,61 = 1467,96 N$$

Se utiliza la mayor fuerza radial para los cálculos, por lo tanto se empleará la fuerza durante la parada de servicio,  $1697,33 N$ .

Para hallar el momento torsor que ejerce la banda sobre el eje del rodillo se utiliza la fuerza tangencial a la banda ( $F_u$ ), así:

$$T_r = \frac{F_u * D}{2} \quad \text{Ec. (6.103)}$$

Donde:

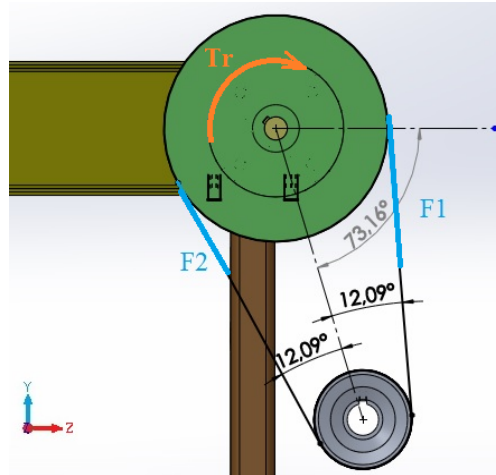
$D$  = Diámetro de la polea conductora,  $152,4 mm$

$$T_r = \frac{458,74 * 0,1524}{2} = 34,96 Nm$$

La carga máxima radial por unidad de longitud ( $q_r$ ) que actúa sobre el rodillo conductor con la carga radial máxima, se obtiene con la siguiente ecuación:

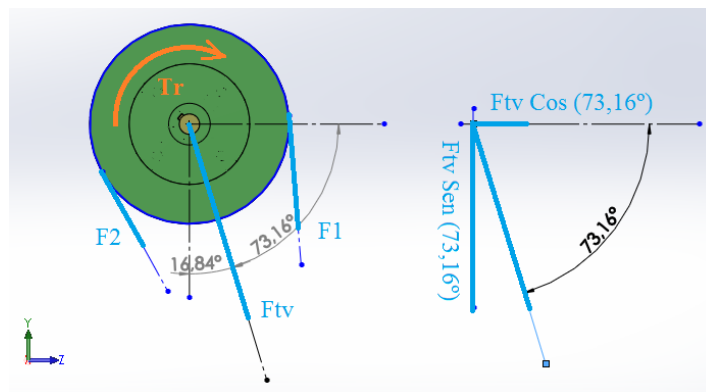
$$q_r = \frac{F_P}{b_0} \quad \text{Ec. (6.104)}$$

$$q_r = \frac{1697,33}{0,32} = 5304,16 \frac{N}{m}$$



**Figura 6.42. Diagrama de cargas en la polea conducida**

*Fuente: Alejandro Morales*



**Figura 6.43. Diagrama de cuerpo libre en la polea conducida**

*Fuente: Alejandro Morales*

Calculamos las componentes de la fuerza que ejerce la banda en V de 6 pulgadas sobre el rodillo conductor, para lo cual se utiliza la figura 6.42.

$$F_{tv} = F1 + F2 \quad \text{Ec. (6.105)}$$

$$F_{tv} = 4017,29 \text{ N}$$

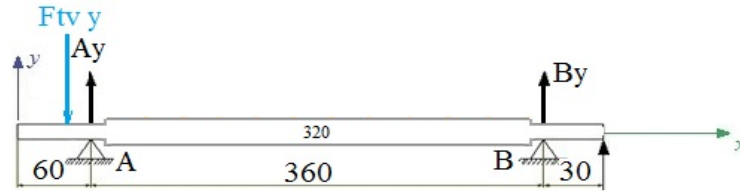
$$F_{tvy} = F_{tv} \text{ Sen}(73,16^\circ) \quad \text{Ec. (6.106)}$$

$$F_{tvy} = 3845,02 \text{ N}$$

$$F_{tvz} = F_{tv} \cos(73,16^\circ) \quad \text{Ec. (6.107)}$$

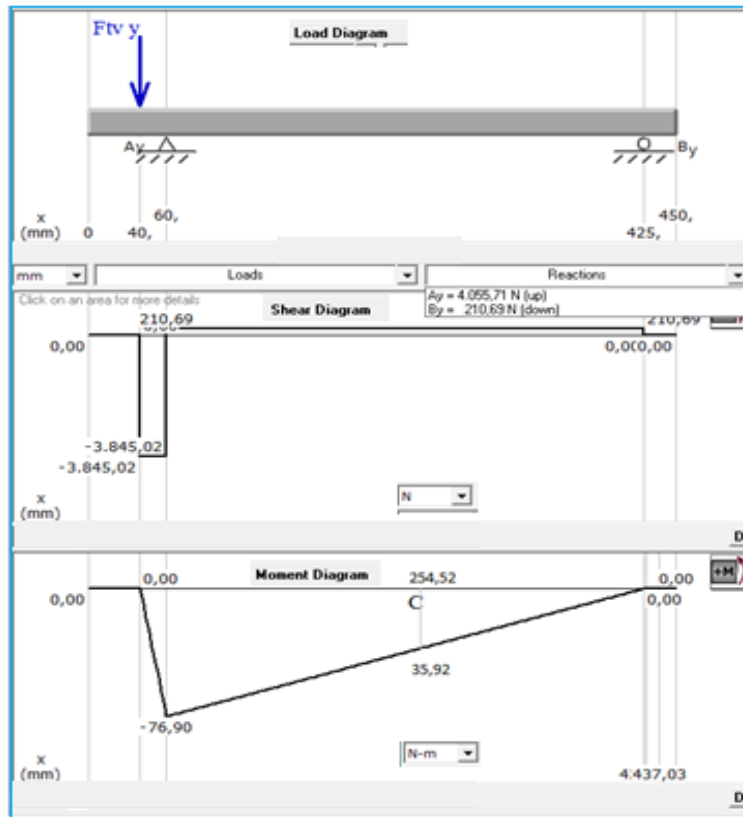
$$F_{tvz} = 1163,81 \text{ N}$$

**EN PLANO X -Y**



**Figura 6.44. Diagrama de cuerpo libre de rodillo.**

*Fuente: Alejandro Morales*



**Figura 6.45. Diagrama de carga, de corte y momento flexionante en el plano xy de rodillo.**

*Fuente: Alejandro Morales*

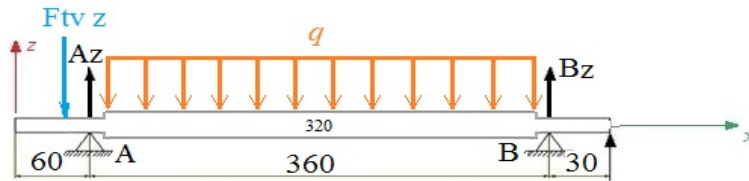
**RESULTADO DE ANÁLISIS DE FUERZA:**

$$R_{AY} = 4055,71 \text{ N} = 910,47 \text{ lbf} \quad R_{BY} = 210,69 \text{ N} = 47,3 \text{ lbf}$$

$$M_{\text{máx}A} = 76,9 \text{ Nm} = 679,66 \text{ lbf} \cdot \text{pulg}$$

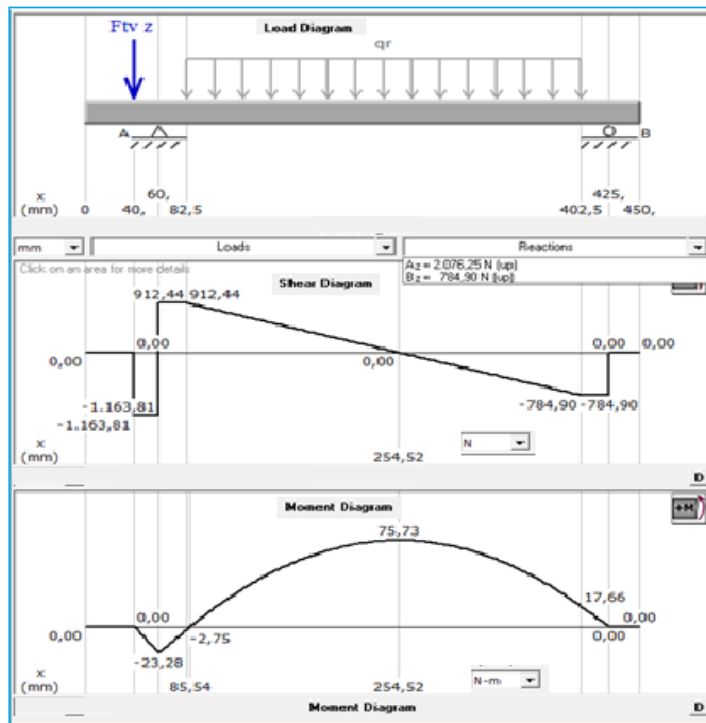
$$M_{\text{máx}C} = 35,92 \text{ Nm} = 317,47 \text{ lbf} \cdot \text{pulg}$$

**EN PLANO X-Z**



**Figura 6.46. Diagrama de cuerpo libre de rodillo motriz.**

*Fuente: Alejandro Morales*



**Figura 6.47. Diagrama de carga, de corte y momento flexionante en el plano XZ.**

*Fuente: Alejandro Morales*



## RESULTADO DE ANÁLISIS DE FUERZA:

$$R_{Az} = 2076,25 \text{ N} = 466,1 \text{ lbf}$$

$$R_{Bz} = 784,9 \text{ N} = 176,2 \text{ lbf}$$

$$M_{máxA} = 23,28 \text{ Nm} = 205,75 \text{ lbf} * \text{ pulg}$$

$$M_{máxC} = 75,73 \text{ Nm} = 669,32 \text{ lbf} * \text{ pulg}$$

Aplicamos la fórmula de Pitágoras para encontrar las reacciones resultantes y Momento flector máximo con la ecuación (6.35)

$$R_A = \sqrt{4055,71^2 + 2076,25^2} = 4556,27 \text{ N}$$

$$R_B = \sqrt{210,69^2 + 784,9^2} = 812,69 \text{ N}$$

$$M_{maxA} = \sqrt{76,9^2 + 23,28^2} = 80,35 \text{ Nm}$$

$$M_{maxC} = \sqrt{35,92^2 + 75,73^2} = 83,82 \text{ Nm}$$

Se deberá analizar el eje en el punto C ya que es ahí donde se presenta el momento máximo flexionante.

## SELECCIÓN DE MATERIAL

ACERO AISI 1020

Maquinado o laminado en frío

Resistencia a la tensión:  $S_{ut} = 380 \text{ MPa} = 55 \text{ ksi}$

Resistencia a la fluencia:  $S_y = 210 \text{ MPa} = 30 \text{ ksi}$

## VERIFICACIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD:

Se ha seleccionado un diámetro de 57,15 mm para el eje de transmisión en donde actúa el momento máximo, utilizamos las siguientes ecuaciones para el diseño estático:

El esfuerzo máximo de flexión lo encontramos reemplazando la ecuación (6.40), así:

$$\sigma_x = \frac{32 * 83,82}{\pi(0,05715^3)}$$

$$\sigma_x = 4,57 \text{ MPa}$$

De la ecuación (6.41) encontramos el momento torsor máximo:

$$\tau_{xz} = \frac{16(34,96)}{\pi(0,05715)^3} = 0,954 \text{ MPa}$$

### **DISEÑO ESTÁTICO**

Utilizamos la ecuación (6.36), para hallar el esfuerzo de Von Misses.

$$\sigma' = \sqrt{4,57^2 + 3(0,954)^2}$$

$$\sigma' = 4,86 \text{ MPa}$$

El factor de seguridad del elemento mecánico se lo calcula con la ecuación (6.37)

$$n = \frac{210}{4,86}$$

$$n = 43,21$$

Se comprueba el diseño estático en el punto A, para un diámetro de 21 mm, donde existe un valor alto de momento flexionante, éste punto está ubicado en la polea motriz, con las ecuaciones (6.40), (6.41), (6.36), (6.37).

$$\sigma_x = 88,37 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xz} = 19,23 \text{ MPa}$$

$$\sigma' = 94,44 \text{ MPa}$$

$$n = 2,22$$

Se considera estas dimensiones por analisis de diametro mínimo para bandas de transporte, así, como por montaje de elementos de rodillos.

### **DISEÑO A FATIGA**

Se calculará con 57,15 mm de diámetro para el diseño a fatiga del eje

La ecuación (6.43) se cumple cuando  $S_{ut} \leq 1400$  MPa, por lo tanto:

$$S_{e'} = 190 \text{ MPa}$$

### **FACTOR DE SUPERFICIALIDAD: ( $k_a$ )**

De la ecuación (6.44)

$$k_a = a(S_{ut})^b = 0,934$$

Donde:  $a = 4,51$  y  $b = -0,265$  (Anexo 14)

### **FACTOR DE TAMAÑO: ( $k_b$ )**

$$k_b = 1,51(d)^{-0,107} \quad \text{Ec. (6.108)}$$

La ecuación (6.106) se cumple cuando:

$$51 < d < 254 \text{ mm}$$

$$k_b = 1,51(57,15)^{-0,107} = 0,979$$

### **FACTOR DE MODIFICACIÓN DE LA CARGA: ( $k_c$ )**

$k_c = 0,59$ , Esfuerzos de torsión combinada, (Anexo 16)

### **FACTOR DE TEMPERATURA: ( $k_d$ )**

Bajo condiciones normales de temperatura,  $k_d = 1$ , (Anexo 17)

### **FACTOR DE CONFIABILIDAD: ( $k_e$ )**

$$k_e = 0,814$$

Para una confiabilidad del 99%, (Anexo 18)

### **FACTOR DE CONCENTRACIÓN DE ESFUERZOS: ( $k_f$ )**

De la ecuación (6.47)

*Radio de ranura: 1 mm;  $q = 0,63$  (Según Figura 6.11)*

$$D = 57,15 \text{ mm}$$

$$d = 25 \text{ mm}$$

$$\frac{D}{d} = 2,286$$

$$\frac{r}{d} = 0,04$$

Entonces:  $K_t = 2,3$  (Según Figura 6.12)

Por lo tanto, reemplazando todos los valores de los factores hallados para la ecuación (6.42), tenemos que:

$$S_e = 190 * 0,934 * 0,979 * 0,59 * 1 * 0,814 * 1,819 = 151,77 \text{ MPa}$$

### **ESFUERZOS MEDIOS Y ALTERNATES**

Los esfuerzos fluctuantes máximos y mínimos son:

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \sigma_f = 4,57 \text{ MPa} ; \sigma_{m\acute{i}n} = -\sigma_f = -4,57 \text{ MPa} ;$$

Esfuerzo medio según Ec. (6.48):

$$\sigma_m = 0 \text{ MPa}$$

Esfuerzo alternante según Ec. (6.49):

$$\sigma_a = 4,57 \text{ MPa}$$

Esfuerzo alternante según Ec. (6.50):

$$S_a = 151,77 * \left(1 - \frac{0}{380}\right) = 151,77 \text{ MPa}$$

Se prueba que la selección del diámetro de 21 mm no fallará a fatiga, y se comprueba con la teoría de falla de la recta de Soderberg, ecuación (6.51) es:

$$\frac{0}{210 \times 10^6} + \frac{4,57 \times 10^6}{151,77 \times 10^6} = \frac{1}{n}$$

$$n = 33,21$$

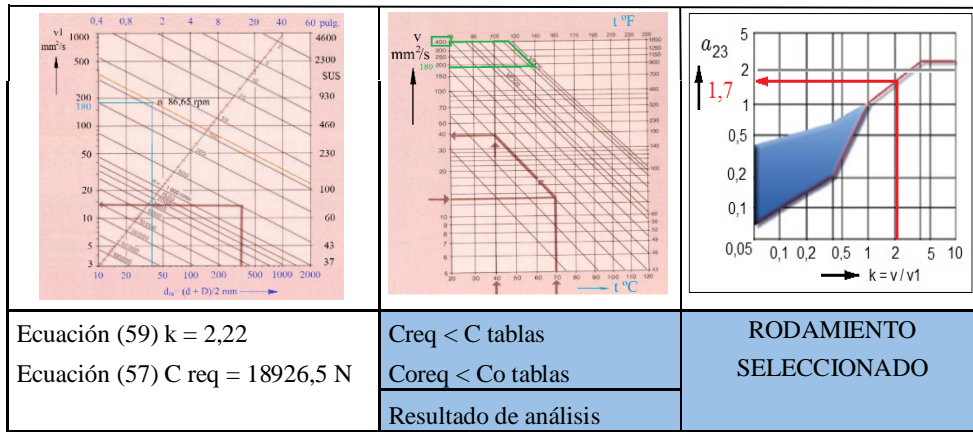
El eje tiene con un factor de seguridad considerable, en este caso no se reducirá su diámetro para que exista mayor área de contacto entre el rodillo y la banda para evitar posibles fallas, además se garantizará un normal funcionamiento en condiciones extremas de transporte de material, así como la velocidades de avance.

#### 6.6.3.6. SELECCIÓN DE RODAMIENTOS PARA EL EJE

Las cargas radiales mayores en el apoyo en A donde se encuentra la chumacera, serán consideradas para la selección correcta de los rodamientos. En la Tabla 6.6 se realiza un análisis para seleccionar los cojinetes, como referencia se toma los cálculos realizados para los rodamientos del eje de corte anterior.

**Tabla 6.6.** Análisis de selección de cojinetes de rodillos

SELECCIÓN DE RODAMIENTOS DE BOLAS PARA RODILLO MOTRIZ DE BANDA		
<b>DATOS</b>		
<b>Condición de ajuste</b>		
D mayor = 52,16 mm	Diámetro del eje = 25 mm	d menor = 25 mm
<b>Condición de cargas</b>		
No existe carga axial; Po = Fr	Fuerza radial (RA) = 4556,27 N	Carga radial pura
<b>Condición de funcionamiento</b>		
L10H = 12000 horas de servicio n = 86,65 rpm a1 = 1, confiabilidad R = 90%	factor estatico moderado fs = 1,25 p = 3, rodamientos de bolas	Condición moderada Trabajo = 8 h/día
<b>SOLUCIÓN</b>		
Ecuación (54) Coreq = 5695,34N Ecuación (58) dm = 38,58 mm V1 = 180 mm2/s	Figura (v) V = 400 mm2/s	Figura (v1) a23 = 1,7



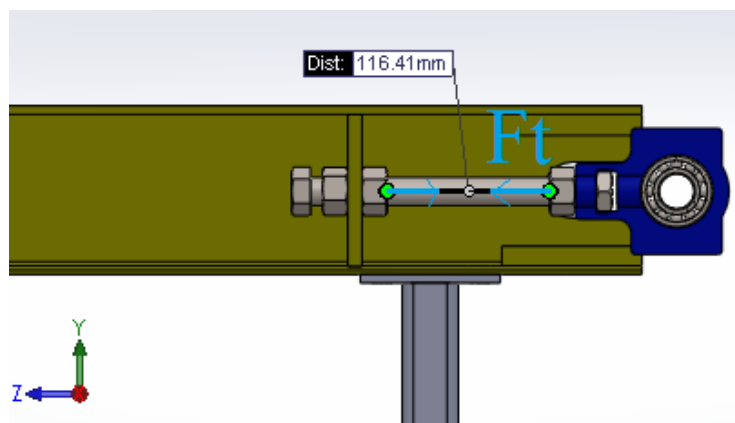
*Fuente: Alejandro Morales*

### 6.6.3.7. SELECCIÓN DE TORNILLO PARA LA CHUMACERA TENSORA.

Para la selección del tornillo se asumirá el diámetro exterior ya que conocemos el tamaño de agujero de tensión de la chumacera tensora, para determinarse que el diámetro asumido satisface los requerimientos de seguridad. Para esto asumimos un diámetro de  $9/16'' = 14,2875\text{mm}$ .

### DISEÑO DEL TORNILLO COMO COLUMNA

Como observamos en la figura el análisis para una columna lo debemos realizar en la posición crítica, donde podría sufrir pandeo, vemos que la fuerza axial es de compresión para el tornillo.



**Figura 6.48. Diagrama de cargas en el tornillo tensor**

*Fuente: Alejandro Morales*

Por lo tanto para encontrar la fuerza tensora que ejerce el rodillo conducido hacia el tornillo tensor debe ser igual a la fuerza de parada del rodillo motriz, dividida por dos, por la condición de empotramiento en ambos extremos.

$$F_t = \frac{F_p}{2} = \frac{1697,33}{2} = 848,67 \text{ N}$$

Para encontrar la carga crítica, antes de que el elemento sufra pandeo, debido a la carga axial de compresión utilizamos la fórmula de Euler (6.109), y en caso contrario utilizamos la ecuación parabólica (6.110):

$$\frac{k * lt}{r_G} \geq C_c \rightarrow \frac{P_{cri}}{A_t} = \frac{\pi^2 * E}{1,92 * \left(\frac{k*lt}{r_G}\right)^2} \quad \text{Ec. (6.109)}$$

$$\frac{k * lt}{r_G} < C_c \rightarrow \frac{P_{cri}}{A_t} = \frac{\left[1 - \frac{\left(\frac{k*lt}{r_G}\right)^2}{C_c^2}\right] * S_y}{\frac{5}{3} + \frac{3 * \left(\frac{k*lt}{r_G}\right)}{8 * C_c} + \frac{\left(\frac{k*lt}{r_G}\right)^3}{8 * C_c^3}} \quad \text{Ec. (6.110)}$$

El radio de giro o radio de inercia del tornillo lo calculamos con la ecuación:

$$r_G = \sqrt{\frac{I}{A_t}} \quad \text{Ec. (6.111)}$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2 * \pi^2 * E}{S_y}} \quad \text{Ec. (6.112)}$$

Dónde:

$P_{cri}$  =Carga crítica permisible de una columna,  $N$

$C_c$  =Relación de esbeltez crítica que separa el pandeo elástico del inelástico

$A_t$  =Área media de la sección transversal,  $m^2$

$r_G$  =Radio de giro o radio de inercia,  $m$

$I$  = Momento de inercia de área,  $m^4$

$lt$  = Longitud de la columna (tornillo roscada),  $m$

$k*lt/r_G$  = Relación de esbeltez, [adimensional]

$k$  = Factor de longitud efectiva, [adimensional]

$E$  = Módulo de elasticidad del material,  $GPa$

El área transversal del tornillo de 9/16" serie UNC, se encuentra en la tabla 6.7.

Para encontrar el diámetro medio del tornillo, que es con el que se trabajará para los cálculos tenemos la fórmula:

$$d_m = \sqrt{\frac{4 * A_t}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 0,182 * (0,0254)^2}{\pi}} = 0,012222 \text{ m} \quad \text{Ec. (6.113)}$$

**Tabla 6.7.** Características de roscas unificadas UNC

Diámetros y área de roscas unificadas de tornillo UNC

Serie gruesa-UNC					
Designación de tamaño	Diámetro nominal pulg	Roscas por pulgada, N	Área de esfuerzo de tensión $A_t$ , pulg <sup>2</sup>	Área del diámetro menor $A_r$ , pulg <sup>2</sup>	Roscas por pulgada, N
$\frac{1}{2}$	0.5000	13	0.141 9	0.125 7	20
$\frac{9}{16}$	0.5625	12	0.182	0.162	18
$\frac{5}{8}$	0.6250	11	0.226	0.202	18
$\frac{3}{4}$	0.7500	10	0.334	0.302	16
$\frac{7}{8}$	0.8750	9	0.462	0.419	14
1	1.0000	8	0.606	0.551	12

**Fuente:** Shigley Joseph, Mischke Charles. *Diseño en Ingeniería Mecánica*

Calculamos el radio de giro con la ecuación (6.111)

$$r_G = \sqrt{\frac{I}{A_t}} = \sqrt{\frac{\frac{\pi * d_m^4}{64}}{A_t}} = \sqrt{\frac{\pi * 0,012222^4}{64 * 0,182 * (0,0254)^2}} = 3,053x10^{-3} \text{ m}$$

El valor que se escoge para el factor  $k$  para análisis de columna efectiva es de 0,65 según recomienda para el diseño cuando las condiciones son parecidas a las ideales, según McCormac Jack (Anexo 25).



Se seleccionara un tornillo grado SAE número 1, por la facilidad de adquisición, además de que posee propiedades mecánicas iguales al acero ASTM A36, que asumimos son suficientes para el diseño, como podemos ver en el (Anexo 26) es un acero de bajo o medio carbono, por lo que se seleccionara el módulo de elasticidad del acero  $E = 207 \text{ GPa}$ .

Calculamos la relación de esbeltez crítica con la ecuación (6.112):

$$C_c = \sqrt{\frac{2 * \pi^2 * 207 \times 10^9}{248 \times 10^6}} = 128,36$$

Calculamos la relación de esbeltez, para saber qué ecuación se debería ocupar:

$$\frac{k * lt}{r_G} = \frac{0,65 * 0,116}{3,053 \times 10^{-3}} = 24,7 < C_c$$

Como observamos la relación de esbeltez es menor que la crítica, por lo tanto utilizaremos la ecuación parabólica (6.110), para comprobar que no exista pandeo en el tornillo.

$$P_{cri} = 0,182 * (0,0254)^2 \frac{\left[1 - \frac{24,7^2}{128,36^2}\right] * 248 \times 10^6}{\frac{5}{3} + \frac{3 * 24,7}{8 * 128,36} + \frac{(24,7)^3}{8 * 128,36^3}} = 16,12 \text{ kN}$$

Condición para comprobar el pandeo:

$$Ft \ll P_{cri} \quad \text{Ec. (6.114)}$$

$$848,67 \text{ N} \ll 16,12 \text{ kN} \rightarrow OK$$

Se comprueba que no existirá pandeo en el tornillo seleccionado.

## DISEÑO ESTÁTICO

Se debe calcular los esfuerzos normales y cortantes en el tornillo, para esto se analizará en los extremos donde ocurren dichos esfuerzos.

$$\sigma_x t = \frac{4 * Ft * Pt}{\pi * L * (D_t^2 - d_t^2)} \quad \text{Ec. (6.115)}$$

$$\tau_{xz}t = \frac{Ft}{\pi * L * d_t^2} \quad \text{Ec. (6.116)}$$

Donde:

$Pt$  = Paso del tornillo roscado

$L$  = Longitud del tornillo en análisis,  $0,1164 \text{ m}$

$D_t$  = Diámetro mayor del tornillo roscado,  $0,014246 \text{ m}$  (tabla rosca americana)

$d_t$  = Diámetro menor del tornillo roscado

Para encontrar el paso de la rosca utilizamos la ecuación (6.67) y la tabla 6.8.

$$Pt = \frac{1}{12} = 0,0833$$

**Tabla 6.8.** Dimensiones de rosca americana UNC

<b>Rosca americana</b>		
Unified Inch Screw Thread UNC, ASME B 1.1 Rosca exterior Ángulo de flanco 60°		
Diámetro UNC	Ø exterior de la rosca mm	Número de hilos por pulg.
¼	6,322	20
⅜	7,907	18
½	9,491	16
⅞	11,076	14
1 ½	12,661	13
1 ⅞	14,246	12
2	15,834	11

**Fuente:** Catálogo de roscas, *Formeinund Tabellen Zur Technischen Mechanik*

El diámetro interior de la rosca se calcula de manera similar a la ecuación (6.113) con el factor correspondiente al diámetro interior 0,162 para  $A_t$ :

$$d_t = \sqrt{\frac{4 * 0,162 * (0,0254)^2}{\pi}} = 0,01153 \text{ m}$$

Reemplazando valores en las ecuaciones de esfuerzos normales y cortantes tenemos:

$$\sigma_x t = \frac{4 * 848,67 * 0,0833}{\pi * 0,1164 * (0,014246^2 - 0,01153^2)} = 11,05 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xz} t = \frac{848,67}{\pi * 0,1164 * 0,01153^2} = 17,46 \text{ MPa}$$

Aplicando la teoría de falla de Von Misses (6.36) tenemos:

$$\sigma' = \sqrt{11,05^2 + 3(17,46)^2} = 32,2 \text{ MPa}$$

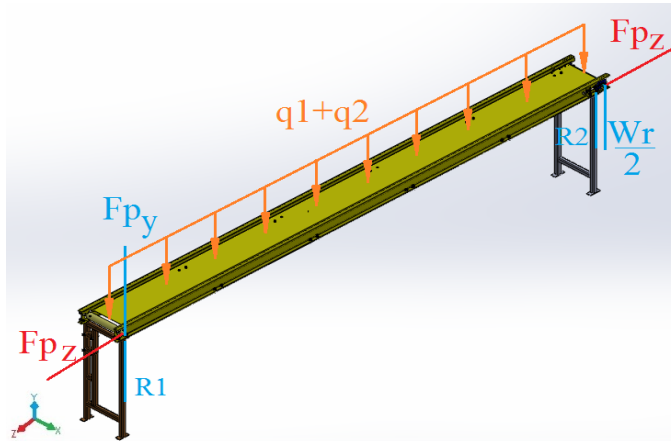
Comprobamos el diseño estático con la ecuación (6.37)

$$n = \frac{248}{32,2} = 7,7$$

No se realiza diseño a fatiga (carga variable) debido a que el perno roscado está sometida únicamente a una carga constante de compresión.

