

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MEZCLADORA  
DE CEMENTO REFRACTARIO PARA UNA POTENCIA  
DE 5 HP**

**CARLOS ERIEL ARDILA VILLARREAL  
JHON ALEXÁNDER BUITRAGO DÍAZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO – MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA  
2.010**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MEZCLADORA  
DE CEMENTO REFRACTARIO PARA UNA POTENCIA  
DE 5 HP**

**CARLOS ERIEL ARDILA VILLARREAL  
JHON ALEXÁNDER BUITRAGO DÍAZ**

**Trabajo de Grado para optar al título de  
Ingeniero Mecánico**

**Director**

**RICARDO ALFONSO JAIMES ROLON  
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO – MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA  
2.010**

## **DEDICATORIA**

A Dios Padre, a quien reconozco como el principal causante de este triunfo,  
A mi esposa, con todo mi amor y que siempre me dio su apoyo,  
A papá y mamá, que han sido incondicionales e incansables luchadores,  
A mi bebita preciosa, mi angelito,  
A mis hermanos y amigos.

**Carlos Eriel**

## **DEDICATORIA**

Dedico este triunfo a mi familia quienes han puesto su confianza en mi trabajo y me han brindado todo su apoyo durante estos años de preparación, a mi compañero y amigo Carlos Eriel por su esfuerzo y tenacidad.

A Dios Padre por que sin él nada es posible.

**Jhon Alexánder**

## **AGRADECIMIENTOS**

Al ingeniero Ricardo Alfonso Jaimes Rolón, director del proyecto, por su respaldo, confianza, inmediatez y colaboración oportuna.

A Bienestar Universitario, con mención especial de “Jaime”, quienes me brindaron su apoyo durante toda mi carrera para el servicio de comedores, sin lugar a dudas, una gran ayuda para toda la carga académica y económica que implicaba cada semestre.

A mis padres, hermanos y mi novia quien finalmente se convirtió en mi esposa.

A Jhon Alexander, mi compañero de proyecto y amigo. Y en general, a todos mis amigos y compañeros de estudio quienes estaban pendientes de “esto”.

Por supuesto que a la empresa INDCO LTDA y toda su planta de personal, quienes atentamente apoyaron al desarrollo del proyecto.

**Carlos Eriel**

## **AGRADECIMIENTOS**

Al ingeniero Ricardo Alfonso Jaimes Rolón, director del proyecto, por su respaldo, confianza, inmediatez y colaboración oportuna.

A mis padres y familiares.

A todos mis amigos.

Al grupo de la empresa INDCO LTDA por su presta colaboración y apoyo.

**Jhon Alexander**

## CONTENIDO

	pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>24</b>
<b>1. EL CEMENTO REFRACTARIO</b>	<b>28</b>
1.1. GENERALIDADES	28
1.2. CLASIFICACION	29
1.2.1. Concretos sílico-aluminosos	29
1.2.2. Concretos de alta alúmina	31
1.2.4. Concretos de ultrabajo cemento	33
1.2.5. Concretos aislantes	34
1.3. USOS E INDUSTRIA	35
<b>2. MEZCLADORAS DE CEMENTO</b>	<b>37</b>
2.1. CLASIFICACION DE LAS MEZCLADORAS	38
2.2. MEZCLADORAS DE CONCRETO REFRACTARIO	46
2.3. ABRASIÓN	48
<b>3. CONCEPCIÓN DEL DISEÑO DE LA MEZCLADORA</b>	<b>50</b>
3.1. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO	50
3.2. EVALUACION PRELIMINAR DEL DISEÑO	51
3.3. SUBSISTEMAS DE LA MÁQUINA	53
<b>4. DISEÑO DEL SISTEMA DE POTENCIA</b>	<b>55</b>
4.1. DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DE GIRO	55
4.2. DISEÑO Y SELECCIÓN DE LAS CORREAS	57
4.3. DISEÑO DE ENGRANAJES	64
4.4. CÁLCULO DE FUERZAS Y TORQUES EN POLEAS	76

4.5. CÁLCULO DE FUERZAS Y TORQUES EN ENGRANAJES RECTOS	78
4.6. CÁLCULO DE FUERZAS Y TORQUES EN ENGRANAJES CÓNICOS	79
4.7. ESTADOS DE CARGA EN LOS EJES	80
4.8. DIMENSIONAMIENTO DE LOS EJES	88
<b>5. DISEÑO DEL SISTEMA DE MEZCLADO</b>	<b>89</b>
5.1. DISEÑO DE HÉLICES DE MEZCLA	89
5.2. DISEÑO DE BRAZOS DE MEZCLADO	96
5.3. DISEÑO DE PALETAS DE MEZCLADO	98
5.4. VERIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD DE MEZCLADO	100
5.5. TANQUE DE MEZCLA	102
<b>6. DISEÑO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL</b>	<b>106</b>
6.1. ESTRUCTURA	106
6.2. SELECCIÓN DE RUEDAS Y COJINETES	108
6.3. ELEMENTOS DE SUJECIÓN	110
6.4. SISTEMA DE ANCLAJE Y DE TRANSPORTE	112
<b>7. CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE</b>	<b>114</b>
7.1. CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURA	114
7.2. MAQUINADO DE EJES	118
7.3. CONSTRUCCIÓN DEL CONJUNTO DE MEZCLADO	120
7.4. MONTAJE	127
<b>8. PRUEBAS Y PINTURA</b>	<b>133</b>
8.1. LUBRICACIÓN EN ENGRANAJES CÓNICOS	133
8.2. FALLAS POR RESISTENCIA	134
8.3. PINTURA DE LA MEZCLADORA	136
<b>9. ANALISIS DE COSTOS</b>	<b>146</b>
<b>10. PROGRAMA GENERAL DE MANTENIMIENTO</b>	<b>149</b>

<b>CONCLUSIONES</b>	<b>150</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>151</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>153</b>

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág.</b>
Figura 1. Cemento granulado	28
Figura 2. Cemento refractario de alta alúmina	29
Figura 3. Concrax 1300, presentación 25 Kg	30
Figura 4. Concrax 1500, presentación 50 Kg	31
Figura 5. Corindal 1900, presentación 10 Kg	32
Figura 6. Esquema característico de una mezcladora tipo trompo	37
Figura 7. Mezcladora de concreto tipo trompo de tambor basculante	39
Figura 8. Camión hormigonera (mezclador) de 3 ejes	40
Figura 9. Mezcladora de eje horizontal	41
Figura 10. Interior de una mezcladora de eje horizontal	41
Figura 11. Mezcladora móvil automática DOMAT	42
Figura 12. Mezcladora planetaria de eje vertical marca Elematic	42
Figura 13. Interior de una mezcladora planetaria de eje vertical	43
Figura 14. Efecto homogenizado de la masa con mezcladoras planetarias	43
Figura 15. Mezcladora de eje vertical	44
Figura 16. Zona de mezcla en mezcladora de eje vertical	45
Figura 17. Sistema de agitación en mezcladoras de eje vertical	45
Figura 18. Modelos de mezcladoras de eje vertical en el mercado	46
Figura 19. Sistema flexible en los brazos de mezclado	48
Figura 20. Esquema básico de la mezcladora y requerimientos del diseño	51
Figura 21. Esquema del sistema de transmisión de potencia	53
Figura 22. Esquema del sistema de mezcla	53
Figura 23. Esquema del sistema estructural	54
Figura 24. Etapas de transmisión horizontal	56

Figura 25. Modelo 2D de las etapas de transmisión de potencia	57
Figura 26. Entrada de datos para selección de poleas y correas SKF	58
Figura 27. Elección del tipo de correa según potencia de diseño y rpm	59
Figura 28. Selección de poleas y correas	60
Figura 29. Datos del diseño corregidos para la correa B69	61
Figura 30. Datos específicos de la geometría correa-poleas	62
Figura 31. Detalle de las fuerzas, velocidades y geometría en las poleas	63
Figura 32. Parámetros de cálculo para el piñón recto	73
Figura 33. Parámetros de cálculo para la rueda recta	74
Figura 34. Parámetros de cálculo para el piñón cónico	75
Figura 35. Parámetros de cálculo para la rueda cónica	76
Figura 36. Reacciones en las poleas	77
Figura 37. Carga resultante en el centro de la polea	77
Figura 38. Reacciones en el eje	77
Figura 39. Fuerzas y torque en el piñón recto	78
Figura 40. Fuerzas y torque en la rueda recta	79
Figura 41. Fuerzas y torque en el piñón cónico	79
Figura 42. Fuerzas y torque en la rueda cónica	80
Figura 43. Estado de carga del eje 1	80
Figura 44. Estado de carga del eje 2	82
Figura 45. Cálculo de cargas equivalentes en rodamiento FYT	83
Figura 46. Estado de carga del eje 3	84
Figura 47. Cálculo de ranuras en eje estriado	86
Figura 48. Estado de carga del eje 4	86
Figura 49. Brazos y hélices del sistema de mezclado	90
Figura 50. Modelo bidimensional del torque en la mezcla	91
Figura 51. Torque de transmisión contra fuerza resistente	92
Figura 52. Esfuerzos Von Mises del conjunto hélices-brazos-paletas	93
Figura 53. Factor de seguridad del conjunto hélices-brazos-paletas	94
Figura 54. Desplazamientos del conjunto hélices-brazos-paletas	95

Figura 55. Factor de seguridad en brazo 3	96
Figura 56. Desplazamiento en brazos de mezclado	97
Figura 57. Factor de seguridad en brazo 2	97
Figura 58. Factor de seguridad en brazo 1	98
Figura 59. Esfuerzos en paleta de mezclado	99
Figura 60. Desplazamiento en paletas de mezclado	99
Figura 61. Factor de seguridad en paletas de mezclado	100
Figura 62. Curva del número Reynolds y número de potencia	101
Figura 63. Tipos de rodetes en agitadores	102
Figura 64. Cargas en el tanque	103
Figura 65. Tolva de carga	104
Figura 66. Rompeterrones	104
Figura 67. Tolva de descarga	104
Figura 68. Tapa del fondo del tanque	105
Figura 69. Estructura de tres patas	106
Figura 70. Cargas transmitidas a la estructura simuladas en SolidWorks	107
Figura 71. Esfuerzos en la estructura	107
Figura 72. Deformación en la estructura	108
Figura 73. Factor de seguridad en la estructura	108
Figura 74. Eje 5, soporte de las ruedas	109
Figura 75. Llanta de automóvil, R14	109
Figura 76. Selección de rodamiento SKF 7206 BEGBY	110
Figura 77. Ubicación de conectores en conjunto hélices-brazos-paletas	111
Figura 78. Dimensiones de tornillos Withworth	112
Figura 79. Cargas que soportan los tornillos Withworth	112
Figura 80. Método de remolque de la máquina	113
Figura 81. Mezcladora de cemento refractario, vista en isométrico	113
Figura 82. Seguimiento en taller con planos de construcción	114
Figura 83. Armado preliminar de la estructura	114
Figura 84. Base de la estructura	115

Figura 85. Base de la estructura con punto de apoyo del motor	115
Figura 86. Partes para soportes del tanque	116
Figura 87. Soportes del tanque	116
Figura 88. Punto de remolque en la estructura	117
Figura 89. Punto de unión entre las ruedas y la estructura	117
Figura 90. Construcción del soporte para el tanque en la estructura	118
Figura 91. Estructura terminada	118
Figura 92. Eje horizontal	119
Figura 93. Eje vertical con acople instalado	119
Figura 94. Eje vertical estriado	120
Figura 95. Lamina doblada para el tanque	120
Figura 96. Corte de la tapa superior para el tanque	121
Figura 97. Corte de lámina para las tapas	121
Figura 98. Tapa superior	122
Figura 99. Fondo del tanque	122
Figura 100. Partes del tanque a soldar	123
Figura 101. Trabajo con pulidora para colocar cordón de soldadura	123
Figura 102. Soldadura del tanque	124
Figura 103. Tolva de descarga	124
Figura 104. Mecanismo de accionamiento en tolva de descarga	125
Figura 105. Rejilla en tolva superior	125
Figura 106. Corte de lámina para hélice de mezcla	126
Figura 107. Pre-ensamble del soporte de la hélice de mezclado	126
Figura 108. Brazos y paletas de mezcla	127
Figura 109. Montaje de eje horizontal	127
Figura 110. Montaje del motor	128
Figura 111. Pre ensamble de eje vertical	128
Figura 112. Cuñas de ajuste para montaje de chumaceras	129
Figura 113. Pre ensamble de paletas de mezclado	129
Figura 114. Montaje de brazos y paletas en las hélices de mezclado	130

Figura 115. Protector de seguridad	130
Figura 116. Pre ensamble de engranajes	131
Figura 117. Ruedas y rodamientos	131
Figura 118. Pre-ensamble de la máquina	132
Figura 119. Transmisión de potencia ensamblada	132
Figura 120. Transmisión sin sistema de lubricación	133
Figura 121. Transmisión con sistema de lubricación	133
Figura 122. Sistema de lubricación en engranajes cónicos	134
Figura 123. Desgaste y falla en piñón cónico	134
Figura 124. Fallas en elementos de la transmisión	135
Figura 125. Simulación de falla en eje	135
Figura 126. Pintura de la tapa del tanque	136
Figura 127. Pintura de la tolva de descarga	137
Figura 128. Pintura del tanque	137
Figura 129. Pintura de componentes de la transmisión	138
Figura 130. Pintura de protectores	138
Figura 131. Pintura de spool para el tanque	139
Figura 132. Pintura de cubierta de hélice mezcladora	139
Figura 133. Proceso de ensamble final de la transmisión	140
Figura 134. Montaje de la transmisión con caja de lubricación	140
Figura 135. Montaje del tanque de mezclado	141
Figura 136. Inspección visual del montaje del tanque de mezclado	141
Figura 137. Vista interna del tanque	142
Figura 138. Vista inferior del tanque y del sistema de transmisión	142
Figura 139. Vista lateral 1 de la máquina mezcladora	143
Figura 140. Vista lateral 2 de la máquina mezcladora	143
Figura 141. Vista frontal de la máquina mezcladora	144
Figura 142. Inspecciones finales al ajuste	144
Figura 143. Autores del proyecto	145

## LISTA DE TABLAS

	<b>pág.</b>
Tabla 1. Tipos de mezcladoras	38
Tabla 2. Evaluación preliminar del diseño	52
Tabla 3. Parámetros de diseño de piñón recto	66
Tabla 4. Parámetros de diseño de rueda recta	67
Tabla 5. Cálculos de fuerza dinámica en piñón cónico	69
Tabla 6. Cálculos de fuerza de resistencia a rotura en piñón cónico	70
Tabla 7. Cálculos de fuerza de desgaste en piñón cónico	70
Tabla 8. Cálculos de fuerza dinámica en rueda cónica	71
Tabla 9. Cálculos de fuerza de resistencia a rotura en rueda cónica	71
Tabla 10. Cálculos de fuerza de desgaste en rueda cónica	72
Tabla 11. Resumen de cálculo de eje 1	81
Tabla 12. Resumen de cálculo de eje 2	82
Tabla 13. Resumen de cálculo de eje 3	85
Tabla 14. Resumen del cálculo del eje 4	87
Tabla 15. Propiedades del material de las hélices	94
Tabla 16. Propiedades del material de los brazos	98
Tabla 17. Propiedades del material de las paletas	98
Tabla 18. Fuerzas de los pernos del sistema hélice, brazo y paletas	111
Tabla 19. Costos de materiales	146
Tabla 20. Resumen del valor de la máquina incluido AIU	146
Tabla 21. Detalle de los costos directos de fabricación	147
Tabla 22. Programa general de mantenimiento	149
Tabla 23. Factor de distribución de carga, Km	181
Tabla 24. Esfuerzo de diseño a flexión engranajes cónicos, Sd	181

Tabla 25. Factor de vida, KL	182
Tabla 26. Factor de tamaño, Ks	182
Tabla 27. Factor de confiabilidad, Kr	182
Tabla 28. Factor de vida para desgaste, CL	182

## LISTA DE ANEXOS

	<b>pág.</b>
Anexo A. Planos de construcción	154
Anexo B. Manual del usuario y de mantenimiento	162
Anexo C. Detalle del cálculo de la relación de transmisión de potencia	171
Anexo D. Detalle de las medidas geométricas de la correa y las poleas	172
Anexo E. Tablas y figuras para cálculo de engranajes rectos según procedimiento AGMA	175
Anexo F. Tablas y figuras para el cálculo de engranajes cónicos según método AGMA	179
Anexo G. Detalle del cálculo de las fuerzas y torques en la transmisión	183
Anexo H. Detalle del cálculo de fuerzas y torques en engranajes	185
Anexo I. Cálculo del Eje 1	186
Anexo J. Rodamientos Tipo SY30	190
Anexo K. Cálculo de chaveteros	191
Anexo L. Cálculo del Eje 2	193
Anexo M. Rodamientos Tipo FYT1.1/2	197
Anexo N. Cálculo del Eje 3	198
Anexo O. Rodamientos Eje 3 y Eje 4	202
Anexo P. Acople en los Eje 3 y 4	204
Anexo Q. Cálculo del Eje 4	208
Anexo R. Especificaciones técnicas de cementos refractarios	211
Anexo S. Rodamientos para las ruedas	215

## RESUMEN

**TÍTULO:**  
**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA MEZCLADORA DE CEMENTO REFRACTARIO PARA UNA POTENCIA DE 5 HP\***

**AUTORES:**  
Carlos Eriel Ardila Villarreal  
Jhon Alexánder Buitrago Díaz\*\*

**PALABRAS CLAVES:**  
Diseño, Construcción, Cemento, Concreto, Refractario, Mezcladora

**DESCRIPCIÓN:**  
Este trabajo de grado tiene como finalidad realizar un equipo de mezcla para el cemento refractario debido a que en el mercado local no existe una unidad de mezclado diseñada para trabajar con este material. Este es un conjunto diseñado para un fácil transporte, versátil a la hora de utilizar otros cementos y de bajo coste. El diseño se realiza por requerimiento de la empresa de *Ingeniería, Diseño y Construcción (INDCO LTDA)*.

El proceso de diseño inicia con un análisis de las posibles soluciones de construcción, luego se define el sistema de mezclado sobre un tanque horizontal de forma circular. Los componentes mecánicos se diseñan de acuerdo a sistemas principales: sistema de potencia, sistema de mezclado y sistema estructural. El proyecto se elabora sobre el requerimiento de 5 HP en el motor y una capacidad de mezclado de 200 Kg. La utilización de software de simulación y modelado en ingeniería (CAD, CAM) es primordial para el desarrollo del trabajo, programas como Solid Works, Solid Edge, Autocad, Cosmos, Ansys, Tk Solver y otros, son frecuentemente referenciados y aplicados ya que evitan tediosos y largos procedimientos de cálculo.

El resultado es una máquina que satisface una necesidad particular, pero además, es un equipo perfectamente comercializable ya que cubre un nicho de mercado no explorado en el entorno local, fabricada a un costo razonable y mucho más económica que los equipos importados de características semejantes.

---

\* Trabajo de Grado.

\*\* Facultad de Ciencias Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Ing. Ricardo Jaimes.

## SUMMARY

**TITLE:**

**DESIGN AND CONSTRUCTION OF A MIXER ONE OF REFRACTORY CEMENT FOR A POWER OF 5 HP\***

**AUTHORS:**

Carlos Eriel Ardila Villarreal  
Jhon Alexander Buitrago Díaz\*\*

**KEY WORDS:**

Design, Construction, Cement, Concrete, Refractory, Mixer.

**DESCRIPTION:**

This work of degree has as purpose of making an equipment of mixture for the refractory cement, because in the local market a mixed unit of designed does not exist to work with this material. This it is a set designed for an easy transport, versatile at the time of using other cements and of low cost. The design is made by requirement of the company of Engineering, Design and Construction (INDCO LTDA.).

The design process initiates with an analysis of the possible solutions of construction, soon defines the mixed system of on a horizontal tank of circular form. The mechanical components are designed according to main systems: system of power, system of mixed and structural system. The project is elaborated on the requirement of 5 HP in the motor and a mixed capacity of 200 Kg. The use of software of simulation and modeling in engineering (CAD, CAM) is fundamental for the development of the work, programs such as Solid Works, Solid Edge, Autocad, Cosmos, Ansys, Tk Solver and others, are frequently cited and applied as they avoid tedious and long procedures of calculation.

The result is a machine that satisfies a particular necessity, but in addition, is a perfectly marketable equipment since it covers a niche with market no explored at local surroundings, fabricated to a reasonable and much more economic cost that the imported equipments of similar characteristics.

---

\* Degree Work.

\*\* Physical-Mechanical Sciences Faculty, Mechanical Engineering, Eng. Ricardo Jaimes.

## INTRODUCCIÓN

La industria de los materiales refractarios tiene un campo amplio en aplicaciones en hornos de fabricación, ya sea en las refinerías, industria química, metalúrgica, industrias de vidrio y cerámica. En el área de la construcción se puede encontrar varios ejemplos de materiales refractarios como el cemento refractario que es utilizado para soportar y revestir paredes, así mismo se encuentra el ladrillo refractario que es muy resistente a las altas temperaturas y a los casos de abrasión, sus caras están caracterizadas por ser lisas además de consistirse en un buen aislante térmico.

Se ha considerado en este trabajo de grado al cemento refractario, un material que requiere de un proceso de mezclado manual o mecánico e independientemente del método de preparación, éste implicará costos de mano de obra. Para minimizarlos, existen en el mercado variedad de equipos a precios y capacidades diferentes. Estos equipos se conocen como máquinas hormigoneras, mezcladoras de cemento, de concreto o de hormigón, indiferentemente que se trate de un cemento tipo Portland o un cemento especial.

Se tiene una necesidad de disminución de tiempos de obra para la industria de la construcción con cemento refractario presentada por una empresa local, INDCO LTDA., para lo cual se plantea el diseño y construcción de una máquina para mezclar el cemento refractario y ese proceso se establece en este trabajo de grado capítulo a capítulo, iniciando con una referencia teórica de los conceptos que se deben emplear y finalizando con la elaboración de planos de construcción en la parte de anexos.

Es así que en el Capítulo 1 se hace una descripción de las propiedades, industria, conceptos y aplicaciones del cemento refractario enfocado al mercado nacional donde se caracterizan empresas como ERECOS, fabricante de materiales refractarios y COLMAQUINAS que entre sus líneas de aplicación está la comercialización de esta gama de fabricados. Se expone las diferentes clasificaciones del cemento de acuerdo al contenido de alúmina, de cemento y la capacidad de aislamiento. Finalmente se hace referencia a las normas técnicas que en Colombia se deben cumplir para la producción del cemento y en particular el refractario con las cuales el Instituto Colombiano de Productores de Cemento se rige.

En el capítulo 2, se presentan las características de las mezcladoras existentes en el mercado tanto para productos nacionales como importados, incluyendo las mezcladoras para hormigón de uso común: tipo trompo, camión mezclador y otras más especializadas y menos conocidas en la cotidianidad: planetaria, de eje vertical, eje horizontal, automática. Finalmente se hace una referencia al concepto de abrasión y las exigencias que un material como el acero debe tener para que el desgaste sea mínimo cuando se somete a un material considerado abrasivo como el concreto.

El capítulo 3 es la concepción del diseño: los requerimientos, el tipo de máquina que se diseña, los sistemas en que se divide la máquina y sobre los cuales se desarrollan los siguientes capítulos.

Desde el capítulo 4 hasta el capítulo 6 se especifica todo el proceso de diseño de los elementos mecánicos, separadamente se hace el diseño del Sistema de transmisión de potencia, Sistema de mezclado y Sistema estructural. Se hace frecuentemente el uso de recursos informáticos para agilizar el tema de cálculos numéricos, para ello los programas de Solid, Solid Edge y Solid Works brindan el apoyo al dibujo tridimensional de las

piezas, solucionadores como TK Solver y Excel permiten un rápido cálculo de ecuaciones, software de ingeniería y catálogos online como MitCal y SKF agilizan el diseño y selección de elementos mecánicos, por último, software de modelamiento de elementos finitos y simuladores como Cosmos (Solid Works Simulation) y Ansys se utilizan para encontrar reacciones a fuerzas, esfuerzos y en general, para comprobar la resistencia de los elementos.

El capítulo 7 hace una recopilación del proceso de construcción y montaje en el taller del cliente, la empresa INDCO LTDA, pasando por todas las etapas que ello implica: la revisión de planos, el proceso de mecanizado exigido en algunas piezas y que deben ser hechos fuera de la empresa, la etapa de soldadura de los elementos, el ajuste de algunos detalles del momento y por supuesto el armado de todo el conjunto de mezclado para pasar a la etapa de pruebas, tema del capítulo 8, centrado básicamente a verificación de la capacidad de mezclado con carga real, ajuste de desalineamientos, diseño del sistema adecuado de lubricación para los engranajes cónicos y verificación de falla en algunos elementos.

El capítulo 9 entrega un detallado análisis de costos del proceso de fabricación de la máquina mezcladora, donde se debe tener en cuenta aspectos elementales como los materiales, mano de obra y otros que en ocasiones no son tenidas en cuenta a la hora de hacer una cotización de diseño a un cliente: los costos administrativos y AIU<sup>1</sup> que es dónde se define la pérdida o la ganancia de hacer un diseño.

Finalmente, el capítulo 10 muestra un programa general de mantenimiento del conjunto considerando las recomendaciones dan que los fabricantes de

---

<sup>1</sup> AIU: Administración, Imprevistos y Utilidad. Valores que representan un porcentaje de los costos directos de un proyecto en particular, aunque no es una cantidad definida, en promedio equivale al 15%, 8% y 7% respectivamente.

los elementos estándar, además de algunas recomendaciones de uso de la máquina para un mejor desempeño.

Se termina el trabajo de grado con la sección de conclusiones y la parte de anexos donde lo principal son los planos de detalle y construcción de la máquina mezcladora de cemento refractario.

# 1. EL CEMENTO REFRACTARIO

## 1.1. GENERALIDADES

Respecto al cemento, el Instituto Colombiano de Productores de Cemento, ICPC, tiene la siguiente definición:

En sentido genérico, el cemento se puede definir como un material con propiedades adhesivas y cohesivas que le dan la capacidad de unir fragmentos sólidos, para formar un material resistente y durable.<sup>2</sup>

Figura . Cemento granulado



Fuente: [www.icpc.org.co](http://www.icpc.org.co)

A diferencia del yeso y la cal, raras veces se utiliza el cemento solo, amasado con agua y formando una pasta pura. Su uso más propio es, en combinación de otros materiales, en la confección de conglomerados, especialmente morteros y concretos armados. Amasado con agua, el cemento fragua, y endurece tanto en el aire como sumergido en agua. Se trata, por consiguiente, de un conglomerante hidráulico por excelencia.

Por su parte, el concreto refractario u hormigón refractario, es una mezcla de materiales refractarios, de adecuada y variada granulometría, con cemento

---

<sup>2</sup> Tomado de: <http://www.icpc.org.co/site/pages/generalidades.html>

aluminoso, que produce un fraguado hidráulico cuando se mezcla con agua. Posteriormente, a alta temperatura, termina su proceso con un fraguado cerámico.

Figura . Cemento refractario de alta alúmina



Fuente: <http://satyamceramics.trustpass.alibaba.com>

Son refractarios aquellos materiales capaces de soportar elevadas temperaturas sin corroerse o debilitarse por el entorno. Este material refractario se utiliza en todos los hornos industriales para las refinerías de petróleo, la industria química, la industria siderúrgica y metalúrgica, las cementeras y ladrilleras, las industrias del vidrio, etc.

## 1.2. CLASIFICACION

### 1.2.1. Concretos sílico-aluminosos

- ⊕ **Concrax UG.** Concreto refractario para uso general en aplicaciones cuya temperatura de trabajo no exceda de 1.320 °C. Aplicaciones típicas de este concreto son: el revestimiento de calderas, plataformas de carros de hornos túneles, entre otras. Tiene un tamaño máximo de grano de 5 mm.
  
- ⊕ **Concrax 1300.** Concreto refractario sílico-aluminoso denso, para aplicaciones generales en zonas cuya temperatura de trabajo no

exceda de 1320 °C. Indicado para la construcción de bloques en quemadores, plataformas de carros de hornos túneles, revestimiento de calderas, etc. Tiene un tamaño máximo de grano de 10 mm.

Figura . Concrax 1300, presentación 25 Kg



Fuente: <http://www.colmaquinas.com>

- ⊕ **Concrax 1300XF.** Es un concreto con temperatura máxima de servicio de 1.320 °C, que contiene agregados gruesos, los cuales le confieren una excelente resistencia al abuso mecánico por compresión y abrasión. Aplicaciones típicas son: zonas de cadenas de hornos rotatorios de cemento, ductos a través de los cuales pase aire con material particulado a altas velocidades, etc.
  
- ⊕ **Concrax 1500.** Concreto refractario sílico-aluminoso denso. Para aplicaciones generales en zonas cuya temperatura de trabajo no exceda de 1540 °C, como en calderas, hornos de tratamiento térmico, hornos de foso, etc. Por su amplio campo de aplicación es una de las marcas de ERECOSE más conocidas y usadas.

Figura . Concrax 1500, presentación 50 Kg



Fuente: <http://www.colmaquinas.com>

- ⊕ **Concrax 1500 RAL.** Concreto refractario resistente a la penetración del aluminio fundido. Se recomienda para aquellas zonas de los hornos de aluminio en las cuales no se requiera una alta resistencia mecánica y donde puedan llegar a presentarse salpicaduras.

### 1.2.2. Concretos de alta alúmina

- ⊕ **Concrax 1650.** Concreto refractario denso de alta alúmina, diseñado para aplicaciones de uso general donde la temperatura no exceda a 1650°C y donde las exigencias mecánicas sean moderadas.
- ⊕ **Concrax 1700.** Concreto refractario denso de alta alúmina. Para aplicaciones generales en zonas donde la temperatura no exceda a 1650°C. Posee alta refractariedad<sup>3</sup> y conserva sus propiedades mecánicas a altas temperaturas. Se usa para revestir calderas, hornos de calentamiento de palanquilla, hornos de forja, hornos rotatorios, lanzas de inyección de gases, etc.

---

<sup>3</sup> Característica de un material cerámico a resistir los aumentos de temperatura sin sufrir variaciones, aunque cada tipo de material tiene una temperatura de cocción.

- ⊕ **Corindal 1900.** Concreto refractario denso de alta alúmina. Desarrollado especialmente para condiciones de servicio a extremas temperaturas, con buena estabilidad volumétrica, resistencia mecánica y capacidad de soportar choque térmico y abrasión. Temperatura máxima de servicio 1.959 °C.

Figura . Corindal 1900, presentación 10 Kg



Fuente: <http://www.colmaquinas.com>

**1.2.3. Concretos de bajo cemento.** Estos concretos de nueva generación se diferencian de los convencionales en su contenido de cemento aluminoso, por lo que requieren menor cantidad de agua para su preparación y junto con la acción de aditivos especiales, tiene mejoras sobresalientes en las propiedades físico, mecánicas y químicas.

- ⊕ **CBC – 50.** Concreto refractario de bajo cemento con 50% de alúmina. De alta densidad, baja porosidad y alta resistencia mecánica en frío y en caliente. Posee una resistencia al choque térmico mayor que la de los concretos convencionales. Este producto se debe vibrar durante su aplicación. Indicado para construcción de tapas de distribuidores, bloques para quemadores, esquineros de carros de hornos túnel, etc.
- ⊕ **CBC – 85.** Concreto refractario de bajo cemento con 85% de alúmina. De excelente refractariedad y altas propiedades mecánicas tanto en

frío como en caliente. Por su baja porosidad y alta densidad es de buen desempeño en donde se requiera resistencia al choque térmico, al ataque por metal fundido y escorias y en general donde se presenten condiciones severas de abuso mecánico.

