

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA MAQUINA BRUÑIDORA VERTICAL  
HIDRÁULICA SEMIAUTOMATICA PARA INDUSTRIAS LAVCO LTDA.

MARIO JONATAN ACERO CABALLERO  
FABIAN HORACIO DIAZ PALENCIA

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS  
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
BUCARAMANGA

2012

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA MAQUINA BRUÑIDORA VERTICAL  
HIDRÁULICA SEMIAUTOMATICA PARA INDUSTRIAS LAVCO LTDA.

MARIO JONATAN ACERO CABALLERO  
FABIAN HORACIO DIAZ PALENCIA

Trabajo de grado para optar al título de:  
Ingeniero Mecánico

Director  
CARLOS BORRÁS PINILLA  
Ingeniero Mecánico

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS  
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
BUCARAMANGA  
2012

## **AGRADECIMIENTOS**

Al profesor Ph.D. Carlos Borrás Pinilla director del proyecto y del grupo de investigación DICBoT por la confianza depositada en nosotros, dedicación y compromiso con el desarrollo de este proyecto y por su valiosa enseñanza.

A los profesores de la Escuela de Ingeniería Mecánica, por ser nuestros mentores en el proceso de formación como ingenieros.

A Industrias LAVCO Ltda, especialmente a la Dra. Olga Patricia Vesga, gerente de esta empresa, por creer en este proyecto y por su colaboración con el desarrollo del mismo.

Al personal técnico de mantenimiento de LAVCO, por su empeño en la construcción de la máquina, especialmente al señor Libardo Navas por su sentido de pertenencia con el desarrollo del proyecto y quien hizo de este trabajo como si fuera su mayor logro.

## DEDICATORIA

*Infinitamente gracias a Dios por hacer posible la realización de este proyecto,  
por enseñarme a ver el valor de cada una de las cosas que me presenta a  
diario, y por regalarme a cada una de las personas importantes de mi vida con  
quienes hoy comparto  
la alegría de conseguir este gran logro.*

*A mi madre, por su amor y entrega total e incondicional  
con nosotros, su hogar.*

*A mi padre, por su sacrificio y empeño  
en la educación de sus hijos.*

*A mis hermanos, por su apoyo y buen ejemplo hacia mí.*

*A Zahira, por su amor y compañía, por creer en mí  
y por regalarme la felicidad de formar una familia.*

*A mi hijo, Juan Manuel por convertirse en el motor  
que impulsa mi vida con amor para salir adelante,  
y a quien espero dar el mejor ejemplo.*

*A mi abuela, tías, tíos, primas, primos, a mis sobrinos Kamila y Tomas, a cada  
miembro de mi familia y a mis amigos, quienes me acompañaron  
en cada uno de los momentos de este proceso.*

*Mario J. Acero Caballero*

## DEDICATORIA

*Sin duda alguna a mi madre, por su dedicación, lucha, empeño y apoyo incondicional.*

*A Carolina por su amor, compañía, paciencia y colaboración.*

*A mis dos preciosas hijas Tatiana y Valeria. Porque este triunfo es por ellas y para ellas.*

*A mis hermanitos Yesi, Pao Y Michael.*

*A toda mi familia materna con quienes siempre conté, en especial mi tía Linda.*

*A mis amigos.*

*Fabian H. Diaz Palencia.*

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	24
<b>1. DESCRIPCION DEL PROYECTO.....</b>	<b>26</b>
1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	26
1.2. JUSTIFICACIÓN PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA	27
1.2.1. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO.....	27
1.2.2. Objetivo General.....	27
1.2.3. Objetivos Específicos.....	27
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN.....	28
1.3.1. Herramienta de modelado y simulación escogida.....	29
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>31</b>
2.1. MAQUINAS HERRAMIENTA.....	31
2.1.1. Mecanizado.....	31
2.1.2. Movimientos de Corte.....	34
2.1.3. Tipos de mecanizado más frecuentes.....	34
2.2. BRUÑIDO.....	35
2.2.1. Descripción del proceso.....	36
2.2.2. Bruñido de interiores.....	37
2.2.3. Ventajas del bruñido.....	39
2.2.4. Materiales.....	39
2.3. BRUÑIDORAS.....	40
2.3.1. Bruñidora Horizontal de Control Numérico Honingtec	40
2.3.2. Bruñidora Vertical Honingtec.....	41
2.3.3. Bruñidora Horizontal desmontable de CNC Honingtec	41
2.3.4. Bruñidora de bloques (de cilindros de motor).....	42
2.4. CARACTERISTICAS FUNCIONALES DE LAS BRUÑIDORAS.....	43
2.4.1. Velocidades de corte y avance.....	43
2.4.2. Profundidad de corte.....	44

<b>3. ANTECEDENTES.....</b>	<b>45</b>
3.1. PRESENTACION DE LA EMPRESA.....	45
3.2. PRODUCTOS OFRECIDOS POR LAVCO.....	47
3.2.1. Línea Automotriz - Industrias LAVCO Ltda.....	47
3.2.2. Línea Industrial - Industrias LAVCO Ltda.....	50
3.3. LÍNEA DE PROCESO DE MECANIZADO EN LA LÍNEA INDUSTRIAL DE AVCO.....	52
3.3.1. Corte y Despunte.....	53
3.3.2. Mandrinado – Diámetro interior.....	54
3.3.3. Torneado – Diámetro exterior.....	54
3.3.4. Bruñido .....	54
<b>4. DISEÑO DE COMPONENTES ESTRUCTURALES.....</b>	<b>58</b>
4.1. DISEÑO Y ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA.....	58
4.1.1. Análisis del Modelo Inicial.....	60
4.1.2. Análisis del Segundo Modelo.....	62
4.1.3. Análisis del Tercer Modelo.....	64
4.1.4. Análisis del Modelo Final.....	66
4.2. ALTERNATIVAS PARA MONTAJE DE ELEMENTOS MECANICOS .....	67
4.2.1. Primera alternativa de montaje.....	67
4.2.2. Segunda alternativa de montaje.....	69
4.3. DISEÑO DEL PERFIL BASE.....	70
4.3.1. Análisis Estructural del perfil base.....	71
4.4. DISEÑO DE LA PLACA BASE.....	73
4.4.1. Análisis Estructural de la placa base.....	73
4.5. DISEÑO DE LA MESA PORTA CAMISAS.....	76
4.5.1. Análisis de la mesa Porta camisas.....	76
<b>5. DISEÑO DE LOS COMPONENTES MECÁNICOS .....</b>	<b>79</b>
5.1. SELECCIÓN DE LA HERRAMIENTA.....	79
5.2. SELECCIÓN DEL MOTORREDUCTOR.....	80
5.2.1. Cálculo de Potencia del Motor.....	80
5.2.2. Cálculo de Velocidad de Salida del reductor.....	82

5.3.	DISEÑO DE CAJA DE CAMBIO DE VELOCIDAD PARA OPERACIÓN DE DESBASTE EN LAS AMISAS.....	86
5.3.1.	Sistema de transmisión de giro a la herramienta.....	87
5.4.	DISEÑO DE LA PLACA MÓVIL.....	88
5.5.	SELECCIÓN DE LOS RODAMIENTOS.....	91
5.5.1.	Cálculo de la vida de trabajo de los rodamientos.....	93
5.6.2.	Chequeo de flexión en los ejes.....	94
5.7.	SELECCIÓN DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN.....	96
<b>6.</b>	<b>DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA HIDRÁULICO.....</b>	<b>97</b>
6.1.	VALVULAS UTILIZADAS EN EL CIRCUITO HIDRÁULICO	99
6.1.1.	Válvulas de control direccional.....	99
6.1.2.	Válvula de alivio.....	101
6.1.3.	Válvula de freno.....	103
6.1.4.	Válvulas reguladoras de caudal.....	103
6.1.5.	Válvulas antirretorno pilotadas.....	105
6.1.6.	Válvula Load Sensing .....	106
6.2.	FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA HIDRÁULICO.....	107
6.2.1.	Arranque de sistema en venteo.....	107
6.2.2.	Centrado automático de las camisas con respecto a la herramienta de corte.....	108
6.2.3.	Descenso del sistema móvil.....	109
6.2.4.	Ascenso del sistema móvil.....	110
6.2.5.	Salida de la mesa portacamisas.....	111
6.3.	SELECCIÓN DE LA BOMBA.....	112
6.4.	DETERMINACIÓN DE LA PRESION MAXIMA EN EL SISTEMA.....	112
6.4.1.	Determinación de los pesos.....	113
6.4.2.	Cálculo de la contrapresión.....	114
6.4.3.	Cálculo de la fuerza de fricción.....	114
6.4.4.	Cálculo de la presión máxima por sistema principal....	115

6.4.5.	Análisis de presión máxima por sistema mesa portacamisas.....	116
6.5.	CÁLCULO DE PRESIÓN DE BOMBA.....	117
6.5.1.	Cálculo por sistema principal.....	110
6.5.2.	Cálculo por sistema portacamisas.....	119
6.6.	CÁLCULO DEL MOTOR DE LA BOMBA.....	119
<b>7.</b>	<b>CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LA MÁQUINA.....</b>	<b>121</b>
7.1.	CONSTRUCCIÓN DE LA BASE DE LA MÁQUINA.....	121
7.2.	CONSTRUCCIÓN DE CONTENEDOR DEL REFRIGERANTE.....	122
7.3.	CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA.....	122
7.4.	CONSTRUCCIÓN DE LA MESA PORTACAMISAS.....	124
7.5.	POSICIONAMIENTO DE LOS ACTUADORES LINEALES....	125
7.6.	CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LA PLACA MÓVIL.....	125
7.7.	CONSTRUCCIÓN DE LA PLACA SUPERIOR .....	126
7.8.	CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISION DE GIRO A LA HERRAMIENTA.....	127
7.8.1.	Construcción del tren de engranajes.....	127
7.8.2.	Construcción del eje de deslizamiento del cambio de velocidad.....	128
7.8.3.	Montaje del sistema de transmisión de giro.....	129
7.8.4.	Construcción de dispositivo para accionar el cambio de velocidad.....	129
7.9.	MONTAJE DEL LAS GUIAS Y LOS RODAMIENTOS LINEALES.....	130
<b>8.</b>	<b>SISTEMA DE CONTROL.....</b>	<b>131</b>
8.1.	COMPONENTES REQUERIDOS PARA EL SISTEMA DE CONTROL DE LA BRUÑIDORA.....	133
8.2.	DIAGRAMA DE FLUJO DE LA SECUENCIA DE LA BRUÑIDORA.....	135
8.3.	DISEÑO ELÉCTRICO, CONTROL DE POTENCIA Y LÓGICA DE LA BRUÑIDORA.....	137

<b>9. CONCLUSIONES.....</b>	<b>138</b>
<b>10. OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>140</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>141</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>143</b>

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Mecanizado con arranque de viruta.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 2. Muela abrasiva.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 3. Herramienta para bruñir interiores de cilindros.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 4. Visualización de bruñido cilíndrico interno.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 5. Bruñidora Horizontal de control Numérico Honingtec.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 6. Bruñidora Vertical Honingtec.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 7. Bruñidora Horizontal desmontable Honingtec.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 8. Bruñidora Horizontal vertical de bloques de cilindros.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 9. Triángulo de velocidades de Corte.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 10. Fachada Industrias LAVCO Ltda.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 11. Distribución Industrias LAVCO Ltda.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 12. Camisas Secas – Gasolina.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 13. Camisas Renault.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 14. Camisas Diesel (Dry &amp; Wet).....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 15. Bujes Centrifugados.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 16. Camisas para Grandes Motores Estacionarios.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 17. Motor estacionario reparado en LAVCO.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 18. Proceso de Mecanizado de Camisas Industriales.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 19. Circuito Hidráulico Bruñidora Actual.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 20. Ventana de trabajo en Ansys Workbench.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 21. Modelo inicial de la estructura.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 22. Análisis del modelo inicial de la estructura .....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 23. Segundo modelo de la .....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 24. Análisis del segundo modelo de la estructura.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 25. Tercer modelo de la estructura.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 26. Análisis del tercer modelo de la estructura.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 27. Modelo final importado desde SolidWorks.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 28. Análisis del modelo final de la estructura.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 29. Primera alternativa de montaje.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 30. Segunda alternativa de montaje.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 31. Modelo del Perfil Base.....</i>	<i>70</i>

<i>Figura 32. Cargas en el Perfil Base.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 33. Análisis estructural del Perfil Base.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 34. Modelo de la Placa Base.....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 35. Cargas la placa.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 36. Deformaciones en la placa.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 37. Factor de Seguridad en la Placa.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 38. Modelo de la Mesa Portacamisas.....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 39. Análisis de la mesa portacamisas.....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 40. Deformación total en la mesa portacamisas.....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 41. Factor de seguridad en la mesa portacamisas.....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 42. Herramienta Sunnen GNR-1010.....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 43. Ángulos de ralladura requeridos en Industrias LAVCO Ltda... 82</i>	<i>82</i>
<i>Figura 44. Motorreductor seleccionado marca FLENDER.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 45. Diseño caja de velocidades.....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 46. Transmisión de giro del motor a la herramienta.....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 47. Diseño de la placa móvil.....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 48. Fuerzas presentes en el ascenso.....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 49. Factor de dureza en los ejes.....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 50. Especificaciones para los Rodamientos Lineales.....</i>	<i>93</i>
<i>Figura 51. Comportamiento de eje como viga.....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 52. Cilindro de doble vástago.....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 53. Plano del circuito Hidráulico de la Bruñidora.....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 54. Válvulas direccionales de corredera accionadas por solenoide.....</i>	<i>99</i>
<i>Figura 55. Válvulas de dos vías con dos posiciones.....</i>	<i>99</i>
<i>Figura 56. Centro de Punto Flotante.....</i>	<i>100</i>
<i>Figura 57. Curvas características de pérdidas a través de una válvula direccional.....</i>	<i>101</i>
<i>Figura 58. Válvula de seguridad simple.....</i>	<i>102</i>
<i>Figura 59. Válvula de seguridad pilotada.....</i>	<i>102</i>
<i>Figura 60. Válvula de freno.....</i>	<i>103</i>
<i>Figura 61. Válvula reguladora de caudal.....</i>	<i>104</i>

<i>Figura 62. Caída de presión en válvula de regulación de caudal.....</i>	<i>104</i>
<i>Figura 63. Sección de una válvula antirretorno pilotada tipo 4C.....</i>	<i>105</i>
<i>Figura 64. Características de una válvula antirretorno pilotada tipo 4C... </i>	<i>106</i>
<i>Figura 65. Válvula de Load Sensing.....</i>	<i>106</i>
<i>Figura 66. Sistema hidráulico en venteo.....</i>	<i>107</i>
<i>Figura 67. Posicionamiento de las camisas.....</i>	<i>108</i>
<i>Figura 68. Descenso del sistema móvil.....</i>	<i>109</i>
<i>Figura 69. Ascenso del sistema móvil.....</i>	<i>110</i>
<i>Figura 70. Salida Mesa Portacamisas.....</i>	<i>111</i>
<i>Figura 71. Diagrama de cuerpo libre del actuador doble vásta.....</i>	<i>113</i>
<i>Figura 72. Diagrama de fuerzas de corte.....</i>	<i>115</i>
<i>Figura 73. Fuerzas presentes en la mesa portacamisas.....</i>	<i>116</i>
<i>Figura 74. Diagrama cuerpo libre Pistón de la mesa portacamisas.....</i>	<i>117</i>
<i>Figura 75. Fotografía del montaje de la Base.....</i>	<i>121</i>
<i>Figura 76. Fotografía del contenedor.....</i>	<i>122</i>
<i>Figura 77. Fotografía de laTubería para la construcción de la estructura.....</i>	<i>122</i>
<i>Figura 78. Fotografía de refuerzos y bridas de conexión de la estructura..</i>	<i>123</i>
<i>Figura 79. Fotografía de corte de tubería.....</i>	<i>123</i>
<i>Figura 80. Fotografía del montaje de la estructura.....</i>	<i>124</i>
<i>Figura 81. Fotografía del montaje de la mesa portacamisas.....</i>	<i>124</i>
<i>Figura 82. Fotografía del montaje de los actuadores.....</i>	<i>125</i>
<i>Figura 83. Fotografía de la placa móvil.....</i>	<i>126</i>
<i>Figura 84. Montaje de la placa móvil.....</i>	<i>126</i>
<i>Figura 85. Fotografía de la placa superior.....</i>	<i>127</i>
<i>Figura 86. Construcción del tren de engranajes.....</i>	<i>128</i>
<i>Figura 87. Eje hueco de deslizamiento para cambio de velocidad.....</i>	<i>128</i>
<i>Figura 88. Montaje del sistema de transmisión.....</i>	<i>129</i>
<i>Figura 89. Mordaza.....</i>	<i>129</i>
<i>Figura 90. Sistema de deslizamiento.....</i>	<i>130</i>
<i>Figura 91. Montaje de los rodamientos.....</i>	<i>130</i>
<i>Figura 92. Montaje total de la máquina.....</i>	<i>131</i>

<i>Figura 93. Diagrama de flujo del proceso de trabajo de la Bruñidora.....</i>	<i>136</i>
<i>Figura 94. Diseño propuesto para el sistema de control.....</i>	<i>137</i>

## LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Material arrancado en el rectificado por CV/Hora.....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 2. Velocidades recomendadas para las piezas en el rectificado.....</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 3. Variación de la velocidad angular según el diámetro.....</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 4. Coeficiente de carga en ejes.....</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 5. Peso de componentes móviles.....</i>	<i>114</i>
<i>Tabla 6. Componentes hidráulicos seleccionados.....</i>	<i>120</i>
<i>Tabla 7. Componentes del sistema de control.....</i>	<i>133</i>

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO A.	CATALOGO HERRAMIENTA SUNNEN.....	144
ANEXO B.	MOTORREDUCTOR HELICOIDAL COAXIAL MARCA FLENDER.....	146
ANEXO C.	CATALOGO RODAMIENTOS THOMSON PILLOW BLOCK.....	147
ANEXO D.	CARACTERISTICAS BARRAS CROMADAS PARA VASTAGOS DE CILINDROS HIDRAULICOS.....	149
ANEXO E.	VÁLVULA REGULADORA DE CAUDAL VICKERS.....	150
ANEXO F.	VÁLVULAS DIRECCIONALES REXROTH.....	153
ANEXO G.	VÁLVULAS ANTIRRETORNO PILOTADAS VICKERS.....	155
ANEXO H.	ANÁLISIS DE COSTOS DE LA BRUÑIDORA.....	157
ANEXO I.	PLANOS GENERALES.....	159

## RESUMEN

**TITULO:** DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA MAQUINA BRUÑIDORA VERTICAL HIDRÁULICA SEMIAUTOMATICA PARA INDUSTRIAS LAVCO LTDA.

**AUTORES:** MARIO JONATAN ACERO CABALLERO  
FABIÁN HORACIO DÍAZ PALENCIA

### **PALABRAS CLAVE:**

Bruñido, Maquinas Herramienta, Procesos de Conformado, Válvulas Load Sensing.

### **DESCRIPCIÓN:**

Mediante la realización de este proyecto de grado se logra fortalecer la relación de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander con la Industria Local, diseñando y construyendo una máquina herramienta que mejora la realización del proceso de fabricación actual de camisas de cilindros en Industrias LAVCO Ltda. Esta empresa manufacturera y de servicios del sector metalmecánico, fabrica camisas centrifugadas para motores y ofrece servicios en el sector industrial, especialmente energético.

Con el desarrollo de este trabajo se logra mejorar la calidad del acabado final de las camisas, con la construcción de una Bruñidora Vertical Hidráulica que corrige defectos encontrados en las camisas mecanizadas en la Bruñidora Horizontal que venía siendo utilizada en los últimos años. Esta bruñidora debido a su posición horizontal presentaba deformaciones debido a sobreesfuerzos en la superficie de las camisas generados por el peso de la herramienta.

Con la máquina construida se logró mejorar el proceso de bruñido, mediante la implementación de un sistema hidráulico controlado por una Válvula "Load Sensing", que suaviza los cambios de dirección en el actuador hidráulico. Además se implementó un sistema de posicionamiento autocentrante de las camisas con respecto a la herramienta para disminuir los tiempos de alistamiento. Todo el sistema mecánico e hidráulico es controlado por un PLC.

---

\*Proyecto de Grado.

\*\*Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Carlos Borrás Pinilla.

## ABSTRACT

**TITLE:** DESIGN AND CONSTRUCTION OF A SEMI-AUTOMATIC HYDRAULIC VERTICAL HONING MACHINETRIAL DE LAVCO LTDA.

**AUTHORS:** MARIO JONATAN ACERO CABALLERO  
FABIÁN HORACIO DÍAZ PALENCIA

### KEYWORDS:

Burnish, Machine Tools, Forming Processes, Load Sensing valves.

### DESCRIPTION:

By undertaking this project grade can strengthen the relationship between the of the School of Mechanical Engineering of the Universidad Industrial de Santander with local industry, designing and building a machine tool that improves the performance of the current manufacturing process of the cylinders in LAVCO Ltda. This company manufacturing and metalworking sector services, manufactures centrifugal liners for engines and provides services in the industry, especially energy.

With the development of this work is done to improve the quality of the finish of their cylinders, with the construction of a vertical hydraulic honing corrects defects found the cylinders machined in the horizontal honing machine that had been used in recent years. This honing due to its horizontal position presented deformations on the surface of the cylinders generated by the weight of the tool.

With the built machine was improved honing process through the implementation of a hydraulic system controlled by a "Load Sensing" valve that smoothest the changes in direction of the hydraulic actuator. It also implemented an automatic centering system cylinder with respect to it tool to reduce setup time. All mechanical and hydraulic system is controlled by PLC.

---

\*Undergraduate Thesis.

\*\*Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Carlos Borrás Pinilla.

## NOMENCLATURA

$V_s$	Velocidad de corte de la herramienta (m/min)
$V_a$	Velocidad de avance de la herramienta (m/min)
$V_u$	Velocidad tangencial (m/min)
$\alpha$	Angulo de velocidades (Grados)
$\omega$	Velocidad angular de la herramienta (RPM)
$t$	Profundidad de corte (mm)
$D_f$	Diámetro final (mm)
$D_i$	Diámetro inicial (mm)
$a$	Avance (mm)
$p$	Profundidad de pasada (mm)
$m$	Volumen del material arrancado por CV/h
$P$	Potencia (CV)
$f_c$	Fuerza de corte (lbs)
$W_p$	Peso de la placa (lbs)
$W_h$	Peso de la herramienta (lbs)
$W_{comp}$	Peso de los componentes (lbs)
$f_f$	Fuerza de fricción (lbs)
$f_h$	Fuerza hidráulica (lbs)
$L$	Vida de trabajo (in)
$C$	Carga dinámica de trabajo (lbs)
$L_h$	Vida de trabajo (horas)
$L_s$	Longitud de la carrera (in)
$N_1$	Numero de ciclos por minuto

## INTRODUCCIÓN

En el sector industrial Nacional, son muy pocas las empresas dedicadas a la fabricación y reparación de cilindros y camisas industriales. Industrias LAVCO es una de las empresas líderes nacionales en este sector, y se dedica principalmente a la fabricación de estos elementos y a prestar sus servicios principalmente a las empresas del sector energético. La fabricación de estos elementos requiere de procesos de alta calidad. Para mejorar la calidad de sus productos, LAVCO requiere mejorar uno de sus procesos mediante la introducción de una nueva Bruñidora a su planta física que optimice las propiedades fisicomecánicas de sus productos. En el mercado no se encuentra una Bruñidora que se adapte a las necesidades de esta empresa, ya que en la Industria nacional, esta tecnología no se encuentra debidamente difundida.

Así pues, el objetivo principal de este proyecto de grado, es fortalecer la relación de la Universidad Industrial de Santander con la industria local, aportándole a esta empresa el diseño de una máquina que contribuya a su crecimiento, aprovechando los conocimientos adquiridos por los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Mecánica, generando así, nuevas oportunidades para otros estudiantes en dichas empresas del sector.

Este trabajo está compuesto de 8 secciones iniciando en su primera sección presentando los planteamientos del problema referentes al proyecto, la justificación para solucionarlo, formulación del problema, terminando con los objetivos propuestos. En la segunda sección se realiza una recopilación teórica sobre el proceso de Bruñido, y los conceptos básicos necesarios para la realización de este proyecto. Los antecedentes del proceso y problemas presentados anteriormente en dicha empresa se mencionan en la tercera sección, con las soluciones para corregir los defectos presentados. En la cuarta sección se realiza el diseño de los componentes estructurales. El diseño de los componentes mecánicos se describe en la quinta sección. En la siguiente sección se diseña el sistema hidráulico que se implementará en la máquina

construida. En el séptimo capítulo se mencionan los procesos de construcción y de montaje de los elementos mecánicos. Y en el último capítulo se describe el Sistema de Control que se implementará para un correcto funcionamiento de la máquina. Finalmente se presentan conclusiones y observaciones del trabajo de grado.

## **1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

A continuación se hará una recapitulación de los objetivos planteados, el contexto de aplicación y la forma en que se desarrolla el proyecto.

### **1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

Industrias LAVCO Ltda. es una empresa Santandereana del sector Metalmecánico especializada en la fabricación de camisas para cilindros automotrices (Línea Automotriz), y en la reparación de bloques de cilindros en el sector industrial, de petróleo y de gas (Línea Industrial). En estos momentos LAVCO requiere una máquina que mejore la calidad de uno de sus procesos para mejorar la oferta y los tiempos de entrega en un mercado altamente competitivo.

La Línea Industrial comprende la fabricación de camisas industriales y la reparación de bloques de cilindros; estas piezas requieren de un acabado superficial de alta calidad denominado Bruñido, proceso que permite incrementar sus propiedades físico-mecánicas aprovechando las características de plasticidad de los metales.

El bruñido es un tratamiento superficial de piezas mediante la deformación plástica de la superficie, empleado para el acabado final mediante la aplicación de elementos deformantes que actúan sobre la superficie tratada.

Las particularidades de este tratamiento y sus ventajas tecnológicas no están debidamente difundidas en la industria local.

LAVCO no cuenta con una bruñidora vertical para realizar este tipo de acabado que elimine los defectos que a menudo se presentan en las camisas industriales mecanizadas en las bruñidoras horizontales.

Por consiguiente es nuestro propósito contribuir al mejoramiento del proceso de fabricación que realiza dicha empresa, mediante el diseño y la construcción de una Máquina Bruñidora Vertical accionada hidráulicamente.

## **1.2. JUSTIFICACION PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA**

Con el desarrollo de este proyecto, se pretende mejorar el sistema productivo de la línea Industrial de LAVCO, mediante el diseño y la construcción de una bruñidora vertical semiautomática accionada hidráulicamente, la cual realizará un acabado superficial permitiendo sustituir esquemas tecnológicos tradicionales a fin de aumentar la eficiencia del proceso tecnológico de fabricación, aumentar la eficiencia energética y disminuir la contaminación del medioambiente.

## **1.3. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO**

### **1.3.1. Objetivo General**

Contribuir con la misión de la universidad, consistente en formar personas de alta calidad profesional, en aras de contribuir al crecimiento y avance de la ciencia, mejorando la relación de la Escuela de Ingeniería Mecánica con la Industria local, desarrollando un proyecto industrial UIS – Empresa, diseñando y construyendo una máquina herramienta que mejore la realización del proceso de fabricación actual de camisas de cilindros en Industrias LAVCO Ltda.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

Diseñar y construir una Bruñidora vertical hidráulica semiautomática para bloques (de cilindros) y camisas de diámetros comprendidos entre 4 y 20 pulg. para Industrias LAVCO Ltda. Para lo cual es necesario el diseño y/o la selección de lo siguiente:

- Una unidad de potencia y circuito hidráulico que contenga un sistema de control direccional, control de presión y control de flujo continuo para suministrar potencia a un actuador hidráulico lineal, y así realizar el proceso de bruñido.

- Seleccionar un moto-reductor eléctrico que será el encargado de transmitir la potencia a la herramienta de corte para realizar el acabado superficial de la pieza.
- Selección de la herramienta de corte que realizara el acabado en bloques (de cilindros) y camisas de diámetros comprendidos entre 4 y 20 pulg.
- Diseño y construcción de una plataforma móvil que será accionada hidráulicamente y soportara el sistema de rotación de la herramienta de corte que realizará el bruñido.
- Diseñar y construir una estructura mecánica (bastidor) desmontable que servirá de soporte estructural al equipo hidráulico y electromecánico.
- Diseñar y construir una bancada móvil inferior con libertad de movimiento horizontal unidireccional, encargada de sostener y asegurar los bloques y las camisas de los cilindros en una posición optima de centrado respecto a la herramienta de corte.
- Diseñar y construir un sistema de control secuencial semiautomático para facilitar la operación del bruñido por medio de un PLC comercial.
- Seleccionar un sistema de lubricación para garantizar la duración de la herramienta de corte y un buen acabado superficial en la pieza de trabajo.

#### **1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN**

Mediante este trabajo de grado, como estudiantes de Ingeniería Mecánica diseñaremos y construiremos una maquina bruñidora vertical que satisfaga las necesidades de Industrias LAVCO Ltda.

Debido al gran tamaño de los bloques y las camisas de los cilindros mecanizados en la Línea Industrial de LAVCO, es muy difícil encontrar una bruñidora que satisfaga completamente las necesidades de la empresa.

Industrias LAVCO Ltda. cuenta con una bruñidora de tipo horizontal, pero debido a la antigüedad y disposición de esta máquina, el proceso de montaje y bruñido es muy lento.

Con el conocimiento adquirido, apoyados por el personal técnico de Industrias LAVCO, y bajo la supervisión del Profesor Carlos Borrás, se construirá una máquina bruñidora óptima para las necesidades de esta empresa, garantizando el fácil montaje y desmontaje de la maquina, pues ésta en ocasiones debe ser trasladada a otras ciudades para realizar este proceso.

Se espera también que con esta construcción sea posible para Industrias LAVCO en un futuro incluir mejoras a la máquina sin tener que realizar cambios mayores para seguir mejorando la calidad del proceso de bruñido.

#### **1.4.1. Herramienta de modelado y simulación escogida**

Para el análisis de las piezas y los sistemas mecánicos, se debe seleccionar una herramienta computacional que nos permita realizar simulaciones bastante aproximadas para tener un margen de diseño muy confiable y seguro, para complementar las ecuaciones y los modelos matemáticos utilizados durante décadas en el desarrollo de la ingeniería.

Para el modelado de las piezas y componentes de la bruñidora diseñada, se escogió el software **SolidWorks 2010** ya que es un programa de excelentes alcances, en el cual se desarrollará la geometría de todos los componentes que posteriormente serán analizados y finalmente construidos. En los últimos años ha sido una herramienta muy utilizada en nuestra formación como ingenieros, lo que hace que nuestro desempeño en el software sea bastante avanzado, y además nuestra escuela de Ingeniería Mecánica cuenta con la licencia de uso.

Finalmente, después del modelado de los componentes de la máquina a construir, desarrollaremos una simulación en el paquete comercial del software computacional **ANSYS Workbench**, ya que es una herramienta que nos permite mediante el método de elementos finitos MEF realizar un sistema de cálculo mas real, fácil y económico.

En él desarrollaremos el análisis modal y estructural de los componentes que lo requieran, apoyados incondicionalmente en los modelos matemáticos y de cálculo utilizados manualmente en nuestra formación.

## 2. MARCO TEORICO

### 2.1. MAQUINAS HERRAMIENTA

Una máquina es un aparato utilizado para aprovechar, dirigir o regular la acción de una fuerza. También se puede definir como máquina a aquellos medios o instrumentos de producción, que sirven para sustituir o auxiliar las fuerzas físicas del hombre y disminuir su fatiga.

La definición de herramienta se aplica a aquellos instrumentos que ponen en movimiento la mano del hombre, como por ejemplo: el martillo, la palanca, etc.

Una máquina herramienta es la que por procedimientos mecánicos hace funcionar una herramienta, sustituyendo la mano del hombre.

Las principales ventajas de las máquinas-herramientas son: que transforman y aumentan la fuerza limitada del hombre, facilitando su trabajo y aumentando la velocidad de la operación, aumentando la producción y disminuyendo el costo de la misma.

Las máquinas-herramientas tienen el objeto de transformar un cuerpo en su aspecto físico, generalmente un metal, ya sea en sentido geométrico o dimensional, sustituyendo el trabajo manual y otras veces ejecutando operaciones que manualmente serían imposibles de realizar por el peso o la complejidad de la pieza.

La pieza en bruto, debe ser transformada gradualmente con una serie de procedimientos a fin de obtener su forma final. La sucesión ordenada de tales operaciones se llama ***proceso de fabricación***.

#### 2.1.1. Mecanizado

Un mecanizado es un ***proceso de fabricación*** que comprende un conjunto de operaciones de conformación de piezas mediante remoción de material, ya sea por arranque de viruta o por abrasión.

Se realiza a partir de productos semi-elaborados como lingotes, bloques u otras piezas previamente conformadas por otros procesos como moldeo o forja. Los productos obtenidos son realizados en máquinas herramienta y pueden ser finales o semi-elaborados que requieran operaciones posteriores.

#### **2.1.1.1. Mecanizado por arranque de viruta**

Es un mecanizado en el cual se arranca material de la pieza con una herramienta dando lugar a un desperdicio o viruta. La herramienta consta, generalmente, de uno o varios filos o cuchillas que separan la viruta de la pieza en cada pasada. En el mecanizado por arranque de viruta se dan procesos de desbaste (eliminación de mucho material con poca precisión; proceso intermedio) y de acabado (eliminación de poco material con mucha precisión; proceso final). La figura 1 muestra el arranque de viruta generado en un proceso de torneado.

**Figura 1.** Mecanizado con arranque de viruta

**Fuente.** Stechbearbeitung beim Drehen von Aluminium. Florian Schott



#### **2.1.1.2. Mecanizado por abrasión**

La abrasión es la eliminación de material desgastando la pieza en pequeñas cantidades, desprendiendo partículas de material, en muchos casos,

incandescente. Este proceso se realiza por la acción de una herramienta característica, la muela abrasiva. En este caso, la herramienta (muela) está formada por partículas de material abrasivo muy duro unidas por un aglutinante. Esta forma de eliminar material rayando la superficie de la pieza, necesita menos fuerza para eliminar material apretando la herramienta contra la pieza, por lo que permite que se puedan dar pasadas de mucho menor espesor. La precisión que se consigue obtener por abrasión y el acabado superficial pueden ser muy buenos, pero los tiempos productivos son muy prolongados. La figura 2 muestra un disco abrasivo de un esmeril.

**Figura 2.** Muela abrasiva  
**Fuente.** Gerd Eisenblätter GmbH



### **2.1.1.3. Mecanizado sin arranque de viruta**

Todas las piezas metálicas, excepto las fundidas, en algún momento de su fabricación han estado sometidas a una operación al menos de conformado de metales, y con frecuencia se necesitan varias operaciones diferentes. Así, el acero que se utiliza en la fabricación de tubos para la construcción de sillas se forja, se lamina en caliente varias veces, se lamina en frío hasta transformarlo en chapa, se corta en tiras, se le da en frío la forma tubular, se suelda, se mecaniza en soldadura y, a veces, también se estira en frío. La teoría del conformado de metales puede ayudar a determinar la forma de utilizar las

máquinas de la manera más eficiente posible, así como a mejorar la productividad.

### **2.1.2. Movimientos de Corte**

En el proceso de mecanizado por arranque de material intervienen dos movimientos, el movimiento de corte, por el cual la herramienta corta el material, el cual se efectúa por la rotación de un sistema; y el movimiento de avance, por el cual la herramienta encuentra nuevo material para cortar, que ocurre por el desplazamiento longitudinal. Cada uno de estos dos movimientos lo puede tener la pieza o la herramienta según el tipo de mecanizado.

### **2.1.3. Tipos de mecanizado más frecuentes**

Como ya se mencionó, el mecanizado se hace mediante una máquina herramienta, ya sea manual, semiautomática o automática; pero el trabajo es de cada tipo de mecanizado es realizado por un equipo mecánico, con los motores y mecanismos necesarios. Las máquinas herramientas más frecuentes son:

- Taladro
- Limadora
- Mortajadora
- Cepilladora
- Brochadora
- Torno
- Fresadora
- Bruñidora

En el desarrollo del presente trabajo, nos enfocaremos en el proceso del bruñido, que será presentado a continuación.

## 2.2. BRUÑIDO

El bruñido es un proceso de acabado con arranque de viruta y con abrasivo duro que se realiza a una pieza rectificada previamente, con el objetivo de elevar la precisión y calidad superficial además de mejorar la macrogeometría (cilindricidad, planicidad, redondez, etc.). Generalmente es utilizado en la mayoría de los casos para rectificar diámetros interiores, este tipo de trabajo consiste en alisar y mejorar la superficie con relieves y/o surcos unidireccionales por medio de piedras bruñidoras. Es muy utilizado en la fabricación de camisas de motores, bielas, diámetros interiores de engranajes, etc. El Bruñido es una operación de acabado de la superficie, no una operación de modificación de la geometría en bruto.

En el bruñido se utiliza una herramienta especial que es mostrada en la figura 3, llamada piedra o barreta abrasiva, para obtener una superficie de precisión y eliminar cualquier marca de rectificado. La piedra o barreta abrasiva va montada en un cabezal expansible con una rotación de izquierda a derecha y un avance con carrera vertical ascendente y descendente igual al largo del material a bruñir. Está compuesta de granos abrasivos y aglomerante. El tamaño del grano se obtiene por el número de mallas de la criba por pulgada. En el bruñido se utiliza abrasivo fino por tanto, el tamaño de grano está entre 80 y 600. Cuanto mayor sea este número, más fino es el grano abrasivo. Además pequeños tamaños de grano producen superficies más lisas en la pieza que estemos trabajando. La elección del material abrasivo depende de las características del material de la pieza. Los materiales abrasivos más utilizados son el Corindón o Alundum ( $Al_2O_3$ ), Carburo de silicio o Carborundum (CSi), Nitruro de boro cubico y el diamante natural o sinterizado.

Para aumentar la rentabilidad y alargar la vida de la herramienta pueden ser tratadas con cera o azufre, preferiblemente cera por razones medioambientales. El aglomerante es el encargado de retener el grano de abrasivo en la piedra o barreta hasta que se haya despuntado por el proceso de corte. El aglomerante se desprenderá de estos granos gastados haciendo

que aparezcan granos nuevos que están por debajo de los desaparecidos, esto se denomina auto-afilado.

**Figura 3.** Herramienta para bruñir interiores de cilindros  
**Fuente.** Photographed by Britton Harper of Winona Van Norman



En el bruñido se utilizan aceites para dar una acción de corte más suave y eliminar el material que se haya desprendido, además hay que tener cuidado con el filtrado de este aceite ya que si no se realiza adecuadamente las partículas no filtradas pueden producir rayas profundas en la superficie.

### **2.2.1. Descripción del proceso**

Durante el pre-mecanizado de piezas aparecen fallos que solo se pueden eliminar a través del bruñido. Este proceso de bruñido consiste en nivelar los desniveles (montes y valles) mediante una fricción continua entre las superficies de la pieza de contacto y la piedra de bruñir. Para que el tratamiento de bruñido se realice correctamente debe cumplir las siguientes condiciones: Debe existir un buen acabado superficial en la superficie pre-maquinada de la pieza a tratar (entorno a 3,2-6,3  $\mu\text{m}$ ) y no debe tener desgarraduras, ni estrías, ni presencia de viruta. La superficie pre-maquinada debe estar bien dimensionada. Al bruñir el diámetro se aumenta y se debe controlar este factor para obtener la pieza dentro de la tolerancia dimensional. También se debe tener en cuenta el

espesor de la pieza a bruñir ya que la pieza tiene que soportar la fuerza compresiva del bruñido. En el caso de piezas cilíndricas huecas el espesor será superior al 20% del diámetro interior. Por último es necesario utilizar fluidos que actúen como refrigerante, para permitir la transferencia de calor generado, y como lubricantes para disminuir la fricción entre herramienta y pieza.

Uno de los factores más importantes para conseguir un buen acabado, junto con la remoción del material durante el proceso de bruñido es el lavado, lubricación y refrigeración suministrada por el aceite de bruñido. Un flujo continuo de aceite elimina el abrasivo gastado y los residuos de material (la viruta). Si este material no se recoge, acaba causando un desgaste excesivo de las barretas, esto afectará el acabado del material. Un buen acabado solo puede ser alcanzado con aceite limpio y la lubricación adecuada.

El mayor campo de aplicación del bruñido se encuentra en el de las superficies cilíndricas interiores y exteriores, dando lugar al bruñido de interiores y al bruñido de exteriores respectivamente.

En el presente trabajo de grado nos centraremos en el bruñido de interiores cilíndricos.