#### 6.6.3.8. DISEÑO DEL BASTIDOR DE LA BANDA

Para diseñar el bastidor se deberán tener presentes total las cargas que actúan en el mismo por lo tanto se realiza un esquema de las fuerzas externas que intervienen.



**Figura 6.49. Fuerzas que actúan sobre el bastidor**

*Fuente: Alejandro Morales*

Donde:

$q_1$  = Carga distribuida del peso total de la banda que soporta la plancha

$q_2$  = Carga distribuida del peso máximo de transporte de la banda

$Fp_y$  = Carga de la componente de la tensión de la banda y fuerza del rodillo en y

$Fp_z$  = Componente de la tensión de la banda y la tensión de la banda textil en z

$W_r$  = Peso del rodillo conducido

$W_p$  = Carga que soporta la plancha de tol

Calculamos la carga distribuida de la banda y del material a ser transportado, con la ecuación:

$$q_1 = \frac{Wb}{l_p} \quad \text{Ec. (6.116)}$$

Donde:

$Wb$  = Peso de la banda, 20,38 N

$l_p$  = longitud de plancha, 5 m

$Wm$  = Peso máximo del material a transportar, 70 kg

$$q_1 = \frac{20,38}{5} = 4,076 \frac{N}{m}$$

$$q_2 = \frac{70 * 9,8}{5} = 137,2 \frac{N}{m}$$

$$Wp = 20,38 + (70 * 9,8) = 706,38 N$$

El peso del rodillo lo podemos calcular con la ecuación (6.60), conociendo el volumen y la densidad del mismo.

$$W_r = 6,95 * 9,8 = 68,11 N$$

$$Fp_y = \frac{W_r}{2} + F_{tv}y = \frac{68,11}{2} + 3845,02 = 3879,08 N$$

$$Fp_z = F_t + F_{tv}z = 848,67 + 1163,81 = 2012,48 N$$

### 6.6.3.9. DISEÑO DE LA PLANCHA METÁLICA DE SECCIÓN C:

La carga por unidad de longitud que se encontrará sobre la plancha del bastidor se calcula a continuación (ver figura 6.50), toda la carga se divide para 4 partes, ya que existen 4 juntas soldadas entre el canal y la plancha.

$$q_p = \frac{Wp}{4 * b_o} = \frac{706,38}{0,32} = 551,86 \frac{N}{m}$$

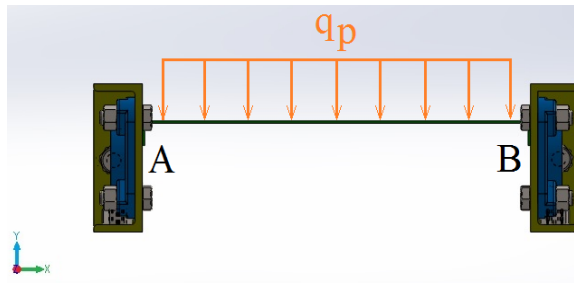


Figura 6.50. Diagrama de cargas sobre la plancha.

Fuente: Alejandro Morales

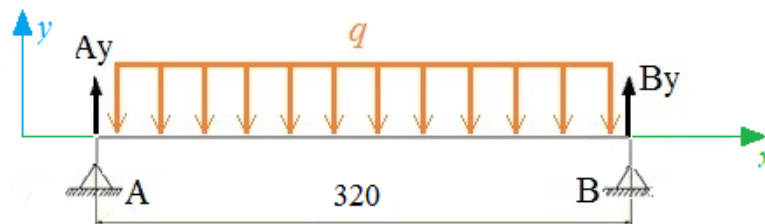
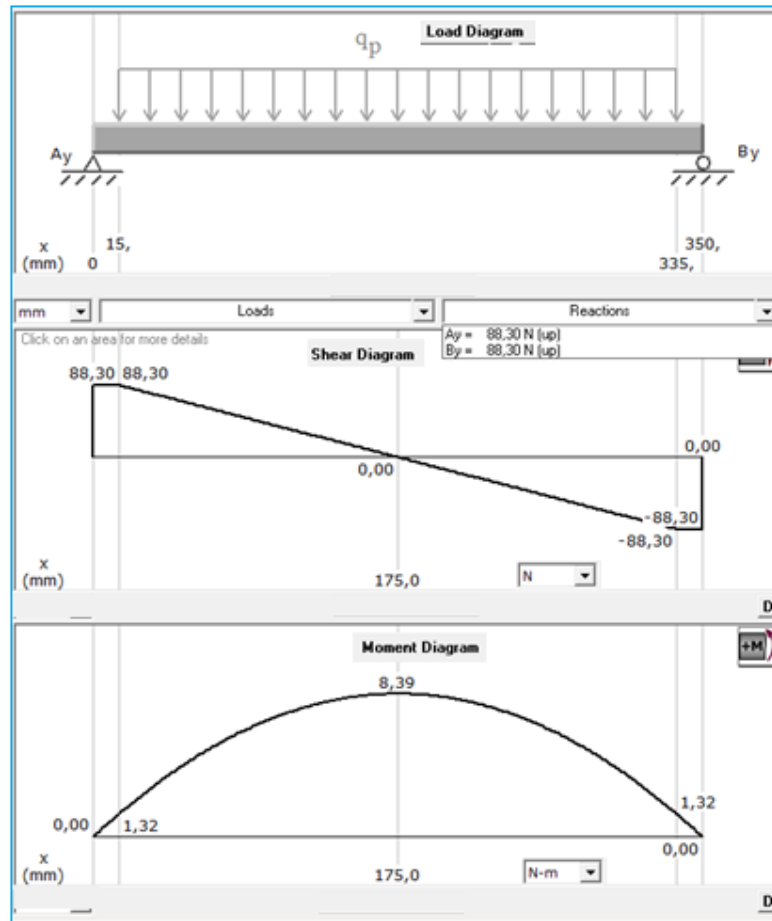


Figura 6.51. Diagrama de cuerpo libre de plancha de tol.

Fuente: Alejandro Morales



**Figura 6.52. Diagrama de carga, de corte y momento flexionante en el plano xy de plancha.**

*Fuente: Alejandro Morales*

#### **SELECCIÓN DE MATERIAL:**

ACERO ASTM A36 con espesor,  $e = 2 \text{ mm}$

Resistencia a la tensión:  $S_{ut} = 380 \text{ MPa} = 55 \text{ ksi}$

Resistencia a la fluencia:  $S_y = 248 \text{ MPa} = 36 \text{ ksi}$

Con el momento flector máximo se analizará el esfuerzo a flexión, con la ecuación (6.64) se puede encontrar el módulo de la sección.

Donde:

$C$  = Distancia del eje centroidal al lugar de máximo esfuerzo,  $2,01 \text{ mm}$

$I$  = Segundo momento de área,  $8629,24 \text{ mm}^4$

$$S = \frac{8629,24}{2,01} = 4293,15 \text{ mm}^3$$

Utilizamos la ecuación (6.38) para encontrar el esfuerzo normal de flexión:

$$\sigma_x = \frac{8,39}{4,293 \times 10^{-6}} = 1,95 \text{ MPa}$$

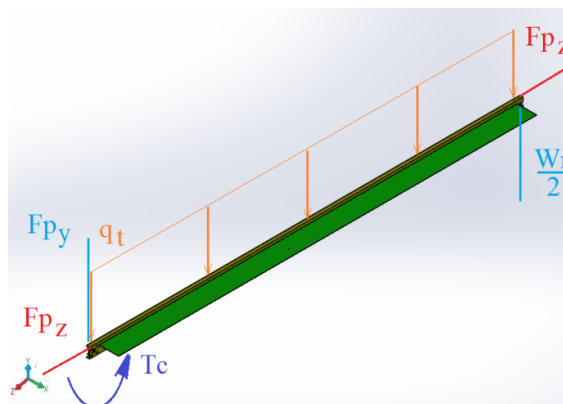
Para encontrar el factor de seguridad estático de la plancha, se aplica la ecuación (6.37)

$$n = \frac{248}{1,95} = 127,18$$

Se considera estas dimensiones para garantizar la alineación de perfiles a cortar así como la rigidez que debe tener el sistema de transporte.

#### 6.6.3.10. DISEÑO DEL PERFIL DEL BASTIDOR:

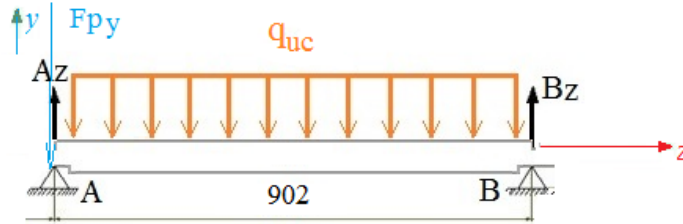
El diseño del perfil estructural del bastidor se lo analizará estáticamente y como columna, se deben analizar las cargas que actúan en el mismo, como se muestra en la figura 6.53.



**Figura 6.53. Fuerzas que actúan sobre un tramo del canal del bastidor**

*Fuente: Alejandro Morales*

Para el análisis de cargas al perfil se lo ha dividido en 5 partes ya que está soportado por 6 estructuras base como diseño preliminar. Por facilidad de cálculo se analiza un tramo del perfil A-B, para las cargas que actúa en el mismo.



**Figura 6.54. Diagrama del cuerpo libre de un tramo del canal del bastidor**

*Fuente: Alejandro Morales*

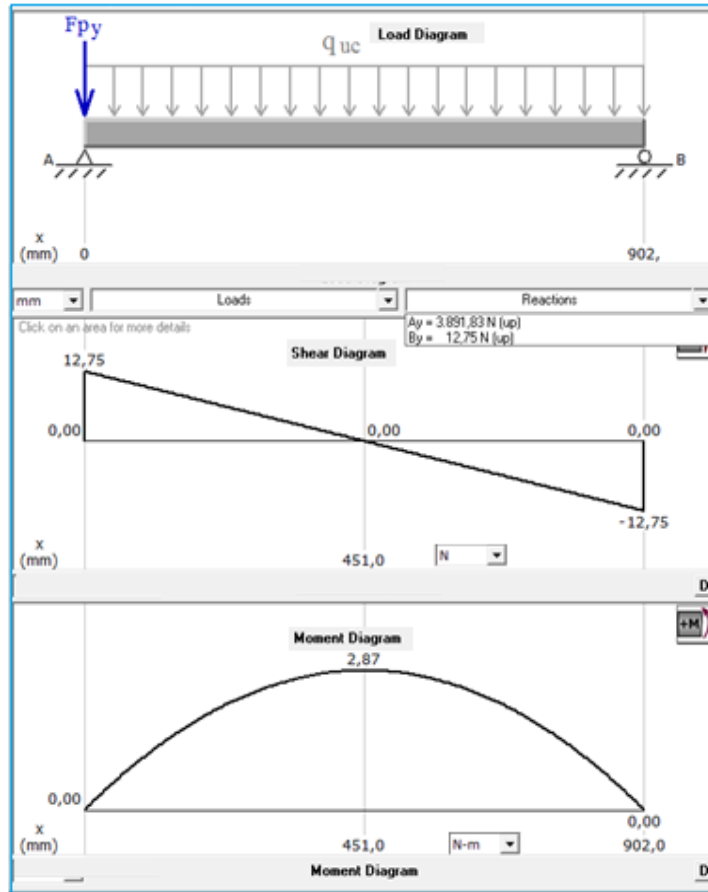
$$q_t = q_1 + q_2 = 4,076 + 137,2 = 141,28 \frac{N}{m}$$

$$q_{uc} = \frac{q_t}{5} = \frac{141,28}{5} = 28,26 \frac{N}{m}$$

Para encontrar el torque provocado en el perfil por la carga uniforme utilizamos la ecuación (6.7)

$$T_{cu} = \frac{W_p}{2} * d = \frac{706,38}{2} * \left( \frac{0,65}{4} \right) = 57,39 \frac{N}{m}$$





**Figura 6.55. Diagrama de carga, de corte y momento flexionante en el plano xy de canal de bastidor**

*Fuente: Alejandro Morales*

### RESULTADO DE ANÁLISIS DE FUERZA

$$R_{Ay} = 3891,83 \text{ N} = 873,68 \text{ lbf}$$

$$R_{By} = 12,75 \text{ N} = 2,86 \text{ lbf}$$

$$M_{m\acute{a}x} = 2,87 \text{ Nm} = 25,37 \text{ lbf} * \text{ pulg}$$

Se selecciona un perfil estructural en U de 120x40x6, la longitud de su alma debe ser mayor que el diámetro del rodillo, ya que por diseño, este debe colocarse dentro del perfil.

**Tabla 6.9.** Especificaciones generales del canal U del bastidor

**PERFILES ESTRUCTURALES**  
**CANALES "U"**

**Especificaciones Generales**

Norma INEN 1 623: 2000

DIMENSIONES			PESOS		TIPOS							
A	B	e	6 metros	1 metro	SECCION	EJE X-X			EJE Y-Y			
mm	mm	mm	kg	kg	cm <sup>2</sup>	I	W	I	I	W	I	x
						cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm
125	50	6	59.16	9.86	12.32	266.00	42.67	4.65	27.19	7.51	1.48	1.38

*Fuente: Catálogo de productos de acero Dipac.*

Se calcula el esfuerzo normal con las ecuaciones (6.38) y (6.64), se tomará en consideración el esfuerzo axial provocado por la tensión de la banda de transmisión textil, ecuación (6.75).

$$\sigma_{xU} = \frac{M_U * y}{I_x} + \frac{Fp_z}{A_{tU}} \quad \text{Ec. (6.118)}$$

Donde:

$I_x$  = Momento de inercia con respecto a x,  $266 \times 10^{-8} m^4$

$A_{tU}$  = Área de la sección transversal del perfil U,  $12,32 \times 10^{-4} m^2$

y = Distancia del eje centroidal al lugar de máximo esfuerzo, 0,0625m

$$\sigma_{xU} = \frac{2,87 * 0,0625}{266 \times 10^{-8}} + \frac{2012,48}{12,32 \times 10^{-4}} = 1,7 \text{ MPa}$$

Se calcula el esfuerzo cortante con la siguiente ecuación, se debe analizar la fibra externa más alejada del perfil en U.

$$\tau_{xyU} = \frac{T_{cU} * y}{I_x + I_x} \quad \text{Ec. (6.119)}$$

$$\tau_{xyU} = \frac{57,39 * 0,0625}{(266 + 27,19) \times 10^{-8}} = 1,22 \text{ MPa}$$

Aplicando el teorema de Von Misses o la energía de la distorsión para el esfuerzo máximo (6.36).

$$\sigma' = \sqrt{1,7^2 + 3(1,22)^2}$$

$$\sigma' = 2,71 \text{ MPa}$$

El factor de seguridad estático se lo calcula con la ecuación (6.37)

$$n = \frac{228}{2,71} = 84$$

### **ANÁLISIS COMO COLUMNA:**

Debido a que la longitud del perfil analizado es algo largo, se debe analizar como columna, de manera similar al análisis del tornillo tensor; se considera que existe soporte lateral en el lado más débil del perfil, se calculará la relación de esbeltez en ambos ejes para utilizar la mayor.

Se calcula la relación de esbeltez para el eje x:

$$\frac{k * l_x}{r_x} \quad \text{Ec. (6.120)}$$

Donde:

$k$  = Factor de longitud efectiva, 0,65 (Anexo 25)

$l_x$  = Longitud de la columna, 0,902 m

$r_x$  = Radio de inercia en x, 0,0465 m (Tabla 6.9)

$$\frac{k * l_x}{r_x} = \frac{0,65 * 0,902}{0,0465} = 12,61$$

Ahora de manera similar se calcula la relación de esbeltez para el eje y:

$$\frac{k * l_y}{r_y} = \frac{0,65 * 0,902}{0,0148} = 39,61$$

Calculamos la relación de esbeltez crítica con la ecuación (6.112):

$$C_c = \sqrt{\frac{2 * \pi^2 * 207x10^9}{248x10^6}} = 128,36$$

Como observamos la relación de esbeltez en el eje y es menor que la crítica, por lo tanto utilizaremos la ecuación parabólica (6.110), para comprobar que no exista pandeo en el perfil en U.

$$P_{cri} = 12,32x10^{-4} \frac{\left[1 - \frac{39,61^2}{128,36^2}\right] * 248x10^6}{\frac{5}{3} + \frac{3*39,61}{8*128,36} + \frac{(39,61)^3}{8*128,36^3}} = 154,78 \text{ kN}$$

Condición para comprobar el pandeo (6.114):

$$Fp_z \ll P_{cri}$$

$$2012,48 \text{ N} \ll 154,78 \text{ kN} \rightarrow OK$$

#### 6.6.4.AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

El funcionamiento de la maquinaria se lo realizó pensando en una operación con un sistema de control automático y semiautomático, en los cuales se diseñó un sistema de control con Plc(Controlador lógico programable),y elementos de control electromecánico como contactores, relés temporizadores, relés térmicos, los cuales mediante un circuito permiten el funcionamiento y la interacción del sistema de corte con el sistema de transporte.

De igual manera se instaló un tablero de mando, para el control automático y semiautomático, así como también paros de emergencia, garantizando un manejo fácil y seguro de todo el sistema.

Cabe recalcar que se utilizó un sistema con Plc, el cual nos permite tener un panel de control con pocos elementos de control electromecánico, ayudándonos a optimizar costos y espacio, así también para facilitar el mantenimiento del panel.

Para realizar el diseño se realizó el análisis de todos los elementos de control y sistemas a controlar:

**Sistema de corte:**

- ✓ Motor trifásico de 3Hp
- ✓ Motor de corriente continúa a 24 V de 250 W
- ✓ Electroválvula de pistón de ajuste de tubo a 24 V
- ✓ Lámparas indicadoras de funcionamiento a 220 V

**Sistema de transporte:**

- ✓ Motoreductor con freno trifásico de 3 Hp

**Elementos paracontrol:**

- ✓ Pulsadores NA (Normalmente Abiertos)
- ✓ Pulsadores NC (Normalmente Cerrados)
- ✓ Selectores de Corriente
- ✓ Paro de Emergencia
- ✓ Finales de carrera
- ✓ Encoder

**Codificación de elementos para accionamiento**

- ✓ Motoreductor con freno de banda de transporte: K1
- ✓ Electroválvula de pistón neumático de ajuste: K2
- ✓ Motor trifásico de corte para corte: K3
- ✓ Motor de Corriente continua de avance de corte: K4
- ✓ Motor de Corriente continua de reversa de corte:K5
- ✓ Lámpara indicadora de falla de sistema: K6
- ✓ Pulsador de inicio de trabajo (NA): P0

- ✓ Pulsador de paro de emergencia (NC): P1
- ✓ Final de carrera 1: FC1
- ✓ Final de carrera 2: FC2

Además se tiene el código de ciertos elementos auxiliares:

- ✓ Relé auxiliar: RA1, RA2, RA3.
- ✓ Línea controlada: LC1
- ✓ Entradas de Plc: X0, X1....X8
- ✓ Salidas de Plc: Y0, Y1...Y5

### **CIRCUITO PANEL DE TABLERO DE CONTROL**

Está constituido por dos circuitos principales que son:

- ✓ Circuito de control
- ✓ Circuito de Potencia

### **CIRCUITO DE CONTROL**

Está constituido por dos partes:

#### **Circuito automático:**

Está constituido por el Plc con entradas (sensores y pulsadores) y salidas (motores y electroválvulas) que funcionan a 24 Vc, el cual consta con una pantalla en el que se realiza el trabajo de corte totalmente automático.

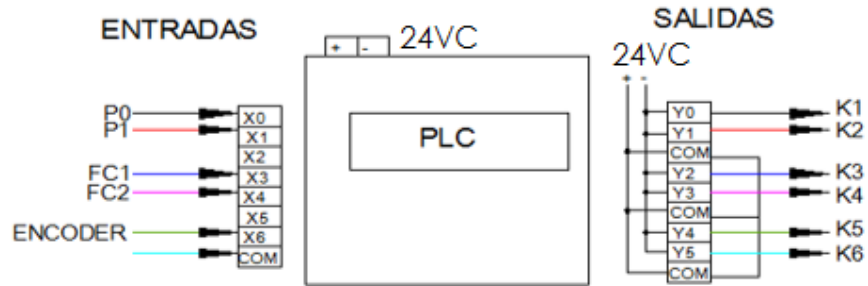
#### **Circuito Semiautomático:**

Realizado para que el operador pueda manipular algunas de las opciones de operación de la máquina, diseñado y pensado para realizar cortes no comunes o cortes con ángulos al perfil estructural, en este circuito existen contactores, relés de tiempo, relés térmicos, etc.

Para los circuitos de control, el objetivo es accionar las bobinas de contactores y relés de accionamientos de motores y electroválvulas para activar los elementos de potencia en el orden de proceso requerido.

### CONEXIONES EXTERNAS DE PLC:

Diseñado con la siguiente esquematización de conexiones externas:



**Figura 6.56. Conexiones externas de Plc**

*Fuente: Alejandro Morales*

Se consideró un selector que permita escoger la opción de funcionamiento de manual o automático por lo que no pueden funcionar los dos circuitos a la vez, ya que esto provocaría mal funcionamiento y daños al sistema.

El circuito de control unificado con la codificación respectiva nos queda de la siguiente manera:

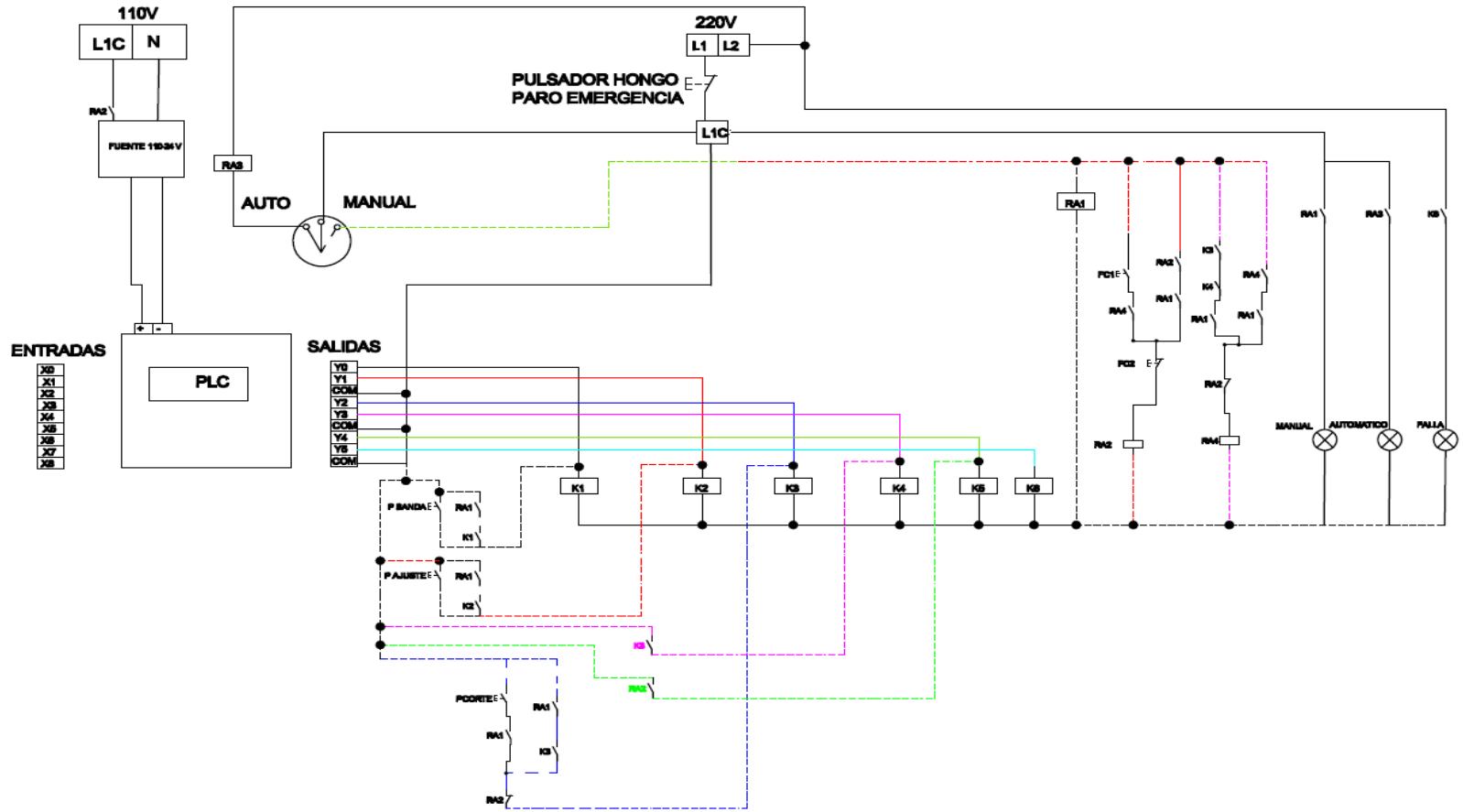


Figura 6.57. Circuito de control de Tronzadora

Fuente: Alejandro Morales



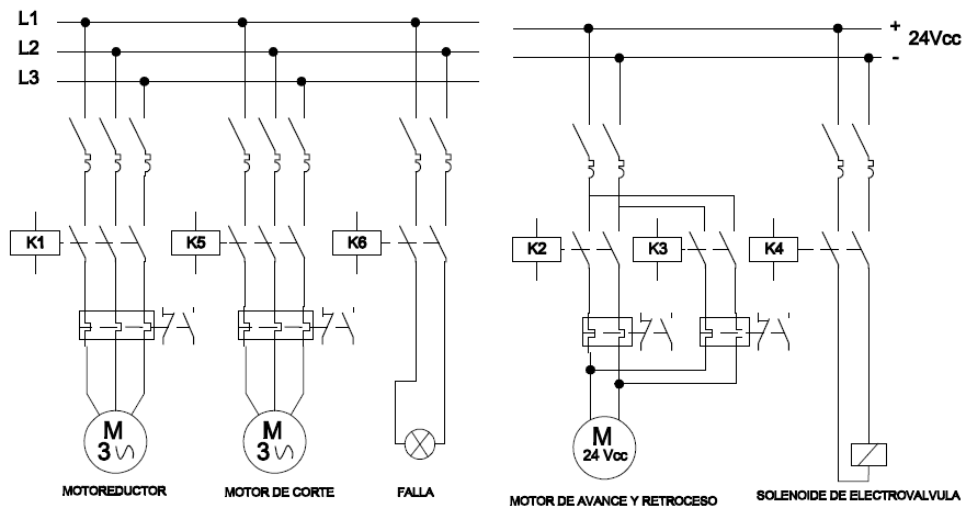
## CIRCUITO DE POTENCIA

Es el circuito en el cual se pasa voltaje a los elementos de potencia por medio de relés y contactores permitiendo el accionamiento de éstos.

Se deben considerar elementos de protección como fusibles, relés térmicos y guardadamotores, así como se debe prever lámparas de señalización por posibles fallas en el funcionamiento, de esta manera se protegen elementos de potencia de sobrevoltajes y cortocircuitos.

El cableado es importante, se lo dimensionó según el amperaje que circula por el circuito para evitar sobrecalentamientos y fallas en el sistema.