- ⊕ **CBC- Antipega.** Concreto refractario de bajo cemento con excelentes propiedades mecánicas tanto en frío como en caliente, especialmente diseñado para resistir ataque de álcalis, como el que se presenta en las torres de precalentamiento de los hornos de cemento de vía seca.
- ⊕ **CBC-50 RAL.** Es un concreto de bajo cemento, de 50% de alúmina, caracterizado por ser resistente a la penetración del aluminio fundido y por tener una alta resistencia mecánica en caliente. Este concreto está diseñado para estar en contacto con el aluminio fundido.
- ⊕ **CBC-85 RAL.** Es un concreto de bajo cemento, caracterizado por tener una alta densidad, baja porosidad, alta resistencia en caliente y una excelente resistencia a la abrasión. Este concreto que debe ser aplicado por vibración está especialmente diseñado para estar en contacto con el aluminio fundido.

#### 1.2.4. Concretos de ultrabajo cemento

- ⊕ **CANBC-80.** Concreto refractario de ultrabajo cemento de 80% de alúmina, con una alta densidad y baja porosidad. Posee una excelente resistencia mecánica tanto en frío como en caliente. Además, su estabilidad dimensional permite que sea usado hasta 1700°C. Puede aplicarse con vibración externa o como autonivelante, lo cual le confiere una gran flexibilidad y lo habilita para una amplia gama de aplicaciones, especialmente aquellas en las que se requiera

resistencia mecánica alta, resistencia al choque térmico, al ataque por escorias y por metal fundido, entre otras.

- ⊕ **C-Espinela.** Es un concreto de ultrabajo cemento cuyas principales características son su alta resistencia mecánica, al impacto y al desgaste por erosión. Estas características se dan gracias a que este concreto forma espinela in-situ. El principal uso de este concreto está en la industria siderúrgica, donde se recomienda para el revestimiento monolítico de las cucharas y hornos cuchara. Este concreto debe aplicarse con vibración externa.

#### 1.2.5. Concretos aislantes

- ⊕ **Coral50X.** Concreto refractario aislante, de baja densidad (50 lb/ft<sup>3</sup>) y baja conductividad térmica. Adecuado para revestimientos monolíticos no expuestos a fuego directo. Temperatura máxima de servicio recomendada: 1100 °C.
- ⊕ **Coral50.** Concreto refractario aislante, de baja densidad (50 lb/ft<sup>3</sup>) y baja conductividad térmica. Adecuado para revestimientos monolíticos no expuestos a fuego directo y como respaldo aislante de materiales refractarios, donde se requiera un bajo contenido de óxido de hierro. Temperatura máxima de servicio recomendada: 950 °C.
- ⊕ **CORAL 65.** Concreto refractario aislante con una densidad promedio de 65 lb/ft<sup>3</sup> y con una baja conductividad térmica. Recomendado para revestimientos monolíticos que estén sometidos al fuego directo, pero donde no se presenten ni abrasión ni abuso mecánico. Igualmente se recomienda como respaldo de materiales refractarios en aplicaciones en las cuales se requiera que el revestimiento de respaldo tenga una

resistencia mecánica moderada. Temperatura máxima de servicio recomendada: 1.100 °C.

- ⊕ **CORAL 80.** Concreto refractario aislante, de baja densidad y baja conductividad térmica. Por su refractariedad se puede usar para el aislamiento de zonas expuestas a fuego directo moderado como en calderas, bloques para quemadores, revestimiento de ductos, regeneradores y unidades de ruptura catalítica, aislamiento de vagonetas para hornos túneles e incineradores. Temperatura máxima de servicio recomendada 1.260 °C.

### 1.3. USOS E INDUSTRIA

El concreto refractario se utiliza como material de agarre, revestimiento de paredes, para tomar las juntas entre hiladas de ladrillo refractario y para poder reparar el "cubo" de los quemadores, entre otras cosas. En ocasiones viene ya mezclado y solo se agrega agua para colarlo como concreto dentro de una formaleta y dejar secar. En general siguen la misma mezcla así:

- ⊕ Refractario quebrado y molido en al menos 3 mallajes<sup>4</sup> que entra como arena, 4 partes agregado fino, 2 agregado medio y 1 de grueso
- ⊕ Cemento aluminico (aluminato de calcio), 3 partes en volumen de cemento
- ⊕ Pequeños porcentajes de sílice y alúmina (corindón)

Se debe aclarar que el cemento aluminico resulta ser un producto muy parecido al cemento común en sus características de plasticidad y fraguado con el agua, tiene como ventaja que es estable a altas temperaturas, sin

---

<sup>4</sup> Mallajes: Forma de medición de granulometría

fundir. La desventaja es que no se puede utilizar en construcción común ya que a temperatura ambiente en su forma hidratada "envejece" y se descompone con el tiempo perdiendo toda su resistencia.

En Colombia, la industria cementera tiene un compromiso constante con el desarrollo sostenible y para ello, incorpora modelos de gestión de calidad ambiental a sus operaciones, evidenciando su responsabilidad con el entorno natural y social, conservando y protegiendo los recursos naturales, así como motivando el uso de las mejores prácticas para prevenir y mitigar los impactos ambientales. Por tales motivos, desarrolla sus actividades en total concordancia con la legislación ambiental y a favor del beneficio de la sociedad, siempre comprometida con la prevención de la contaminación y asegurando el uso adecuado de los recursos naturales.<sup>5</sup>

Las normas NTC-814, NTC-988, ASTM-C401 y ASTM-C860<sup>6</sup> regulan la industria colombiana en la obtención de este tipo de materiales, siendo la **Empresa de Refractarios Colombianos S.A., ERECOS**, una compañía líder en el país y la subregión Andina, Centro América y el Caribe en desarrollo, fabricación y suministro de productos refractarios, entre ellos, los concretos refractarios: Silico-aluminosos, de alta alúmina, de bajo cemento, de ultrabajo cemento y aislantes.

---

<sup>5</sup> Tomado de: <http://www.icpc.org.co/site/pages/industriasostenible.html>

<sup>6</sup> NTC 814. Refractarios. Clasificación de Concretos Refractarios de Alúmina y Silicoaluminosos. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC.

<sup>6</sup> NTC 988. Hormigones Refractarios y Hormigones Refractarios Aislantes. Determinación del Módulo de Rotura y del Cambio Dimensional por Calentamiento. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC.

<sup>6</sup> ASTM C401-91. Standard Classification of Alumina and Alumina-Silicate Castable Refractories. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2005.

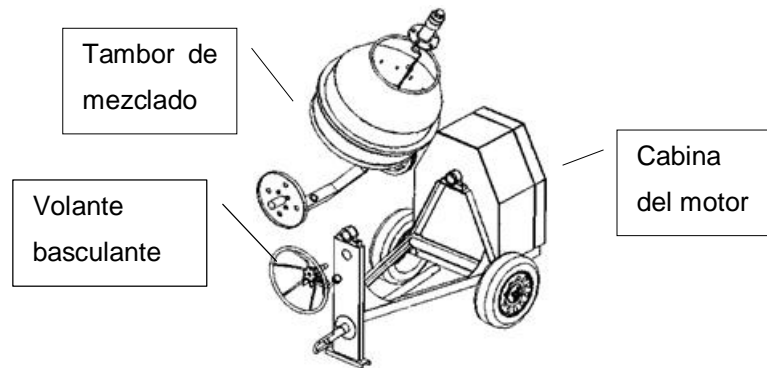
<sup>6</sup> ASTM C860-00. Standard Practice for Determining the Consistency of Refractory Castable Using the Ball-In-Hand Test. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2005.

## 2. MEZCLADORAS DE CEMENTO

Una mezcladora de cemento es una de las piezas esenciales de los equipos de construcción para cualquier empresa o persona que busca completar un trabajo en un lugar sin grandes problemas. Su uso en el campo de la construcción permite agilizar la obra ya que rompe con la forma tradicional de mezcla manual del cemento. Los mezcladores se utilizan cuando el trabajo de construcción es grande por lo cual necesita mucha mezcla para laborar.

En la actualidad las mezcladoras tienen un papel muy importante que es la homogeneidad del producto, el cual debe de ser perfecto para trabajar en la construcción.

Figura . Esquema característico de una mezcladora tipo trompo



Normalmente, las mezcladoras de cemento se utilizan para diversos trabajos de construcción que requieren una gran cantidad de trabajo en un sitio. Su principal función es la de tomar el cemento y mezclarlo con arena y agua. Si bien muchos constructores aún prefieren utilizar el viejo camión de cemento, muchas de las mejores empresas de desarme utilizan una mesa de mezclas portátiles. Estos son más pequeños y proporcionan mucha más flexibilidad a los constructores para hacer su trabajo, en ocasiones puede resultar difícil de

maniobrar un gran camión de cemento, por lo que una versión más pequeña es una excelente alternativa.

## 2.1. CLASIFICACION DE LAS MEZCLADORAS

Se han creado en la industria diferentes alternativas en máquinas mezcladoras para darle a la masa una mayor calidad, clasificación que se puede ver en la Tabla . Resalta en los valores de potencia el mínimo de 5 HP, para capacidades de 350, 370 y 500 litros. Se extrae de la tabla que las velocidades de rotación son bajas, con rangos de 30 a 38 rpm.

Tabla . Tipos de mezcladoras

Mezcladora	Usos	Volumen de carga	Potencia (HP)	Velocidad (rpm)	Figura
Tipo Trompo, tambor basculante	Concreto, hormigón	350 – 400 l	5 – 10	30 – 35	Figura
Camión hormigonera	Concreto, hormigón	6 – 10 m <sup>3</sup>	10	15 – 20	Figura
Móvil automática	Concreto certificado en obra	10 – 25 m <sup>3</sup>	10 - 20	20 – 35	Figura
Eje horizontal	Concreto, hormigón	0,5 – 8 m <sup>3</sup>	5 – 40		Figura
Planetaria eje vertical	Concreto, tierra, refractarios, sílice	0,375 – 4,0 m <sup>3</sup>	10 – 50	Planetas 31 – 47 Sistema 9 – 19	Figura
Eje vertical	Concreto, hormigón, tierra	0,5 – 1 m <sup>3</sup>	5 – 10	30 – 38	Figura

Algunos modelos de máquinas de mezclado incorporan un sistema de control por ordenador, que informa de todos los consumos de cemento y áridos utilizados por cada amasada y acumulativos por días. Pueden incorporar también un sistema de asistencia por módem.

**2.1.1. Mezcladora tipo trompo de tambor basculante.** Las mezcladoras de eje inclinado o de tambor basculante pueden tomar diferentes inclinaciones del eje, ya sea para trabajo de llenado, de amasado, o de descarga. Esto se realiza por medio de un volante que hace pivotar el tambor alrededor de un eje horizontal mediante un sistema de piñones dentados. El tambor o trompo realiza un movimiento de rotación alrededor de su eje, inclinándose de 15 a 20 grados aproximadamente.

Estas mezcladoras se pueden ajustar a pequeños volúmenes de concreto y en especial para mezclas plásticas o con agregado grueso de tamaño apreciable. La descarga que realiza es lateral elaborada para trabajo pesado, de fácil operación y manejo. La mezcla siempre será buena, ya que es liberada de manera inmediata y sin segregación.

Figura . Mezcladora de concreto tipo trompo de tambor basculante



Fuente: <http://www.vimacons.com/mezcladora.html>

**0.1.2. Mezcladora camión hormigonera.** Los camiones de cemento vienen en diferentes tamaños y tipos, con cada uno de ellos aporta su propio estilo a la mezcla. Básicamente son lentos y gradualmente en la industria se están desechando debido a la utilización de los más pequeños, más baratos, más móviles mezcladoras de cemento. Sin embargo, hay un uso de un camión mezclador de cemento en algunos entornos.

Estos camiones tienen un gran eje rotatorio, con una hoja espiral que siempre mantiene el cemento en la parte trasera del camión en movimiento, la mezcla de concreto se da en camino a una obra y continúan haciendo el trabajo mientras están en uso. Para los grandes trabajos de construcción en que una gran cantidad de cemento se necesite en un corto período de tiempo, este sigue siendo el más popular tipo de mezcladora de cemento usado.

Figura . Camión hormigonera (mezclador) de 3 ejes



Fuente: <http://www.camioneshormigonera.com>

**0.1.3. Mezcladora de eje horizontal.** Estas mezcladoras se pueden caracterizar por el tambor, ya que este posee una forma cilindro-cónica, la cual opera girando alrededor de un eje horizontal con una o dos aspas o paletas que giran alrededor de un eje no coincidente con el eje del tambor. Poseen mayormente, dos aberturas, una para cargar el material y la otra para descargar el concreto. Son favorables para grandes volúmenes de concreto. Pueden aparecer modelos en donde su tambor es fijo y siempre posee un eje, provisto de aspas, el cual describe una trayectoria circular alrededor del eje del tambor. Este tipo de mezcladora se diferencia según la forma en que se realiza la descarga. Es por ello que la descarga se realiza variando el sentido de la rotación del tambor y fijando una canaleta en el tambor.

Figura . Mezcladora de eje horizontal



Fuente: [http://www.procem.es/mezcladora\\_intensiva.php](http://www.procem.es/mezcladora_intensiva.php)

Es importante recalcar que al mezclar el concreto en este tipo de mezcladora debe tenerse cuidado en las cargada, ya que no puede quedar material en la tolva; también se debe de tener cuidado al descargar para que no se produzca segregación o quede en el interior de la mezcladora agregado grueso.

Figura . Interior de una mezcladora de eje horizontal



Fuente: <http://www.centralderepuestos.com>

**0.1.4. Mezcladora móvil automática.** Es un equipo de mezclado móvil con gran capacidad de producción, útil en obras donde se desea hacer la mezcla en sitio sin que ello implique inmovilidad del equipo.

Este modelo de control automático en particular es de gran precisión y fácil operación, dosifica agregados con corrección de humedad y absorción, cemento de sacos o silo, y agua con porcentaje de dosificación inicial y final de acuerdo al asentamiento de la mezcla.

Entre otras cosas, tiene un modem conectado a computadora para mantener un registro de las operaciones y ordenes realizadas. La capacidad del mezclador de eje vertical es variable desde el panel de control de acuerdo al tamaño del recipiente que va a recibir el concreto en la obra.

Figura . Mezcladora móvil automática DOMAT



Fuente: <http://www.domatlda.com>

**0.1.5. Mezcladora planetaria de eje vertical.** La potente mezcladora planetaria es especialmente adecuada para su utilización en centrales de componentes de prefabricados con sistemas de distribución de hormigón.

Figura . Mezcladora planetaria de eje vertical marca Elematic

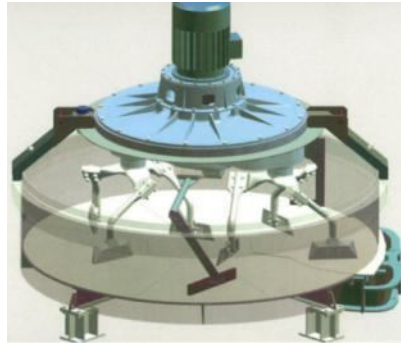


Fuente: <http://www.mabeton.com/productos.htm>

El bastidor de la mezcladora es una estructura robusta de acero. Las placas en el fondo de la mezcladora, las palas de mezclado y el rascador son todas piezas de desgaste intercambiables, que normalmente son fabricadas de acero Nihard de larga duración. Hay dos compuertas de servicio en la

cubierta de la mezcladora, y una puerta de servicio en el lateral para una fácil limpieza y mantenimiento.

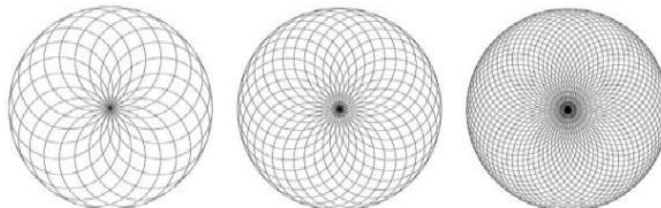
Figura . Interior de una mezcladora planetaria de eje vertical



Fuente: <http://www.teka.de>

La mezcladora planetaria tiene una ventaja en la mezcla sobre otras máquinas, ya que gracias a la forma característica de rotación del sistema, es posible obtener una homogenización de la mezcla en muy poco tiempo, algunos modelos afirman lograrlo en menos de 30 segundos, Figura . Esta mezcladora, por su forma y sistema de mezclado sobre tanque en eje vertical, es utilizada no solamente para cemento o concreto, tiene usos prácticos también con la tierra, arena, arcilla, polvos, cenizas y productos químicos, entre otros, para la elaboración de adobes, tejas, tuberías, vidrio y cerámicos, lechadas<sup>7</sup> y moldes, mezclando material seco o húmedo.

Figura . Efecto homogenizado de la masa con mezcladoras planetarias



Fuente: Catálogo online de mezcladora planetaria de Mixer Systems Inc.

<sup>7</sup> Mortero de cemento con gran cantidad de agua que le da la consistencia de un líquido viscoso y permite ser utilizado para rellenar cavidades y juntas entre materiales adyacentes.

**2.1.6. Mezcladora de eje vertical.** Esta mezcladora, también llamada mezcladora horizontal, por su forma y sistema de mezclado sobre tanque horizontal, es igualmente versátil en cuanto a su aplicación para otros tipos de materiales, semejante a la mezcladora planetaria. La diferencia es evidente en el sistema de mezclado, afectando principalmente los tiempos de operación y de homogenización del material combinado, pero influye positivamente en costos de producción y mantenimiento, además de la sencillez del sistema; disminuye también el consumo de energía por requerir menos potencia si se le compara con una de similar capacidad en una mezcladora planetaria.

El sistema de carga se realiza por la parte superior, mientras que la descarga se ubica sobre el fondo del tanque por una puerta que facilita la evacuación de la mezcla, depositándola directamente sobre una carreta o cualquier otro sistema de recepción para posteriormente usarla en la obra, Figura .

Figura . Mezcladora de eje vertical



Fuente: <http://www.gracomaq.com>

El sistema de agitación en este tipo de máquinas consta de un tanque horizontal circular que alberga un eje vertical sobre el cual se adhieren unas hélices con palas o paletas de amasado. El giro lo hace el eje y el conjunto

de hélices-paletas de forma continua hasta lograr la homogeneidad de la mezcla, Figura . Algunos modelos usan aspas en vez de paletas, Figura .

Figura . Zona de mezcla en mezcladora de eje vertical



Fuente: <http://www.domat Ltda.com>

Figura . Sistema de agitación en mezcladoras de eje vertical



a) Paletas



b) Aspas

Fuente: <http://www.centralderepuestos.com>

Es conveniente en este tipo de máquinas la instalación de una paleta de barrido lateral o rascador, Figura -a, la cual sirve para mantener las paredes del tanque libres de bizmas o pegotes en todo momento, además de ayudar a que todo el material se distribuya uniformemente.

Las mezcladoras de eje vertical pueden mezclar material compuesto por grava, cemento y agua, este último reduce la fricción y permite trabajar sobre una mayor cantidad de mistura.

## 0.2. MEZCLADORAS DE CONCRETO REFRACTARIO

El modelo más conocido en el entorno de la construcción, a nivel general, para trabajos de baja capacidad, es la mezcladora de tanque bascular tipo trompo, pero esta no tiene una aplicación práctica para el concreto refractario, un modelo menos conocido en trabajos incluso más pesados es la mezcladora horizontal de tanque circular con eje vertical, Figura .

Para la mezcla del concreto refractario, las mezcladoras de eje vertical cumplen este trabajo de forma práctica, incluso en el mercado internacional se encuentran las mezcladoras planetarias como las ideales para este tipo de material, pero adicionalmente útiles con tierra, arena, arcilla, polvos, cenizas y productos químicos.

Figura . Modelos de mezcladoras de eje vertical en el mercado



a) Planetaria



b) No planetaria

Fuentes: a) <http://www.betonmac.com>, b) Catálogo online de la compañía Arco Met 7, S.L.

Un inconveniente de estas máquinas es el costo, más aún para el mercado local ya que los modelos existentes y comercializados son de movimiento planetario y/o de fabricación extranjera, con precios que oscilan entre los

US\$45.000 y US\$150.000 FOB<sup>8</sup>; aunque a nivel nacional existen empresas como Gracomaq E.U. de Medellín, que fabrican máquinas semejantes, no planetarias, véase la Figura ; se trata de mezcladoras para tierra y/o mortero por un valor de \$6.800.000 + IVA Ex-Works<sup>9</sup>. Este precio hace referencia a un modelo sencillo, sin tapa superior, sin tolva de descarga (solamente cuenta con una compuerta inferior), con una capacidad de carga de 0,5 m<sup>3</sup> y su método de transporte es complicado.

En las mezcladoras de tanque horizontal para lograr la homogeneidad del cemento, el equipo de mezclado cuenta en su interior con brazos y sus respectivas paletas de agitación sobre un centro giratorio, con una velocidad que oscila entre 30 y 40 rpm y en rangos de potencia que van desde los 5 HP hasta los 20 HP, incluso algunos modelos europeos alcanzan valores de 132 KW<sup>10</sup>.

El cubo de mezcla, ya sea en el eje de vertical o en los brazos de amasado, Figura , lleva incorporado un sistema flexible para proteger la transmisión de cargas por posibles golpes o atascamientos, producto del material mezclado.

---

<sup>8</sup> Free On Board. Término utilizado en una clase de negociación con mercados extranjeros y que significa Libre a bordo. Se aplica cuando el vendedor entrega la mercancía en la borda del buque del puerto de embarque convenido y sin el pago del flete. El vendedor está obligado a despachar la mercancía en aduana de exportación.

<sup>9</sup> En fábrica. Término utilizado para la compra de mercancía en la bodega del vendedor.

<sup>10</sup> Mezcladora Vertical Ref.: AMET7V Modelo 5250. Catálogo online de la compañía Arco Met 7, S.L.

Figura . Sistema flexible en los brazos de mezclado



Fuente: <http://www.domatlda.com>

### 0.3. ABRASIÓN

En términos generales, se denomina abrasión a una operación mecánica de rozamiento y desgaste que ocasiona erosión en un material o tejido, al corroer la pieza por el desprendiendo de pequeñas partículas de material.

Para protegerse de la abrasión, una de las alternativas en las mezcladoras es que en el interior de la cubeta de mezclado se instalan revestimientos de desgaste intercambiables, hechos con chapa de acero.

Otra forma de evitar los efectos abrasivos del cemento es el uso de una transmisión flexible, por ejemplo, los brazos de mezclado son amortiguados por resortes montados en la cabeza del rotor que protegen la transmisión frente a posibles golpes, son ajustables para regular la altura y compensar el desgaste de las paletas de mezcla, Figura .

En términos de dureza, el valor indicado en las mezcladoras para contrarrestar el efecto abrasivo sobre las partes que están en contacto con los gránulos de la mezcla no debe ser inferior a 400HB.

Particularmente los aceros Hadfield (ASTM A-128, acero de manganeso austenítico con 1,2% C y 12% Mn) tienen un comportamiento dúctil y

resistente al desgaste. Se le utiliza con algunas modificaciones menores en su composición y en su tratamiento térmico, principalmente en la minería, en la excavación, en la tala de árboles, en la fabricación de trenes y en la manufactura de cemento y productos de arcillas. El acero Hadfield es usado en trituradoras, mezcladoras, excavadoras y bombas para el manejo de arado. Otras aplicaciones incluyen el fragmentado de martillos y parrillas para el reciclado de automóviles. Sin embargo debido a que la resistencia a la abrasión tiende a incrementarse con el carbono, lo normal es que contenga 1.2% de C y 12% de Mn, que es un acero ASTM A-128 Gr. A.

### 3. CONCEPCIÓN DEL DISEÑO DE LA MEZCLADORA

#### 3.1. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

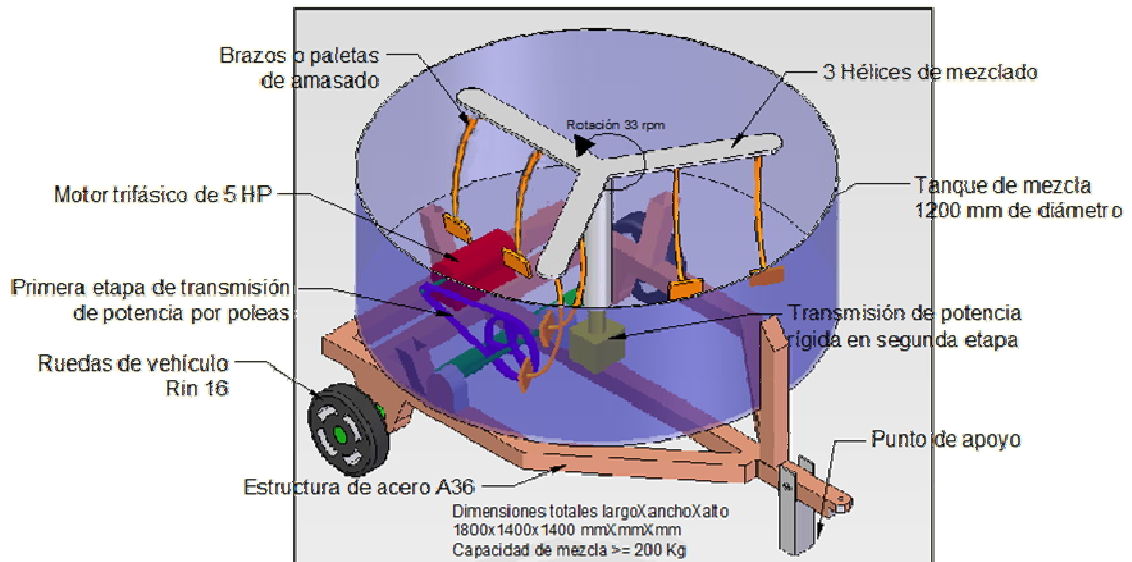
Se tiene como objetivo realizar el diseño y construcción de una máquina de mezclado de cemento refractario, de acuerdo a los siguientes requerimientos, Figura :

- Motor eléctrico trifásico de 5 HP.
- Velocidad de giro del eje de mezcla de  $33^{\pm 3}$  rpm.
- Doble etapa de transmisión de potencia, una flexible para ejes paralelos y otra por engranajes en ejes perpendiculares.
- Tanque de mezcla de  $1200^{\pm 50}$  mm de diámetro.
- Peso total máximo de la máquina de 550 Kg.
- Capacidad de carga del material  $\geq 200$  Kg.
- Dimensiones en mm Largo x Ancho x Alto:  $1800^{\pm 100} \times 1400^{\pm 100} \times 1400^{\pm 100}$ .

Para satisfacer los requerimientos, se diseñó y construyó una máquina de mezclado de cemento refractario de 5 HP y 34 rpm como velocidad de amasado, con fuente de alimentación eléctrica mediante motor trifásico. La máquina dispone de ruedas de vehículo rin 15, con el fin de movilizarla por medio de arrastre en cualquier clase de automóvil, campero o camioneta, sin que se pierda estabilidad durante su traslado. Para mayor información, remítase al , MANUAL DEL USUARIO Y DE MANTENIMIENTO.

La máquina de mezclado de cemento refractario está diseñada sobre una potencia acorde a los modelos semejantes existentes en el mercado para una capacidad de carga de 200 Kg.

Figura . Esquema básico de la mezcladora y requerimientos del diseño

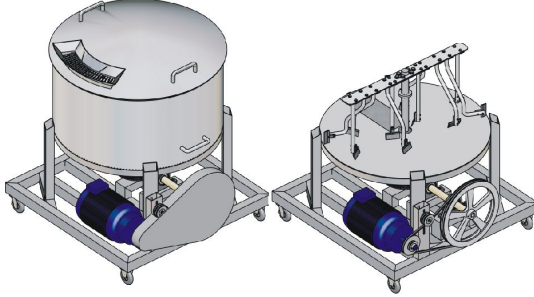
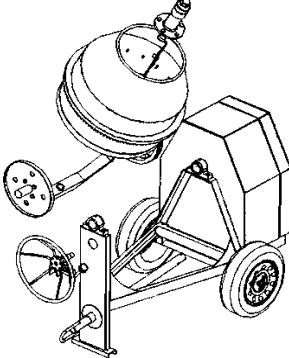


De la Figura , se observa el esquema del diseño de la máquina mezcladora de cemento refractario sobre el cual se hicieron todos los cálculos e ingeniería de detalle.

### 3.2. EVALUACION PRELIMINAR DEL DISEÑO

Según información recopilada en la industria y principalmente en la empresa interesada por este trabajo de grado, INDCO LTDA, se ha elaborado una tabla comparativa (Tabla ) para los modelos de máquinas de mezclado con volúmenes de carga inferiores o iguales a 500 litros. Un diseño preliminar y la evaluación del cliente según su experiencia, arrojan esta información. Se consideran dos modelos: Mezcladora de eje vertical y Mezcladora tipo trompo, estos tienen el menor costo de fabricación en comparación a otros sistemas de mezclado.

Tabla . Evaluación preliminar del diseño

Mezcladora de eje vertical	Mezcladora tipo trompo
	
<p>Capacidad: 500 l                      Costo de fabricación: \$7 a \$10 millones                      Potencia: 5 HP                      Velocidad: <math>35 \pm 5</math> rpm</p> <p><b>Características generales</b></p> <p>Sistema de carga superior, descarga inferior por compuerta lo que asegura que el tanque sea desocupado en su totalidad, completamente desarmable para mantenimiento, un modelo con tres hélices (la figura solo muestra dos) permite una mejor distribución de la carga y la mezcla, puede acondicionarse una hélice o brazo para limpieza de las paredes del tanque; piezas de repuesto estándar: cojinetes, poleas, correas, engranajes; el sistema de amasado se basa en un eje con aspas y brazos de agitación por lo que evita grumos, es un diseño aplicable a otros tipos de hormigones e incluso a tierra, tanque totalmente inmóvil lo que impide accidentes por “destrabamiento”, partes móviles ocultas y seguras a la vista; es un modelo de mezcladora existente en el mercado especial para cemento refractario, conocido y aprobado por el cliente; es un mercado potencialmente aprovechable en la industria del refractario.</p>	<p>Capacidad: 400 l                      Costo de fabricación: \$5 a \$8 millones                      Potencia: 5 HP                      Velocidad: <math>35 \pm 5</math> rpm</p> <p><b>Características generales</b></p> <p>Sistema de carga y descarga lateral con giro manual del tanque, totalmente desarmable para mantenimiento, las partes de cambio no son todas estándar, cuenta con un sistema de giro que involucra todo el conjunto por lo que necesita de un sistema de transmisión muy grande y costoso, es relativamente riesgoso con partes móviles a la vista, es un diseño típico y exclusivo para morteros y hormigón, no cuenta con aspas de agitación ni de limpieza; es un modelo muy conocido en el mercado y de aplicación específica, poca posibilidad de aprovechamiento comercial en la industria del refractario.</p>

### 3.3. SUBSISTEMAS DE LA MÁQUINA

Se tienen definidos tres subsistemas básicos que conforman todo el conjunto de la mezcladora de cemento refractario: Sistema de potencia, Sistema de mezclado y Sistema estructural, Figura , Figura y Figura .