### **2.2.2. Bruñido de interiores**

La herramienta consiste en una especie de escariador de diámetro graduable y provisto de piedras abrasivas denominado bruñidor (Figura 3). Este bruñidor se fija al husillo de la bruñidora. Es necesario colocarlo de forma coaxial por medio de un cabezal. Al bruñir se producen dos movimientos que se solapan:

- Movimiento giratorio de la herramienta bruñidora [Vu]. Velocidad: 15-90m/min.
- Movimiento lineal (de sube y baja) de la herramienta bruñidora [Va] .

Con estos dos movimientos se evita que un mismo grano repita la misma trayectoria sobre la superficie. Al producirse el cambio de sentido de la carrera

se obtienen las marcas típicas en estrías cruzadas con el ángulo de estrías cruzadas  $[\alpha]$ .

La ecuación 1 muestra la relación de las velocidades en el proceso de Bruñido. La ecuación 2 me determina el ángulo formado por las velocidades.

$$V_s = \sqrt{V_u^2 + V_a^2} \quad \text{Ecuación 2.1}$$

Donde  $V_u$  es la velocidad tangencial,  $V_a$  es la Velocidad axial y  $V_s$  es la Velocidad de corte. La figura 4 muestra como es la visualización de la operación del bruñido cilíndrico interno.

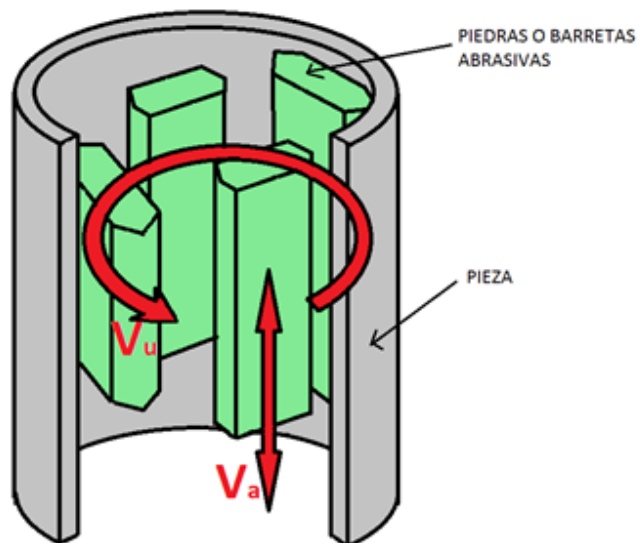
$$\frac{\alpha}{2} = \arctan \frac{V_a}{V_u} \quad \text{Ecuación 2.2}$$

Donde  $\alpha$  es el ángulo de estrías cruzadas.

Se suele utilizar líquido de corte como medio lubricante (80% de petróleo y 20% de aceite universal) enviado con chorro fuerte.

**Figura 4.** Visualización de bruñido cilíndrico interno

**Fuente:** [http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Bru%C3%B1ido\\_interiores.png](http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Bru%C3%B1ido_interiores.png)



### 2.2.3. Ventajas del bruñido

Las ventajas que podemos obtener del proceso de bruñido son las siguientes:

- Buen acabado superficial (0,63-0,04  $\mu\text{m}$ ).
- Se produce un endurecimiento superficial debido a las dislocaciones generadas por la deformación.
- Se pueden obtener tolerancias estrechas y precisiones de IT1-IT0.
- Mejora las propiedades mecánicas de la pieza logrando alargar la vida útil de la pieza. Aumenta la resistencia al desgaste ya que en el bruñido se igualan las crestas y los valles.
- Corrige los defectos que se hayan podido producir en las operaciones previas de maquinado, como pueden ser cilindrado, rectificado, etc.
- Las piezas de las herramientas son intercambiables además el mantenimiento resulta sencillo y fácil, en cuanto al cambio de herramienta se realiza de forma rápida dando lugar a un ahorro de tiempo y un aumento de productividad.
- Reducir la rugosidad, eliminando las crestas dejadas por operaciones de mecanizado previo, eliminando los puntos donde se inician las grietas de fatiga y la corrosión
- Inducir un estado de tensiones fuertemente compresivo en las capas más externas del material, dificultando la propagación de las grietas de la fatiga que deberían superar el campo de tensiones compresivas para poder crecer.

### 2.2.4. Materiales

Los materiales generalmente utilizados en el proceso de bruñido son:

- **Materiales no ferrosos**

Aleaciones de aluminio, aleaciones de cobre, aleaciones de titanio, aleaciones de magnesio.

- **Materiales ferrosos:**

Aceros al carbono, aceros aleados, aceros inoxidable, aceros de herramientas, aleaciones de Níquel, aleaciones de Tungsteno.

## 2.3. BRUÑIDORAS

En la actualidad se fabrican todo tipo de bruñidoras de diferentes tamaños y con funciones específicas para cada caso en particular. Y además de existir una gama de bruñidoras estándar, las empresas disponen de infraestructura necesaria para poder fabricar cualquier tipo de máquina para el bruñido.

Dependiendo de la geometría de la pieza, podemos encontrar un tipo de bruñidora específico para realizar la operación deseada, por lo que en el mercado existen innumerables tipos de bruñidoras, aunque nosotros nos centraremos en las bruñidoras de superficies cilíndricas internas. A continuación veremos las más comunes.

### 2.3.1. Bruñidora Horizontal de Control Numérico Honingtec

Es una bruñidora de control numérico de grandes dimensiones (Figura 5). Permite bruñir tubos de hasta 10 metros de longitud y diámetros comprendidos entre 40 y 500 mm.

**Figura 5.** Bruñidora Horizontal de control Numérico Honingtec  
**Fuente.** [http://www.honingtec.com/cast/cont\\_especi.htm](http://www.honingtec.com/cast/cont_especi.htm)



### 2.3.2. Bruñidora Vertical Honingtec

Es una bruñidora especial para el bruñido de tubos de grandes dimensiones (Figura 6). Apta y válida para bruñir diámetros de hasta 500 mm y longitudes de 1500 mm. Bruñidora de simple manejo por el operario.

**Figura 6.** Bruñidora Vertical Honingtec  
**Fuente.** [http://www.honingtec.com/cast/cont\\_especi.htm](http://www.honingtec.com/cast/cont_especi.htm)



### 2.3.3. Bruñidora Horizontal desmontable de CNC Honingtec

Es una bruñidora desmontable con sistema de Control Numérico de última generación (Figura 7), permite realizar la operación de bruñido con la máxima precisión y un óptimo rendimiento. Permite bruñir tubos de hasta 8.000 mm de longitud, y una gama de diámetros comprendidos entre 90 mm y 300 mm.

La bruñidora está construida en cuatro partes distintas, una bancada principal y tres bancadas extensiones, desmontables y de fácil acoplamiento las unas con las otras en función de las dimensiones de la pieza a bruñir.

**Figura 7.** Bruñidora Horizontal desmontable Honingtec  
**Fuente.** [http://www.honingtec.com/cast/cont\\_especi.htm](http://www.honingtec.com/cast/cont_especi.htm)



#### **2.3.4. Bruñidora de bloques (de cilindros de motor)**

Esta bruñidora se especializa en el mecanizado de cilindros de motor en línea o en V de motos, tractores, autos, camiones pesados, maquinarias de ingeniería, etc. (Ver figura 8). Para diámetros comprendidos entre 25-170mm con una profundidad de hasta 320 mm.

**Figura 8.** Bruñidora Horizontal vertical de bloques de cilindros.  
**Fuente.** <http://www.shwallong.es/2d-cylinder-honing-machine.html>



## 2.4. CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DE LAS BRUÑIDORAS

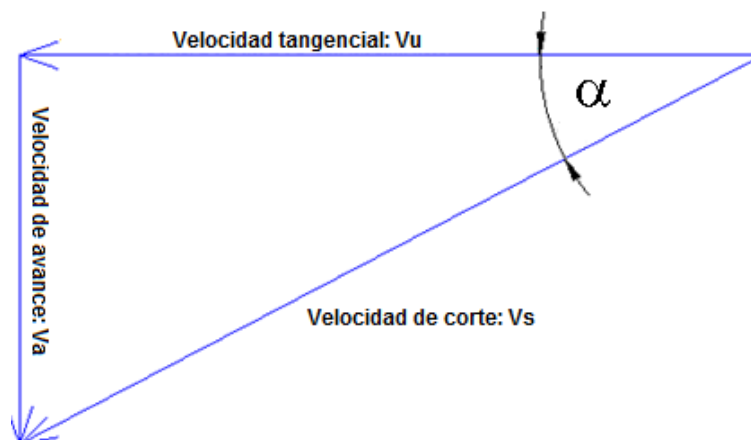
El problema fundamental que surge en la elaboración de un trabajo en cualquier máquina es el que se refiere a la determinación de las características funcionales de las herramientas como lo son: las velocidades de corte y avance, y la profundidad de pasada, dependiendo del tipo de máquina, de la herramienta y del trabajo a realizar.

En esta parte describiremos de un modo resumido estas características para nuestro caso, que es el bruñido interno de superficies cilíndricas, en el cual el arranque de viruta se produce por el giro de la herramienta dentro de la superficie de un cilindro que esta fijo. Las ecuaciones que utilizaremos son las del torneado, debido a que las características de avance, velocidad de corte y profundidad están relacionadas de la misma forma.

### 2.4.1. Velocidades de corte y avance

La velocidad de corte es la velocidad con que la herramienta arranca la viruta. Se expresa en metros por minuto (m/min). En el bruñido la velocidad de corte está directamente relacionada con el avance, estos dos parámetros determinan el ángulo de bruñido deseado en cada operación. Por tanto la velocidad de corte y de avance están directamente relacionadas con el ángulo de rayado que se desee. La siguiente gráfica muestra la relación entre las velocidades en el bruñido:

**Figura 9.** Triángulo de velocidades de Corte



$$V_u = V_s * \text{Cos} (\alpha) \left[ \frac{m}{\text{min}} \right] \quad \text{Ecuación 2.3}$$

$$\omega [RPM] = \frac{V_u \left[ \frac{m}{\text{min}} \right] * 1000 \left[ \frac{mm}{m} \right]}{\pi * D [mm]} \quad \text{Ecuación 2.4}$$

$$V_a = V_u * \text{Tan} (\alpha) \left[ \frac{m}{\text{min}} \right] \quad \text{Ecuación 2.5}$$

Donde:

$\omega$  = Velocidad angular de la herramienta

$V_u$  = Velocidad tangencial de la muela

$V_a$  = Velocidad de avance de la muela

$V_s$  = Velocidad de corte de la muela

La velocidad angular de la herramienta variara dependiendo del diámetro de la camisa a bruñir, la velocidad de corte es determinada mediante tablas que recomiendan cada tipo de mecanizado. Para el bruñido se utilizan los valores del proceso de rectificado, gracias a la similitud existente entre estos dos procesos.

#### 2.4.2. Profundidad de corte

Se denomina profundidad de corte a la profundidad de la capa arrancada de la superficie de la pieza en una pasada de la herramienta. Generalmente se designa con la letra " t" y se mide en milímetros en sentido perpendicular.

En la mayoría de las máquinas herramienta donde el movimiento de la pieza es giratorio (Torneado y Rectificado) o de la herramienta (Mandrinado y Bruñido), la profundidad de corte se determina según la fórmula:

$$t = \frac{D_f - D_i}{2} \quad \text{Ecuación 2.6}$$

En donde:

$D_i$  = Diámetro inicial de la pieza (mm).

$D_f$  = Diámetro final de la pieza (mm).

### 3. ANTECEDENTES

#### 3.1. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA<sup>1</sup>

INDUSTRIAS LAVCO LTDA., es una empresa manufacturera y de servicios, del sector metalmecánico, constituida legalmente desde Enero de 1.991. El objeto social de INDUSTRIAS LAVCO LTDA., es la fabricación de camisas centrifugadas para motores y barras o material centrifugado para fabricar asientos de válvulas, además de ofrecer servicios especializados para el sector industrial, especialmente energético, y Comercializar partes complementarias importadas.

Sus instalaciones se encuentran ubicadas en la ciudad de Bucaramanga, Colombia, en el Kilómetro 4 de la Autopista Floridablanca-Piedecuesta. En sus más de 2.000 metros cuadrados de construcción funcionan los salones de fundición, mecanizado y oficinas administrativas.

**Figura 10.** Fachada Industrias LAVCO Ltda.  
**Fuente:** Manual de Calidad Industrias LAVCO



INDUSTRIAS LAVCO LTDA.  
kilómetro 4 Autopista -Florida-  
Piedecuesta  
Tel: (57-7)638-1921  
Fax: (57-7)638-4993  
Bucaramanga - Colombia

La compañía se encuentra en capacidad de atender la fabricación de camisas bajo plano técnico o muestra física desde 25 milímetros hasta 50 centímetros de diámetro interno y hasta 1.25 metros de longitud, contando como una de sus fortalezas su enorme facilidad para el desarrollo de productos especiales, sin limitantes de tamaño o especificación. Además realizan la reparación de cilindros compresores reciprocantes de varias etapas, para los cuales se fabrican igualmente las camisas respectivas para la realización de esa exigente tarea.

En Colombia es líder del mercado, y distribuye sus productos por todo el territorio nacional con una excelente red comercial.

LAVCO ofrece una variedad de camisas de tipo húmeda y seca (Dry & Wet) fabricadas mediante el proceso de centrifugado, que es reconocido mundialmente por ser el mejor método para la obtención de camisas de gran calidad y alto desempeño. Este proceso le da al metal propiedades especiales que lo hacen resistente a la abrasión y su estructura es la más apropiada para retener y conservar la película de lubricante.

Las camisas fabricadas en LAVCO poseen una aleación especial con propiedades especiales de desempeño en cuanto a resistencia al desgaste, control de lubricación y transferencia de calor durante la operación del motor. Entre sus productos Industrias LAVCO cuenta con una línea industrial y una línea automotriz.

**Figura 11. Distribución Industrias LAVCO Ltda.**  
**Fuente: Manual de Calidad Industrias LAVCO**



## 3.2. PRODUCTOS OFRECIDOS POR LAVCO

### 3.2.1. Línea Automotriz - Industrias LAVCO Ltda.

La línea automotriz de LAVCO se enfoca en la fabricación de camisas para la totalidad de automóviles y motocicletas. Este tipo de camisa se entrega con el diámetro exterior terminado y el diámetro interior semiterminado siguiendo los espesores y longitudes requeridos por el cliente.

- **Línea de Camisas Secas para Motores a Gasolina:** Aplica para la totalidad de automóviles y motocicletas.

**Figura 12.** Camisas Secas – Gasolina  
**Fuente:** Manual de Calidad Industrias LAVCO



- **Línea de Camisas Húmedas para Motores a Gasolina:** Aplica para la fabricación de camisas para automóviles Renault. Se entregan completamente terminadas tanto en interior como exterior y en sus caras planas. Se venden como piezas sueltas, o como suministro completo para juegos o “kits” de reparación.

**Figura 13.** Camisas Renault  
**Fuente:** Manual de Calidad Industrias LAVCO



- **Línea de Camisas para Motores Diesel (Húmedas y Secas):** Aplica para la fabricación de camisas para todo tipo de vehículos movidos por motor Diesel y con refrigeración directa.

**Figura 14.** Camisas Diesel (Dry & Wet)  
**Fuente:** Manual de Calidad Industrias LAVCO



- **Línea de Bujes Centrifugados para Asientos de Válvulas:** Se suministran lingotes producidos directamente para trabajar en gasolina admisión y escape, diesel liviano en admisión y escape. Se comercializan además asientos sinterizados para Diesel Turbo y Gas.

**Figura 15.** Bujes Centrifugados  
**Fuente:** Manual de Calidad Industrias LAVCO



### 3.2.2. Línea Industrial - Industrias LAVCO Ltda

Industrias LAVCO Ltda. posee la experiencia y la tecnología en la fabricación de camisas en fundición gris centrifugada para cualquier motor estacionario. LAVCO fabrica camisas y pistones (aluminio o hierro gris) de compresores y motores, incluyendo aquellos cuyos repuestos ya no se encuentren en el mercado.

- **Línea de Camisas para Grandes Motores:** Se atienden compañías tan importantes como ECOPETROL, OXY y B.P. en varias referencias de camisas para grandes motores, y se han atendido clientes en el nicho de OEM, de gran relevancia en el ámbito mundial.

**Figura 16.** Camisas para Grandes Motores Estacionarios  
**Fuente:** Manual de Calidad Industrias LAVCO



- **Línea de Servicios Especializados de Reparación de Cilindros Compresores:** Se reparan cilindros compresores de diversas etapas, ya sea que esto incluya o no la fabricación de las camisas respectivas. Además se fabrican y/o reconstruyen partes relacionadas para los equipos de compresión en el sector Industrial.

**Figura 17.** Motor estacionario reparado en LAVCO.  
**Fuente:** Manual de Calidad Industrias LAVCO



---

<sup>1</sup> Fuente: Manual de Calidad Industrias LAVCO Ltda.

### **3.3. LÍNEA DE PROCESO DE MECANIZADO EN LA LÍNEA INDUSTRIAL DE LAVCO**

Como se indicó anteriormente, la línea industrial de LAVCO incluye la reparación de cilindros, fabricación de camisas para grandes motores y la fabricación de componentes internos complementarios (vástagos, pistones, tuercas, entre otros). El área de trabajo de la línea industrial es de 334.8 m<sup>2</sup> en donde están ubicadas las siguientes máquinas:

- 1 mandrinadora
- 1 fresadora
- 3 tornos paralelos
- 1 bruñidora

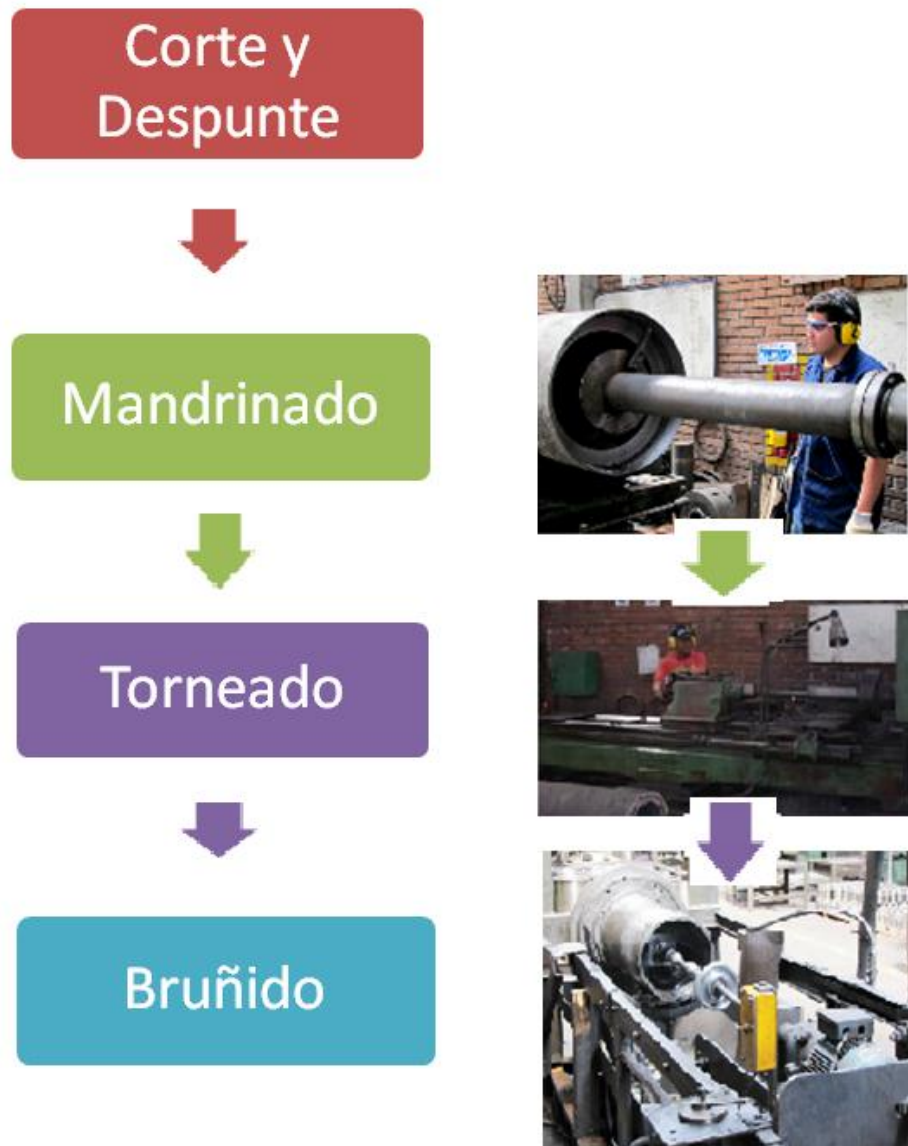
Los equipos con los cuales cuenta actualmente LAVCO han ido quedando obsoletos, ya que son equipos con más de 30 años de funcionamiento, lo que conduce a paradas por mantenimiento correctivo y su nivel de precisión es bajo, además es necesaria la destreza del operador de la máquina para obtener piezas con mayor calidad.

En este momento Industrias LAVCO cuenta con una sola mandrinadora y una sola bruñidora, las cuales constantemente represan camisas de grandes motores ya que solo tiene n la capacidad de procesar una sola pieza.

En la fabricación de camisas de grandes motores, el proceso de mecanizado se realiza en cuatro procesos en máquinas herramientas.

- Corte y Despunte
- Mandrinado – Mecanizado del diámetro interior
- Torneado – Mecanizado del Diámetro Exterior
- Bruñido

**Figura 18.** Proceso de Mecanizado de Camisas Industriales.



### 3.3.1. Corte y Despunte

Como el proceso de conformado de las camisas se realiza mediante fundición centrífuga, la escoria tiende a quedar en los extremos y en la superficie exterior de los cilindros, por tal motivo, las camisas se funden con un diámetro y una longitud mucho mayores a las medidas finales, por tanto es necesario iniciar el mecanizado, cortando los extremos de las camisas para eliminar estas puntas que son las más propensas a la falla.

### **3.3.2. Mandrinado – Mecanizado del diámetro interior**

Cuando se consigue una longitud cercana a la final, se procede a obtener el diámetro interior final. Este proceso se denomina mandrinado y se realiza en varias pasadas dependiendo de la cantidad de material que se desee desprender mediante el desbaste y posteriormente el acabado.

### **3.3.3. Torneado – Mecanizado del Diámetro Exterior**

Después de obtener el diámetro interior final, se procede se elimina el material excedente del diámetro exterior final, eliminando la escoria que por la fuerza centrífuga generada en el proceso de fundición queda en la superficie externa de la camisa. Cuando se obtiene el diámetro exterior final, se refrentan los extremos para conseguir la longitud final. Estos procesos se realizan en un Torno Paralelo, que a pesar de ser una máquina herramienta antigua, puede mecanizar un buen número de camisas en serie debido a que el proceso es muy simple.

### **3.3.4. Bruñido**

El proceso final en el mecanizado de una camisa es el Bruñido. En LAVCO, el proceso de bruñido es realizado en una máquina bruñidora horizontal construida hace aproximadamente 25 años por el personal técnico que labora en dicha empresa. Esta máquina es accionada hidráulicamente y tiene la capacidad de bruñir camisas de longitudes no mayores a 120 cm.

Debido a posición horizontal de la Bruñidora, por el efecto de la gravedad, las camisas tienden a ser deformadas en la parte inferior por el peso que ejerce la herramienta sobre la superficie. Por tal motivo, esta máquina posee un sistema de giro de la camisa, para distribuir esta fuerza en la totalidad de la superficie de la camisa. Las características de la máquina son las siguientes:

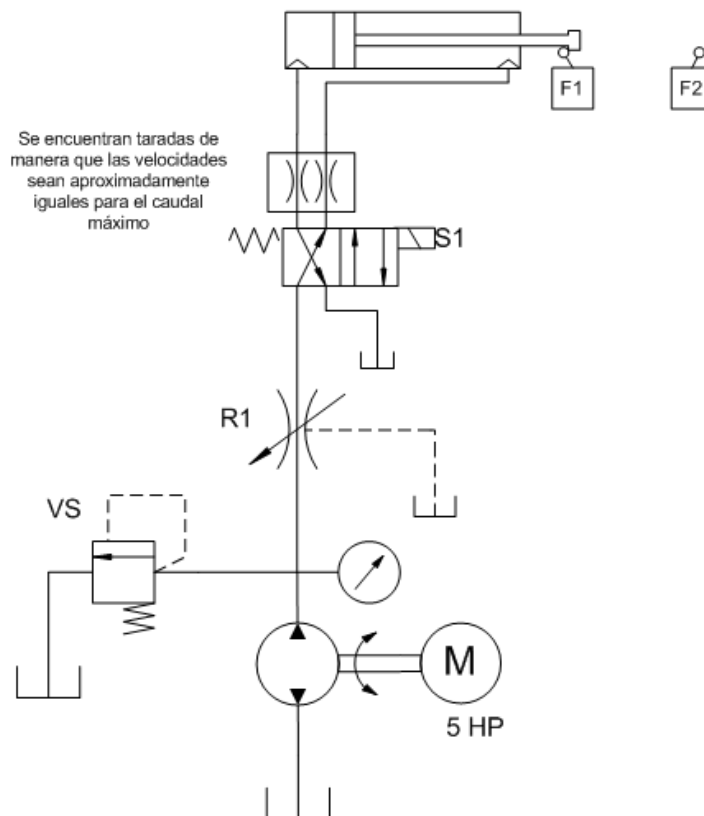
- **Potencia Hidráulica de la Bomba:** 5 Hp a 1800 rpm

- **Potencia del Motorreductor:** 1.5 Hp a 90 rpm, adaptado a una caja de velocidades para salidas de 45, 90 y 180 rpm.
- **Potencia de Motor Giro de la Camisa:** 2 Hp a 2 rpm por medio de un sistema Sinfín-Corona.

- **Funcionamiento del Circuito hidráulico**

El sistema hidráulico de la bruñidora horizontal que existe en LAVCO es accionado por motor de 5 Hp acoplado a una bomba de 10 gpm. La presión máxima del sistema es 1500 psi. El sistema (figura 19) funciona mediante la regulación de la válvula reguladora de caudal por derivación (R1). Cuando se acciona la bomba, la válvula R1 se encuentra cerrada, por tanto, el aceite es drenado a tanque.

**Figura 19.** Circuito Hidráulico Bruñidora Actual.  
**Fuente:** Hoja de Vida Bruñidora Horizontal de LAVCO



#### **3.3.4.1. Problemas del sistema hidráulico actual**

**Velocidades de ida y vuelta diferentes:** este problema se presenta en el funcionamiento actual de la máquina porque la regulación del caudal que entra en el cilindro se lleva a cabo de forma manual, es decir el operario (que no debe ser cualquiera) debe conocer y saber por medio de la experiencia de trabajo con la maquina, que tanto abrir o cerrar el paso de aceite en la válvula reguladora de caudal para tratar mediante tanteo mantener las velocidades iguales.

**Ángulos de corte asimétricos:** la forma de trabajo en la maquina, descrita en el ítem anterior, causa que la ralladura o corte en la superficie interna de la pieza que se vaya a bruñir no sea simétrica puesto que el ángulo de ralladura o corte depende prácticamente de la velocidad de corte y esta a su vez de la velocidad de avance que es la velocidad con que se mueve el vástago en cilindro hidráulico.

**Desperdicio de energía:** al regular caudal por medio de la estrangulación del mismo y no conocer realmente que presión máxima de trabajo requerimos desperdiciamos energía, primero, porque siempre vamos a estar trabajando con la presión máxima de la bomba y segundo, podemos tener tarada la válvula de seguridad muy por encima del valor de presión requerido.

**Sobrecalentamiento en los componentes hidráulicos:** la energía desperdiciada en el mal funcionamiento de la maquina no tiene otra alternativa que convertirse en calor, este calentamiento excesivo ocasiona además, que en ocasiones el vástago del cilindro salga y no regrese pues el aceite pierde viscosidad y se fuga por entre las paredes del cilindro y el pistón ocasionando que el acabado en las piezas no sea preciso.

### **3.3.4.2. Soluciones para problemas de la Bruñidora actual**

Con el desarrollo de este proyecto de grado, se pretende corregir todos estos problemas descritos anteriormente mediante el diseño y construcción de una máquina Bruñidora, que elimine los defectos de calidad de las camisas generadas por el mal funcionamiento u operación de la máquina actual. Por tanto, después de un análisis riguroso por parte de las personas que trabajan en este proyecto, se determinan como parámetros principales para el desarrollo de este trabajo las siguientes características funcionales:

- Posición vertical de la máquina para eliminar sobreesfuerzos superficiales en la camisa que se presentan en la bruñidora horizontal debido al peso de la herramienta.
- Trabajo con cilindro de doble vástago para garantizar velocidades de ida y vuelta iguales.
- Diseño de un circuito hidráulico óptimo sin desperdicio de energía.
- Sistema de posicionamiento hidráulico de las camisas.
- Sistema de control secuencial de fácil operación y seguro para el operario.

## 4. DISEÑO DE COMPONENTES ESTRUCTURALES

### 4.1. DISEÑO Y ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA

Para el diseño de la estructura se seleccionó tubería petrolera de perforación de ACERO, ya que es una tubería comercial y económica, con medidas de diámetro  $\varnothing = 3''$  y espesor  $e=3/8''$ .

Para la validación del diseño de la estructura se consideraron como alternativas el uso de métodos matemáticos tradicionales y métodos de elementos finitos. La primera obliga a realizar prototipos, ensayarlos e ir realizando mejoras de forma iterativa lo que trae consigo un elevado costo económico como en el tiempo de desarrollo.

Por tal motivo se realizó inicialmente un análisis modal mediante el método de elementos finitos MEF ya que permite realizar un modelo matemático de cálculo del sistema real, más fácil y económico de modificar que un prototipo. Sin embargo no deja de ser un método aproximado de cálculo debido a las hipótesis básicas del método.

Para implementar el método de elementos finitos en este trabajo de grado se implementó el paquete comercial **ANSYS Workbench** porque permite acceder rápidamente a la solución de un análisis específico, de propósito general para computadoras personales (PC).

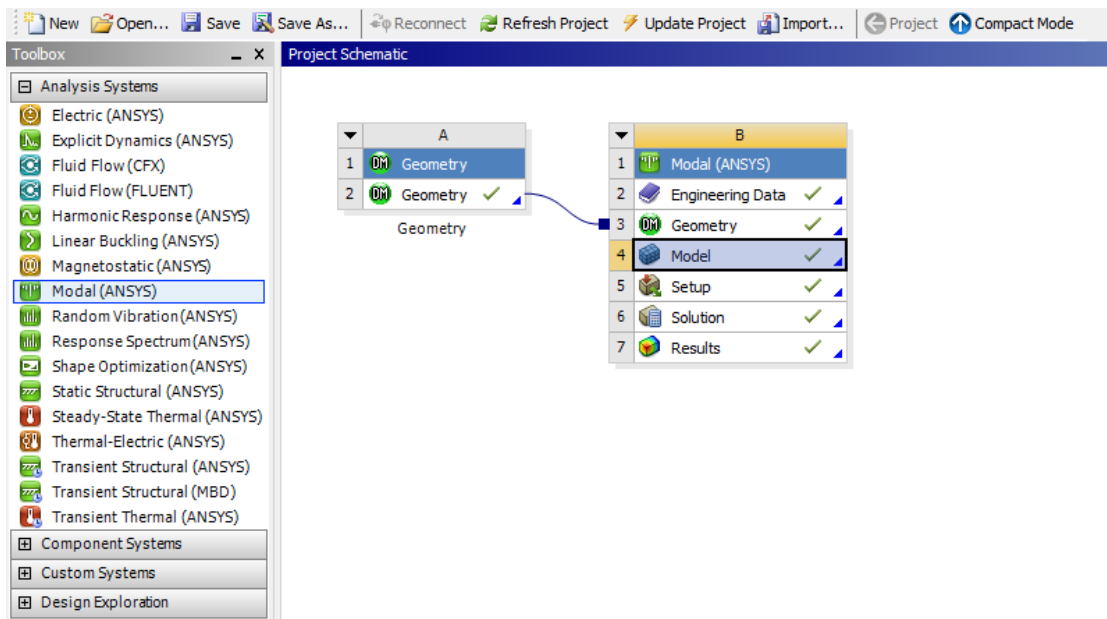
Para la simulación los modelos, se utilizó la herramienta de sólido estructural en **SolidWorks 2010**, dibujando la estructura como una sola pieza, debido a la complejidad de la misma y para garantizar que el programa pudiera efectuar el análisis con mucha más sencillez. El resultado del análisis de las frecuencias naturales presentadas por el simulador MEF, representa un valor menor al sistema real debido a que la estructura real es seccionada, es decir, será construida en secciones para facilitar un fácil montaje.

Una estructura construida por secciones, rigidiza la misma debido a que en los puntos de conexión se presenta una mayor resistencia a la flexión. En conclusión, si el resultado del modelo simulado tiene una frecuencia natural aceptable, el valor sistema real estará muy por encima del calculado, por tanto la simulación es conservadora y tiene un factor de seguridad amplio.

El encargado de suministrar la potencia a la herramienta que realizará el Bruñido, es un motorreductor que transmite esta potencia de giro a una placa móvil que se deslizará constantemente en guías ubicadas en la parte superior de la estructura. Este motor gira a 1800 RPM, esto produce una frecuencia de aproximadamente 30 Hz que es transmitida directamente a la placa y posteriormente a la estructura. Es necesario simular modelos la estructura, que obtengan resultados de frecuencias naturales mínimas cercana a dos veces el valor transmitido a la estructura, es decir, que el primer modo de vibración se encuentre cercano a los 60 Hz. Para el análisis de las estructuras, se analizaron los primeros seis modos de vibración.

Como se muestra en la figura 20, la ventana de trabajo de **ANSYS Workbench** ofrecen muchos tipos de análisis para componentes, para la simulación de la estructura, se seleccionó el análisis modal y se importó la geometría creada anteriormente en **SolidWorks** guardada en formato *parasolid.xt*.

**Figura 20.** Ventana de trabajo en Ansys Workbench.  
**Fuente.** Autores del Proyecto importada desde Ansys

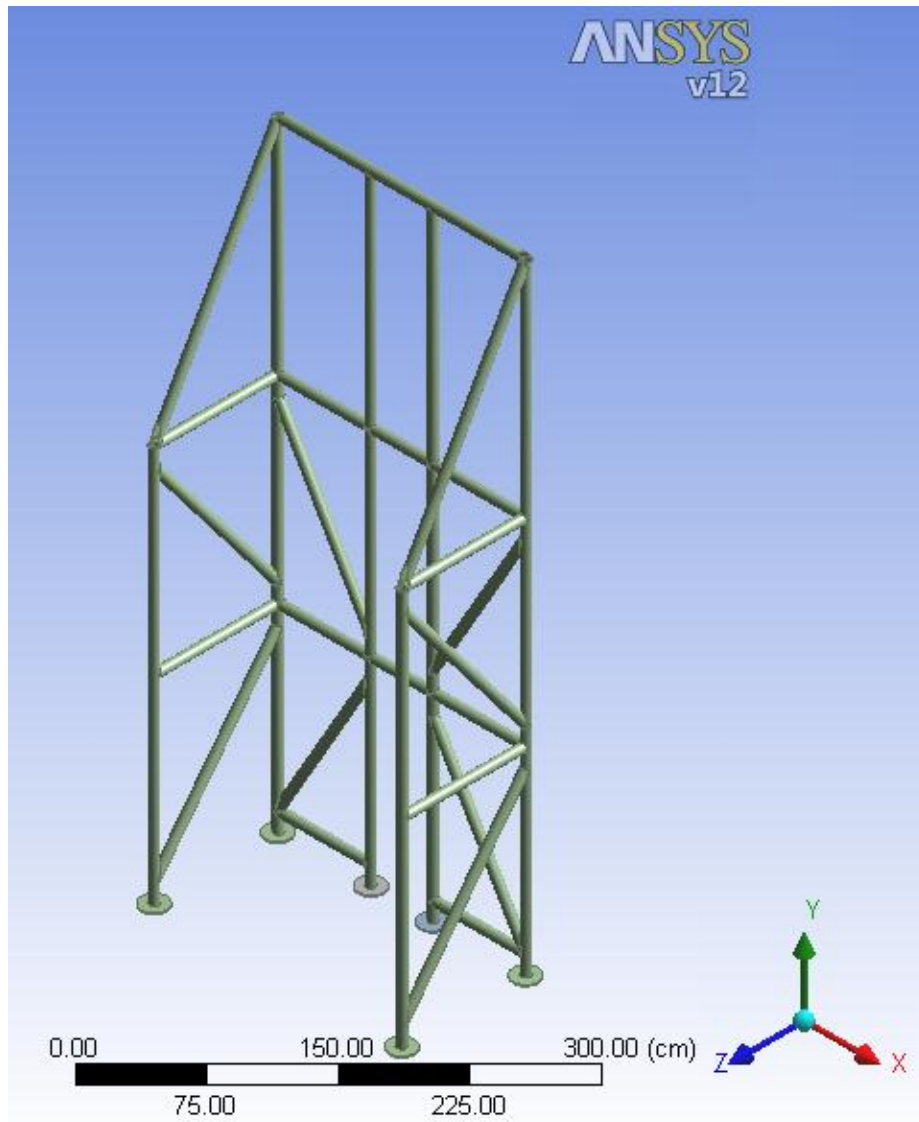


#### 4.1.1. Análisis del Modelo Inicial

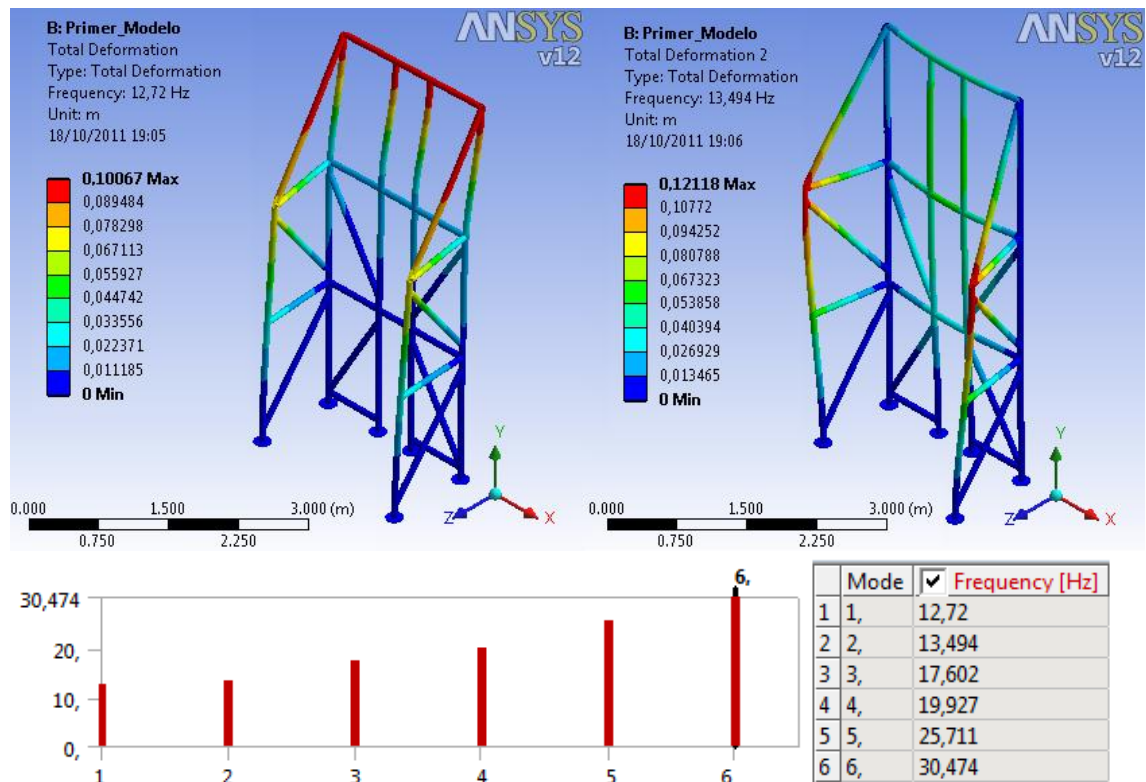
Como se expuso en el capítulo 3, LAVCO bruñe camisas de hasta 120 cm de longitud. Para satisfacer esa necesidad de LAVCO, la carrera útil de la bruñidora que debe ser construida, es de 60" (152 cm). Por tanto, se desarrolló un modelo inicial de la bruñidora, con un conjunto cilindro (cuerpo fijo) + doble vástago (con libertad de movimiento) era aproximadamente 460 cm de altura debido. Lo que determinaba una estructura de aproximadamente 5 metros de altura.