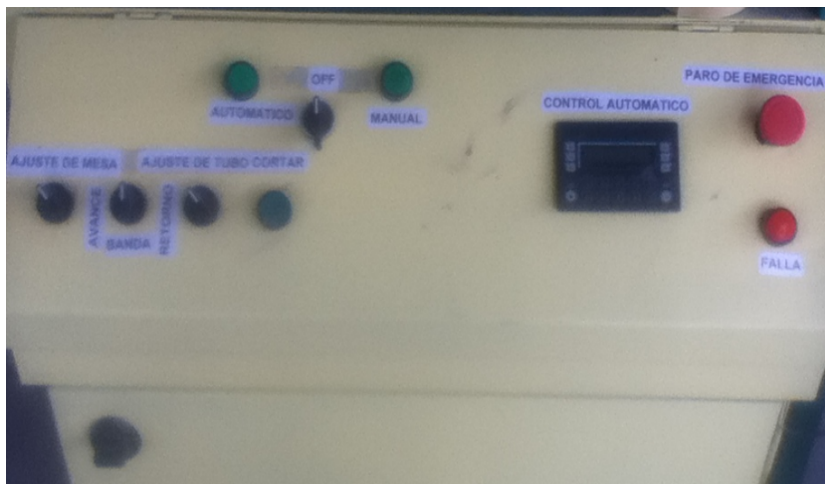
Se lo desarrolló en función de los accionamientos existentes como son los motores y electroválvulas, considerando que el motor de corriente continua tiene inversión de giro, así también el motoreductor y además los contactores adecuados con relés térmicos para que al pasar la carga de potencia de los elementos los contactos puedan soportar.



**Figura 6.58. Circuito de Potencia de Tronzadora**

*Fuente: Alejandro Morales*

A continuación se muestra un panel de control con todos los controles y señalizaciones existentes para el manejo de la máquina.



**Figura 6.59. Panel de Control**

*Fuente: Alejandro Morales*

## **DESCRIPCIÓN DE SECUENCIA DE FUNCIONAMIENTO DE CIRCUITO**

Se lo diseño de la siguiente manera, la cual se ajusta a una secuencia de pasos lógicos del sistema, la cual es cíclica en donde tenemos:

1. Encendido General de la máquina tronzadora.
2. Encendido de motor sistema de transporte de perfiles.
3. Activación de Encoder de distancia requerida para corte.
4. Paro de motor de sistema de transporte.
5. Accionamiento de Solenoide de electroválvula de Ajuste.
6. Encendido de motor de corte.
7. Encendido de motor de avance.
8. Activación de final de carrera 1 y paro de motor de corte.
9. Encendido de motor de retroceso.
10. Activación de final de carrera 2 y paro de motor de retroceso.

## **CONEXIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE ENCODER**

En el diseño del circuito de control se ha considerado obtener cortes a determinadas distancias, las cuales se logran mediante un sensor que pueda

transferirnos información de cuanta distancia se avanza y requiere en el sistema de transporte para así detenerlo y seguir con los procesos de ajuste,avance y corte.

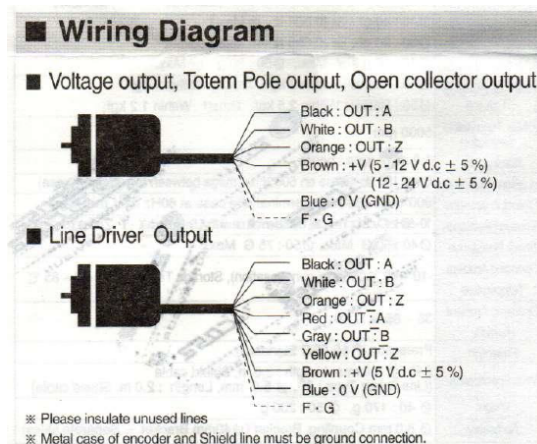
Tomando en cuenta estas consideraciones se utilizó un Encoder, sensor incremental que nos emite un determinado número de señales por revolución, de esta manera acoplado al eje y considerando el perímetro del rodillo conducido o motriz se puede realizar el cálculo de cuanto se avanza linealmente en el sistema de transporte según el número de revoluciones.

Se utilizó un sensor encoder Hamyoung con las siguientes características:

Número de pulsos por revolución: 100

Voltaje de entrada: 24 Vcc

Número de entradas: 2



**Figura 6.60. Diagrama de Conexión de Encoder**

*Fuente: Manual Encoder Hamyoung.*

### **CÁLCULOS DE DISTANCIAS:**

Considerando que el Encoder está acoplado directamente al eje conducido se debe tomar en cuenta el siguiente análisis:

Diámetro de rodillo: 2 plg (50,8mm).

Se calculó el perímetro del rodillo que en movimiento es la distancia lineal recorrida por revolución:

$$P = \pi * d \quad \text{Ec. (6.121)}$$

Reemplazando valores tenemos:

$$P = \pi * 50,8 \text{ mm}$$

$$P/rev = 159,6 \text{ mm/rev}$$

Para corte de un perfil de una longitud de 1000mm se tiene:

$$1 \text{ rev} \rightarrow 159,6 \text{ mm}$$

$$\#rev \rightarrow 1000 \text{ mm}$$

$$\# \text{ rev} = \frac{1 \text{ rev} * 1000\text{mm}}{159,6\text{mm}}$$

$$\# \text{ rev} = 6,2656$$

Como el Encoder nos emite una señal de 100 pulsos/revolución se tiene que para el corte del perfil en análisis se realiza el siguiente cálculo.

$$\text{Corte de perfil (1000mm)} = 6,2656 * 100$$

$$\text{Corte de perfil (1000mm)} = 626 \text{ pulsos}$$

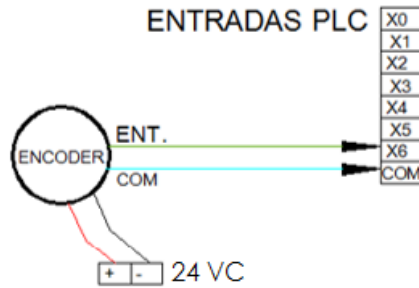
Es decir que mientras gira el eje conducido del sistema de transporte conectado al Encoder directamente, éste deberá emitir 626 pulsos para llegar a una distancia lineal de 1000mm.

De la misma manera se procederá a calcular las siguientes distancias requeridas para el corte.

### **CONEXIÓN DE ENCODER A PLC:**

El Encoder es un sensor de distancias por tanto la conexión se realizó a las entradas del Plc, cada pulso que emite el Encoder es considerado como una señal

binaria por lo que interiormente del Plc, debe programarse estas señales a funciones de contadores.



**Figura 6.61. Diagrama de Conexión de Encoder a Plc.**

*Fuente: Alejandro Morales*

### **PROGRAMACIÓN DE PLC.**

El tipo de Plc adquirido cuenta con pantalla con teclado por lo que se debe programar las pantallas, así como la parte interna.

### **PROGRAMACION DE PANTALLAS**

El Plc Renu tiene ventajas de funcionalidad ya que tiene una pantalla con teclas que actúan como entradas, éstas intervienen dentro de la programación, por tanto este Plc reemplaza el uso de una pantalla que tuviera que conectarse adicionalmente.

A continuación se describe el uso del Plc con pantalla para operación de la máquina.

Al escoger en el panel de control el modo automático se tiene el encendido del Plc con la pantalla en la que se pide presionar enter para continuar.



**Figura 6.62. Plc Encendido**

*Fuente: Alejandro Morales*

Al presionar ENT se despliega opciones de corte de medida, en los que al presionar F4 se presentan más opciones de medida y al presionar ESC se regresa al panel inicial.



**Figura 6.63. Opción de corte 1**

*Fuente: Alejandro Morales*



**Figura 6.64. Opción de corte 2**

*Fuente: Alejandro Morales*

Se ha considerado 10 opciones de corte por lo que se pueden desplegar 10 opciones de pantallas para corte.

**PROGRAMACIÓN INTERNA:**

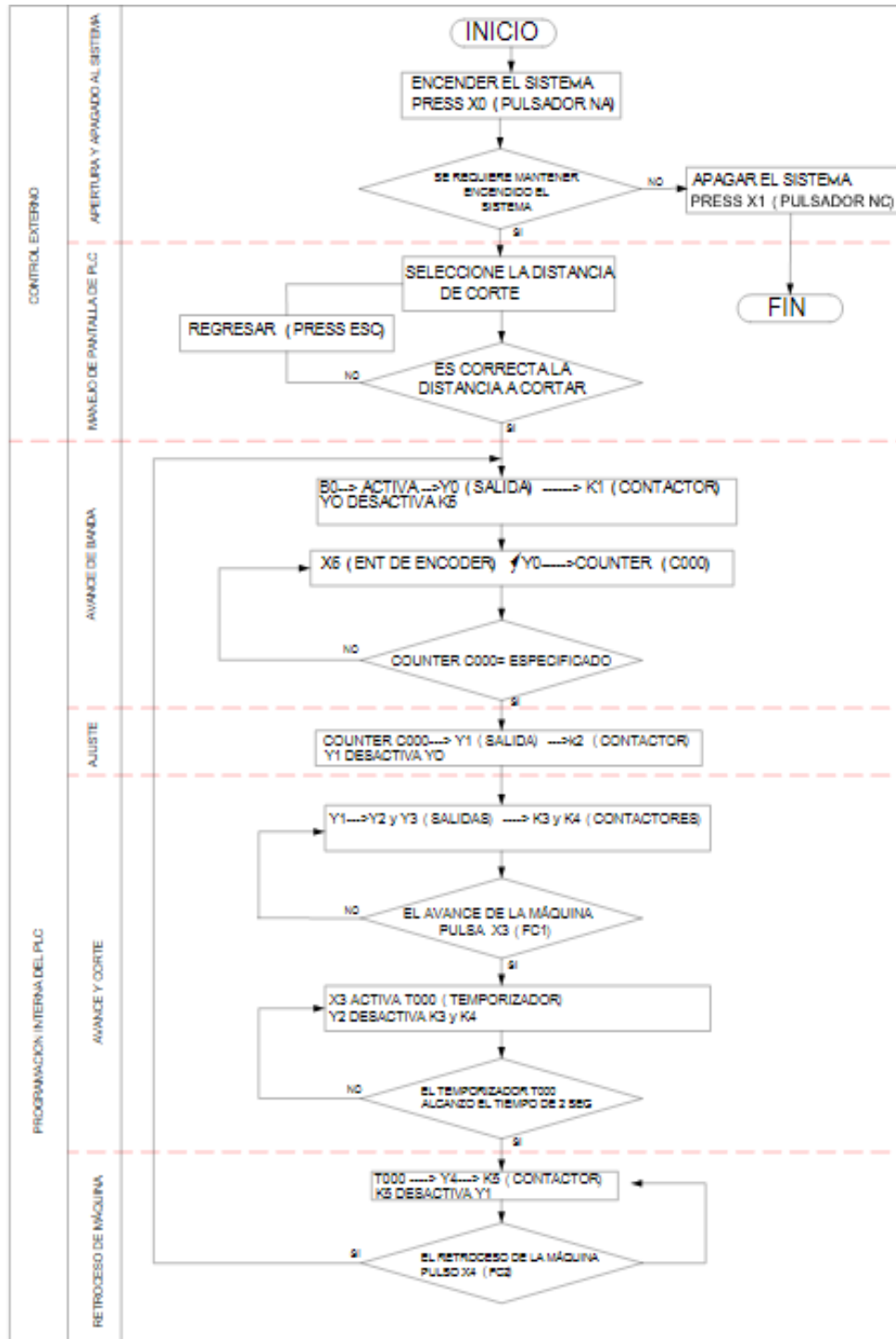
Se considera las funciones existentes dentro del Plc así como los códigos de programación.

**Tabla 6.10.** Especificaciones de funciones de Plc

<b>FUNCIÓN</b>	<b>CÓDIGOS DE PROGRAMACIÓN</b>
ENTRADAS	X
SALIDAS	Y
BOBINAS AUXILIARES	B
TEMPORIZADORES	TON
CONTADORES	COUNTER

*Fuente: Alejandro Morales*

Para realizar la programación se realizó el flujograma de la secuencia lógica de pasos que tiene el control de la máquina mostrado en la figura 6.65.

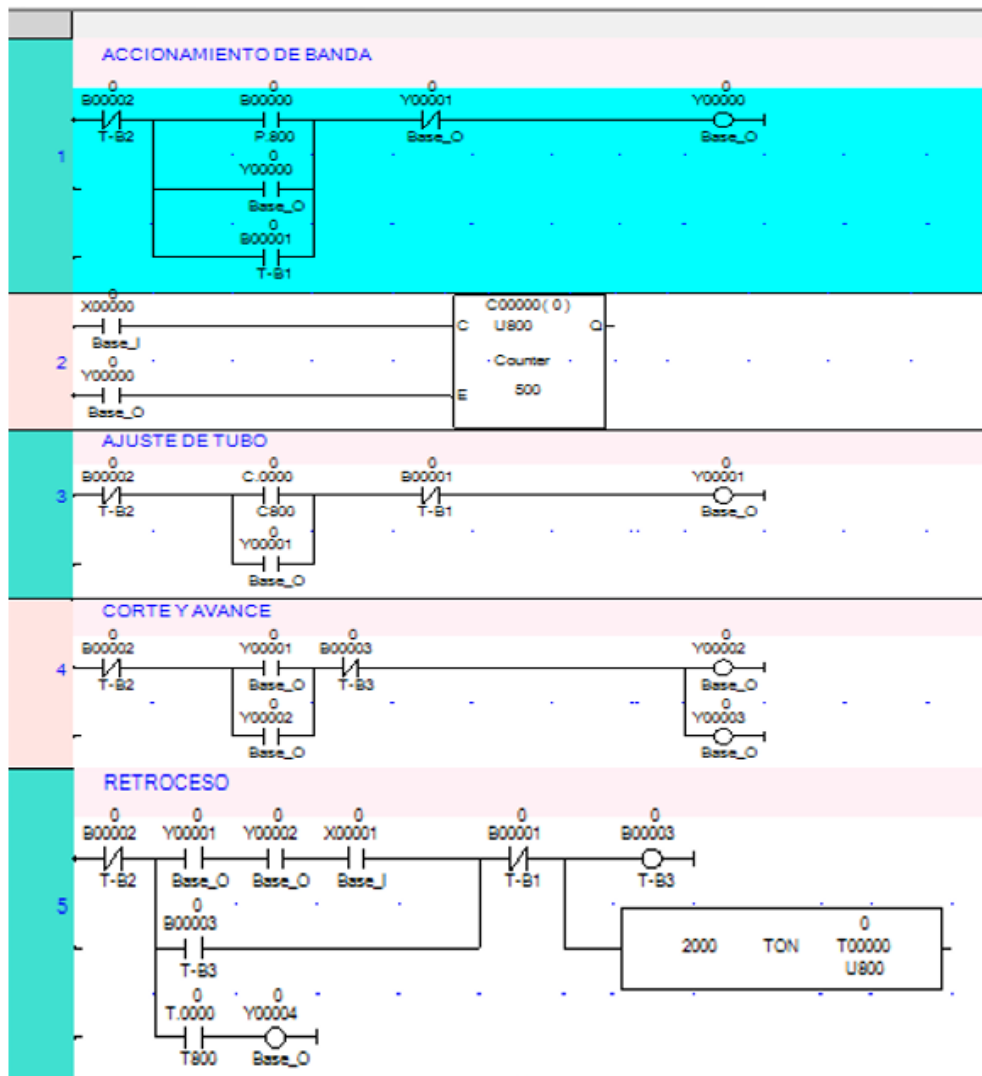


**Figura 6.65. Flujograma de control**

*Fuente: Alejandro Morales*

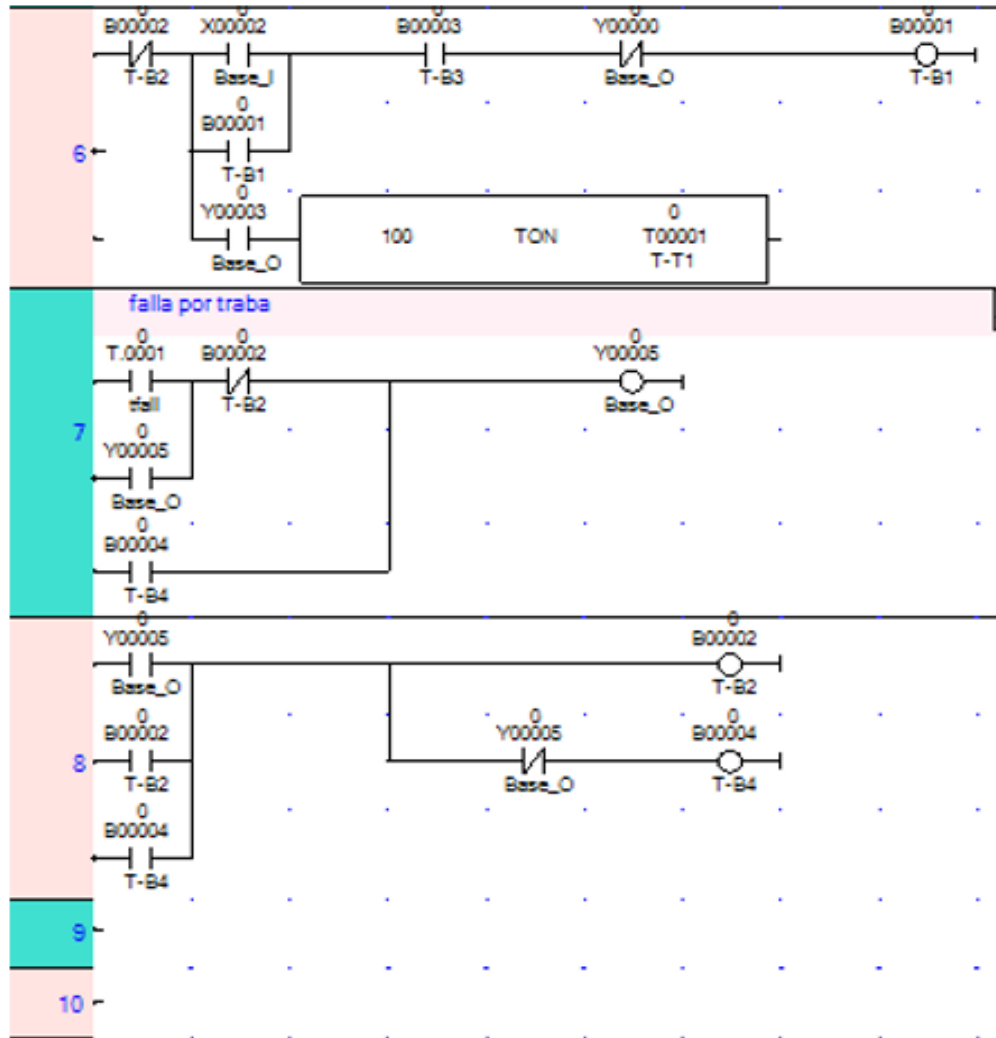


La programación está dada en función del lenguaje ladder, el software utilizado es flexisoft que pertenece a la marca del Plc Renu, a continuación se muestra la programación lógica para funcionamiento del circuito de control, es importante mencionar que el circuito de programación es para una sola medida de corte repetitiva, entonces la programación está dada 10 veces para diferentes medidas como se explicó en la programación de pantalla con la diferencia en la entrada en el contador CXXX(Counter), el cual recibe las señales de la entrada del Encoder y es el que nos permite definir las distancias de corte.



**Figura 6.66. Programación Interna de Plc**

*Fuente: Alejandro Morales*



**Figura 6.67. Programación Interna de Plc (continuación)**

*Fuente: Alejandro Morales*

## 6.7 METODOLOGÍA

Con los requerimientos que exige la construcción de la máquina diseñada a continuación se detalla la construcción que consta de tres etapas como son:

- ✓ Construcción de Tronzadora
- ✓ Construcción de sistema de transporte
- ✓ Automatización y control

## 6.7.1. CONSTRUCCIÓN DE TRONZADORA

El diseño está basado en sistema de corte que puede tener desplazamiento lineal mediante un sistema de rodadura acoplado a una estructura rígida con rodamientos que permita el movimiento, en el cual consta de elementos como: estructura, motor, mecanismo de transmisión por bandas, ejes y disco de corte.

### 6.7.1.1. ESTRUCTURA

Es un componente rígido que soporta todo el peso del sistema de corte el cual está anclado al piso y su estructura soporta el trabajo de la máquina así como el peso de los componentes a cortar.

Para esto se utilizó los siguientes materiales por disponibilidad:

Tubo rectangular (60\*40\*2) mm- ASTM A500

Tubo Cuadrado (40\*40\*2) mm -ASTM A500



**Figura 6.68. Estructura de Tronzadora**

*Fuente: Alejandro Morales*

### 6.7.1.2. PLACA SOPORTE

Soporta el peso de elementos como el motor y el sistema de transmisión, se lo realizó mediante una plancha de espesor de 6mm y acero ASTM A36, el cual tiene perforaciones para montaje de los elementos.



**Figura 6.69. Placa L Soporte Construída**

*Fuente: Alejandro Morales*

### 6.7.1.3. MOTOR CON ELEMENTOS DE TRANSMISIÓN

El motor utilizado es trifásico a 1750 rpm, que está acoplado hacia los elementos de transmisión como son las poleas de 3,5plg y 4 plg de doble canal tipo V.



**Figura 6.70. Elementos de Transmisión de tronzadora**

*Fuente: Alejandro Morales*

#### 6.7.1.4. EJE DE DISCO DE CORTE

El eje se maquinó en el torno con superficies dispuestas para acople de polea, chumacera y disco de corte con platos de ajuste con un roscado al extremo, el tipo de acero utilizado es AISI 1018.



**Figura 6.71. Eje de tronadora**

*Fuente: Alejandro Morales*

#### 6.7.1.5. DISCO DE CORTE

El disco de corte es de acero de 14 plg de diámetro, está compuesto por dientes de carburo, además puede girar a 1500 rpm, marca Milwaukee, va acoplado al eje con un bocín pequeño y ajustado con platos a cada lado.



**Figura 6.72. Disco de Corte**

*Fuente: Alejandro Morales*

#### 6.7.1.6. RODADURA

Está compuesto de dos partes, una en la que van los rodamientos montados a dos bases que sostienen todo el sistema de transmisión y corte para poder permitir movimiento líneal y el segundo va conectado a la parte del tornillo de potencia y estructura para el giro correspondiente, se lo realizó a partir de una plancha ASTM A36 doblada y con rodamientos 6005.



**Figura 6.73. Montaje de Rodadura de Tronzadora**

*Fuente: Alejandro Morales*

#### 6.7.1.7 Tornillo de Potencia

Construido a partir de eje de acero AISI 1018 con tuerca y tornillo destinado para regular la altura de corte de disco y para regular el Angulo de corte.



**Figura 6.74. Tornillo de potencia**

*Fuente: Alejandro Morales*

## 6.7.2 CONSTRUCCIÓN DE SISTEMA DE TRANSPORTE

Diseñado para el transporte de elementos a cortar como son los perfiles estructurales, compuesto por una banda de transporte con rodillos motriz y conducido accionados por un motoreductor.

### 6.7.2.1. ESTRUCTURA SOPORTE

Elemento rígido destinado a soportar los elementos de la máquina, así como los perfiles a cortar, realizado a partir de perfil estructural cuadrado 40x40x2 de Acero ASTM A500.



**Figura 6.75. Estructura soporte de sistema de transporte**

*Fuente: Alejandro Morales*

### 6.7.2.2. PLACA SOPORTE DE BANDA TEXTIL

Destinada a soportar la banda de transporte a pleno funcionamiento y evitar el pandeo, construída a partir de plancha de Acero ASTM A36 de espesor de 3mm.



**Figura 6.76. Placa soporte de banda**

*Fuente: Alejandro Morales*

### 6.7.2.3. RODILLOS

Se consta de dos rodillos, el motriz que es accionado por la polea de transmisión del motoreductor, así como del conducido para el mecanismo de giro de la banda, construídos a partir de Acero AISI 1018 mecanizado en torno y con una superficie de contacto de banda rugosa para evitar el deslizamiento.



**Figura 6.77. Rodillos motriz y conducido**

*Fuente: Alejandro Morales*

### 6.7.2.4. BANDA TEXTIL

Destinada para movimiento lineal de elementos a transportar, la cual está unida mediante empalmadores mecánicos de apriete, antes de su montaje se comprueba su correcta alineación y templado.



**Figura 6.78. Montaje de banda**

*Fuente: Alejandro Morales*



### 6.7.2.5. PUENTE SOPORTE

Destinado a soportar los rodillos, banda y elementos a transportar así como también es donde se anclan las chumaceras, realizado a partir de perfil estructural Tipo U (120x40x6)mm ASTM A36.



**Figura 6.79. Puente Soporte**

*Fuente: Alejandro Morales*

### 6.7.2.6. CHUMACERAS

Se consideró chumaceras de pared que van sujetas con pernos al puente soporte que permiten el giro del rodillo motriz, así también chumaceras tensoras que van montadas en guías longitudinales del puente soporte mediante pernos, para poder templar la banda textil, permitiendo además el giro del rodillo conducido.



**Figura 6.80. Montaje de chumaceras de pared y tensoras**

*Fuente: Alejandro Morales*

### 6.7.2.7.MOTOREDUCTOR

El motoreductor adquirido es de 3 Hp con motor que tiene una velocidad de 1750 rpm y una relación de transmisión en el reductor de  $I=10$ , de característica unido el motor al reductor, además de contar de un freno eléctrico, el cual permite frenar el sistema de inmediato cuando se lo requiera.



**Figura 6.81.Motoreductor con freno**

*Fuente: Alejandro Morales*

### 6.7.2.8. PROTECTORES

Construïdos a partir de plancha de acero ASTM A36 con platinas soldadas para anclaje a estructura con pernos, con el objeto de proteger al operador y a la máquina en los sistemas de transmisión.

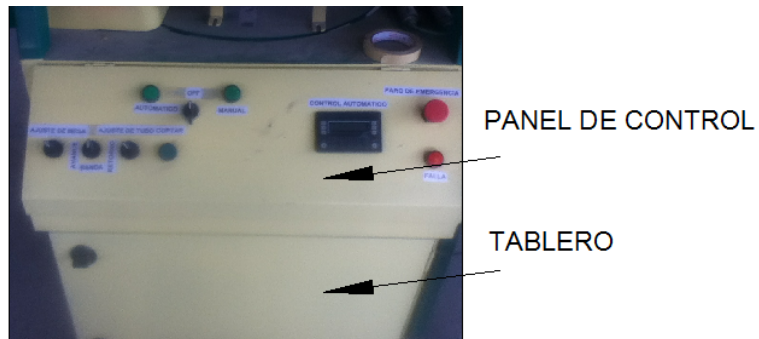


**Figura 6.82.Protectores**

*Fuente: Alejandro Morales*

### 6.7.3. AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

Consta de un tablero de circuito eléctrico y un panel de control, los cuales están unidos y dispuestos para una fácil manipulación y control del sistema por el operador, así también para un fácil acceso al mantenimiento de conexiones y elementos de control eléctrico.