Figura . Esquema del sistema de transmisión de potencia

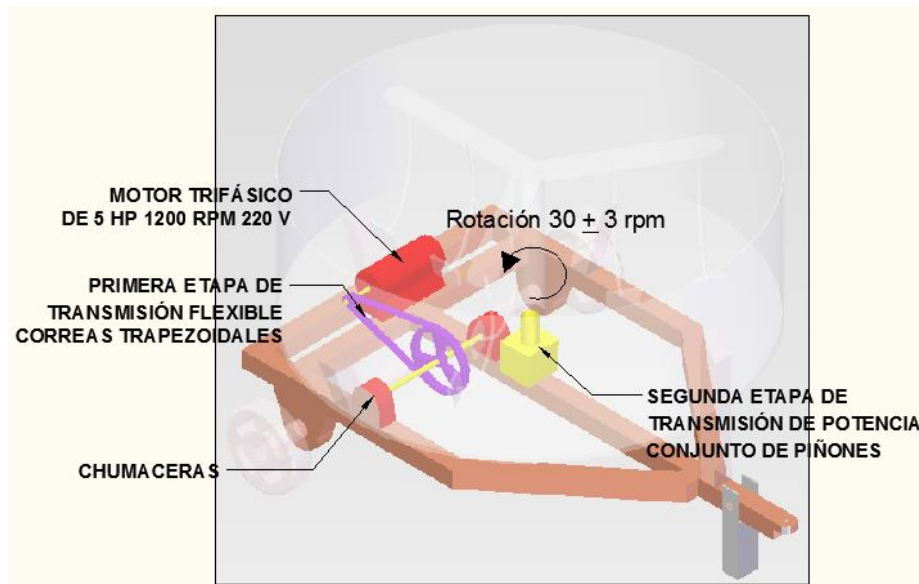


Figura . Esquema del sistema de mezcla

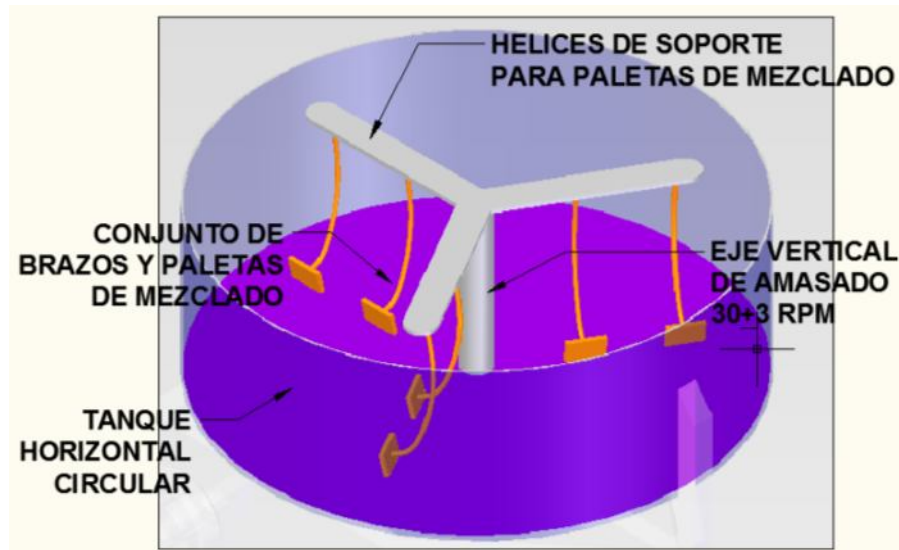
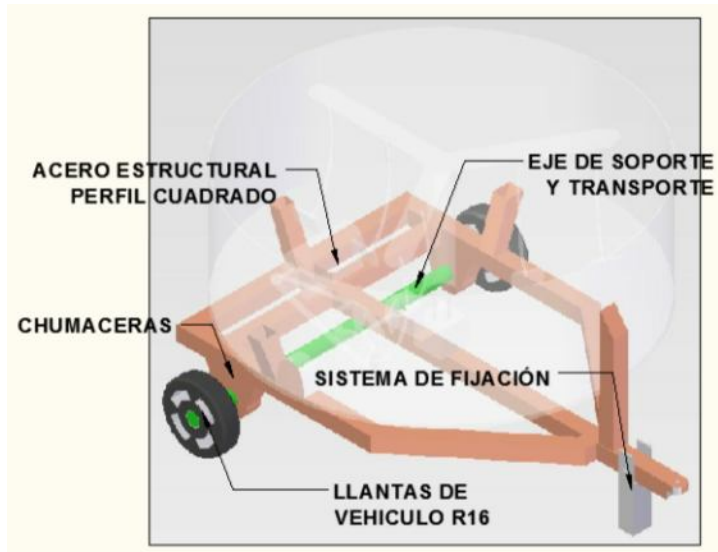


Figura . Esquema del sistema estructural



Cada sistema secundario a su vez, está constituido de distintos componentes mecánicos y cuyos diseños serán explicados al detalle en los capítulos , y .

## 4. DISEÑO DEL SISTEMA DE POTENCIA

El conjunto de potencia de la máquina está basado en un motor eléctrico de 5 HP como requerimiento del diseño. Sobre el valor de la potencia se realiza el proceso de ingeniería, verificando al final la capacidad de mezclado de la máquina, que según modelos de máquinas semejantes al mercado debe ser mayor o igual a 200 Kg, otro dato que también hace parte de las necesidades del diseño.

El motor seleccionado para el equipo de mezclado tiene las siguientes especificaciones:

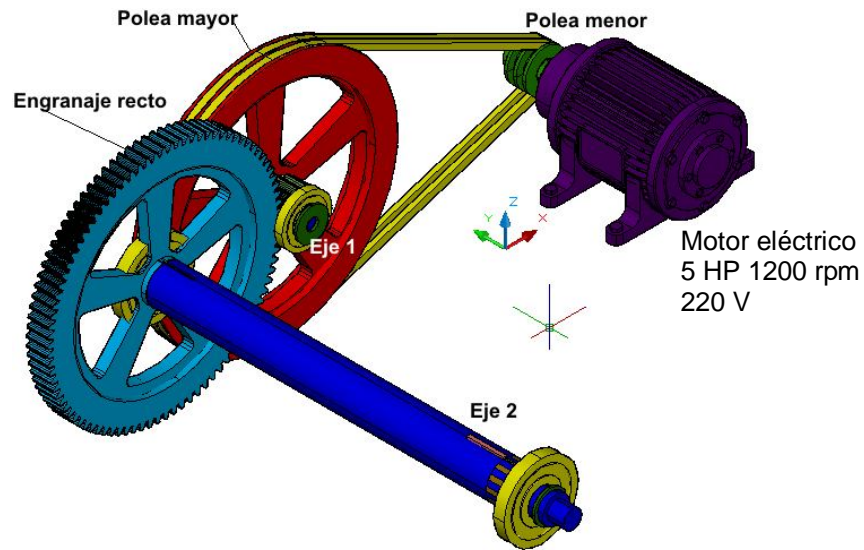
- ⊕ Motor eléctrico síncrono
- ⊕ Trifásico
- ⊕ Potencia 5 HP
- ⊕ Velocidad nominal 1200 rpm
- ⊕ Marca WEG
- ⊕ Peso 58 Kg

### 4.1. DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DE GIRO

Para realizar el diseño del sistema de transmisión de potencia, se tienen en cuenta una serie de recomendaciones básicas del diseño mecánico:

- ⊕ La relación de velocidades por etapa no será superior de 4:1
- ⊕ Mínimo número de dientes: 18 para piñón recto y 10 para piñón cónico
- ⊕ Elementos mecánicos estándar según fabricantes

Figura . Etapas de transmisión horizontal



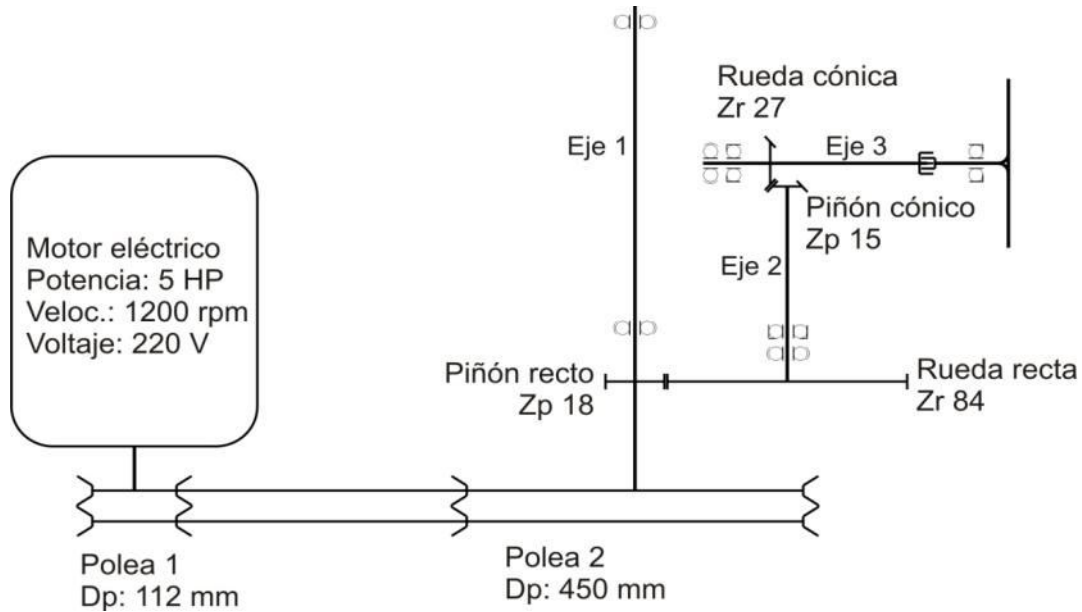
La potencia del motor es entregada a 1200 rpm y se requiere una velocidad de salida de 33 rpm, *la relación total de la reducción es de aproximadamente 40:1, se emplea una transmisión de tres etapas.* La Figura muestra una etapa de transmisión inicial mediante correas y poleas en ejes horizontales y paralelos, seguido de una transmisión rígida de engranajes rectos antes de transmitir la potencia a un eje vertical haciendo uso de piñones cónicos.

Etapa 1: Transmisión flexible por correas trapezoidales, relación entre el motor y el Eje 1, Figura .

Etapa 2: Transmisión rígida por engranajes rectos, relación entre el Eje 1 y el Eje 2, Figura .

Etapa 3: Transmisión rígida por engranajes cónicos, relación entre el Eje 2 y el Eje 3 (Eje vertical, no visible en la figura).

Figura . Modelo 2D de las etapas de transmisión de potencia



De acuerdo al esquema de la Figura , se tiene una velocidad final dada por la siguiente relación:

$$RPM_3 = RPM_m \times \frac{Dp1 \times Zr1 \times Zc1}{Dp2 \times Zr2 \times Zc2} = 1200 \times \frac{112 \times 18 \times 1}{450 \times 84 \times 27} \cong 35,6 \text{ rpm}$$

El detalle de los cálculos se puede observar en el , DETALLE DEL CÁLCULO DE LA RELACIÓN DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA, para el cual se ha utilizado el programa de cálculo TK Solver.

#### 4.2. DISEÑO Y SELECCIÓN DE LAS CORREAS

Las correas se seleccionan teniendo en cuenta el tipo, la potencia y la velocidad del motor, así como la relación de reducción de velocidad y la aplicación de la máquina. Los cálculos se detallan a continuación, desde la Figura hasta la Figura haciendo uso de la selección que para ello tiene el

catálogo online de los productos SKF<sup>11</sup>. El detalle geométrico de las poleas y la correa se encuentra en el , DETALLE DE LAS MEDIDAS GEOMÉTRICAS DE LA CORREA Y LAS POLEAS.

Figura . Entrada de datos para selección de poleas y correas SKF

**SKF**

Acerca de Especificaciones técnicas  
 Transmisión por correa Transmisión por cadena

### Transmisiones por correas trapeciales

Correas trapeciales, 2 poleas  Correas trapeciales, 3 poleas  Transmisiones por correas síncronas

Unidades SI  Unidades inglesas

Por favor indique su nombre y dirección para el informe impreso:  
 Indco Ltda

Ref: Cálculo de transmisión por correas   Abrir en una ventana n

**1.0 Condiciones de carga, parámetros de funcionamiento**

1.1 Potencia transmitida / potencia distribuida a las poleas	P	3.7285	3.55	[kW]
1.2 Velocidad de las poleas	n	1200	300	[/min]
1.3 Relación de la transmisión	i	4.000		
1.4 Par	Mk	29.67	113.01	[Nm]
1.5 Tipo de unidades conductoras (cargando)		A...Choques continuos o intermitentes		
1.6 Tipos de máquinas conducidas (cargando)		B...Para trabajos medios		
1.7 Carga diaria de la transmisión		B...Más de 8 - menos de 24 horas		
1.8 Coeficiente de deslizamiento de la correa		0.95	0.906	<input type="checkbox"/> [%]
1.9 Eficiencia de la transmisión		95.12	95.12	<input checked="" type="checkbox"/> [%]
1.10 Distancia entre centros		556	333 - 2223	[mm]
1.10.1 Calculado / mín.-máx.				
1.10.2 Por favor introduzca la distancia entre centros preferida		400		<input type="button" value="Calcular"/>

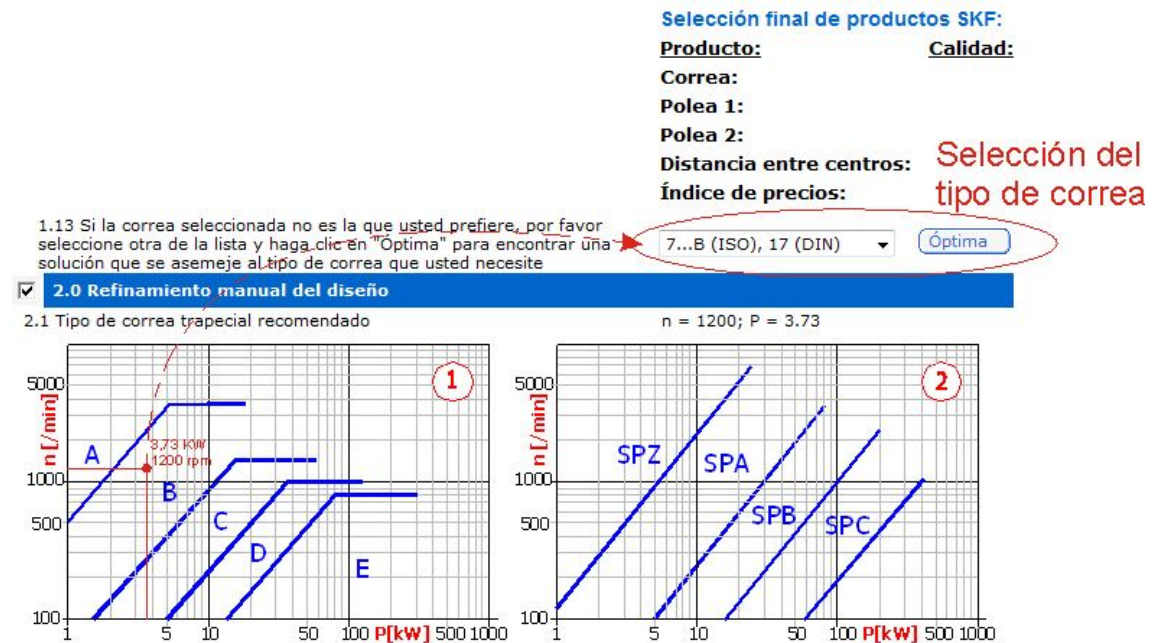
Entrada de datos del diseño

Fuente: <http://www.skfptp.com>

De la Figura , se introducen los datos de Potencia en KW, velocidad del motor y velocidad aproximada de salida, tipo de trabajo de la máquina y características del motor, finalmente se define una distancia entre centros tentativa y se solicita el cálculo de eficiencia de la transmisión.

<sup>11</sup> <http://www.skfptp.com/default.aspx?lng=11>. Web para selección de la transmisión de potencia por poleas y correas de los productos SKF. Deberá iniciar sesión con una cuenta SKF.

Figura . Elección del tipo de correa según potencia de diseño y rpm



Fuente: <http://www.skfptp.com>

En la Figura se muestra la elección del tipo de correa utilizada según la relación potencia-velocidad, entre las opciones disponibles, ① y ②, la primera es la elegida que corresponde a correas estándar Tipo B según la norma ISO.

Se hace clic en el botón *Óptima* para hallar las dimensiones de las poleas posibles, Figura , eligiéndose la menor dimensión para la correa tipo B y verificando que la distancia entre centros mínima sea la correcta, para ello se evalúa según la fórmula de *Rojas*<sup>12</sup>:

$$C_{min} = D_{p2} \text{ para } m \geq 3 \therefore C_{min} = 450 \text{ mm}$$

<sup>12</sup> ROJAS GARCIA, Hernán. Diseño de máquinas II. Modulo 3: Transmisiones Flexibles. Bucaramanga: UIS. Departamento de Ingeniería Mecánica, 1992. Pg. 31.

Figura . Selección de poleas y correas

Td	Correa	Primera polea	Segunda polea	No	Peso	Índice de de SKF
29	PHG B71	PHP 2SPB112TB	PHP 2SPB450TB	2	18.56	442.909

**Selección final de productos SKF:**

<b>Producto:</b>	<b>Calidad:</b>	<b>Designación SKI</b>
Correa:	2	PHG B71
Polea 1:	1	PHP 2SPB112TB
Polea 2:	1	PHP 2SPB450TB

**Distancia entre centros mínima  $C_{min} \geq D_{mayor}$**

**Distancia entre centros:** 452.01

**Índice de precios:** 442.909

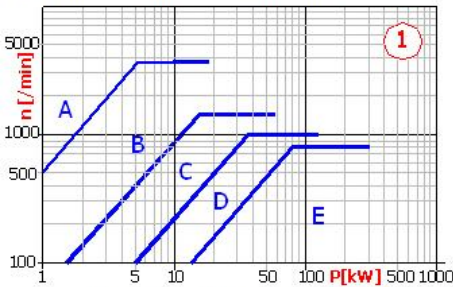
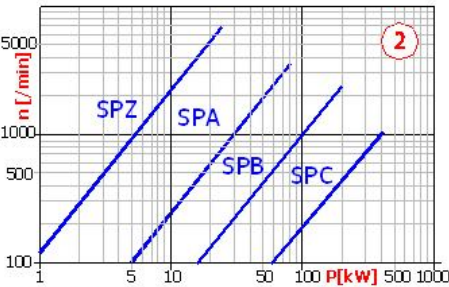
**Velocidad final en la segunda polea = 315.1 rpm (Solicitud original 300 rpm)**

1.13 Si la correa seleccionada no es la que usted prefiere, por favor seleccione otra de la lista y haga clic en "Óptima" para encontrar una solución que se asemeje al tipo de correa que usted necesite

7...B (ISO), 17 (DIN)  **OPTIMIZAR**

**2.0 Refinamiento manual del diseño**

2.1 Tipo de correa trapecial recomendado n = 1200; P = 3.73

**2.2 Selección del diámetro de la polea**

2.2.1 Seleccionar la primera polea **Seleccionar el diámetro mínimo posible**  [mm]

2.2.2 Segunda polea recomendada  [mm]

2.2.3 Seleccionar la segunda polea  [mm]

Inicial: n2 = 300 [1/min]; i = 4.000  
 Actual: n2 = 315.1 [1/min]; i = 3.808

Fuente: <http://www.skfptp.com>

De la Figura , se resalta en color verde los requerimientos de diseño que son evaluados y obtenidos. La correa seleccionada es B71.

El cálculo de la transmisión por este método permite obtener una eficiencia que se refleja en el deslizamiento de la correa, este valor es normalmente del 1%, sin embargo, el diseño no lo tiene en cuenta para el cálculo de la velocidad de rotación en la polea conducida y se asume que ésta depende solamente de la relación de diámetros: 450 y 112 mm.

Figura . Datos del diseño corregidos para la correa B69

**1.0 Condiciones de carga, parámetros de funcionamiento**

1.1 Potencia transmitida / potencia distribuida a las poleas	P	<input type="text" value="3.7285"/>	<input type="text" value="3.58"/>	[kW]
1.2 Velocidad de las poleas	n	<input type="text" value="1200"/>	<input type="text" value="300"/>	[/min]
1.3 Relación de la transmisión	i	<input type="text" value="4.000"/>		
1.4 Par	Mk	<input type="text" value="29.67"/>	<input type="text" value="113.96"/>	[Nm]
1.5 Tipo de unidades conductoras (cargando)		A...Choques continuos o ligeros ?		
1.6 Tipos de máquinas conducidas (cargando)		B...Para trabajos medios ?		
1.7 Carga diaria de la transmisión		B...Más de 8 - menos de 16 horas		
1.8 Coeficiente de deslizamiento de la correa		<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="0.952"/>	<input type="checkbox"/> [%]
1.9 Eficiencia de la transmisión		<input type="text" value="96.04"/>	<input type="text" value="96.04"/>	<input checked="" type="checkbox"/> [%]
1.10 <b>Distancia entre centros</b>		<input type="text" value="556"/>	<input type="text" value="333 - 2222"/>	[mm]
1.10.1 Calculado / mín.-máx.		<input type="text" value="452.01"/>		<input type="button" value="Calcular"/>
1.10.2 Por favor introduzca la distancia entre centros preferida				

Valores del diseño corregidos al tamaño de poleas seleccionado

Fuente: <http://www.skfpt.com>

En la Figura se observan los valores obtenidos de la selección de la correa.

- ✓ Distancia entre centros:  $C = 452,01$  mm
- ✓ Torque en poleas:  $T_1 = 29,67$  Nm y  $T_2 = 113,96$  Nm
- ✓ Eficiencia de la transmisión: 96,04%
- ✓ Potencia de salida: 3,58 KW

La Figura muestra unas recomendaciones para el tensado de la correa y un procedimiento para medir la tensión, adicionalmente se extrae la siguiente información:

- ✓ Tipo de correa: B69
- ✓ Tipo de poleas: 2SPB112TB y 2SPB450TB
- ✓ Longitud estándar de la correa: 1.850 mm (primitiva)
- ✓ Ángulos de contacto:  $137,75^\circ$  y  $222,25^\circ$  para la polea menor y mayor respectivamente
- ✓ Número de ramales necesarios: 2

- ✓ Peso total de la transmisión: 18,56 Kg
- ✓ Coeficientes de potencia específica\*

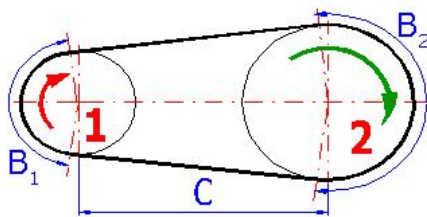
Figura . Datos específicos de la geometría correa-poleas

2.3 Longitud de la correa

- 2.3.1 Calculado /Min.
- 2.3.2 Normalizada (los más cerca posible a óptima)
- 2.4 Ángulo de envoltura de la polea (B1, B2)
- 2.5 Potencia transmitida por una correa a una polea
- 2.6 Número (exacto) de correas calculado
- 2.7 Número de correas (piezas) necesarias / peso aproximado

Lw	1852.49	> 1621	[mm]
Lw	1850 (1803)		[mm]
B	137.75	222.25	[°]
PR	2.71	3.30	[kW]
k	1.38	1.08	
	2	18.56	[kg]

Datos de la correa y la geometría



Selección final de productos SKF:

Producto:	Calidad:	Designación SKF
Correa:	2	PHG B71
Polea 1:	1	PHP 2SPB112TB
Polea 2:	1	PHP 2SPB450TB
Distancia entre centros:		452.01
Índice de precios:		442.909
Velocidad final en la segunda polea = 315.1 rpm		(Solicitud original 300 rpm)

3.0 Resultados, coeficientes

3.1 Coeficientes

- 3.2 - Coeficiente del ángulo de envoltura
- 3.3 - Coeficiente de carga de funcionamiento
- 3.4 - Coeficiente de la longitud de la correa
- 3.5 Valores correspondientes a la tensión de la correa
  - 3.5.1 Fuerza de tensión, correa nueva
  - 3.5.2 Fuerza de tensión, correa antigua

REGLAS GENERALES PARA TENSAR

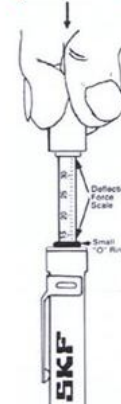
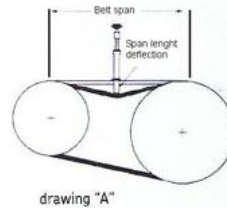
1. La tensión ideal es la más baja a la que la correa no se deslizará bajo cargas de pico.
2. Compruebe la tensión de la correa con frecuencia durante las primeras 24 a 48 horas de funcionamiento.
3. Una tensión excesiva acortará la vida de la correa y de los rodamientos.
4. Mantenga las correas libres de aquellos materiales que puedan causar su deslizamiento.
5. Inspeccione las correas trapeciales y re-tensión según sea necesario. Esto evitará el deslizamiento de la correa y optimizará su vida de servicio.
6. SKF no recomienda revestir la correa ya que esto podría dañar la misma y provocar su fallo prematuro.

PROCEDIMIENTO PARA MEDIR LA TENSIÓN

Fuente: <http://www.skfptp.com>

c1	0.89	1.08
c2	1.2	
c3	0.96	

Coeficientes de la correa (Pot. Esp.)



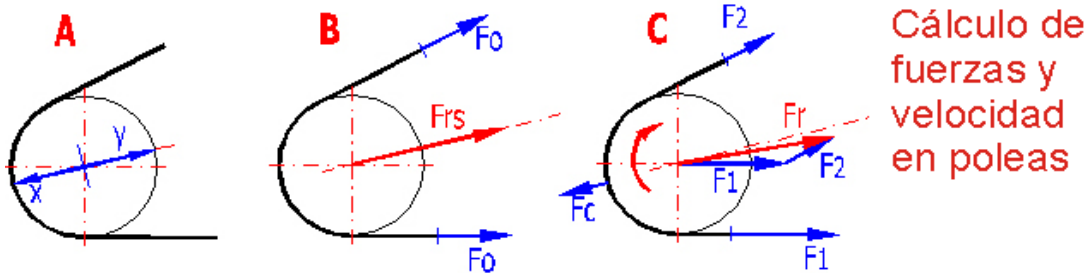
\* Valores no utilizados para el cálculo de la transmisión por encontrarse implícitos en la selección de la correa B71

Figura . Detalle de las fuerzas, velocidades y geometría en las poleas

3.6 Fuerzas, velocidad

- 3.6.1 - Coeficiente de seguridad
- 3.6.2 - Velocidad de la correa / máx. para el tipo especificado
- 3.6.3 - Frecuencia de flexión de la correa
- 3.6.4 - Fuerza de tracción
- 3.6.5 - Fuerza centrífuga
- 3.6.6 - Pre-tensado de la correa
- 3.6.7 - Fuerza estática en el eje (estacionario)
- 3.6.8 - Fuerza en el ramal cargado de la correa
- 3.6.9 - Fuerza en el ramal no cargado de la correa
- 3.6.10 - Fuerza radial total en el eje (rodamientos)

	1.15	1.15	<input checked="" type="checkbox"/>
v	7.52	< 30	[m/s]
fs	8		[/s]
Fu	495.81		[N]
Fc	19.23		[N]
Fo	471.63		[N]
Frs	879.87		[N]
F1	719.54		[N]
F2	223.73		[N]
Fr	897.84		[N]



4.0 Dimensiones de las poleas y correas

Fuente: <http://www.skfptp.com>

De la Figura se obtiene los valores de las fuerzas que actúan sobre el eje:

- ✓ Fuerza de tracción ( $F_1 - F_2$ ):  $F_u = 495,81$  N
- ✓ Fuerza mayor y fuerza menor:  $F_1 = 719,54$  N;  $F_2 = 223,73$  N
- ✓ Fuerza radial total:  $F_r = 897,84$  N
- ✓ Fuerza centrífuga:  $F_c = 19,23$  N (despreciable para  $v < 20$  m/s)
- ✓ Fuerza de tensión inicial:  $F_0 = 471,63$  N

Adicionalmente,

- ✓ Velocidad de la correa:  $v = 7,52$  m/s
- ✓ Coeficiente de seguridad: 1,15 (1,1 a 1,3 según fabricante)

En cuanto a las dimensiones específicas de los canales en V de las poleas, el detalle se puede ver en el .

### **4.3. DISEÑO DE ENGRANAJES**

El diseño de los engranajes rectos y cónicos se realizó según el procedimiento de la norma AGMA<sup>13</sup>.

El trazado de la geometría se verificó utilizando el software GearTrax y los resultados se muestran en la Figura , Figura , Figura y Figura .

**4.3.1. Engranajes rectos.** El cálculo se realizó según las fórmulas de potencia que tiene la norma indicada anteriormente tomando como referencia a *Rojas*<sup>14</sup>. Se elaboró una tabla con posibles alternativas de Diametral Pitch, verificando el cumplimiento de la ecuación tanto en el piñón como en la rueda. Véase la

---

<sup>13</sup> American Gear Manufacturers Association

<sup>14</sup> ROJAS GARCIA, Hernán. Diseño de máquinas II. Modulo 4: Engranajes. Bucaramanga: UIS. Departamento de Ingeniería Mecánica, 1992. Pg. 26-27.

### 4.3.3. Tabla y

#### 4.3.4. Tabla .

Las tablas y figuras a que hace referencia las ecuaciones 4.3.1. y 4.3.2. se detallan en el , TABLAS Y FIGURAS PARA CÁLCULO DE ENGRANAJES RECTOS SEGÚN PROCEDIMIENTO AGMA.

Ecuación 4.3.1. Potencia a esfuerzo por fatiga

$$hp = \frac{Np \times Dp \times Sa \times b \times J \times Kv \times KL}{126000 \times P \times Km \times Ks \times Ko \times Kr \times Kt}$$

Ecuación 4.3.2. Potencia según durabilidad de superficie

$$hp = \frac{Np \times b \times Cv \times I}{126000 \times Cs \times Cm \times Cf \times Co} \left( \frac{Sac \times Dp \times CL \times CH}{Cp \times Ct \times Cr} \right)^2$$

Donde,

*hp*: Potencia

*Np*: rpm

*Dp*: Diámetro primitivo (in)

*Sa*: Esfuerzo permisible (psi) (Table 12.2, )

*Sac*: Esfuerzo de contacto permisible (psi) (Table 12.8, )

*b*: Ancho de cara (in)

*J*: Factor geométrico (Table 12.3, )

*I*: Factor geométrico (Table 12.9, )

*Kv, Cv*: Factor dinámico,  $Kv = 50 / (50 + \sqrt{V})$

*V*: Velocidad (ft/min)

*KL*: Factor de vida (Table 12.4, )

*CL*: Factor de vida (Table 12.11, )

*CH*: Factor de dureza (Fig. 12.11, )

*P*: Paso diametral (Diametral pitch)

*K<sub>m</sub>, C<sub>m</sub>*: Factor de distribución de carga (Table 12.5, )

*K<sub>s</sub>, C<sub>s</sub>*: Factor de tamaño (usualmente es 1,0,  $P > 5$ )

*C<sub>f</sub>*: Factor de superficie (usualmente es 1,0)

*K<sub>o</sub>, C<sub>o</sub>*: Factor de sobrecarga (Table 12.6, )

*C<sub>p</sub>*: Coeficiente elástico (Table 12.12, )

*K<sub>r</sub>, C<sub>r</sub>*: Factor de seguridad (Table 12.7, y Table 12.13)

*K<sub>t</sub>, C<sub>t</sub>*: Factor de temperatura (1,0 para engranajes lubricados o  $T \leq 160^\circ F$ )

Tabla . Parámetros de diseño de piñón recto

$h_{\text{ap}} = \frac{2000 \times 2000 \times 2000 \times 20 \times 10 \times 2000 \times 2000}{126000 \times 20 \times 2000 \times 2000 \times 2000 \times 2000 \times 2000}$																	
Np (rpm)	Z	Dp (in)	Sa (psi)	b (in)	J	V (ft/min)	Kv	KL	P (in)	M (mm)	Km	Ks	Ko	Kr	Kt	hp	
298,7	18	4,5	35000	0,75	0,32	352,17	0,73	1,2	4	6,35	1,3	1	1,25	0,8	1	15,04	
298,7	18	3,6	35000	0,75	0,32	281,73	0,75	1,2	5	5,08	1,3	1	1,25	0,8	1	9,91	
298,7	18	3	25000	0,75	0,32	234,78	0,77	1,1	6	4,23	1,3	1	1,25	0,8	1	4,61	
298,7	18	3,6	25000	0,75	0,32	281,73	0,75	1,1	5	5,08	1,3	1	1,25	0,8	1	6,49	
$h_{\text{ap}} = \frac{2000 \times 20 \times 2000 \times 20}{126000 \times 2000 \times 2000 \times 2000 \times 2000} \left( \frac{200000 \times 2000 \times 2000 \times 2000}{2000 \times 2000 \times 2000} \right)^2$																	
Np (rpm)	Z	Dp (in)	b (in)	P (in)	Cv	l	Sac (psi)	CL	CH	Cs	Cm	Cf	Co	Cp	Ct	Cr	hp
298,7	18	4,5	0,75	4	0,73	0,1061	85000	1	1	1	1,3	1	1,25	2000	1	1	3,09
298,7	18	3,6	0,75	5	0,75	0,1061	120000	1	1	1	1,3	1	1,25	2300	1	1	3,07
298,7	18	3	0,75	6	0,77	0,1061	120000	1	1	1	1,3	1	1,25	2000	1	1	2,88
298,7	18	3,6	0,75	5	0,75	0,1061	155000	1	1	1	1,3	1	1,25	2300	1	1	5,12

De la

Tabla se puede observar que la capacidad de carga está limitada en el piñón por la resistencia al desgaste del material utilizado. La potencia máxima transmitida por el par de engranajes está dada por el motor, 5 HP (sin tener en cuenta la eficiencia de la transmisión flexible, 96,04%), se logra esta capacidad con un par de engranajes de *Paso Diametral* 5 in y un *ancho de cara* mínimo de 0,75 in con un material de acero en el piñón de 25.000 psi de esfuerzo permisible a fatiga y una resistencia al desgaste de 155.000 psi que equivale a un acero con una dureza de 360 BHN (Table 12.8, ).