El modelo inicial fue el siguiente, teniendo en cuenta todos los parámetros de montaje:

**Figura 21.** Modelo inicial de la estructura  
**Fuente.** Autores del Proyecto importada desde Ansys



**Figura 22. Análisis del modelo inicial de la estructura**  
**Fuente. Autores del Proyecto importada desde Ansys**



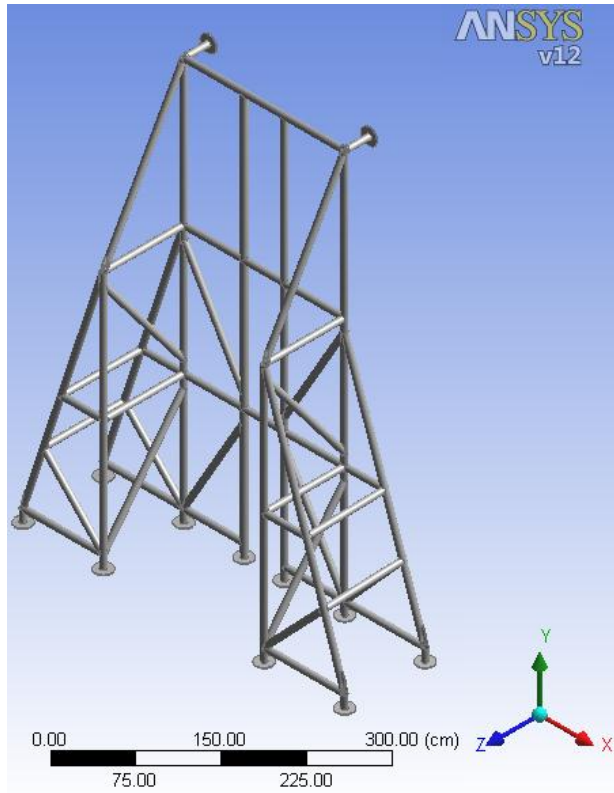
Después del primer análisis, se observan modos de vibración demasiado bajos, por tanto se necesita aumentar la rigidez de la estructura corrigiendo estos primeros modos, mediante refuerzos con tubería, ya sea a modo de cerchas o en forma de pies de amigo estructurales.

Después de varios análisis posteriores iterativos, se concluye que la estructura deberá fijarse en la parte superior a una pared; y en las partes laterales de la estructura, reforzar con pies de amigo conectados entre sí para evitar la flexión y la torsión lateral de la estructura, que se genera por la esbeltez de la misma.

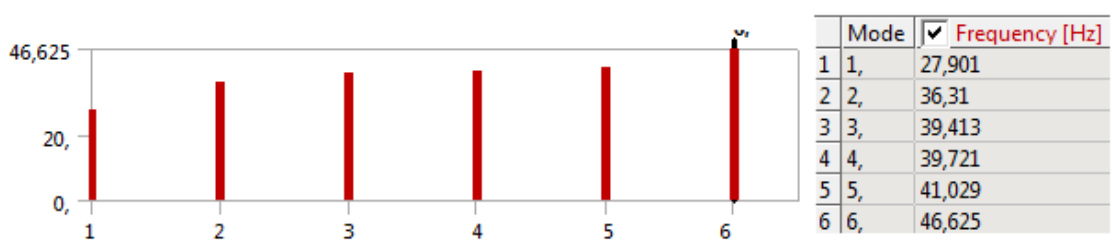
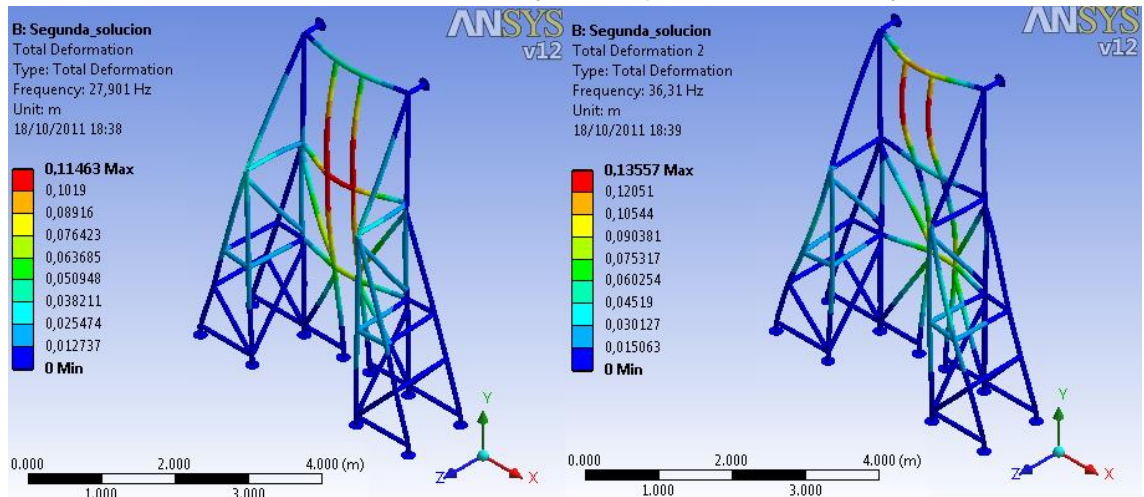
#### 4.1.2. Análisis del Segundo Modelo

Teniendo en cuenta los resultados de primer modelo, y aplicando las correcciones, se presenta el siguiente análisis como segundo modelo:

**Figura 23.** Segundo modelo de la estructura  
**Fuente.** Autores del Proyecto importada desde Ansys



**Figura 24.** Análisis del segundo modelo de la estructura  
**Fuente.** Autores del Proyecto importada desde Ansys



Los resultados de este análisis, presentan aumento en las frecuencias con respecto al primer análisis, acercándose a 30 Hz el valor del primer modo de vibración, pero no es suficiente para construir una estructura rígida y segura.

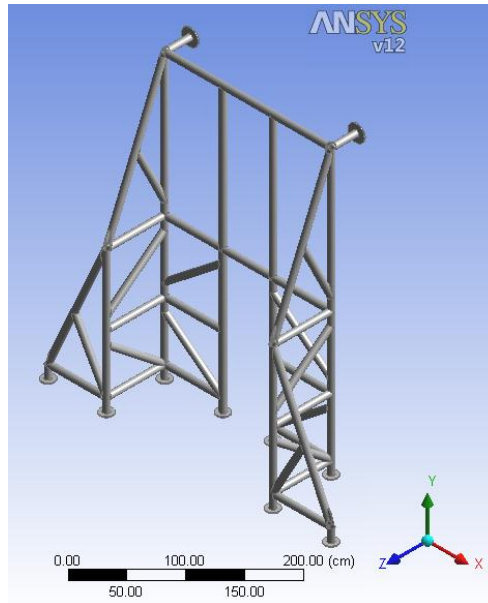
Después de múltiples intentos para rigidizar la estructura, se observa que los modos de vibración obtienen un valor mayor cuando se aumenta el número de tubos de longitudes considerables en forma de pie de amigo, lo cual incrementara el área de anclaje en casi un 300%. En consecuencia a lo anterior, la cantidad de material, el costo y el peso de la estructura se incrementa considerablemente.

Finalmente se llega a la conclusión, que optando por fijar los extremos del vástago, con el movimiento libre del cuerpo del cilindro, la altura de la estructura se disminuye en una tercera parte (que se encuentra determinada por la longitud total del vástago), lo cual aumenta notablemente la rigidez sin ver afectada la operación del bruñido, haciendo este proceso más confiable y seguro para el operario.

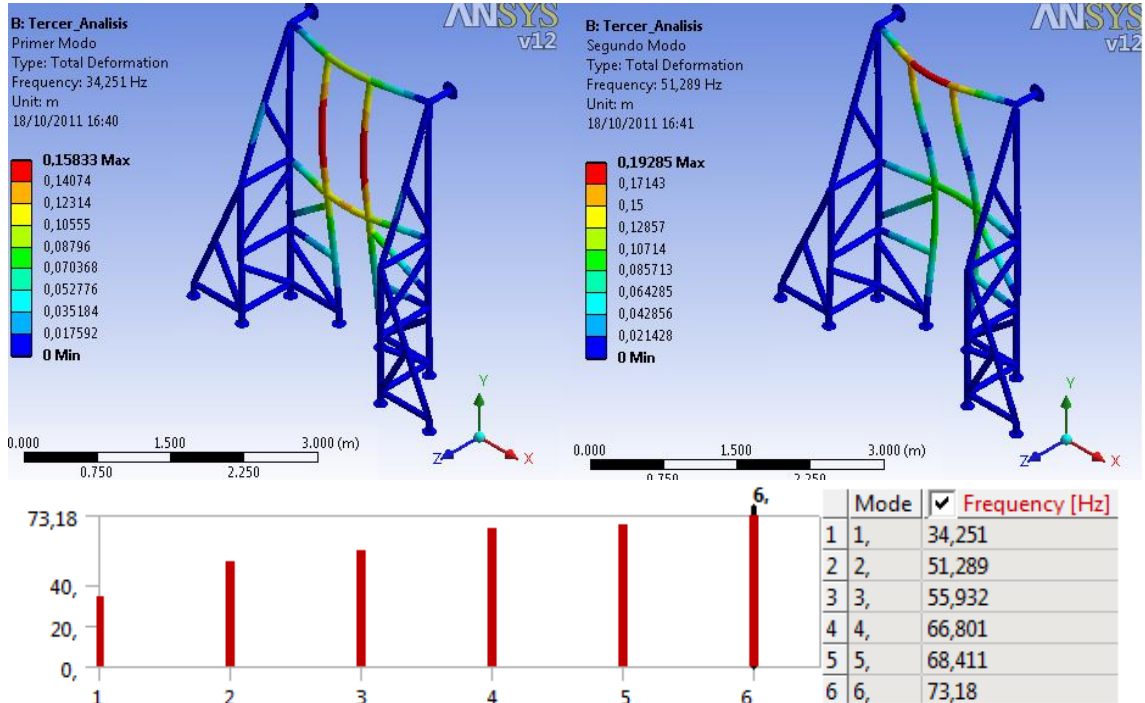
#### **4.1.3. Análisis del Tercer Modelo**

El siguiente es el tercer análisis realizado teniendo en cuenta las observaciones del anterior modelo.

**Figura 25.** Tercer modelo de la estructura  
**Fuente.** Autores del Proyecto importada desde Ansys



**Figura 26.** Análisis del tercer modelo de la estructura  
**Fuente.** Autores del Proyecto importada desde Ansys

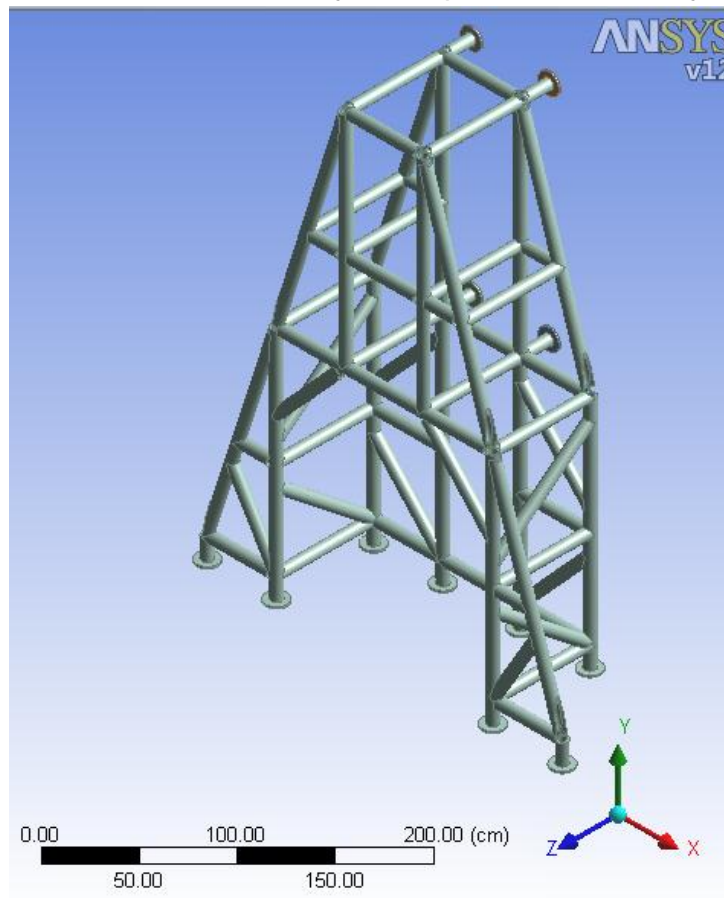


En el análisis anterior, aumentamos considerablemente el valor de las frecuencias naturales. El primer modo nos muestra que debemos reforzar la parte central de la estructura. En los siguientes modos de vibraciones se observa que la estructura al ser abierta en la parte superior, flexibiliza en cierto modo la misma. Para corregir lo anterior, se opta en desarrollar una estructura cerrada en la parte superior, con soportes en la pared que eliminen modos de vibración observados anteriormente, para acercarnos al un modelo definitivo.

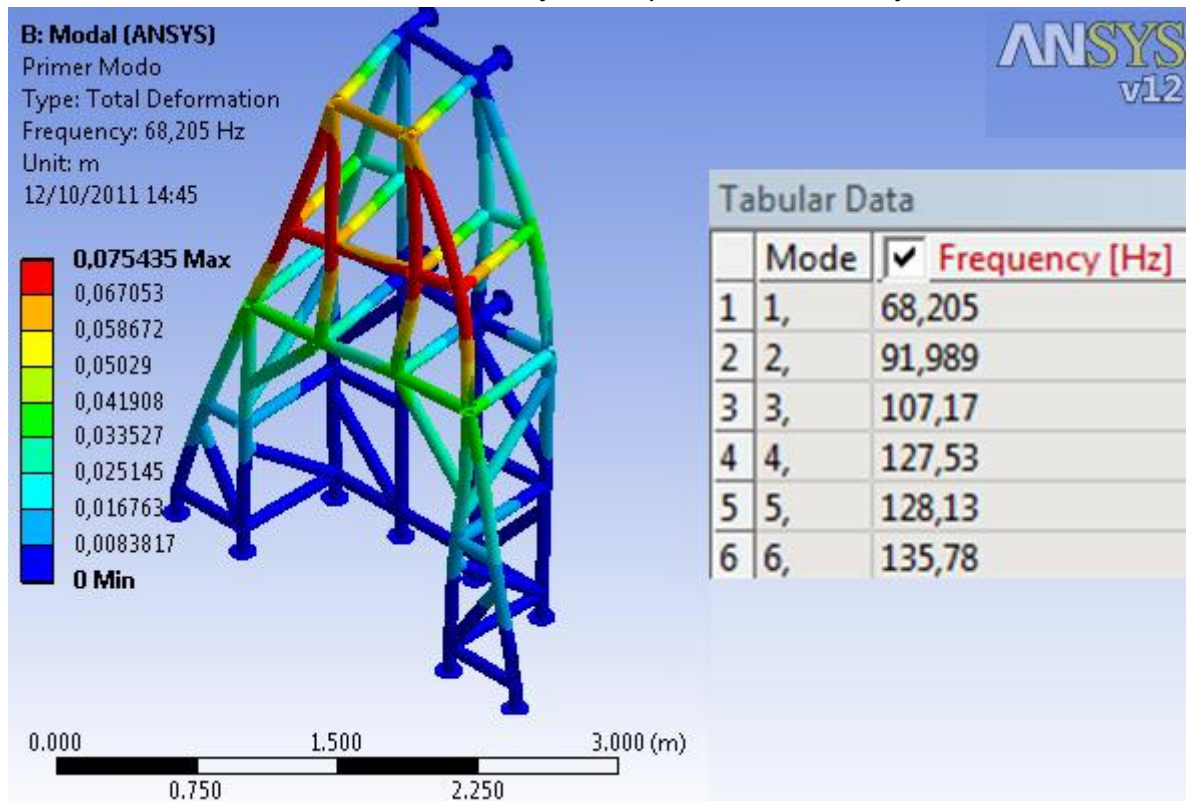
#### 4.1.4. Análisis del Modelo Final

El modelo final propuesto (Figura 27), nos dio como resultado las siguientes frecuencias naturales.

**Figura 27.** Modelo final importado desde SolidWorks  
**Fuente.** Autores del Proyecto importada desde Ansys



**Figura 28.** Análisis del modelo final de la estructura  
**Fuente.** Autores del Proyecto importada desde Ansys



Como podemos observar, se logró aumentar considerablemente el primer modo de vibración cercano a los 70Hz, por tanto se determina confiable la construcción de este modelo.

## 4.2. ALTERNATIVAS PARA MONTAJE DE ELEMENTOS MECÁNICOS

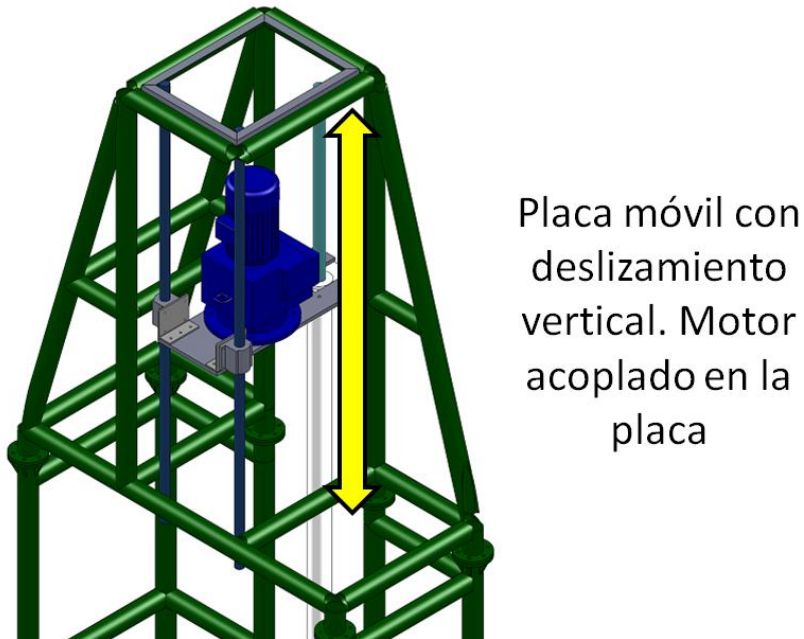
Después de conocerse la forma de la estructura, se presentaron varias alternativas para el montaje de los elementos mecánicos. Dos de ellas fueron posteriormente las opciones que discutieron para la decisión final del montaje.

### 4.2.1. Primera alternativa de montaje

La primera alternativa del montaje consistía en montar todos los elementos mecánicos sobre la plataforma móvil con deslizamiento vertical (figura 29). El motor estaría acoplado a la placa, y se planteaba un sistema de transmisión

sencillo del eje del motor con la herramienta encargada de realizar el bruñido. En la parte superior de la estructura, el motor encajaría sin ningún problema en el espacio central de la estructura como se ilustra en la figura 29.

**Figura 29.** Primera alternativa de montaje  
**Fuente.** Autores del Proyecto importada desde Solidworks



Sin embargo, el peso de los elementos como la herramienta, la transmisión, la placa y el mismo motor, generaban un esfuerzo muy grande sobre la placa, los rodamientos y los ejes debido a las variaciones de los momentos en el ascenso y el descenso; la carga dinámica sobre los rodamientos sería considerable, lo que constantemente generaría sobreesfuerzos sobre los ejes, todo esto disminuiría la vida útil de los mismos elementos.

Con toda esta carga sobre la placa, el sistema hidráulico requiere de una presión elevada para efectuar el movimiento del cilindro que soporta la placa.

Por estas razones era necesario buscar una alternativa que redujera la carga sobre la placa en movimiento.

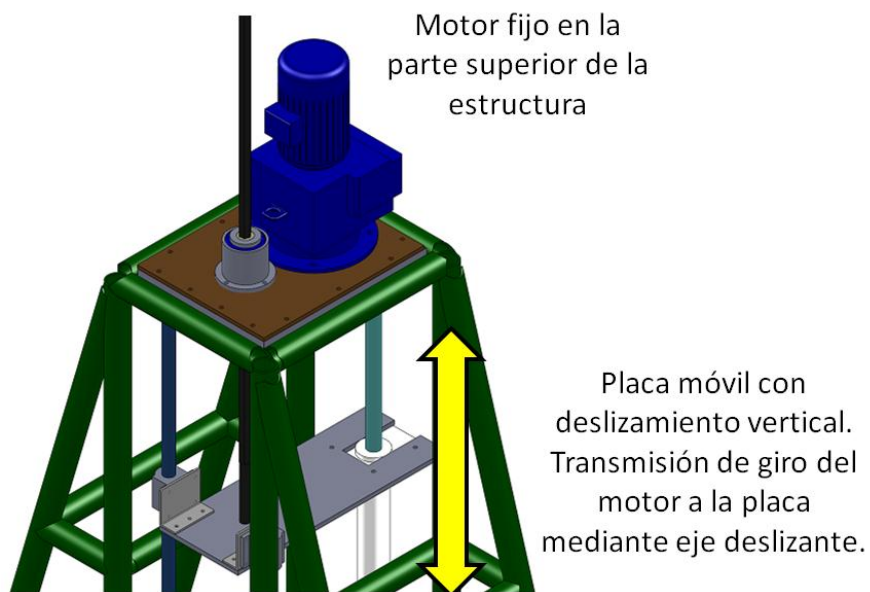
#### 4.2.2. Segunda alternativa de montaje

La segunda alternativa propuesta consistía en disminuir la carga sobre la placa que se presentaba en la primera opción. Esto se conseguía, fijando el motor en la parte superior de la estructura (ver figura 30) y adaptando una transmisión del giro del eje del motor, a la placa móvil. Se planteó un sistema de transmisión mediante un eje deslizante de forma hexagonal que pudiera realizar los movimientos de giro y deslizamiento al mismo tiempo, y este giro sería transmitido a la placa móvil en donde se acoplaría con la herramienta.

La carga sobre la placa quedaría determinada solo por los pesos del eje y de la herramienta. Los ejes de deslizamiento solo se encontrarían sometidos a la flexión transmitida por el peso de la placa y el momento generado por la fuerza del cilindro hidráulico. Este sistema consume menos energía, ya que con menor carga de movimiento, requiere de una pequeña presión para generar el movimiento, y por consiguiente menores esfuerzos en las válvulas del sistema hidráulico.

Este sistema tiene como desventaja, el incremento de la altura de la máquina, ya que el eje hexagonal asciende aproximadamente 1.60 cuando el sistema se encuentra en el punto superior.

**Figura 30.** Segunda alternativa de montaje  
**Fuente.** Autores del Proyecto importada desde Solidworks

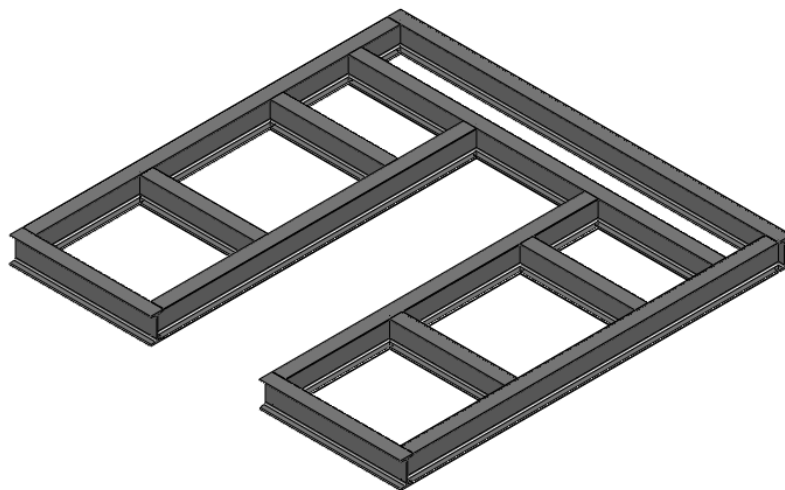


Teniendo en cuenta que la planta física de LAVCO tiene la altura suficiente, optamos por la segunda alternativa para realizar el montaje de los elementos mecánicos que son tratados en el siguiente capítulo.

### 4.3. DISEÑO DEL PERFIL BASE

Para realizar el montaje de la estructura, es necesario construir una base de anclaje, para esto se selecciona un perfil IPE 120 debido a que la empresa dispone de este material en sus reservas. Es necesario que la altura del perfil permita situar un depósito al nivel del suelo, para recoger el refrigerante del proceso del bruñido. Por tanto se selecciona para la construcción este perfil (120x60cm). El modelo propuesto (figura 31) debe ser instalado en un área de 180x180 cm, y es el encargado de soportar la totalidad del peso de la máquina.

**Figura 31.** Modelo del Perfil Base  
**Fuente.** Autores del Proyecto importada desde Solidworks



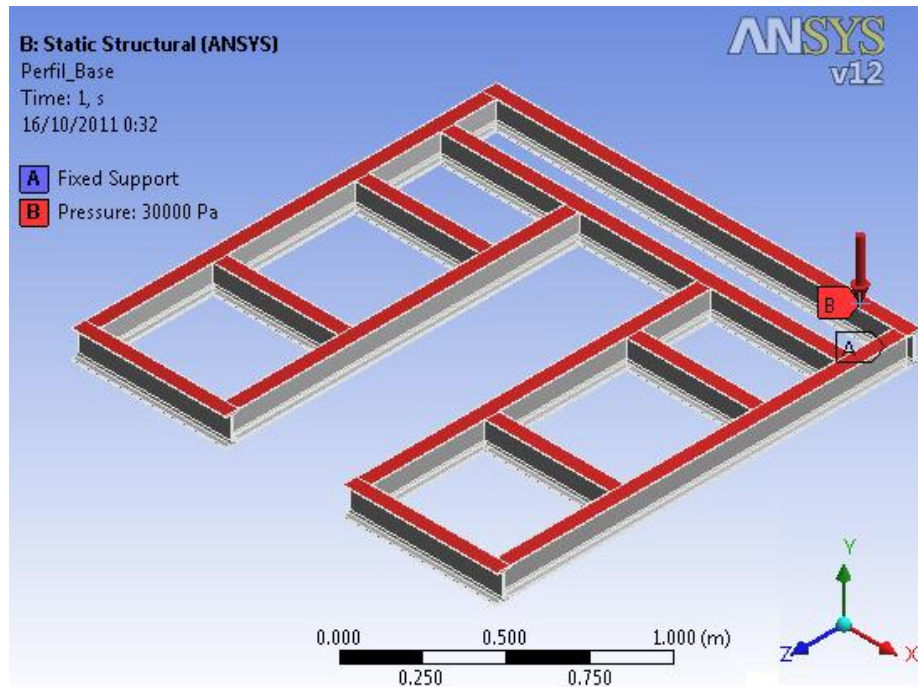
Para la validación del diseño anterior se realizó un análisis estructural por el método de elementos finitos MEF en **ANSYS Workbench**.

#### 4.3.1. Análisis Estructural del perfil base

La cantidad de material necesario para la construcción de la base es de 14 mts de perfil. Se estima que la masa de la estructura más componentes es de 10 Ton, por tanto, para realizar un análisis conservador, se determina una carga máxima de 30 Ton. El área superficial del perfil base es de 7884 cm<sup>2</sup>. Por tanto, el perfil soportará una presión de 25368 Pa, en la simulación se establece una presión de 30000 Pa (Figura 32).

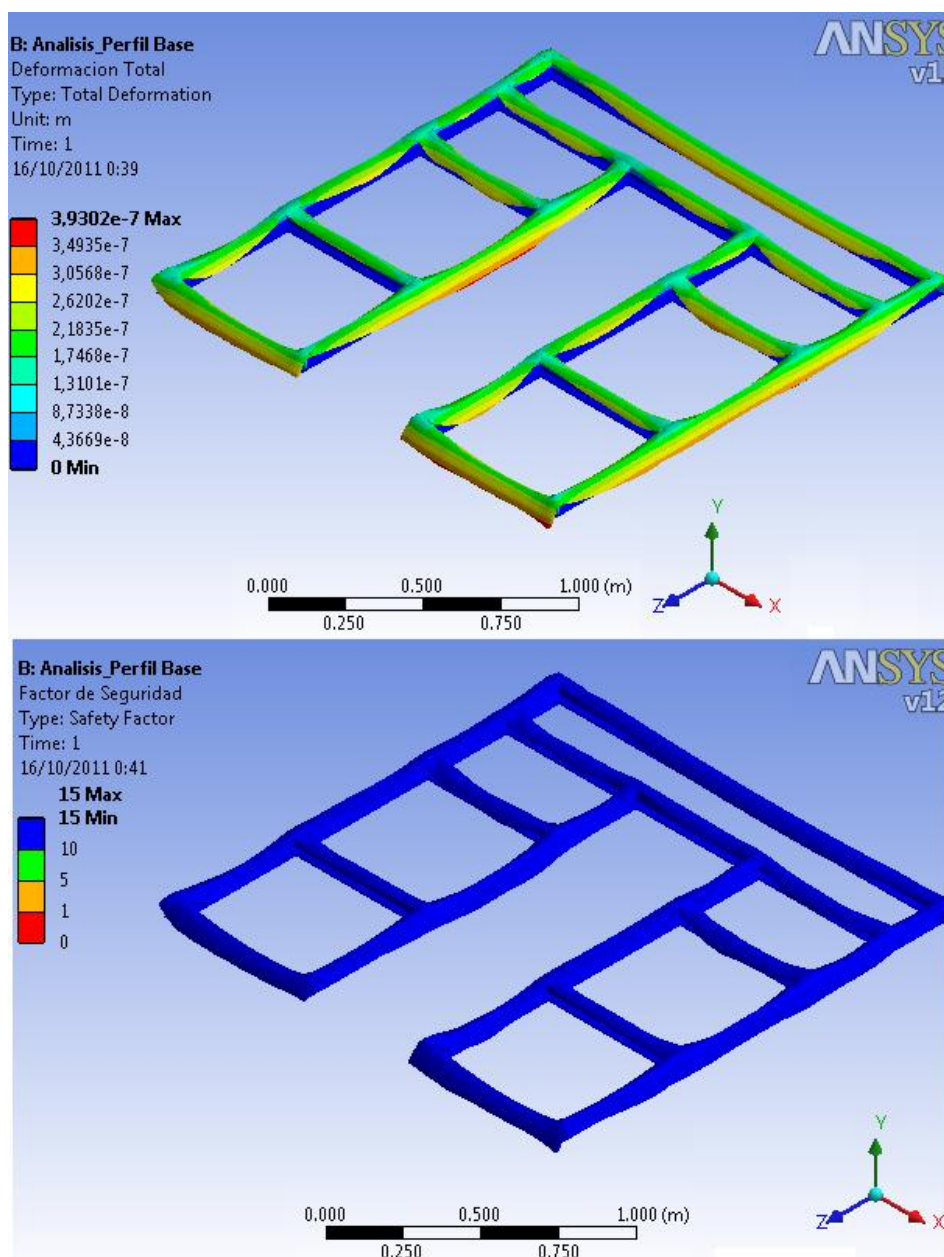
**Figura 32.** Cargas en el Perfil Base

**Fuente.** Autores del Proyecto importada desde Ansys Workbench



En el modelamiento en **Ansys Workbench**, los resultados se muestran en la figura 33 y fueron los siguientes:

**Figura 33.** Análisis estructural del Perfil Base  
**Fuente.** Autores del Proyecto importada desde Ansys Worckbench



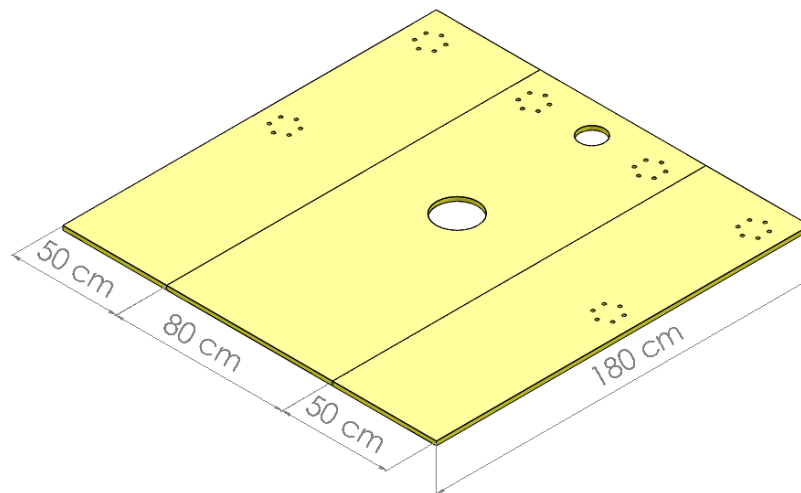
Los resultados obtenidos indican que el perfil trabaja con un factor de seguridad bastante elevado ( $F_s \geq 10$ ). Por tanto, la estructura estará soportada por una base confiable, por consiguiente es seguro proceder a su construcción.

#### 4.4. DISEÑO DE LA PLACA BASE

Después de contar con un perfil de anclaje, es necesario fijar una placa sólida que sirva de apoyo a la estructura. Para facilitar el montaje de esta placa, se determina dividirla en tres placas de  $\frac{3}{4}$ " de pulgada de espesor de medidas mostradas en la figura 34.

**Figura 34.** Modelo de la Placa Base

**Fuente.** Autores del Proyecto importada desde SolidWorks

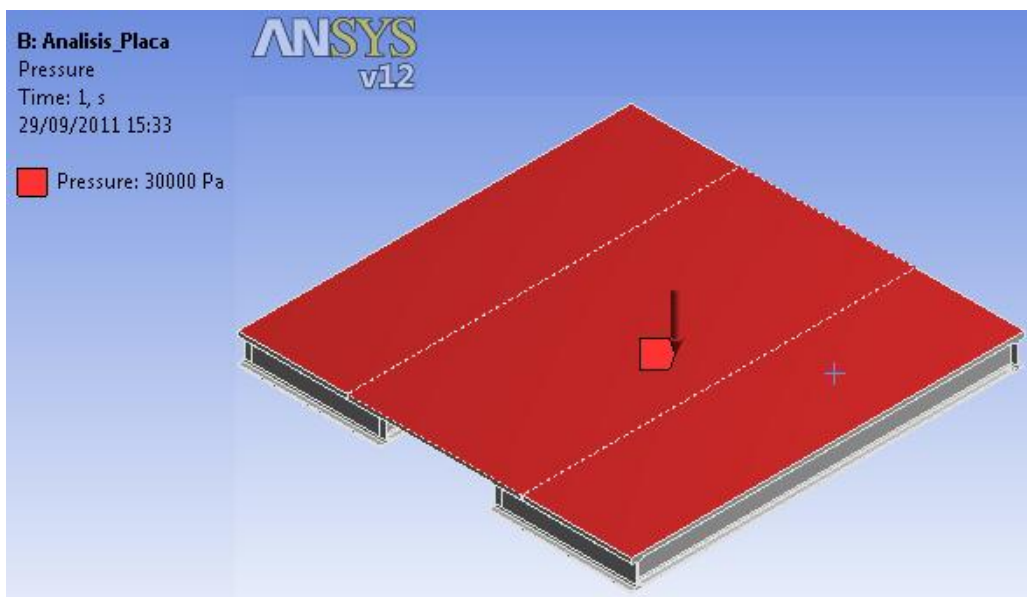


##### 4.4.1. Análisis estructural de la Placa base

El montaje de la placa al perfil se muestra en la figura 35. Las placas son atornilladas al perfil base. Para la simulación de la carga, se estima una Presión distribuida en toda la lámina de 30000 Pa igual que en el análisis del Perfil.

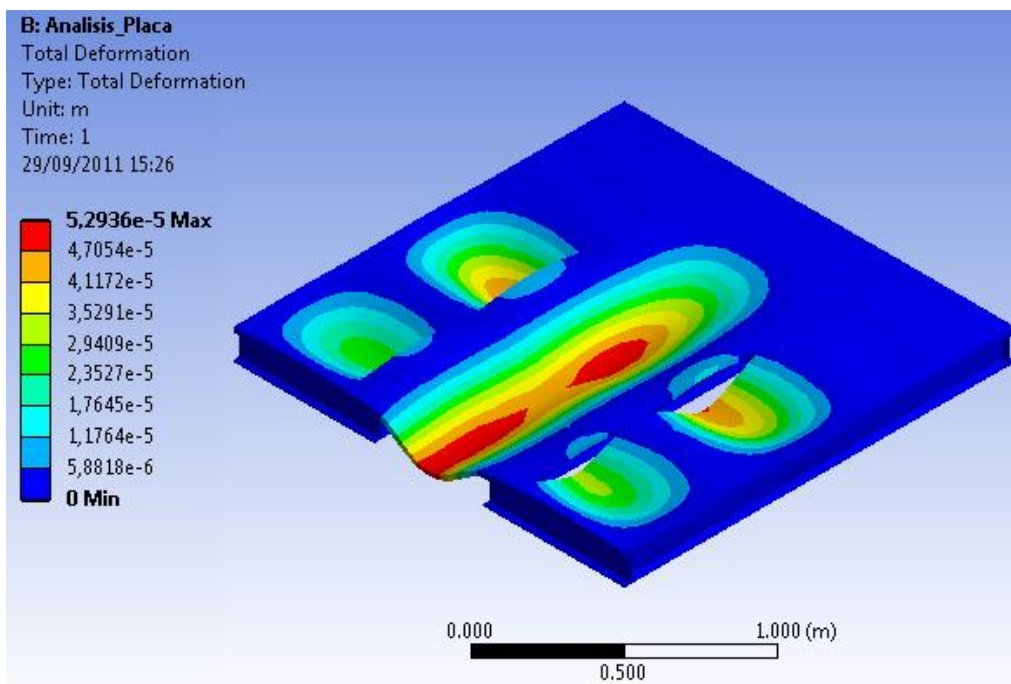
**Figura 35.** Cargas la placa

**Fuente.** Autores del Proyecto importada desde Ansys Worckbench



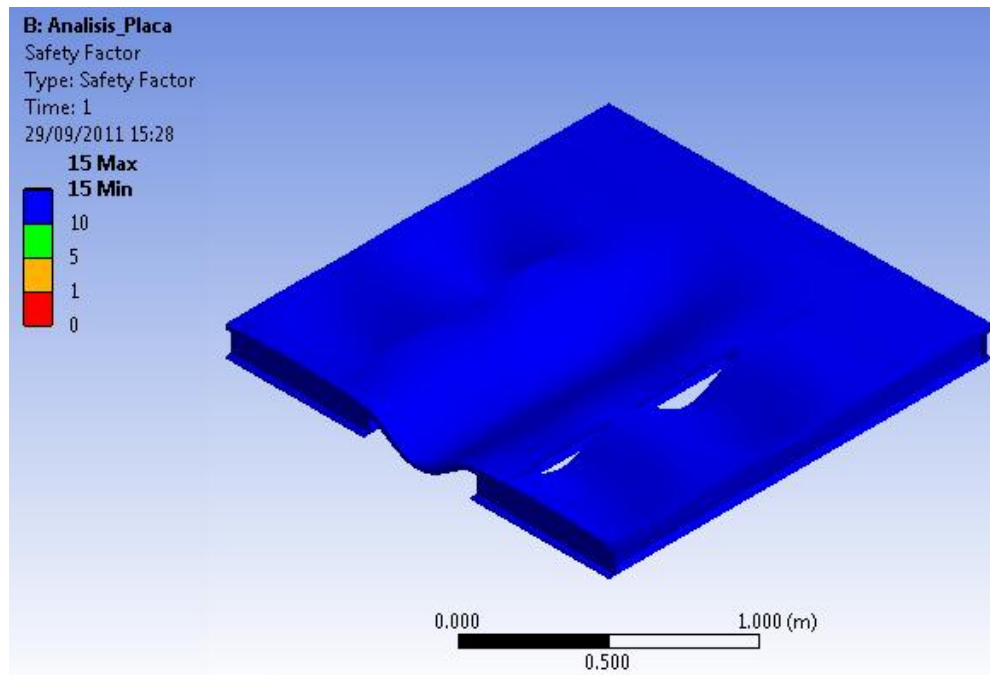
**Figura 36.** Deformaciones en la placa

**Fuente.** Autores del Proyecto importada desde Ansys Worckbench



La simulación en Ansys Workbench, da como resultado, una deformación máxima de  $5.29e-5$ , lo que constituye una deformación despreciable que se muestra en la figura 36.