**Figura 6.83. Panel de control y Tablero eléctrico**

*Fuente: Alejandro Morales*

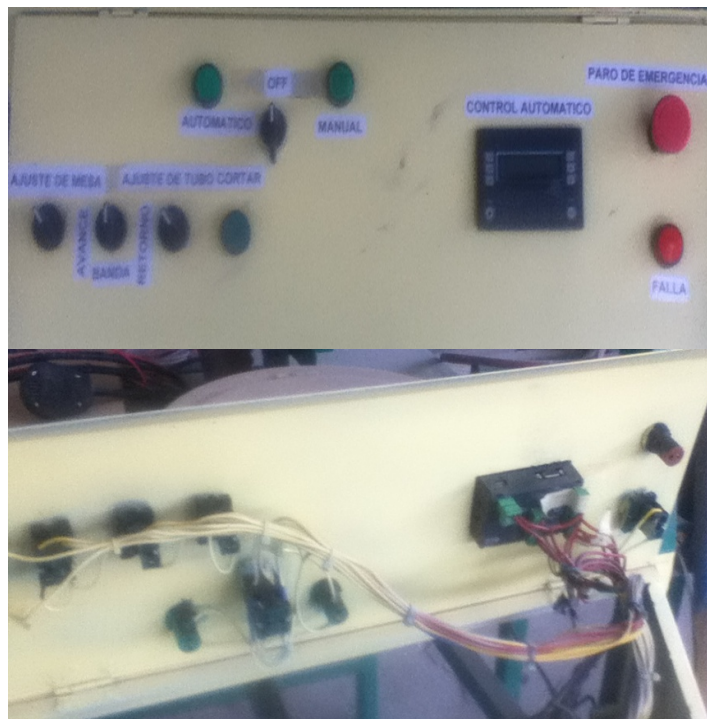
#### 6.7.3.1. CONSTRUCCIÓN DEL PANEL DE CONTROL

El panel de control con la manipulación del operador es el responsable del accionamiento de los elementos de la máquina, así como del correcto funcionamiento de ésta, consta de las siguientes partes:

1. Selector de tres posiciones para encendido de máquina para escoger modo manual o automático.
2. Lámpara de señalización verde de funcionamiento modo automático.
3. Lámpara de señalización verde de funcionamiento modo semiautomático.
4. Lámpara de señalización verde indicadora de falla en el sistema.
5. Selector de corriente de dos posiciones para ajuste neumático de mesa.
6. Selector de corriente de dos posiciones para ajuste neumático de perfil.

7. Selector de corriente de tres posiciones para accionamiento de banda hacia derecha o izquierda.
8. Pulsador normalmente abierto de accionamiento de corte.
9. Plc con pantalla y teclas para control automático.
10. Pulsador normalmente cerrado tipo hongo destinado a paros de emergencia.

Todos los elementos descritos tienen cableado hacia el tablero eléctrico.



**Figura 6.84. Panel de control y cableado**

*Fuente: Alejandro Morales*

### **6.7.3.2. CONSTRUCCIÓN DE CIRCUITO ELÉCTRICO DE CONTROL**

Para el montaje de tablero eléctrico se ha considerado elementos electromecánicos de accionamiento del circuito de potencia, así como elementos auxiliares para circuito en modo semiautomático o manual.

## Contactores

Destinados al accionamiento de elementos de potencia como son motores, el voltaje de accionamiento se lo hace en las bobinas A1, A2, en las que abre o cierra contactos principales para el paso de voltaje a motores.

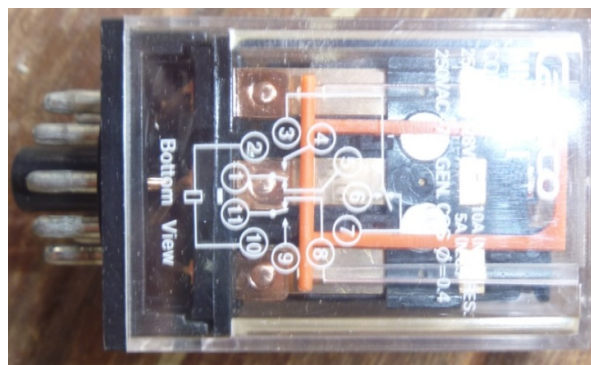


**Figura 6.85. Contactor trifásico**

*Fuente: Alejandro Morales*

## Relés auxiliares

Considerados para accionamiento de elementos de baja potencia, como electroválvulas y lámparas de señalización, así como auxiliares de circuito semiautomático.



**Figura 6.86. Relé a 220V con 11 pines**

*Fuente: Alejandro Morales*

## Elementos de protección

Se lo ha realizado pensando en posibles fallas del circuito o alto consumo de corriente de los elementos de potencia, desconectándose al pasar el límite de corriente al cual ha sido diseñado, para esto se ha considerado el montaje de breakers y relés térmicos.



**Figura 6.87. Montaje de breakers, contactores y relés térmicos**

*Fuente: Alejandro Morales*

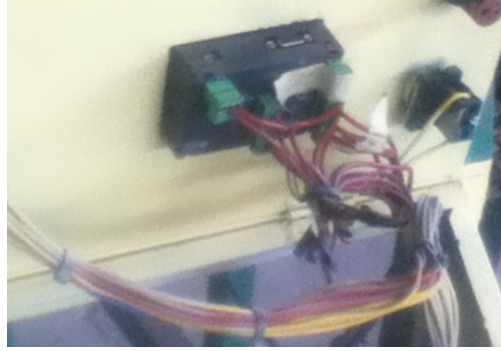
### 6.7.3.3. MONTAJE DE PLC

Su montaje es realizado en función de las conexiones de entradas y salidas y especificadas con un voltaje de 24V por lo que fue necesario adquirir fuente de voltaje, sus salidas activan a contactores o relés y sus entradas reciben señales de pulsadores o sensores, según el diseño eléctrico.



**Figura 6.88. Pantalla digital de mando**

*Fuente: Alejandro Morales*



**Figura 6.89. PLC con conexiones externas**

*Fuente: Alejandro Morales*

#### **6.7.3.4. ELEMENTOS PARA SUJECCIÓN Y CABLEADO**

Para fácil montaje y desmontaje de elementos de circuito de control y cableado se adquirió una regleta metálica Din estándar para el montaje de relés, contactores, breakers y la fuente.

De la misma manera para fácil cableado se ha utilizado canaleta plástica perforada para facilidad de manipulación de todos los cables del circuitos.



**Figura 6.90. Montaje de regletas Din y canaletas perforadas**

*Fuente: Alejandro Morales*

### 6.7.3.5. TABLERO CON ELEMENTOS

Una vez terminado el tablero de control se tiene que realizar el cableado hacia los elementos de potencia, así como hacia los sensores con conectores bien identificados y señalizados.



**Figura 6.91. Tablero de control terminado**

*Fuente: Alejandro Morales*

### 6.7.3.6. MONTAJE DE ENCODER

Se lo conectó del eje del Encoder directamente al eje conducido del sistema de transporte con protección metálica, cabe recalcar que para su correcto funcionamiento la banda debe estar correctamente templada, ya que el deslizamiento de esta provoca fallas en la recepción de señales de Encoder a Plc.



**Figura 6.92. Montaje de Encoder**

*Fuente: Alejandro Morales*



### **6.7.3.7. MONTAJE DE FINALES DE CARRERA**

Su ubicación está dada al inicio y final del desplazamiento de la rodadura del sistema de corte, ya que el objetivo es que al terminar el corte se apague la máquina y retorne a su anterior posición o viceversa.



**Figura 6.93. Final de carrera**

*Fuente: Alejandro Morales*

## **6.8. ADMINISTRACIÓN**

Para llevar a cabo el presente proyecto se requirió de los siguientes recursos descritos a continuación.

### **6.8.1. COSTOS DIRECTOS**

Se consideró a todos los equipos, elementos, y materiales en la construcción del sistema de corte.

**Tabla 6.11.**Costos directos

<b>COSTOS DIRECTOS</b>				
<b>TRONZADORA AUTOMÁTICA</b>				
<b>CANT.</b>	<b>DETALLE</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>P.UNITARIO</b>	<b>P. TOTAL</b>
1	MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO DE 3HP	1	350	350
6	TUBO 40*40*2 GALVANIZADO DE ACERO ASTM A500 DE 6MTS	UNIDAD	22,2	133,08
1/6	TUBO 60*40*2 DE ACERO ASTM A500 DE 6MTS	UNIDAD	25,1	4,19
1	PLANCHA DE ACERO ASTM A36 ESPESOR 6mm	(1220*2440)mm	146	145,82
1/2	PLANCHA DE ACERO ASTM A36 ESPESOR 2mm	(1220*2440)mm	44,4	22,2
4	RODAMIENTOS	6204 CMB	1,34	5,36
3	CHUMACERAS DE PARED UCF206D1	UCF206D1 CMB	8,93	26,79
1	EJE ACERO AISI 1018	(Ø38.1mm*0,2m)	5	5
1	EJE ACERO AISI 1018	(Ø63.5mm*0,1m)	8	8
1	EJE ACERO AISI 1018	(Ø57.15mm*1m)	50,9	50,9
1	EJE ACERO AISI 1018	(Ø31.75mm*0,25m)	4,3	4,3
1	POLEA DE HIERRO FUNDIDO DOBLE CANAL	(Ø76.2 mm)	12	12
1	POLEA DE HIERRO FUNDIDO DOBLE CANAL	(Ø152.4 mm)	24	24
1	POLEA DE HIERRO FUNDIDO DOBLE CANAL	(Ø88.9 mm)	13,5	13,5
1	POLEA DE HIERRO FUNDIDO DOBLE CANAL	(Ø101.6 mm)	18	18
2	BANDAS TRAPEZOIDALES	A38	4	18
2	BANDAS TRAPEZOIDALES	A35	3,55	18
1	MOTOREDUCTOR CON FRENO TRIFÁSICO DE 3HP	1	200	200
1	DISCO METÁLICO DE 14 PLG CON DIENTES DE CARBURO	UNIDAD	220	220
1	BANDA TEXTIL	(300*10000)mm	60	60
1	PERNOS COMPLETOS DE TODO EL CONJUNTO	JUEGO	25	25

<b>CANT</b>	<b>DETALLE</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>P.UNITARIO</b>	<b>P. TOTAL</b>
2	CHUMACERAS TEMPLADORAS	UCT205-16	14,7	29,46
2	PERNOS ALLEN PARA TEMPLADO DE BANDAS	M12*200	2,66	5,32
1	PLC CON PANTALLA	(100*80)	330	329,56
1	ENCODER NUX-HAMYOUNG	1	200	199,92
3	FINES DE CARRERA	(50*20)mm	8,1	24,3
1	PULSADOR NC TIPO HONGO	UNIDAD	2,5	2,5
3	PULSADOR NA VERDE CAMSCO	UNIDAD	1,81	5,43
2	SELECTOR DE 3 POSICIONES	UNIDAD	2,79	5,58
2	SELECTOR DE 2 POSICIONES	UNIDAD	2,1	4,2
3	LÁMPARAS DE SEÑALIZACIÓN	UNIDAD	1,56	4,68
6	CONTACTORES TRIFÁSICOS DE 5,5kW	UNIDAD	18,3	109,8
3	BREAKERS TRIFÁSICOS 30 A CON BASE	UNIDAD	24,5	73,5
4	RELÉS TÉRMICOS GTK -40	UNIDAD	22,2	88,6
4	RELÉS AUXILIARES DE 11 PINES CON BASE	UNIDAD	6,5	26
1	FUENTE (220-24) V HASTA 8 A	UNIDAD	150	150
1	REGLETA METÁLICA DIN	UNIDAD	2,15	2,15
1	CANAleta PERFORADA PLÁSTICA.	UNIDAD	4,47	4,47
6	BORNERAS PLÁSTICAS.	UNIDAD	2,55	15,3
3	PISTONES SIMPLE EFECTO	(Ø38mm *0,15m)	15	45
1	MOTOR DE 24VC 8A	UNIDAD	120	120
10	CANERIA PLÁSTICA DE 1/4 PLG	MTS	0,35	3,5
1	ELECTROVÁLVULA 3/2	UNIDAD	50	50
50	CABLE FLEXIBLE AWG 18	MTS	0,4	20
20	CABLE FLEXIBLE AWG 12	MTS	1,2	24
<b>TOTAL \$</b>				<b>2707,4</b>

*Fuente: Alejandro Morales*

## 6.8.2. COSTOS INDIRECTOS

Se consideró a todos los gastos de mano de obra, administrativos, y de investigación que fueron necesarios para la realización del proyecto.

**Tabla 6.12.**Costos Mano de Obra

<b>COSTOS MANO DE OBRA</b>				
<b>TRONZADORA AUTOMÁTICA</b>				
<b>CANTIDAD</b>	<b>CARGO</b>	<b>HORAS TRABAJADAS</b>	<b>PRECIO HORA(\$)</b>	<b>PRECIO TOTAL(\$)</b>
1	MECÁNICO	60	4,5	270
1	TÉCNICO ELECTROMECAÁNICO	40	5,3	212
1	PINTOR	8	3,5	28
1	INVESTIGADOR	200	2	400
			TOTAL \$	910

*Fuente: Alejandro Morales*

**Tabla 6.13.**Costos Administrativos

<b>COSTOS ADMINISTRATIVOS</b>			
<b>TRONZADORA AUTOMÁTICA</b>			
<b>CANTIDAD</b>	<b>DETALLE</b>	<b>P. UNITARIO(\$)</b>	<b>PRECIO TOTAL(\$)</b>
200	HORAS DE INTERNET	0,8	160
2	RESMAS DE HOJAS A4	5	10
400	IMPRESIONES A4	0,15	60
4	IMPRESIONES A3	0,6	2,4
2	ANILLADO	5	10
2	EMPASTADOS	20	40
	TRANSPORTE		200
TOTAL			482,4

*Fuente: Alejandro Morales*

### 6.8.3. COSTO TOTAL

De la suma de los costos anteriores se tiene:

**Tabla 6.14.**Costo Total

<b>COSTO TOTAL</b>	
<b>TRONZADORA AUTOMATICA</b>	
<b>DETALLE</b>	<b>PRECIO (\$)</b>
COSTOS DIRECTOS	2707,41
COSTOS INDIRECTOS(MANO DE OBRA)	910
COSTOS INDIRECTOS(ADMINISTRATIVOS)	482,4
SUBTOTAL	4099,81
IMPREVISTOS (10 %)	409,981
COSTO TOTAL	5902,191

*Fuente: Alejandro Morales*

Valor que fue desembolsado por parte de la empresa Pico Sánchez Cía. Ltda. de acuerdo a la necesidad requerida.

### 6.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

Se consideró la realización de las pruebas de funcionamiento, así como el plan de mantenimiento que se requiere.

#### 6.9.1. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Se consideró realizar las pruebas de funcionamiento por partes:

En las pruebas de la tronzadora una vez construida se consideró realizar pruebas como verificación de corte de perfil a diferentes ángulos tomando en cuenta aspectos importantes como:

- ✓ Correcta velocidad de giro.

- ✓ Buen funcionamiento de mecanismos de tronzadora.
- ✓ Verificación de fuente trifásica de alimentación.



**Figura 6.94. Pruebas de funcionamiento de tronzadora**

*Fuente: Alejandro Morales*

En las pruebas de funcionamiento del sistema de transporte se verificó el transporte de los perfiles estructurales considerando aspectos como:

- ✓ Velocidad de Banda lineal requerida.
- ✓ Buen funcionamiento de mecanismos.
- ✓ Correcta alineación y templado de banda textil.
- ✓ Verificación de fuente trifásica de alimentación.



**Figura 6.95. Pruebas de funcionamiento del Sistema de Transporte**

*Fuente: Alejandro Morales*

Para las pruebas de funcionamiento del sistema de control se verificó el accionamiento de los contactores del circuito de potencia controlados por el Plc en la secuencia requerida, y que estén alimentados con el voltaje requerido, además se verificó el corte con las distancias programadas en la pantalla del Plc.



**Figura 6.96. Pruebas de funcionamiento del Sistema de Control Eléctrico**

*Fuente: Alejandro Morales*

Una vez terminado todas las partes que conforman la máquina se realizó las pruebas de funcionamiento en su totalidad, en donde se tuvo las siguientes conclusiones:

- ✓ Se realizó el diseño de la maquinaria con factores de seguridad altos, por disponibilidad de materiales en el mercado, así como existencia de estos dentro del inventario de la empresa.
- ✓ Se puede cortar hasta dos perfiles estructurales a la vez.
- ✓ El corte obtenido en el perfil no posee rebaba.
- ✓ El sistema de corte no produce limalla.
- ✓ Por pedido de la empresa se construyó el modo de corte semiautomático, para facilitar el corte a diferentes ángulos.
- ✓ Del estudio realizado en el capítulo IV se confirma la eliminación de operaciones como: medir, acomodar, ajustar, cortar y aflojar el material,

pudiendo ser aprovechado este tiempo para que el operador realice otras actividades, por tanto la productividad del sistema de corte se incrementa.

- ✓ El cansancio del operador se disminuye, ya que la máquina realiza operaciones que el operador en el sistema de corte normal le provoca esfuerzo físico.



**Figura 6.97. Prueba de funcionamiento de tronadora terminada con dos perfiles.**

*Fuente: Alejandro Morales*

## 6.9.2.MANTENIMIENTO

### 6.9.2.1 PLAN DE MANTENIMIENTO

**Tabla 6.15.**Diagrama Gantt de mantenimiento programado

MANTENIMIENTO PROGRAMADO						
ACTIVIDAD \ FRECUENCIA	DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	TRIMESTRAL	ANUAL	
Revisión General y limpieza						
Revisión y ajuste de guardas de protección						
Lubricación de chumaceras						
Bandas de Transmisión						
Ajuste						
Cambio						
Verificación y ajuste de Poleas						
Verificación de estado Disco de corte						
Templado de banda de transporte						
Verificación del estado de motoreductor y sistema de lubricación						
Revisión de conexión mecánica de Encoder						
Revisión de tablero Eléctrico de control						

*Fuente: Alejandro Morales*



### 6.9.2.3 RECOMENDACIONES PARA DAÑOS

Tabla 6.15. Análisis de posibles fallas

ANÁLISIS DE DAÑOS	
DESCRIPCIÓN	CAUSAS
NO SE ENCIENDE EL PANEL PRINCIPAL	SIN LINEAS ELÉCTRICAS
	BREAKER DE TABLERO DESACTIVADO
	DAÑO EN EL TABLERO
GIRO DE MECANISMOS EN SENTIDO CONTRARIO	LINEAS ELÉCTRICAS INVERTIDAS
EL DISCO SE PARA AL FUNCIONAR	MAL TEMPLADO DE BANDAS
	MAL AJUSTE DE DISCO
VIBRACIÓN DE DISCO EN FUNCIONAMIENTO	MALA ALINEACIÓN DE ELEMENTOS DE TRANSMISIÓN
	EJE EN MAL ESTADO
	RODAMIENTOS EN MAL ESTADO
GIRO DE MÁQUINA ENDURECIDO	FALTA DE ENGRASE DE MECANISMOS DE GIRO
ELEVADO SONIDO AL REALIZAR EL CORTE	MALA COLOCACIÓN DE DISCO DE CORTE
	DIENTES DE DISCO DESGASTADOS O ROTOS
FALTA DE EXACTITUD EN CORTE AUTOMÁTICO	ENCODER MAL ACOPLADO
	FALTA DE TEMPLADO EN BANDA DE TRANSPORTE

*Fuente: Alejandro Morales*

### 6.9.3. OPERACIÓN

Se tiene los siguientes lineamientos de operación y seguridad que el operador debe cumplir antes de poner en marcha la máquina.

- ✓ Verificar siempre el estado de las líneas eléctricas de conexión.
- ✓ El disco debe estar en buenas condiciones, los dientes en perfecto estado.
- ✓ La capacidad de corte es de hasta dos perfiles a la vez.
- ✓ Antes de realizar el corte verificar el ajuste del sistema de corte (Ajuste de mesa).

- ✓ No realizar arreglos con la máquina encendida.
- ✓ Usar siempre protector facial y auditivo.
- ✓ No manipular elementos de control: Encoder, Fines de carrera, tablero de control.

## MATERIALES DE REFERENCIA

### BIBLIOGRAFÍA

1. NARANJO, G. (2004). Tutoría de la Investigación Científica. Quito - Ecuador: Editorial DIEMERINO.
2. SHIGLEY, J., & MISCHE, C. Diseño de Ingeniería Mecánica (8va Edición ed.). McGraw-Hill.
3. FREYRE, Felipe F., Aplicaciones de Tecnología Mecánica. Buenos Aires - Argentina:Editorial ALSINA.
4. MOTT Robert L. (2006). “Diseño de elementos de máquinas” . 4ª Edición. Editorial Pearson Education. México.
5. DIPAC, Productos de acero. Catálogo de aceros.Manta-Ecuador
7. SIEGLING TRANSILON. Cálculo de bandas de transporte y procesamiento. Forbo. Hannover.
8. INEN. Código de dibujo técnico mecánico. Quito- Ecuador
10. WEG. Catálogo de motores eléctricos. Jaragua do Sul - SC - Brasil
11. HE SERIES. Manual de Encoder Hamyoung.
12. CONTROL INDUSTRIAL. EPN. Ing. Pablo Angulo. Quito-Ecuador
13. TELEMECANIC. Manual electrotécnico. Schneider Electric. España, 1999.
14. RENU PLC. Manual de programación Flexisoft.
- 8.- UNIVERSIDAD DE TALCA.”Productividad ,estudios de tiempos y movimientos en las empresas”. Chile.


**Paginas Web:**

- 1.-[http://www. REM. Catálogo de reductores sin fín corona.pdf](http://www.REM.Catálogo de reductores sin fín corona.pdf)
- 2.-<http://www.bricolandia.es/dewalt-d28700-tronzadora-hierro.pdf>
- 3.-<http://www.etp.uda.cl/areas/electromecánica.pdf>
- 4.-<http://www.metal actual/discos de corte.pdf>
- 5.-<http://www /propiedades de corte/metal actual .pdf>.
- 6.-<http://www. TELEMECANIC. Manual electromecánico.pdf>
- 7.- Manual Skf De Mantenimiento De Rodamientos.pdf

# **ANEXOS DE DISEÑO**

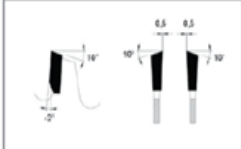
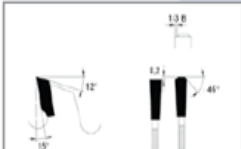
## ANEXOS

### Anexo 1. Disco de corte dentado para acero



**Dry-Cut geometría de acero [0830]**

Aplicación: trincar varios materiales  
 Material: tubos de pared delgada y perfiles de acero no aleado, de baja aleación y acero inoxidable  
 Máquina: Dry-Cutter para cortes secos sin lubricación  
 Versión: Calidad del metal duro y geometría de los dientes para acero y cortes alternos. Silenciosa  
 Diente: diente alterno con bisel para acero inoxidable, diente plano-trapecial para acero no aleado, HW

D mm	B mm	b mm	d mm	Z	n(max) min <sup>-1</sup>	Material		Plazo de entrega	Tipo	ref.
255	2,00	1,60	25,4	60FT	1500	acero no aleado		○	08300255060	10018767
255	2,00	1,60	25,4	60W	1500	acero inoxidable		○	08300255061	10024352
305	2,20	1,80	25,4	60FT	1500	acero no aleado		○	08300305060	10024354
305	2,20	1,80	25,4	60W	1500	acero inoxidable		○	08300305061	10024355
305	2,20	1,80	25,4	80FT	1500	acero no aleado		○	08300305080	10024356
305	2,20	1,80	25,4	80W	1500	acero inoxidable		○	08300305081	10024357
355	2,20	1,80	25,4	60FT	1500	acero no aleado		○	08300355060	10018770
355	2,20	1,80	25,4	60W	1500	acero inoxidable		○	08300355061	10018771
355	2,20	1,80	25,4	72W	1500	acero inoxidable		○	08300355072	10018769
355	2,20	1,80	25,4	72FT	1500	acero no aleado		○	08300355073	10024358
355	2,20	1,80	25,4	90W	1500	acero inoxidable		○	08300355090	10018768
355	2,20	1,80	25,4	90FT	1500	acero no aleado		○	08300355091	10024359

### Anexo 2. Presión Específica de materiales

**Cuadro 3**  
**PRESIÓN ESPECÍFICA DE CORTE PARA EL FRESADO**

Material	kg/mm <sup>2</sup>
Acero dulce . . . . .	170-125
Acero semiduro . . . . .	210-155
Acero duro . . . . .	300-232
Fundición gris duro . . . . .	125
Fundición gris blanda . . . . .	80
Latón y bronce medianos . . . . .	80
Aluminio y aleaciones dulces . . . . .	50
Magnesio (Electrón) . . . . .	31,5

### Anexo 3. Velocidad y avance de materiales de corte

Tipo de material	Corte ( $\alpha$ )	Desp. ( $\beta$ )	Avance mm/dte	Velocidad m/min.
Acero de 50 kg/mm <sup>2</sup>	18	8	0.030	40
Acero de 75 kg /mm <sup>2</sup>	15	6	0.020	30
Acero de 100 kg /mm <sup>2</sup>	10	6	0.015	20
Fundición	10	6	0.030	40
Acero inoxidable	12	6	0.010	15
Cobre / Bronce	18	8	0.035	200
Latón	10	6	0.035	400
Aleaciones ligeras	25	10	0.050	750
Aleaciones ligeras, perfiles	25	10	0.040	1300
Ebonita y similares	0	12	0.040	60
PVC y similares	12	25	0.050	130

### Anexo 4. Catalogo de motores Weg

Potencia	Carcasa	Par nominal (kgfm)	Corriente con rotor trabado I/n	Par con rotor trabado TV/Tn	Par máximo Tb/Tn	Momento de Inercia J (kgm <sup>2</sup> )	Tiempo máximo con rotor trabado (s)		Pesc (kg)	Nivel de ruido dB(A)	380V								
							Caliente	Frio			% de la potencia nominal			Corriente nominal I <sub>n</sub> (A)					
											RPM	Rendimiento			Factor de potencia				
kW	HP									50	75	100	50	75	100				
<b>4 Polos</b>																			
0,12	0,16	63	0,068	5,0	2,7	3,3	0,0005	48	106	6,7	48	1715	53,0	61,0	64,0	0,45	0,56	0,65	0,438
0,18	0,25	63	0,103	5,0	2,5	3	0,0006	39	86	7,7	48	1710	62,0	67,0	70,0	0,49	0,61	0,70	0,558
0,25	0,33	63	0,142	5,5	2,9	3,2	0,0007	30	66	8,2	48	1710	66,0	71,0	73,0	0,46	0,59	0,69	0,754
0,37	0,5	71	0,213	5,1	2,8	2,9	0,0007	52	114	8,5	47	1690	71,5	74,5	75,0	0,49	0,62	0,70	1,07
0,55	0,75	71	0,320	4,9	2,8	2,9	0,0008	43	95	11,5	47	1675	75,5	77,0	77,5	0,49	0,62	0,71	1,52
0,75	1	90S	0,416	7,6	2,6	3,2	0,0049	24	53	18,5	51	1755	80,0	84,0	85,5	0,60	0,72	0,79	1,69
1,1	1,5	L90S	0,610	7,6	2,7	3,2	0,0060	18	40	22,0	51	1755	82,5	85,5	86,5	0,60	0,73	0,80	2,42
1,5	2	L90S	0,832	7,7	2,8	3,3	0,0066	15	33	23,0	51	1755	84,0	86,0	86,5	0,59	0,72	0,80	3,29
2,2	3	100L	1,23	7,6	3,8	3,7	0,0097	24	53	33,0	54	1740	86,6	88,2	89,5	0,59	0,72	0,79	4,72
3	4	112M	1,66	7,8	2,6	3,5	0,0156	27	59	42,0	56	1760	87,2	89,0	89,5	0,58	0,70	0,79	6,45
3,7	5	112M	2,05	7,6	2,4	3,3	0,0181	23	51	44,0	56	1755	88,1	89,3	89,5	0,61	0,74	0,80	7,85
4,5	6	112M	2,51	7,0	2,4	3	0,0180	17	37	44,0	56	1745	88,7	89,5	89,5	0,61	0,74	0,80	9,55
5,5	7,5	132S	3,04	8,4	2,4	3,6	0,0488	16	35	67,0	58	1765	89,9	91,2	91,7	0,63	0,76	0,82	11,1
7,5	10	132S	4,14	8,2	2,3	3,5	0,0563	13	29	72,0	58	1765	90,8	91,6	92,0	0,66	0,78	0,84	14,7
9,2	12,5	132WL	5,08	8,5	2,4	3,5	0,0676	9	20	86,0	58	1765	91,0	91,8	92,4	0,66	0,78	0,84	18,1
11	15	160M	6,07	7,0	2,5	3	0,1188	15	33	112	64	1765	90,6	92,4	92,7	0,63	0,75	0,81	22,2

## Anexo 5. Factor de servicio

**Tabla 17-15**

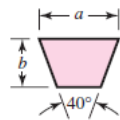
Factores de servicio sugeridos  $K_S$  para transmisiones de banda en V