En la

Tabla se verifican los valores aquí hallados utilizando para la rueda recta un acero de menor dureza, 22.000 psi de esfuerzo permisible a fatiga y 85.000 psi de resistencia al desgaste, esto es un acero de 180 BHN (Table 12.8, ).

Tabla . Parámetros de diseño de rueda recta

$h_{[2]} = \frac{[222] \times [222] \times [222] \times [22] \times [22] \times [222] \times [222]}{126000 \times [22] \times [222] \times [222] \times [222] \times [222] \times [222]}$																
Np (rpm)	Z	Dp (in)	Sa (psi)	b (in)	J	V (ft/min)	Kv	KL	P (in)	M (mm)	Km	Ks	Ko	Kr	Kt	hp
64,0	84	21	20000	0,75	0,43	352,13	0,73	1,2	4	6,35	1,3	1	1,25	0,8	1	11,54
64,0	84	17	20000	0,75	0,43	281,70	0,75	1,2	5	5,08	1,3	1	1,25	0,8	1	7,61
64,0	84	14	25000	0,75	0,43	234,75	0,77	1,1	6	4,23	1,3	1	1,25	0,8	1	6,19
64,0	84	17	22000	0,75	0,43	281,70	0,75	1,1	5	5,08	1,3	1	1,25	0,8	1	7,67

$h_{[2]} = \frac{[222] \times [22] \times [222] \times [22]}{126000 \times [222] \times [222] \times [222] \times [222]} \left( \frac{[222222] \times [222] \times [222] \times [222]}{[222] \times [222] \times [222]} \right)^2$																	
Np (rpm)	Z	Dp (in)	b (in)	P (in)	Cv	I	Sa (psi)	CL	CH	Cs	Cm	Cf	Co	Cp	Ct	Cr	hp
64,0	84	21	0,75	4	0,73	0,1061	85000	1	1	1	1,3	1	1,25	2000	1	1	14,41
64,0	84	17	0,75	5	0,75	0,1061	85000	1	1	1	1,3	1	1,25	2300	1	1	7,18
64,0	84	14	0,75	6	0,77	0,1061	85000	1	1	1	1,3	1	1,25	2000	1	1	6,74
64,0	84	17	0,75	5	0,75	0,1061	85000	1	1	1	1,3	1	1,25	2300	1	1	7,18

La literatura disponible para el cálculo de transmisiones rígidas explica que la eficiencia de engranajes rectos es del 98% y disminuye al tener menor lubricación, en este diseño un valor conservativo sería del 97%.

**4.3.5. Engranajes cónicos.** El cálculo se realizó según el método AGMA indicado en Rojas<sup>15</sup>. Se elaboró una tabla con diferentes valores de Módulo verificando el diseño en el piñón y en la rueda.

Ecuación 4.3.3. Fuerza dinámica

$$Fd = Vf \times Nsf \times Km \times Ft [Kg]$$

Ecuación 4.3.4. Fuerza transmitida

$$Ft = \frac{4500 \times CV}{Vm} [Kg]; Vm = \pi \times Dp \times N / 1000 [m/min]$$

<sup>15</sup> ROJAS GARCIA, Hernán. Diseño de máquinas II. Modulo 4: Engranajes. Bucaramanga: UIS. Departamento de Ingeniería Mecánica, 1992. Pg. 48-52.

Ecuación 4.3.4. Factor de velocidad

$$Vf = \frac{27,6 + \sqrt{Vm}}{27,6}$$

Ecuación 4.3.5. Carga de resistencia a rotura

$$Fs = \frac{Sd \times b \times J \times M \times KL}{100 \times Ks \times Kt \times Kr} [Kg]$$

Ecuación 4.3.6. Carga a desgaste

$$Fw = \frac{Dp \times b \times I \times Scd^2 CL^2}{Ce^2 \times (Kt \times Cr)^2} \times 10 [Kg]$$

Donde,

*Nsf*: Factor de servicio (Tabla 15.2, )

*Km*: Factor de distribución de carga (Tabla , )

*Vm*: Velocidad lineal (m/min)

*N*: Revoluciones por minuto

*CV*: Potencia (CV)

*Sd*: Esfuerzo de diseño a flexión (Tabla , )

*Dp*: Diámetro primitivo (mm)

*b*: Ancho de cara, 20% de directriz (mm)

*J*: Factor geométrico (Fig. 15.5, )

*M*: Módulo (mm)

*KL*: Factor de vida (Tabla , )

*Ks*: Factor de tamaño (Tabla , )

*Kt*: Factor de temperatura (1,0 para engranajes lubricados o  $T \leq 160^\circ F$ )

*Kr*: Factor de confiabilidad (Tabla , )

*I*: Factor geométrico para desgaste (Fig. 15.7, )

$S_{cd}$ : Esfuerzo admisible de contacto (Tabla 15.3, )

$C_L$ : Factor de vida para desgaste (Tabla , )

$C_e$ : Coeficiente elástico (Tabla 15.4, )

$C_r$ : Factor de confiabilidad para desgaste. Alta confiabilidad:  $C_r = 1,5$ ;

Menos de una falla en 100:  $C_r = 1,0$

Tabla . Cálculos de fuerza dinámica en piñón cónico

$F_t = \frac{4500 \times CV}{V_m} [Kg]; V_m = \pi DN [m/min]$											$V_f = \frac{27,6 + \sqrt{V_m}}{27,6}$
$F_d = V_f \times N_{sf} \times K_m \times F_t [Kg]$											
N (rpm)	Z	M (mm)	Dp (mm)	Vm (m/min)	CV 95%	Ft (Kg)	Km	Nsf	Vf	Fd (Kg)	
64,00	15	5	75	15,080	4,73	1411,51	1,15	1,25	1,141	2314,52	
64,00	15	7	105	21,112	4,73	1008,22	1,15	1,25	1,166	1690,59	
64,00	15	8	120	24,127	4,73	882,19	1,15	1,25	1,178	1493,84	
64,00	15	9	135	27,143	4,73	784,17	1,15	1,25	1,189	1340,03	

De la Tabla , se aprecia la tendencia de tener una mayor carga transmitida a menor módulo lo que hace un engranaje más pequeño pero con mayor requerimiento de potencia. La potencia transmitida se disminuye en el par cónico por la eficiencia de las etapas de transmisión anteriores, 96,04% en las poleas y 97% en engranajes rectos, en total, una eficiencia de 93,2%; se ha realizado el cálculo de la tabla con una eficiencia conservativa de 95%. De forma semejante a los engranajes rectos, se observa que la carga que determina el diseño del par cónico está dada por la resistencia al desgaste del engranaje.

Tabla . Cálculos de fuerza de resistencia a rotura en piñón cónico

$F_s = \frac{S_d \times b \times J \times M \times K_L}{100 \times K_s \times K_t \times K_r} [Kg]$														
N (rpm)	Z	M (mm)	BHN min	S <sub>d</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	γ <sub>p</sub> °	L (mm)	b (mm)	J	K <sub>L</sub>	K <sub>s</sub>	K <sub>t</sub>	K <sub>r</sub>	F <sub>s</sub> (Kg)	¿?
64,00	15	5	450	1755	29,1	77,2	25,74	0,218	1,2	0,6635	1	1,1	809,55	HUY
64,00	15	7	450	1755	29,1	108,1	36,03	0,218	1,2	0,7235	1	1,1	1455,13	HUY
64,00	15	8	450	1755	29,1	123,5	41,18	0,218	1,2	0,748	1	1,1	1838,33	OK
64,00	15	8	400	1615	29,1	123,5	41,18	0,218	1,2	0,748	1	1,1	1691,68	OK
64,00	15	9	300	1335	29,1	139,0	46,33	0,218	1,2	0,775	1	1,1	1708,18	OK
64,00	15	9	300	1335	29,1	139,0	46,33	0,218	1,2	0,775	1	1,1	1708,18	OK
64,00	15	7	55 Rc	2110	29,1	108,1	36,03	0,218	1,2	0,7235	1	1,1	1749,48	OK

La

Tabla en la última columna verifica si  $F_s > F_d$ ,  $L$  representa la directriz y  $\gamma_p$  es el ángulo primitivo del piñón. Se ve que los valores de módulo mayores cumplen con la resistencia a fatiga con un material dureza menor, 300 BHN para un módulo 9. Es claro que una dureza de 55 Rc da suficiente capacidad de carga hasta un módulo mínimo de 7, en este sentido, se incrementa la dureza a cambio del tamaño de la pieza; módulos inferiores no son viables a pesar de usarse un par cónico acero-hierro.

Tabla . Cálculos de fuerza de desgaste en piñón cónico

$F_w = \frac{D_p \times b \times l \times S_{cd}^2 CL^2}{C_e^2 \times (K_t \times C_r)^2} \times 10 [Kg]$													
N (rpm)	Z	M (mm)	b (mm)	l	BHN	$S_{cd}^2$ (Kg/cm <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	CL	$C_e^2$ (Kg/cm <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	Kt	Cr	Fw (Kg)	¿?	FINAL
64,00	15	5	25,74	0,068	400	1,78E+08	1,1	5,51E+08	1	1,1	424,54	HUY	HUY
64,00	15	7	36,03	0,068	400	1,78E+08	1,1	5,51E+08	1	1,1	832,10	HUY	HUY
64,00	15	8	41,18	0,068	400	1,78E+08	1,1	4,21E+08	1	1,1	1422,42	HUY	?
64,00	15	8	41,18	0,068	625	2,49E+08	1,1	5,51E+08	1	1,1	1518,63	OK	OK
64,00	15	9	46,33	0,068	625	2,49E+08	1,1	5,51E+08	1	1,1	1922,01	OK	OK
64,00	15	9	46,33	0,068	400	1,78E+08	1,1	5,51E+08	1	1,1	1375,51	OK	OK
64,00	15	7	36,03	0,068	625	2,49E+08	1,1	5,51E+08	1	1,1	1162,70	HUY	?

La Tabla en la penúltima columna verifica si  $F_w > F_d$  mientras que la columna *FINAL* compara las tres cargas de tal forma que  $F_w > F_d \wedge F_s > F_d$ . Una combinación de acero y fundición definido por el factor  $C_e^2$  -el valor mayor es para acero-acero- no es suficientemente resistente al desgaste, ni siquiera en un módulo 8. En función de los resultados, los valores aceptables para el par cónico son: módulos 8 y 9 en acero cementado de 625 BHN en el piñón con rueda de acero.

Tabla . Cálculos de fuerza dinámica en rueda cónica

$F_t = \frac{4500 \times CV}{V_m} [Kg]; V_m = \pi DN [m/min] \quad V_f = \frac{27,6 + \sqrt{V_m}}{27,6}$ $F_d = V_f \times N_{sf} \times K_m \times F_t [Kg]$										
N (rpm)	Z	M (mm)	Dp (mm)	Vm (m/min)	CV 95%	Ft (Kg)	Km	Nsf	Vf	Fd (Kg)
35,56	27	8	216	24,127	4,73	882,19	1,15	1,25	1,178	1493,84
35,56	27	9	243	27,143	4,73	784,17	1,15	1,25	1,189	1340,03

La Tabla se utiliza para verificar las cargas en la rueda cónica según los módulos ya seleccionados: 8 y 9.

Tabla . Cálculos de fuerza de resistencia a rotura en rueda cónica

$F_s = \frac{S_d \times b \times J \times M \times KL}{100 \times K_s \times K_t \times K_r} [Kg]$														
N (rpm)	Z	M (mm)	BHN min	Sd (Kg/cm <sup>2</sup> )	γr °	L (mm)	b (mm)	J	KL	Ks	Kt	Kr	Fs (Kg)	¿?
35,56	27	8	300	1335	60,9	123,5	41,18	0,178	1,2	0,748	1	1,1	1141,80	HUY
35,56	27	8	400	1615	60,9	123,5	41,18	0,178	1,2	0,748	1	1,1	1381,28	HUY
35,56	27	8	450	1755	60,9	123,5	41,18	0,178	1,2	0,748	1	1,1	1501,02	OK
35,56	27	8	300	1335	60,9	123,5	41,18	0,178	1,2	0,748	1	1,1	1141,80	HUY
35,56	27	9	400	1615	60,9	139,0	46,33	0,178	1,2	0,775	1	1,1	1687,28	OK
35,56	27	9	300	1335	60,9	139,0	46,33	0,178	1,2	0,775	1	1,1	1394,75	OK
35,56	27	9	F200	490	60,9	139,0	46,33	0,178	1,2	0,775	1	1,1	511,93	HUY

La Tabla demuestra que el material de la rueda no debe ser fundición ya que solo representa una capacidad de carga de 512 Kg, muy inferior a la carga transmitida según la Tabla para el módulo 9: 1340 Kg. Queda descartado un contacto acero-fundición.

La elección del material de la rueda y el piñón se verifica según la Tabla para un valor de módulo 8 y 9, para ambos casos, la última columna avala el diseño viable. Para un módulo 8 se tiene un acero de 450 BHN, el módulo 9 cumple el requerimiento de carga con un acero de mínimo 300 BHN.

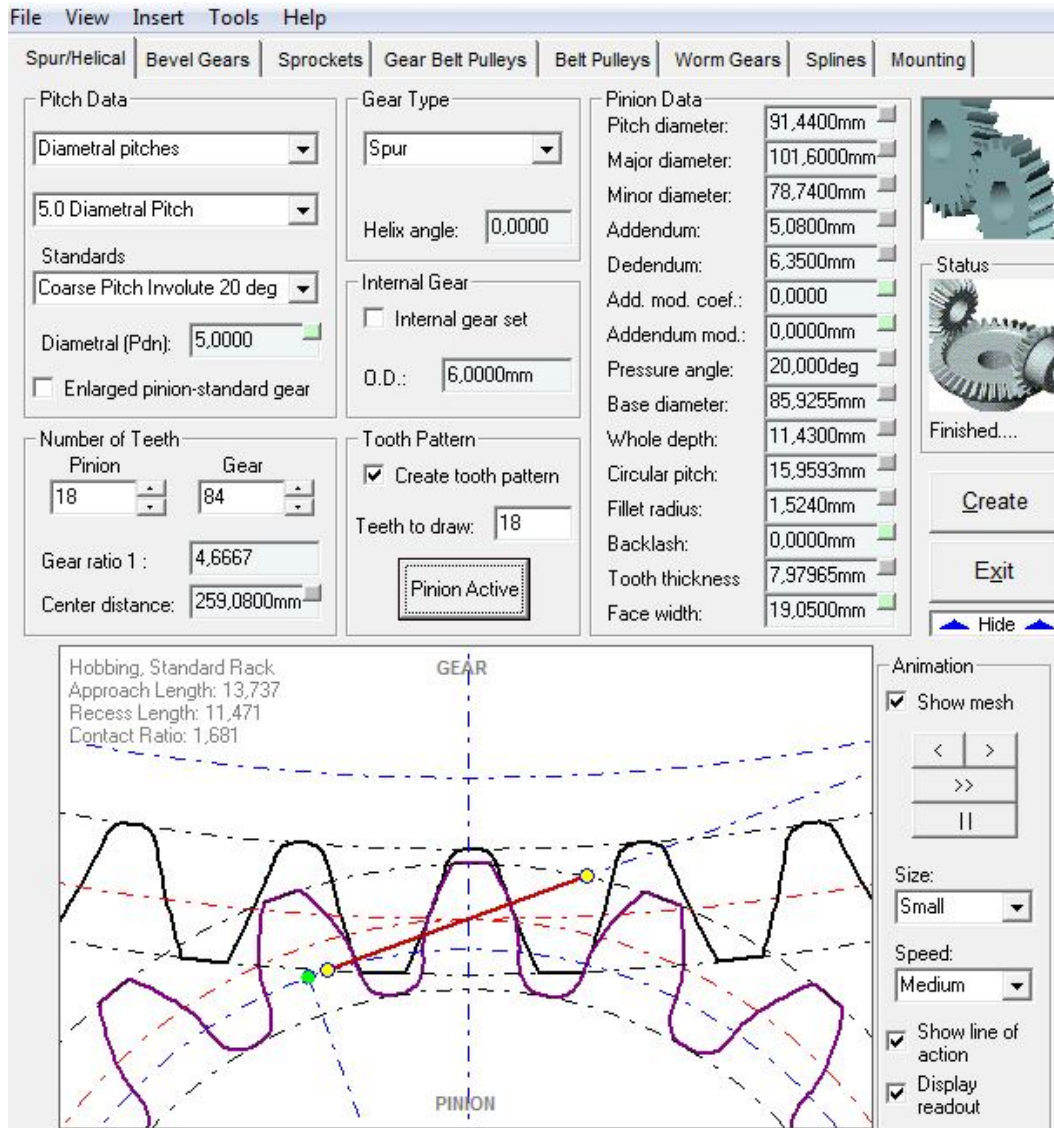
Tabla . Cálculos de fuerza de desgaste en rueda cónica

$F_w = \frac{D_p \times b \times I \times Scd^2 CL^2}{Ce^2 \times (Kt \times Cr)^2} \times 10 [Kg]$													
N (rpm)	Z	M (mm)	b (mm)	I	BHN	Scd <sup>2</sup> (Kg/cm <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	CL	Ce <sup>2</sup> (Kg/cm <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	Kt	Cr	Fw (Kg)	¿?	FINAL
35,56	27	8	41,18	0,068	360	1,27E+08	1,1	5,51E+08	1	1,1	1388,72	HUY	HUY
35,56	27	8	41,18	0,068	400	1,78E+08	1,1	5,51E+08	1	1,1	1956,28	OK	?
35,56	27	8	41,18	0,068	450	1,78E+08	1,1	5,51E+08	1	1,1	1956,28	OK	OK
35,56	27	8	41,18	0,068	300	9,00E+07	1,1	5,51E+08	1	1,1	988,02	HUY	HUY
35,56	27	9	46,33	0,068	360	1,27E+08	1,1	5,51E+08	1	1,1	1757,60	OK	OK
35,56	27	9	46,33	0,068	300	9,00E+07	1,1	5,51E+08	1	1,1	1250,47	HUY	?
35,56	27	9	46,33	0,068	200	2,09E+07	1,1	4,21E+08	1	1,1	379,69	HUY	HUY

Comparando las últimas columnas para un mismo módulo en la Tabla y la Tabla , un módulo superior a 8 es viable para el diseño del par cónico. Eligiéndose el menor tamaño, se cumple que el diseño adecuado corresponde a un módulo 8 para acero de 625 BHN cementado en el piñón y 450 BHN mínimo para la rueda, esto es AISI/SAE 4140.

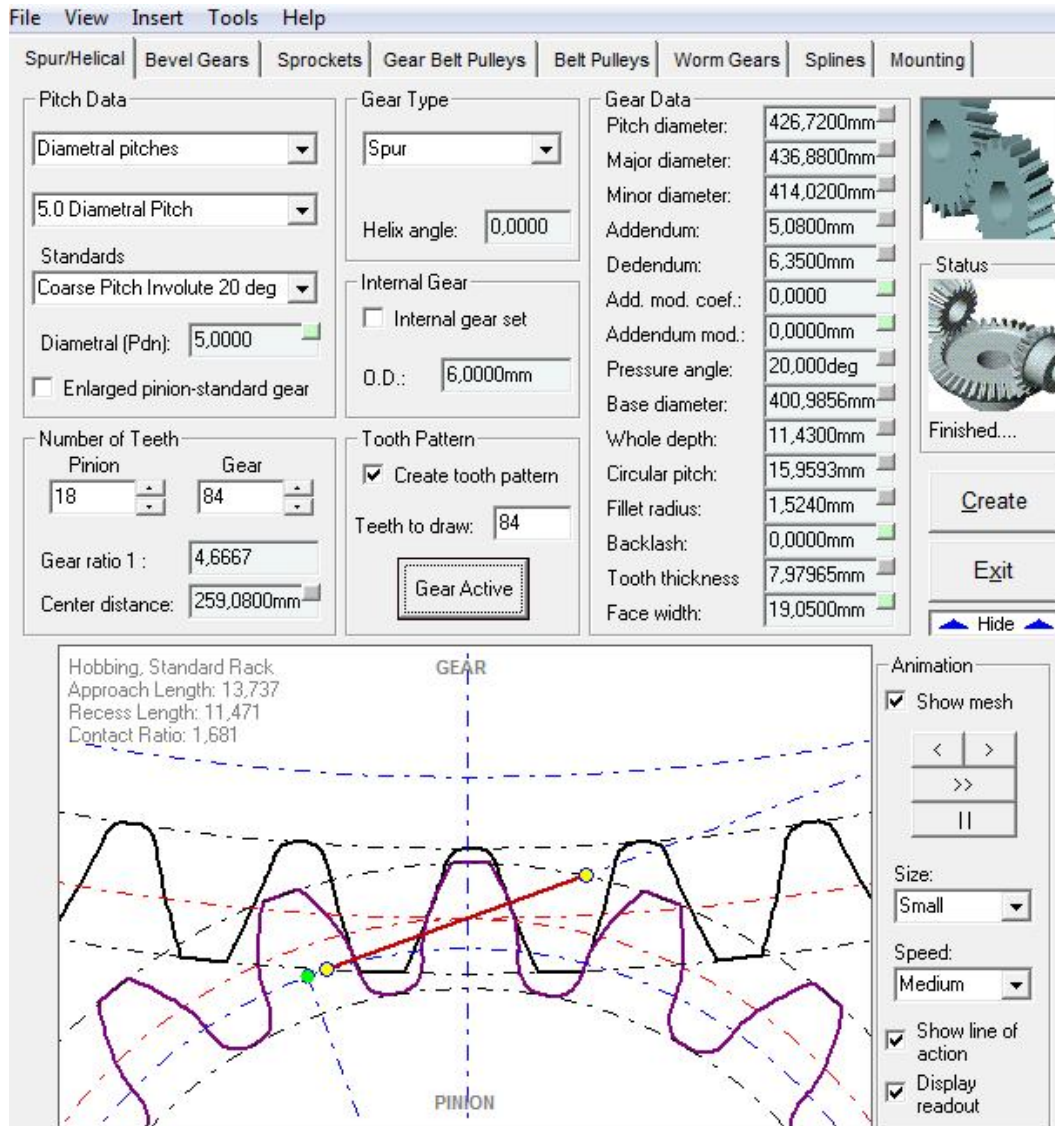
A partir de Figura hasta la Figura se realiza el cálculo geométrico de los engranajes rectos y cónicos, para ello se hace uso del Software GearTrax. De este cómputo se obtienen los datos geométricos de cada par de engranajes, la distancia entre centros, tamaños de diente, radios de entalla, diámetros primitivos, etc.

Figura . Parámetros de cálculo para el piñón recto



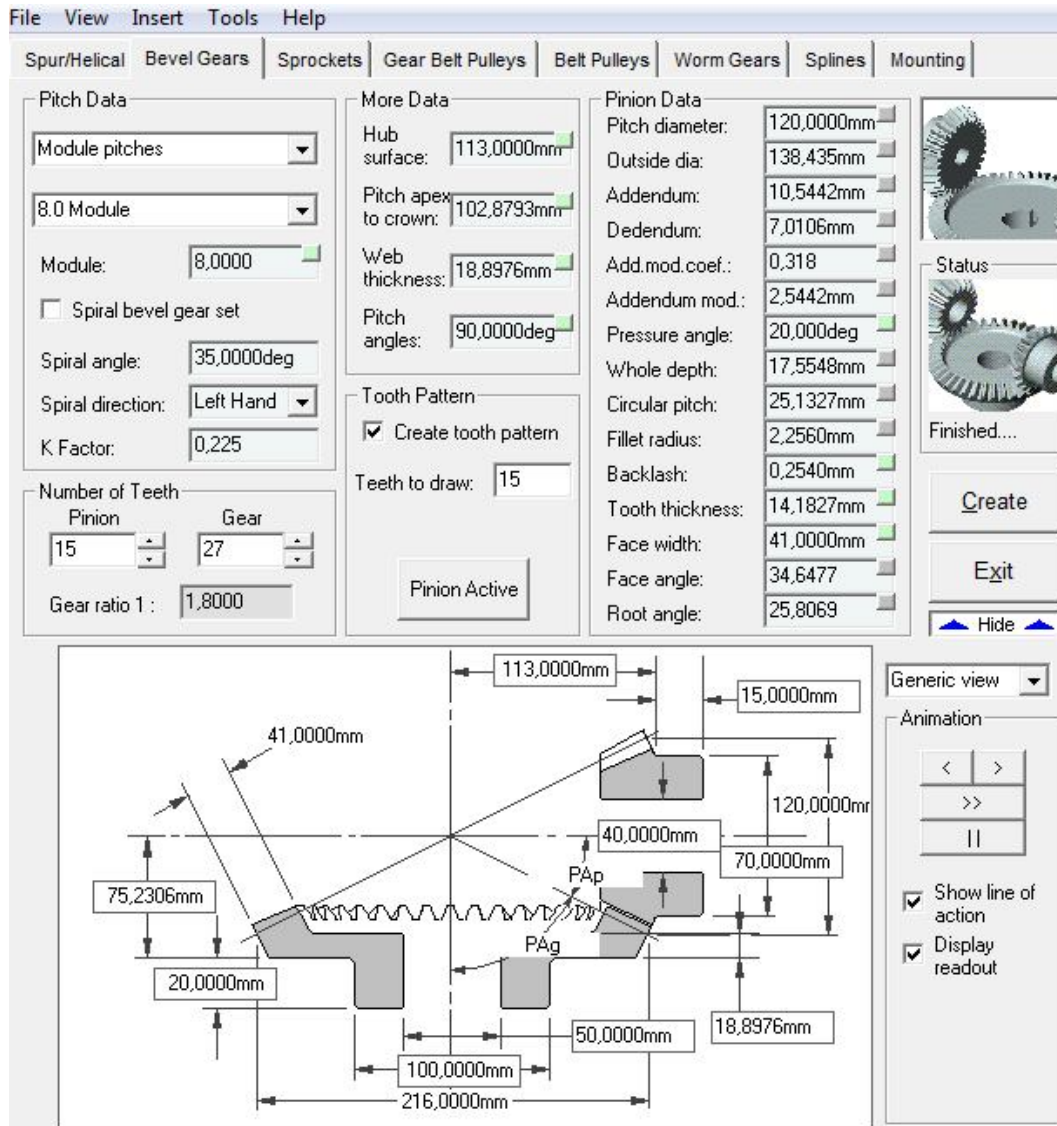
De la Figura se obtiene el *diámetro primitivo del piñón*, 91,44 mm. Se observa que el diente tiene una *altura* de 11,43 mm y un *paso circular* de 15,96 mm. El *ancho de cara* expresado en milímetros es de 19,05 mm. Adicionalmente y en forma igual con la Figura , la *distancia entre centros* es de 208,28 mm.

Figura . Parámetros de cálculo para la rueda recta



De la Figura se puede leer el *diámetro primitivo de la rueda*, 426,72 mm. El juego entre dientes o *backlash* afecta el ancho del diente y se define en *in* según el paso diametral,  $0,03/P_d$  a  $0,04/P_d$  al momento de usar la herramienta de corte durante su fabricación.

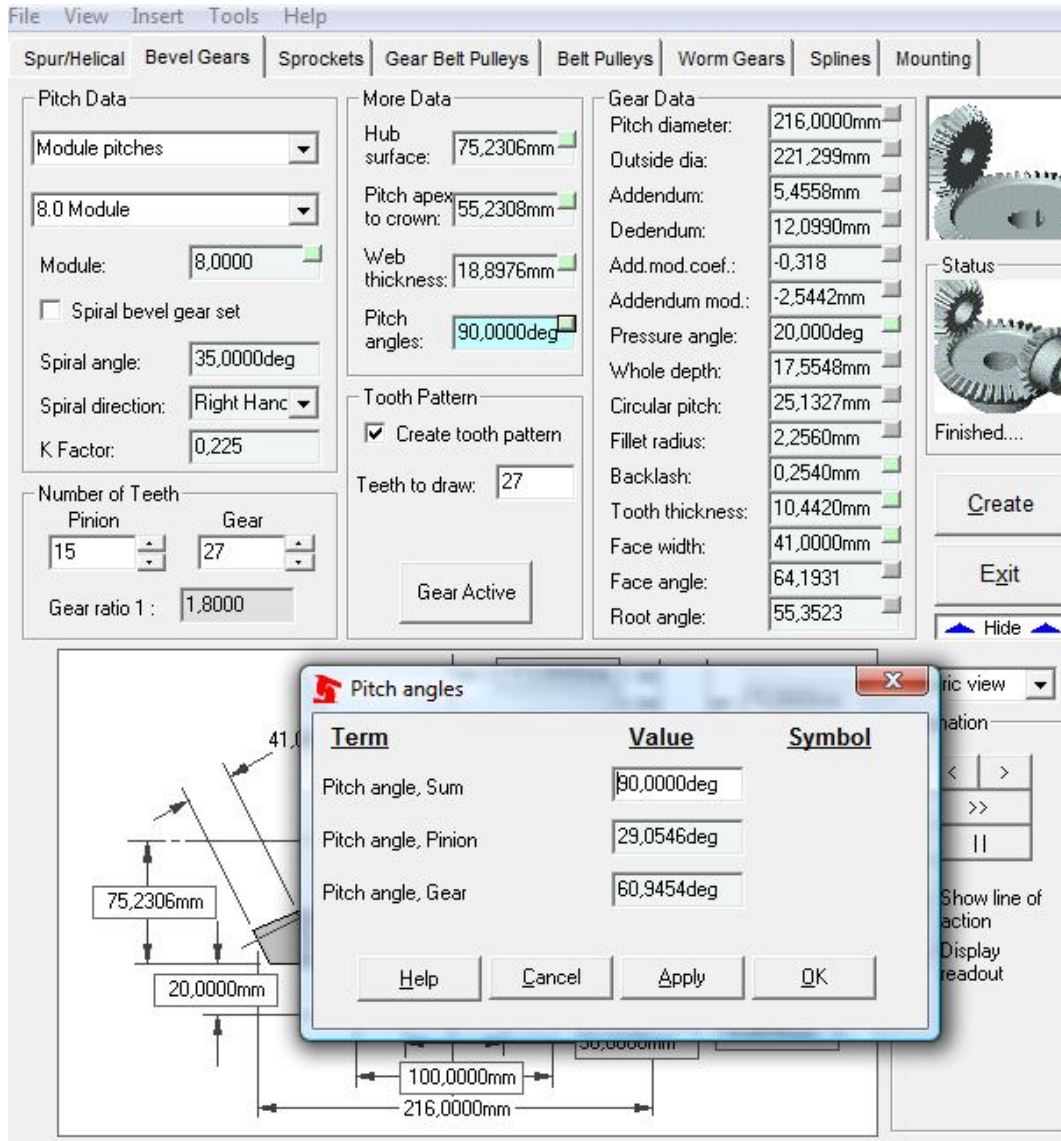
Figura . Parámetros de cálculo para el piñón cónico



En la Figura se observan las dimensiones principales de la geometría del piñón cónico y su montaje, se destaca el *diámetro primitivo* de 120 mm, *ángulo de presión* de 20°. El *backlash* corresponde al mínimo valor para esta configuración, 0,254 mm y un *ancho de diente* de 41 mm según se calculó anteriormente. En la Figura se indican las respectivas dimensiones de *ángulos primitivos*, 29,1° para el piñón y 60,9° para la rueda. La rueda tiene

un diámetro primitivo de 216 mm. En general, el resto de medidas son las pertinentes al par cónico de modulo 8, de 15 y 27 dientes.