**Figura 37.** Factor de Seguridad en la Placa  
**Fuente.** Autores del Proyecto importada desde Ansys Worckbench



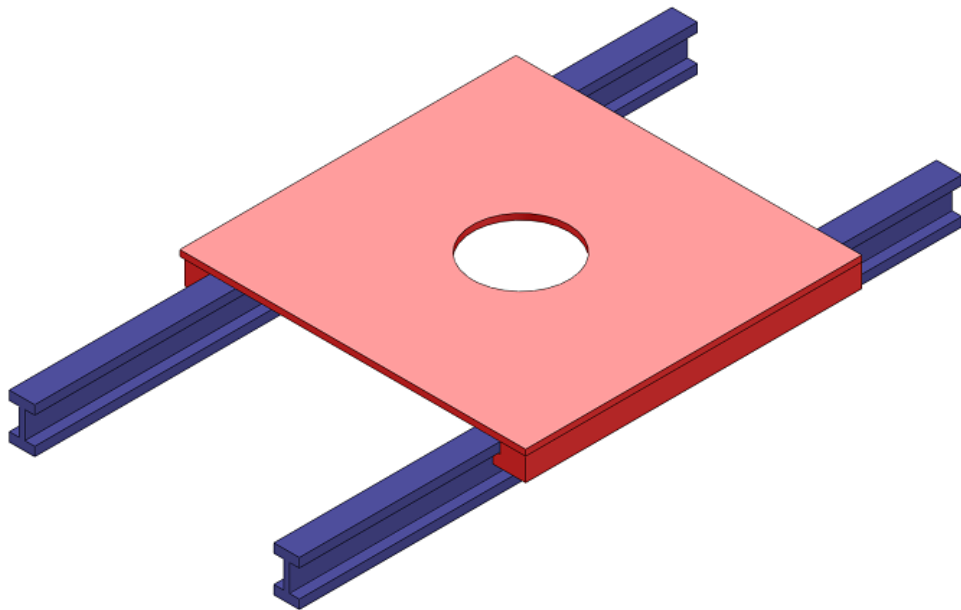
Los resultados obtenidos indican que la lámina trabaja con un factor de seguridad (figura 37) bastante elevado ( $F_s \geq 10$ ). Por tanto, la estructura estará soportada en una base confiable, por consiguiente es seguro proceder a su construcción.

#### 4.5. DISEÑO DE LA MESA PORTACAMISAS

La mesa portacamisas es un dispositivo móvil accionado hidráulicamente que se encargará de centrar la camisa con respecto a la herramienta de trabajo. Las camisas pueden pesar entre 200 y 1000 lb, y los cilindros compresores pueden pesar hasta 2000 lbs. Por tanto, es necesario realizar un análisis estructural en **Ansys Workbench**, que nos muestre un diseño adecuado para un buen funcionamiento del sistema.

El sistema consta de unos perfiles guías sobre los cuales se soportará la mesa portacamisas, la figura 38 muestra el modelo propuesto.

**Figura 38.** Modelo de la Mesa Portacamisas  
**Fuente.** Autores del Proyecto importada desde SolidWorks



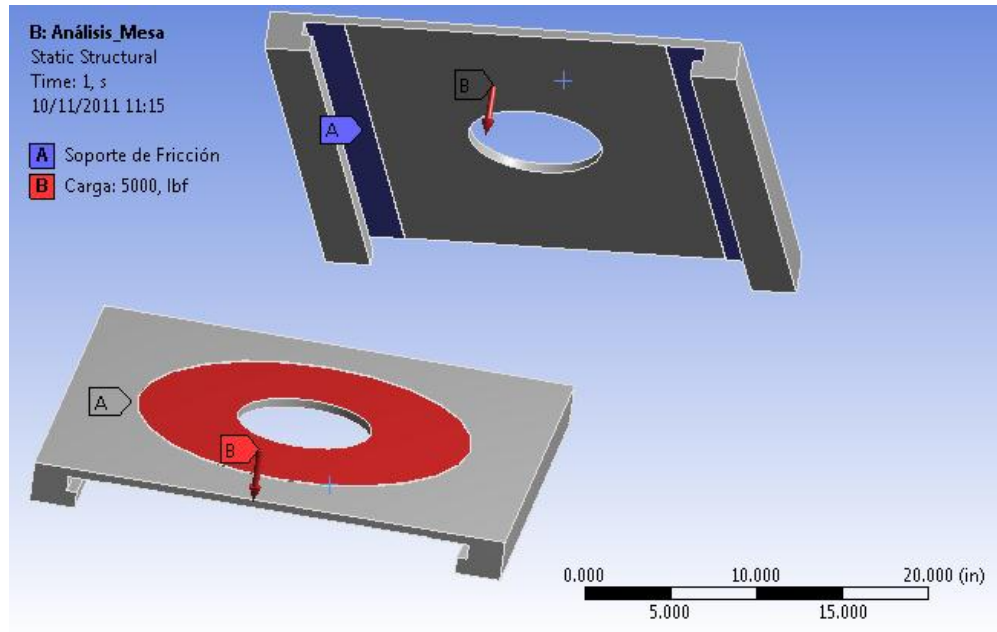
##### 4.5.1. Análisis de la mesa Portacamisas

El análisis de la mesa se realizó con una carga de 5000 lbs, dos veces el valor que se mencionó anteriormente para darle una confiabilidad mayor. La mesa estará soportada en los rieles mostrados en la figura 38, y la carga estará

distribuida en un área anular. La figura 39 muestra la distribución de las cargas en la mesa portacamisas.

**Figura 39.** Análisis de la mesa portacamisas.

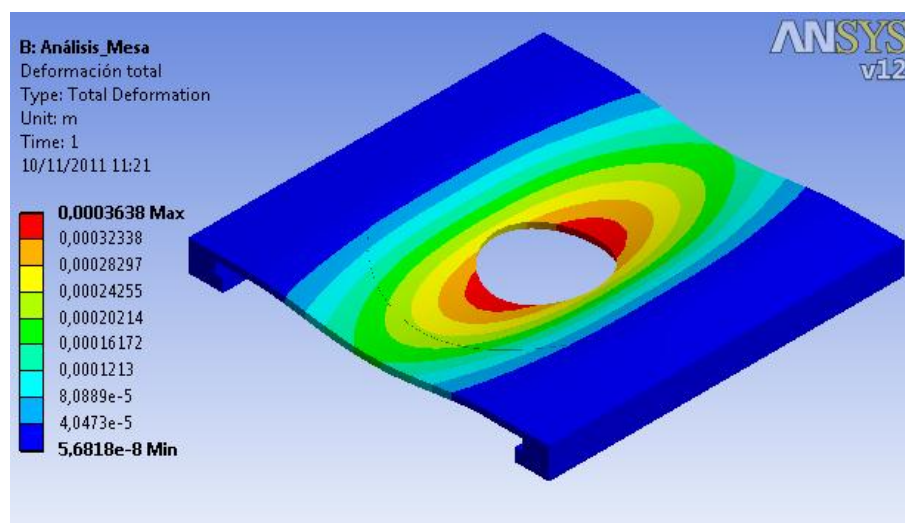
**Fuente.** Autores del Proyecto importada desde Ansys Workbench



Los resultados obtenidos en la simulación en **Ansys Workbench**, se muestran en la figura 40 y son los siguientes:

**Figura 40.** Deformación total en la mesa portacamisas.

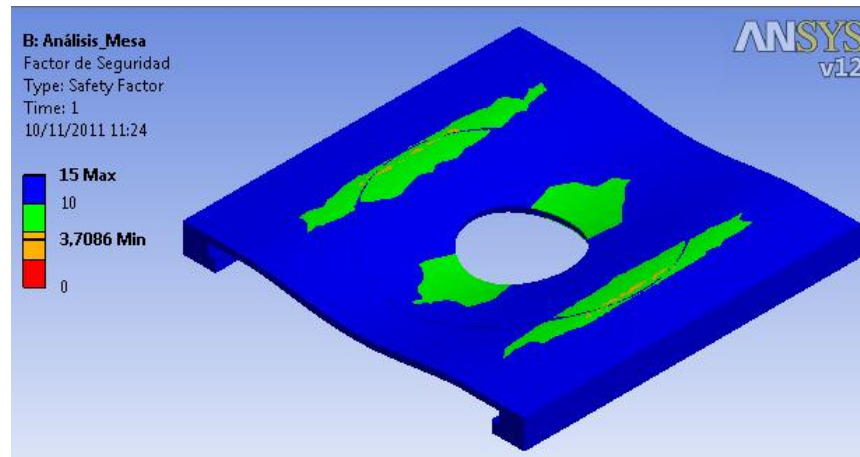
**Fuente.** Autores del Proyecto importada desde Ansys Workbench



La deformación máxima presentada es 0.3 mm, una deformación pequeña y que no representa efectos en el funcionamiento del sistema, por tanto el valor es despreciable.

**Figura 41.** Factor de seguridad en la mesa portacamisas.

**Fuente.** Autores del Proyecto importada desde Ansys Workbench



El Factor de Seguridad obtenido para una carga de 5000 lb es mayor que 3 ( $F_s > 3$ ). Este factor no representa un valor muy elevado, pero debido a que el sistema no trabaja con cargas superiores a 2500 lbs, entonces el diseño es confiable.

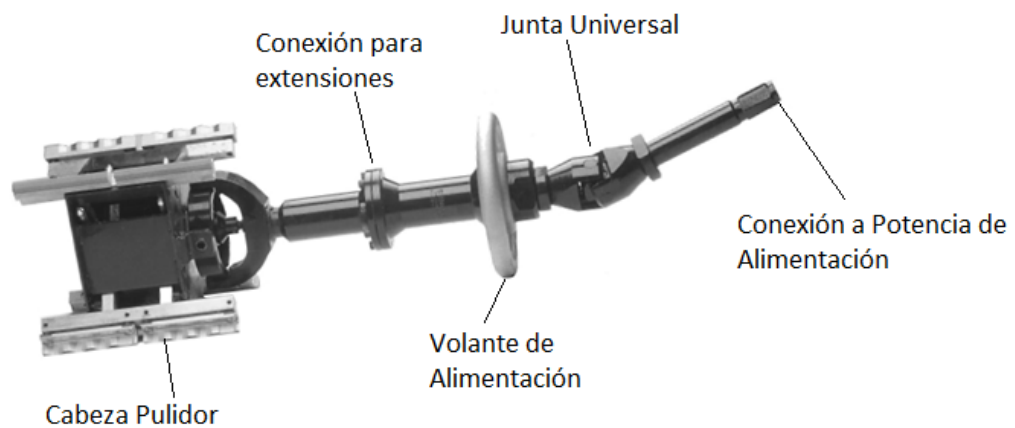
## 5. DISEÑO DE LOS COMPONENTES MECÁNICOS

### 5.1. SELECCIÓN DE LA HERRAMIENTA

Para realizar el proceso de Bruñido, se debe contar con una herramienta que cumpla con los parámetros necesarios para realizar la operación. Industrias LAVCO fabrica camisas de grandes longitudes y diámetros, por tanto es necesario adquirir una herramienta que tenga un amplio rango de variaciones tanto en longitud como en diámetro. Por este motivo, fue seleccionada la herramienta de la empresa SUNNEN, especialista en fabricación de equipos de perforación de alta precisión.

**Figura 42.** Herramienta Sunnen GNR-1010

**Fuente:** Catálogo Sunnen



La herramienta seleccionada para realizar el proceso de Bruñido, es el pulidor Sunnen GNR-1010 (ver figura 42), herramienta que trabaja agujeros de un mínimo de profundidad de 12" (304 mm). Cuando se desea bruñir profundidades mayores, el fabricante provee extensiones que pueden ser utilizados desde una sola extensión o en forma agrupados, lo que permite trabajar prácticamente cualquier longitud de perforación. El operador puede alimentar la profundidad de corte manualmente en cualquier momento con un volante. Todas las extensiones del eje se instalan entre la cabeza del pulidor y el volante.

La cabeza del pulidor es una base que por medio del giro del volante, permite expandir el radio de las piedras para ajustarse a cualquier diámetro de camisas entre 10 y 15 pulgadas, esta base contiene cuatro guías para sujetar 4 piedras a 90°.

Para trabajar con diámetros mayores, el proveedor suministra bases para gamas de diámetros hasta 36" pulgadas. Todas las especificaciones de extensiones de eje, de bases, de tipos de piedras, etc., se encuentran en el Anexo A (Catálogo Sunnen) al final de este libro.

Esta herramienta funciona para trabajos pesados entre 3 y 5 Hp suministrados por un motor eléctrico, y además cuenta con dos juntas universales que le permiten alinearse con la pieza de trabajo.

## **5.2. SELECCIÓN DEL MOTORREDUCTOR**

### **5.2.1. Cálculo de Potencia del Motor**

Como se acabó de mencionar, la herramienta encargada de realizar la operación de Bruñido debe ser accionada por medio de un motor eléctrico. El fabricante de la herramienta recomienda Potencias de trabajo entre 3-5 HP. Para conocer la potencia necesaria para realizar la operación, se debe calcular primero la potencia requerida para efectuar el corte, que consta de tres componentes que se originan al oponerse el material a la penetración de la herramienta en 3 direcciones.

- Dirección tangencial
- Dirección axial
- Dirección radial

Este cálculo es sin embargo, muy poco exacto, porque las condiciones en que se desarrolla el trabajo de la muela no son bien conocidas y determinadas. Por consiguiente el cálculo de la potencia absorbida en el proceso se determina en función del material arrancado por caballo/hora. Este dato ya ha sido tabulado,

tabla 1 y en base a él se calcula la potencia absorbida en el proceso de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$P[CV] = \frac{V_u \left[ \frac{m}{min} \right] * a [mm] * p [mm] * 1000 \left[ \frac{mm}{m} \right]}{m \left[ \frac{mm^3 * h}{CV} \right] * \frac{60min}{1h}} \quad \text{Ecuación 5.1}$$

Donde,

$V_u =$  Velocidad tangencial

$a =$  avance

$p =$  profundidad de pasada

$m =$  volumen del material arrancado por  $\frac{CV}{h}$

**Tabla 1.** Material arrancado en el rectificado por CV/Hora

**Fuente:** Procedimientos de fabricación y control volumen II JOSE M.<sup>a</sup> LASHERAS ESTEBAN pag.867

**MATERIAL ARRANCADO EN EL RECTIFICADO POR CV/HORA: m**

Material	mm <sup>3</sup>	Kg
Acero templado .....	1250	1
Acero tratado .....	1600	1,2
Acero Normalizado .....	2000	1,5
Fundición especial templada .....	1600	1,2
Fundición acerada y maleable .....	2000	1,5
Fundición gris dulce .....	2500	2
Latón, bronce y aluminio .....	3150	2,5

Para nuestro cálculo, utilizando la ecuación (5.1):

$$V_u = 24 \left[ \frac{m}{min} \right] \text{ velocidad común en maquinados}$$

$a = 760 \left[ \frac{mm}{rev} \right]$  avance mayor que podría existir en el proceso

$p = 0.015 [mm]$  valor suministrado por "LAVCO"

$m = 2500 \left[ \frac{mm^3 * h}{CV} \right]$  dato de tabla

$$P[CV] = \frac{24 * 760 * 0.015 * 1000}{2500 * 60} = 1.824 CV$$

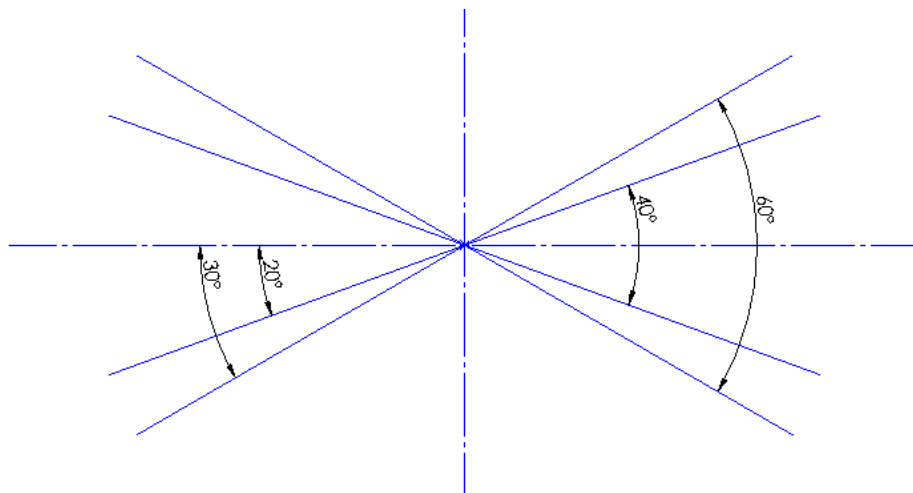
La unidad CV es aproximadamente igual al Horse Power (HP), por tanto determinamos que la oposición del material de la camisa al corte de la herramienta genera un consumo cercano a los 2 HP.

Por tanto, se requiere un motor eléctrico de 3 HP según la recomendación del fabricante de la herramienta (potencia mínima requerida).

### 5.2.2. Cálculo de la Velocidad de Salida del Reductor

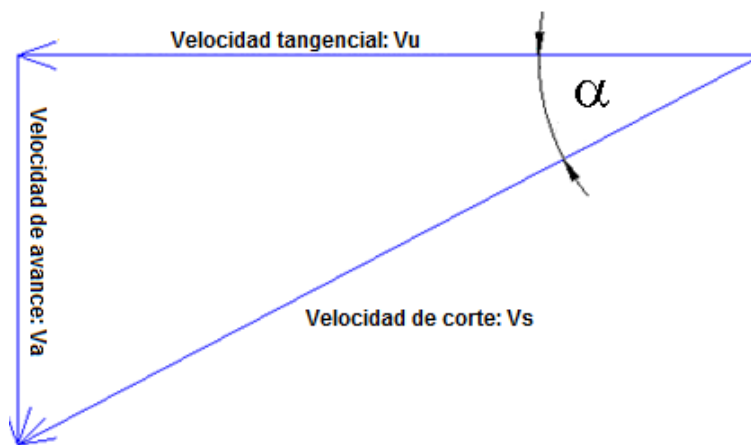
Industrias LAVCO Ltda. fabrica camisas con diferentes ángulos de ralladura generados en el proceso del Bruñido. Estos ángulos están comprendidos entre  $40^\circ$  y  $60^\circ$  como se muestra en la figura 43.

**Figura 43.** Ángulos de ralladura requeridos en Industrias LAVCO Ltda.



Para tal efecto es necesario encontrar la relación entre la velocidad de corte, la velocidad tangencial y la velocidad de avance de la muela; la velocidad de corte se podrá seleccionar de tablas dependiendo del trabajo a realizar y del tipo de material a tratar, la velocidad tangencial es la velocidad angular a la salida del motorreductor multiplicada por el radio de la circunferencia de la herramienta y la velocidad de avance es igual a la velocidad de ascenso o descenso del cilindro hidráulico, su relación se observó en la figura 9 del capítulo 2.

**Figura 9.** Triangulo de velocidades influyentes en el proceso de bruñido



$$V_u = V_s * \text{Cos} (\alpha) \left[ \frac{m}{min} \right] \quad \text{Ecuación 2.3}$$

$$\omega [RPM] = \frac{V_u \left[ \frac{m}{min} \right] * 1000 \left[ \frac{mm}{m} \right]}{\pi * D [mm]} \quad \text{Ecuación 2.4}$$

$$V_a = V_u * \text{Tan} (\alpha) \left[ \frac{m}{min} \right] \quad \text{Ecuación 2.5}$$

Donde:

$\omega$  = Velocidad angular de la herramienta

$V_u$  = Velocidad tangencial de la muela

$V_a$  = Velocidad de avance de la muela

$V_s$  = Velocidad de corte de la muela

Seleccionamos la velocidad de corte de la *tabla 2*; hacemos esto gracias a la similitud existente entre el proceso de rectificado y bruñido.

**Tabla 2.** Velocidades recomendadas para las piezas en el rectificado  
**Fuente:** Procedimientos de fabricación y control volumen II JOSE M.<sup>a</sup> LASHERAS  
 ESTEBAN pag.865

Clase de material	Rectificado exterior		Rectificado interior
	Desbaste	Afinado	
	m/min	m/min	m/min
Hierro colado	10 a 15	10 a 12	20 a 24
Acero blando	10 a 12	8 a 10	18 a 20
Acero templado	12 a 15	10 a 12	20 a 24
Latón	15 a 18	12 a 15	28 a 32
Metales ligeros	30 a 40	20 a 30	30 a 35
Rectificado plano en maquinas alternativas	6 a 8	6	

Para establecer relaciones entre ángulos de rallado y velocidades de giro y avance de la herramienta, presentamos la siguiente tabla, tomando como parámetro inicial la velocidad de corte mínima y máxima recomendada en la tabla X, para hierro colado.

**Tabla 3.** Variación de la velocidad angular según el diámetro.  
**Fuente:** Autores del Proyecto

Vs	20 [m/min]				24 [m/min]			
	Diámetro [mm]	A	Vu[m/min]	Va[m/min]	$\omega$ [RPM]	Vu[m/min]	Va[m/min]	$\omega$ [RPM]
254.0	20°		18.8	6.8	23.5	22.5	8.2	28.2
	30°		17.3	10	21.7	20.8	12	26.0
304.8	20°		18.8	6.8	19.6	22.5	8.2	23.5
	30°		17.3	10	18.1	20.8	12	21.7
355.6	20°		18.8	6.8	16.8	22.5	8.2	20.1

	<b>30°</b>	17.3	10	15.5	20.8	12	18.6
<b>406.4</b>	<b>20°</b>	18.8	6.8	14.7	22.5	8.2	17.6
	<b>30°</b>	17.3	10	13.6	20.8	12	16.3
<b>457.2</b>	<b>20°</b>	18.8	6.8	13.1	22.5	8.2	15.7
	<b>30°</b>	17.3	10	12.1	20.8	12	14.5
<b>508.0</b>	<b>20°</b>	18.8	6.8	11.8	22.5	8.2	14.1
	<b>30°</b>	17.3	10	10.8	20.8	12	13.0
<b>558.8</b>	<b>20°</b>	18.8	6.8	10.7	22.5	8.2	12.8
	<b>30°</b>	17.3	10	9.9	20.8	12	11.8
<b>609.6</b>	<b>20°</b>	18.8	6.8	9.8	22.5	8.2	11.7
	<b>30°</b>	17.3	10	9.0	20.8	12	10.8
<b>660.4</b>	<b>20°</b>	18.8	6.8	9.1	22.5	8.2	10.8
	<b>30°</b>	17.3	10	8.3	20.8	12	10.0

Para trabajos con velocidades de corte de 20 m/min (parte izquierda de la tabla 3), encontramos que la velocidad máxima de giro de la herramienta es de 23.5 RPM. Por tanto, se requiere de un reductor de 80:1 para obtener una velocidad de giro en la salida del eje de 22.5 RPM.

Finalmente, encontrados los parámetros de potencia (establecido en el numeral anterior) y de velocidad. Seleccionamos para el proceso de Bruñido un Motorreductor helicoidal marca FLENDER de origen Alemán, Ref. DF88M100M4 con motor trifásico de 3HP y Relación 80/1. Para anclaje frontal por flanche circular mostrado en la figura 44. Para obtener las diferentes velocidades de giro (tabla 3), se instaló un variador de frecuencia para el motor eléctrico.

**Figura 44.** Motorreductor seleccionado marca FLENDER

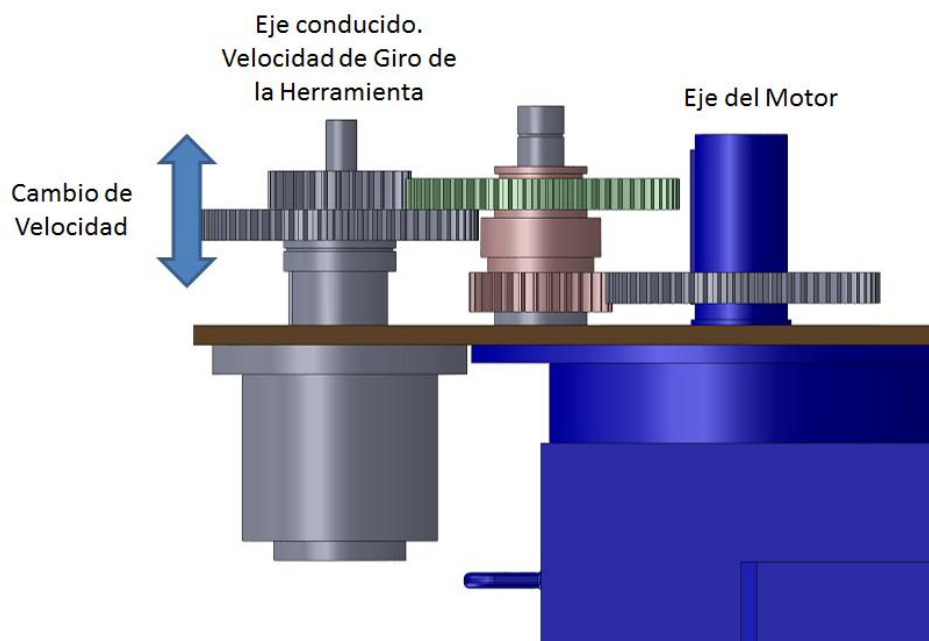


### **5.3. DISEÑO DE CAJA DE CAMBIO DE VELOCIDAD PARA OPERACIÓN DE DESBASTE EN LAS CAMISAS**

La velocidad de salida del motorreductor seleccionado es tan solo de 22.5 rpm. En LAVCO antes de efectuar el proceso de Bruñido, se realiza un desbaste previo que según criterio técnico del operador de la máquina debe estar entre 80 y 90 rpm. Por tanto, se adaptó una caja de 2 velocidades de relación 4:1. Las velocidades de salida serán 22.5 y 90 RPM mediante dos combinaciones.

- **Primera combinación (Desbaste):** Tren de engranajes de dos etapas. Aumento 1:2 seguido de aumento 1:2 para cuadruplicar la velocidad inicial o de salida del eje del reductor, es decir, velocidad final de salida de 90 RPM. Con esta velocidad se realiza un desbaste rápido del diámetro interno de las camisas, para realizar el bruñido posterior.
- **Segunda combinación (Bruñido):** Tren de engranajes de dos etapas. Aumento 1:2 seguido de reducción 2:1 para volver a la velocidad inicial o de salida del eje del reductor, es decir, velocidad final de salida de 22.5 RPM. Con esta velocidad, y con el variador de frecuencia, podemos obtener las diferentes velocidades de corte entre 8 y 22.5 RPM para cada ángulo de bruñido requerido (Ver tabla 3)

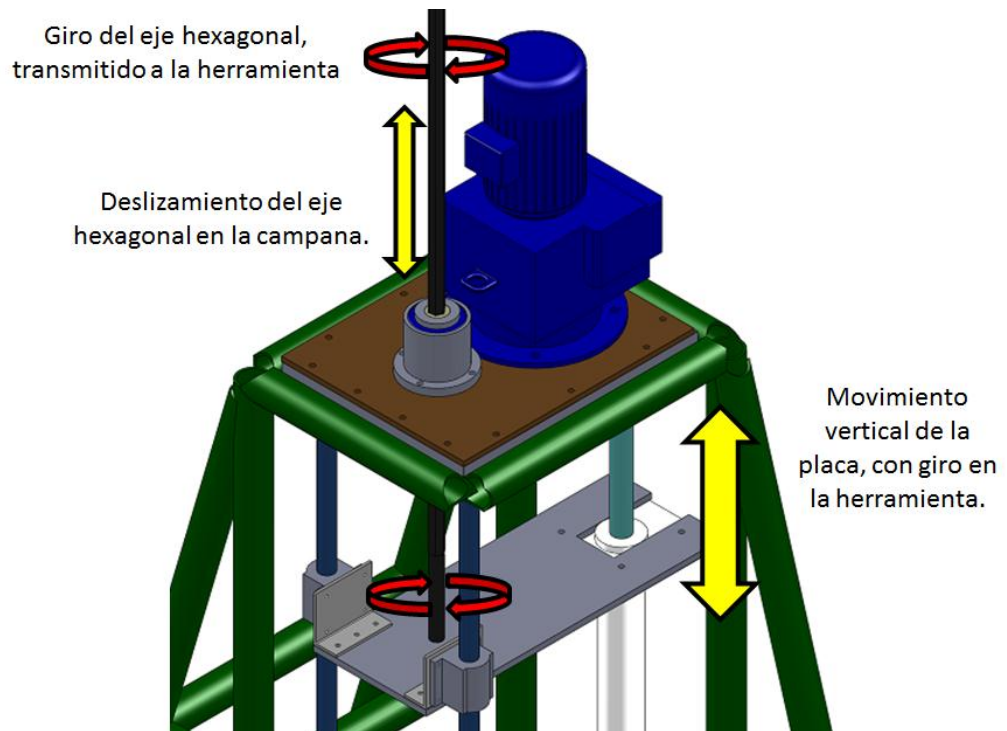
**Figura 45.** Diseño caja de velocidades



#### **5.4. SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE GIRO A LA HERRAMIENTA**

Como se explicó anteriormente, para generar un ángulo de ralladura en el corte, es necesario relacionar velocidades de giro y de avance. La velocidad de giro se determinó que sería accionada mediante la caja de velocidades acopladas al motorreductor. Éste motor, se fijó en la parte superior de la estructura, por tanto, fue necesario diseñar un sistema de transmisión del giro, a una placa con desplazamiento vertical. La transmisión se consiguió por medio de un eje hexagonal deslizante sobre bujes mecanizados de la misma forma, con esto el giro es transmitido del engranaje al eje hexagonal quien al mismo tiempo se desliza verticalmente.

**Figura 46.** Transmisión de giro del motor a la herramienta



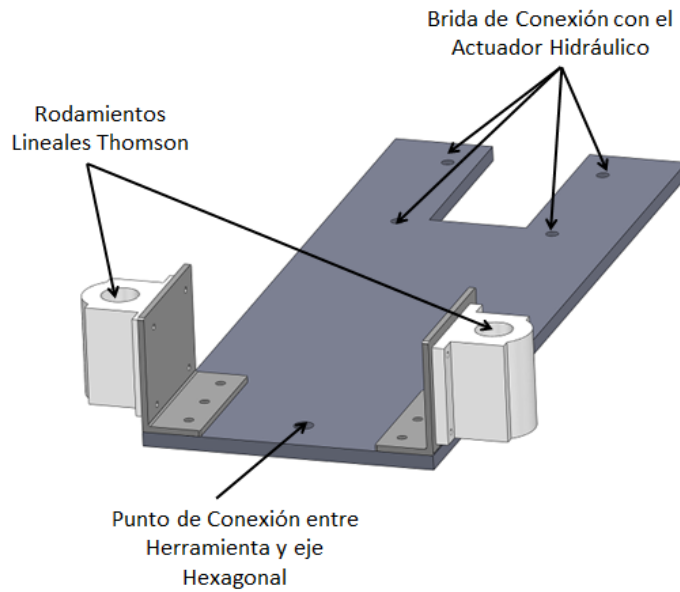
## 5.5. DISEÑO DE LA PLACA MÓVIL

Se plantea la fabricación de la placa móvil con una lamina de acero de 0.5 pulgadas de espesor. Esta placa es la encargada de soportar la herramienta, es accionada por el actuador lineal para realizar el movimiento vertical y acopla el giro transmitido desde la caja de velocidades con la herramienta de corte.

Para garantizar un movimiento netamente vertical, la placa tiene conectado dos rodamientos lineales que realizaran la función de deslizamiento sobre sus respectivas guías, la figura 47 ilustra el diseño de la placa.

**Figura 47.** Diseño de la placa móvil

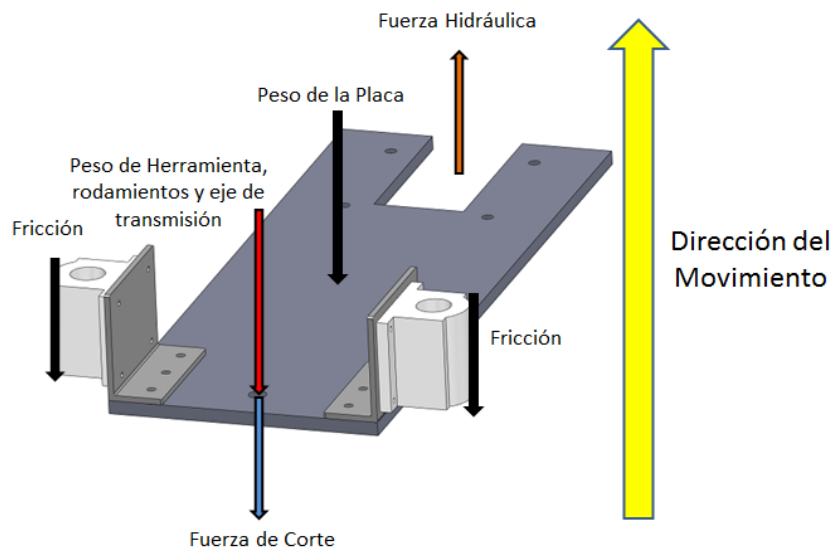
**Fuente:** Autores del proyecto. Importada desde SolidWorks



Para realizar el diseño adecuado de esta placa, se deben conocer las fuerzas que actúan sobre ella. Las fuerzas presentes en la placa se muestran en la figura 48, debido a que el sistema es crítico en el ascenso, el diseño se basó para esta situación.

**Figura 48.** Fuerzas presentes en el ascenso

**Fuente:** Autores del proyecto importada desde SolidWorks



Donde:

$f_c = \text{Fuerza de Corte}$

$W_p = \text{Peso de la placa}$

$W_h = \text{Peso de la herramienta}$

$W_{comp} = \text{Peso del eje hexagonal, rodamientos, etc.}$

$f_f = \text{Fuerza de fricción}$

$f_h = \text{Fuerza hidráulica}$

Como la velocidad de la placa es constante. Entonces, la fuerza hidráulica se determina mediante la ecuación (5.5) y es igual a:

$$f_h = 2 * f_f + W_p + W_{comp} + W_h + f_c \quad \textbf{Ecuación 5.2}$$

Estos valores son inicialmente sobreestimados para realizar un diseño de la placa con un factor de seguridad alto, en el siguiente capítulo se tratarán mas a fondo estos valores:

$$f_c = 800 \text{ lbf}$$

$$W_p = 60 \text{ lbf}$$

$$W_h = 30 \text{ lbf}$$

$$W_{comp} = 100 \text{ lbf}$$

$$f_f = 10 \text{ lbf}$$

$$f_h = \text{Fuerza hidráulica}$$

Por tanto la fuerza hidráulica es:

$$f_h = 1000 \text{ lbf}$$

Esta fuerza será la carga en los dos rodamientos. Por tanto, la carga en cada rodamiento será de 500 lbf.

## 5.6. SELECCIÓN DE RODAMIENTOS

Para garantizar un movimiento lineal deslizante, de baja fricción y confiable en la operación del Bruñido, se seleccionaron rodamientos lineales Thomson con diámetro de eje  $D=1.5$  in.

La vida del sistema de deslizamiento se puede calcular fácilmente con la capacidad de carga del rodamiento, la dureza del eje y la carga aplicable. Sin embargo, en muchos casos, el fracaso del sistema de deslizamiento puede ser causado por el diseño incorrecto de elementos periféricos al rodamiento, incluido el eje y el alojamiento, la operación de montaje inadecuado o indebido. Una seria consideración de estos factores periféricos, además de capacidad de carga, son altamente recomendables cuando se está diseñando un sistema de deslizamiento lineal para alguna aplicación.

La capacidad de carga dinámica es la carga que permite una duración de vida de 2 millones de pulgadas (50 Km), sin cambiar su magnitud y dirección. La duración de vida se puede obtener de la siguiente ecuación:

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^3 * 2 * 10^6 \quad \textbf{Ecuación 5.3}$$

$L =$  Vida de trabajo (pulgadas)

$C =$  Carga dinámica de trabajo (lbs)

$P =$  Carga (lbs)

En el uso práctico de un rodamiento, otros factores que afectan la vida, tales como la dureza del eje y condición de carga deben ser consideradas. La ecuación para el cálculo de la vida del rodamiento debe considerando estos factores adicionales es:

$$L = \left(\frac{f_h C}{f_w P}\right)^3 * 2 * 10^6 \quad \textbf{Ecuación 5.4}$$

$f_h =$  Factor de dureza       $f_w =$  Coeficiente de carga

La duración de vida en horas se puede calcular mediante la obtención de la distancia de viaje por unidad de tiempo de la siguiente manera:

$$L_h = \frac{L}{2 * L_s * N_1 * 60} \quad \textbf{Ecuación 5.5}$$

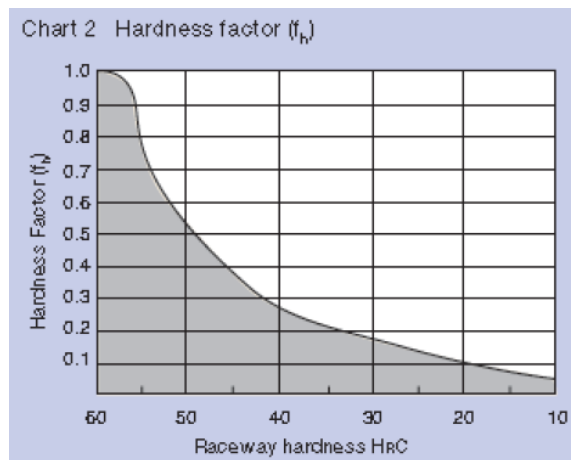
$L_h$  = Vida de trabajo en horas

$L_s$  = Longitud de la carrera

$N_1$  = Número de ciclos por minuto

$L$  = Vida de trabajo (pulgadas)

**Figura 49. Factor de dureza en los ejes**



**Tabla 4. Coeficiente de carga en ejes**

CONDICIONES DE OPERACIÓN	(f <sub>w</sub> )
Operación a baja velocidad (600 in/min o menor) sin choques impulsivos.	1 - 1.5
Operación a media velocidad (2400 in/min o menor) sin choques impulsivos.	1.5 - 2.0
Operación a alta velocidad (mayores de 2400 in/min) con choques impulsivos.	2.0 - 3.5

Al calcular la carga del rodamiento es necesario obtener exactamente el peso, la fuerza inercial basada en la velocidad, momento de carga y cada transición a medida que pasa el tiempo. Sin embargo, es difícil calcular con precisión esos valores porque el movimiento de vaivén implica la repetición de arranques y paradas, así como la vibración e impacto. Un enfoque más práctico es obtener

el coeficiente de carga mediante la adopción de las condiciones de funcionamiento efectivo.

El eje debe estar endurecido a 60-65 HRC cuando un sistema de guiado de este tipo se usa. Si no se endureció, la carga admisible se reduce y la vida del rodamiento se acortara (ver figura 49).

### 5.6.1. Cálculo de la vida de trabajo de los rodamientos

Carga por rodamiento: 500 lbs      Dureza del eje: 60 HRC  
 Distancia del recorrido: 60 in      Tipo de Rodamiento: SSUPB24  
 Rata de ciclos por minuto: 4      Velocidad del rodamiento: 400 in/min

Del catálogo de rodamientos (Anexo C) encontramos la carga dinámica del rodamiento

**Figura 50. Especificaciones para los Rodamientos Lineales**  
**Fuente: Catálogo Rodamientos Thomson**



Bore Dia. (in.)	Body Width (in.)	Overall W (in.)	Overall Length (in.)	Overall H (in.)	Dynamic Load Cap. (lb.)	Mfr. Model	Item No.
<b>Super Smart Ball Bushing® Open</b>							
0.500	1.440	2.000	1.500	1.130	265	SSUPB08	4YRN5
0.625	1.630	2.500	1.750	1.440	620	SSUPB10	2LEJ5
1.000	2.440	3.250	2.630	2.000	1900	SSUPB16	4YRN6
1.250	3.130	4.000	3.380	2.560	2350	SSUPB20	2LEJ6
1.500	3.630	4.750	3.750	2.940	3880	SSUPB24	2LEJ7
<b>Super Smart Ball Bushing® Closed</b>							
0.500	1.380	2.000	1.500	1.130	265	SS6UPB8	4YRN3
0.625	1.750	2.500	1.940	1.630	620	SSUPB10	2LEJ2
1.000	2.380	3.250	2.810	1.187	1900	SSUPB16	4YRN4
1.250	3.000	4.000	3.630	2.810	2350	SSUPB20	2LEJ3
1.500	3.500	4.750	4.000	3.250	3880	SSUPB24	2LEJ4

Luego la carga dinámica es: 3880 lbs. De la tabla del factor de dureza del eje obtenemos que el  $f_h = 1.0$  y de la tabla de condiciones de operación se obtiene un  $f_w = 1.0$  , entonces encontramos la vida de trabajo del rodamiento con la ecuación (5.)

$$L = \left( \frac{1.0}{1.0} * \frac{3880}{500} \right)^3 * 2 * 10^6 = 9.34 * 10^8$$

Y calculando el tiempo de vida con la ecuación (5.5) obtenemos:

$$L_h = \frac{L}{2 * L_s * N_1 * 60} = \frac{9.34 * 10^8}{2 * 60 * 4 * 60} = 32450 \text{ h}$$

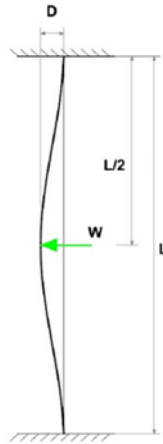
El tiempo estimado de trabajo de la máquina es aproximadamente de 100 h/semana, por tanto, el pronóstico de vida de los rodamientos es aproximadamente de 6 años.