	Fuente de potencia		
	Maquinaria impulsada	Características del par de torsión normal	Par de torsión alto o no uniforme
Uniforme		1.0 a 1.2	1.1 a 1.3
Impacto ligero		1.1 a 1.3	1.2 a 1.4
Impacto medio		1.2 a 1.4	1.4 a 1.6
Impacto pesado		1.3 a 1.5	1.5 a 1.8

## Anexo 6. Diámetro mínimo de la polea

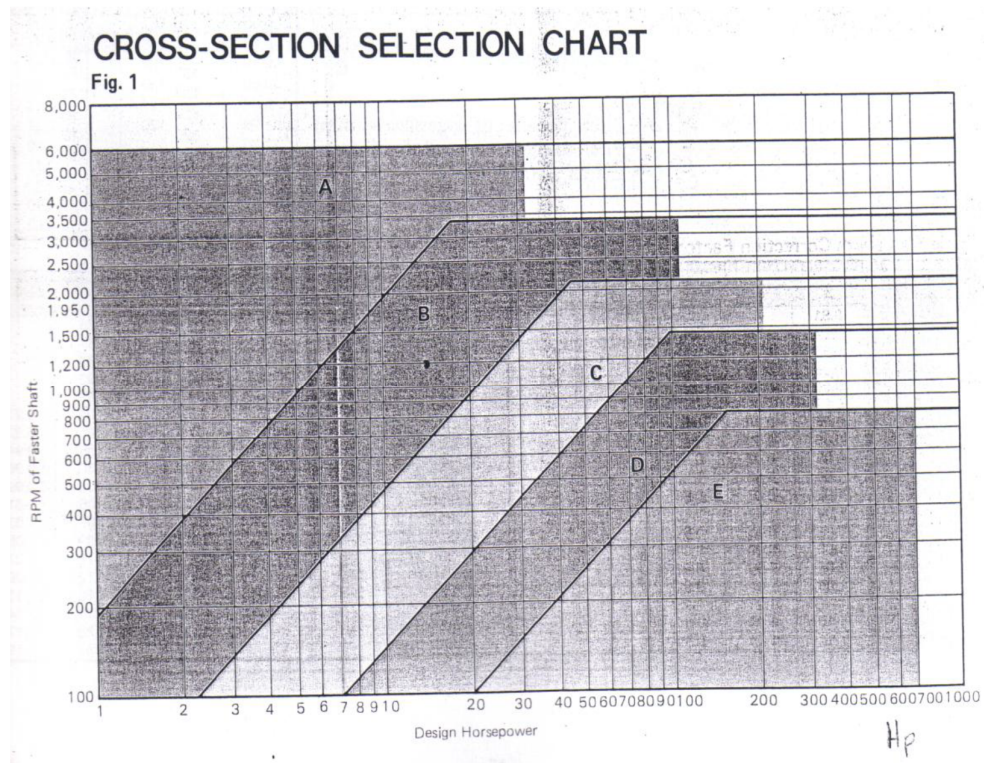
**Tabla 17-9**

Secciones de bandas en V estándar



Sección de la banda	Ancho $a$ , pulg	Espesor $b$ , pulg	Diámetro mínimo de polea, pulg	Intervalo de potencias (hp), una o más bandas
A	$\frac{1}{2}$	$\frac{11}{32}$	3.0	$\frac{1}{4}$ -10
B	$\frac{21}{32}$	$\frac{7}{16}$	5.4	1-25
C	$\frac{7}{8}$	$\frac{17}{32}$	9.0	15-100
D	$1\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	13.0	50-250
E	$1\frac{1}{2}$	1	21.6	100 y mayores

## Anexo 7. Tipo de banda





## Anexo 8. Factor de suma según banda

**Tabla 17-11**

Dimensiones de conversión de longitud. (Sume la cantidad que se muestra a la circunferencia interior para obtener la longitud de paso en pulgadas)

Sección de la banda	A	B	C	D	E
Cantidad a sumar	1.3	1.8	2.9	3.3	4.5

## Anexo 9. Tamaño de bandas

**Tabla 17-10**

	Sección	Circunferencia, pulg
Circunferencias interiores de bandas en V estándar	A	26, 31, 33, 35, 38, 42, 46, 48, 51, 53, 55, 57, 60, 62, 64, 66, 68, 71, 75, 78, 80, 85, 90, 96, 105, 112, 120, 128
	B	35, 38, 42, 46, 48, 51, 53, 55, 57, 60, 62, 64, 65, 66, 68, 71, 75, 78, 79, 81, 83, 85, 90, 93, 97, 100, 103, 105, 112, 120, 128, 131, 136, 144, 158, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300
	C	51, 60, 68, 75, 81, 85, 90, 96, 105, 112, 120, 128, 136, 144, 158, 162, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420
	D	120, 128, 144, 158, 162, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420, 480, 540, 600, 660
	E	180, 195, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420, 480, 540, 600, 660

## Anexo 10. Potencial nominal de la banda en v

**Tabla 17-12**

Potencias nominales de bandas en V estándar	Sección de la banda	Diámetro de paso de la polea, pulg	Velocidad de la banda, pie/min				
			1 000	2 000	3 000	4 000	5 000
A	2.6	0.47	0.62	0.53	0.15		
	3.0	0.66	1.01	1.12	0.93	0.38	
	3.4	0.81	1.31	1.57	1.53	1.12	
	3.8	0.93	1.55	1.92	2.00	1.71	
	4.2	1.03	1.74	2.20	2.38	2.19	
	4.6	1.11	1.89	2.44	2.69	2.58	
5.0 y mayor	1.17	1,98	2.03	2.64	2.96	2.89	

## Anexo 11. Factor de corrección de ángulo de contacto k1

**Tabla 17-13**

Factor de corrección del ángulo de contacto $K_1$ para transmisiones de banda plana VV* y en V	$\frac{D-d}{C}$	$\theta$ , grados	VV	$K_1$ Plana en V
	0.00	180	1.00	0.75
				0,7538
	0.10	174.3	0.99	0.76
	0.20	166.5	0.97	0.78
	0.30	162.7	0.96	0.79
	0.40	156.9	0.94	0.80
	0.50	151.0	0.93	0.81

\*Un ajuste de curva de la columna VV en términos de  $\theta$  es  $K_1 = 0.143\ 543 + 0.007\ 46\ 8\ \theta - 0.000\ 015\ 052\ \theta^2$  en el intervalo de  $90^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ .

## Anexo 12. Factor de corrección de longitud $k_2$

**Tabla 17-14**

Factor de corrección de longitud de banda  $K_2^*$

Factor de longitud	Longitud nominal de la banda, pulg			
	Bandas A	Bandas B	Bandas C	Bandas D
0.85	Hasta 35	Hasta 46	Hasta 75	Hasta 128
0.90	38-46	48-60	81-96	144-162
0.95	48-55	62-75	105-120	173-210
1.00	60-75	78-97	128-158	240
1.05	78-90	105-120	162-195	270-330
1.10	96-112	128-144	210-240	360-420
1.15	120 y mayor	158-180	270-300	480
1.20		195 y mayor	330 y mayor	540 y mayor

\*Multiplique la potencia nominal de la banda por este factor para conseguir la potencia corregida.

## Anexo 13. Factor de corrección de banda en v

**Tabla 17-16**

Algunos parámetros de bandas en V\*

Sección de la banda	$K_b$	$K_c$
A	220	0.561
B	576	0.965
C	1 600	1.716
D	5 680	3.498
E	10 850	5.041
3V	230	0.425
5V	1 098	1.217
8V	4 830	3.288

\*Datos cortesía de Gates Rubber Co., Denver, Colo.

## Anexo 14. Factor de la condición superficial $K_a$

**Tabla 6-2**

Parámetros en el factor de la condición superficial de Marin,

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

De C. J. Noll y C. Lipson, "Allowable Working Stresses", en *Society for Experimental Stress Analysis*, vol. 3. núm. 2, 1946, p. 29. Reproducida por O. J. Horger (ed.), *Metals Engineering Design ASME Handbook*, McGraw-Hill, Nueva York. Copyright © 1953 por The McGraw-Hill Companies, Inc. Reproducido con autorización.

**Anexo 15. Factor de tamaño  $K_b$**

**Factor de tamaño  $k_b$**

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

**Anexo 16. Factor de carga  $K_c$**

**Factor de carga  $k_c$**

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión}^{17} \end{cases}$$

<sup>17</sup>Use esto sólo para la carga por fatiga torsional. Cuando la torsión está combinada con otros esfuerzos, como la flexión,  $k_c = 1$

**Anexo 17. Factor de temperatura  $K_d$**

**Tabla 6-4**

	Temperatura, °C	$S_T/S_{RT}$	Temperatura, °F	$S_T/S_{RT}$
Efecto de la temperatura de operación en la resistencia a la tensión del acero. * ( $S_T$ = resistencia a la tensión a la temperatura de operación; $S_{RT}$ = resistencia a la tensión a temperatura ambiente; $0.099 \leq \hat{\sigma} \leq 0.110$ )	20	1.000	70	1.000
	50	1.010	100	1.008
	100	1.020	200	1.020
	150	1.025	300	1.024
	200	1.020	400	1.018
	250	1.000	500	0.995
	300	0.975	600	0.963
	350	0.943	700	0.927
	400	0.900	800	0.872

\*Fuente de datos: figura 2-9.

## Anexo 18. Factor de confiabilidad $K_e$

**Tabla 6-5**

Factores de confiabilidad  $k_e$  correspondientes a 8 desviaciones estándar porcentuales del límite de resistencia a la fatiga

Confiabilidad, %	Variación de transformación $z_e$	Factor de confiabilidad $k_e$
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

## Anexo 19. Factor $L_{10h}$

Guía de valores requeridos de vida nominal $L_{10h}$ para diferentes clases de máquinas	
Clases de máquinas	$L_{10h}$ horas de servicio
Electrodomésticos, máquinas agrícolas, instrumentos, aparatos para uso médico.	300 a 3 000
Máquinas usadas intermitente o por cortos periodos: Máquinas-herramienta portátiles, aparatos elevadores para talleres, máquinas para la construcción.	3 000 a 8 000
Máquinas para trabajar con alta fiabilidad de funcionamiento por cortos periodos o intermitentemente: Ascensores, grúas para mercancías embaladas.	8 000 a 1 2000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario no totalmente utilizadas: Transmisiones por engranajes para uso general, motores eléctricos para uso industrial, machacadoras giratorias.	10 000 a 25 000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario totalmente utilizadas: Máquinas-herramientas, máquinas para trabajar la madera, máquinas para la industria mecánica general, grúas para materiales a granel, ventiladores, cintas	20 000 a 30 000

## Anexo 20. Factor de ajuste de duración a1

Tabla	Confiabilidad %	a1
Factor de ajuste de duración a1	90	1
	95	0.62
	96	0.53
	97	0.44
	98	0.33
	99	0.21

## Anexo 21. Coeficientes de fricción para roscas

Material del tornillo	Material de la tuerca			
	Acero	Bronce	Latón	Hierro fundido
Acero, seco	0.15-0.25	0.15-0.23	0.15-0.19	0.15-0.25
Acero, aceite para maquina	0.11-0.17	0.10-0.16	0.10-0.15	0.11-0.17
Bronce	0.08-0.12	0.04-0.06		0.06-0.09

Tabla 3.9. Coeficientes de fricción de collarín de empuje<sup>42</sup>

Combinación	Operando	Arrancando
Acero suave sobre fundición de hierro	0.12	0.17
Acero duro sobre fundición de hierro	0.09	0.15
Acero suave sobre bronce	0.08	0.10
Acero duro sobre bronce	0.06	0.08

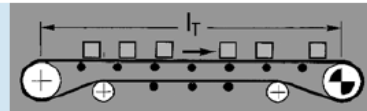
## Anexo 22. Fuerza tangencial máxima

### Instalaciones de transporte de mercancía en bultos

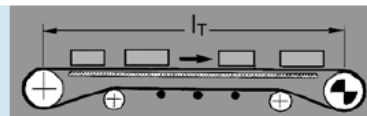
Ejemplos de carga para calcular la fuerza tangencial máxima  $F_U$  [N]

$m = l_T \cdot \text{peso por metro de la mercancía transportada}$

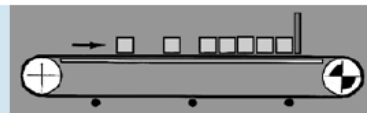
$$F_U = \mu_R \cdot g \cdot (m + m_B + m_R) \quad [\text{N}]$$



$$F_U = \mu_T \cdot g \cdot (m + \frac{m_B}{2}) + \mu_R \cdot g \cdot (\frac{m_B}{2} + m_R) \quad [\text{N}]$$



$$F_U = \mu_T \cdot g \cdot (m + \frac{m_B}{2}) + \mu_R \cdot g \cdot (\frac{m_B}{2} + m_R) + \mu_{ST} \cdot g \cdot m \quad [\text{N}]$$



### Anexo 23. Factor C1 para el tambor motriz

#### Factor C1 (válido para el tambor motriz)

Recubrimiento de la cara inferior Siegling Transilon	V3, V5, U2, A5, E3			V1, U1, UH, U2H, V2H, V5H			0, U0, NOVO, E0, A0, T, P		
Ángulo de contacto $\beta$	180°	210°	240°	180°	210°	240°	180°	210°	240°
<b>Tambor de acero liso</b>									
Seco	1,5	1,4	1,3	1,8	1,6	1,5	2,1	1,9	1,7
Mojado	3,7	3,2	2,9	5,0	4,0	3,0	No recomendable		
<b>Tambor con forro de fricción</b>									
Seco	1,4	1,3	1,2	1,6	1,5	1,4	1,5	1,4	1,3
Mojado	1,8	1,6	1,5	3,7	3,2	2,9	2,1	1,9	1,7

### Anexo 24. Factor C3 para el tambor motriz

#### Factor C3 (válido para el tambor motriz)

Recubrimiento de la cara inferior Siegling Transilon	V3, V5, U2, A5, E3	V1, U1, UH	0, U0, NOVO, T, P
<b>Tambor de acero liso</b>			
Seco	25	30	40
Mojado	50	No recomendable	No recomendable
<b>Tambor con forro de fricción</b>			
Seco	25	25	30
Mojado	30	40	40

## Anexo 25. Longitudes efectivas de columna

LONGITUDES EFECTIVAS DE COLUMNAS						
Las líneas interrumpidas muestran la forma pandeada de la columna	a)	b)	c)	d)	e)	f)
Valor $K$ teórico	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Valores recomendados de diseño cuando las condiciones reales son parecidas a las ideales	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
Símbolos para las condiciones de extremo						
		Rotación y traslación impedidos	Rotación libre y traslación impedida	Rotación impedida y traslación libre	Rotación y traslación libres	

## Anexo 26. Especificaciones SAE para pernos de Acero

**Tabla 8-9**

Especificaciones SAE para pernos de acero

Grado SAE núm.	Intervalo de tamaños, de inclusive, pulg	Resistencia mínima,* kpsi	Resistencia mínima a la tensión,* kpsi	Resistencia mínima a la fluencia,* kpsi	Material
1	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	33	60	36	Acero de bajo o medio carbono
2	$\frac{1}{4}$ - $\frac{3}{4}$	55	74	57	Acero de bajo o medio carbono
	$\frac{7}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	33	60	36	

Anexo 27. Cálculo de Fa

Table C-36 Allowable Stress For Compression Members of 36-ksi Specified Yield Stress Steel <sup>a</sup>										
F <sub>y</sub> = 36 ksi	K/r	F <sub>a</sub> (ksi)	K/r	F <sub>a</sub> (ksi)	K/r	F <sub>a</sub> (ksi)	K/r	F <sub>a</sub> (ksi)	K/r	F <sub>a</sub> (ksi)
	1	21.56	41	19.11	81	15.24	121	10.14	161	5.76
	2	21.52	42	19.03	82	15.13	122	9.99	162	5.69
	3	21.48	43	18.95	83	15.02	123	9.85	163	5.62
	4	21.44	44	18.88	84	14.90	124	9.70	164	5.55
	5	21.39	45	18.78	85	14.79	125	9.55	165	5.49
	6	21.35	46	18.70	86	14.67	126	9.41	166	5.42
	7	21.30	47	18.61	87	14.56	127	9.26	167	5.35
	8	21.25	48	18.53	88	14.44	128	9.11	168	5.29
	9	21.21	49	18.44	89	14.32	129	8.97	169	5.23
10	21.16	50	18.35	90	14.20	130	8.84	170	5.17	
11	21.10	51	18.26	91	14.09	131	8.70	171	5.11	
12	21.05	52	18.17	92	13.97	132	8.57	172	5.05	
13	21.00	53	18.08	93	13.84	133	8.44	173	4.99	
14	20.95	54	17.99	94	13.72	134	8.32	174	4.93	
15	20.89	55	17.90	95	13.60	135	8.19	175	4.88	
16	20.83	56	17.81	96	13.48	136	8.07	176	4.82	
17	20.78	57	17.71	97	13.35	137	7.96	177	4.77	
18	20.72	58	17.62	98	13.23	138	7.84	178	4.71	
19	20.66	59	17.53	99	13.10	139	7.73	179	4.66	
20	20.60	60	17.43	100	12.98	140	7.62	180	4.61	
21	20.54	61	17.33	101	12.85	141	7.51	181	4.56	
22	20.48	62	17.24	102	12.72	142	7.41	182	4.51	
23	20.41	63	17.14	103	12.59	143	7.30	183	4.46	
24	20.35	64	17.04	104	12.47	144	7.20	184	4.41	
25	20.28	65	16.94	105	12.33	145	7.10	185	4.36	
26	20.22	66	16.84	106	12.20	146	7.01	186	4.32	
27	20.15	67	16.74	107	12.07	147	6.91	187	4.27	
28	20.08	68	16.64	108	11.94	148	6.82	188	4.23	
29	20.01	69	16.53	109	11.81	149	6.73	189	4.18	
30	19.94	70	16.43	110	11.67	150	6.64	190	4.14	
31	19.87	71	16.33	111	11.54	151	6.55	191	4.09	
32	19.80	72	16.22	112	11.40	152	6.46	192	4.05	
33	19.73	73	16.12	113	11.26	153	6.38	193	4.01	
34	19.65	74	16.01	114	11.13	154	6.30	194	3.97	
35	19.58	75	15.90	115	10.99	155	6.22	195	3.93	
36	19.50	76	15.79	116	10.85	156	6.14	196	3.89	
37	19.42	77	15.69	117	10.71	157	6.06	197	3.85	
38	19.35	78	15.58	118	10.57	158	5.98	198	3.81	
39	19.27	79	15.47	119	10.43	159	5.91	199	3.77	
40	19.19	80	15.36	120	10.28	160	5.83	200	3.73	

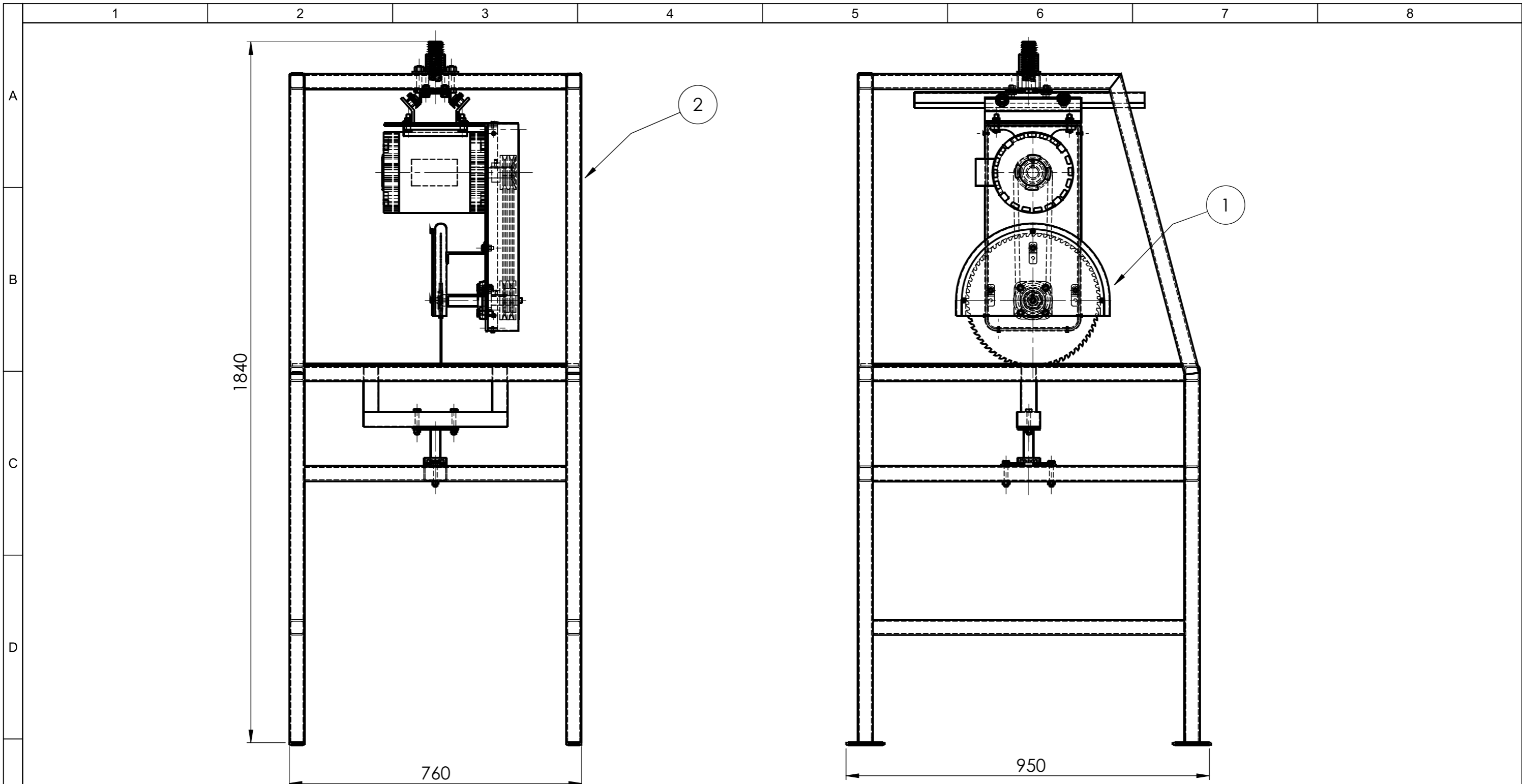
<sup>a</sup>When element width-to-thickness ratio exceeds noncompact section limits of Sect. B5.1, see Appendix B5.  
Note: C<sub>c</sub> = 126.1



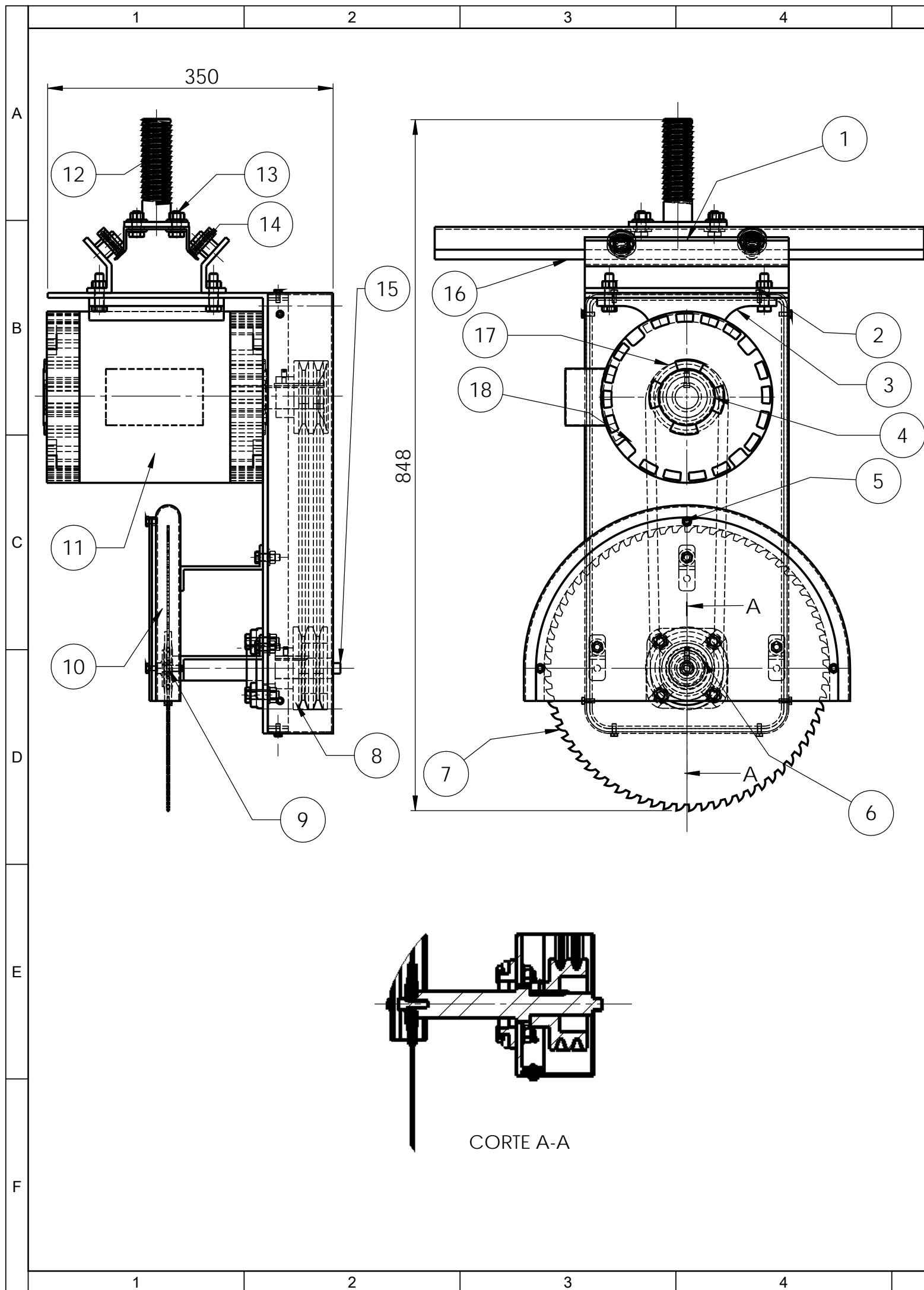
# **ANEXO**

## **PLANOS DE MÁQUINA TRONZADORA**





01	Ensamble Bancada Soporte de Tronzadora		Acero	02		85	Construido
01	Ensamble de mecanismo de Corte de tronzadora		Acero	01		30	Construido
Nro. de piezas	Denominación	Nro. de norma/dibujo	Material	Nro. de orden	Nro. de modelo/semiproducto	Peso Kg/pieza	Observaciones
			Tolerancia	(Peso)	Materiales: <b>ESPECIFICADO EN PLANOS</b>		
			±0,1	115 Kg			
			Fecha	Nombre	Denominación: <b>ENSAMBLE DE TRONZADORA</b>		Escala: 1:10
			Dibujo: 05/12/13	Morales A.			
			Revisó: 05/12/13	Ing. P. Valle			
			Aprobó: 05/12/13	Ing. P. Valle			
			<b>UTA ING. MECÁNICA</b>		Número del dibujo: 02 de 25		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	(Sustitución)			



01	Placa soporte tipo L		Astm A36	18		10	Construido
01	Bandas de transmisión Trapezoidal A35		Caucho	17			Adquirido
01	Puente Soporte de Mecanismo de corte		Astm A36	16		2.15	Construido
01	Eje de transmisión de Tronzadora		Aisi 1018	15		01	Construido
04	Rodamiento rígido de bolas 6202			14			Adquirido
04	Perno Hexagonal M10x25		Sae 8	13			Con tuercas y rodelas
01	Tornillo de potencia con base		Aisi 1018	12			Adquirido
01	Motor Trifásico de 3Hp			11			Adquirido
01	Tapa Protector de disco		Acero Astm A36	10		2.25	Construido
08	Platos de ajuste de disco		Acero Astm A36	09			Construido
01	Polea de doble Canal de Ø 4 plg		Hierro Fundido	08			Adquirido
01	Disco Metálico de corte con dientes de carburo			07			Adquirido
01	Chumacera de pared NTN UCFG205			06			Adquirido
03	Perno Hexagonal M6x 10		Sae 8	05			Adquirido
01	Polea de doble Canal de Ø 3.5 plg		Hierro Fundido	04			Adquirido
01	Tapa Protectora de transmisión de tronzadora		Acero Astm A36	03		0.5	Construido
04	Perno Hexagonal M10x40		Sae 8	02			Con tuercas y rodelas
02	Base de rodamientos para rodadura		Acero Astm A36	01			Construido
Nro. de piezas	Denominación	Nro de norma/dibujo	Material	Nro. de orden	Nro de modelo/semiproducto	Peso kg/pieza	Observaciones
		Tolerancia	(Peso)	Materiales: <b>ESPECIFICADO EN PLANOS</b>			
		±0,1	30Kg				
		Fecha	Nombre	Denominación: <b>ENSAMBLE DE MECANISMO DE CORTE DE TRONZADORA</b>			Escala: 1:5
		Dibujó: 05/12/13	Morales A.				
		Revisó: 05/12/13	Ing. P. Valle				
		Aprobó: 05/12/13	Ing. P. Valle	Número del dibujo: 03 de 25			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	<b>UTA</b> <b>ING. MECÁNICA</b> (Sustitución)			