Figura . Parámetros de cálculo para la rueda cónica



#### 4.4. CÁLCULO DE FUERZAS Y TORQUES EN POLEAS

Las reacciones se muestran en la Figura y la Figura , se muestran las fuerzas producidas por la polea conducida en el eje. Para ambos casos los

cálculos se detallan en el , DETALLE DEL CÁLCULO DE LAS FUERZAS Y TORQUES EN LA TRANSMISIÓN.

Figura . Reacciones en las poleas

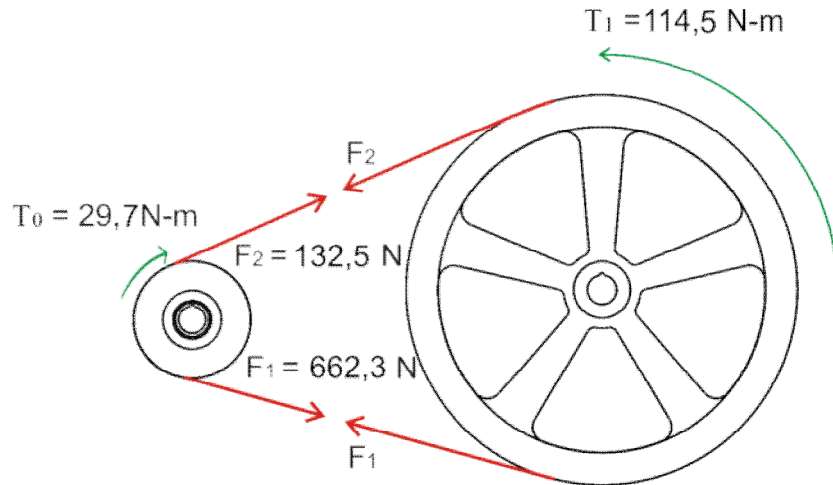


Figura . Carga resultante en el centro de la polea

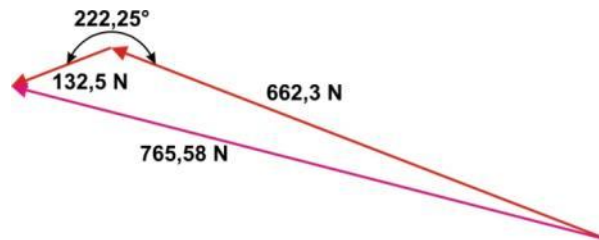
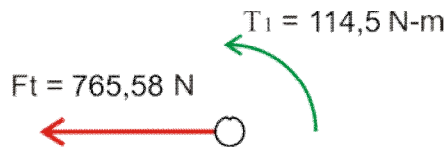


Figura . Reacciones en el eje



Comparando la Figura con la Figura , se observa una diferencia en los valores para las fuerzas de tracción de la correa y que son transmitidas al eje conducido. El método SKF y el método básico difieren en algunas consideraciones del diseño: la relación  $F_1/F_2$  en el primer método es de 3,2:1 mientras que en el segundo es de 5:1, en el método SKF se considera un

coeficiente de deslizamiento de la correa y una variación en la velocidad de salida, además, en el procedimiento básico se consideran las eficiencias de cada etapa de transmisión, ; entre tanto, el valor del torque prácticamente es el mismo por cualquier método de diseño.

Las cargas que son tomadas como datos para diseñar la máquina mezcladora son las de menor valor, es decir, del método básico. De esta manera se hace un diseño conservativo en cuanto a la capacidad de mezclado del equipo, a pesar que para la resistencia de los elementos de máquinas sea más conveniente diseñar con las cargas máximas pero esto se contrarresta con el uso de un factor de seguridad adecuado.

#### 4.5. CÁLCULO DE FUERZAS Y TORQUES EN ENGRANAJES RECTOS

Las fuerzas y torque en el piñón recto se muestran en la Figura , mientras que la Figura muestra las fuerzas en la rueda recta. Los cálculos se detallan en el . DETALLE DEL CÁLCULO DE FUERZAS Y TORQUES EN ENGRANAJES.

Figura . Fuerzas y torque en el piñón recto

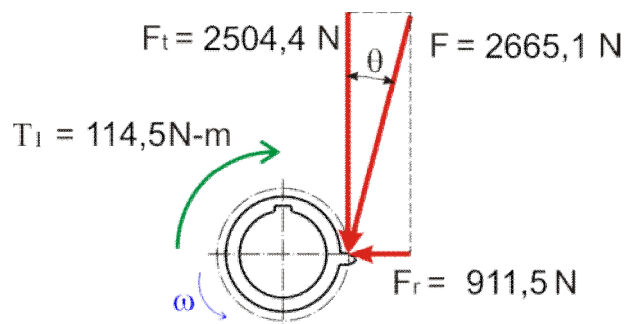
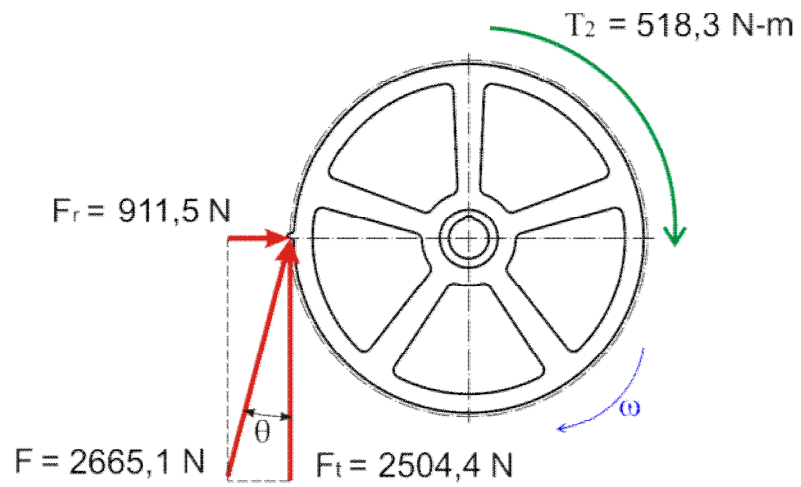


Figura . Fuerzas y torque en la rueda recta



#### 4.6. CÁLCULO DE FUERZAS Y TORQUES EN ENGRANAJES CÓNICOS

Las fuerzas y torque en el piñón cónico se muestran en la Figura , la

Figura muestra las fuerzas en la rueda cónica. Los cálculos se detallan en el , DETALLE DEL CÁLCULO DE FUERZAS Y TORQUES EN ENGRANAJES.

Figura . Fuerzas y torque en el piñón cónico

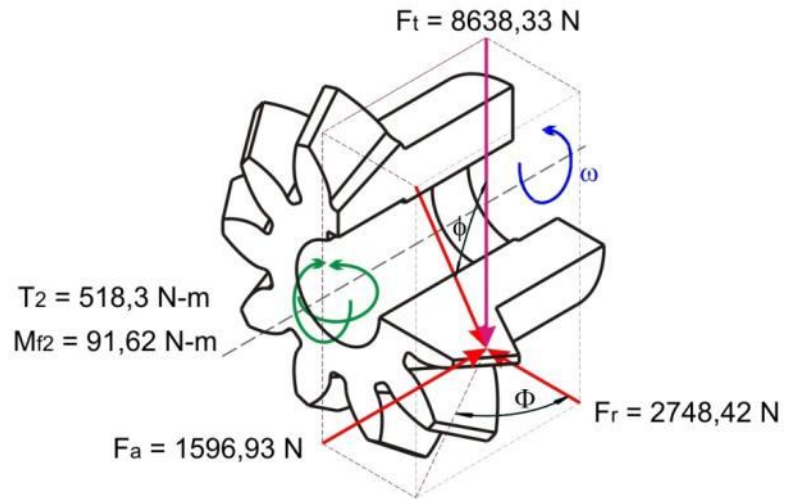
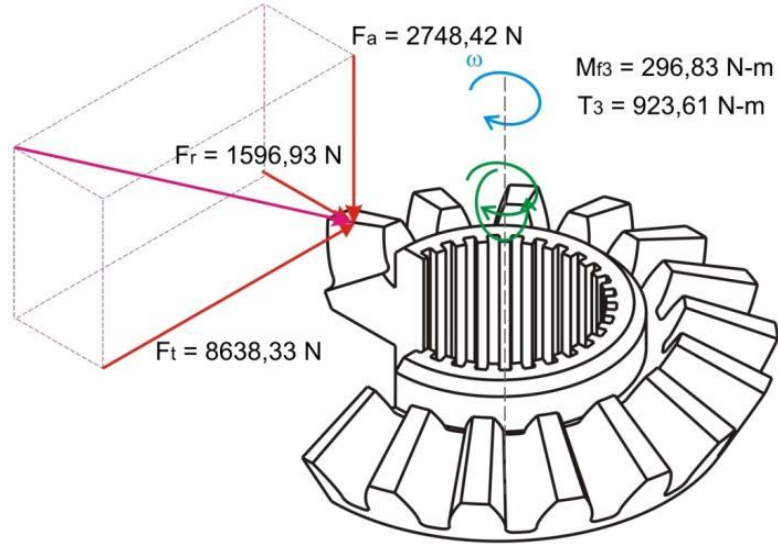


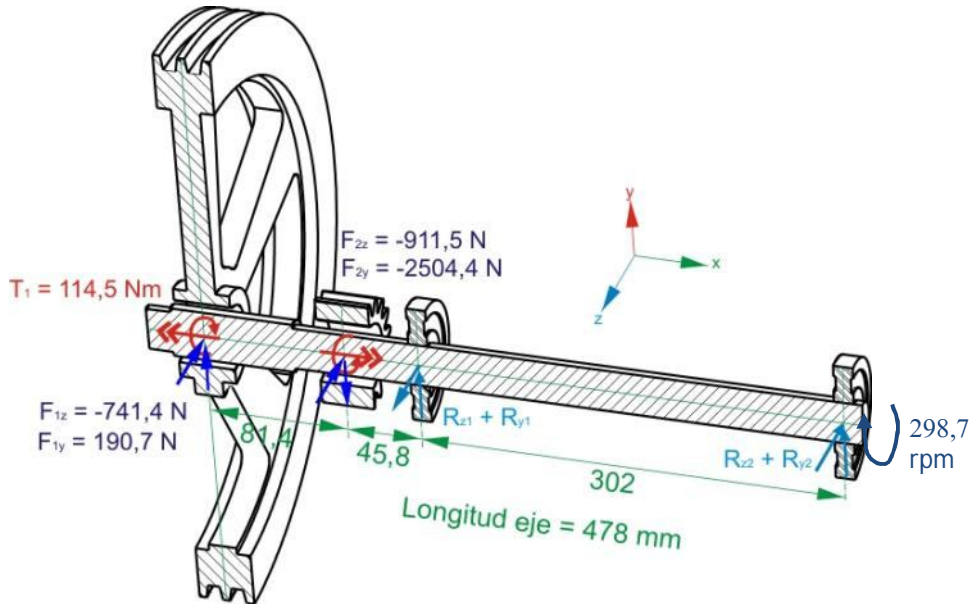
Figura . Fuerzas y torque en la rueda cónica



#### 4.7. ESTADOS DE CARGA EN LOS EJES

La transmisión tiene 4 ejes, el eje 1 sostiene la p Polea conducida y el piñón recto, y esta soportada por chumaceras. La configuración geométrica es como se muestra en la Figura . Se ha considerado la masa de la polea y el piñón en el estado de carga.

Figura . Estado de carga del eje 1



El cálculo de las reacciones y de los ejes, junto con los diagramas de cortante, momento, torque y otros se hizo con el software de ingeniería MITCal<sup>16</sup>. Un resumen para el eje 1 se expone en la Tabla y el completo análisis en la parte de anexos: . CÁLCULO DEL EJE 1.

Tabla . Resumen de cálculo de eje 1

		<b>x</b>	<b>y</b>	<b>z</b>
7.1	Reaction in the support R1	0	2605,52377	2124,49157
7.2	Reaction in the support R2	0	-291,82377	-439,59677
7.3	Total shaft weight	m	3,28	[kg]
7.4	Maximum deflection	y	0,3696	[mm]
7.5	Maximum angular deflection	φ	0,0374	[°]
7.6	Angular deflection in R1	ϑ	0,1112	[°]
7.7	Angular deflection in R2	ϑ	0,0552	[°]
7.8	Max. bending stress	σ <sub>e</sub>	60,9	[MPa]
7.9	Max. stress in shear	τ <sub>s</sub>	4,0	[MPa]
7.10	Max. stress in torsion	τ <sub>t</sub>	-22,7	[MPa]
7.11	Max. stress in tension/pressure	σ <sub>q</sub>	0,0	[MPa]
7.12	Max. equivalent stress	σ <sub>r</sub>	60,9	[MPa]
7.13	<b>Min. static safety</b>	<b>SF<sub>St</sub></b>	<b>4,62</b>	
7.14	<b>Min. dynamic safety</b>	<b>SF<sub>D</sub></b>	<b>8,41</b>	

Las dos chumaceras soportan carga puramente radial, 3,4 KN para el soporte 1 y 0,5 KN para el soporte 2 y la carga dinámica equivalente máxima es de 3.4 KN por lo que se elige dos unidades tipo SY30, . RODAMIENTOS TIPO SY30.

El cálculo de la longitud de los chaveteros se hace de acuerdo a la fórmula de diseño para tamaños estándar:

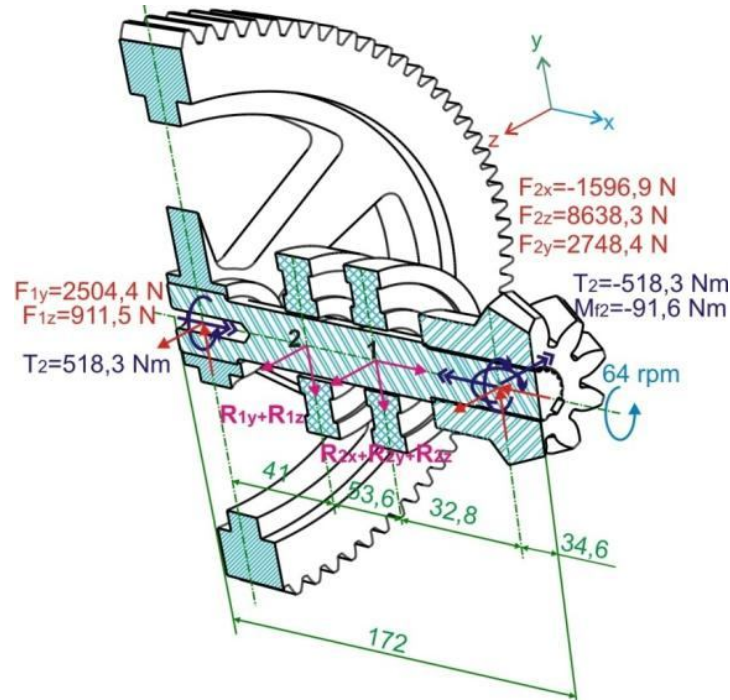
$$L = T/bDS_{perm}$$

La longitud mínima permitida en el eje es de 1,1 cm. El desarrollo general de la fórmula está en: . CÁLCULO DE CHAVETEROS.

<sup>16</sup> Mechanical, Industrial and Technical Calculations. Sistema de cálculo abierto y configurable que trabaja sobre Microsoft Excel. Sitio web: [www.mitcalc.com](http://www.mitcalc.com)

El eje 2 soporta la rueda recta y el piñón cónico, tal como lo muestra el estado de cargas de la Figura . La componente axial de la carga del piñón cónico requiere de un rodamiento de contacto angular y una chumacera tipo FYT para su fijación.

Figura . Estado de carga del eje 2



El resultado de carga en los rodamientos y el cálculo del eje se recopila en la Tabla y de forma más detallada en el . CÁLCULO DEL EJE 2.

Tabla . Resumen de cálculo de eje 2

		x	y	z
7.1	Reaction in the support R2	-1596,9	-2514,5776	-11511,711
7.2	Reaction in the support R1	0	-2738,2224	1976,0363
7.3	Total shaft weight	m	1,46	[kg]
7.4	Maximum deflection	y	0,0238	[mm]
7.5	Maximum angular deflection	$\varphi$	0,2672	[°]
7.6	Angular deflection in R1	$\vartheta$	0,0121	[°]
7.7	Angular deflection in R2	$\vartheta$	0,0094	[°]
7.8	Max. bending stress	$\sigma_e$	46,7	[MPa]

7.9	Max. stress in shear	$\tau_s$	11,6	[MPa]
7.10	Max. stress in torsión	$\tau_t$	84,8	[MPa]
7.11	Max. stress in tension/pressure	$\sigma_g$	2,0	[MPa]
7.12	Max. equivalent stress	$\sigma_r$	174,0	[MPa]
7.13	<b>Min. static safety</b>	<b>SF<sub>St</sub></b>	<b>1,61</b>	
7.14	<b>Min. dynamic safety</b>	<b>SF<sub>D</sub></b>	<b>2,46</b>	

De acuerdo a la Tabla , la máxima carga radial está en el soporte 1 con 11,8 KN junto con una componente axial de 1,6 KN en tanto que el soporte 2 tiene una fuerza radial de 3,4 KN. Para la dimensión de 38 mm, dos unidades de rodamiento FYT1.1/2 cumplen estos requerimientos sin necesidad del rodamiento de contacto angular, adicionalmente como se muestra en la Figura , los requerimientos de carga axial también son cumplidos por el rodamiento YAT 208-108 que actúa en la unidad FYT, véase el . RODAMIENTOS TIPO FYT1.1/2.

Figura . Cálculo de cargas equivalentes en rodamiento FYT

**Cargas equivalentes y vida nominal**

Se ha tenido el máximo cuidado para garantizar la exactitud de este cálculo, pero no se acepta ninguna responsabilidad por pérdidas o daños, ya sean directos, indirectos o consecuentes, que se produzcan como resultado del uso de dicho calculo.  
Véase la sección "Carga dinámica equivalente del rodamiento"  
Véase la sección "Carga estática equivalente"

Rodamiento: **YAT 208-108**

C [kN]:

C<sub>0</sub> [kN]:

f<sub>0</sub>:

F<sub>r</sub> [kN]:

F<sub>a</sub> [kN]:

e:

X:

Y:

P [kN]:

L<sub>10</sub> [Mrev]:

X<sub>0</sub>:

Y<sub>0</sub>:

P<sub>0</sub> [kN]:

P = carga dinámica equivalente, kN  
P<sub>0</sub> = carga estática equivalente, kN  
C = capacidad de carga dinámica, kN  
C<sub>0</sub> = capacidad de carga estática, kN  
F<sub>r</sub> = carga radial, kN  
F<sub>a</sub> = carga axial, kN  
X = factor de cálculo de la carga radial (dinámica)  
X<sub>0</sub> = factor de cálculo de la carga radial (estática)  
Y = factor de cálculo de la carga axial (dinámica)  
Y<sub>0</sub> = factor de cálculo de la carga axial (estática)  
e = factor limitador para la relación de la carga del rodamiento  
L<sub>10</sub> = vida nominal, millones de revoluciones

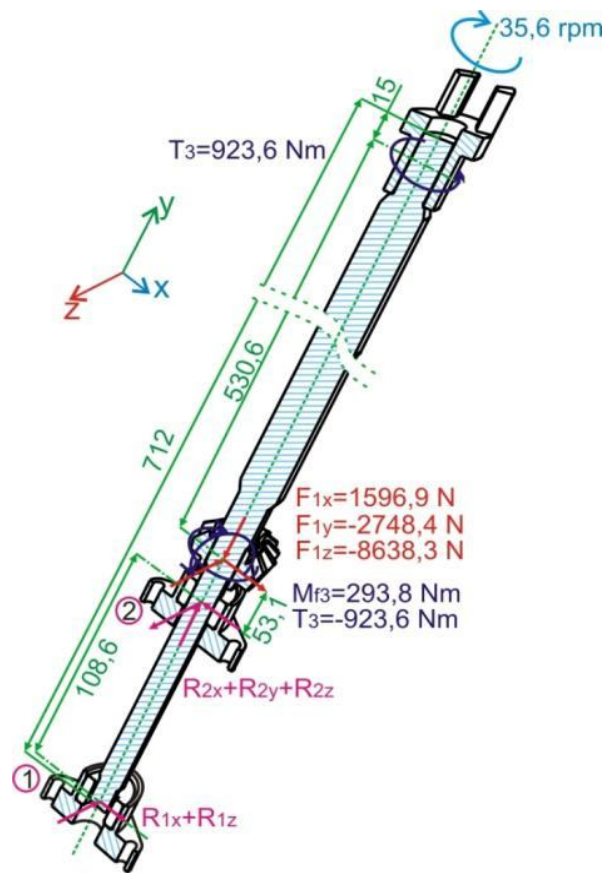
Internet | Modo protegido: desactivado | 100%

Fuente: www.skf.com

La longitud de los chaveteros para el eje dos es de 3,7 cm según la fórmula anteriormente expuesta. Véase el .

El eje tres soporta la rueda cónica y se une al eje 4 mediante un acople tipo araña, está soportado por un rodamiento de contacto angular y una chumacera tipo FYT30, el estado de cargas es el mostrado en la Figura .

Figura . Estado de carga del eje 3



El detalle de las reacciones en los rodamientos, mínimo factor de seguridad y esfuerzos se publican en la

Tabla y con mayor análisis en la sección de anexos: . CÁLCULO DEL EJE 3.

Tabla . Resumen de cálculo de eje 3

		<b>x</b>	<b>Y</b>	<b>z</b>
7.1	Reaction in the support R1	0	4223,69917	1924,536
7.2	Reaction in the support R2	2748,4	-12861,999	-327,63601
7.3	Total shaft weight	m	6,53	[kg]
7.4	Maximum deflection	y	2,1744	[mm]
7.5	Maximum angular deflection	$\varphi$	1,3488	[°]
7.6	Angular deflection in R1	$\vartheta$	0,0663	[°]
7.7	Angular deflection in R2	$\vartheta$	0,1263	[°]
7.8	Max. bending stress	$\sigma_e$	188,8	[MPa]
7.9	Max. stress in shear	$\tau_s$	12,4	[MPa]
7.10	Max. stress in torsión	$\tau_t$	-106,1	[MPa]
7.11	Max. stress in tension/pressure	$\sigma_q$	-3,9	[MPa]
7.12	Max. equivalent stress	$\sigma_r$	193,6	[MPa]
7.13	<b>Min. static safety</b>	<b>SF<sub>St</sub></b>	<b>1,52</b>	
7.14	<b>Min. dynamic safety</b>	<b>SF<sub>D</sub></b>	<b>2,48</b>	

La

Tabla realiza el cálculo para el eje con chaveta al final pero el punto de unión con la rueda cónica es un sistema estriado y en la tabla no se refleja este diseño, para ello se aplica la fórmula de *Faires*<sup>17</sup> según se observa en la Figura , de donde se obtiene que el número de ranuras es 16 y la longitud de contacto mínima es 31 mm.

Las cargas en el soporte 1 corresponden a 4,6 KN, netamente radial, mientras que en el soporte 2 la componente radial es 12,9 KN y la axial de 2,8 KN, estos valores requieren de una unidad FYTJ25 en el primer soporte y un rodamiento 7206BEY en el segundo, ver . RODAMIENTOS EJE 3 Y EJE 4.

Para evitar una desalineación superior a 1° en el extremo del eje donde está el acople, se hace necesario la instalación de un tercer punto de apoyo con un rodamiento de contacto angular 7207BEY, .

---

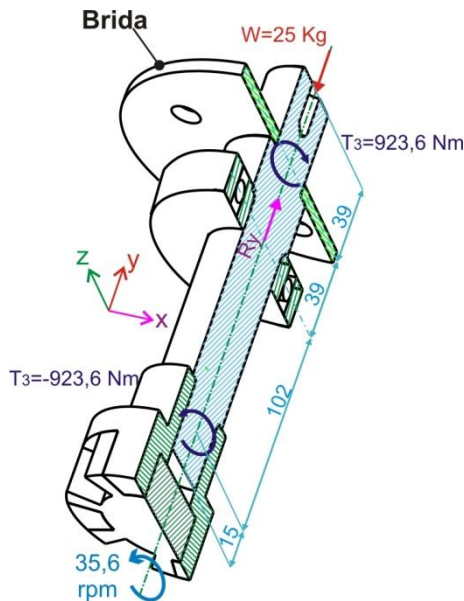
<sup>17</sup> FAIRES, V. M. Diseño de elementos de máquinas. Barcelona: Montaner y Simon S.A., 4 Edición. Cap. 10, pg. 373.

Figura . Cálculo de ranuras en eje estriado

Input	Name	Output	Unit	Comment
9425,00	T		Kg*cm	Torque transmitido
	h	0,16	cm	Altura estriado
	L	30,22	cm	Longitud de contacto
	rm	1,72	cm	Radio medio
16	Nt			Numero de ranuras
3,6	D		cm	Diametro eje nominal
	d	3,28	cm	Diametro eje inferior
<b>Rules Sheet</b>				
<b>Rules</b>				
$T = 70 \cdot h \cdot L \cdot r_m \cdot N_t$				
$h = 0,045 \cdot D$				
$r_m = \frac{D + d}{4}$				
$d = 0,91 \cdot D$				

Fuente: Foto de pantalla de solución en TK Solver

Figura . Estado de carga del eje 4



El eje 4 soporta los brazos mezcladores y se acopla al eje 3 mediante un acople tipo araña, está apoyado por un rodamiento de contacto angular, el estado de cargas es el mostrado en la Figura y el cálculo del eje se detalla en el . CÁLCULO DEL EJE 4.

El peso de 25 Kg corresponde al montaje de los brazos de mezclado sobre el eje conectados a éste mediante la brida soldada.

Tabla . Resumen del cálculo del eje 4

		<b>x</b>	<b>Y</b>	<b>z</b>
7.1	Reaction in the support R1	-250	0	0
7.2	Reaction in the support R2	0	0	0
7.3	Total shaft weight	m	2,35	[kg]
7.4	Maximum deflection	y	0,0000	[mm]
7.5	Maximum angular deflection	$\varphi$	0,2558	[°]
7.6	Angular deflection in R1	$\vartheta$	0,0000	[°]
7.7	Angular deflection in R2	$\vartheta$	0,0000	[°]
7.8	Max. bending stress	$\sigma_e$	0,0	[MPa]
7.9	Max. stress in shear	$\tau_s$	0,0	[MPa]
7.10	Max. stress in torsion	$\tau_t$	-106,1	[MPa]
7.11	Max. stress in tension/pressure	$\sigma_q$	0,0	[MPa]
7.12	Max. equivalent stress	$\sigma_r$	183,8	[MPa]
7.13	Min. static safety	SF <sub>St</sub>	1,52	
7.14	Min. dynamic safety	SF <sub>D</sub>	2,03	

De la Tabla se observa la carga axial de 0,25 KN sobre el soporte 1 para el cual se usa el rodamiento de contacto angular 7209BEY. Ver .

**4.7.1. Selección de acople.** El acople se selecciona según el procedimiento del fabricante Magnaloy, . ACOPLA EN LOS EJES 3 Y 4, tomando como base un torque de funcionamiento de 923,6 Nm a una velocidad de 35,6 rpm. Con un factor de servicio de 1,5 y el torque de 8163 Lb-in se obtiene el torque específico de 12244 Lb-in. Este valor corresponde a un acople modelo 600. Siguiendo el procedimiento del fabricante, el montaje requerirá un acople *ref.: M60011210*.

#### **4.8. DIMENSIONAMIENTO DE LOS EJES**

Realizado el diseño de los ejes y el requerimiento de acoples y rodamientos, se hace el dimensionamiento final de los ejes teniendo en cuenta las distancias mínimas, máximas y espaciamentos de los componentes montados sobre cada uno. Véase la sección de planos en el capítulo de anexos. . PLANOS DE CONSTRUCCIÓN

## 5. DISEÑO DEL SISTEMA DE MEZCLADO

Para diseñar el sistema de mezclado se debe considerar los requerimientos de capacidad, dimensión y propiedades de los materiales a mezclar.

- Capacidad de carga de la mezcladora: 200 Kg
- Tamaño máximo del tanque de mezcla: 1200 mm de diámetro
- Densidad de material: 2500 – 2600 Kg/m<sup>3</sup> (cementos refractarios característicos. Ver . ESPECIFICACIONES TÉCNICAS)

Además, se tienen otros materiales que eventualmente se pueden mezclar en la máquina para lo cual se definen sus densidades relativas al agua<sup>18</sup>:

- Arena, seca y húmeda: 1,6 y 1,9
- Arcilla seca y húmeda: 1,0 y 1,8
- Arenisca: 2,0 ~ 2,6 In situ, al apilarse es un 35% ~ 45% menor
- Grava seca y húmeda: 1,6 y 1,9
- Tierra seca suelta: 1,2
- Tierra húmeda compacta: 1,6

Para verificar la resistencia mecánica del conjunto de mezclado se diseña sobre el valor de la potencia que transmite el motor que debe ser superior a la potencia requerida para mezclar 200 Kg de cualquier material.

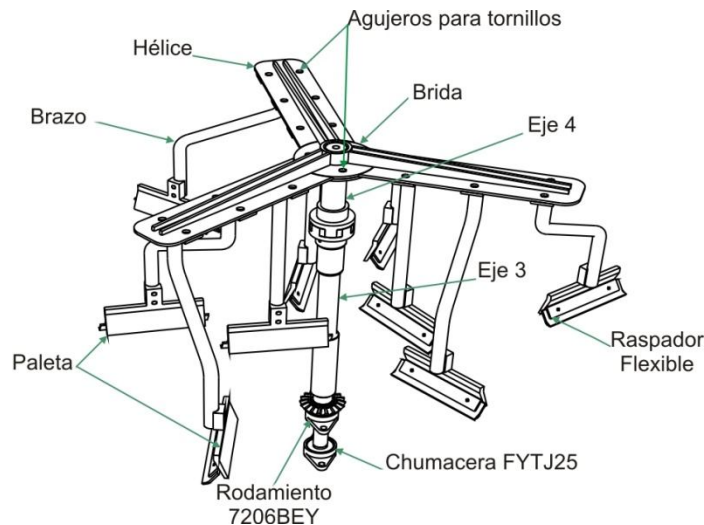
### 5.1. DISEÑO DE HÉLICES DE MEZCLA

---

<sup>18</sup> Valor estándar de 998 Kg/m<sup>3</sup>

El proceso de mezclado se ha definido con un conjunto de 3 hélices iguales uniformemente distribuidas atornilladas al eje 4 mediante una brida y tornillos sujetadores, Figura .

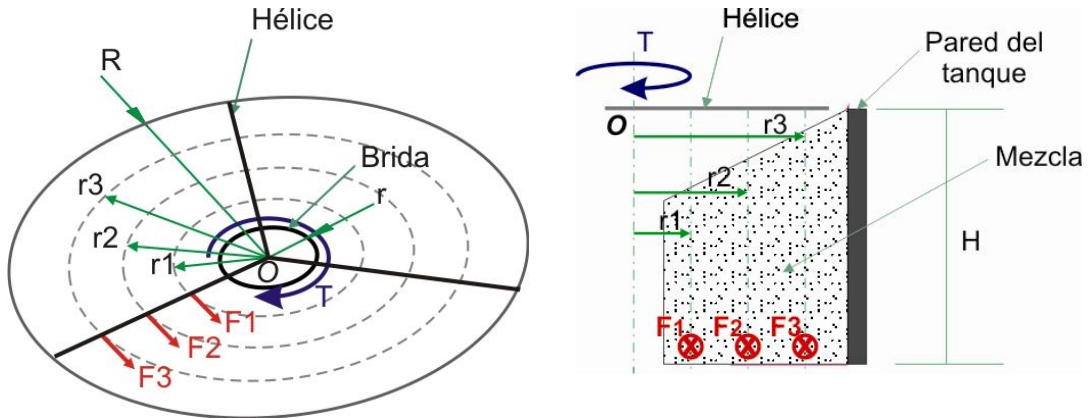
Figura . Brazos y hélices del sistema de mezclado



Cada hélice sostiene 3 brazos con su respectiva paleta y raspador, que no es más que un elastómero similar al de las llantas de automóvil: caucho y fibra textil. El torque transmitido por el conjunto de hélices es de 923,6 Nm y la resistencia a este torque se explica en el esquema de la Figura .