### 5.6.2. Chequeo de flexión en los ejes

Cuando los rodamientos lineales Thomson se utilizan en una configuración apoyada en los extremos es importante asegurar que las desviaciones que ocurran en los ejes se mantengan dentro de las limitaciones permisibles del sistema de lo contrario, el funcionamiento y la vida útil de los componentes del rodamiento lineal se podría reducir y causar fallas prematuras.

Según el diseño establecido para las cargas, el eje se comporta como una viga empotrada apoyada en los dos extremos y la forma más crítica de la carga es en forma puntual en el centro de los ejes de la siguiente forma:

**Figura 51.** Comportamiento de eje como viga



**Donde**

*D = deflexión en el centro*

*L = Distancia entre los soportes*

*W = Carga por rodamiento*

La teoría de vigas es una parte de la resistencia de materiales que permite el cálculo de esfuerzos y deformaciones en las mismas. Si bien las vigas reales son sólidos deformables, en teoría de vigas se hacen ciertas simplificaciones gracias a las que se pueden calcular aproximadamente las tensiones, desplazamientos y esfuerzos en las vigas como si fueran elementos unidimensionales. De la resistencia de materiales se encuentra que el modelo anterior se rige por la siguiente ecuación matemática

$$D = \frac{WL^3}{192*EI} + \frac{5*SL^4}{384*EI} \quad \text{Ecuación 5.6}$$

*S = Peso del eje por pulgada*

*E = Modulo de elasticidad del material del eje*

*I = Momento de inercia de la sección transversal del eje*

Remplazando los valores en la ecuación ( 5. ) encontramos la flexión máxima en el eje.

$$D = \frac{500 * 70^3}{192 * 1.07 * 10^8} + \frac{5 * 0.28 * 70^4}{384 * 1.07 * 10^8} = 0.00843''$$

Esta deformación máxima en los ejes es permisible para el sistema de guiado lineal, pues está dentro de rango exigido por el fabricante.

### **5.7. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN**

El sistema de lubricación que se utilizará en la bruñidora, es por decisión de la empresa, el anteriormente utilizado en la bruñidora horizontal, y es accionado independientemente del sistema de control de la máquina.

## 6. DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA HIDRÁULICO

Teniendo en cuenta que el parámetro más importante en el funcionamiento de la máquina, es la realización de un corte cruzado simétrico con respecto a la vertical y que dicho corte simétrico se logra únicamente manteniendo velocidades iguales en ambos sentidos (descenso y ascenso de la herramienta) optamos por seleccionar un cilindro de doble vástago, de esta manera garantizamos que las velocidades de ida y vuelta sean iguales sin necesidad de estar regulando caudal para mantenerlas de esta forma, así no se desperdiciaría energía.

**Figura 52.** Cilindro de doble vástago.



### Dimensiones del cilindro:

Diámetro Interno del cilindro: 3 pulgadas

Diámetro del vástago: 1.75 pulgadas

Longitud de carrera: 60 pulgadas

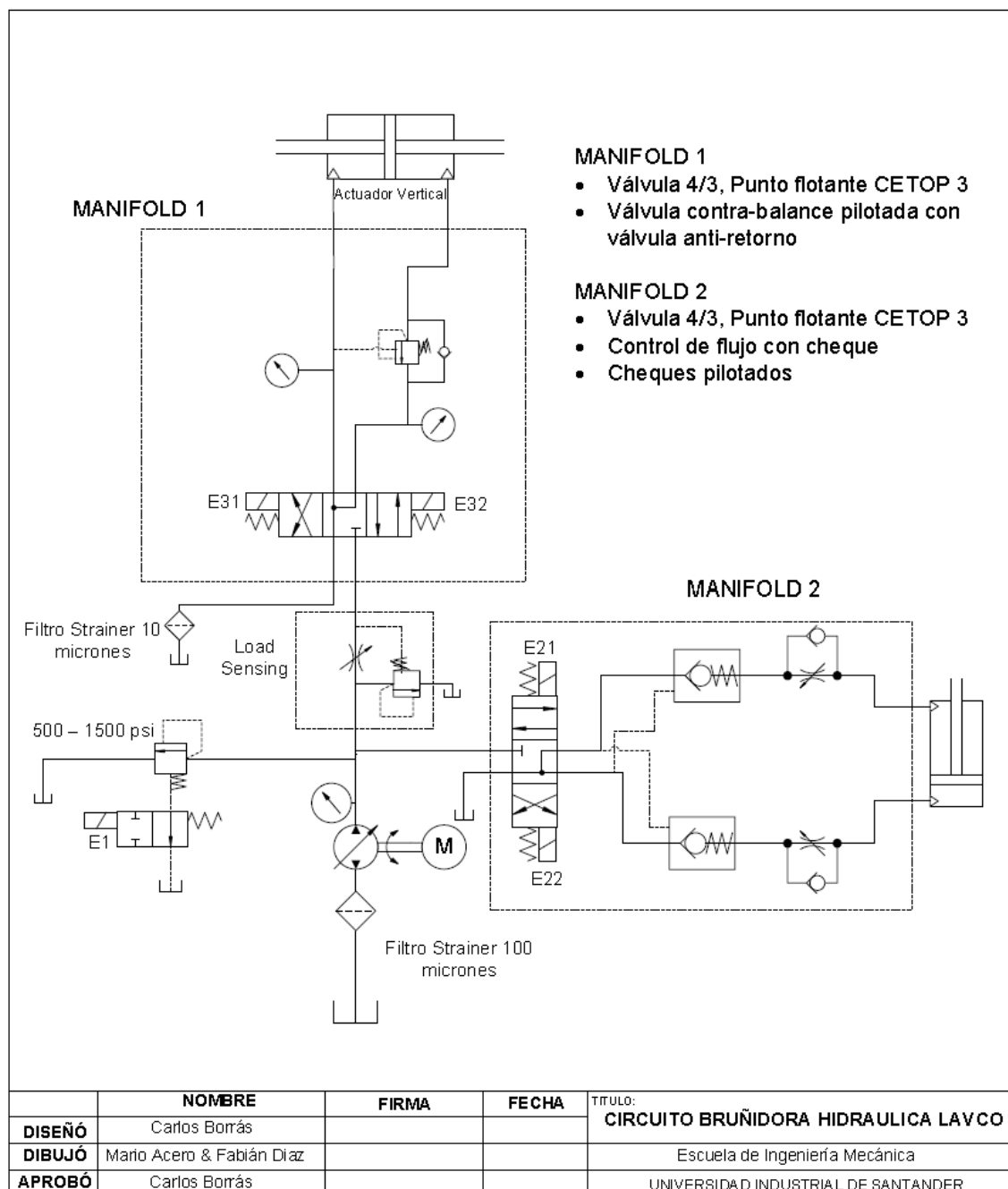
La disposición de la máquina implica que haya que subir y bajar una carga (placa móvil, herramienta, componentes mecánicos y cuerpo del cilindro) con un movimiento suave y esta carga también debe poder detenerse a cualquier altura, por lo que es necesario tener una válvula que permita que la carga se desplace sin movimientos bruscos y que no se desboque por efectos de la gravedad y la inercia adquirida en el descenso, debe haber un control de presión tarado óptimamente para prevenir accidentes y no malgastar energía y obviamente debe haber un control direccional conformado por una válvula de tres posiciones teniendo en cuenta la elección más apropiada para la posición central, una válvula de sensado de carga garantiza una entrada constante de

caudal al cilindro sin importar las cargas extras fluctuantes que pueda llegar a tener el sistema.

Para el movimiento unidireccional de la bancada móvil, el sistema constara de: control direccional, control de velocidad y control de seguridad con válvula de cheque pilotado.

**Figura 53.** Plano del circuito Hidráulico de la Bruñidora

**Fuente:** Cortesía Carlos Borrás



## 6.1. VALVULAS UTILIZADAS EN EL CIRCUITO HIDRÁULICO

Las válvulas utilizadas en el diseño del circuito hidráulico de la maquina bruñidora vertical son las mencionadas a continuación.

### 6.1.1. Válvulas de control direccional

**Figura 54.** Válvulas direccionales de corredera accionadas por solenoide.

**Fuente:** Rexroth. Manual de Oleohidráulica Industrial.

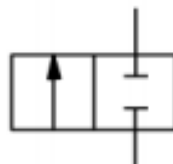


#### 6.1.1.1. Válvula direccional de dos vías dos posiciones

Las válvulas de dos posiciones y dos vías permiten el paso o parada de un flujo a través de una línea hidráulica (ver figura 55)

**Figura 55.** Válvulas de dos vías con dos posiciones

**Fuente:** Parker. Tecnología hidráulica industrial. 1999



Su aplicación en la bruñidora será permitir una opción de venteo.

### 6.1.1.2. Válvula direccional de cuatro vías tres posiciones

La principal característica de las válvulas direccionales de cuatro vías y tres posiciones es que puede haber una gran variedad de condiciones centrales que se pueden conseguir en el mismo cuerpo de la válvula con el uso del spool adecuado.

**Figura 56.** Centro de Punto Flotante

**Fuente:** Manual de Oleohidráulica Industrial Vickers



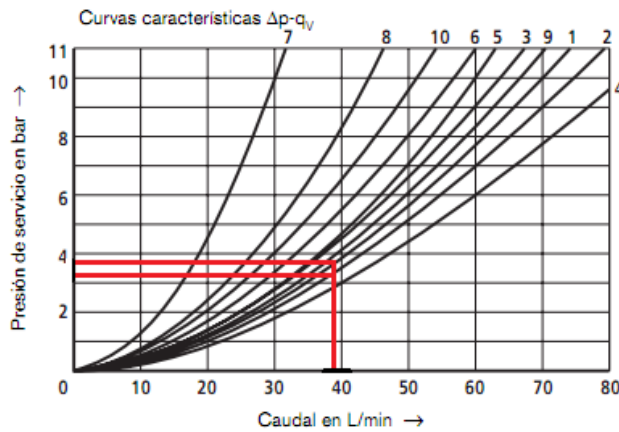
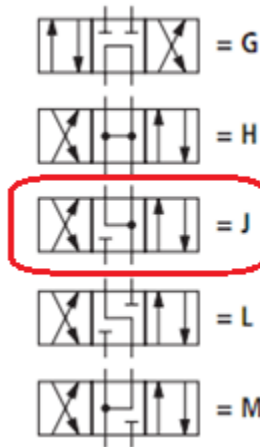
El tipo de centro seleccionado, para las dos válvulas direccionales de cuatro vías tres posiciones que funcionarían en la máquina bruñidora vertical fue Centro punto flotante que se muestra en la figura 56, este centro permite el funcionamiento independiente de los actuadores y también permite que en el momento de la conmutación del spool las líneas de A y B comuniquen con tanque y de esta manera el cambio de sentido de dirección vertical de la herramienta no sea tan brusco y así el acabado final del proceso sea el más óptimo.

### 6.1.1.3. Caída de presión a través de las válvulas de control direccional

La mayoría de los fabricantes prueban sus válvulas con respecto a la capacidad de flujo y desarrollan cartas o curvas que muestran la tasa de flujo contra la caída de presión a través del equipo.

La presión requerida para permitir un flujo a través de una válvula direccional no desarrolla trabajo útil, por tal razón, la pérdida de presión es un indicativo del calor generado en la válvula. En una gráfica típica de presión versus flujo, la caída de presión está dada para varias direcciones de flujo a través de válvula direccional (figura 57).

**Figura 57.** Curvas características de pérdidas a través de una válvula direccional  
**Fuente:** Catalogo de válvulas direccionales. Rexroth Bosch Group



7 Símbolo "R" en posición de conmutación B - A  
 8 Símbolos "G" y "T" en posición central P - T  
 9 Símbolo "H" en posición central P - T

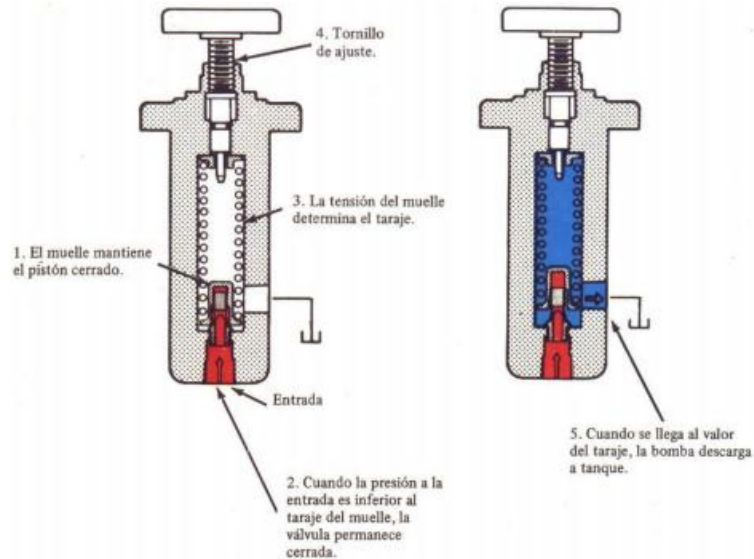
Símbolo	Sentido de flujo del caudal			
	P - A	P - B	A - T	B - T
A; B	3	3	-	-
C	1	1	3	1
D; Y	5	5	3	3
E	3	3	1	1
F	1	3	1	1
T	10	10	9	9
H	2	4	2	2
J; Q	1	1	2	1
L	3	3	4	9
M	2	4	3	3
P	3	1	1	1
R	5	5	4	-
V	1	2	1	1
W	1	1	2	2
U	3	3	9	4
G	6	6	9	9

### 6.1.2. Válvula de alivio

En todo sistema hidráulico, por seguridad debe haber una válvula que descargue a tanque el fluido hidráulico en caso de que la presión aumente desmesuradamente, una válvula de alivio permite realizar este proceso cuando una presión piloto que actúa en el extremo de un conmutador se vuelve lo suficientemente alta para vencer la fuerza que ejerce un resorte en el otro

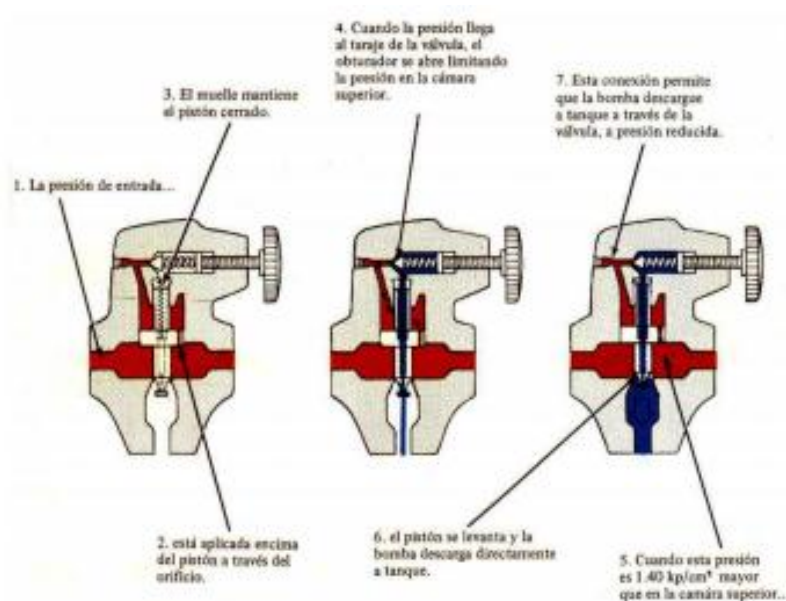
extremo, así el conmutador se mueve y permite la descarga del caudal a tanque (ver figura 58).

**Figura 58.** Válvula de seguridad simple  
**Fuente:** Manual de Oleohidráulica Industrial Vickers



Las válvulas de alivio pueden ser también, válvulas operadas por piloto. Estas consisten en un conjunto formado por dos válvulas: la válvula principal y la válvula piloto además de poseer un puerto frente a la válvula piloto, donde se puede conectar otro nivel de presión o venteo (Ver figura 59)

**Figura 59.** Válvula de seguridad pilotada  
**Fuente:** Manual de Oleohidráulica Industrial Vickers

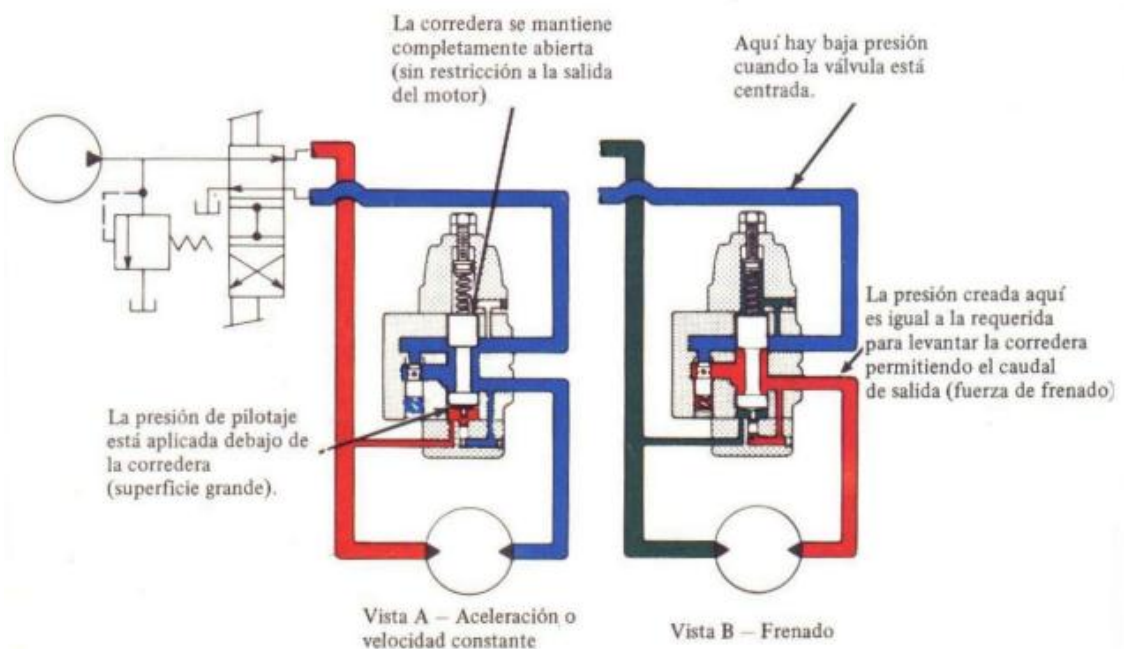


### 6.1.3. Válvula de freno

Una válvula de freno es una válvula de control de presión normalmente cerrada operada por piloto remoto y directo simultáneamente, el piloto remoto mantiene la válvula completamente abierta con una presión relativamente baja, así la presión a la entrada del cilindro únicamente será la necesaria en el proceso, si el cilindro intentara desbocarse habrá una caída de presión en la línea de entrada del mismo y la válvula se cierra desacelerando la carga. El piloto interno permite sostener la carga a la altura que se desee sin preocupación de que esta se caiga. Una válvula antirretorno permite el paso de fluido en la dirección contraria (ver figura 60).

**Figura 60.** Válvula de freno

**Fuente:** Manual de Oleohidráulica Industrial Vickers



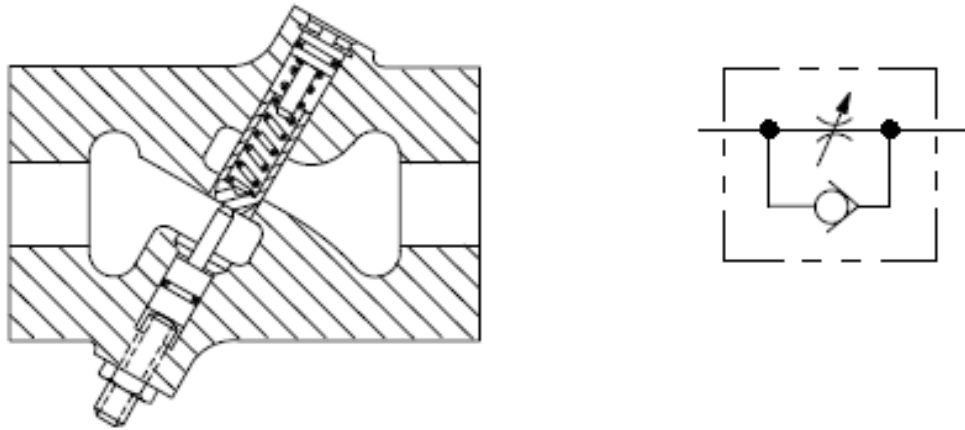
### 6.1.4. Válvulas reguladoras de caudal

La función principal de la válvula reguladora de caudal (ver figura 61) es limitar el caudal que pasa a través de ella, para esto opone resistencia al fluido que la atraviesa, forzando la bomba de desplazamiento positivo a aumentar la presión hasta la presión de taraje de la válvula de alivio para así poder desviar el caudal restante. La función de una válvula reguladora en un circuito puede variar de acuerdo a la posición en la cual se encuentre es decir si se encuentra

antes del cilindro (“alimentación regulada”) o después (“descarga regulada”), en nuestro caso utilizaremos descarga regulada pues este tipo de circuitos proporcionan una regulación efectiva cuando la inercia de la carga tiende a desbocar el actuador. La figura 62 muestra la caída de presión con respecto a el caudal en este tipo de válvulas.

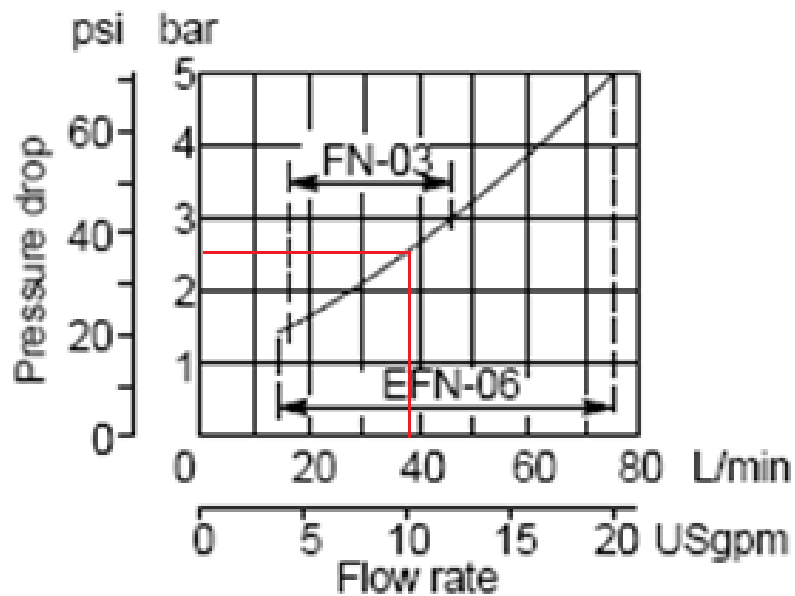
**Figura 61.** Válvula reguladora de caudal.

**Fuente:** Catalogo Vickers EATON.



**Figura 62.** Caída de presión en válvula de regulación de caudal.

**Fuente:** Catalogo Vickers EATON.

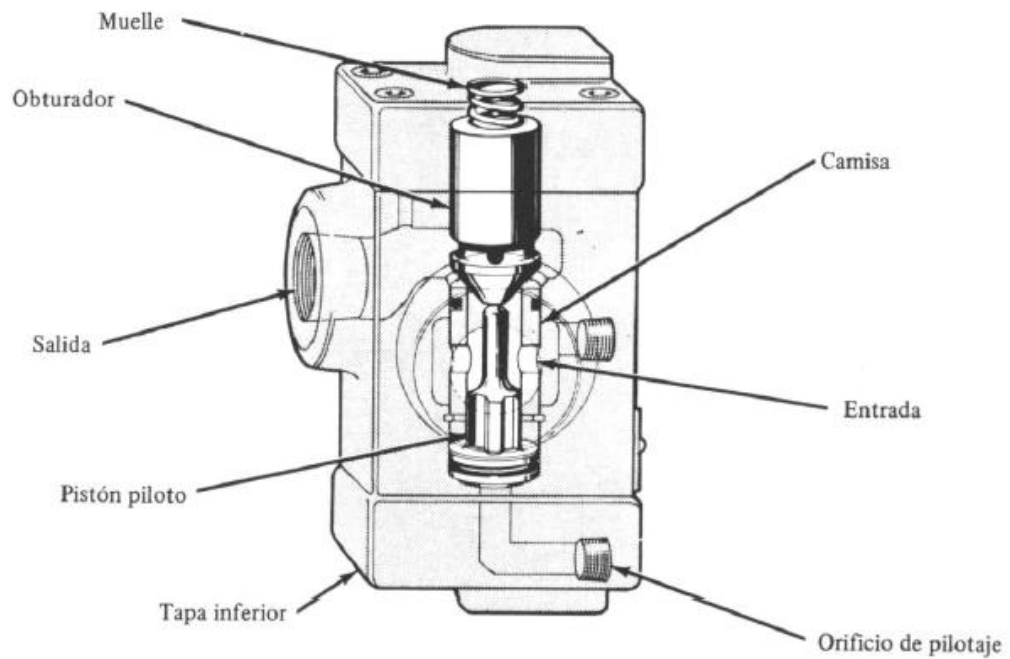


### 6.1.5. Válvulas antirretorno pilotadas

Las válvulas antirretorno pilotadas están diseñadas para permitir el paso libre del fluido en una dirección y para bloquear el caudal de retorno en la dirección opuesta hasta que la válvula se abra debido a la acción de un piloto exterior. Su uso en la maquina bruñidora vertical será para mantener bloqueada la banca móvil en cualquier posición en caso de que hayan fugas a través del pistón y la camisa del cilindro. La figura 63 muestra el corte de este tipo de válvulas.

**Figura 63.** Sección de una válvula antirretorno pilotada tipo 4C

**Fuente:** Manual de Oleohidráulica Industrial Vickers



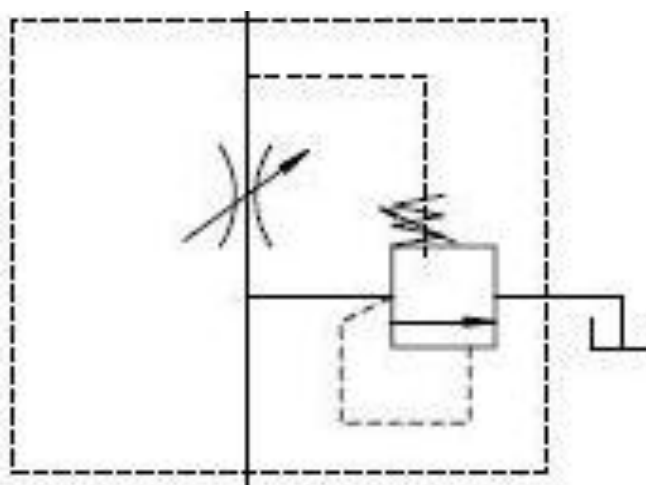
**Figura 64.** Características de una válvula antirretorno pilotada tipo 4C  
**Fuente:** Catalogo Vickers EATON.

Model	Spring	Pressure PSI	Check- Valve	Guide/ Poppet
4C*-06-A-21	354636	30	359859	359860
4C*-06-DA-21			342366	354644
4C*-06-B-21	386660	50	359859	359860
4C*-06-DB-21			342366	354644
4C*-06-C-21	388352	75	359859	359860
4C*-06-DC-21			342366	354644
4C*-06-F-21	388353	150	359859	388358
4C*-06-DF-21			342366	388359

### 6.1.6. Válvula Load Sensing

La válvula Load Sensing (ver figura 65) es una válvula reguladora de caudal por derivación, compensada por presión. El uso de esta válvula garantiza una entrada de caudal fija en el actuador sin importar las cargas fluctuantes que puedan afectarlo en el proceso de trabajo, desviando proporcionalmente el caudal de exceso a tanque a través de un obturador interno y con una presión muchísimo menor que la presión de la válvula de alivio, siendo esta su principal característica.

**Figura 65.** Válvula de Load Sensing



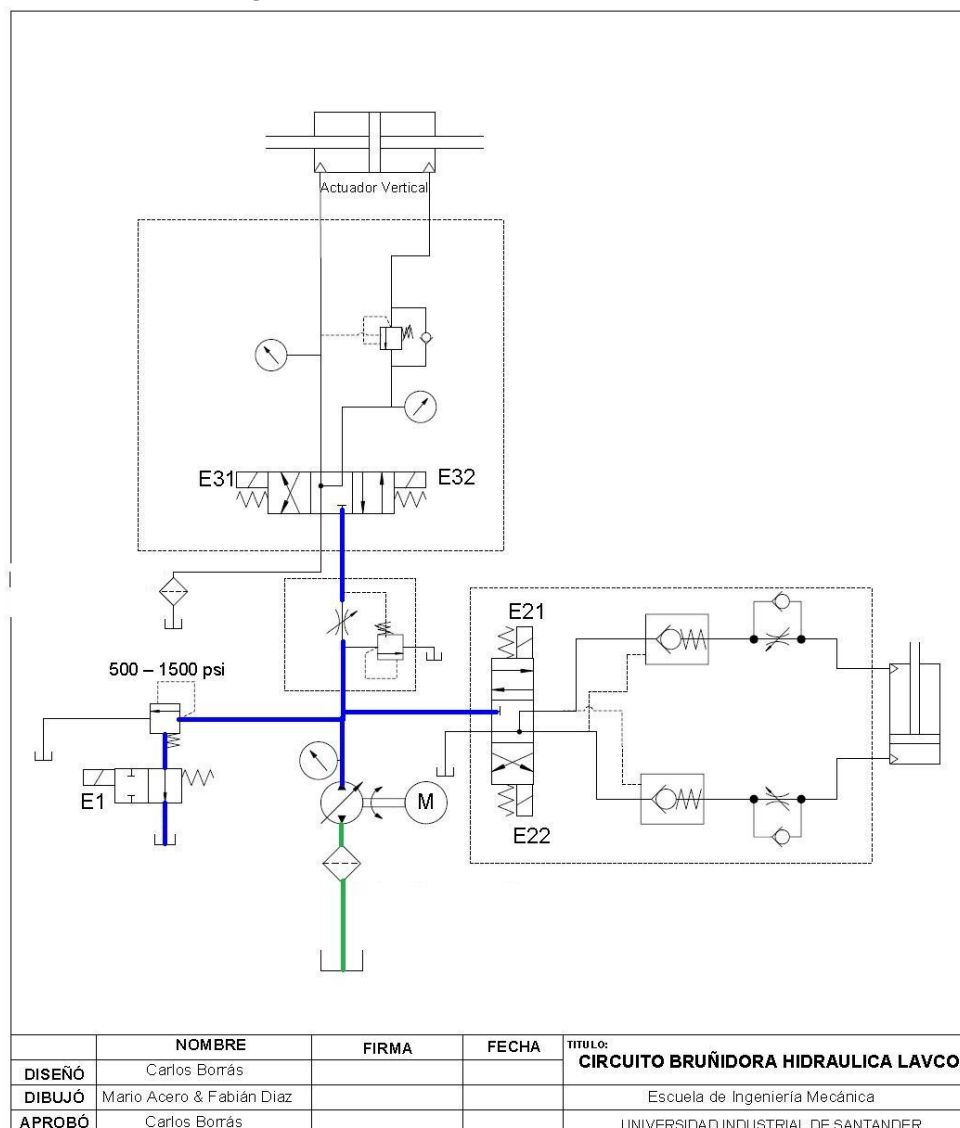
## 6.2. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA HIDRÁULICO

A continuación se describen las 5 posiciones que pueden existir en la máquina.

### 6.2.1. Arranque de sistema en venteo

En el arranque de la maquina se descarga a tanque todo el caudal de la bomba, la opción de venteo ayuda en el ahorro de la energía cuando sea necesario efectuar el montaje de la herramienta o cuando sea necesario realizar mediciones. La figura 66 representa el funcionamiento de este sistema.

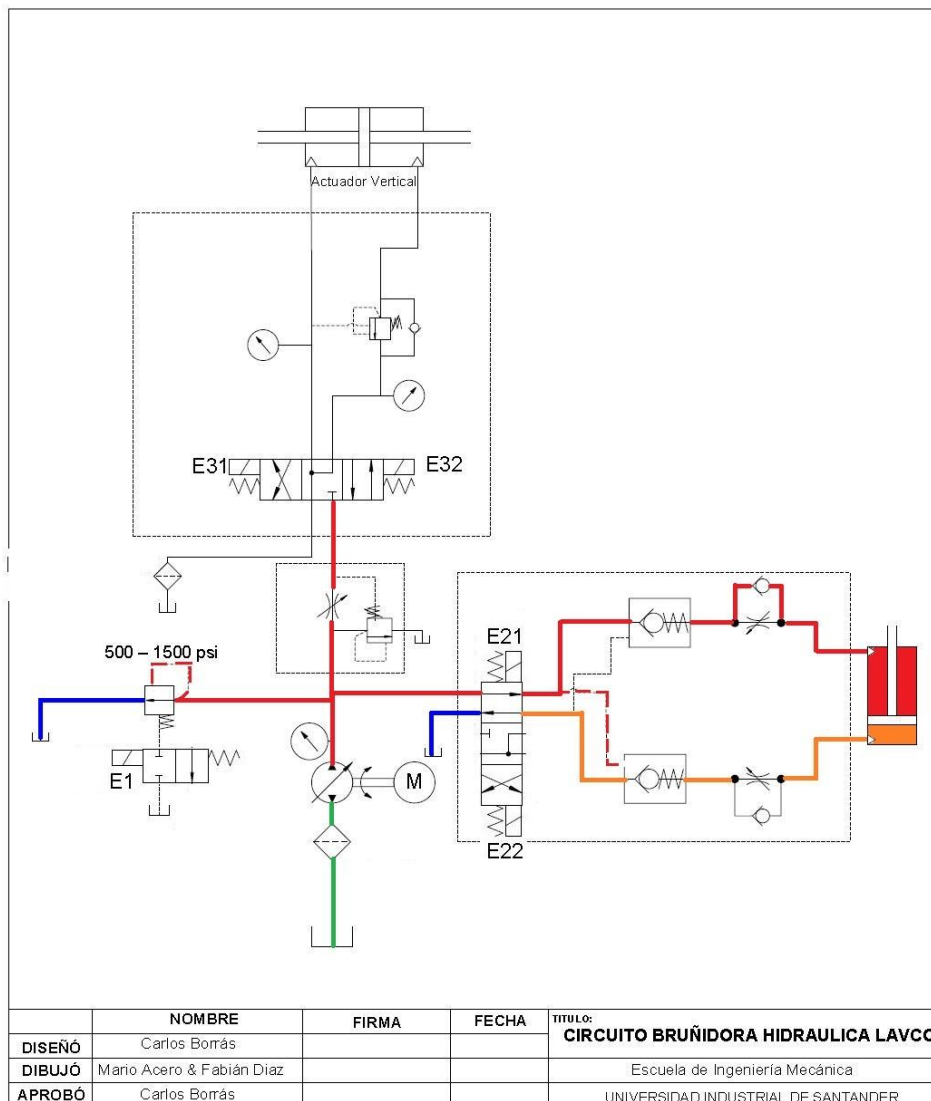
**Figura 66.** Sistema hidráulico en venteo



## 6.2.2. Centrado automático de las camisas con respecto a la herramienta de corte

Realizado ya el montaje de la herramienta y la pieza a tratar, se activa el solenoide E1 (ver figura 67), cerrando el venteo, para conseguir la presión de trabajo necesaria. Se procede con la activación del solenoide E21 (ver figura 67) para desplazar el cilindro encargado de mover la mesa portacamisas, centrando la pieza con la herramienta. El centrado automático se consigue con un final de carrera.

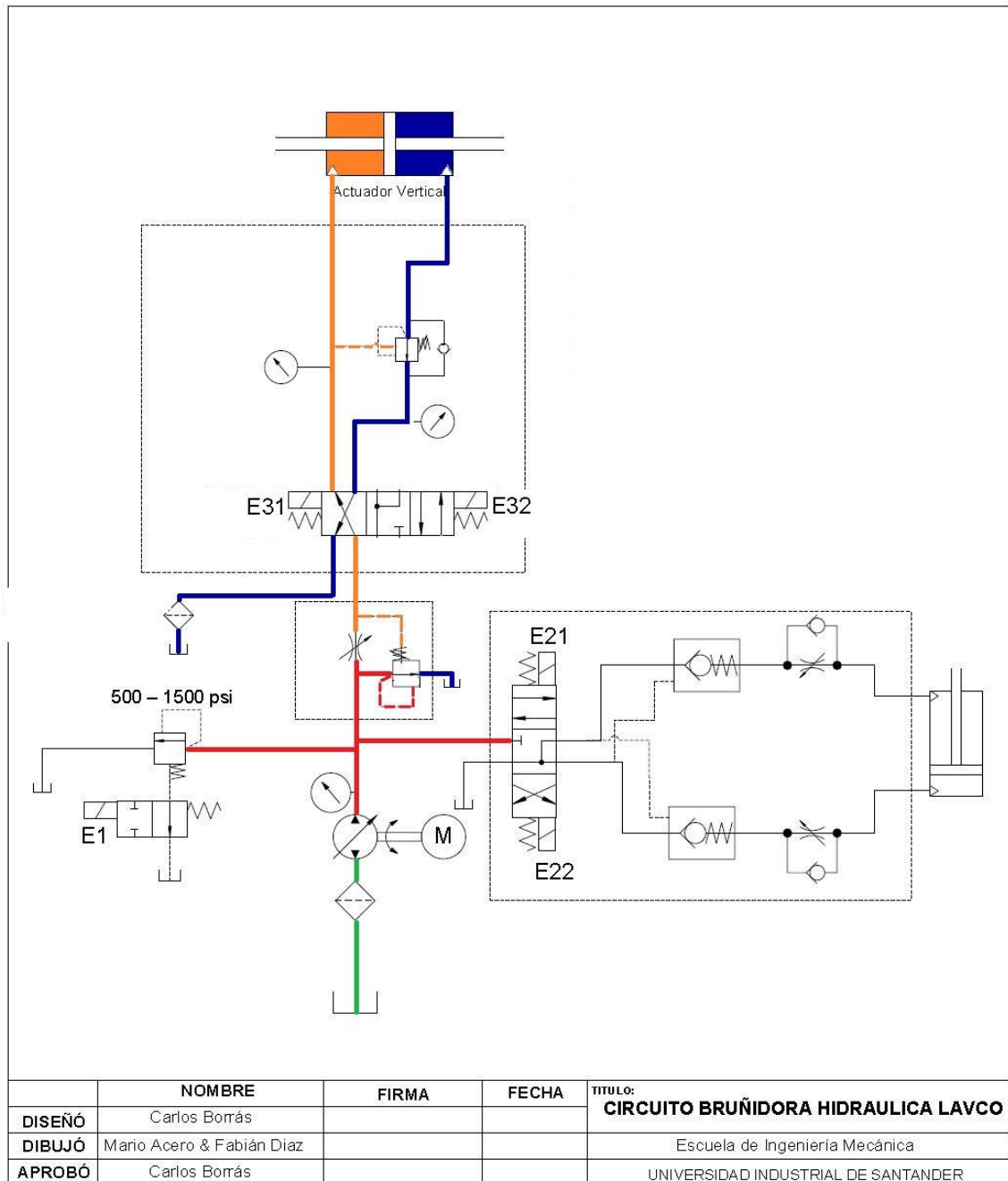
**Figura 67.** Posicionamiento de las camisas



### 6.2.3. Descenso del sistema móvil

Esta opción se da cuando se activa el solenoide E31 (ver figura 68), de esta manera se consiguen dos procesos. La aproximación de herramienta y el descenso en la operación de bruñido. La activación del solenoide será una vez por ciclo y de manera automática.