1

2

3

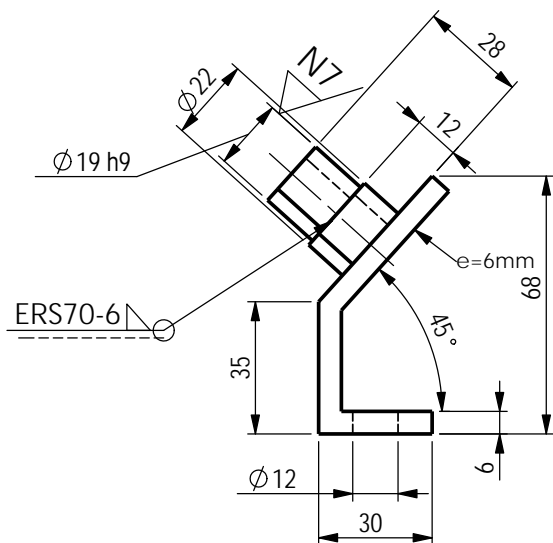
4

TORNEADO

N9

N7

A

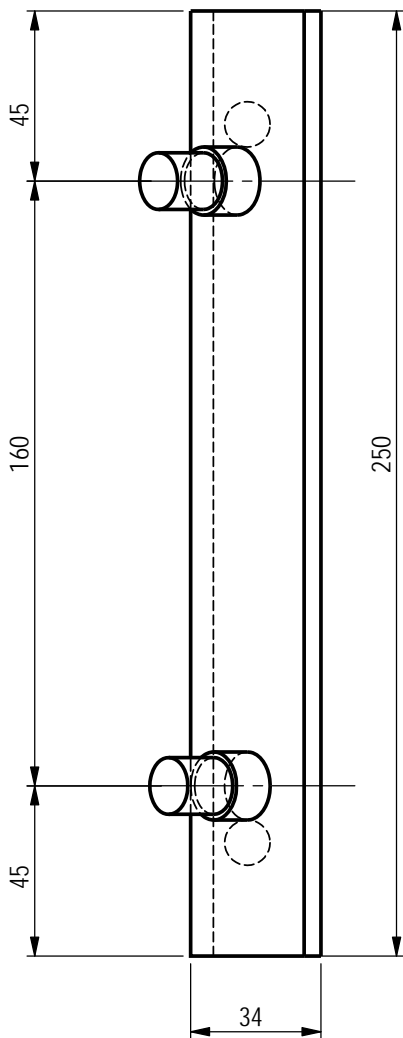


B

C

D

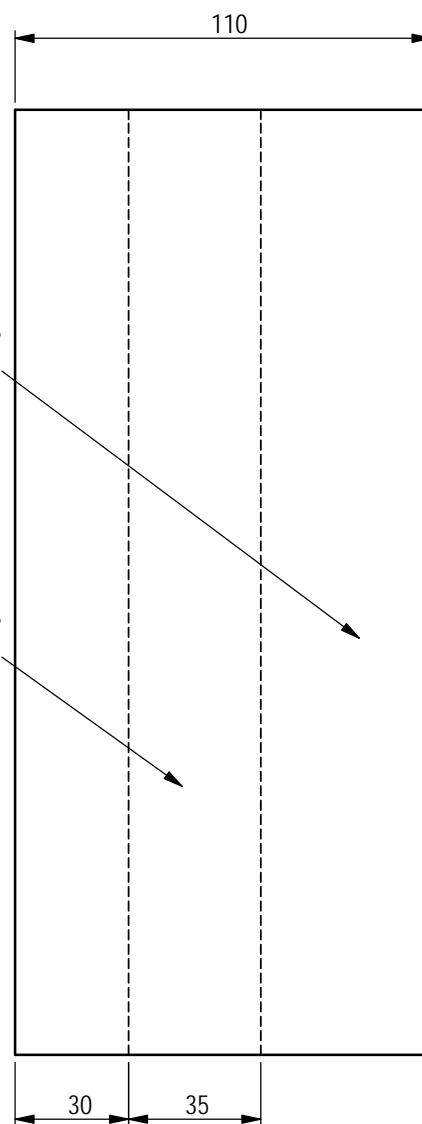
E



DOBLADO A 45°

DOBLADO A 90°

DESARROLLO



Tolerancia

(Peso)

Materiales: ACEROASTM A36

±0,1

1.5 Kg

Fecha

Nombre

Denominación:

Escala:

Dibujó: 15-12-13

Morales A.

BASE DE RODAMIENTOS PARA RODADURA

1:2

Revisó: 15-12-13

Ing. Pablo Valle

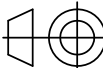
Aprobó: 15-12-13

Ing. Pablo Valle

Número del dibujo: 04 de 25

UTA  
ING . MECÁNICA

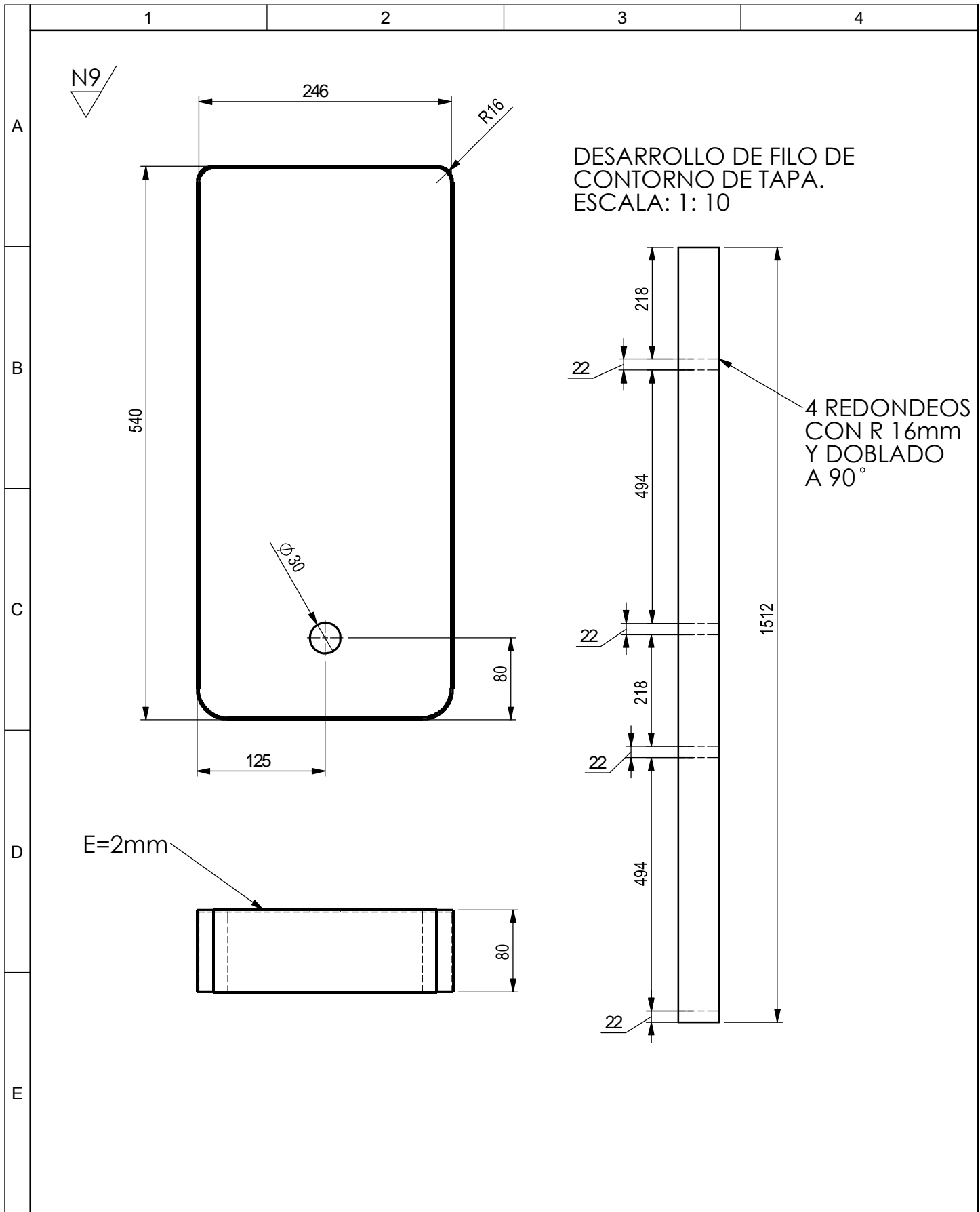
(Sustitución)

Edi-  
ción

Modificación

Fecha

Nombre



DESARROLLO DE FILO DE  
CONTORNO DE TAPA.  
ESCALA: 1: 10

4 REDONDEOS  
CON R 16mm  
Y DOBLADO  
A 90°

E=2mm

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO ASTM A36	
				±0,1	0.5 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: TAPA PROTECTORA DE POLEAS DE TRONZADORA	Escala: 1:5
				Dibujó: 15-12-13	Morales A.		
				Revisó: 15-12-13	Ing. Pablo Valle		
				Aprobó: 15-12-13	Ing. Pablo Valle		
				<b>UTA</b> <b>ING . MECÁNICA</b>		Número del dibujo: 05 de 25	
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

N7

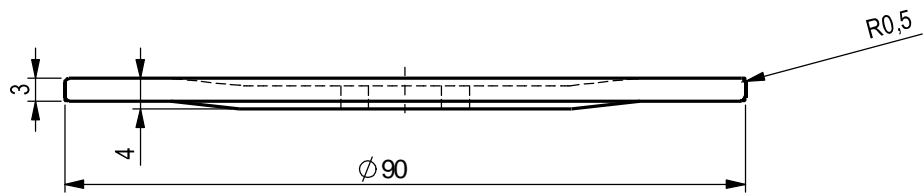
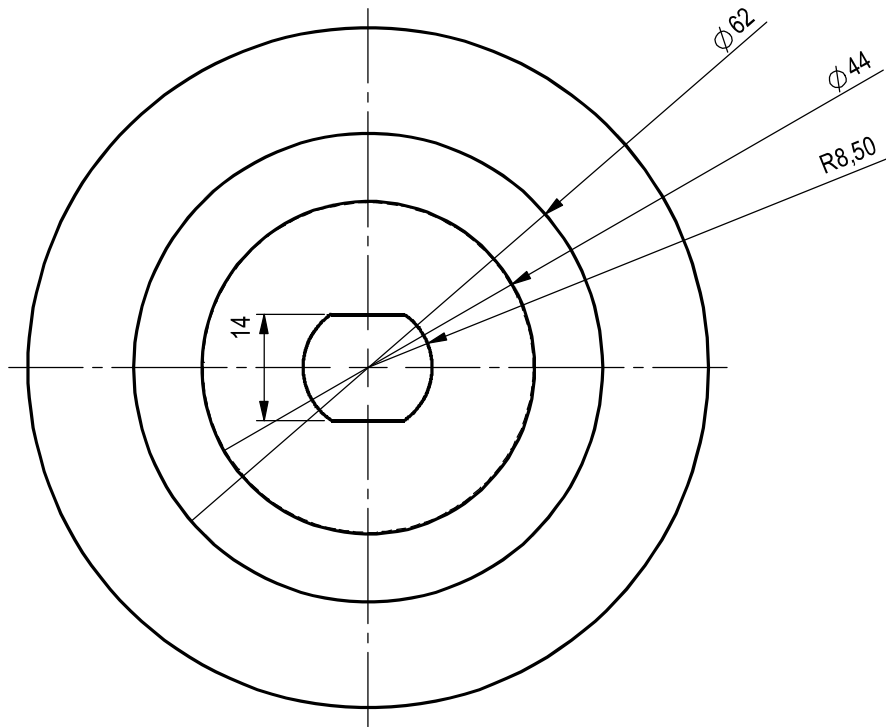
A

B

C

D

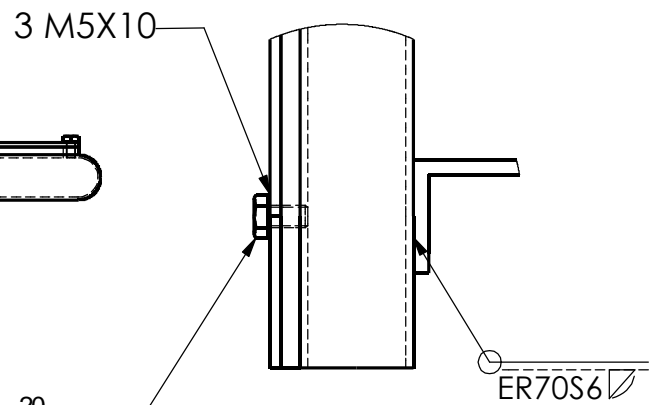
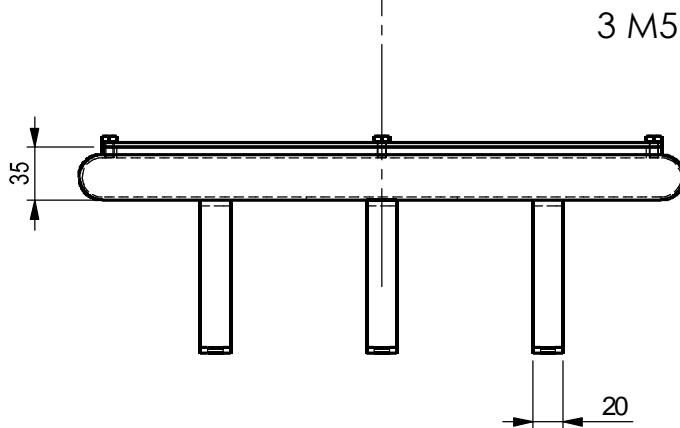
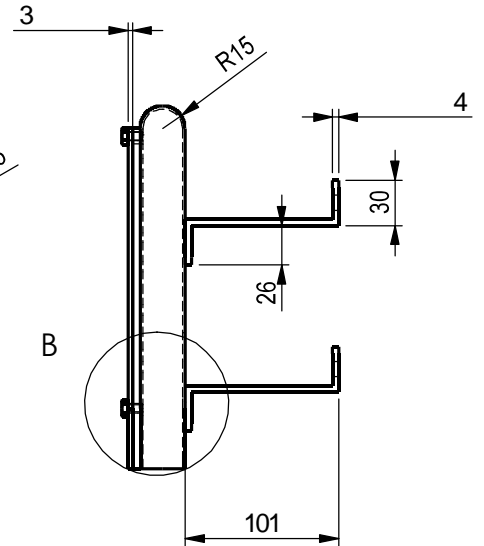
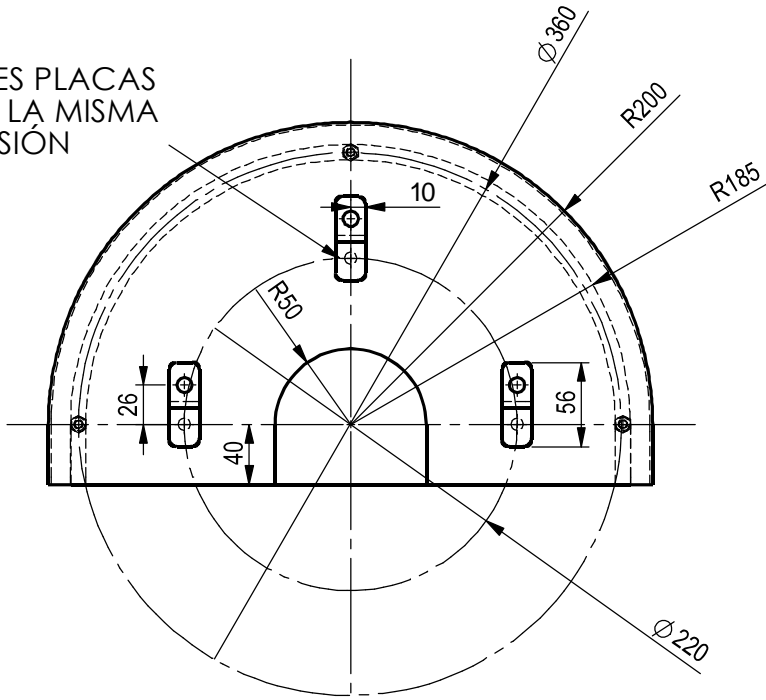
E



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO AISI 1020	
				±0,1	0,15 Kg	Denominación:	
				Fecha	Nombre	Escala:	
				Dibujó: 15-12-13	Morales A.	1:1	
				Revisó: 15-12-13	Ing. Pablo Valle	PLATOS DE AJUSTE DE DISCO	
				Aprobó: 15-12-13	Ing. Pablo Valle	Número del dibujo: 06 de 25	
				<b>UTA</b> <b>ING . MECÁNICA</b>		(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

N9

LAS TRES PLACAS TIENEN LA MISMA DIMENSIÓN



DETALLE B  
ESCALA 1 : 2

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO ASTM A36	
				±0,1	2.25 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>TAPA PROTECTOR DE DISCO</b>	Escala: 1:5
			Dibujó:	15-12-13	Morales A.		
			Revisó:	15-12-13	Ing. Pablo Valle		
				Aprobó:	15-12-13	Ing. Pablo Valle	
				<b>UTA ING . MECÁNICA</b>		Número del dibujo: 07 de 25	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



1

2

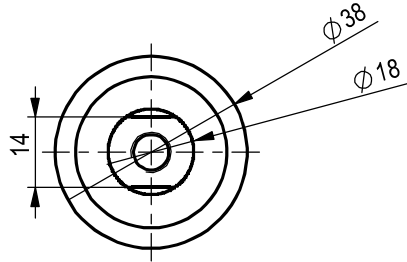
3

4

TORNEADO

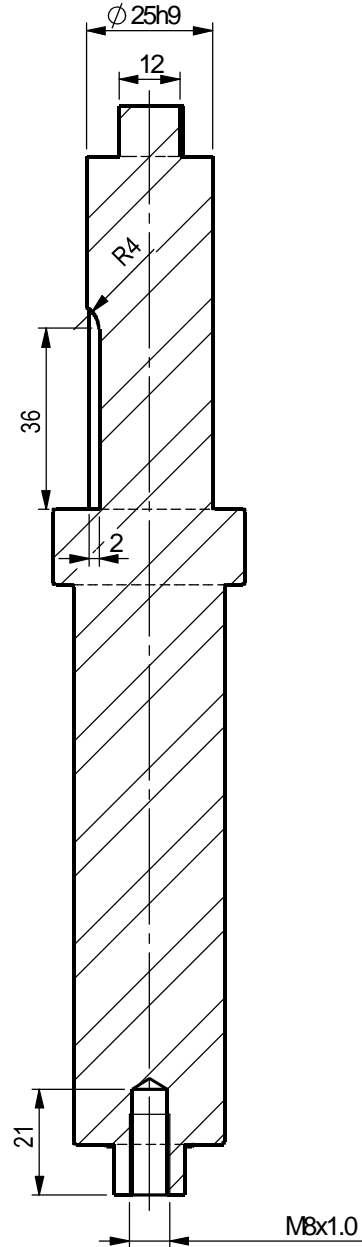
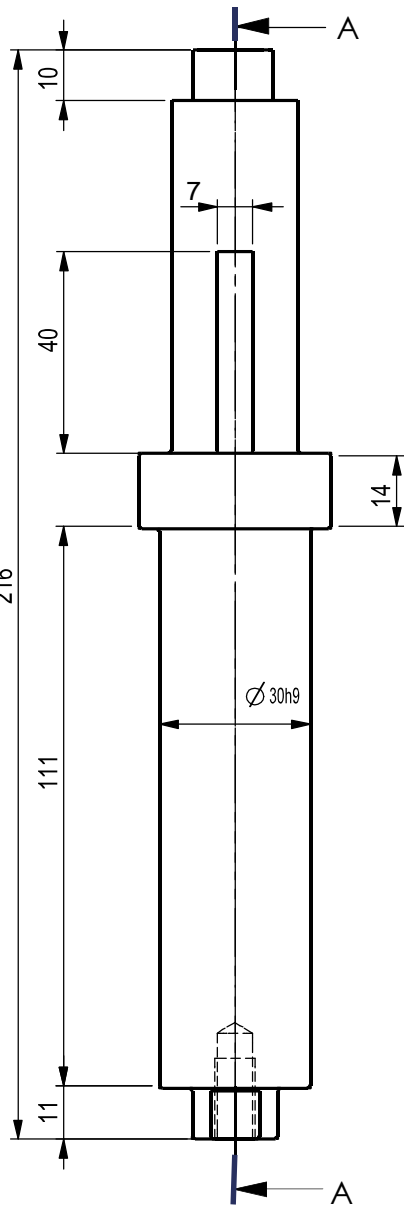


A



CORTE A-A

B

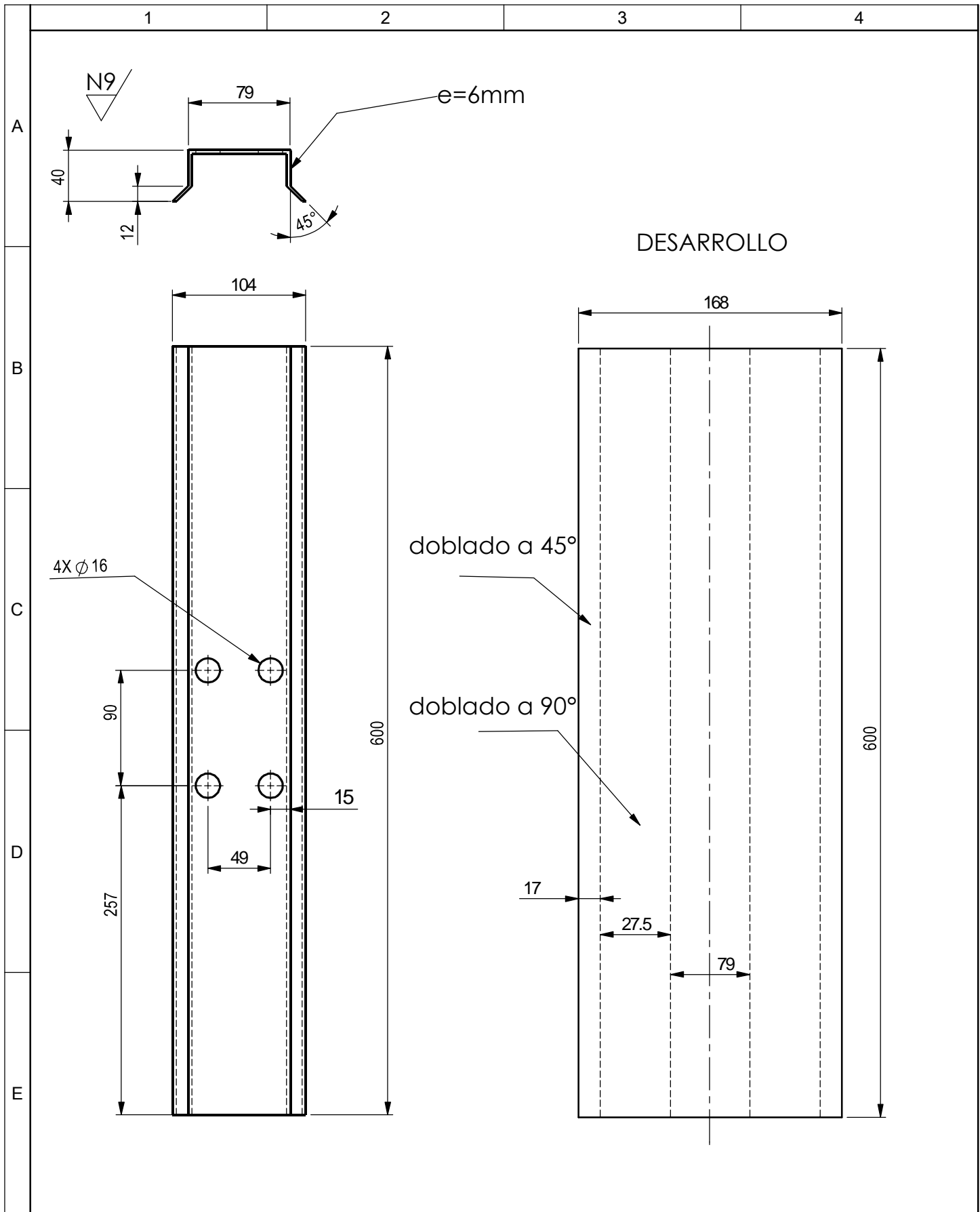


C

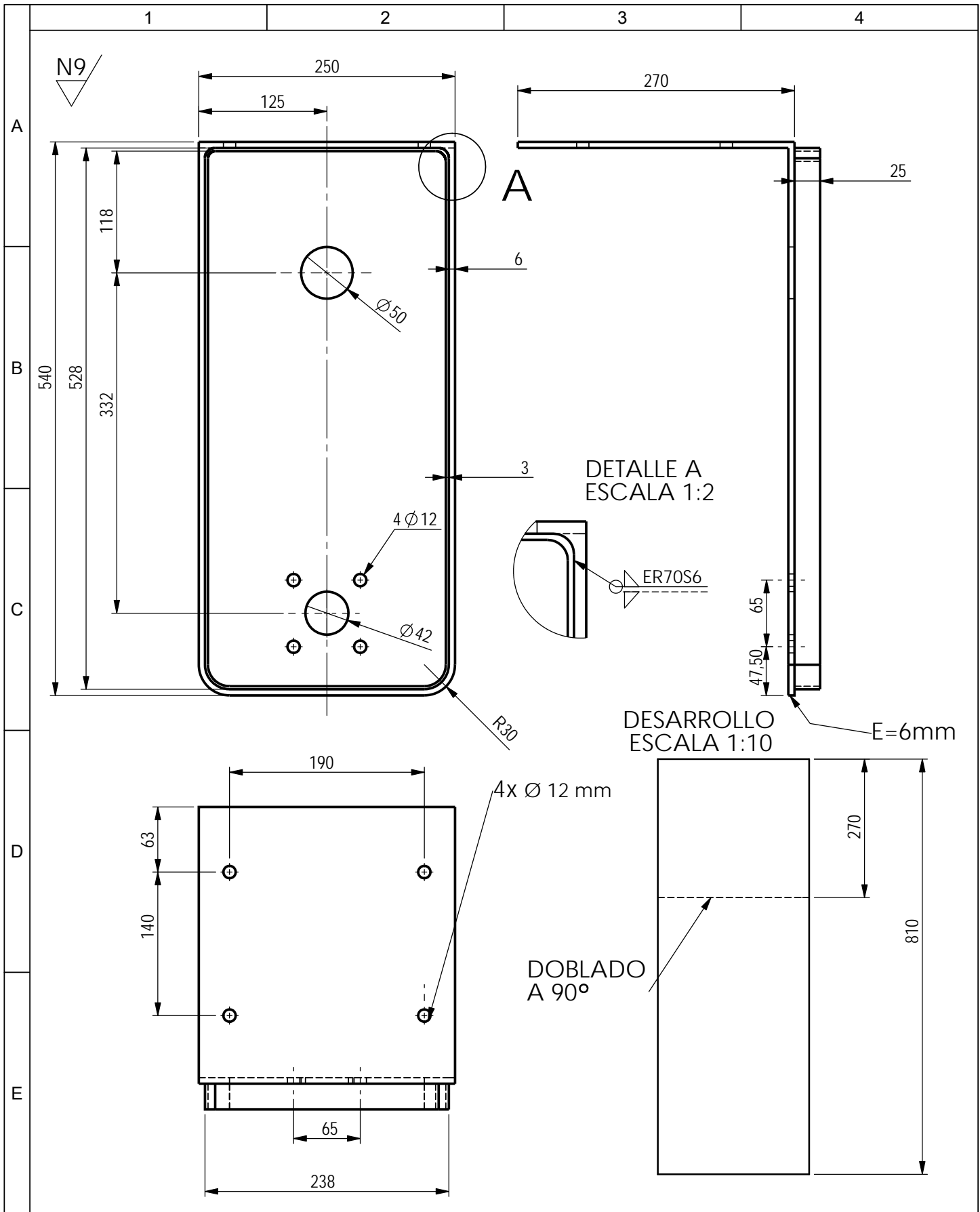
D

E

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO AISI 1018	
				±0,1	1 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>EJE DE TRANSMISIÓN DE TRONZADORA</b>	Escala: 1:2
				Dibujó: 15-12-13	Morales A.		
				Revisó: 15-12-13	Ing. Pablo Valle		
				Aprobó: 15-12-13	Ing. Pablo Valle		
				<b>UTA ING . MECÁNICA</b>		Número del dibujo: 08 de 25	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO ASTM A36	
				±0,1	2,15 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>PUENTE SOPORTE DE MECANISMO DE CORTE</b>	Escala: 1:5
			Dibujó:	15-12-13	Morales A.		
			Revisó:	15-12-13	Ing. Pablo Valle		
				Aprobó:	15-12-13	Ing. Pablo Valle	
				<b>UTA ING . MECÁNICA</b>		Número del dibujo: 9 de 25	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO ASTM A36	
				±0,1	10 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>PLACA SOPORTE TIPO L</b>	Escala: 1:5
			Dibujò:	15-12-13	Morales A.		
			Revisò:	15-12-13	Ing. Pablo Valle		
				Aprobò:	15-12-13	Ing. Pablo Valle	
				<b>UTA ING . MECÁNICA</b>		Número del dibujo: 10 de 25	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