La fuerza que reacciona contra el torque del eje 4 es la componente horizontal en las paletas de agitación,  $F_{1,2,3}$ . El punto crítico se da cuando solamente una hélice arrastra la mezcla que se ha simulado como una masa apoyada sobre la pared del tanque con volumen definido y gran densidad.

Figura . Modelo bidimensional del torque en la mezcla



Haciendo sumatoria de torques en el eje O, se tiene la ecuación

$$T = Ne(F_1 \times r_1 + F_2 \times r_2 + F_3 \times r_3) \quad \text{Ec. 1}$$

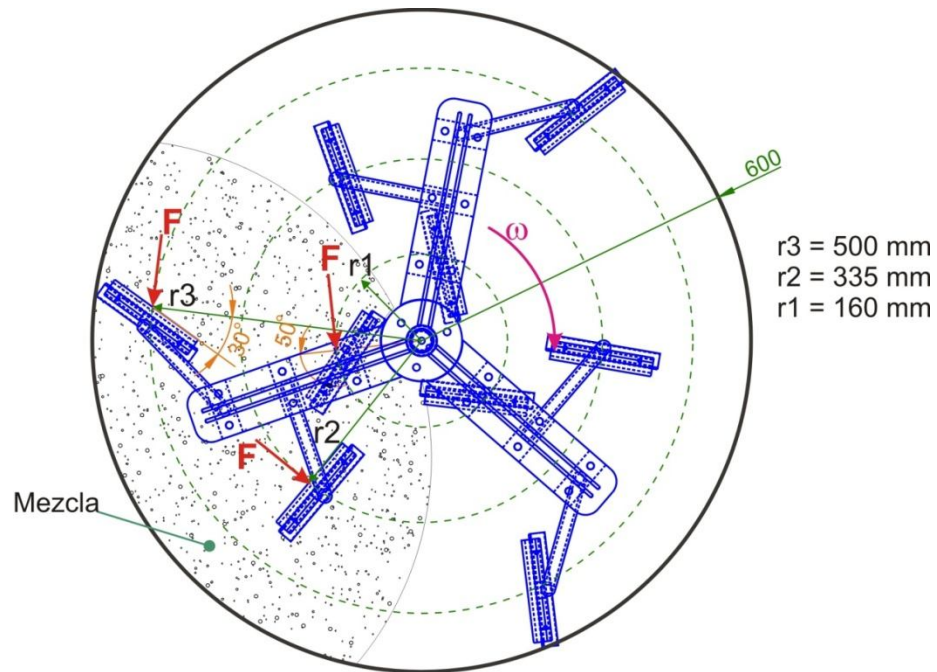
Donde  $Ne$  es el número de hélices y  $r_i$  es el radio de giro del centroide de la paleta. En una situación crítica,  $Ne=1$  y  $F_1=F_2=F_3=F_{max}$  de modo que

$$T = F_{max}(r_1 + r_2 + r_3) \quad \text{Ec. 1'}$$

En la ecuación anterior,  $T$  es el torque del motor y  $r_{1,2,3}$  se eligen según el diámetro del tanque,  $2R=1200 \text{ mm}$ . La dimensión de los radios de giro se determina a voluntad y se muestran en la Figura . Adicionalmente en la figura se muestra el valor de inclinación de cada paleta respecto a la coordenada radial, este ángulo  $\phi$  se usa para hallar el valor de la fuerza neta que el cemento hace contra la paleta.

Otra característica visible en la Figura es la distribución y forma del material cargado en el tanque, lo cual es típico de las mezclas granulares y que tiene que ver con la adherencia entre las partículas, el ángulo de reposo y la consistencia del aglomerado que se va a agitar.

Figura . Torque de transmisión contra fuerza resistente



Reemplazando los valores de  $T$  y  $r_{1-3}$  en la **Ec. 1'** se encuentra la máxima fuerza que ejerce la paleta sobre el aglomerado, sin importar qué material sea

$$F_{max} = 923,6 \div (0,16 + 0,335 + 0,5) \cong \mathbf{928,2 \text{ N}} \approx \mathbf{93 \text{ Kg}}$$

De acuerdo a la orientación de las paletas y el ángulo de giro,  $\phi$ , solamente la paleta del centro actúa perpendicularmente contra la *argamasa*, las otras dos tienen una componente radial de la fuerza que se obtiene de la relación  $Fr = Ftan\phi$ , ver Figura . Reemplazando los valores para  $\phi = 30^\circ$  y  $\phi = 50^\circ$  se obtienen las fuerzas radiales  $F_{r3}=\mathbf{535,9 \text{ N}}$  y  $F_{r1}=\mathbf{1106,2 \text{ N}}$ .

Es decir que para el análisis de resistencia, las fuerzas netas normales que se aplican sobre cada paleta son,

$$F1 = \sqrt{928,2^2 + 1106,2^2} \cong 1444 \text{ N}$$

$$F2 = 928,2 \text{ N}$$

$$F3 = \sqrt{928,2^2 + 535,9^2} \cong 1071,8 \text{ N}$$

Se evalúan los esfuerzos, deformaciones y factor de seguridad mínimo en el conjunto de mezclado: hélices, brazos y paletas usando el software de diseño Solid Works Simulation; estos resultados se muestran en la Figura , Figura y Figura .

Figura . Esfuerzos Von Mises del conjunto hélices-brazos-paletas

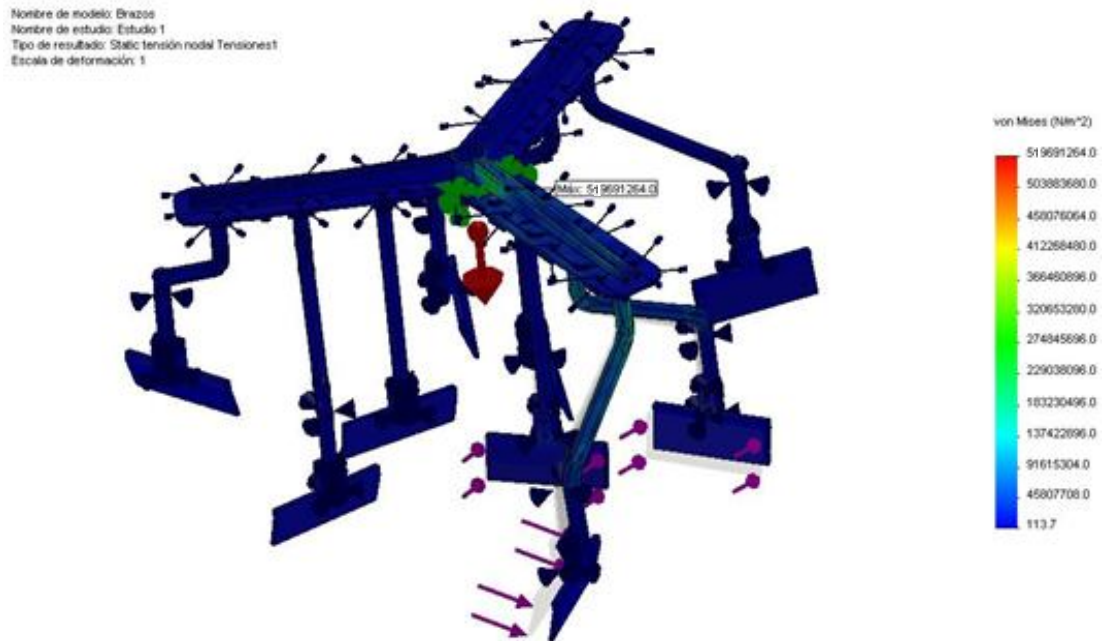
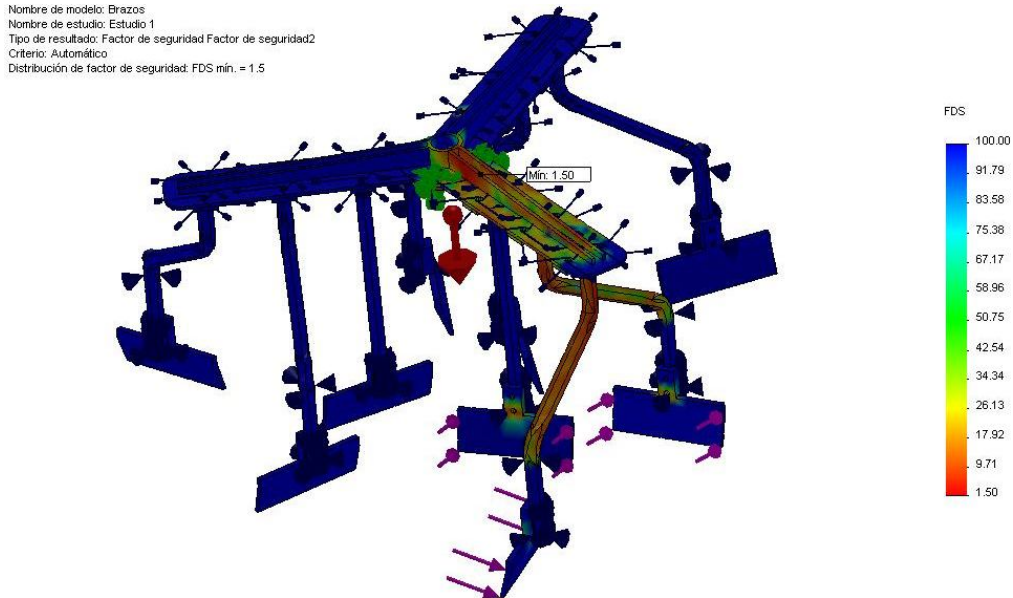


Figura . Factor de seguridad del conjunto hélices-brazos-paletas



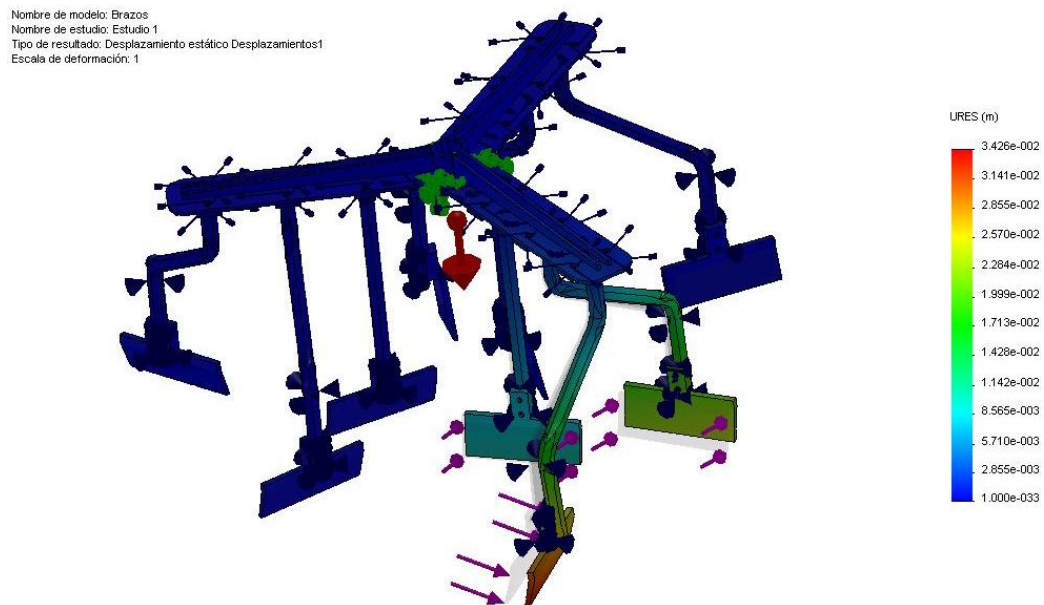
De la Figura y Figura se puede determinar que el máximo esfuerzo y por consiguiente el mínimo factor de seguridad se ubican sobre la hélice cargada. Los valores obtenidos son **5.19691e+008 Pa** y un Factor de seguridad de **1,5** lo cual es aceptable considerando que se analiza el sistema en el punto más crítico y en una condición extrema que de darse, el tiempo de duración de esa situación sería muy corto, además no se ha considerado la pérdida de potencia que sufre el sistema y por ende una disminución en el valor de las cargas  $F_1$ ,  $F_2$  y  $F_3$ .

Tabla . Propiedades del material de las hélices

Nombre de propiedad	Valor	Unidades
Material	Hierro dúctil	
Módulo elástico	1.2e+011	N/m <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson	0.31	NA
Densidad	7100	kg/m <sup>3</sup>
Límite de tracción	8.617e+008	N/m <sup>2</sup>
Límite elástico	5.8149e+008	N/m <sup>2</sup>

En la Figura se determina la deformación del sistema incluyendo las paletas y brazos de mezclado. Como es de esperarse, el desplazamiento mayor se produce sobre el extremo del brazo 3, el resultado, **3,4 cm**. Es un valor significativo considerando las dimensiones de los componentes (la altura del brazo es menor a 45 cm). Sin embargo, el elemento de interés para este análisis es la hélice y esta se mantiene rígida por lo que su diseño se considera aceptable. La resistencia del brazo debe mejorarse pero el resultado de ese análisis no cambia el obtenido para la hélice.

Figura . Desplazamientos del conjunto hélices-brazos-paletas



La unión existente entre la hélice y el brazo se ha simulado con tornillo de ajuste por lo que el resultado del análisis en esta sección también implica conocer qué tipo de exigencia de carga tienen los tornillos que se seleccionen. El detalle del cálculo se hace en una sección posterior.

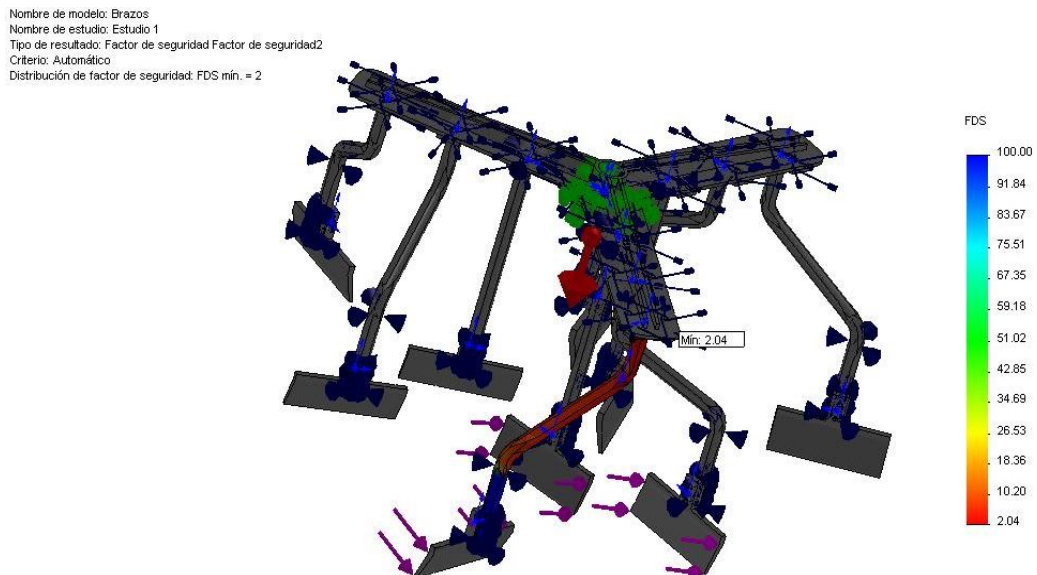
El dimensionamiento de las hélices se puede ver en los planos del sistema de mezclado del capítulo de anexos y en el documento PDF, Planos de Construcción de CD anexo.

## 5.2. DISEÑO DE BRAZOS DE MEZCLADO

De la Figura y Figura se observa que debe hacerse un análisis detallado a los brazos 2 y 3 para la condición de carga crítica en situación extrema, aunque el componente no demuestra falla por ruptura si se ven deformaciones considerables.

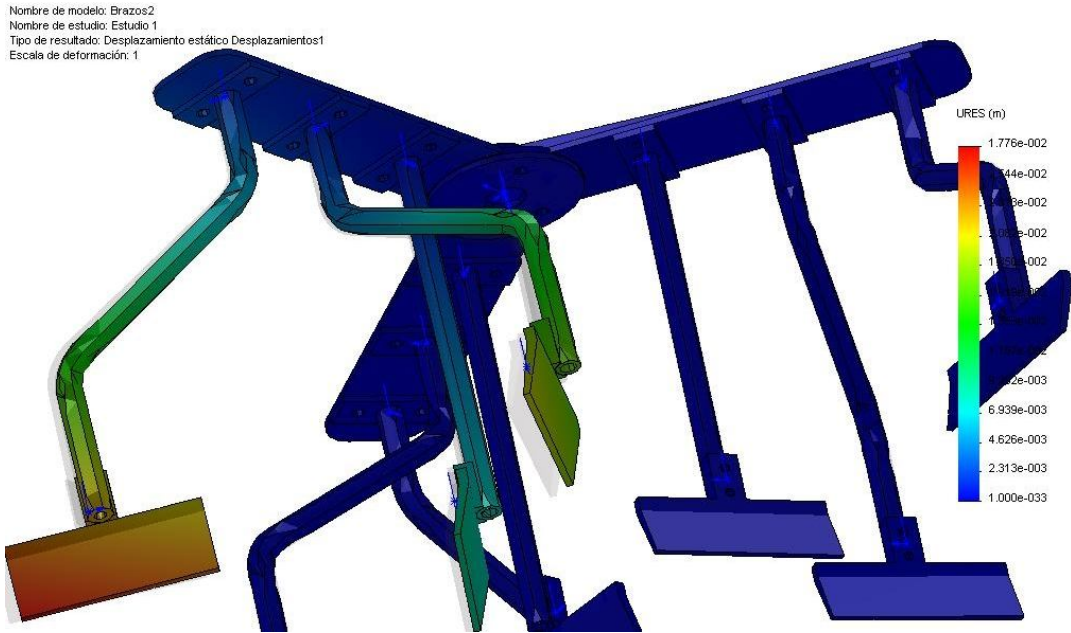
El tamaño del tubo elegido en la simulación anterior era de dimensiones no estándar,  $\phi_{ext}$  1" y espesor 4,5 mm. Al estandarizar el tubo a 3/4" SCH 160 se tiene una mayor rigidez ya que las medidas son 1,05" y 5,56 mm de espesor. El análisis se observa en la Figura con un factor de seguridad mínimo de 2,04 que es aceptable.

Figura . Factor de seguridad en brazo 3



La deformación se muestra en la Figura y es de 1,7 cm, valor mucho inferior al inicialmente obtenido. Aunque es relativamente alto, se considera apto para el diseño dado que las fuerzas se han calculado con la máxima potencia entregada por el motor, situación que no ocurre debido a las pérdidas de potencia que todo el sistema tiene.

Figura . Desplazamiento en brazos de mezclado



La Figura y Figura muestra la distribución para el factor de seguridad en los otros brazos. El análisis se hizo a todo el sistema de mezclado pero solo se muestra la distribución en el elemento que se quiere conocer. Se puede determinar que los brazos 1 y 2 tienen aceptables valores del factor de seguridad, **1,9** y **3** respectivamente.

Figura . Factor de seguridad en brazo 2

Nombre de modelo: Brazos  
Nombre de estudio: Estudio 1  
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad2  
Criterio: Automático  
Distribución de factor de seguridad: FDS mín. = 3

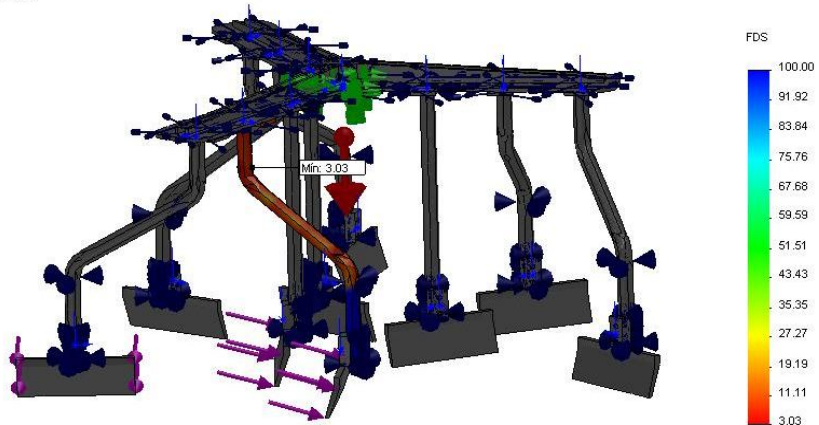


Figura . Factor de seguridad en brazo 1

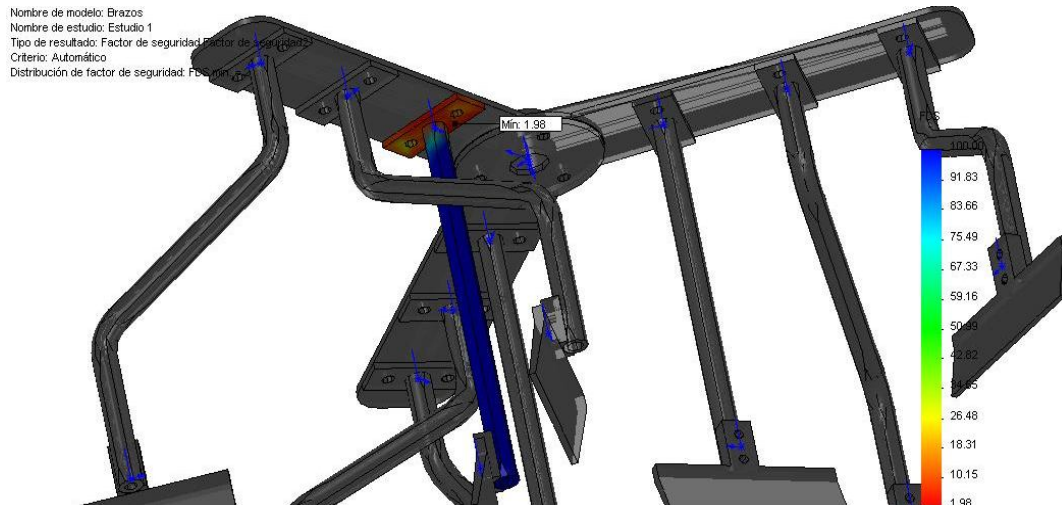


Tabla . Propiedades del material de los brazos

<b>Nombre de material:</b>	AISI 1020	
<b>Nombre de propiedad</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Módulo elástico	2e+011	N/m <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson	0.29	NA
Módulo cortante	7.7e+010	N/m <sup>2</sup>
Densidad	7900	kg/m <sup>3</sup>
Límite de tracción	4.2051e+008	N/m <sup>2</sup>
Límite elástico	3.5157e+008	N/m <sup>2</sup>

### 5.3. DISEÑO DE PALETAS DE MEZCLADO

Las paletas de mezclado se calculan con las propiedades descritas en la Tabla y con la fuerza mayor, 1450 N. Solamente se analiza una ya que todas son iguales e intercambiables.

Tabla . Propiedades del material de las paletas

<b>Nombre de material:</b>	ASTM A36 Acero	
<b>Nombre de propiedad</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Módulo elástico	2e+011	Pa
Coefficiente de Poisson	0.26	NA
Módulo cortante	7.93e+010	Pa
Densidad	7850	kg/m <sup>3</sup>
Límite de tracción	4e+008	Pa
Límite elástico	2.5e+008	Pa

El elemento sometido a esfuerzo se detalla en la Figura , la deformación en la Figura y el factor de seguridad en la Figura . Los valores obtenidos son en su orden,  $4.04396e7$  Pa,  $2.75078e-005$  m y 6.18; esto garantiza que el diseño es correcto. Véase el capítulo de anexos, sección de planos para el detalle de las dimensiones.

Figura . Esfuerzos en paleta de mezclado

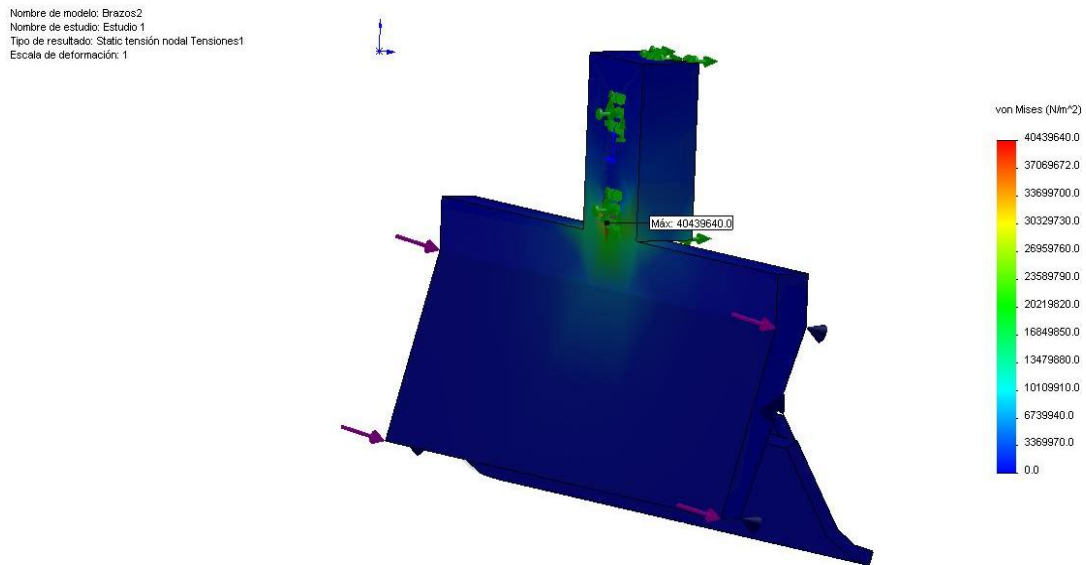


Figura . Desplazamiento en paletas de mezclado

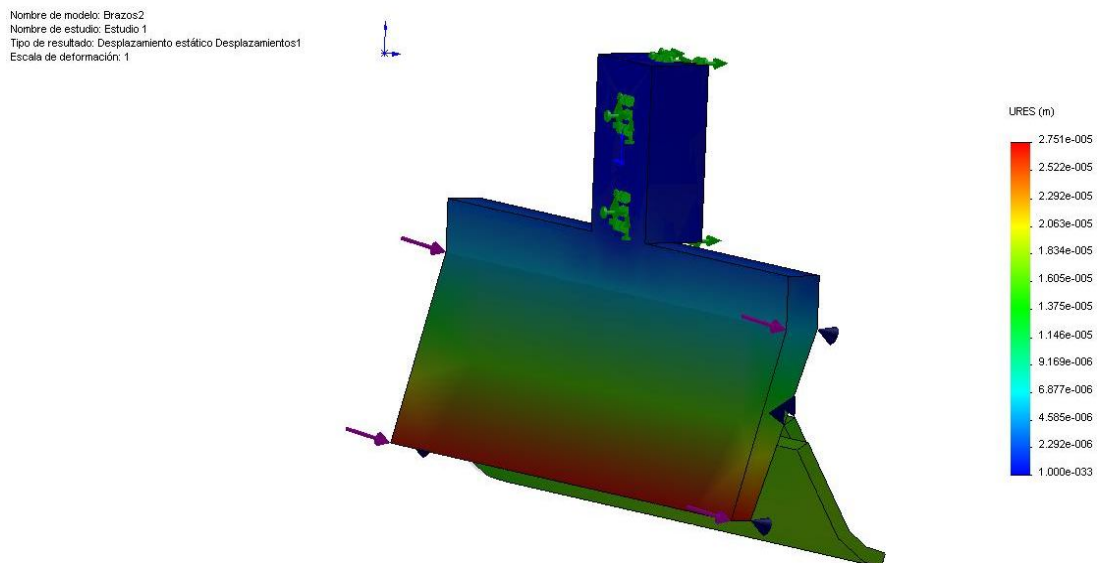
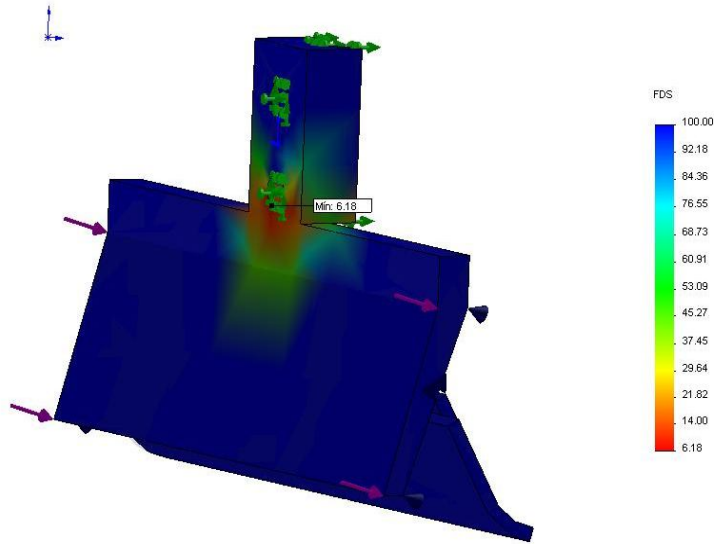


Figura . Factor de seguridad en paletas de mezclado

Nombre de modelo: Brazos2  
 Nombre de estudio: Estudio 1  
 Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1  
 Criterio: Automático  
 Distribución de factor de seguridad: FDS mín. = 6.2



#### 5.4. VERIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD DE MEZCLADO

Se determina calculando primero la potencia requerida para vencer la inercia de la mezcla y luego la inercia de los componentes giratorios en el sistema de transmisión. Los momentos de inercia de los componentes se obtienen de acuerdo a las propiedades físicas y a la geometría 3D en el software CAD.

Para calcular la potencia se recurre al modelo matemático del diseño de agitadores, donde la potencia se determina por la velocidad de rotación, la configuración del mezclador y las propiedades físicas de la mezcla. El suministro de potencia al agitador puede expresarse a través de la relación entre el número de Reynolds,  $N_{Re}$ , número de Froude,  $N_{Fr}$  y número de potencia,  $N_p$ .

$$N_{Re} = \frac{D_a^2 N \rho}{\mu}; \quad N_{Fr} = \frac{N^2 D_a}{g}; \quad N_p = \frac{P}{N^3 D_a^5 \rho}$$

Donde,

$P$ : Potencia (W)

$N$ : velocidad de rotación (rps)

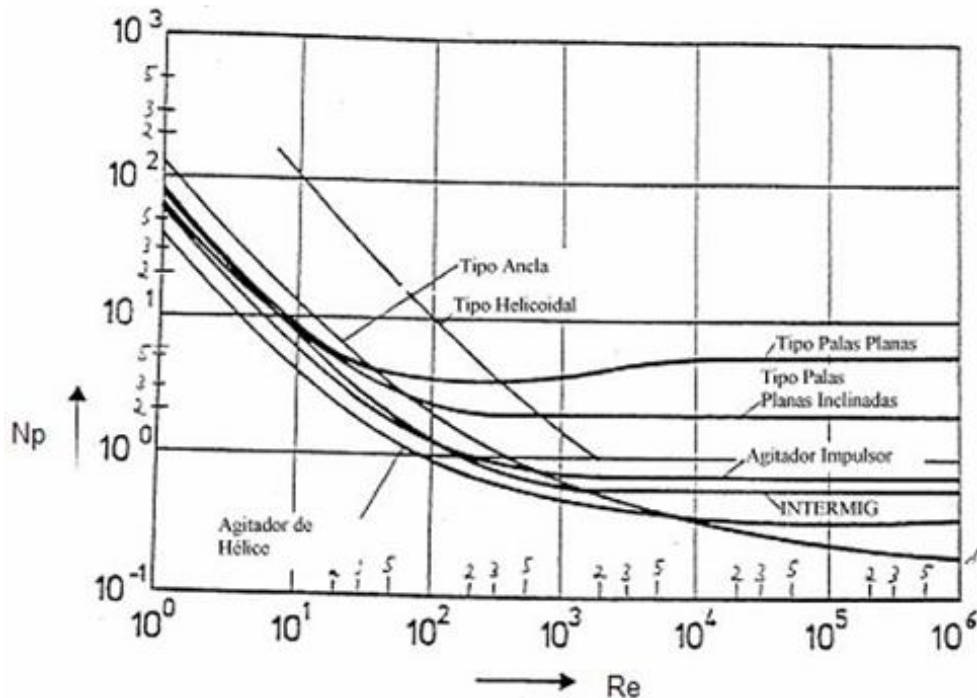
$D_a$ : Diámetro del rodete (conjunto de agitación) (m)

$\mu$ : Viscosidad de la mezcla (Pa.s)

$\rho$ : Densidad ( $\text{Kg/m}^3$ )

En la Figura se relaciona el  $N_p$  vs  $N_{Re}$ , de tal manera que gráficamente se obtiene un valor para  $N_p$  y determinar la potencia.