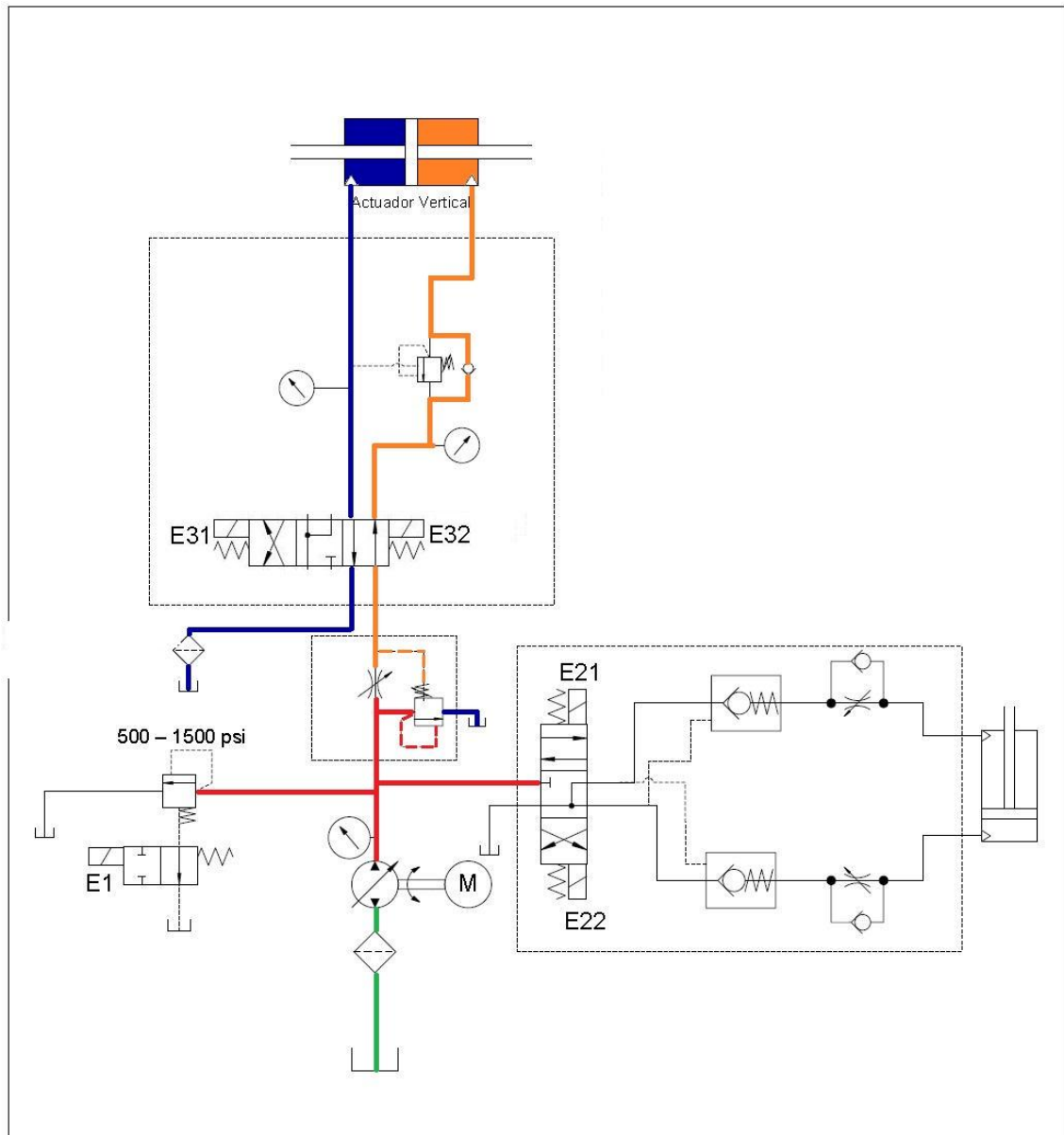
**Figura 68.** Descenso del sistema móvil



### 6.2.4. Ascenso del sistema móvil

La activación del solenoide E32 (ver figura 69), será también, una vez por ciclo durante el proceso de bruñido y de igual forma servirá para retirar la herramienta después de terminado el ciclo de trabajo.

**Figura 69.** Ascenso del sistema móvil

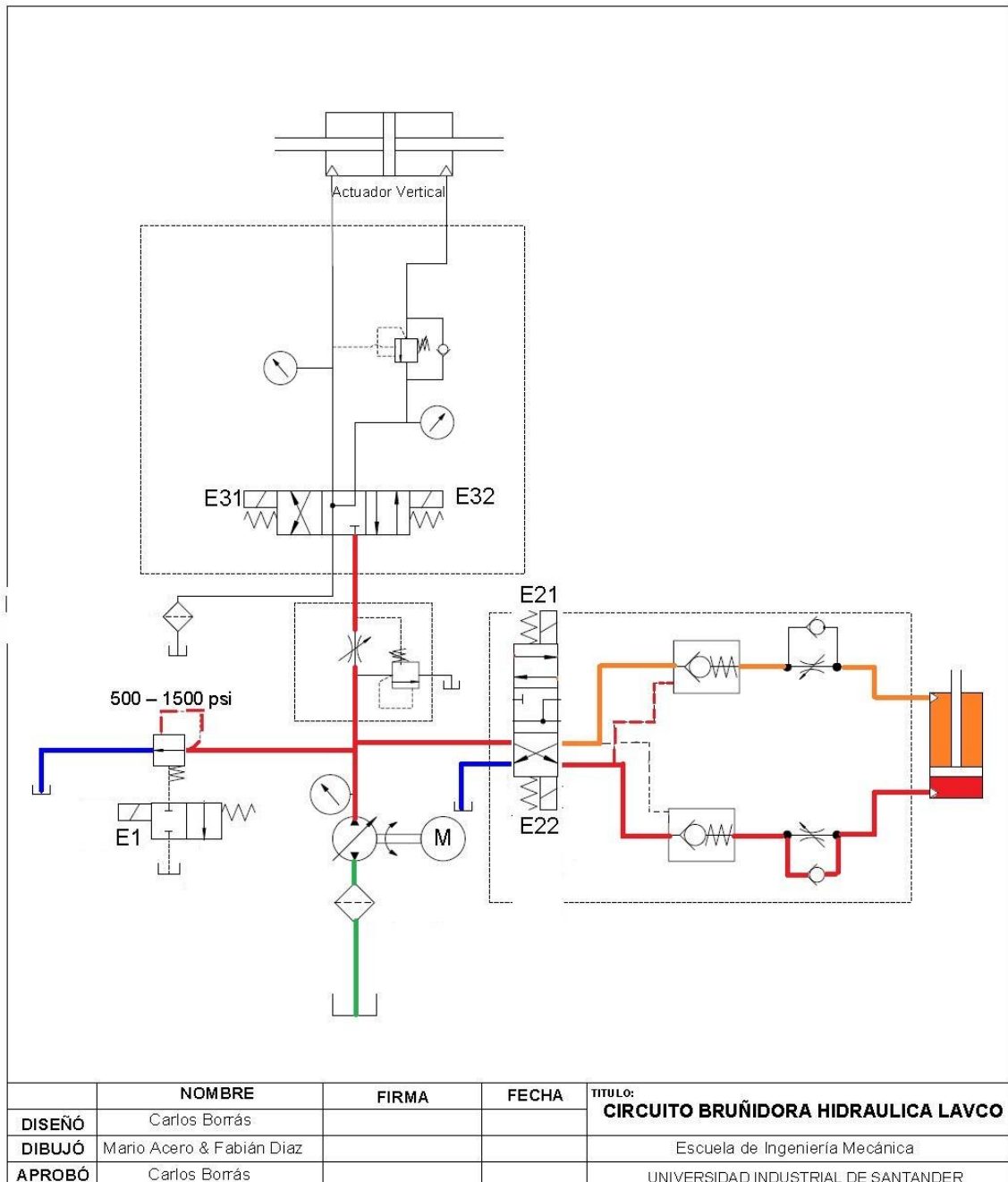


	NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:
DISEÑO	Carlos Borrás			<b>CIRCUITO BRUÑIDORA HIDRAULICA LAVCO</b>
DIBUJÓ	Mario Acero & Fabián Diaz			Escuela de Ingeniería Mecánica
APROBÓ	Carlos Borrás			UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

### 6.2.5. Salida de la mesa porta camisas

Finalizado ya el proceso de bruñido y retirada la herramienta. Es activado el solenoide E22 (figura 70) y con esto la pieza de trabajo es retirada de la maquina para realizar el control de calidad de la camisa.

**Figura 70. Salida Mesa Portacamisas**



### 6.3. SELECCIÓN DE LA BOMBA

Para calcular el caudal necesario por la bomba en la operación, utilizamos la velocidad de avance más crítica.

$$Q = V_{avance} * A_{anular\_piston} \quad \text{Ecuación 6.1}$$

$$V_{avance} = 12 \left[ \frac{m}{min} \right] = 472.4 \left[ \frac{in}{min} \right]$$

$$A_{anular\_piston} = \frac{\pi(3^2 - 1.75^2)}{4} = 4.66 [in^2] \quad \text{Ecuación 6.2}$$

$$Q = 472.4 * 4.66 = 2513.6 \frac{in^3}{min} * \frac{1gal}{231in^3} \approx 9.53 [GPM]$$

Con base en el cálculo anterior, se selecciona una bomba variable de pistones con un Q = 10 GPM.

### 6.4. DETERMINACIÓN DE LA PRESION MAXIMA EN EL SISTEMA

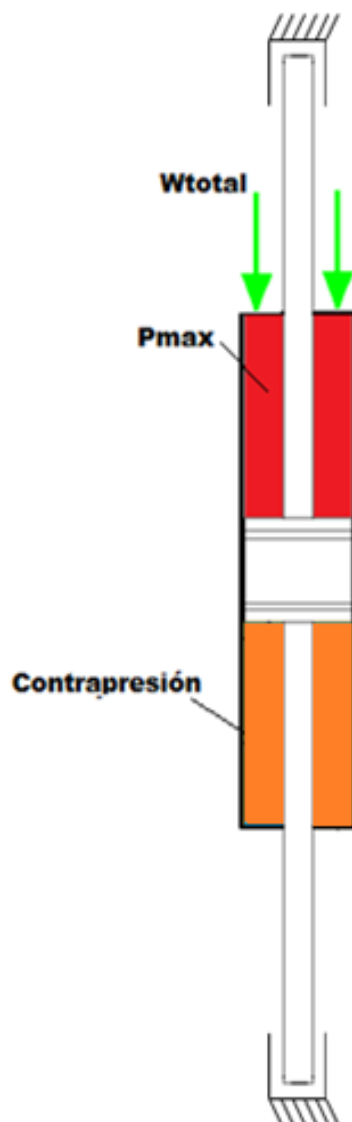
La presión máxima necesaria en el sistema será igual a la carga total mas la fuerza que ejerza la contrapresión de la otra cámara del cilindro dividido entre el área anular generada por el vástago y el cilindro. La carga por su parte será la suma de los pesos de la herramienta, de la placa móvil, de todos los componentes de ensamble del sistema móvil (muñón, rodamientos, barra hexagonal, pernos, etc.) la fuerza de corte vertical producida en el interior de la camisa, el cuerpo del cilindro hidráulico.

$$P_{max} [psi] = \frac{W_{total} [psi] + CP * A_{anular} [in^2]}{A_{anular} [in^2]} \quad \text{Ecuación 6.3}$$

#### Ecuación 6.4

$$W_{total} = W_{herramienta} + W_{placamovil} + W_{componentes} + F_{corte} + W_{cilhidráulico}$$

**Figura 71.** Diagrama de cuerpo libre del actuador doble vástago



#### **6.4.1. Determinación de los pesos**

Mediante el uso de una báscula digital de alta capacidad de carga se determinaron los pesos de los diferentes componentes que implican el sistema móvil así:

**Tabla 5. Peso de componentes móviles**

<b>COMPONENTE</b>	<b>PESO(Kgf)</b>
Placa de acero	28
Rodamientos Lineales	3
Herramienta	24
Acoples mecánicos	20
Barra hexagonal	18
Demás componentes	15
Cuerpo del cilindro	71
<b>Total</b>	<b>177.5</b>

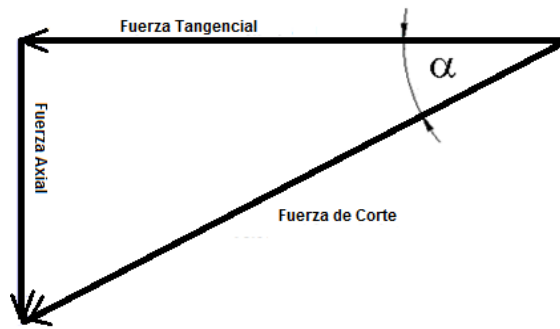
#### **6.4.2. Cálculo de la contrapresión**

La contrapresión es igual a la resistencia que pueda tener el fluido hidráulico en el retorno de la cámara del cilindro a tanque según la disposición del circuito hidráulico (*figura 68*), el único componente que ofrece resistencia es la válvula direccional y las pérdidas de retorno a través de ella se pueden obtener de la curva, (*figura 57*) para un caudal de 10 galones por minuto las pérdidas son aproximadamente **58 psi**.

#### **6.4.3. Cálculo de la fuerza de fricción**

La fuerza de fricción es la reacción a la fuerza de corte que ejercen las muelas abrasivas en la superficie interna de los cilindros al realizarse el proceso de bruñido o desbaste

**Figura 72.** Diagrama de fuerzas de corte



$$F_{corte} = \frac{\text{Potencia consumida}}{\text{Velocidad de corte}} \quad \text{Ecuación 6.5}$$

En el capítulo anterior, determinamos que la potencia de corte consumida y la velocidad de corte son:

$$\text{Potencia consumida} = 1.824 \text{ [CV]} = 1.34 \text{ [KW]}$$

$$\text{Velocidad de corte} = 24 \left[ \frac{\text{m}}{\text{min}} \right] = 0.4 \left[ \frac{\text{m}}{\text{seg}} \right]$$

Por tanto, utilizando la ecuación (6.5), la fuerza de corte es:

$$F_{corte} = \frac{1340}{0.4} = 3350 \text{ [N]} \approx 753 \text{ [lbf]}$$

#### 6.4.4. Cálculo de la presión máxima por sistema principal

Remplazando los valores necesarios y utilizando de nuevo la ecuación (6.4), calculamos la carga total a mover:

$$W_{total} = W_{herramienta} + W_{placamovil} + W_{componentes} + F_{corte} + W_{cilhidráulico}$$

$$W_{total} = 1200 \text{ lbf}$$

Y con la ecuación (6.3), determinamos la presión máxima:

$$P_{max}[psi] = \frac{1200 + 58 * 4.66}{4.66} = 315 psi$$

#### 6.4.5. Análisis de presión máxima por sistema mesa portacamisas

El bloque más pesado que Industrias LAVCO Ltda. Ha maquinado tuvo un peso aproximado de 3000 lbf, para nuestro cálculo asumimos un peso máximo de 6000 lbf. Según tablas de coeficiente de rozamiento, para superficies metal-metal en contacto se tiene un coeficiente de fricción  $\mu_d = 0.25$ .

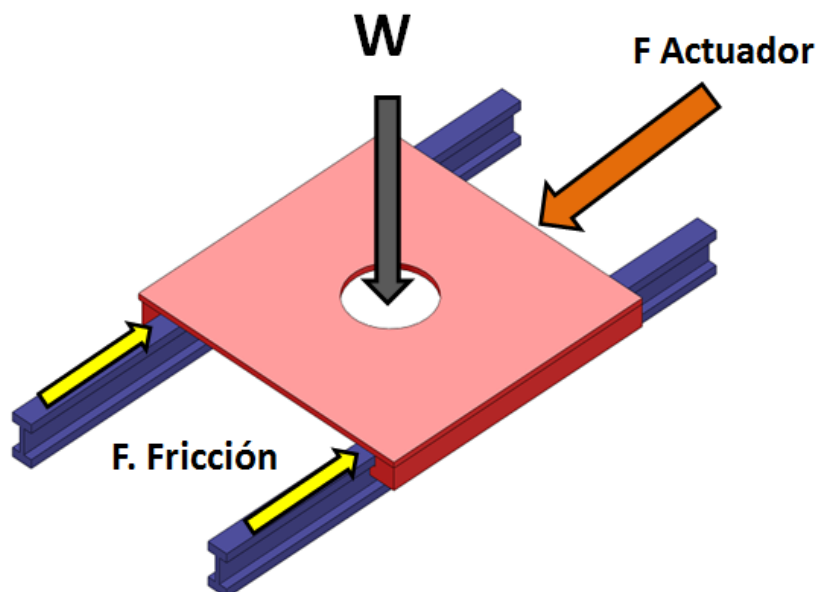
Para el accionamiento se utilizara un cilindro ya existente en la empresa, las características del cilindro hidráulico a utilizar son:

*Diámetro de cilindro interno = 2 pulgadas*

*Diámetro de vástago = 3/4 pulgadas*

*Longitud total de carrera = 54 centímetros.*

**Figura 73.** Fuerzas presentes en la mesa portacamisas



$$F_{actuador} = F_{fricción}$$

$$F_{fricción} = \mu * W[lbf] \quad \text{Ecuación 6.6}$$

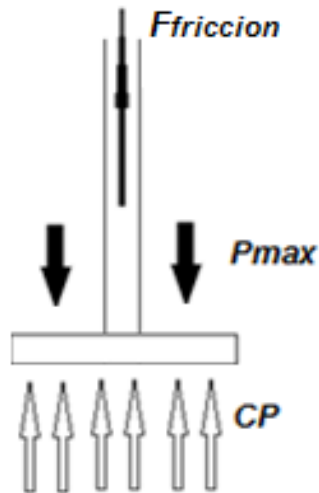
Donde:

$\mu$  = Coeficiente de fricción

$W$  = Peso del cilindro o bloque más el peso de la mesa

Diagrama de cuerpo libre para el pistón (figura 74):

**Figura 74.** Diagrama cuerpo libre Pistón de la mesa portacamisas.



Realizando la sumatoria de fuerzas, determinamos que la presión máxima en este sistema queda determinado por:

**Ecuación 6.7**

$$P_{max}[psi] = \frac{F_{actuador}[lbf] + Contrapresión[psi] * A_{piston}[in^2]}{A_{anular}[in^2]}$$

$$F_{actuador} = 0.25 * 6000 = 1500[lbf]$$

$$A_{piston} = \pi * \frac{2^2}{4} = 3.14[in^2]$$

$$A_{anular} = \frac{\pi(2^2 - 0.75^2)}{4} = 2.7 [in^2]$$

$$Contrapresión = \Delta P_{direccional} = 58 [psi]$$

Remplazando en la ecuación (6.7), tenemos la presión máxima:

$$P_{max} = \frac{1500 + 58 * 3.14}{2.7}$$

$$P_{max} \cong 630 [psi]$$

## 6.5. CÁLCULO DE PRESIÓN DE BOMBA

Para conocer la presión de bomba se deben analizar los dos sistemas presentes en el circuito. La presión necesaria en la bomba será la máxima entre estos dos sistemas.

### 6.5.1. Cálculo por sistema principal

Conociendo la presión máxima del sistema principal es necesario sumar las perdidas a través de los accesorios (válvula load sensing, direccional, mangueras), para conocer la presión necesaria en la bomba.

$$P_{max Bomba} = \Delta P_{L.S.} + \Delta P_{Dir.} + P_{max} \quad \textbf{Ecuación 6.8}$$

Donde:

$$\Delta P_{L.S.} = \text{Perdidas en reguladora de caudal figura 62} = 2.5 [bar] = 36.25 [psi]$$

$$\Delta P_{Dir.} = \text{Según figura 57} = 58 [psi]$$

Para este cálculo, estimamos multiplicar las pérdidas por un FS=3 debido a que éstas aumentan teniendo en cuenta las mangueras, filtro, etc., por tanto y reemplazando en la ecuación (6.8), hallamos la presión de bomba para el sistema principal:

$$P_{max\ Bomba}[psi] = 3 * 36.25 + 3 * 58 + 315 = 600 [psi]$$

### 6.5.2. Cálculo por sistema portacamisas

Al igual que en el caso anterior, conociendo la presión máxima del sistema móvil es necesario sumar las perdidas a través de los accesorios (válvula direccional, reguladora, antirretorno, mangueras), para conocer la presión necesaria en la bomba se utiliza la ecuación (6.9) y utilizamos también un FS=3:

$$P_{maxBomba} = \Delta P_{Dir.} + \Delta P_{reg.} + \Delta P_{Anti.} + P_{max} \quad \textbf{Ecuación 6.9}$$

$$P_{maxBomba} = 3 * 58 + 3 * 36.25 + 10 + 630 = 923 [psi]$$

Por tanto, esta es la presión máxima requerida por la bomba para el funcionamiento de todo el circuito hidráulico.

### 6.6. CÁLCULO DEL MOTOR DE BOMBA

Con la presión y el caudal nominal de la bomba, podemos hallar la potencia necesaria en el motor, con las siguientes eficiencias. Para determinar la potencia del motor, el valor de la presión máxima lo elevamos hasta 1200 psi.

$$\eta_{vol} = 88\% ; \eta_{mot} = 92\%$$

Calculamos la Potencia:

$$Pot_{motor}[HP] = \frac{Q[gpm]*\Delta P [psi]}{1714*\eta_{vol}*\eta_{mot}} \quad \textbf{Ecuación 6.10}$$

$$Pot_{motor} [HP] = \frac{10 * 1200}{1714 * 0.88 * 0.92}$$

$$Pot_{motor} = 8.6 [HP]$$

Por tanto, conociendo los valores de Caudal y Potencia, seleccionamos los componentes hidráulicos para el sistema (ver tabla 6).

**Tabla 6.** Componentes hidráulicos seleccionados

<b>COMPONENTES HIDRÁULICOS SELECCIONADOS</b>	
<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCION</b>
1	TANQUE DE 125 LTS
1	BOMBA VICKERS @ 10.5 GPM
1	MOTOR 15 HP @ 1800 RPM
1	VÁLVULA ALIVIO VICKERS 3/4 "
1	VÁLVULA ON OFF VICKERS
3	MANOMETROS
2	DIRECCIONAL VICKERS CETOP 3
1	CHEK PILOTADO CETOP 3 VICKERS
1	CONTROL DE FLUJO CETOP 3 VICKERS
1	VÁLVULA CONTRABALANCE 1/2 "
1	VÁLVULA LOAD SENSIG
1	FILTRO RETORNO VICKERS
1	ACTUADOR HIDRAULICO DE DOBLE VASTAGO
1	ACTUADOR HIDRAULICO

## 7. CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LA MÁQUINA

Toda la fabricación de piezas diseñadas en este proyecto de grado y el montaje total, fue realizada por el personal de Mantenimiento de Industrias LAVCO Ltda. Esta empresa cuenta con un centro de Mecanizado y un personal capacitado para este tipo de trabajos. Toda la etapa de elaboración fue cuidadosa y con un alto grado de complejidad, con procesos como: oxicorte, soldadura, taladrado, torneado y fresado. Por tratarse de una máquina que requiere una alta precisión en su operación, todos los elementos obligaban una fabricación con tolerancias mínimas, y alineaciones correctas para un buen desempeño. A continuación se enumeran distintos trabajos que fueron desarrollados para la construcción del proyecto.

### 7.1. CONSTRUCCIÓN DE LA BASE DE LA MÁQUINA.

La base fue construida en perfil estructural IP 120, que soporta tres placas de acero de 1 pulgada de espesor, encargadas de soportar toda la estructura de la máquina, el sistema de centrado de las camisas y con un espacio para alojar el contenedor del refrigerante. La figura 73 muestra este montaje del perfil con las placas de acero.

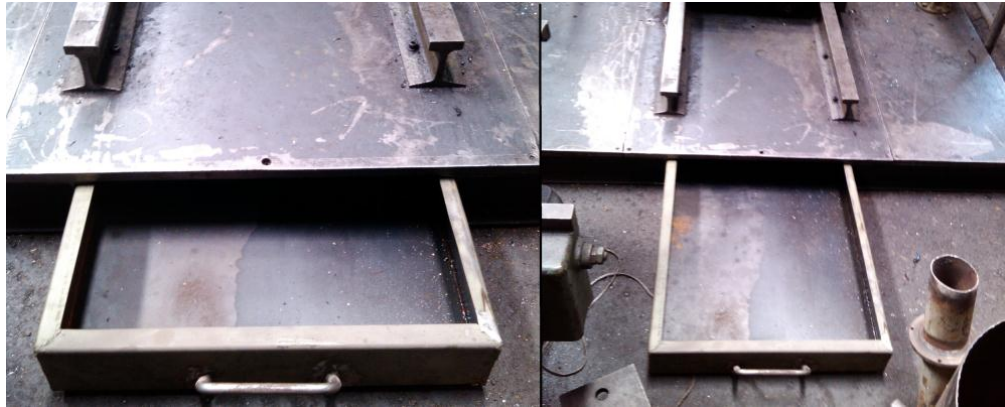
**Figura 75.** Fotografía del montaje de la Base



## 7.2. CONSTRUCCIÓN DE CONTENEDOR DEL REFRIGERANTE

En la operación del bruñido se requiere una inyección constante de líquido refrigerante. El líquido después de refrigerar, cae a este depósito ubicado debajo de la placa base de la máquina. Este depósito es de fácil extracción. En este proceso de bruñido en LAVCO es utilizado ACPM. La figura 74 muestra el montaje del contenedor. Este líquido es recirculado con una bomba centrífuga.

*Figura 76. Fotografía del contenedor.*



## 7.3. CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA

Como se mencionó anteriormente, para la construcción de la estructura se selecciono tubería petrolera de perforación (ver figura 75). Con medidas de diámetro  $\varnothing = 3''$  y espesor  $e=3/8''$ .

*Figura 77. Fotografía de la Tubería comprada para la construcción de la estructura*



Para darle una mayor rigidez a la estructura, se decidió construirla en secciones, conectadas entre sí por medio de bridas circulares, cada una con seis refuerzos triangulares y seis pernos para su ensamblaje.

**Figura 78.** Fotografía de refuerzos y bridas de conexión de la estructura.



Las bridas de sujeción (figura 76), para que quedaran completamente centradas fueron cilindradas con respecto a un agujero inicial hecho aproximadamente en el centro del plato y adecuadas con una cuna en el torno para encajar cada uno de los tubos, los agujeros para los tornillos fueron hechos en la fresadora.

Cada tubo vertical fue previamente cortado y refrentado en sus extremos para darle estabilidad a la hora de su montaje, encajándolos en las bridas circulares. Los tubos transversales fueron cortados a la medida teniendo en cuenta los espacios necesarios para la soldadura. La figura 77 muestra estos procesos.

**Figura 79.** Fotografía de corte de tubería.



Después de realizar el corte de todos los tubos, se procedió con el montaje y soldadura de la estructura.

**Figura 80.** Fotografía del montaje de la estructura.



#### **7.4. CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LA MESA PORTACAMISAS**

Para la construcción de la mesa portacamisas, se utilizaron rieles de ferrocarril para las guías. El sistema móvil, comprende una placa de 1" de acero atornillada a dos bloques de fundición gris previamente mecanizados. La figura 79 muestra el montaje.

**Figura 81.** Fotografía del montaje de la mesa portacamisas.



## 7.5. POSICIONAMIENTO DE LOS ACTUADORES LINEALES

Después de la construcción de la estructura y el montaje de la mesa portacamisas, se posicionaron los dos actuadores lineales, el cilindro doble vástago fue posicionado verticalmente en el centro de la estructura, fijado en los extremos del vástago mediante acoples mostrados en la figura 80. El cilindro pequeño se posicionó horizontalmente, éste es el encargado del movimiento de la mesa portacamisas. El montaje de los cilindros se ilustra en la figura 80.

*Figura 82. Fotografía del montaje de los actuadores.*



## 7.6. CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LA PLACA MÓVIL

La placa móvil, es la encargada de acoplar el eje hexagonal con la herramienta, se construyó con lámina de acero de  $\frac{1}{2}$ ". Fueron instalados dos ángulos en L en uno de sus extremos para sujetar los rodamientos lineales Thomson (ver figura 81). En su otro extremo, se conectó con el cuerpo del cilindro de doble vástago encargado de transmitir el movimiento vertical como es muestra en la figura 82.

**Figura 83.** Fotografía de la placa móvil.



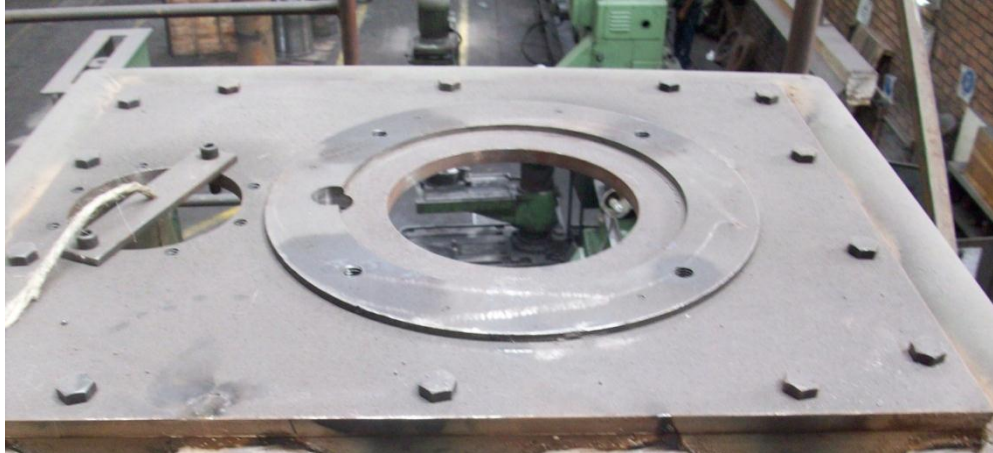
**Figura 84.** Montaje de la placa móvil.



### **7.7. CONSTRUCCIÓN DE LA PLACA SUPERIOR**

La placa superior (ver figura 85) es la encargada de soportar el motorreductor y la caja de transmisión de velocidad. Fue atornillada a un ángulo previamente soldado a la parte superior de la estructura.

*Figura 85. Fotografía de la placa superior*



## **7.8. CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISION DE GIRO A LA HERRAMIENTA**

La construcción del sistema de transmisión de giro, se desarrollo en varias etapas debido a la numerosa cantidad de piezas que requería, desde el acople en el eje de salida del motor, hasta la barra hexagonal que transmite el giro a la herramienta.

### **7.8.1. Construcción del tren de engranajes.**

El tren de engranajes fue realizado en las instalaciones de LAVCO, y posteriormente fueron tratados térmicamente. Además de los engranajes, fue necesaria la fabricación de las cuñas, bujes, acoples, chaveteros y ejes de ajuste y ejes de deslizamiento. La figura 86 muestra el resultado de dichos procesos.

**Figura 86.** Construcción del tren de engranajes



### 7.8.2. Construcción del eje de deslizamiento del cambio de velocidad.

En la etapa final de la transmisión, los engranajes se ajustaron a un eje hueco (ver figura 86) soportado sobre rodamientos. Al mismo tiempo, este eje transmitía el giro a una barra hexagonal encajada en bujes de la misma forma. Para realizar el cambio de velocidad de giro, los engranajes deslizaban sobre el eje hueco.

**Figura 87.** Eje hueco de deslizamiento para cambio de velocidad.



### 7.8.3. Montaje del sistema de transmisión de giro

Construidas las piezas necesarias para el sistema de transmisión, se procedió al montaje. La figura 87 muestra imágenes de este proceso.

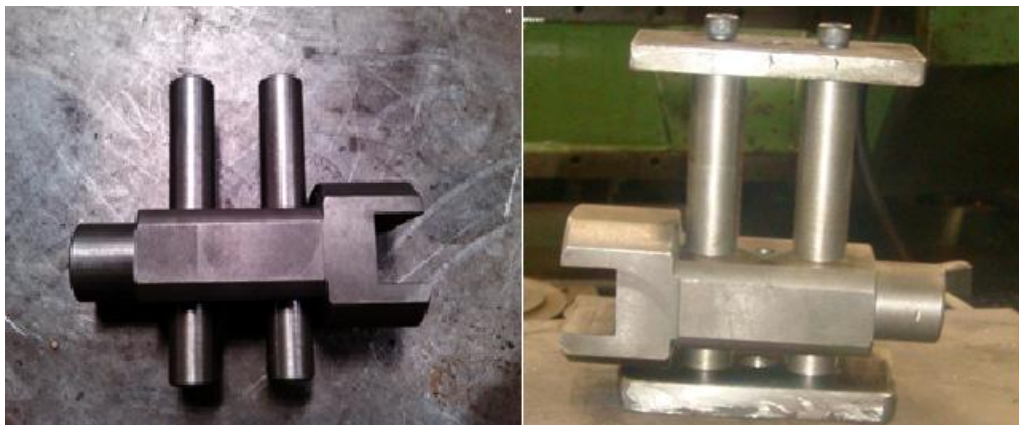
**Figura 88.** Montaje del sistema de transmisión.



### 7.8.4. Construcción de dispositivo para accionar el cambio de velocidad

Se construyó una mordaza que será la encargada de realizar el cambio de velocidad, su accionamiento será de forma manual a través de una palanca. La mordaza es deslizante entre dos guías cilíndricas y se muestra en la figura 88.

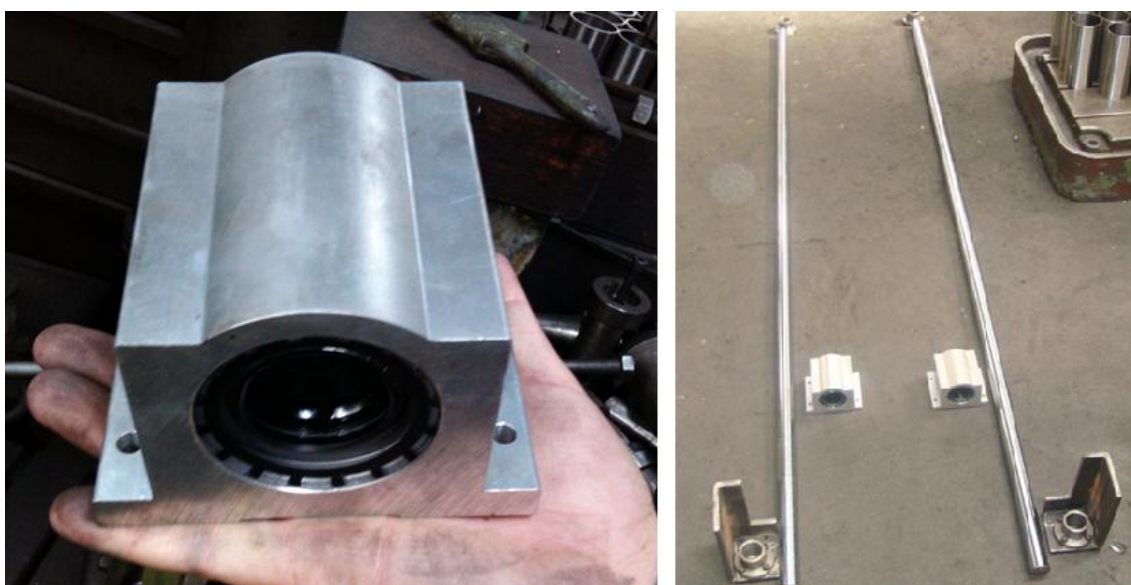
**Figura 89.** Mordaza.



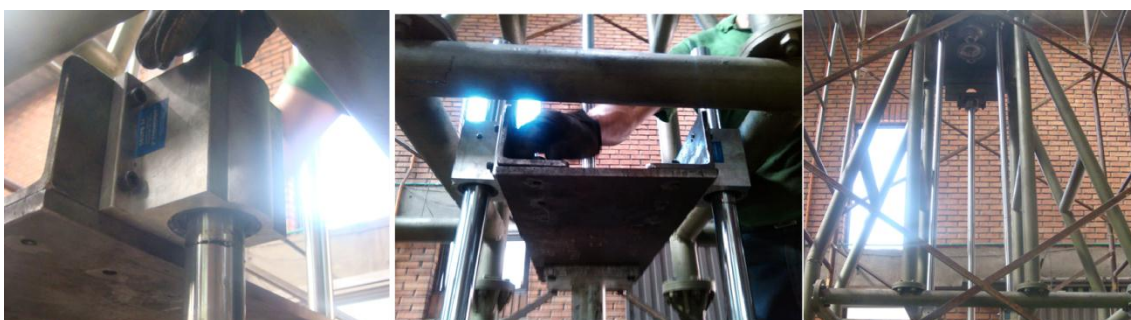
## 7.9. MONTAJE DEL LAS GUIAS Y LOS RODAMIENTOS LINEALES

Es un proceso muy importante, ya que de éste depende el funcionamiento adecuado de la operación de Bruñido. Como se seleccionó en el capítulo 5, el sistema de deslizamiento consiste en dos rodamientos lineales Thomson desplazables en sus respectivos ejes. Para la realización del montaje, fue necesario la utilización una unidad hidráulica de prueba. Los ejes se alinearon con el cilindro hidráulico. Los ejes, apoyos y rodamientos son mostrados en la figura 90. El proceso de montaje se muestra en la figura 91.

*Figura 90. Sistema de deslizamiento.*



*Figura 91. Montaje de los rodamientos.*



El montaje final de la máquina se visualiza en la figura 92.

**Figura 92.** Montaje total de la máquina.



## 8. SISTEMA DE CONTROL

Para el correcto funcionamiento de la Bruñidora Hidráulica que se está desarrollando en las instalaciones de Industrias LAVCO Ltda, se requiere diseñar un sistema de control y protección eléctrico, incluyendo el montaje e instalación, puesta en marcha y calibración. Las unidades que dicho sistema debe controlar son:

- Motor eléctrico 15 Hp de la bomba Hidráulica
- Válvulas de Solenoide.
- Motorreductor eléctrico de 3 Hp para giro de la herramienta.
- Variador de velocidad del motorreductor.
- Sensores de final de carrera para los dos actuadores lineales.
- Protecciones eléctricas, entre otros.

Todo este sistema debe ser debidamente programado en Modo manual y Automático para generar diferentes velocidades de giro y avance, para crear múltiples ángulos de rallado en los distintos tipos de camisas Bruñidos en esta empresa. Los ángulos de rallado fueron mostrados anteriormente en el capítulo 5.

LAVCO decidió contratar un Ingeniero experto en automatización para desarrollar el diseño eléctrico, automatización del proceso de la Bruñidora, instalación y montaje del sistema de control, y la programación de la secuencia lógica de control con PLC.

El diseño del sistema de control y selección de componentes eléctricos son asesorados por el director de este trabajo de grado y también director del grupo de Investigación y robótica DICBoT Dr. Carlos Borrás. Este diseño presenta la instalación detallada de montaje eléctrico con un PLC de gama media económica, que supe las necesidades del trabajo a realizar. Adicionalmente, este diseño presenta protecciones contra sobre corriente y sobre voltaje, maneja la secuencia y la programación del equipo industrial, para realizar en

modo manual de ajuste de herramienta y posteriormente el ciclo de trabajo continuo de bruñido de las camisas.

El trabajo realizado por el diseñador, comprende lo siguiente:

1. Diseño del circuito eléctrico
2. Cableado del PLC y componentes eléctricos: variador de velocidad, arrancadores, breakers, Electroválvulas, Motores eléctricos, sensores de proximidad, la caja de control, etc., debidamente protegidos.
3. Componentes eléctricos y electrónicos necesarios para la puesta en marcha.
4. Programación en lógica LADDER de los ciclos manuales y automático de trabajo de la Bruñidora.
5. Ajustes y calibración de los instrumentos, incluyendo la unidad de potencia Hidráulica y sus componentes eléctricos.
6. Capacitación de Manejo del equipo a personal responsable de la operación del equipo.

### 8.1. COMPONENTES REQUERIDOS PARA EL SISTEMA DE CONTROL DE LA BRUÑIDORA

A continuación en la tabla 7 se describen los componentes necesarios para la construcción del sistema de control de la Bruñidora.