N9

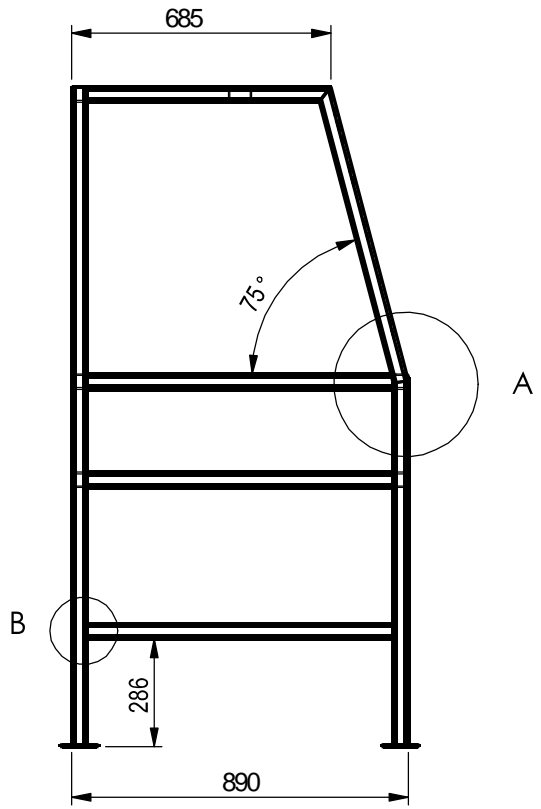
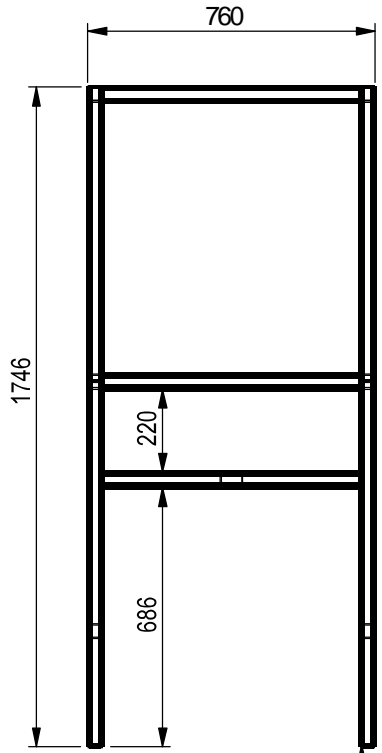
A

B

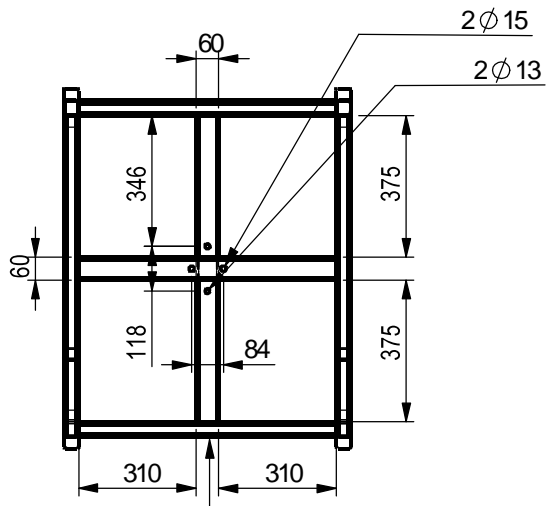
C

D

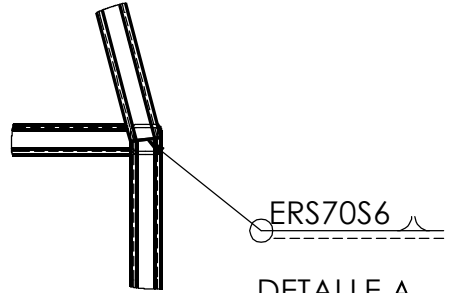
E



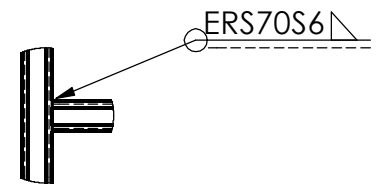
TUBO CUADRADO 40X40X2



TUBO RECTANGULAR 60X40X2

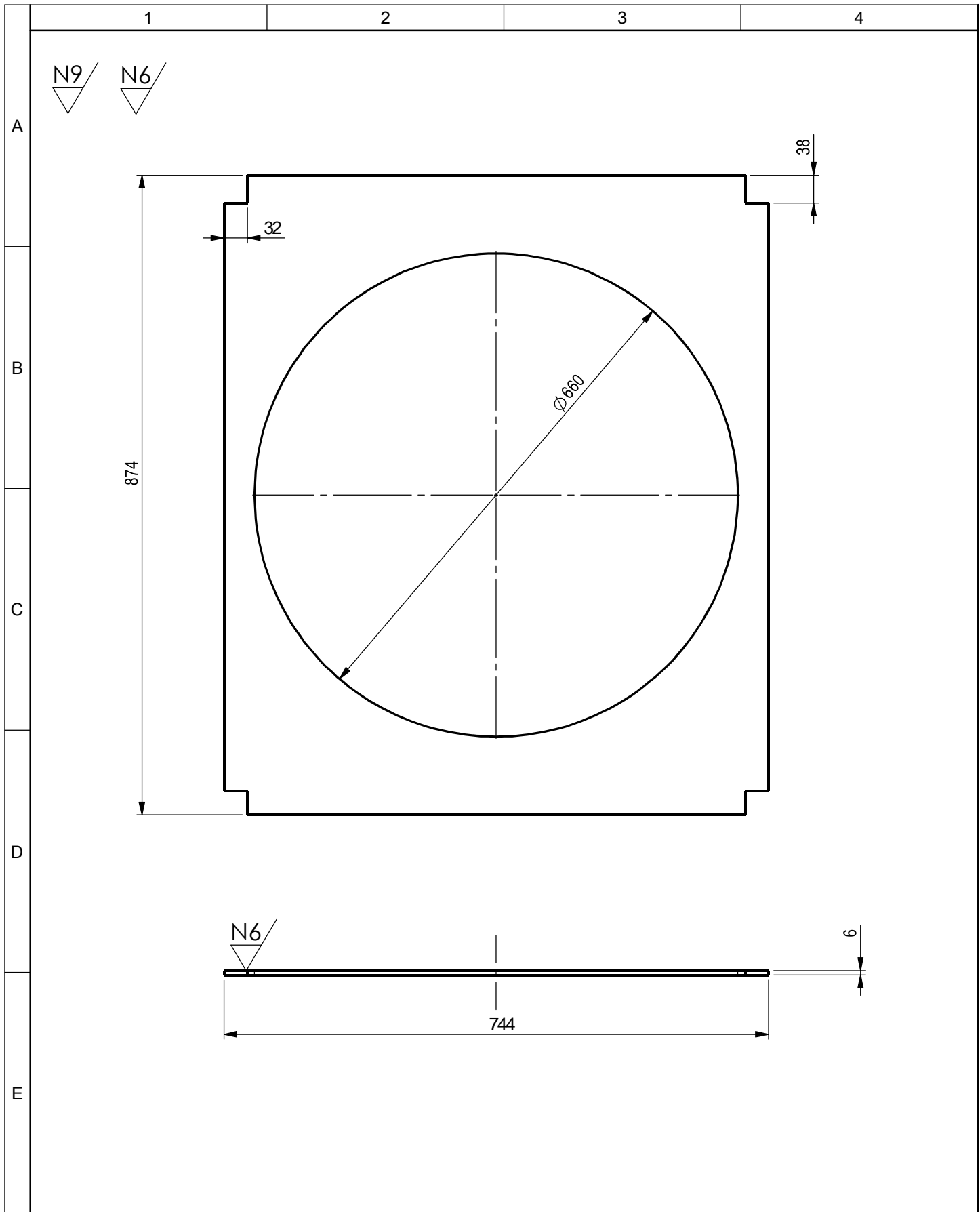


DETALLE A  
ESCALA 1 : 10

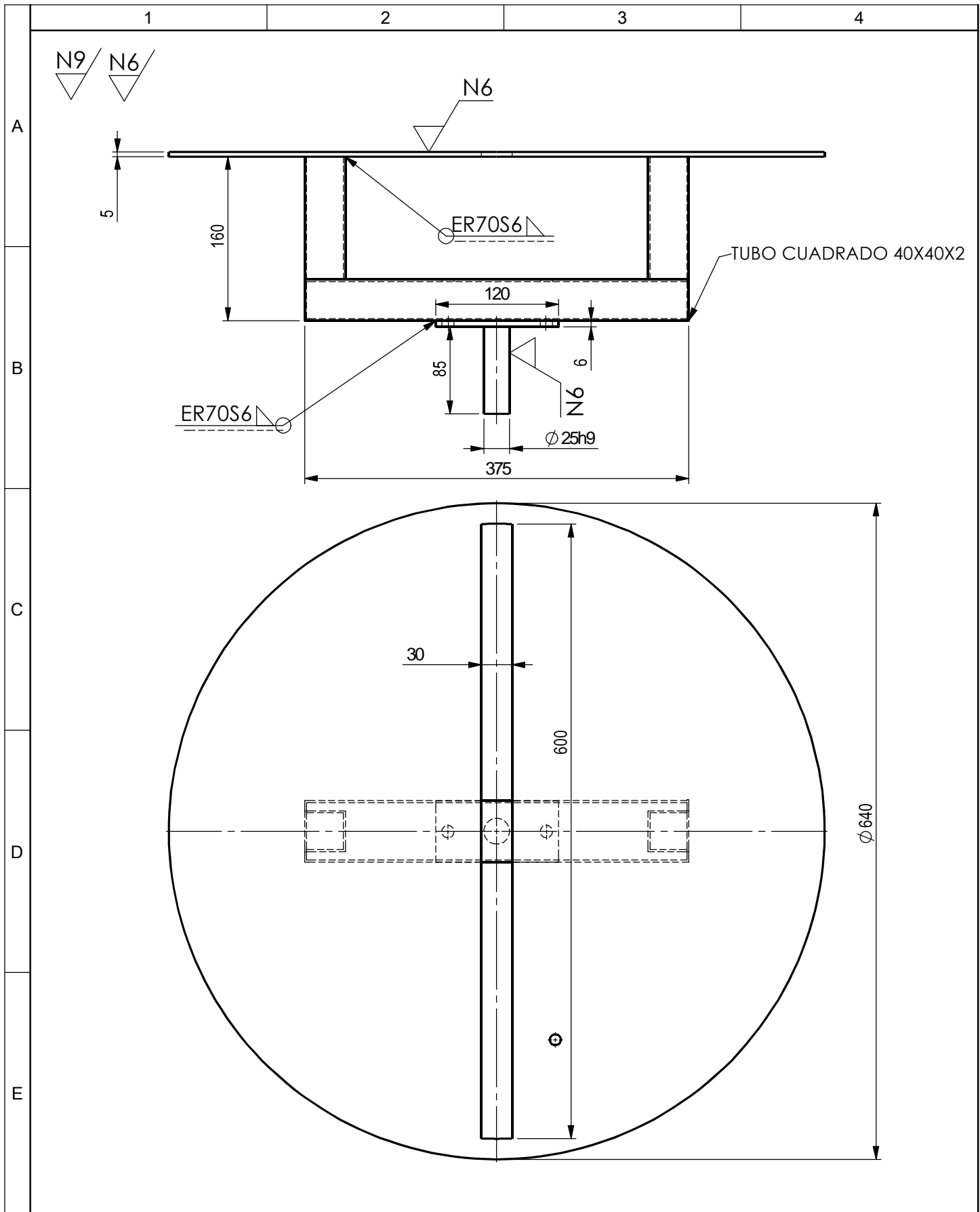


DETALLE B  
ESCALA 1 : 10

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO ASTM A500	
				±0,1	69 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>ESTRUCTURA SOPORTE DE TRONZADORA</b>	Escala: 1:20
			Dibujó:	15-12-13	Morales A.		
			Revisó:	15-12-13	Ing. Pablo Valle		
				Aprobó:	15-12-13	Ing. Pablo Valle	
				<b>UTA</b> <b>ING . MECÁNICA</b>		Número del dibujo: 12 de 25	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO ASTM A36			
				±0,1	14 Kg				
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:		
			Dibujó:	15-12-13	Morales A.			MESA FIJA DE ESTRUCTURA	1:10
			Revisó:	15-12-13	Ing. Pablo Valle				
				Aprobó:	15-12-13	Ing. Pablo Valle			
				<b>UTA</b> <b>ING . MECÁNICA</b>		Número del dibujo:	13 de 25		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)			



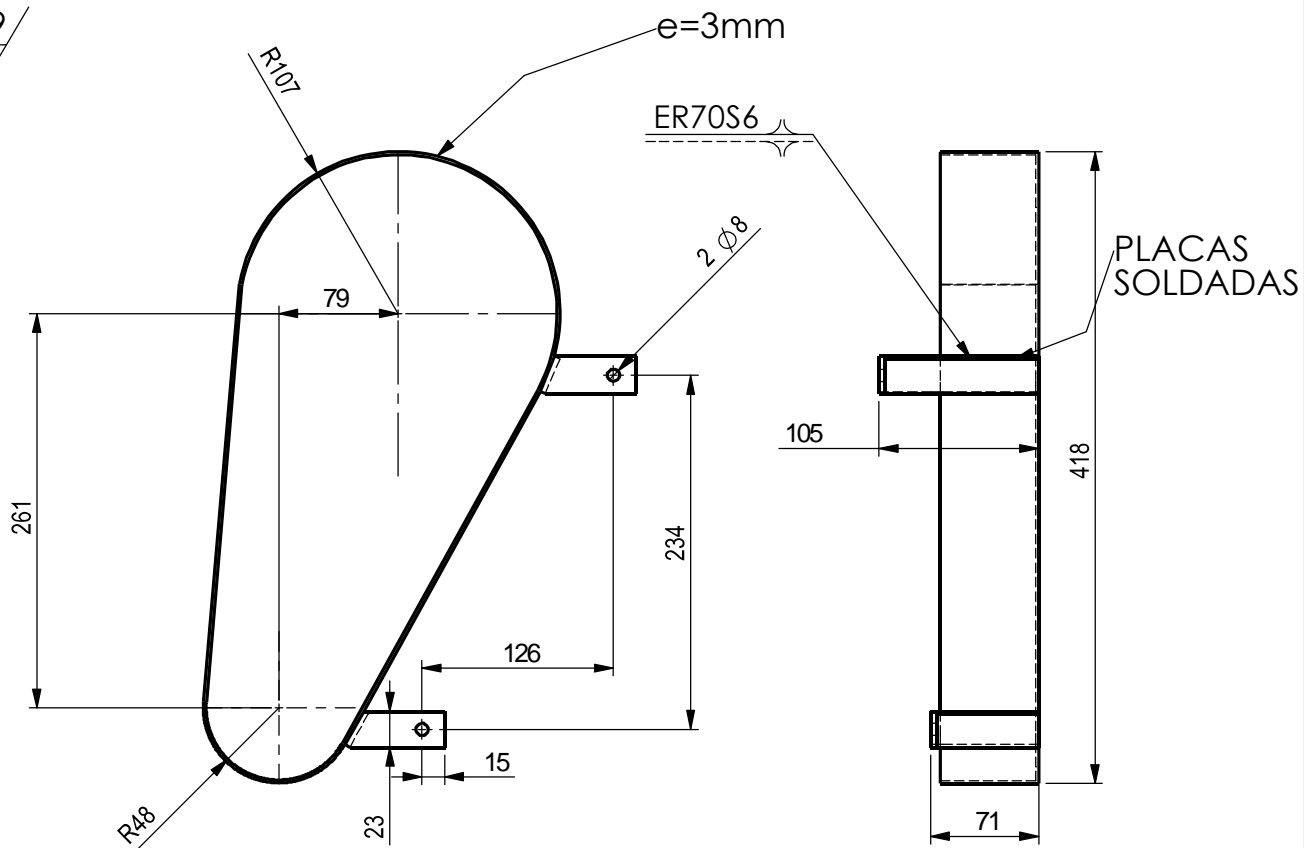
				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO ASTM A36, ACERO AISI 1018	
				±0,1	10 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 15-12-13	Morales A.	MESA GIRATORIA DE ESTRUCTURA	1:5
				Revisó: 15-12-13	Ing. Pablo Valle		
				Aprobó: 15-12-13	Ing. Pablo Valle		
				<b>UTA ING . MECÁNICA</b>		Número del dibujo: 14 de 25	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



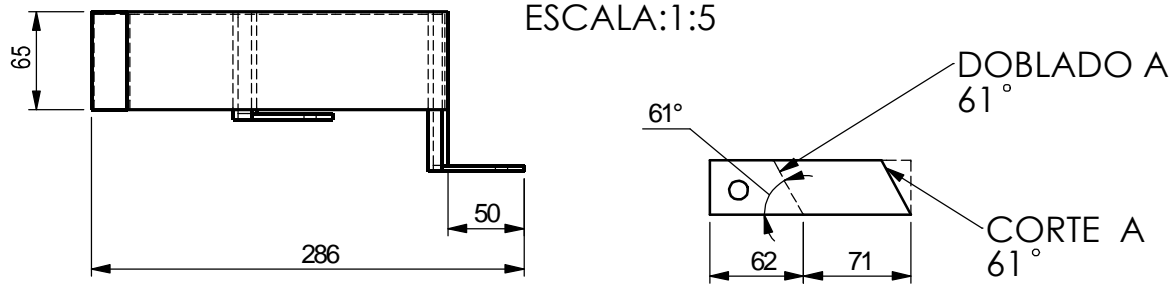




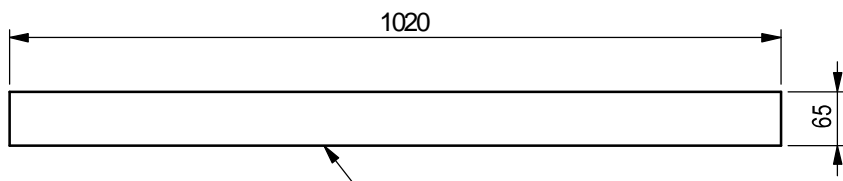
N9



DESARROLLO DE PLACAS SOLDADAS ESCALA:1:5

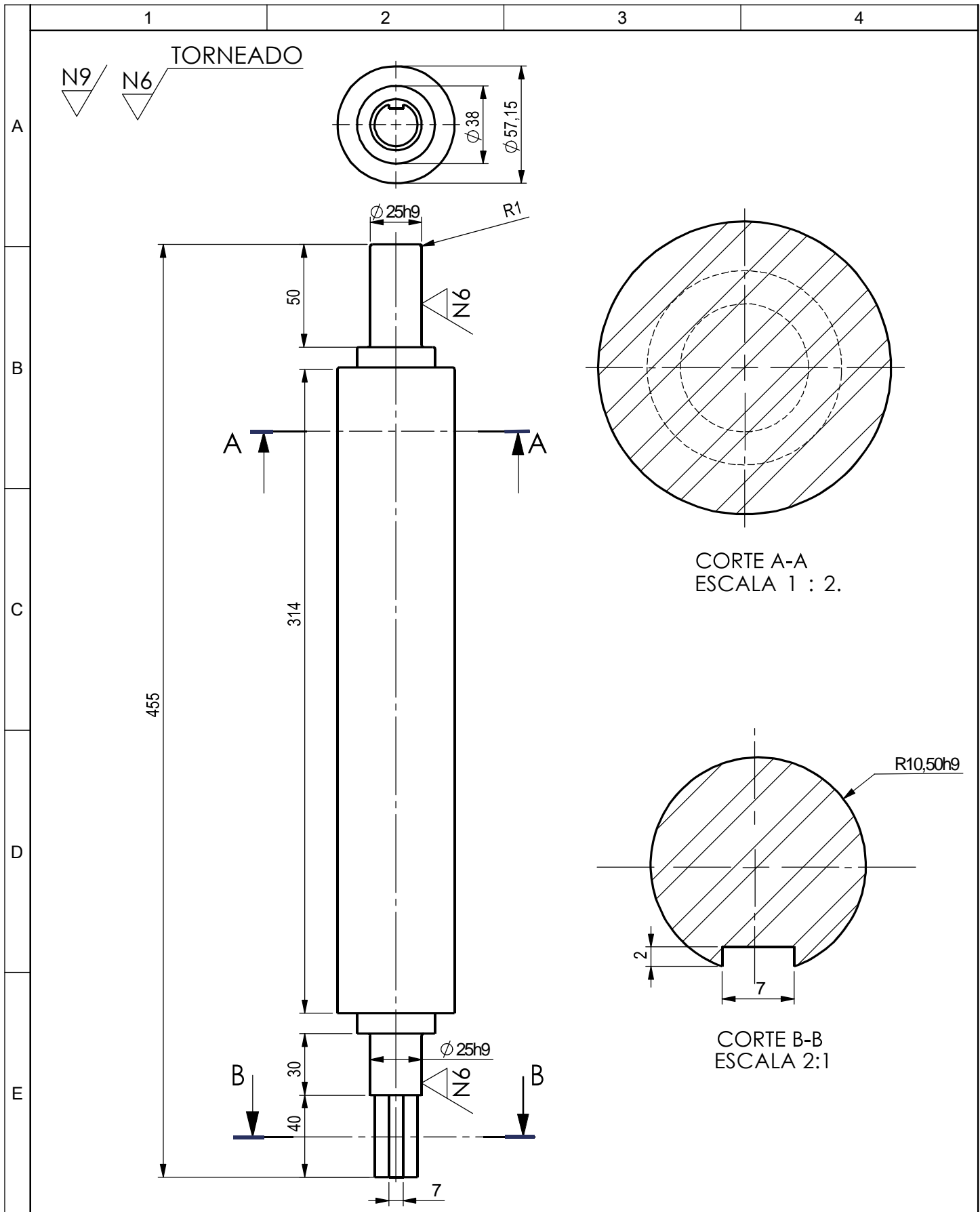


DESARROLLO DE PLANCHA DE PROTECTOR ESCALA: 1:10



BAROLADO SEGUN EL PERÍMETRO DEL PROTECTOR

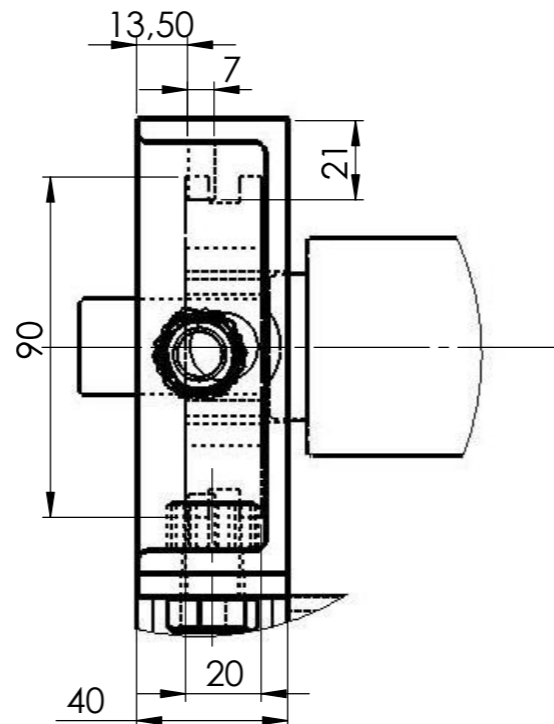
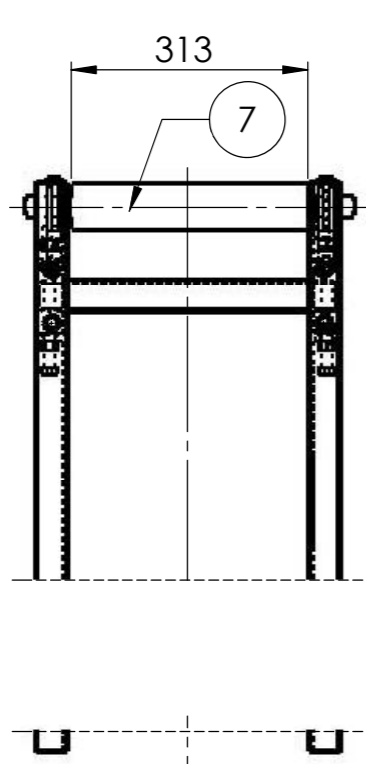
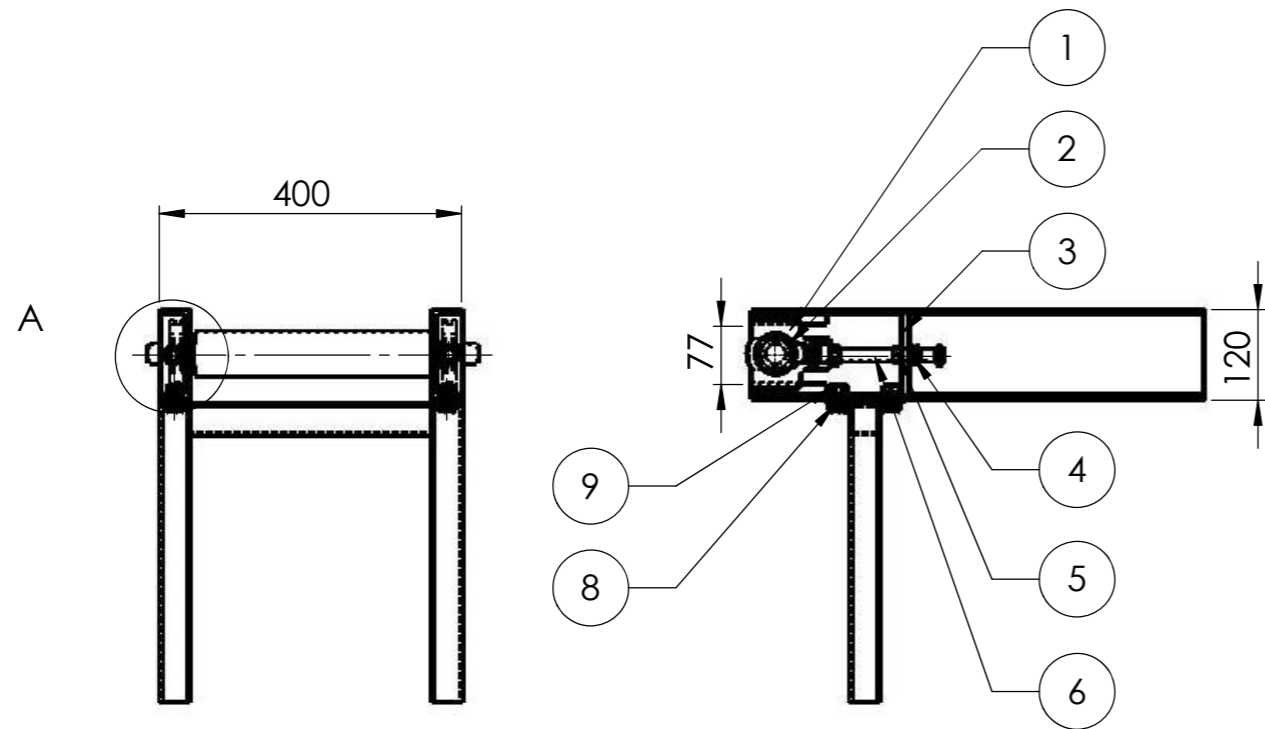
				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO ASTM 36	
				±0,1	2.27 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>PROTECTOR DE TRANSMISIÓN EN BANDA TRANSPORTADORA</b>	Escala: 1:5
			Dibujó:	15-12-13	Morales A.		
			Revisó:	15-12-13	Ing. Pablo Valle		
				Aprobó:	15-12-13	Ing. Pablo Valle	
				<b>UTA ING . MECÁNICA</b>		Número del dibujo: 17 de 25	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO AISI 1018	
				$\pm 0,1$	7 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>RODILLO MOTRÍZ DE BANDA TRANSPORTADORA</b>	Escala: 1:2
			Dibujó:	15-12-13	Morales A.		
			Revisó:	15-12-13	Ing. Pablo Valle		
				Aprobó:	15-12-13	Ing. Pablo Valle	
				<b>UTA ING . MECÁNICA</b>		Número del dibujo: 18 de 25	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