Figura . Curva del número Reynolds y número de potencia



Fuente: Guías prácticas de Fenómenos de Transporte P-II-10, [www.cps.unizar.es](http://www.cps.unizar.es)

Para el caso de la mezcla,  $\mu = 30 - 50 \text{ Pa.s}$ ,  $\rho = 2600 \text{ Kg/m}^3$ ,  $N = 35,6 \text{ rpm}$  ( $0,59 \text{ rps}$ ),  $D_a = 1 \text{ m}$

$$N_{Re} = \frac{1^2 \times 0,59 \times 2600}{50} = 30,85$$

Figura . Tipos de rodetes en agitadores

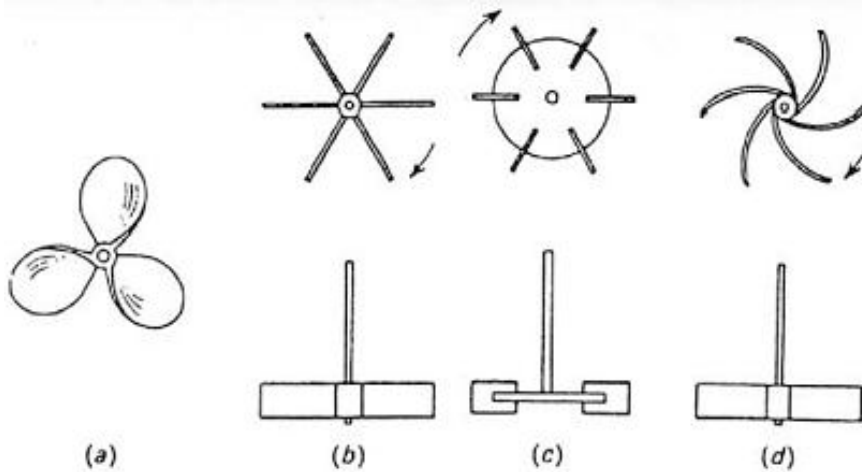


Figura 2.2. Rodetes de mezcla. (a) hélice marina de tres palas. (b) turbina abierta de palas rectas. (c) turbina de disco con palas. (d) turbina abierta de palas curvas.

Fuente: Guías prácticas de Fenómenos de Transporte P-II-6, [www.cps.unizar.es](http://www.cps.unizar.es)

De la Figura , para un  $N_{Re} = 30,85$  y eligiendo una configuración de paletas rectas, Figura c, el factor de potencia por viscosidad o número de potencia,  $N_p \approx 3$ . Reemplazando en la fórmula del número de potencia y despejando,

$$P = 3 \times 0,59^3 \times 1^5 \times 2600 = 1.602 \text{ W} \cong 1,6 \text{ KW}$$

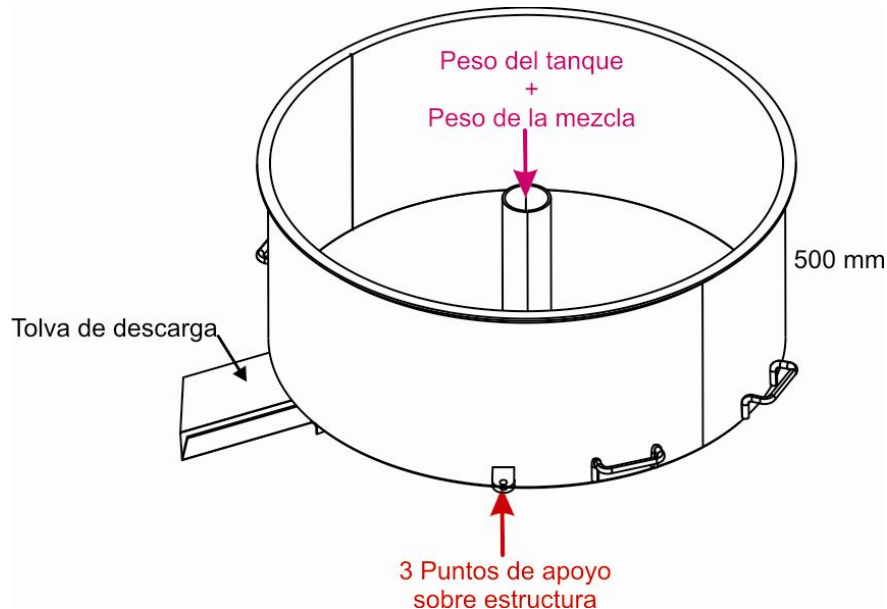
Este valor de potencia es muy inferior comparado con la potencia del motor, 5 Hp (3,73 KW) sobre el cual se hizo el diseño de los componentes mecánicos. Es acertado asegurar que los 2 KW adicionales son suficientes para el funcionamiento de la máquina, incluido el efecto inercial, ya que la potencia del motor es 233% de la requerida por el proceso de mezclado.

## 5.5. TANQUE DE MEZCLA

El tanque de mezcla se diseña en base al diámetro máximo requerido por el cliente, 1200 mm. Se define una altura de pared de 500 mm. El material

usado es acero A36. Las exigencias de carga las determina el peso de la mezcla y el peso del tanque mismo, Figura .

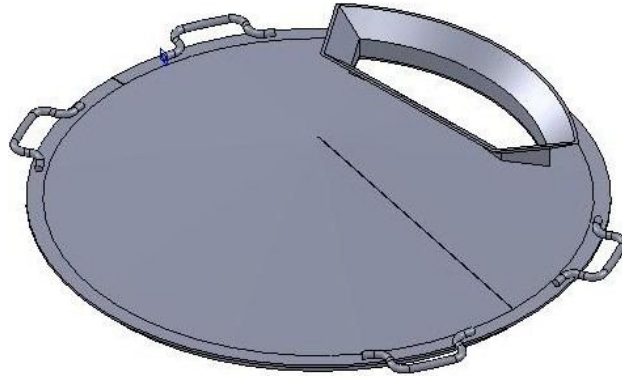
Figura . Cargas en el tanque



Las dimensiones y materiales del tanque están en la sección de planos, del .

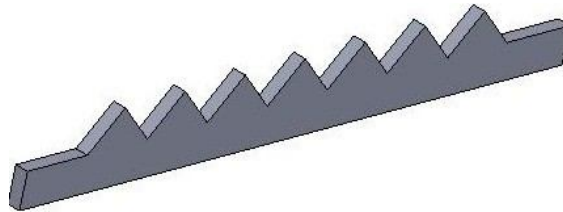
**5.5.1. Tolva de carga del material.** Se adecua sobre la tapa del tanque, está atornillada y puede ser quitada para facilitar la carga de material en casos que se requiera, además para agilizar las labores de limpieza y mantenimiento del equipo. El material es igual al del resto de la estructura, Figura .

Figura . Tolva de carga



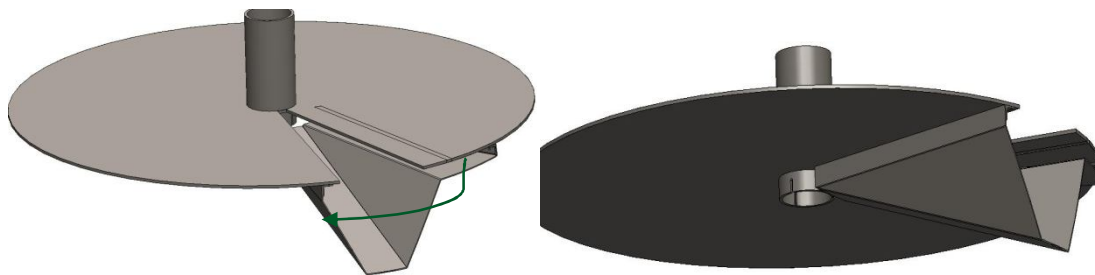
Dado que el material a mezclar no siempre está totalmente granulado, se soldó sobre la tolva unas platinas en forma de sierra denominadas rompeterrones, Figura .

Figura . Rompeterrones



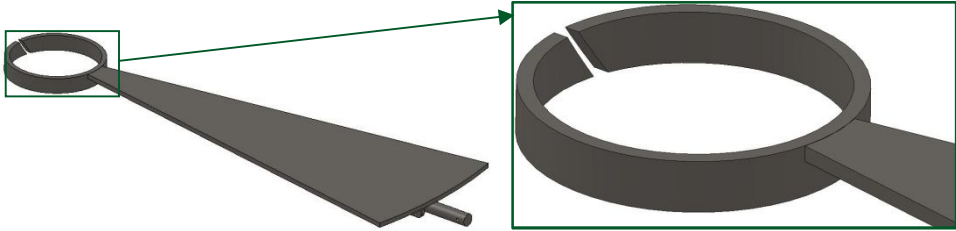
**5.5.2. Tolva de descarga de material y sistema de sellado.** Se diseñó un sistema de leva circular en el fondo del tanque que permite el sellado de la tapa de descarga. Una tolva en el costado del tanque permite, al abrir la tapa del fondo, vaciar la mezcla de forma práctica, Figura .

Figura . Tolva de descarga



Se muestra en una perspectiva 3D el sistema de descarga que incluye un seguidor para la tapa de cierre, esta se suelda a una leva circular que encaja en el fondo del tanque, Figura . La tapa es de fácil abertura manualmente y la flecha (Figura ) indica el movimiento que se hace para abrir o cerrar la descarga de la mezcla.

Figura . Tapa del fondo del tanque

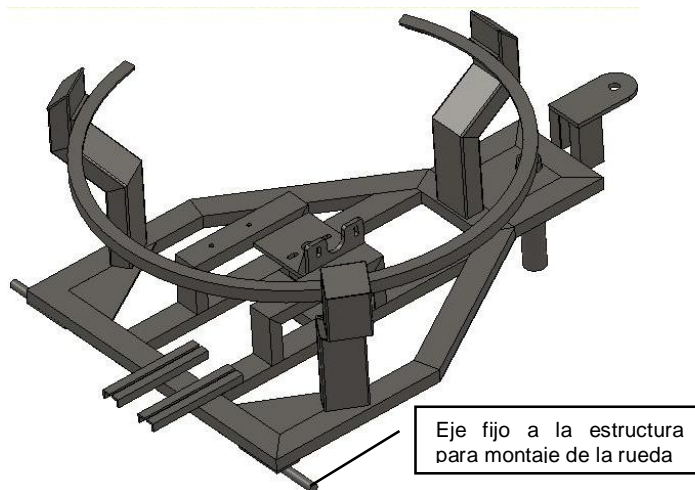


## 6. DISEÑO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

### 6.1. ESTRUCTURA

Para la estructura se utiliza perfil cuadrado de acero A36, según planos respectivos (). Los análisis de esfuerzo y deformación se realizan en Cosmos, Figura a Figura .

Figura . Estructura de tres patas



Se describe a continuación los resultados de la simulación a la parte crítica de la estructura, aquella que soporta el peso del tanque y las reacciones que se transmiten del los rodamientos del eje 3 al tanque. Se puede ver que el factor de seguridad mínimo es de 1,46. Es un resultado que se considera aceptable siempre aunque mejorable con una selección del material de mayor espesor.

Figura . Cargas transmitidas a la estructura simuladas en SW

Nombre de modelo: estructura3Patas  
Nombre de estudio: Estudio 1  
Tipo de malla: Malla de sólido

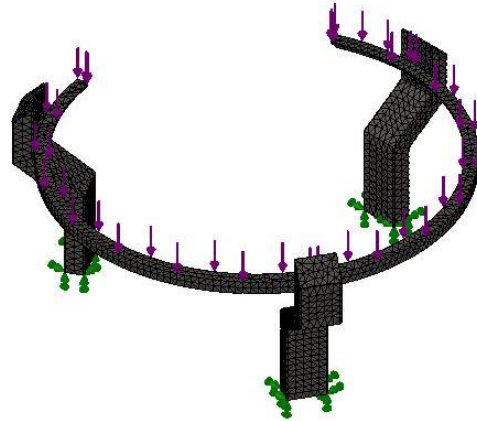
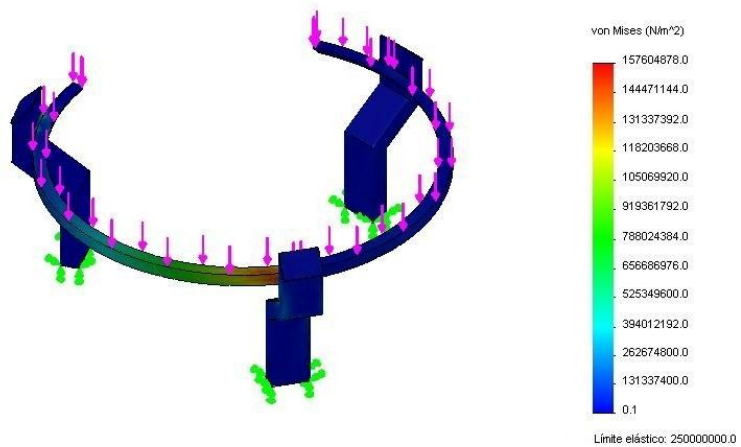


Figura . Esfuerzos en la estructura

Nombre de modelo: estructura3Patas  
Nombre de estudio: Estudio 1  
Tipo de resultado: Static tensión nodal Tensiones1



Para verificar los datos del resto de la simulación, remítase al disco compacto adjunto con este trabajo de grado donde se encontrará todo el listado de componentes de la máquina y los resultados de la simulación de la misma.

Figura . Deformación en la estructura

Nombre de modelo: estructura3Patas  
Nombre de estudio: Estudio 1  
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1

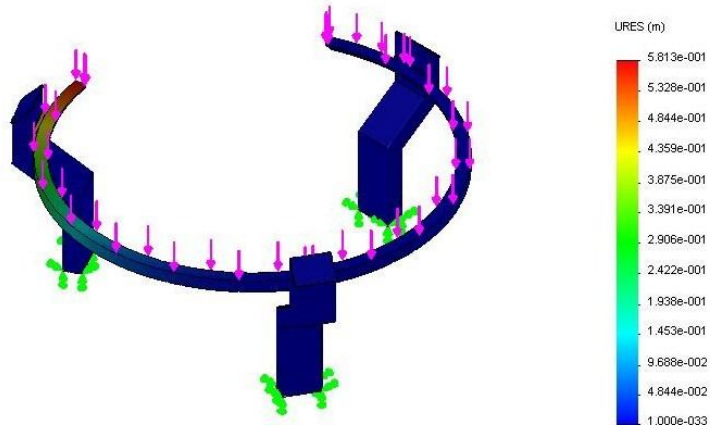
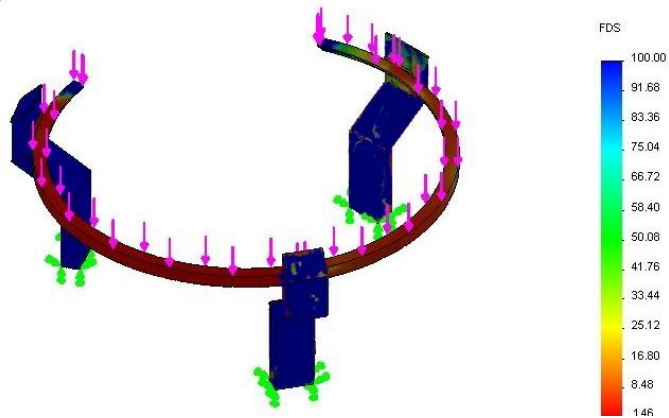


Figura . Factor de seguridad en la estructura

Nombre de modelo: estructura3Patas  
Nombre de estudio: Estudio 1  
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1  
Criterio: Automático  
Distribución de factor de seguridad: FDS mín. = 1.46



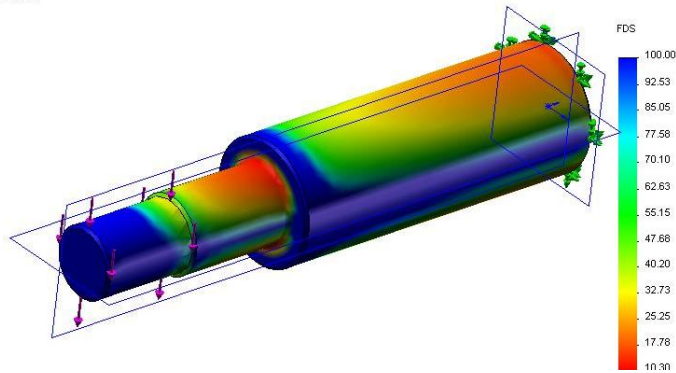
## 6.2. SELECCIÓN DE RUEDAS Y COJINETES

Los rodamientos del sistema de transmisión de potencia se seleccionaron en la sección , ESTADOS DE CARGA EN LOS EJES. En esta sección, se hace la selección de los rodamientos que soportan el peso de la máquina y el peso de la mezcla. La transmisión de la carga a las ruedas se hace a través de un eje fijo a la estructura, Figura . La Figura muestra la distribución para el

factor de seguridad en el eje 5, soporte de las ruedas, se observa que el menor valor es 10, bastante aceptable.

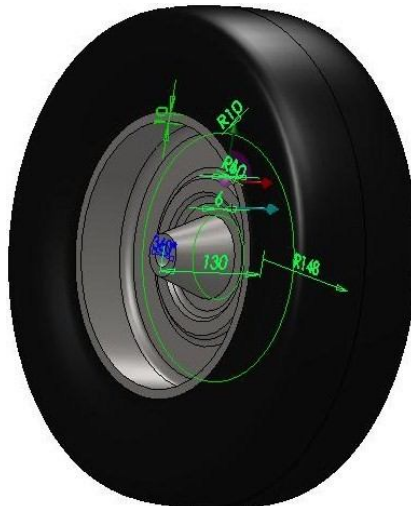
Figura . Eje 5, soporte de las ruedas

Nombre de modelo: eje5  
Nombre de estudio: Estudio 1  
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1  
Criterio: Automático  
Distribución de factor de seguridad: FDS mín. = 10



La Figura muestra los requerimientos en cuanto a altura y ancho de la rueda. Se ha definido utilizar una llanta de automóvil R14 como mínimo, ya que es de acceso relativamente sencillo en el sector automotriz.

Figura . Llanta de automóvil, R14



La selección del rodamiento que conecta las ruedas con la estructura se basa en una carga radial de 1.000 Kg y 300 Kg de carga axial (la carga

mínima es calculada directamente por el software SKF en 10,5 KN), valores conservativos teniendo en cuenta que la carga de la mezcla son 200 Kg y la estructura no pesa más de 500 Kg. Se ha seleccionado el rodamiento de contacto angular Ref. 7206, Figura .

Figura . Selección de rodamiento SKF 7206 BEGBY

**Cargas equivalentes y vida nominal**

Se ha tenido el máximo cuidado para garantizar la exactitud de este cálculo, pero no se acepta ninguna responsabilidad por pérdidas o daños, ya sean directos, indirectos o consecuentes, que se produzcan como resultado del uso de dicho calculo.

Véase la sección "Carga dinámica equivalente del rodamiento"

Véase la sección "Carga estática equivalente"

Rodamiento	7206 BEGBY
C [kN]	<input type="text" value="23.8"/>
C <sub>0</sub> [kN]	<input type="text" value="15.6"/>
F <sub>r</sub> [kN]	<input type="text" value="10"/>
F <sub>a</sub> [kN]	<input type="text" value="10.5"/>
	<input type="button" value="Calcular"/>

El valor de F<sub>a</sub> dado se sustituye por el valor F<sub>a</sub> requerido, creado en una disposición normal

e	<input type="text" value="1.14"/>	X <sub>0</sub>	<input type="text" value="0.5"/>
X	<input type="text" value="1"/>	Y <sub>0</sub>	<input type="text" value="0.26"/>
Y	<input type="text" value="0"/>	P <sub>0</sub> [kN]	<input type="text" value="10"/>
P [kN]	<input type="text" value="10"/>		
L <sub>10</sub> [Mrev]	<input type="text" value="13"/>		

Fuente: www.skf.com

**6.3. ELEMENTOS DE SUJECIÓN**

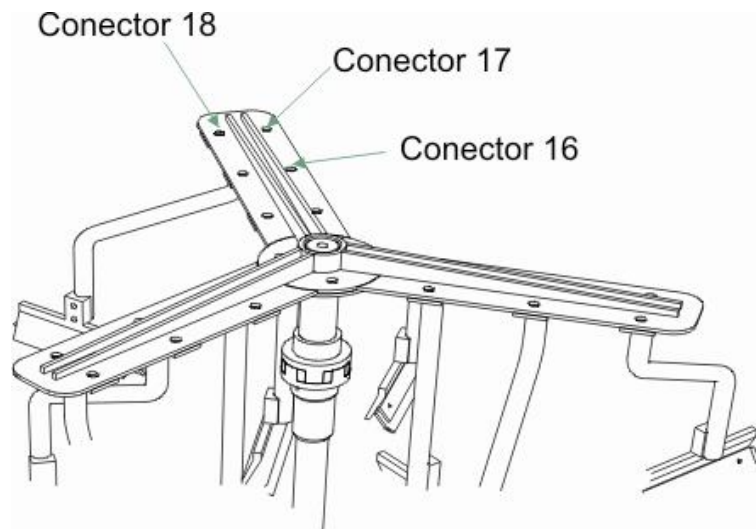
Se han seleccionado pernos Whithworth de acuerdo a las cargas que deben resistir en la hélice de mezclado. Estos valores se obtienen del análisis CAM realizado al conjunto hélice-brazo-paletas, Figura de la sección . Las fuerzas que soportan los tornillos se muestran en la Tabla .

Tabla . Fuerzas de los pernos del sistema hélice, brazo y paletas

<b>Id tornillo</b>	<b>Fuerza axial (N)</b>	<b>Fuerza cortante (N)</b>	<b>Momento flector (N.m)</b>
Conector 16	828,6	1923,1	7,85
Conector 17	599,12	3132,2	5,21
Conector 18	568,98	1903,1	3,51

En la Figura se muestra la identificación de los conectores tipo tornillo de acuerdo al resultado del análisis CAM. En la Figura y Figura se define el diámetro y la carga de los sujetadores seleccionados según el manual de Casillas<sup>19</sup> para tornillos tipo Withworth.

Figura . Ubicación de conectores en conjunto hélices-brazos-paletas



<sup>19</sup> CASILLAS, A.L. Máquinas Cálculos de Taller, España.

Figura . Dimensiones de tornillos Withworth

Diámetro del tornillo en Pulgadas	Cabeza del tornillo mm.	Tuerca mm.	Contra tuerca mm.	Entre caras mm.	Entre aristas mm.	Tuerca redonda mm.	Arandelas	
							Diámetro en mm.	Espesor en mm.
1/16	5,842	6,604	6	13,3	15,944	13,3	20	1,5
1/8	7,112	8,128	7	15,2	17,526	15,2	21	1,5
3/16	8,636	9,906	8	18	20,222	18	25	2
1/4	9,906	11,430	10	20,8	24,130	20,8	29	2
5/16	11,430	12,954	11	23,3	26,92	23,3	32	3
3/8	14,224	16,256	13	27,9	32,26	27,9	35	3,5
1/2	17,018	19,304	15	33	38,10	33	44	4
5/8	19,812	22,606	17	37,5	43,43	37,5	50	4
3/4	22,606	25,65	19	42,4	49,02	42,4	55	4
7/8	25,40	29,21	22	47,2	54,61	47,2	58	4
1	28,19	32,26	24	52	60,20	52	65	5
1 1/8	30,99	35,56	26	56,3	65,02	56,3	70	5
1 1/4	33,78	38,61	29	61,2	70,61	61,2	78	6
1 1/2	36,58	41,91	32	65,5	75,69	65,5	84	6
1 3/4	39,37	44,96	34	70	81,02	70	88	7
2	42,42	48,26	37	76,5	88,91	76,5	93	7
2 1/4	44,96	51,31	39	80	92,45	80	98	8
2 1/2	50,55	57,65	44	90	104,14	90	110	9
2 3/4	56,13	64,01	50	98,8	114,04	98,8	121	9
3	61,72	70,36	55	106	122,68	106	134	10
3 1/2	67,31	76,71	60	115	132,84	115	145	12

Figura . Cargas que soportan los tornillos Withworth

Diámetro del tornillo	CARGA DE SEGURIDAD APROXIMADA EN KGS.					
	RESISTENCIA DEL MATERIAL					
	28 kgs. mm <sup>2</sup>	35 kgs. mm <sup>2</sup>	40 kgs. mm <sup>2</sup>	50 kgs. mm <sup>2</sup>	55 kgs. mm <sup>2</sup>	65 kgs. mm <sup>2</sup>
3/16"	25	32	38	44	51	57
1/4"	48	61	73	85	97	109
5/16"	83	103	124	145	170	186
3/8"	122	153	183	215	251	276
7/16"	169	211	227	282	338	381
1/2"	218	272	326	382	446	490
9/16"	279	349	418	488	558	618
5/8"	367	459	551	638	729	821
3/4"	537	684	820	956	1093	1230
7/8"	760	950	1139	1329	1519	1710
1"	997	1246	1496	1746	1993	2245

#### 6.4. SISTEMA DE ANCLAJE Y DE TRANSPORTE

La máquina se fija al terreno mediante su propio peso. Se sostiene de las dos ruedas en la parte del tanque y un tercer punto de apoyo en la parte de adelante, punto sobre el cual se hace el remolque del equipo, Figura .

Figura . Método de remolque de la máquina

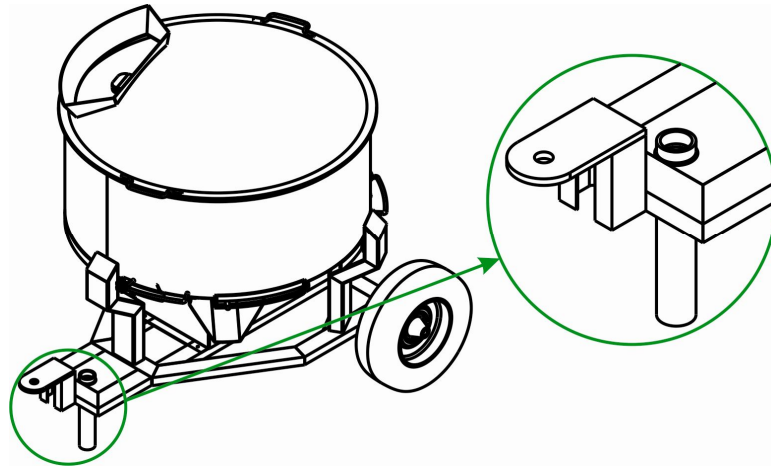
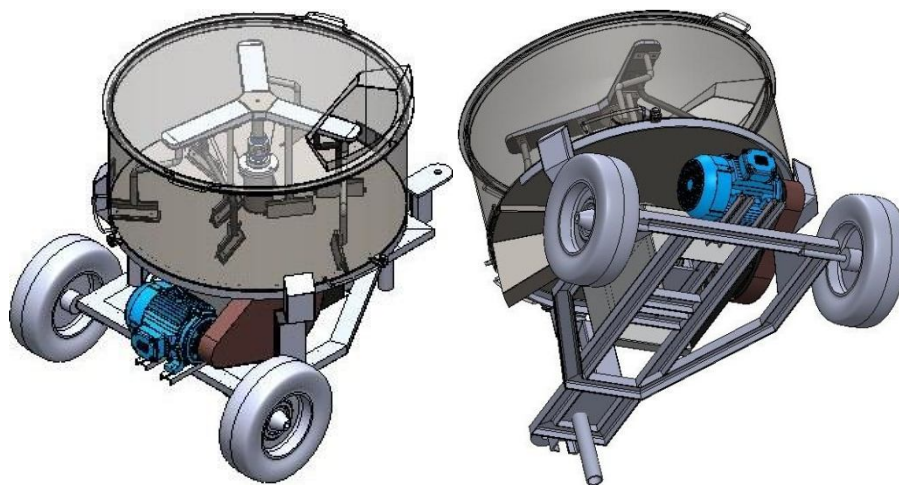


Figura . Mezcladora de cemento refractario, vista en isométrico



La Figura muestra el isométrico de la máquina diseñada. Para el detalle de las dimensiones de la máquina, vista explosionada de los conjuntos principales y de la máquina en general, remítase al , PLANOS DE CONSTRUCCIÓN y al CD adjunto con el trabajo de grado donde se incluye el detalle total de los planos y los resultados de la simulación.

## 7. CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE

### 7.1. CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURA

Figura . Seguimiento en taller con planos de construcción

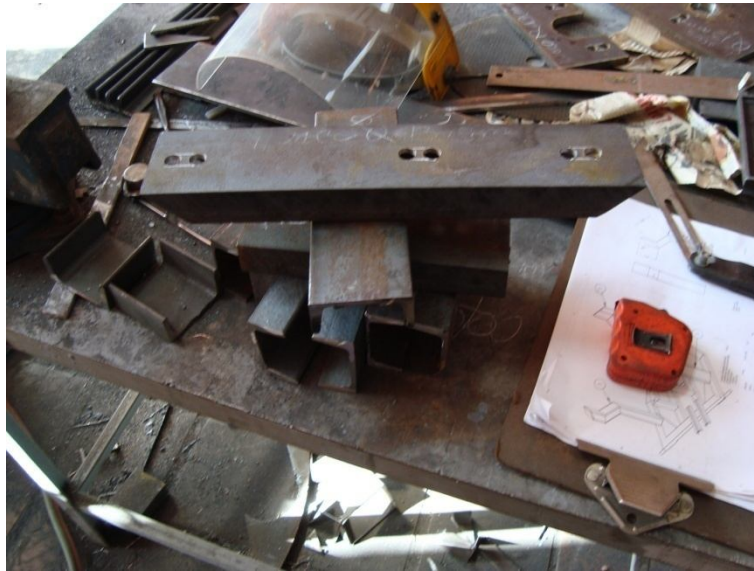


Figura . Armado preliminar de la estructura



Figura . Base de la estructura



Figura . Base de la estructura con punto de apoyo del motor



Figura . Partes para soportes del tanque



Figura . Soportes del tanque



Figura . Punto de remolque en la estructura



Figura . Punto de unión entre las ruedas y la estructura



Figura . Construcción del soporte para el tanque en la estructura



Figura . Estructura terminada



## 7.2. MAQUINADO DE EJES

En las siguientes fotografías, Figura , Figura y Figura , se muestran dos de los 4 ejes diseñados, eje 1 y eje 3.