**Tabla 7.** Componentes del sistema de control

**Fuente:** Ingeniero Diseñador del Sistema de Control

N°	Cant	PARTE	DESCRIPCIÓN
1	1	Base PLC D2-06BDC-1 12 VDC	Base para el PLC 6 módulos 12 VDC
2	1	CPU DL250: Módulo	Unidad Central de Procesamiento PLC
3	2	Entradas Discretas D2-08ND3	Modulo de entradas digitales: 8 inputs

4	1	Salidas Digitales Relay	Módulo de salida tipo potencia Relay
5	1	Digital/Análogo Módulo F2-02DA-2	Módulo D/A de Control F2-02DA-2
6	1	Switching power supply, 24 VDC, 1.2 A	Unidad de Potencia (30W), 24 VDC 1.2 A
7	8	Push Bottoms	Botones Maestro de activación y emergencia
8	1	Arrancador de Motor de 15 HP, térmico y protecciones incluidas	Arrancador estrella triángulo 15 HP
9	1	Arrancador de Motor de 5 HP, térmico y protecciones incluidas	Arrancador 5 HP
10	1	Tatalizador General 40 Amps	Breaker 40 amp
11	1	EMI Filter	AMI RFI Filter
12	1	Panel Operador. Tablero visual	Tablero Visual (Pantalla)
13	1	Cable de programación	Cable de Programación
14	10	Bornera de fusibles con Sockets. Bloque de fusibles	Fusibles de Potencia y Control al PLC
15	4	Bombillas lumínicas	LED de avisos lumínicos de secuencia
16	3	Rieles de soporte DIN, conectores, conduit	
17	1	Cableado y conectores	Conectores DIN, y cables de instrumentación
18	1	Cable de potencia al motor y sensores	Cables encauchetados al motor del Bruñidor
19	1	Cables de instrumentación de cableados: sensores y	Cables de instrumentación

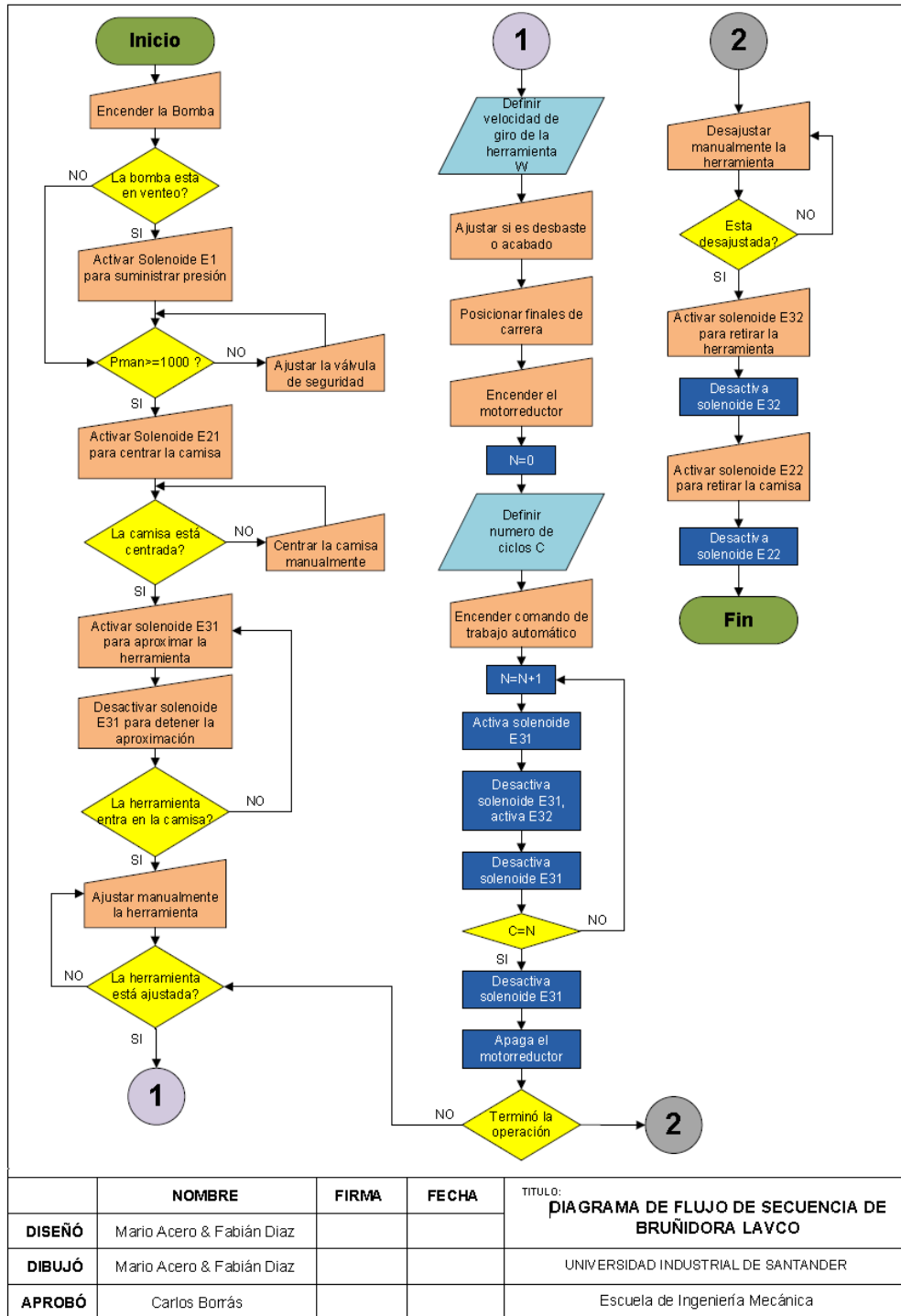
		componentes electrónicos	
20	5	Sensores inductivos NPN de proximidad	Sensores inductivos de proximidad
21	10	Relevos maestros DIN de 8 pines	Relevos de Potencia maestros y esclavos
22	1	Sensor de Nivel	Sensor de flotación, ON, OFF
23	1	Potenciamiento Lineal	Potenciómetro Lineal 10K
24	1	Alarma Sonora	
25	1	Software de programación Licenciado (Se incluye en el servicio gratis para la empresa).	PLC Software

## 8.2. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA SECUENCIA DE LA BRUÑIDORA

Para realizar el diseño de control secuencial de la bruñidora, inicialmente debemos realizar el diagrama de flujo del proceso de trabajo de la bruñidora para la operación manual y automática.

El diagrama de flujo se muestra en la figura 93.

**Figura 93.** Diagrama de flujo del proceso de trabajo de la Bruñidora.





## 9. CONCLUSIONES

Se fortaleció la relación de la Escuela de Ingeniería Mecánica con la Industria Local., aportando a Industrias LAVCO, el diseño de una máquina que mejora el proceso de bruñido en la fabricación actual de camisas en la línea industrial de esta empresa.

Se diseñó y construyó la base y la estructura soporte de la máquina, utilizando modelos CAD y simulaciones de análisis modal en software CAE.

Se diseñó y se construyó un sistema autocentrante unidireccional de las camisas respecto a la herramienta, accionado mediante un actuador hidráulico y posicionado por medio de un final de carrera.

Se seleccionó un motorreductor de 3 HP con un variador de frecuencia para obtener las velocidades necesarias para los diferentes tipos de camisas.

Se seleccionó el pulidor SUNNEN GNR 1010 para realizar la operación de Bruñido en las camisas de Industrias LAVCO.

Se diseñó y construyó un mecanismo de transmisión de giro que permite un desplazamiento vertical a la herramienta mediante un sistema compuesto por un eje hueco que a través de bujes hexagonales, transmite el giro a una barra deslizante de la misma sección transversal conectada a la herramienta.

Se diseñó y construyó un tren de engranajes de dos velocidades para realizar una operación adicional al bruñido, consistente en un desbaste previo.

Se diseñó y construyó una placa móvil con desplazamiento vertical, que soporta los rodamientos lineales y a la vez permite acoplar el sistema de giro del eje hexagonal con la herramienta.

Se seleccionó un sistema de guías utilizando rodamientos lineales Thomson, para garantizar que la herramienta sea concéntrica con las camisas.

Se diseñó y seleccionó un sistema de potencia hidráulica que suministra el posicionamiento horizontal de las camisas y el desplazamiento vertical de la herramienta.

Se realizó el respectivo montaje del sistema autocentrante, los actuadores hidráulicos, el motorreductor, la caja de velocidades, la placa móvil y el sistema de guías en la estructura de la máquina.

Se realizaron ensayos de desplazamiento en los actuadores, con una unidad hidráulica de prueba, observando un buen funcionamiento.

Se continuará con la mejora de este proyecto, mediante una segunda fase de servoautomatización de la bruñidora para alto rendimiento, con la colaboración de COLCIENCIAS y el grupo de Investigación y robótica DICBoT, con la dirección del Profesor Carlos Borrás Pinilla.

## **10. OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES**

Elaborar un manual de operación y mantenimiento de la máquina, después de la instalación de los sistemas hidráulico y de control.

Realizar a la hora del montaje de la unidad hidráulica un realineamiento de las guías, con el cilindro hidráulico y el eje hexagonal.

Conservar una distancia prudente entre la máquina y la pared para evitar daños en las mangueras.

Instalar un fuelle para proteger el eje hexagonal de la suciedad generada en la planta de mecanizado de LAVCO Ltda.

## BIBLIOGRAFÍA

- Baker, Glenn E. Procesos básicos de manufactura. Editorial MC Graw Hill 2002.
- CHAVARRO, Johan y MARIÑO, Carlos. Modelado y Caracterización Dinámica de un Servoactuador Hidráulico. Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Mecánica. 2010
- Díaz, S., Boada, O. (2004). Caracterización del bruñido por rodillo simple en la elaboración de piezas para la industria azucarera. Revista Centro Azúcar, Universidad Central de Las Villas, No. 4, 34-38, Cuba. ISSN 0253-5757.
- GERLING, Heinrich. Alrededor de las máquinas-herramientas.
- JOSE M.<sup>a</sup> LASHERAS ESTEBAN. Procedimientos de fabricación y control volumen II
- J.Serrano Mira, F.Romero Subiron, G.M.Bruscas Bellido, C.Vila Pastor. Tecnología mecánica: Procesos de conformado con arranque de viruta y soldadura de metales. Colección "Materials" de la Universidad Jaume I, nº 234.
- Keiser, Carl A., y Doyle, Lawrence E. Materiales y procesos de manufactura para ingenieros Editorial Prentice-Hall 1998.
- REXROTH. Fundamentos y componentes de la Oleohidráulica.
- ROBERT L. NORTON, PEARSON. Diseño de Máquinas. Mexico: Prentice Hall, 1999.

- RODRIGUEZ, Jorge y VESGA, Efraín. Diseño y construcción de una mandrinadora vertical hidráulica. Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Mecánica. 1987
- VICKERS. Manual de Oleohidráulica Industrial.

# **ANEXOS**

## ANEXO A: CATALOGO HERRAMIENTA SUNNEN

# GNH Giant Portable Hone

## Hand Feed- For large diameter or heavy-duty honing above 254mm (10")

I.D. Range:  
254 mm – 1524 mm  
10" – 60"

GNH-1510 Hand-Feed Giant Hone assembled with honing stones and drive shank. Order additional shaft extensions for longer bores. All giant hones require 2 sets of W47 or WY51 stones to load the hone. (See Tables on page 146 for Stone sets for GNH Hones.)

### Drive Source

Drive motors of 2.2-3.7KW (3 to 5 HP) provide adequate torque to turn the hone. These hones may be driven by a rigidly mounted power source such as a radial drill press or a large lathe; 29 mm (1-1/8") chuck capacity is required. A second universal joint, AN-970, is needed between the machine spindle and the drive shaft to allow for full floating action of the head.

### To Order:

Select the correct Giant Hone, drive shaft extension (for bore length 304 mm [12"] or longer and universal joint, if needed).

### Drive Shaft Extensions



mm	in	Part Number
152	6	<b>GNH-6</b>
305	12	<b>GNH-12</b>
610	24	<b>GNH-24</b>
915	36	<b>GNH-36</b>
1220	48	<b>GNH-48</b>
1524	60	<b>GNH-60</b>
1830	72	<b>GNH-72</b>



**ANH-16 Hand Feed Pinion Assembly**



**GNR-918A Drive Shank**



### Hand-Feed Giant Hones

Diameter Range		Part Number	Shipping Weight	
mm	inches		kg	lbs.
254-381	10-15	<b>GNH-1010</b>	6	13
381-508	15-20	<b>GNH-1510</b>	8,2	18
508-711	20-28	<b>GNH-2010</b>	19	42
711-914	28-36	<b>GNH-2810</b>	31	68
914-1118	36-44	<b>GNH-3610</b>		
1118-1321	44-52	<b>GNH-4410</b>		
1321-1524	52-60	<b>GNH-5210</b>		

### Remote Feed Conversion for hand-feed hones:

Hand-Feed Giant Portable Hones may be converted to remote feed operation by ordering the following:

**GNR-920** Remote-Feed Drive Unit  
**ANR-210A** Pinion Adjustment Assembly

Drive Shaft Extensions for Remote Feed Hones are listed at right.

**Recommended RPM:** To establish optimum RPM for your application, divide 1,200 by bore diameter in inches.  
EX: 1,200÷10=120(RPM).  
Or, divide 30,000 by bore diameter in mm.  
EX: 30,000÷254=118(RPM).

STANDARD  
HANDRELS

STANDARD  
TOOLING

PORTABLE  
TOOLING

CUSTOM  
TOOLING

ABRASIVES

MACHINE  
ACCESSORIES

GAGING

FILTERS

HONING FLUIDS  
& COOLANTS

TECHNICAL  
DATA

# GNR Giant Portable Hone

For large diameter work on deep bores, production honing, or parts with limited access  
for stone adjustment in diameters larger than 254mm (10")

**I.D. Range:**  
254 mm – 1524 mm  
10"–60"



STANDARD  
MANDRELS

STANDARD  
TOOLING

PORTABLE  
TOOLING

CUSTOM  
TOOLING

ABRASIVES

MACHINE  
ACCESSORIES

GAGING

FILTERS

HONING FLUIDS  
& COOLANTS

TECHNICAL  
DATA

GNR-1010 Remote-Feed Giant Hone assembled with honing stones. Will hone bores up to 304mm (12") long as shown. Order additional drive shafts for longer bores. All giant hones require 2 sets of W47 or WYB1 stones to load the hone. (See Tables on page 146 for Stone sets for GNR Hones.)

The remote feed permits the operator to expand the stones at any time while the honing head is running in the bore, as well as when the hone is stopped. The operator controls the amount of stone expansion and the honing pressure by braking the feed wheel while the hone is turning. The remote feed also permits the operator to quickly retract the stones and remove the hone from the bore when the hone is stopped.

### Drive Source

Drive motors of 2.2-3.7KW (3 to 5 HP) provide adequate torque to turn the hone. These hones may be driven by a rigidly mounted power source such as a radial drill press or a large lathe; 29 mm (1-1/8") chuck capacity is required.

Remote-Feed Giant Hones are equipped with two universal joints which allow the honing head to align itself with the workpiece.

**Recommended RPM:** To establish optimum RPM for your application, divide 1200 by bore diameter in inches.  
EX: 1,200÷10=120 (RPM).  
Or, divide 30,000 by bore diameter in mm.  
EX: 30,000÷254=118 (RPM).

### To Order:

Select the correct Giant Hone, drive shaft extension (for bore length 304 mm (12") or longer and universal joint, if needed).

Remote-Feed Giant Hones					
Diameter Range		Part Number	Shipping Weight		
mm	in		kg	lbs.	
254-381	10-15	<b>GNR-1010+</b>	13,2	29.5	
381-508	15-20	<b>GNR-1510+</b>	15,7	34.5	
508-711	20-28	<b>GNR-2010+</b>	26,5	58.5	
711-914	28-36	<b>GNR-2810+</b>	38,4	84.5	
914-1118	36-44	<b>GNR-3610+</b>			
1118-1321	44-52	<b>GNR-4410+</b>			
1321-1524	52-60	<b>GNR-5210+</b>			

+ Special Order - Contact Customer Service

### Additional Hone Heads Extend the Diameter Range

A complete Remote-Feed Giant Hone consists of a GNR-920 Remote-Feed Giant Drive Unit and a Giant Hone Head, as illustrated. The GNR-920 Remote-Feed Giant Drive Unit can be used with other Giant Hone Heads to extend the diameter range. Select additional Hone Heads as needed from the table below.



### Additional Hone Heads

Diameter to be Honed		Part Number for Giant Hone Head**	Shipping Weight	
mm	inches		kg	lbs.
254-381	10-15	<b>GNR-1025</b>	4,1	9
381-508	15-20	<b>GNR-1525</b>	6,4	14
508-711	20-28	<b>GNR-2025</b>	17,3	38
711-914	28-36	<b>GNR-2825</b>	29,1	64
914-1118	36-44	<b>GNR-3625+</b>		
1118-1321	44-52	<b>GNR-4425+</b>		
1321-1524	52-60	<b>GNR-5225+</b>		

\*\* These Hone Heads can be converted to complete Giant Hones at any time by purchasing GNR-920 Remote-Feed Giant Drive Unit.

+ Special Order - Contact Customer Service

### Drive Shaft Extensions

Giant Hones will handle bore lengths up to 305mm (12") without Drive Shaft Extensions. When Extensions are necessary, they can be used one at a time or in multiples, making it possible to hone practically any bore length. All Drive Shaft Extensions are installed between the hone head and the feed wheel as illustrated above. The feed wheel remains outside the bore being honed, accessible for stone expansion.

### Drive Shaft Extensions

Extension Length		Part Number	Shipping Weight	
mm	in		kg	lbs.
152	6	<b>GNR-940</b>	1,4	3
305	12	<b>GNR-941</b>	2,4	5
610	24	<b>GNR-942</b>	4,8	10.5
915	36	<b>GNR-943</b>	6,4	14
1220	48	<b>GNR-944</b>	8,2	18
1525	60	<b>GNR-945</b>	9,6	21
1830	72	<b>GNR-946</b>	10,6	23.25

# ANEXO B: MOTORREDUCTOR HELICOIDAL COAXIAL MARCA FLENDER

**FLENDER**  
DRIVES & AUTOMATION

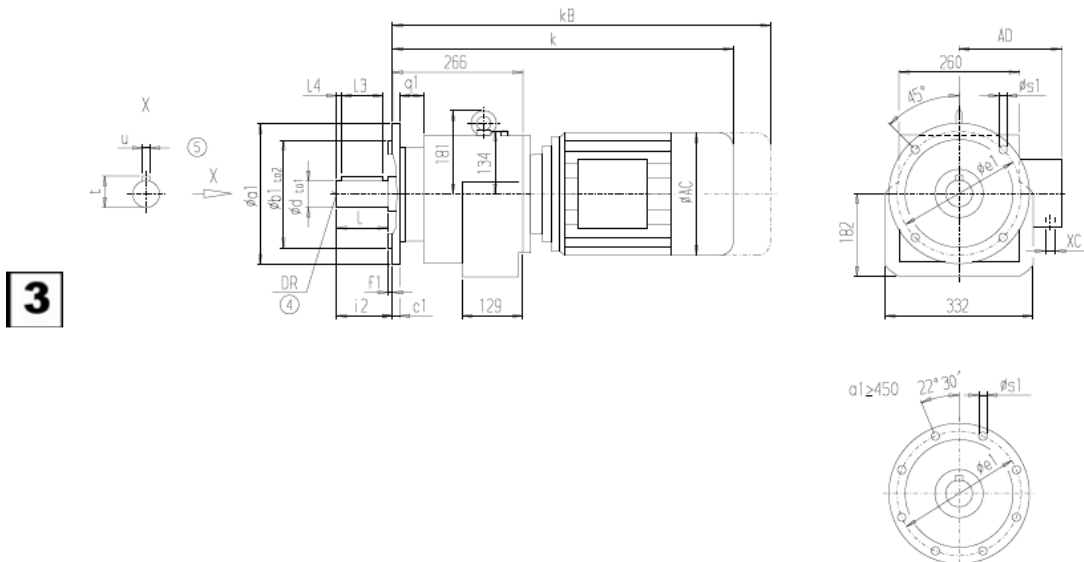
Stirnradgetriebemotoren  
Flanschausführung

DF/ZF88

**MOTOX<sup>®</sup>-N**

Helical Gear Motors  
Flange mounted

DZF 010



a1	b1	to2	c1	e1	f1	q1	s1	d	to1	l	h	h3	t	u	i2	DR
300	230	j6	16	265	4	54	13,5	60	m6	120	10	100	64	18	120	M20x42
								50	k6	100	10	80	53,5	14	100	M16x36
350	250	h6	18	300	5	52	17,5	60	m6	120	10	100	64	18	120	M20x42
								50	k6	100	10	80	53,5	14	100	M16x36
450	350	j6	18	400	5	52	17,5	60	m6	120	10	100	64	18	120	M20x42
								50	k6	100	10	80	53,5	14	100	M16x36

Motor	ZF88		DF88		Gewicht/Weight				
	k	kB	k	kB	AC	AD	XC	ZF88	DF88
M71	-	-	519	563	138	118,5	2xM20x1,5	-	81
M80	-	-	540,5	595,5	158	126,5	2xM20x1,5	-	83
M90S	556,5	622,5	581,5	647,5	176	150	2xM25x1,5	87	85
M90L	556,5	622,5	581,5	647,5	176	150	2xM25x1,5	89	87
M100L	599	671	626,5	698,5	194	160	2xM25x1,5	95	96
M112M	647,5	728,5	676,5	757,5	218	167,5	2xM32x1,5	100	105
M132S	738	839	766	867	258	181	2xM32x1,5	130	116
M132M	738	839	766	867	258	181	2xM32x1,5	144	137
M160M	823,5	940,5	-	-	310	199	2xM32x1,5	149	-
M160L	823,5	940,5	-	-	310	199	2xM32x1,5	163	-
M180M	874,5	992,5	-	-	348	246	2xM40x1,5	191	-
M180L	874,5	992,5	-	-	348	246	2xM40x1,5	198	-

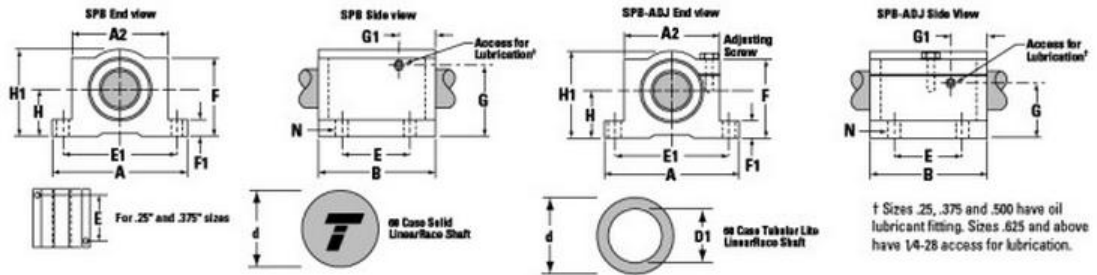
⊗ DIN 332

⊗ Paßfeder / -nut DIN 6885  
Key / Keyway DIN 6885

# ANEXO C: CATALOGO RODAMIENTOS THOMSON PILLOW BLOCK

## Inch – Super Ball Bushing Bearings

### Super Ball Bushing Pillow Blocks (Closed and Adjustable Type) for End Supported Applications



### Super Ball Bushing Pillow Blocks (Closed and Adjustable Types, seal at both ends) and 60 Case LinearRace (Dim. in in.)

Part Number <sup>(2)</sup>		60 Case LinearRace	Nominal Diameter	H ±.003	H1	60 Case LinearRace Diameter d	60 Case LinearRace Minimum Depth of Hardness	60 Case Solid LinearRace Mass lb/in	60 Case Tubular Lite LinearRace Mass lb/in	60 Case Tubular Lite LinearRace ID D1
Fixed	Adjustable									
SPB-4	SPB-4-ADJ	1/4 L	.250	.437	.81	.2495/.2490	.027	.01	–	–
SPB-6	SPB-6-ADJ	3/8 L	.375	.500	.94	.3745/.3740	.027	.03	–	–
SPB-8	SPB-8-ADJ	1/2 L	.500	.687	1.25	.4995/.4990	.04	.06	–	–
SPB-10	SPB-10-ADJ	5/8 L	.625	.875	1.63	.6245/.6240	.04	.09	–	–
SPB-12	SPB-12-ADJ	3/4 L	.750	.937	1.75	.7495/.7490	.06	.13	.08	.46/.41
SPB-16	SPB-16-ADJ	1 L	1.000	1.187	2.19	.9995/.9990	.08	.22	.16	.62/.56
SPB-20	SPB-20-ADJ	1 1/4 L	1.250	1.500	2.81	1.2495/1.2490	.08	.35	–	–
SPB-24	SPB-24-ADJ	1 1/2 L	1.500	1.750	3.25	1.4994/1.4989	.08	.50	.33	.93/.84
SPB-32	SPB-32-ADJ	2 L	2.000	2.125	4.06	1.9994/1.9987	.10	.89	.54	1.31/1.18

Part Number <sup>(2)</sup>		A	A2	B	E ±.010	E1 ±.010	F	F1	G	G1	N		Pillow Block Mass lb	Dynamic <sup>(1)</sup> Load Capacity lb <sub>v</sub>
Fixed	Adjustable										Hole	Bolt		
SPB-4	SPB-4-ADJ	1.63	1.00	1.19	.750	1.313	.75	.19	.60	.41	.16	#6	.10	60
SPB-6	SPB-6-ADJ	1.75	1.13	1.31	.875	1.438	.88	.19	.70	.41	.16	#6	.13	100
SPB-8	SPB-8-ADJ	2.00	1.38	1.69	1.000	1.688	1.13	.25	.97	.44	.16	#6	.20	255
SPB-10	SPB-10-ADJ	2.50	1.75	1.94	1.125	2.125	1.44	.28	1.17	.68	.19	#8	.50	450
SPB-12	SPB-12-ADJ	2.75	1.88	2.06	1.250	2.375	1.56	.31	.94	.72	.19	#8	.60	600
SPB-16	SPB-16-ADJ	3.25	2.38	2.81	1.750	2.875	1.94	.38	1.20	.86	.22	#10	1.20	1050
SPB-20	SPB-20-ADJ	4.00	3.00	3.63	2.000	3.500	2.50	.44	1.50	1.20	.22	#10	2.50	1500
SPB-24	SPB-24-ADJ	4.75	3.50	4.00	2.500	4.125	2.88	.50	1.75	1.25	.28	1/4	3.80	2000
SPB-32	SPB-32-ADJ	6.00	4.50	5.00	3.250	5.250	3.63	.63	1.30	1.25	.41	3/8	7.00	3000

(1) The Dynamic Load Capacity is based on a rated travel life of 2 million inches. The actual Dynamic Load Capacity can be affected by the orientation of the bearing or the direction of the applied load. For dynamic load correction factors see polar graphs below.

(2) For part number description and specifications see page 45.

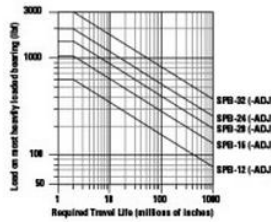
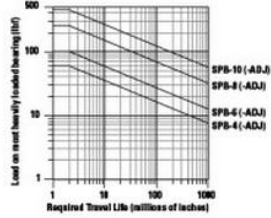
Note: For additional technical information, see the Engineering section beginning on page 245.

Inch – Super Ball Bushing Bearings

Inch Ball Bearing Bushing

**Load/Life Graph**

(Lines indicate limiting load for given Ball Bushing Pillow Block)



**Determining Ball Bushing bearing Size**

To determine the proper Ball Bushing bearing size enter the chart with the maximum load of the most heavily loaded bearing and the required travel life. Mark where the two lines intersect. All Ball Bushing bearing sizes that pass through or above and to the right of this point may be suitable for this application.

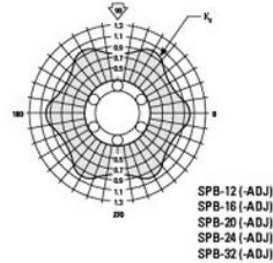
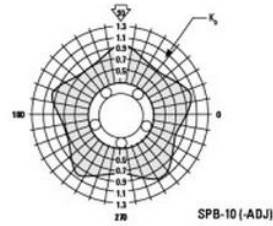
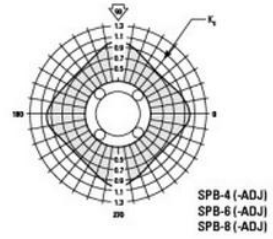
**Note:** For the purpose of using this chart.

Load on most heavily loaded bearing = maximum applied load/ $K_o$

Where  $K_o$  can be determined from the Polar Graph to the right.

**Polar Graphs**

The actual Dynamic Load Capacity of a Ball Bushing bearing is determined by the orientation of the bearing or direction of the applied load. The load Correction Factor  $K_o$  is found by knowing the direction of the applied load relative to the orientation of the bearings ball tracks and referring to the polar graph. To determine the actual Dynamic Load Capacity, multiply the proper correction factor by the Dynamic Load Capacity listed in the product table on the previous page.



## ANEXO D: CARACTERISTICAS BARRAS CROMADAS PARA VASTAGOS DE CILINDROS HIDRAULICOS

### BARRAS CROMADAS



Importamos y proveemos barras cromadas europeas, cuya principal aplicación es la construcción de vástagos para cilindros hidráulicos y neumáticos.

Tenemos amplia disponibilidad de medidas métricas y en pulgadas, cubriendo el rango completo de dimensiones normalizadas de Ø 5/8 a 4 pulgadas (15.87 a 101.6 mm)



Ø Pulg	mm	KGR X MT	Ø mm	KGR X MT
3/4"	19,05	2,23	16	1,58
7/8"	22,22	3,05	20	2,47
1"	25,4	3,98	25	3,85
1 1/8"	28,57	5,03	30	5,55
1 1/4"	31,75	6,22	35	7,55
1 3/8"	34,92	7,52	40	9,86
1 1/2"	38,1	8,95	45	12,48
1 3/4"	44,45	12,19	50	15,41
2"	50,8	15,91	55	19,33
2 1/4"	57,15	20,14	60	22,2
2 1/2"	63,5	24,86	65	26,05
2 3/4"	69,85	30,08	70	30,21
3"	76,2	35,8	75	34,68
3 1/4"	82,55	42,01	80	39,46
3 1/2"	88,9	48,72	85	44,54
			90	49,94

- » Construidas con Barras de acero Ck45 (SAE 1045) normalizado, rectificado y cromado
- » Resist. a la tracción (rotura) entre 53 y 80 Kg/mm<sup>2</sup>
- » Limite de fluencia mínimo 32 Kg/mm<sup>2</sup>, Típico 50 Kg/mm<sup>2</sup>
- » Elongación mayor a 15%
- » Composición Química:  
C: 0.40/0.46% - Mn: 0.50 a 0.80% - Si: 0.15 a 0.40% - S: 0.030% max - P: 0.030% max
- » Tolerancias Dimensionales:  
Diámetro: f7 - Ovalidad: 1/2 de la tolerancia f7 - Rectitud: mejor que 0.5 / 2000 mm
- » Características del recubrimiento de cromo duro :  
Espesor: 25 µm +/- 5 µm - Dureza superficial: 850 a 1100 HV - Rugosidad: 0.2 µm Ra max.

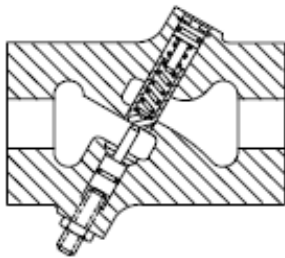
## ANEXO E. VÁLVULA REGULADORA DE CAUDAL VICKERS

**Vickers®**  
Valves



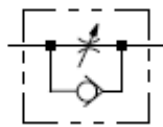
# Flow Controls, One Way Restrictor Type

**FN-03; EFN-06 and EFN-10**  
Typical Section



**Functional Symbol**

All models



**Model Code**

**F3 - (E) FN - \*\* - \*\* - \***



**1** Special seals  
For use with phosphate estertype fluids  
Omit if not required

**2** European product  
Omit for FN-03

**3** Flow control, one-way restrictor  
type

**4** Nominal size  
03 =  $\frac{3}{8}$ "  
06 =  $\frac{3}{4}$ "  
10 =  $1\frac{1}{4}$ "

**5** Design number  
11 = EFN-10  
20 = FN-03  
21 = EFN-06

**6** System connections  
B = G (B SPP)  
F = SAE 4-bolt flange  
(EFN-06/10 only)

### Basic Characteristics

Type ..... Restrictor valve  
Mounting ..... Thread or flange  
Maximum  
pressure ..... Up to 210 bar (3000 psi)  
Maximum flow ..... Up to 190 L/min  
(50 USgpm)  
Method of Adjustment ..... Manual

### General Description

The FN-03 and EFN-06/10 adjustable one-way restrictors are designed for applications where fluid oil flow regulation without pressure compensation is required. They can be used whenever the working load remains relatively constant.

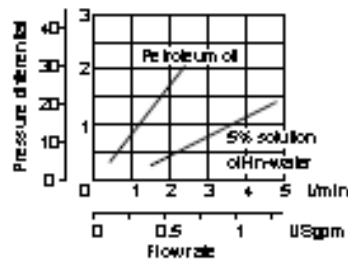
Flow regulation is for one direction only. When the flow is reversed the valve opens against a spring and flow passes through at near zero pressure. These valves therefore cannot be used as isolating valves.

## Operating Data

Maximum Pressure (psi)  
 Hydraulic petroleum oils and  
 common FR fluids ..... 210 (3000)  
 5% - 95% oil-in-water  
 emulsions ..... 140 (2000)

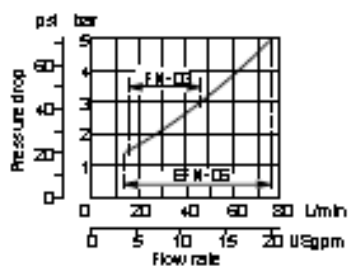
Flow/Pressure Data  
 Maximum recommended controlled flow,  
 L/min (USgpm), with good regulation.  
 FN-03 ..... 38 (10)  
 EFN-05 ..... 76 (20)  
 EFN-10 ..... 189 (50)

Minimum Controlled Flow  
 psi bar

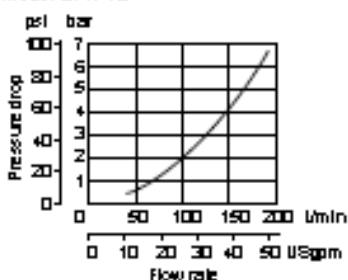


Pressure Drop for Free-Flow and  
 Maximum Controlled Flow

Models FN-03 and EFN-05



Model EFN-10



### Hydraulic Fluids

All models can be used with hydraulic  
 oils, water-in-oil emulsions and water  
 glycols. Add prefix "F3" to model  
 designation when phosphate ester (not  
 alkyl-based) to be used. EFN-05 and 10  
 models can also be used with a 5-10%  
 concentration of soluble oil in clean  
 water.

The extreme operating viscosity range is  
 from 13 to 850 cSt (70 to 4000 SUS) but  
 the recommended mixing range for all  
 bits soluble oil-in-water emulsions is 13  
 to 54 cSt (70 to 245 SUS).

For further information about fluids see  
 table 1920.

Contamination Control Requirements  
 Recommendations on contamination  
 control methods and the selection of  
 products to control field conditions are  
 included in Vickers publication 9132 or  
 951, "Vickers Guide to Systemic  
 Contamination Control". The book also  
 includes information on the Vickers  
 concept of "ProActive Maintenance".

The following recommendations are  
 based on ISO cleanliness levels at  
 2µm, 5µm and 15µm. For products in  
 this catalog the recommended levels  
 are:

Up to 210 bar (3000 psi) ..... 19/17/14

### Temperature Limits

Ambient

Min. .... -20°C (-4°F)  
 Max. .... +40°C (+104°F)

### Fluid Temperature

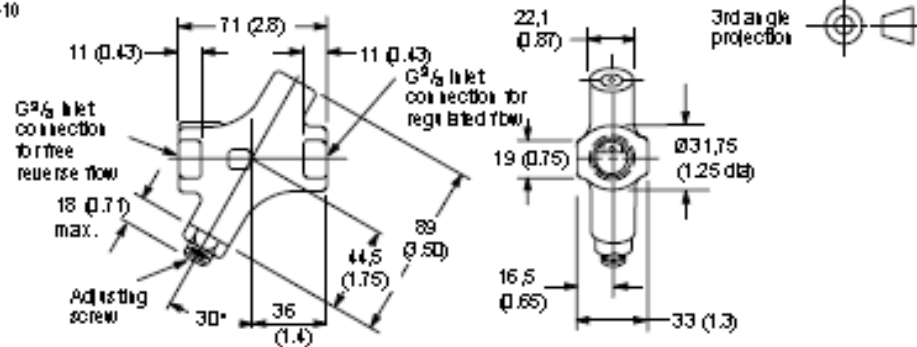
	Petroleum oil	Water- containing
Min.	-20°C (-4°F)	+10°C (+60°F)
Max.*	+80°C (+176°F)	+54°C (+130°F)

\* To obtain optimum service life from both  
 fluid and hydraulic system 25°C (+77°F)  
 normally is the maximum temperature  
 except for water-containing fluids.

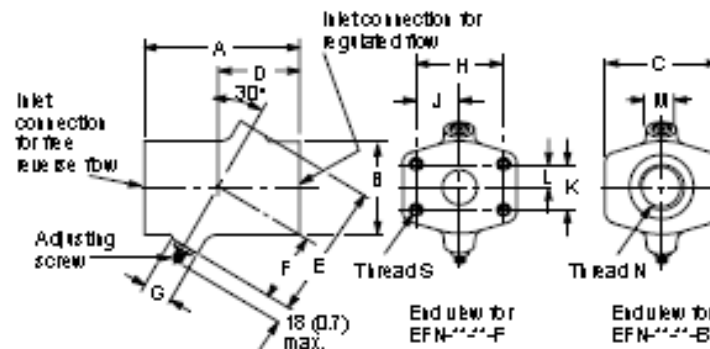
For synthetic fluids consult  
 manufacturer or Vickers  
 representative where limits are  
 outside those for petroleum use.  
 Whatever the actual temperature  
 range, ensure that additives stay  
 within the limits specified in the  
 "Hydraulic Fluids" section.

## Installation Dimensions in mm (inches)

EFN-06 and EFN-10



EFN-03



Model	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M
EFN-05-21-F	89 (3.50)	52 (2.04)	65 (2.56)	45 (1.77)	90 (3.54)	44.5 (1.75)	22 (0.87)	47.6 (1.87)	23.9 (0.94)	22.1 (0.87)	11 (0.43)	22 (0.87)
EFN-05-21-B	89 (3.50)	52 (2.04)	65 (2.56)	45 (1.77)	90 (3.54)	44.5 (1.75)	22 (0.87)	-	-	-	-	22 (0.87)
EFN-10-11-F	116 (4.57)	73 (2.87)	80 (3.15)	58 (2.28)	100 (3.94)	47 (1.85)	25 (0.98)	58.7 (2.31)	29.4 (1.16)	30.2 (1.19)	15 (0.59)	32 (1.26)
EFN-10-11-B	116 (4.57)	73 (2.87)	80 (3.15)	58 (2.28)	100 (3.94)	47 (1.85)	25 (0.98)	-	-	-	-	32 (1.26)

Model	Thread N	SAE flange dia c Nom. bore	Pipe O.D.	Thread B
EFN-05-21-F	-	3/4"	25	3/8"-16 UNC-28 x 19 (0.75) deep
EFN-10-11-F	-	1 1/4"	38	7/8"-14 UNC x 19 (0.75) deep

### Mass, kg (lb)

EFN-03-20	0.6 (1.3)
EFN-05-21	1.7 (3.7)
EFN-10-11	3.7 (8.1)

### Ordering Procedure

SAE 4-bolt flanges for the appropriate values are available from Vickers and must be ordered as, and are supplied as, separate items.

### Mounting Attitude

Optional.

## ANEXO F. VÁLVULAS DIRECCIONALES REXROTH

Electric Drives  
and Controls

Hydraulics

Linear Motion and  
Assembly Technologies

Pneumatics

Service

**Rexroth**  
Bosch Group

### Válvulas direccionales 4/3, 4/2 y 3/2 vías con solenoides de tensión continua o alterna de conmutación en aceite

RS 23178/04.05 1/16  
Reemplaza a: 04.04

Tipo WE 6 ...E

Tamaño nominal 6  
Serie 6X  
Presión de servicio máxima 350 bar  
Caudal máximo: 80 L/min (DC)  
60 L/min (AC)



#### Índice

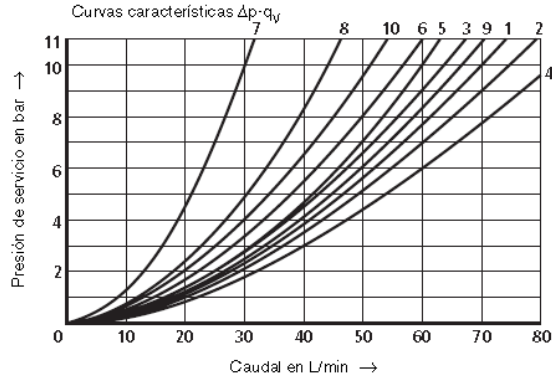
Contenido	Página
Características	1
Código de pedido	2
Tipos preferentes	3
Conectores	3
Símbolos	4
Función, corte	5
Datos técnicos	6, 7
Curvas características	8
Límites de potencia	8 hasta 10
Dimensiones	11 hasta 14

#### Características

- válvula direccional de corredera con accionamiento por solenoide en versión de alta potencia
- ubicación de las conexiones DIN 24340 formato A (**sin** orificio de fijación)
- ubicación de las conexiones según ISO 4401-03-02-0-94 (**con** orificio de fijación)
- placas de conexión, ver catálogo RS 45052 (pedido separado)
- solenoides de corriente continua y alterna de conmutación en aceite con bobina extraíble
- bobina magnética orientable en 90°
- al recambiar la bobina no hace falta abrir la cámara a prueba de escape bajo presión
- conexión eléctrica como conexión individual o central
- accionamiento de emergencia, opcional
- versión con conmutación suave, ver RS 23183
- conmutador final inductivo (sin contacto), ver RS 24830

Informaciones sobre repuestos disponibles:  
[www.boschrexroth.com/spc](http://www.boschrexroth.com/spc)

### Curvas características (medidas para HLP46, $\vartheta_{\text{aceite}} = 40\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ )



- 7 Símbolo "R" en posición de conmutación B - A  
 8 Símbolos "G" y "T" en posición central P - T  
 9 Símbolo "H" en posición central P - T

Símbolo	Sentido de flujo del caudal			
	P - A	P - B	A - T	B - T
A; B	3	3	-	-
C	1	1	3	1
D; Y	5	5	3	3
E	3	3	1	1
F	1	3	1	1
T	10	10	9	9
H	2	4	2	2
J; Q	1	1	2	1
L	3	3	4	9
M	2	4	3	3
P	3	1	1	1
R	5	5	4	-
V	1	2	1	1
W	1	1	2	2
U	3	3	9	4
G	6	6	9	9

### Límites de potencia (medidos para HLP46, $\vartheta_{\text{aceite}} = 40\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ )

#### ⚠ ¡Atención!

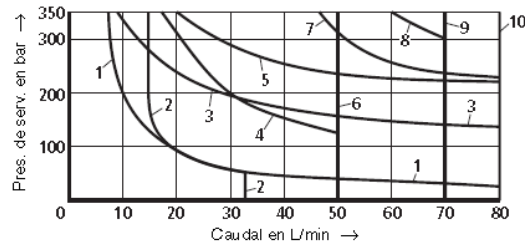
Los límites de potencia de conmutación indicados valen para el empleo con dos sentidos de flujo (p. ej. de P hacia A y flujo de retorno simultáneo de B hacia T).