1 2 3 4 5 6 7 8

A  
B  
C  
D  
E  
F



DETALLE A  
ESCALA 1 : 2

Nro. de piezas	Denominación	Nro. de norma/dibujo	Material	Nro. de orden	Nro. de modelo/semiproducto	Peso Kg/pieza	Observaciones
04	Perno Hexagonal M16x20		Sae 8	09			Adquirido
04	Tuerca Hexagonal M16x10		Sae 8	08			Adquirido
01	Rodillo conducido		Acero AISI 1018	07		07	Construido
02	Tornillo tensor D14x150mm		Sae 8	06			Adquirido
02	Contra tuerca Hexagonal M14x 10		Sae 8	05			Adquirido
02	Tuerca Hexagonal M14x 12		Sae 8	04			Adquirido
02	Placa base guía de tornillo		Acero ASTM A36	03			Soldado a bastidor
02	Rodamiento de bolas			02			Adquirido
02	Chumacera de pared NTN UCFG205		Hierro Fundido	01			Adquirido
Tolerancia		(Peso)		Materiales: ESPECIFICADO EN PLANOS			
±0,1		7,21 Kg					
Fecha		Nombre		Denominación: <b>ENSAMBLE DE SISTEMA DE POLEA CONDUCCIDA</b>		Escala: 1:5	
Dibujó: 05/12/13		Morales A.					
Revisó: 05/12/13		Ing. P. Valle					
Aprobó: 05/12/13		Ing. P. Valle					
Edición		Modificación		Número del dibujo: 19 de 25			
Fecha		Nombre		(Sustitución)			

1 2 3 4

1

2

3

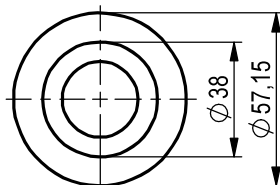
4

A

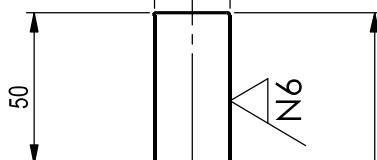
N9

N6

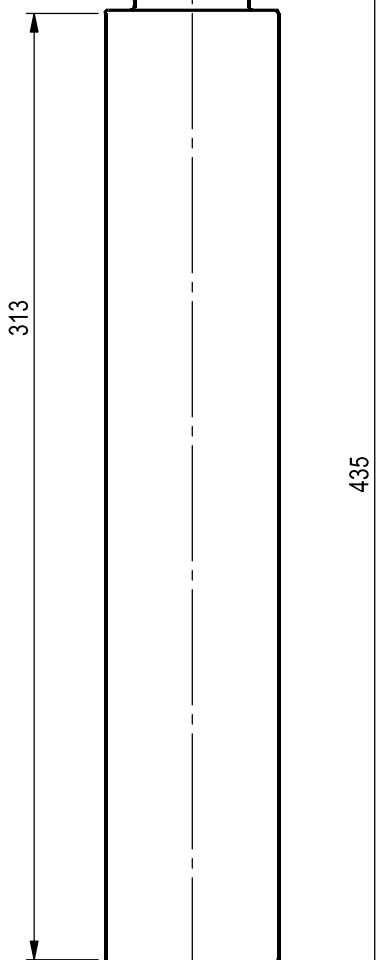
TORNEADO

 $\phi 25h9$ 

B

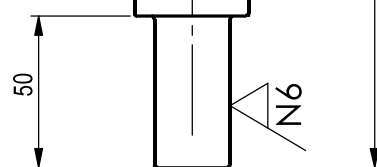


C

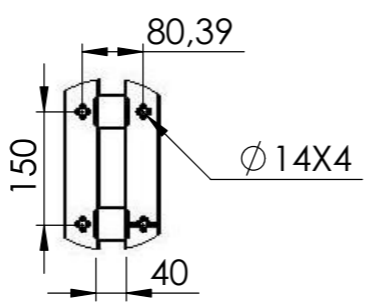
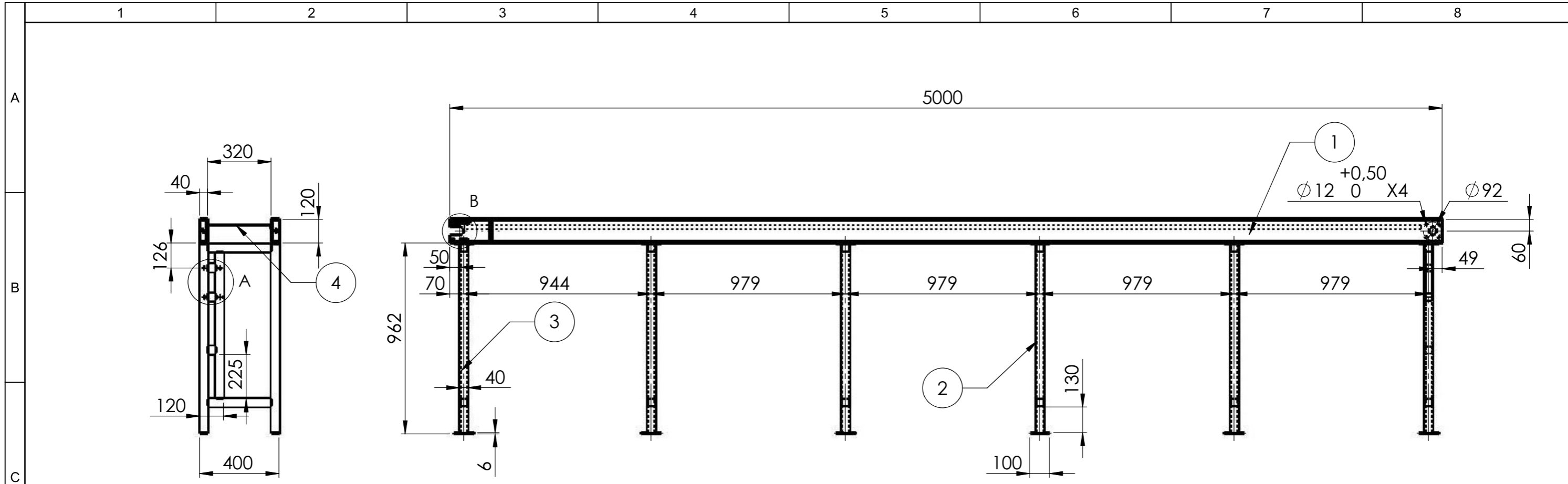


D

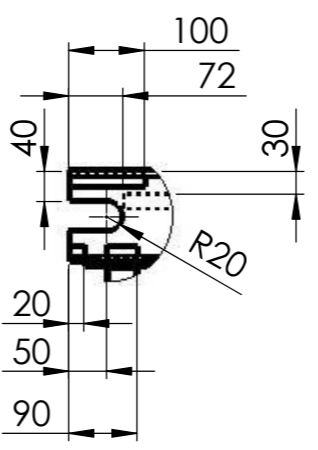
E



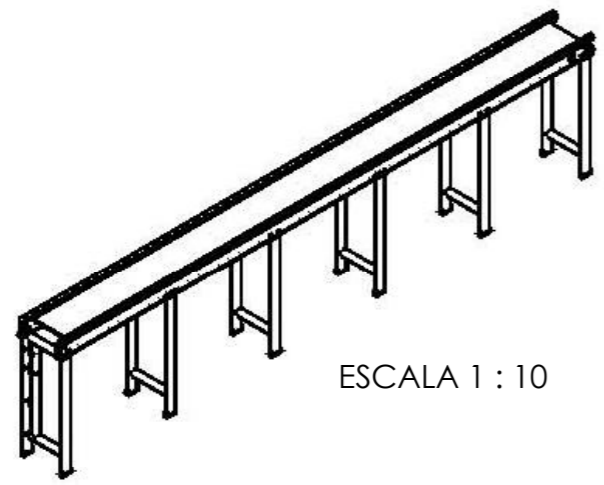
				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO AISI 1018	
				$\pm 0,1$	7 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>RODILLO CONDUCCION DE BANDA TRANSPORTADORA</b>	Escala: 1:2
				Dibujó: 15-12-13	Morales A.		
				Revisó: 15-12-13	Ing. Pablo Valle		
				Aprobó: 15-12-13	Ing. Pablo Valle		
				<b>UTA ING . MECÁNICA</b>		Número del dibujo: 20 de 25	
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



DETALLE A  
ESCALA 1 : 10



DETALLE B  
ESCALA 1 : 10

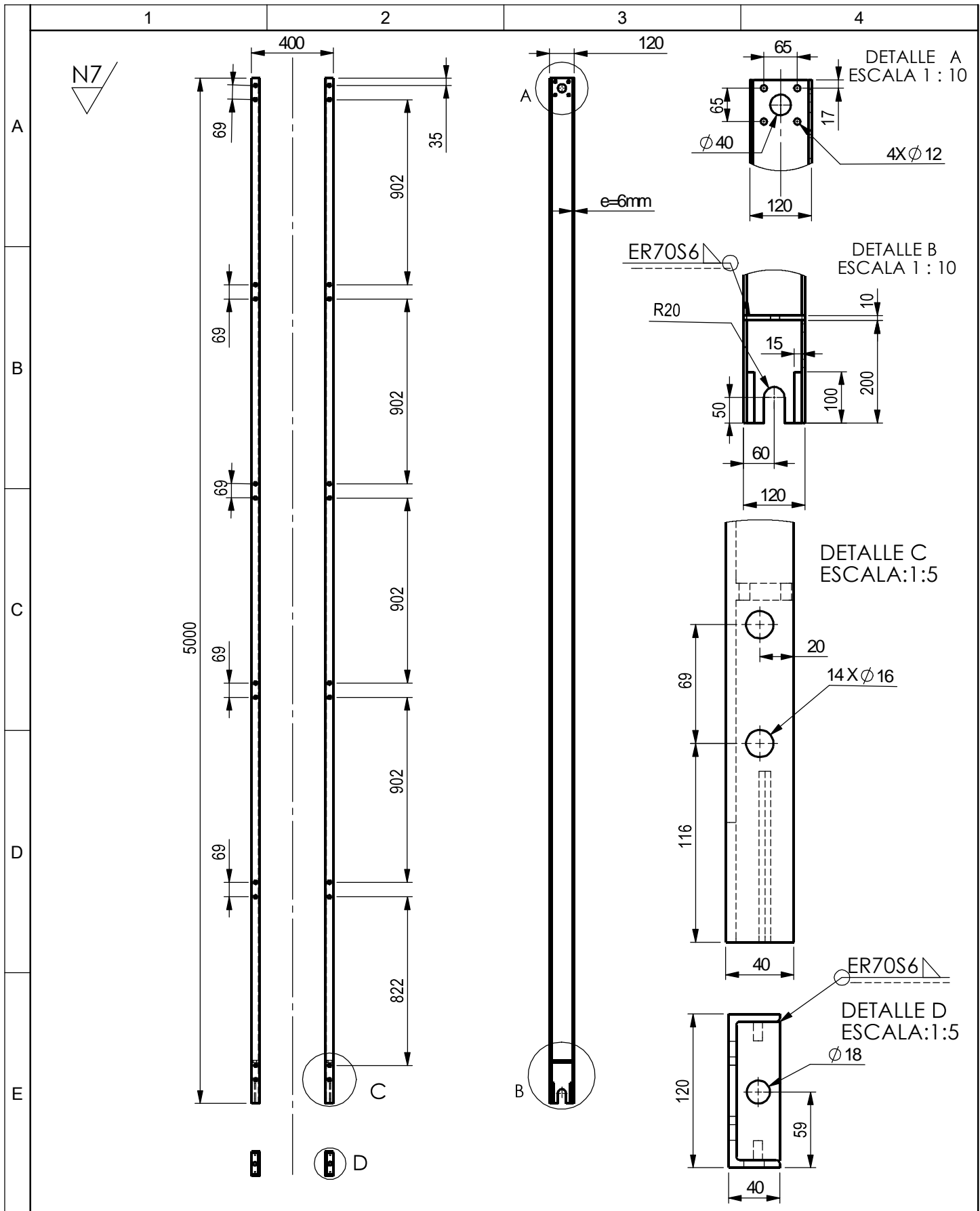


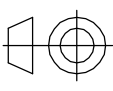
ESCALA 1 : 10

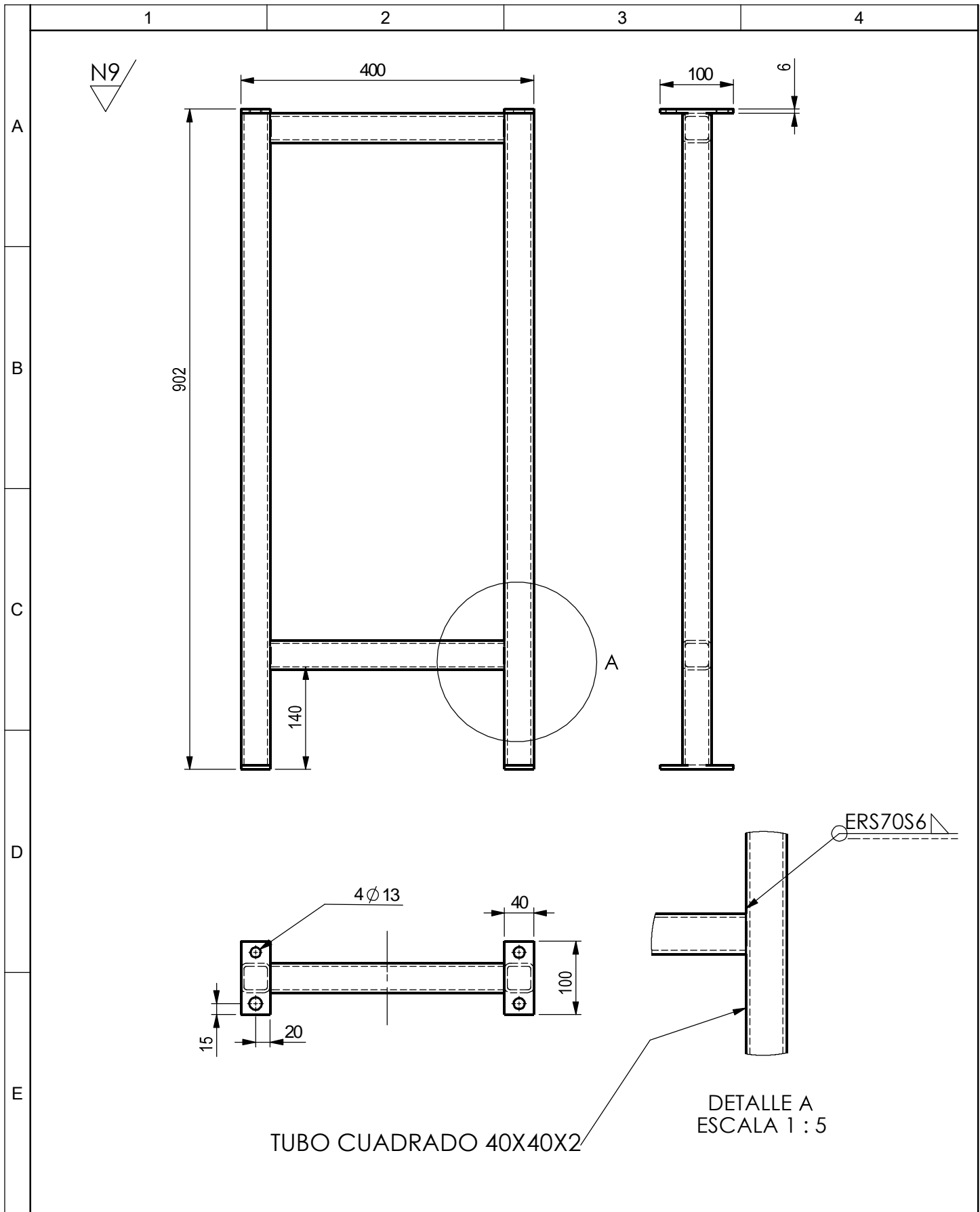
Nro. de piezas	Denominación	Nro. de norma/dibujo	Material	Nro. de orden	Nro. de modelo/semiproducto	Peso Kg/pieza	Observaciones
01	Guía soporte de banda de transporte		Acero Astm A36	04		26	Adquirido y doblado
01	Soporte B de banda de transportadora		Acero Astm A36	03		10	Construido
01	Soporte A de banda de transportadora		Acero Astm A36	02		10	Construido
02	Bastidor de banda transportadora		Acero Astm A36	01		80	Adquirido

Tolerancia		(Peso)	Materiales: ESPECIFICADO EN PLANOS	
±0,1		23,9 Kg		
Fecha		Nombre	Denominación: <b>ENSAMBLE DE ESTRUCTURA DE BANDA TRANSPORTADORA</b>	
Dibujó: 05/12/13		Morales A.		
Revisó: 05/12/13		Ing. P. Valle		
Aprobó: 05/12/13		Ing. P. Valle		
Edición			Número del dibujo: 21 de 25	
Modificación			(Sustitución)	
Fecha			Escala: 1:20	
Nombre				

UTA  
ING. MECÁNICA

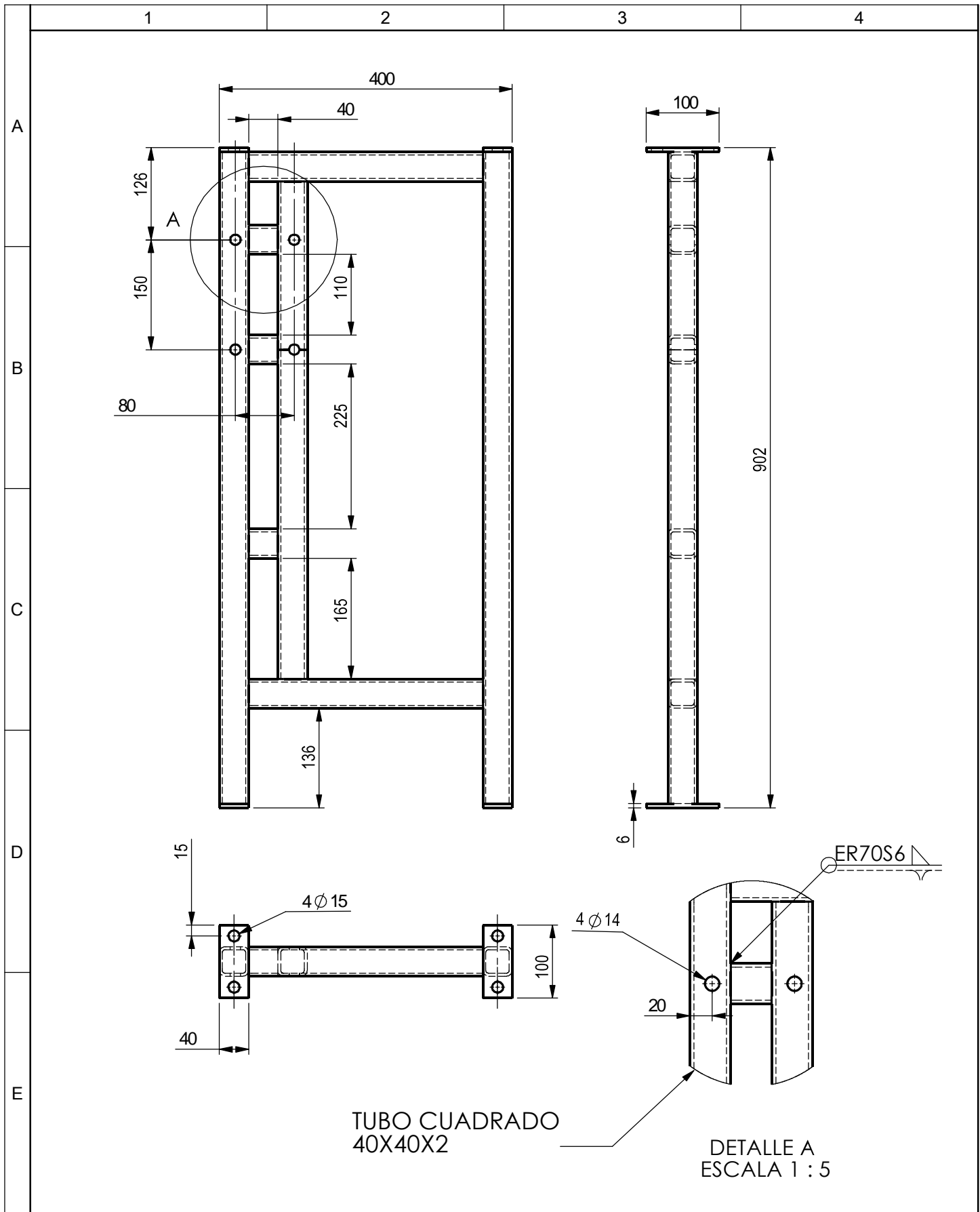


				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO ASTM A36	
				±0,1	80 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>BASTIDOR DE BANDA TRANSPORTADORA</b>	Escala: 1:25
			Dibujó:	15-12-13	Morales A.		
			Revisó:	15-12-13	Ing. Pablo Valle		
				Aprobó:	15-12-13	Ing. Pablo Valle	
				<b>UTA ING. MECÁNICA</b>		Número del dibujo: 22 de 25	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

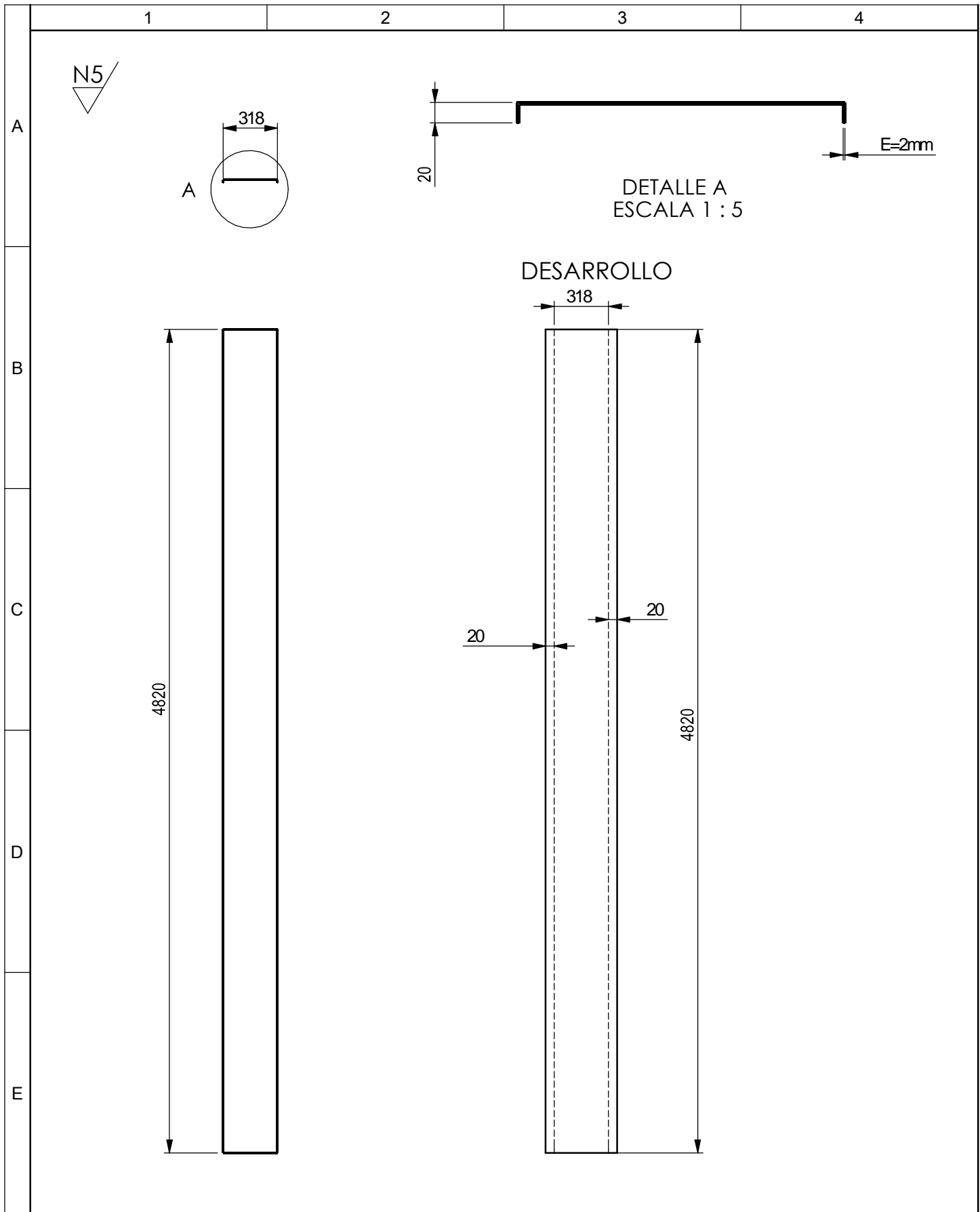


				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO ASTM A500	
				±0,1	10 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>SOPORTE A DE BANDA DE TRANSPORTE</b>	Escala: 1:5
			Dibujó:	15-12-13	Morales A.		
			Revisó:	15-12-13	Ing. Pablo Valle		
				Aprobó:	15-12-13	Ing. Pablo Valle	
				<b>UTA ING . MECÁNICA</b>		Número del dibujo: 23 de 25	
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	





				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO ASTM A500	
				±0,1	10 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>SOPORTE B DE BANDA TRANSPORTADORA</b>	Escala:  1:5
				Dibujó: 15-12-13	Morales A.		
				Revisó: 15-12-13	Ing. Pablo Valle		
				Aprobó: 15-12-13	Ing. Pablo Valle		
				<b>UTA ING . MECÁNICA</b>		Número del dibujo: 24 de 25	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO ASTM A36	
				±0,1	26 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>GUÍA SOPORTE DE BANDA DE TRANSPORTE</b>	Escala: 1:20
				Dibujó: 15-12-13	Morales A.		
				Revisó: 15-12-13	Ing. Pablo Valle		
				Aprobó: 15-12-13	Ing. Pablo Valle		
				<b>UTA ING . MECÁNICA</b>		Número del dibujo: 25 de 25	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	