A causa de las fuerzas de flujo actuantes dentro de las válvulas para un solo sentido de flujo (p. ej. de P hacia A y conexión B

bloqueada) el límite de potencia de conmutación admisible puede ser muy inferior.

En tales casos de aplicación por favor consúltenos.

**El límite de potencia de conmutación ha sido medido con solenoides a temperatura de servicio, 10% de subtensión y sin tensión previa en el tanque.**



#### Solenoides de corriente continua Tensión del solenoide

12; 24; 48; 96; 125; 205 V

(otras tensiones ver página 10)

Solenoides de corriente continua	
Caracter.	Símbolo
1	A; B <sup>1)</sup>
2	V
3	A; B
4	F; P
5	J
6	G; H; T
7	A/O; A/O/F; L; U
8	C; D; Y
9	M
10	E; E1- <sup>2)</sup> ; R <sup>3)</sup> ; C/O; C/O/F D/O; D/O/F; Q; W

<sup>1)</sup> con accionamiento de emergencia

<sup>2)</sup> preapertura P - A/B

<sup>3)</sup> flujo de retorno del consumidor al tanque

# ANEXO G. VÁLVULAS ANTIRRETORNO PILOTADAS VICKERS

Service Data

Vickers®

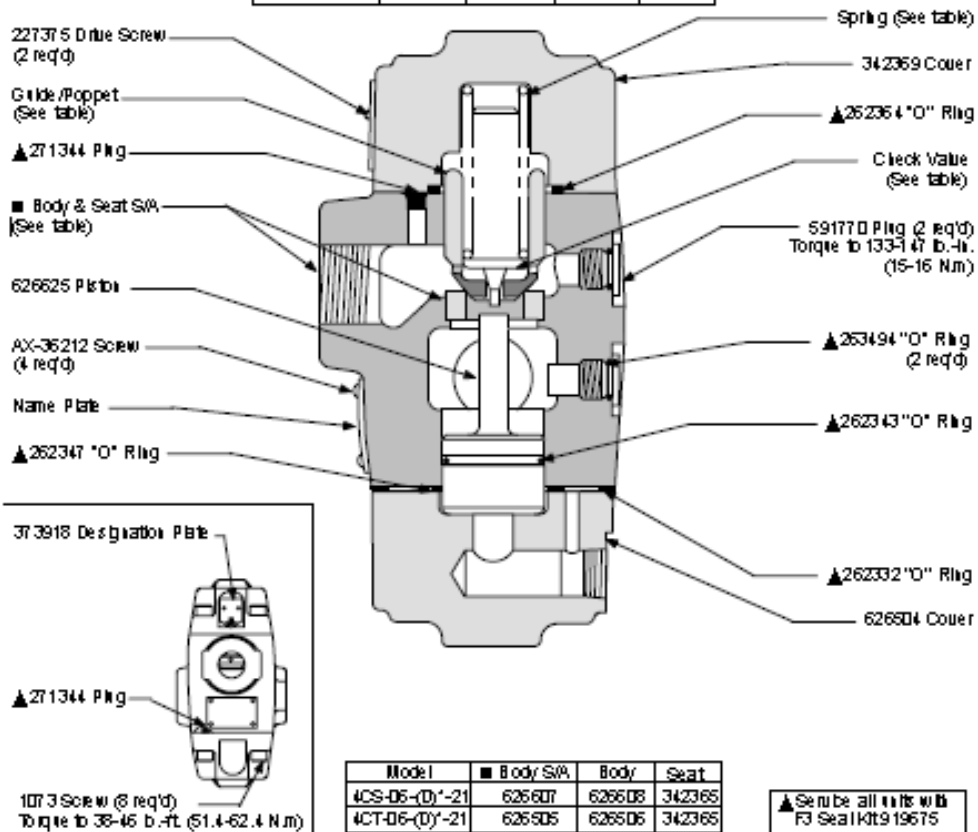
## Check Valves



### Pilot Operated Check Valve

4CT-06-(D)\*-21  
4CS-06-(D)\*-21  
4CG-06-(D)\*-21

Model	Spring	Pressure PSI	Check- Valve	Glide/ Poppet
4C*-06-A-21	354536	30	359859	359860
4C*-06-DA-21	354536	30	342366	354644
4C*-06-B-21	366660	50	359859	359860
4C*-06-DB-21	366660	50	342366	354644
4C*-06-C-21	368352	75	359859	359860
4C*-06-DC-21	368352	75	342366	354644
4C*-06-F-21	368353	150	359859	368358
4C*-06-DF-21	368353	150	342366	368359

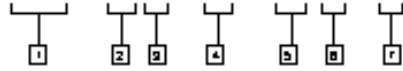


Revised 11-1-85  
**VICKERS**

I-3882-9

## Model Code

(F3) - 4C \* - 06 - (D) \* - 21



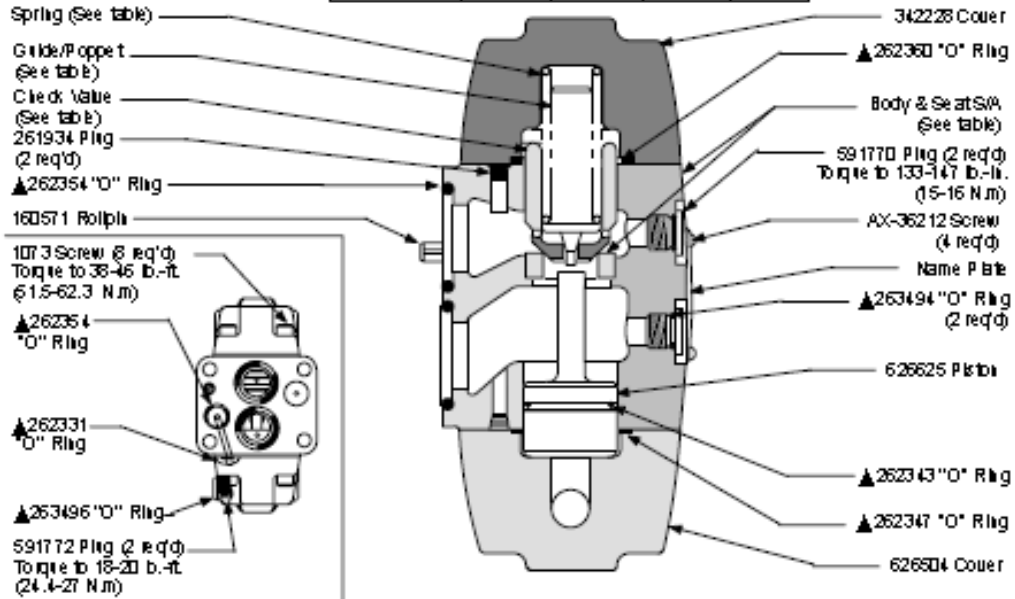
<b>1 Seal</b> (F3) - Seal for metal lolland fire resistive fields	<b>4 Series</b> 06 - 60	<b>6 Pressure Range</b> A - 30 PSI B - 50 PSI C - 75 PSI D - 150 PSI
<b>2 Model Series</b> 4C - Pilot operated check valve	<b>5 Feature</b> D - Decompression (Omit for no decompression)	<b>7 Design</b>
<b>3 Connection</b> G - Subplate mounted S - SAE straight thread connection T - NPTF threaded connection		

4CG-06 (D)\*21

▲ Service all units with F3 Seal Kit 91967 S

626807 Body & Seat S/A includes:
342365 Seat
626808 Body

Model	Spring	Pressure PSI	Check-Value	Guide/Poppet
4CG-06-A-21		30	354644	342366
4CG-06-DA-21	366660	30	354644	342366
4CG-06-B-21		50	354644	342366
4CG-06-DB-21	366660	50	354644	342366
4CG-06-C-21		75	354644	342366
4CG-06-DC-21	366362	75	354644	342366
4CG-06-F-21		150	366369	342366
4CG-06-DF-21	366363	150	366369	342366



For satisfactory service life of these components, use fillow fitation to provide fit/dilidilil meet ISO cleanliness code 18/15 or cleaner. Selections from Eaton OPR, ODR and OFRS filter series are recommended.

Perkins USA

**ANEXO H. RELACION DE COSTOS DE LA BRUÑIDORA**

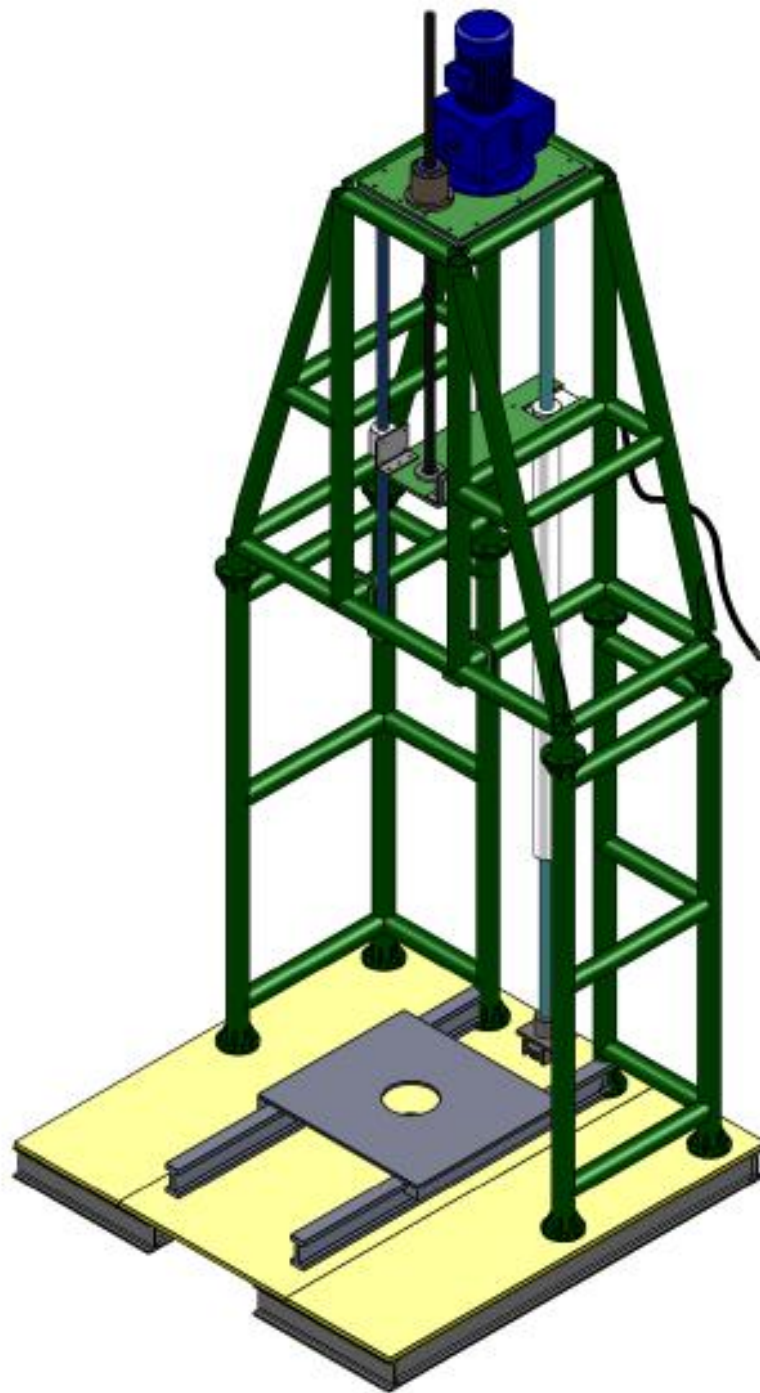
<b>ANALISIS DE GASTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MAQUINA BRUÑIDORA VERTICAL PARA INDUSTRIAS LAVCO LTDA.</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>
<b>COMPONENTES ESTRUCTURALES</b>	
Perfil Angular	\$ 205.248,00
Perfil I	\$ 320.000,00
Tubería perforación	\$ 1.428.000,00
Bronce fosforado	\$ 62.000,00
Barra Hexagonal	\$ 118.000,00
Material para piñones A 8620	\$ 143.004,00
Ejes revestidos con cromo duro	\$ 918.720,00
Laminas A36	\$ 2.842.820,00
Doble de laminas	\$ 9.653,00
Laminas HR	\$ 449.347,00
Material Acero 4140	\$ 196.607,00
Rodamiento Cónico Di 30mm	\$ 64.960,00
2 Rodamientos Cónicos	\$ 243.600,00
2 Rodamientos Lineales Thomson	\$ 1.240.060,00
Chavetas	\$ 10.997,00
Tornillos-tuercas-wasas	\$ 59.708,27
Sin especificar	\$ 455.549,00
Soldadura	\$ 326.296,42
Oxigeno	\$ 218.660,00
<b>Total Gastos Componentes Estructurales</b>	<b>\$ 9.313.229,69</b>
<b>COMPONENTES HIDRÁULICOS</b>	
Cilindro doble vástago	\$ 3.132.000,00
Cilindro doble efecto	\$ 900.000,00
Mangueras	\$ 531.993,00
Adaptadores	\$ 22.156,00
Accesorios Galvanizado	\$ 14.138,00
Bomba - motor de bomba - válvulas - manómetros - filtros - deposito	\$ 9.892.480,00
<b>Total Gastos Componentes Hidráulicos</b>	<b>\$ 14.492.767,00</b>
<b>COMPONENTES ELECTRONICOS</b>	
Componentes eléctricos	\$ 4.973.976,00
Profesional automatización programación, cableado-montaje	\$ 3.016.300,00
Motorreductor	\$ 3.750.001,00
Variador de frecuencia	\$ 1.481.600,00

<b>Total Gastos Componentes Hidráulicos</b>	<b>\$</b>	<b>13.221.877,00</b>
<b>FLETES-TRAMITES DE ENVIO</b>		
Tramite de envío USA B/manga	\$	746.096,40
Tramites envío nacional	\$	179.930,00
<b>Total Gastos fletes-tramites de envío</b>	<b>\$</b>	<b>926.026,40</b>
<b>MANO DE OBRA CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE</b>	<b>\$</b>	<b>7.000.000,00</b>
<b>AUXILIO DE TRANSPORTE ESTUDIANTES: FABIAN DIAZ - MARIO ACERO X 10 MESES</b>	<b>\$</b>	<b>2.720.800,00</b>
<b>GRAN TOTAL</b>	<b>\$</b>	<b>47.674.700,09</b>

# **ANEXO I.**

# **PLANOS**

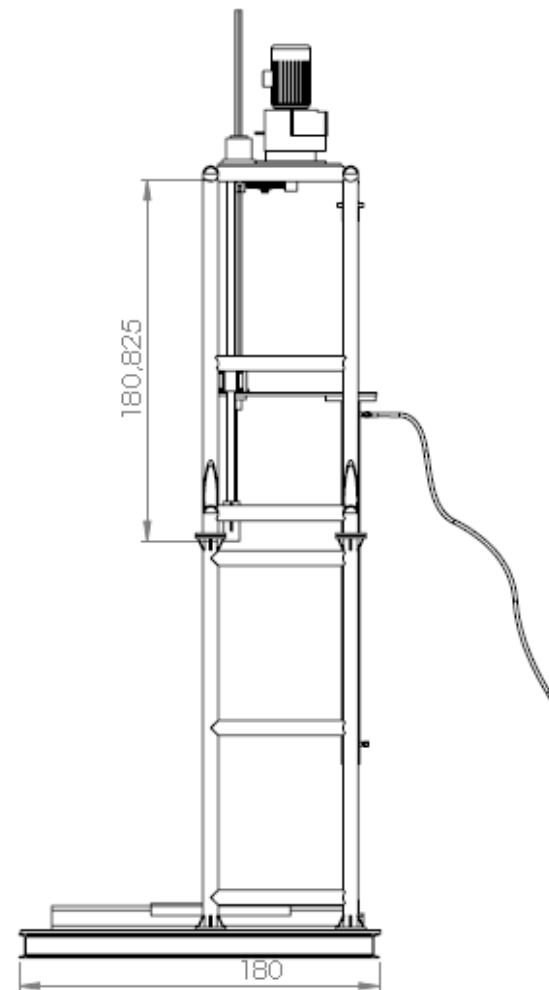
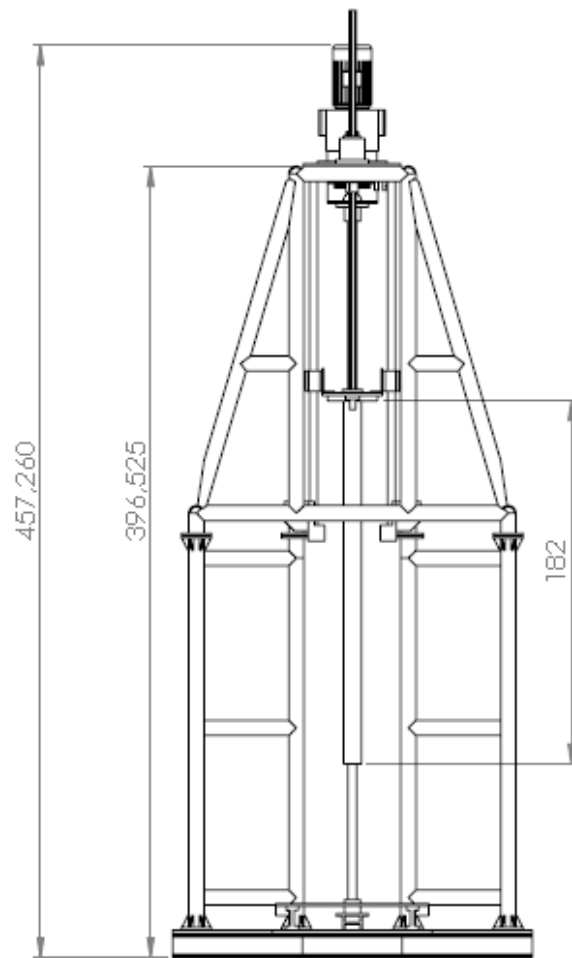
# **GENERALES**



**1. BRUÑIDORA**

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
INDUSTRIAS LAVCO LTDA.

DEBIDO: Mario Acero &  
Fabian Diaz  
APROBO: Carlos Borrás



## 2. MONTAJE FINAL

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

DIBUJO: Mario Acero & Fabian Diaz

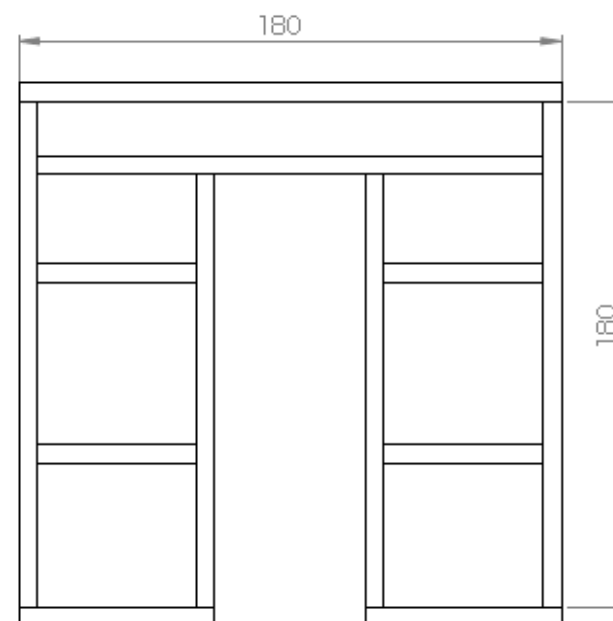
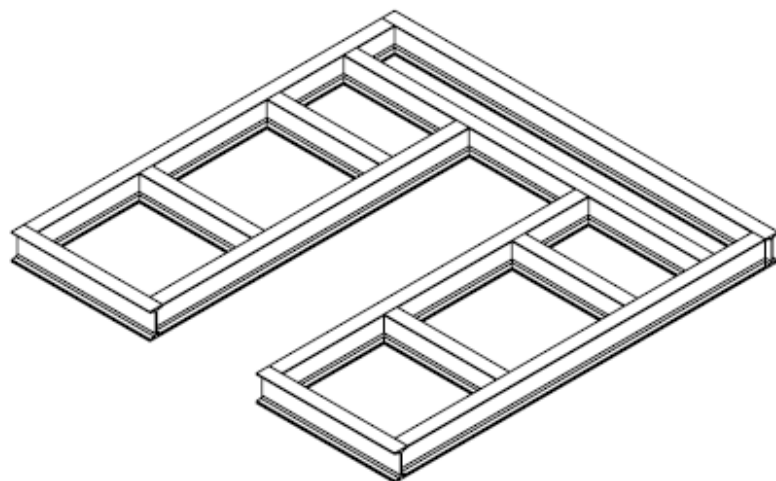
FECHA

FIRMA

INDUSTRIAS LAVCO LTDA.

APROBO: Carlos Borrás

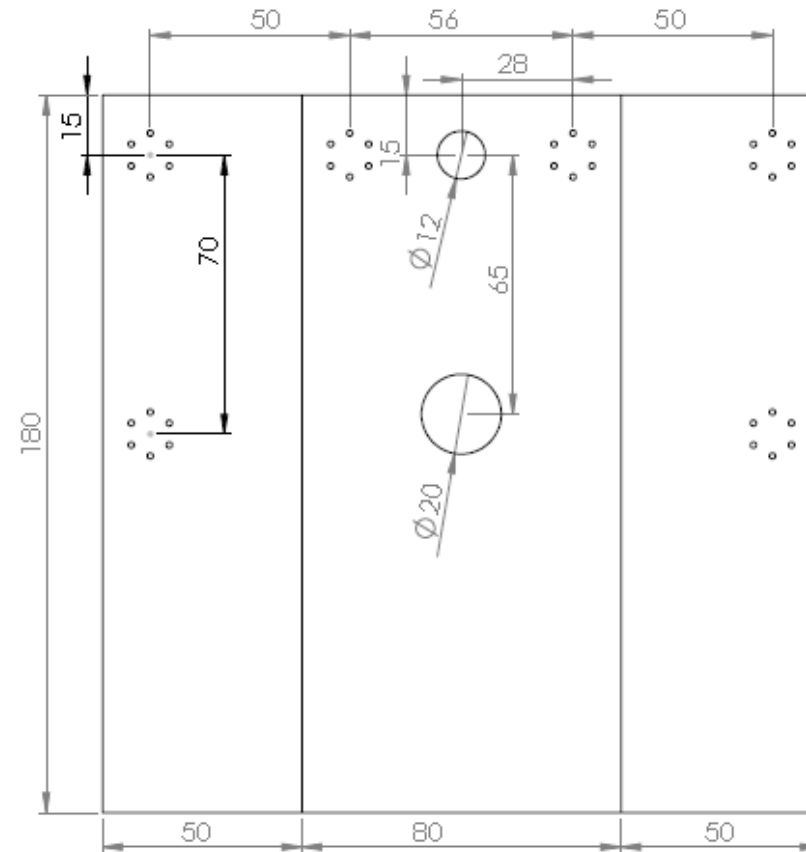
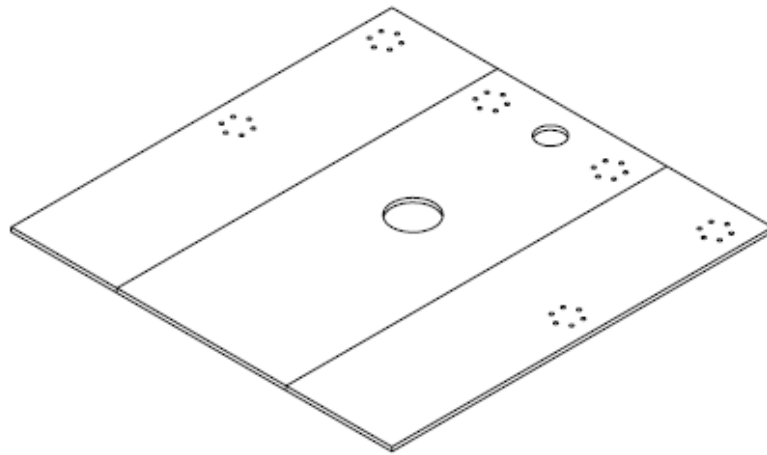
30/06/2011



### PERFIL DE ANCLAJE

\* Perfil IP 120: Altura: 12 cm x ancho= 6 cm  
 Longitud Total: 13 metros aprox

<b>3.PERFIL ANCLAJE</b>	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	DIBUJO: Mario Acero & Fabian Diaz	FECHA 30/06/2011	FIRMA
	INDUSTRIAS LAVCO LTDA.	A PROBO: Carlos Borrás		



#### LAMINA BASE

- \* 3 Láminas de 3/4" de espesor
- \* Longitud=180cm
- \* Anchos= 2 de 50cm y 1 de 80cm

#### 4. PLACA BASE

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

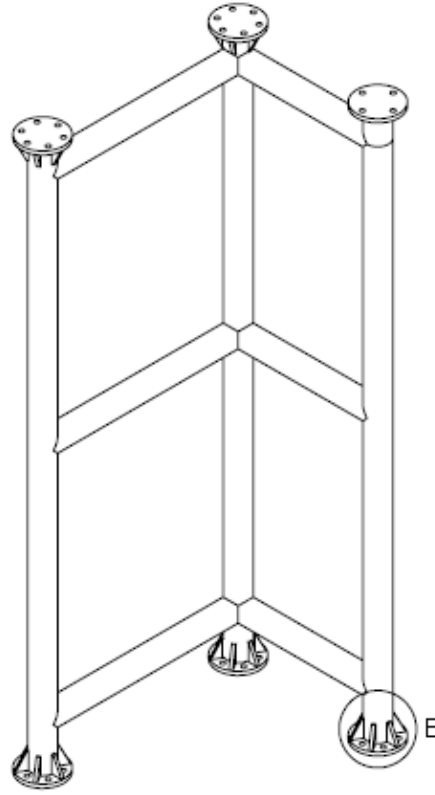
DIBUJO: Mario Acero & Fabian Diaz

FECHA  
30/06/2011

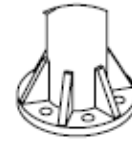
FIRMA

INDUSTRIAS LAVCO LTDA.

APROBO: Carlos Borrás

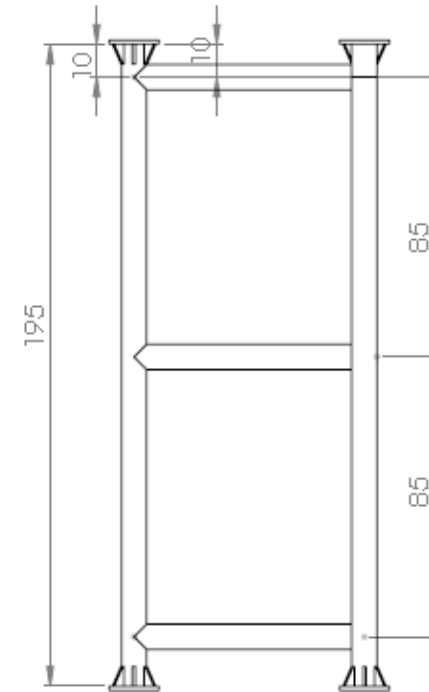
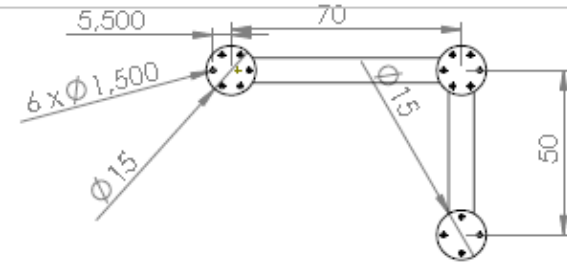


### UNA DERECHA Y UNA IZQUIERDA



DETALLE E  
ESCALA 2 : 15

- Tubería de Acero de 3" de diametro, 1/4" espesor
- Todas las bridas: 1/2" espesor, Agujeros Diam= 1.5cm
- Bidas verticales con 6 agujeros y 6 venas de 6x3 cm, Bidas laterales con 4 agujeros y sin venas
- Medidas en cm y en pulgadas



### 5. LATERAL DERECHA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

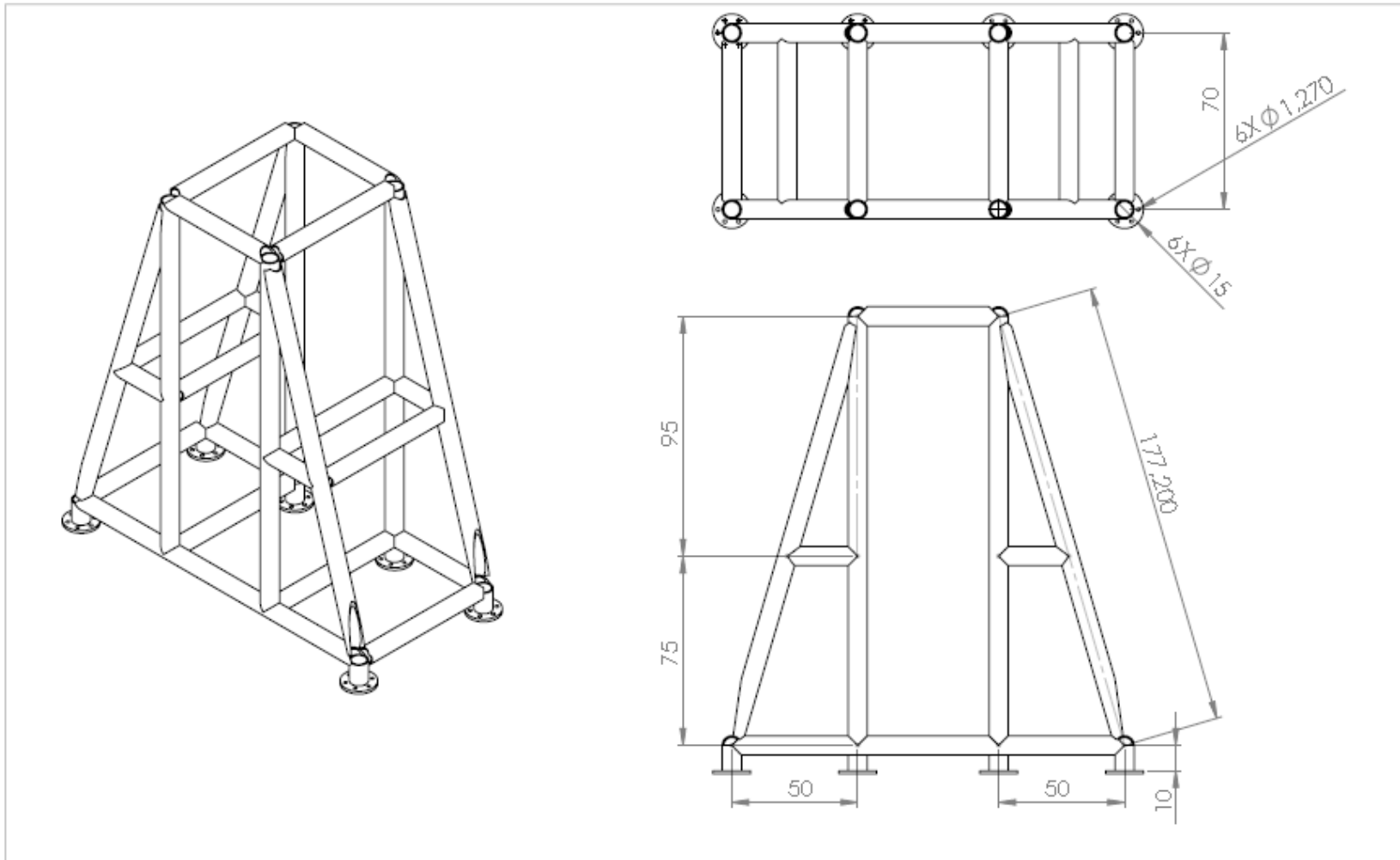
DIBUJO: Mario Acero & Fabian Diaz

FECHA  
30/06/2011

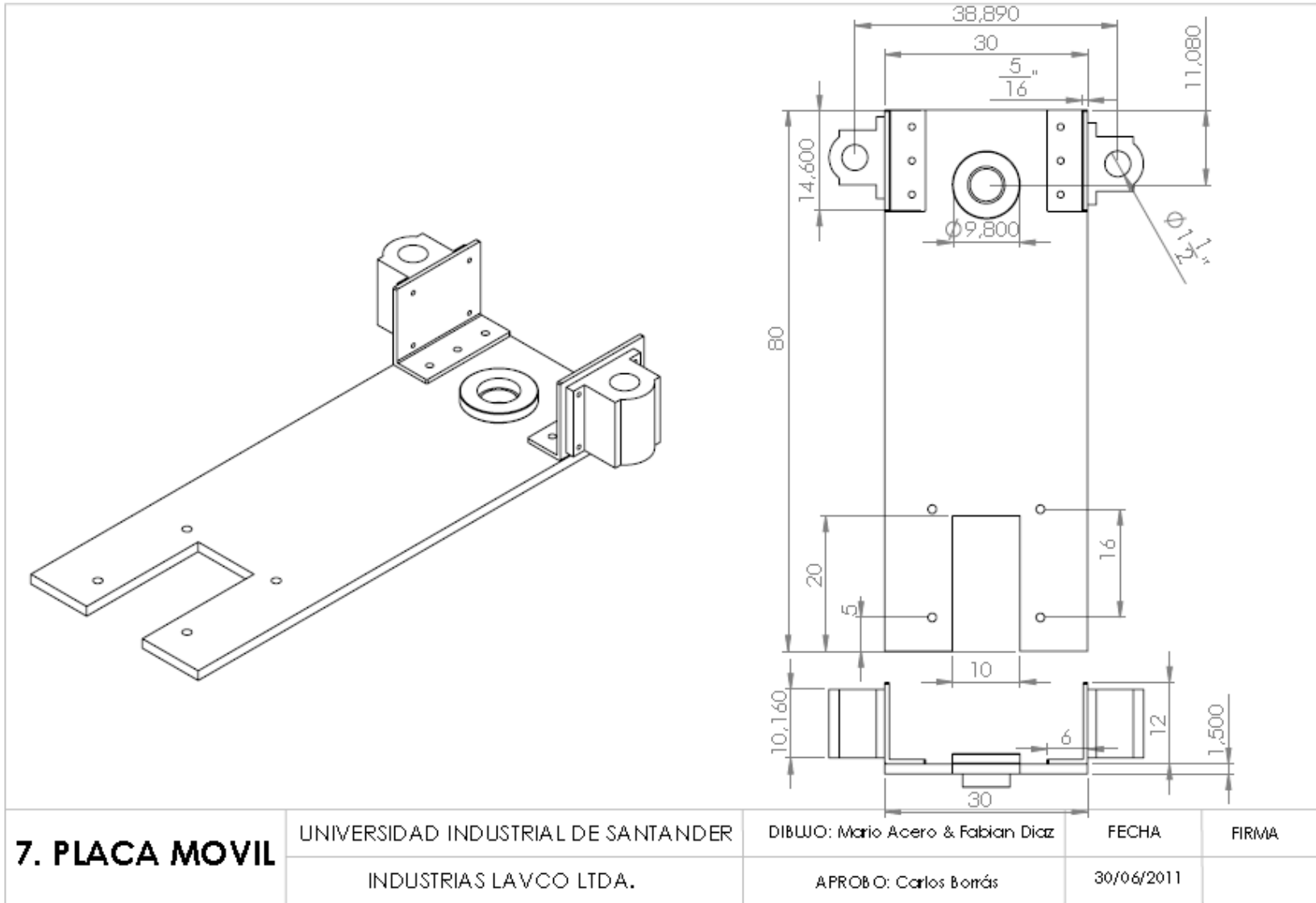
FIRMA

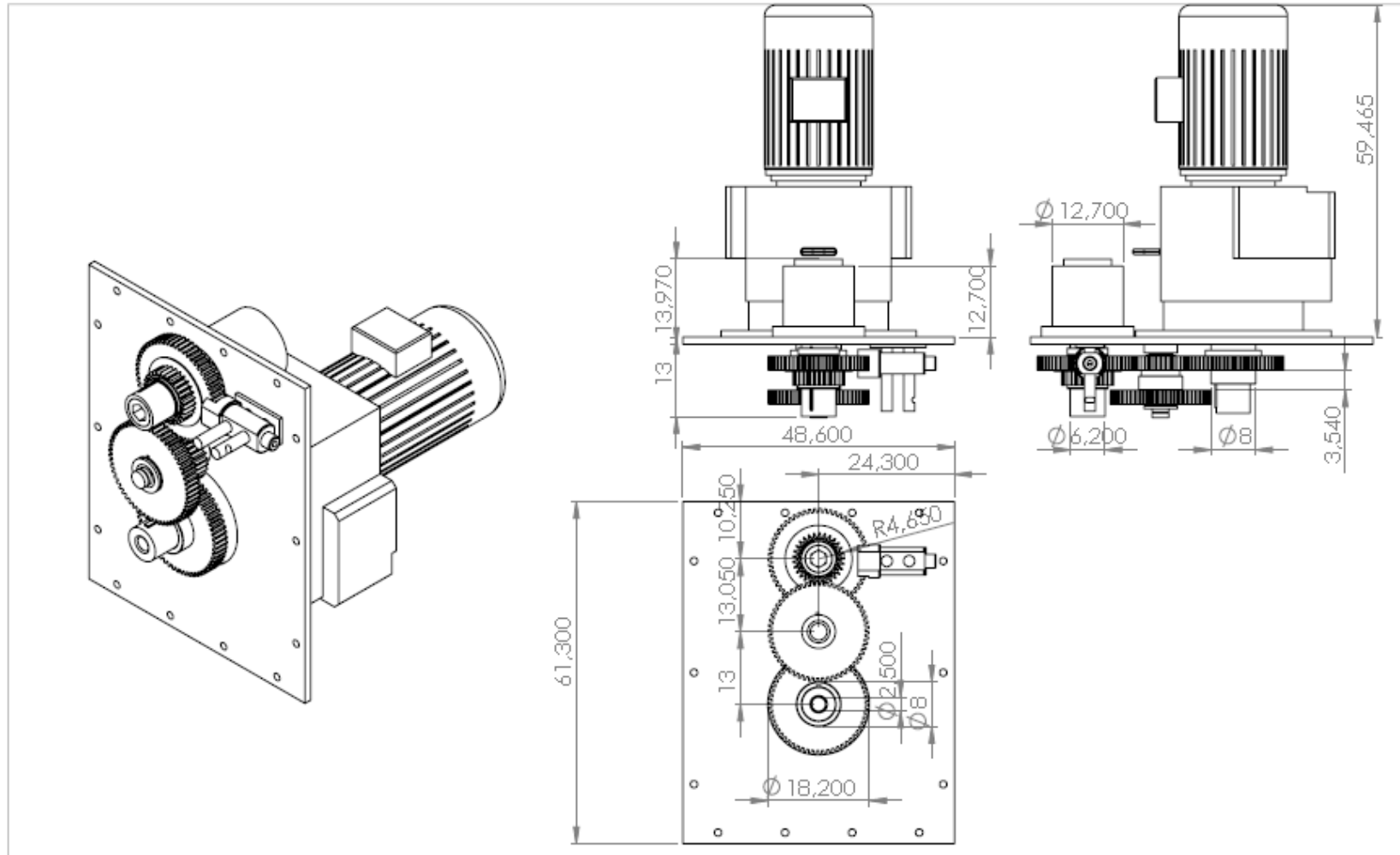
INDUSTRIAS LAVCO LTDA.

APROBO: Carlos Borrás



<b>6.SUPERIOR</b>	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	DIBUJO: Mario Acero & Fabian Diaz	FECHA	FIRMA
	INDUSTRIAS LAVCO LTDA.	APROB O: Carlos Borrás	30/06/2011	





**8. MONTAJE SUPERIOR**

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

DIBUJO: Mario Acero & Fabian Diaz

FECHA

FIRMA

INDUSTRIAS LAVCO LTDA.

APROB.O: Carlos Borrás

30/06/2011