Figura . Eje horizontal



Figura . Eje vertical con acople instalado



Figura . Eje vertical estriado



**7.3. CONSTRUCCIÓN DEL CONJUNTO DE MEZCLADO**

Figura . Lamina doblada para el tanque



Figura . Corte de la tapa superior para el tanque



Figura . Corte de lámina para las tapas



Figura . Tapa superior



Figura . Fondo del tanque



Figura . Partes del tanque a soldar



Figura . Trabajo con pulidora para colocar cordón de soldadura



Figura . Soldadura del tanque



Figura . Tolva de descarga



Figura . Mecanismo de accionamiento en tolva de descarga



Figura . Rejilla en tolva superior



Figura . Corte de lámina para hélice de mezcla



Figura . Pre-ensamble del soporte de la hélice de mezclado



Figura . Brazos y paletas de mezcla



**7.4. MONTAJE**

Figura . Montaje de eje horizontal



Figura . Montaje del motor



Figura . Pre ensamble de eje vertical



Figura . Cuñas de ajuste para montaje de chumaceras



Figura . Pre ensamble de paletas de mezclado



Figura . Montaje de brazos y paletas en las hélices de mezclado



Figura . Protector de seguridad



Figura . Pre ensamble de engranajes



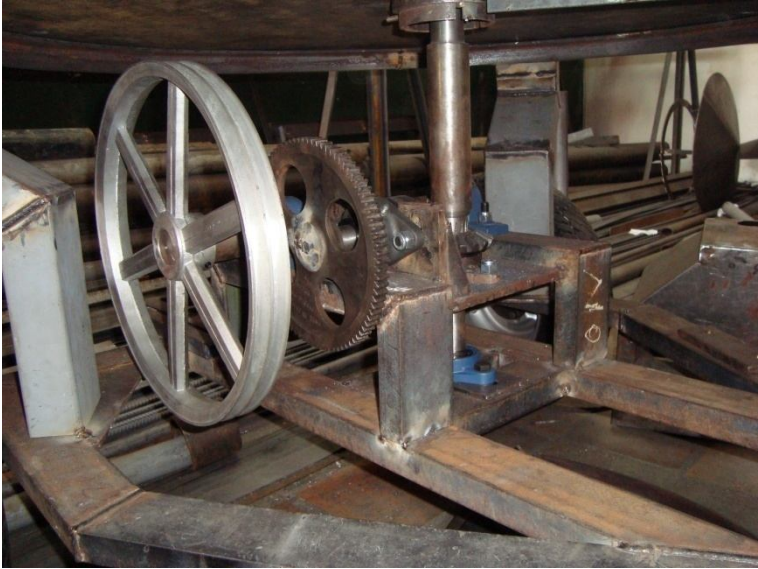
Figura . Ruedas y rodamientos



Figura . Pre-ensamble de la máquina



Figura . Transmisión de potencia ensamblada



## 8. PRUEBAS Y PINTURA

### 8.1. LUBRICACIÓN EN ENGRANAJES CÓNICOS

Figura . Transmisión sin sistema de lubricación

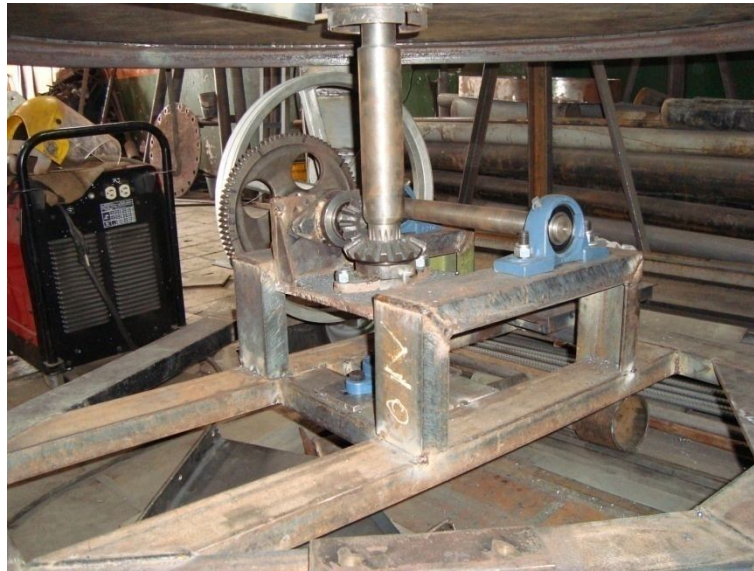


Figura . Transmisión con sistema de lubricación

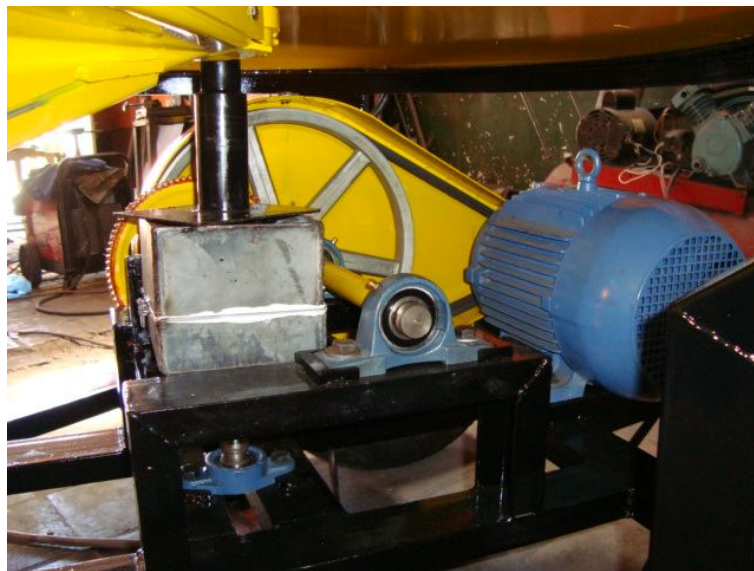


Figura . Sistema de lubricación en engranajes cónicos



## 8.2. FALLAS POR RESISTENCIA

Figura . Desgaste y falla en piñón cónico



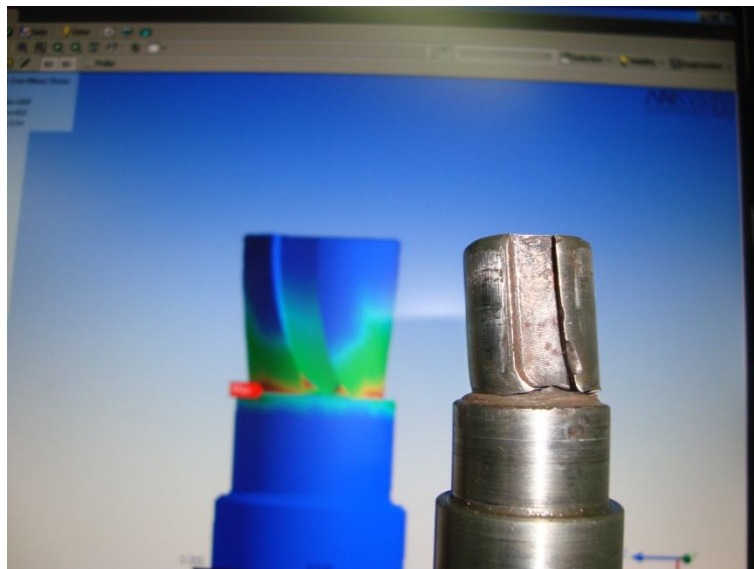
La máquina ha sido probada colocándose en funcionamiento, con carga y sin carga, tomando tiempos de mezclado continuos e intermitentes de lo cual se

ha deducido la necesidad de instalar una caja de lubricación, Figura y Figura

Figura . Fallas en elementos de la transmisión



Figura . Simulación de falla en eje



Se realizaron pruebas al montaje de la mezcladora, pero se produjeron fallas en algunos componentes, Figura y Figura . La principal razón ha sido la falta

de control en el proceso de fabricación de las piezas mecánicas. Una mala selección en el tratamiento térmico produce falla en el engranaje, mientras que un maquinado con un concentrador de esfuerzos superior al diseñado, acompañado de mala alineación del eje, produce la falla en este elemento.

### **8.3. PINTURA DE LA MEZCLADORA**

El proceso de pintura se muestra en las siguientes figuras, comenzando por las partes del tanque, siguiendo con la estructura y demás elementos.

Figura . Pintura de la tapa del tanque



Figura . Pintura de la tolva de descarga



Figura . Pintura del tanque

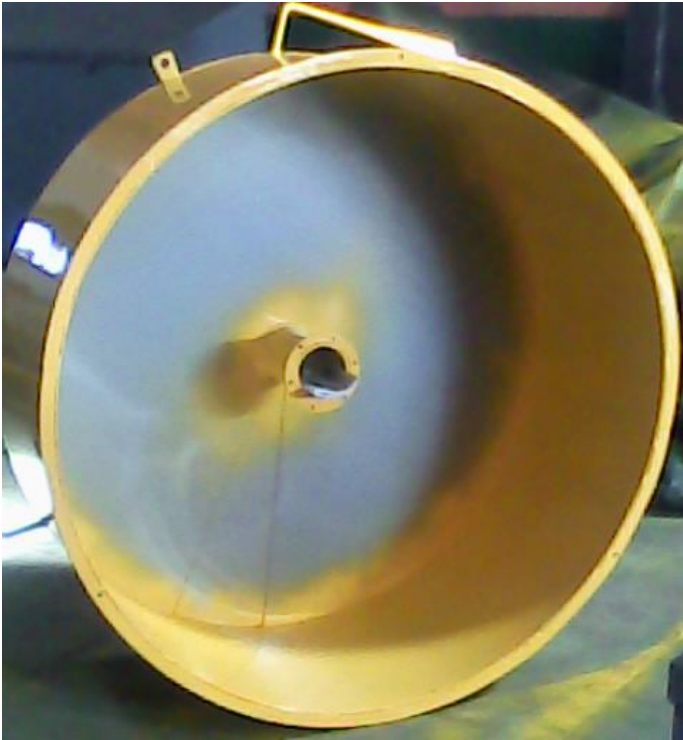


Figura . Pintura de componentes de la transmisión

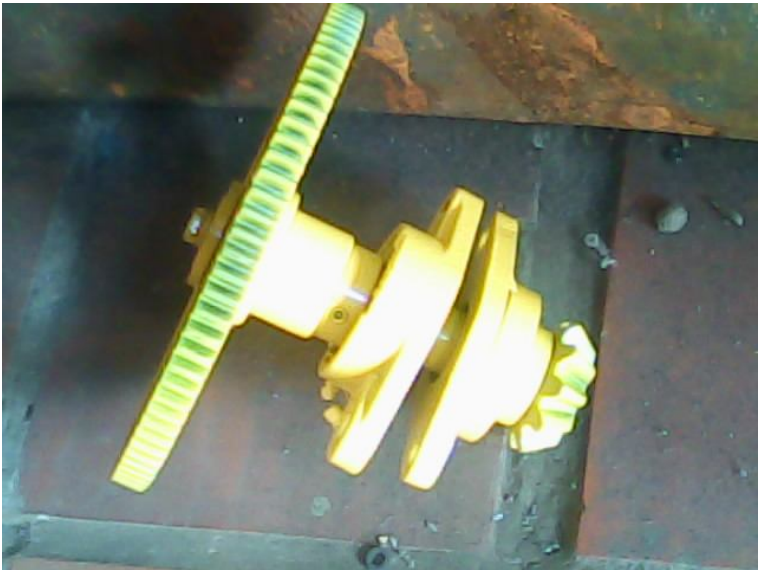


Figura . Pintura de protectores

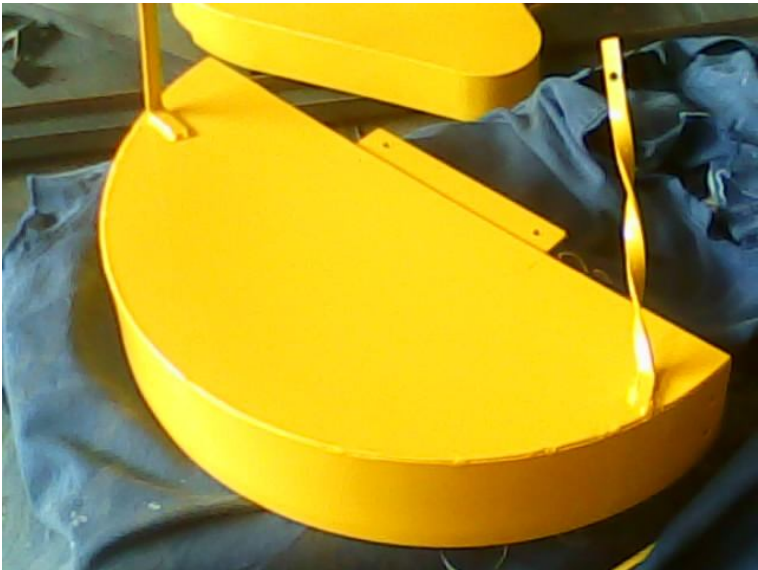


Figura . Pintura de spool para el tanque



Figura . Pintura de cubierta de hélice mezcladora



Figura . Proceso de ensamble final de la transmisión



Figura . Montaje de la transmisión con caja de lubricación



Figura . Montaje del tanque de mezclado



Figura . Inspección visual del montaje del tanque de mezclado



Figura . Vista interna del tanque



Figura . Vista inferior del tanque y del sistema de transmisión

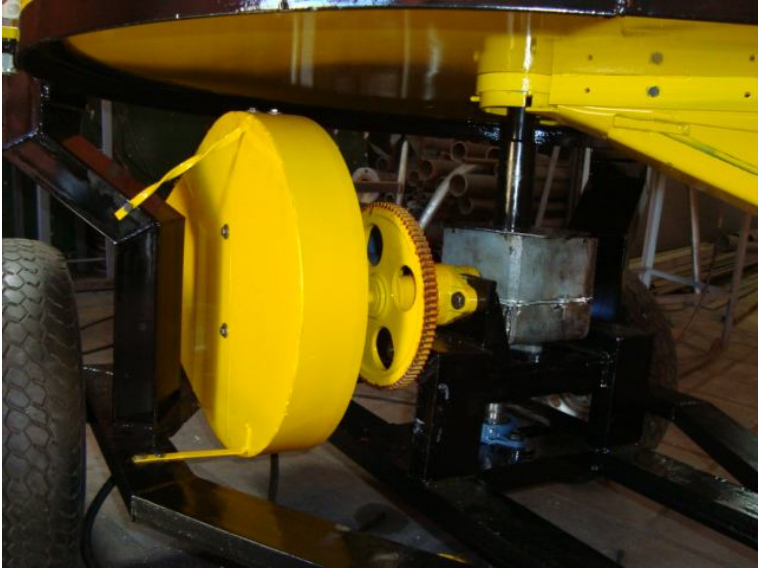


Figura . Vista lateral 1 de la máquina mezcladora



Figura . Vista lateral 2 de la máquina mezcladora



Figura . Vista frontal de la máquina mezcladora



Figura . Inspecciones finales al ajuste



Figura . Autores del proyecto



## 9. ANALISIS DE COSTOS

Tabla . Costos de materiales

DESCRIPCIÓN GENERAL DE MATEARIALES					
ITEM		Unidad	Cant.	Valor Unitario	Valor Total
1	<b>MATERIALES</b>				<b>\$ 1.933.550</b>
	Suministro Lámina acero cold rolled 1200mmx2400x3/16"	unidad	2	\$ 22.000	\$ 44.000
	Suministro Lámina acero cold rolled 1200mmx2400x1/4"	unidad	1	\$ 27.000	\$ 27.000
	Suministro Lámina acero cold rolled 1200mmx2400x1mm	unidad	1	\$ 12.000	\$ 12.000
	Suministro Tubo rectangular 60mmx100mmx2mm x 2,5 m	x 2,5 m	1	\$ 18.000	\$ 18.000
	Suministro Perfil en C 1,5"x3"x1/4"	x 6 m	3	\$ 6.400	\$ 19.200
	Suministro Varilla circular Ø 1" acero A36	x 1,5 m	1	\$ 3.500	\$ 3.500
	Suministro Perfil en L 2"x2"x3/16" acero A36	x 6m	1	\$ 14.000	\$ 14.000
	Suministro Perfil en L 1"x1/8" acero A36	x 3 m	1	\$ 8.000	\$ 8.000
	Suministro Platina 1"x3/16 (rompe-terrones) acero A36	x 6 m	1	\$ 2.300	\$ 2.300
	Suministro Tubo Ø1" sch 80 acero A36	x6m	1	\$ 13.000	\$ 13.000
	Suministro pernos Ø3/4" x 1"	unidad	6	\$ 1.100	\$ 6.600
	Suministro pernos Ø1/2" x 1"	unidad	20	\$ 1.200	\$ 24.000
	Suministro pernos Ø1/4" x 2"	unidad	20	\$ 1.300	\$ 26.000
	Suministro pernos Ø 6mm x 1/2"	unidad	20	\$ 1.300	\$ 26.000
	Suministro Motor eléctrico 220 V ; 5 hp; 1200 rpm	unidad	1	\$ 845.000	\$ 845.000
	Suministro ruedas industriales	unidad	4	\$ 180.000	\$ 720.000
	Suministro barra acero AISI 4340 Ø2" x 1,6m	unidad	1	\$ 18.000	\$ 18.000
	Suministro unidad SKF serie FY40TR	unidad	3	\$ 13.700	\$ 41.100
	Suministro unidad SKF serie FYJ45TF	unidad	2	\$ 14.900	\$ 29.800
	Suministro Acople flexible de torsión INTERFLEX serie GE 38	unidad	1	\$ 11.450	\$ 11.450
	Suministro Correa trapezoidal número B 144	unidad	2	\$ 12.300	\$ 24.600

Tabla . Resumen del valor de la máquina incluido AIU

CONSTRUCCIÓN MEZCLADORA PLANETARIA PARA CEMENTO REFRACTARIO					
Item	Descripción	Unidad	Cant.	Valor Unit.	Valor Total
1	CONSTRUCCIÓN TAPA SUPERIOR	UNIDAD	1	\$ 1.709.644	\$ 1.709.644
2	CONSTRUCCIÓN TAPA INFERIOR	UNIDAD	1	\$ 514.292	\$ 514.292
3	CONSTRUCCIÓN ANILLO PRINCIPAL	UNIDAD	1	\$ 271.589	\$ 271.589
4	CONSTRUCCIÓN SISTEMA DE MEZCLADO	UNIDAD	1	\$ 584.847	\$ 584.847
5	CONSTRUCCIÓN TRANSMISIÓN DE POTENCIA	UNIDAD	1	\$ 477.000	\$ 477.000
6	CONTRUCCIÓN DE ESTRUCTURA	UNIDAD	1	\$ 24.190	\$ 1.810.013
7	CONSTRUCCIÓN DE CUBIERTAS	UNIDAD	1	\$ 514.292	\$ 514.292
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS:</b>					<b>\$ 5.881.6769</b>

Continúa

Tabla . Resumen del valor de la máquina incluido AIU. Continuación

<b>ADMINISTRACIÓN</b>	10%	\$ 588.167,7
<b>IMPREVISTOS</b>	3%	\$ 176.450,3
<b>UTILIDAD</b>	7%	\$ 411.717,4
<b>IVA/ UTILIDAD</b>	16%	\$ 65.874,8
<b>VALOR TOTAL</b>		<b>\$ 7.123.887,0</b>

Tabla . Detalle de los costos directos de fabricación

<b>CONSTRUCCIÓN MEZCLADORA PLANETARIA</b>					
<b>Id</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cant</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
<b>1</b>	<b>FABRICACIÓN TAPA SUPERIOR</b>	<b>unidad</b>	<b>1</b>	<b>\$ 323.305</b>	<b>\$ 1.709.644</b>
	Corte diametral de lámina 3/16" (corte circun. diferencial + ventana)	in-día	194	\$ 266	\$ 51.571
	Corte lineal de lámina 3/16" (corte radial + ventana)	in-lin	34	\$ 71	\$ 2.414
	Pulido diametral lámina 3/16"	in-día	194	\$ 266	\$ 51.571
	Pulido longitudinal lámina 3/16"	in-día	34	\$ 71	\$ 2.414
	Rolado cónico lámina 3/16"	kg	59	\$ 180	\$ 10.620
	Soldadura longitudinal lámina 3/16" (cono + tolva)	in-día	79	\$ 252	\$ 19.892
	Corte lineal de lámina 3/16" (tolva)	in-lin	176	\$ 71	\$ 12.496
	Pulido diametral lámina 3/16"	in-lin	176	\$ 266	\$ 46.786
	Pulido longitudinal lámina 3/16"	in-día	176	\$ 71	\$ 12.496
	Rolado circun. diferencial lámina 3/16"	kg	0	\$ 180	\$ 0
	Rolado perfil L 2"x2"x3/16 (aro soporte tapa cónica) diámetro 98"	unidad	1	\$ 17.000	\$ 17.000
	Soldadura diametral (aro soporte tapa cónica)	in-día	98	\$ 791	\$ 77.518
	Corte platina 1"x3/16 (rompe-terrones)	in-long	384	\$ 600	\$ 230.400
	Soldadura platina 1"x 3/16	in-long	350	\$ 252	\$ 88.130
	Corte diametral varilla Ø 1"	in-día	4	\$ 266	\$ 1.063
	Pulido diametral varilla Ø 1"	in-día	4	\$ 266	\$ 1.063
	Doblado a 90° varilla Ø 1"	unidad	4	\$ 500	\$ 2.000
	Soldadura diametral varilla Ø 1"	in-día	4	\$ 791	\$ 3.164
	Aplicación de anticorrosivo	m <sup>2</sup>	2,9	\$ 8.600	\$ 24.940
	Aplicación de pintura de acabado	m <sup>2</sup>	2,9	\$ 8.800	\$ 25.520
<b>2</b>	<b>FABRICACIÓN DE TAPA INFERIOR</b>	<b>unidad</b>	<b>1</b>	<b>\$ 47.976</b>	<b>\$ 514.292</b>
	Corte diametral de lámina 1/4"	in-día	148	\$ 266	\$ 39.343
	Pulido diametral de lámina 1/4"	in-día	148	\$ 266	\$ 39.343
	Soldadura diametral de lámina 1/4" (al anillo principal y aro de soporte)	in-día	277,4	\$ 791	\$ 219.423
	Corte longitudinal de lámina 1/4" (ventana descargue)	in-día	118	\$ 252	\$ 29.712
	Biselado a 45° lámina 1/4"	in-día	108,7	\$ 266	\$ 28.896
	Corte perfil L 1"x1/8	in-long	4	\$ 600	\$ 2.400
	Soldadura lineal (Perfil L a tapa 40% de la longitud total)	in-long	18,4	\$ 252	\$ 4.633
	Taladrado Ø 10 mm	unidad	40	\$ 266	\$ 10.633
	Corte longitudinal de lámina 3/16" (Boquilla descargue)	in-long	170	\$ 366	\$ 62.191
	Soldadura longitudinal lámina 3/16" (canal + bisagras)	in-long	56,3	\$ 252	\$ 14.176
	Rolado perfil L 2"x2"x3/16 (aro soporte tambor) diámetro 98"	unidad	1	\$ 27.000	\$ 27.000
	Aplicación de anticorrosivo	m <sup>2</sup>	2,1	\$ 8.600	\$ 18.060
	Aplicación de pintura de acabado	m <sup>2</sup>	2,1	\$ 8.800	\$ 18.480

Continúa

Tabla . Detalle de los costos directos de fabricación. Continuación

<b>Id</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cant</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
<b>3</b>	<b>FABRICACIÓN DE ANILLO PRINCIPAL</b>	<b>unidad</b>	<b>1</b>	<b>\$ 93.897</b>	<b>\$ 271.589</b>
	Corte longitudinal lámina de 3/16"	in-long	190	\$ 252	\$ 47.842
	Pulido longitudinal lámina de 3/16"	in-long	190	\$ 252	\$ 47.842
	Soldadura longitudinal lámina de 3/16"	in-long	16	\$ 252	\$ 4.029
	Rolado circunidadferencial lámina 3/16" Ø 1,2m	unidad	1	\$ 754	\$ 754
	Corte diámetro varilla Ø 1" (agarradera)	in-día	4	\$ 266	\$ 1.063
	Pulido diámetro varilla Ø 1"	in-día	4	\$ 266	\$ 1.063
	Doblado a 90° varilla Ø 1"	unidad	4	\$ 500	\$ 2.000
	Soldadura diámetro varilla Ø 1"	in-día	4	\$ 791	\$ 3.164
	Corte longitudinal lámina 3/16" (cubierta eje)	in-long	23,8	\$ 252	\$ 5.993
	Pulido longitudinal lámina 3/16" (cubierta eje)	in-long	23,8	\$ 252	\$ 5.993
	Rolado circunidadferencial lámina 3/16" Ø 3,7"	unidad	1	\$ 64.500	\$ 64.500
	Soldadura longitudinal lámina 3/16" (cubierta eje)	in-long	11,6	\$ 252	\$ 2.921
	Soldadura radial lámina 3/16" (cubierta eje)	in-long	3,7	\$ 7.910	\$ 29.267
	Aplicación de anticorrosivo	m^2	3,17	\$ 8.600	\$ 27.262
	Aplicación de pintura de acabado	m^2	3,17	\$ 8.800	\$ 27.896
<b>4</b>	<b>FABRICACIÓN DE HÉLICE DE MEZCLADO</b>	<b>unidad</b>	<b>1</b>	<b>\$ 88.108</b>	<b>\$ 584.847</b>
	Mecanizado eje 2"	unidad	1	\$ 45.000	\$ 45.000
	Corte longitudinal lámina 1/4" (soporte de brazos)	in-long	118	\$ 252	\$ 29.712
	Pulido longitudinal lámina 1/4" (soporte de brazos)	in-long	118	\$ 252	\$ 29.712
	Redondeado lámina 1/4" R = 30 mm	unidad	4	\$ 7.800	\$ 31.200
	Soldadura longitudinal lámina 1/4"	in-long	24,3	\$ 252	\$ 6.119
	Perforación Ø 2" lámina 1/4" de	unidad	2	\$ 8.000	\$ 16.000
	Taladrado Ø 3/4"	unidad	12	\$ 2.380	\$ 28.560
	Taladrado Ø 1/2"	unidad	40	\$ 2.350	\$ 94.000
	Corte diámetro tubo circular acero A36 sch 80 Ø 1" (brazos)	in-díam	20	\$ 266	\$ 5.317
	Pulido diámetro tubo circular acero A36 sch 80 Ø 1" (brazos)	in-díam	20	\$ 266	\$ 5.317
	Soldadura diámetro tubo circular acero A36 sch 80 Ø 1" (brazos)	in-díam	10	\$ 791	\$ 7.910
	Dobleces tubo circular acero A36 sch 80 Ø 1" (brazos)	unidad	12	\$ 500	\$ 6.000
	Taladrado Ø 3/8" sobre tubos (acero A36 sch 80 Ø 1")	unidad	20	\$ 8.000	\$ 160.000
	Fundición de paletas	unidad	10	\$ 12.000	\$ 120.000
<b>5</b>	<b>FABRICACIÓN DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA</b>	<b>unidad</b>	<b>1</b>	<b>\$ 477.000</b>	<b>\$ 477.000</b>
	Fabricación de polea conductora	unidad	1	\$ 15.000	\$ 15.000
	Fabricación de polea conducida	unidad	1	\$ 35.000	\$ 35.000
	Mecanizado piñón recto 19 dientes Módulo 4	unidad	1	\$ 95.000	\$ 95.000
	Mecanizado rueda dientes rectos 114 dientes	unidad	1	\$ 150.000	\$ 150.000
	Mecanizado acople tipo JAW	unidad	1	\$ 12.000	\$ 12.000
	Mecanizado eje de transmisión 1	unidad	1	\$ 85.000	\$ 85.000
	Mecanizado eje de transmisión 2	unidad	1	\$ 85.000	\$ 85.000
<b>6</b>	<b>FABRICACIÓN ESTRUCTURA</b>	<b>unidad</b>	<b>1</b>	<b>\$ 24.190</b>	<b>\$ 1.810.013</b>
	Corte de tubo rectangular 60x100x2mm (Soporte tanque)	in-long	100,8	\$ 1.300	\$ 131.040
	Pulido de tubo rectangular 60x100x2mm	in-long	100,8	\$ 1.300	\$ 131.040
	Soldadura de tubo rectangular 60x100x2mm	in-long	82	\$ 795	\$ 65.190
	Corte perfil C 3"x1,5"x1/4"	in-long	478	\$ 1.300	\$ 621.400
	Pulido perfil C 3"x1,5"x1/4"	in-long	478	\$ 1.300	\$ 621.400
	Soldadura perfil C 3"x1,5"x1/4"	in-long	239	\$ 795	\$ 190.005
	Aplicación de anticorrosivo	m^2	2,87	\$ 8.600	\$ 24.682
	Aplicación pintura acabado	m^2	2,87	\$ 8.800	\$ 25.256
<b>7</b>	<b>FABRICACIÓN CUBIERTA</b>	<b>unidad</b>	<b>1</b>	<b>\$ 514.292</b>	<b>\$ 514.292</b>

## 10. PROGRAMA GENERAL DE MANTENIMIENTO

Para mantener en buen estado la máquina mezcladora, se llevará a cabo un programa de mantenimiento sencillo con unas actividades básicas según la siguiente tabla.

Tabla . Programa general de mantenimiento

<b>LUBRICACIÓN</b>	Grasa <input type="checkbox"/>	Aceite <input type="checkbox"/>	Otros <input type="checkbox"/>
<b>Concepto de lubricación</b>	<b>Semanal</b>	<b>Quincenal</b>	<b>Mensual</b>
Revisión general de piezas	X		
Engrase transmisión cónica		X	
Engrase de transmisión recta			X
Engrase de leva en tolva de descarga			X
Revisión de rodamientos			X
<b>ELECTRICIDAD</b>			
<b>Descripción del trabajo</b>	<b>Repuestos</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Otros</b>
Revisión y limpieza del sistema eléctrico		30 min	Bimestral
Revisión del motor		3 horas	Anual
<b>MECÁNICA</b>			
<b>Descripción del trabajo</b>	<b>Repuestos</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Otros</b>
Revisión y limpieza general de la máquina		10 min	Diaria
Revisión de paletas de mezclado		1 hora	Semanal
Revisión de conexiones mecánicas		1 hora	Trimestral
Revisión de cojinetes		1 hora	Semestral
Revisión de hélice y brazos de mezclado		1 hora	Semestral
Revisión del tanque de mezclado (abrasión)		1 hora	Anual
Inspección de tensión en correas		30 min	Semestral

## CONCLUSIONES

La mezcladora de cemento refractario está diseñada para mezclar material de alta densidad ( $2.600 \text{ Kg/m}^3$ ) y viscosidad ( $80 \text{ Pa-s}$ ), con una capacidad de carga hasta 500 Kg. Se recomienda llevar un programa de mantenimiento tal y como se establece en este libro para asegurar la integridad de la máquina y su durabilidad.

Se ha logrado con este trabajo un grado de aprendizaje práctico con procesos de manufactura y de fabricación, no detallados en la academia. Para afianzar ese conocimiento práctico, ha sido indispensable el apoyo en el personal de taller, que cuenta con la experiencia para sugerir cuáles tipos de procesos son factibles y cuáles no en un montaje electromecánico.

La relación empresa universidad se ha complementado con este trabajo de grado. Gracias a la formación académica, al compromiso de los autores del proyecto y al apoyo de la empresa INDCO LTDA, ha sido posible llevar a fin este proceso de diseño, permitiendo aplicar los conocimientos adquiridos en la academia a una necesidad específica de la industria.

El uso de herramientas CAD, ha sido fundamental para el diseño y constante revisión del proceso de fabricación. La reducción de tiempo en la etapa de ingeniería y por ende en la inmediatez de los planos para la etapa de construcción, son claves en la consecución de un proyecto de diseño, sobre todo cuando se trabaja en un sector donde se está compitiendo por un nicho de mercado.

## BIBLIOGRAFÍA

**CASILLAS A. L.** Máquinas. Cálculos de taller. España

**FAIRES V. M.** Diseño de elementos de máquinas. Barcelona: Montaner y Simon, S.A. 4 edición.

**GARCIA DIAZ, Rafael.** Manual de Formulas de Ingeniería. México: Limusa Noriega Editores. 2001, 2 edición.

**LEON BRAVO, José Ángel y VARGAS HERRERA, José Manuel.** Readequación de una mezcladora de concreto para operar con un sistema de dosificación semiautomático. Tesis de grado. Bucaramanga: UIS, 1996.

**MOTT, Robert L.** Diseño de elementos de máquinas. México: Pearson Educación, 2006.

**NORTON, Robert L.** Diseño de maquinaria: Síntesis y análisis de máquinas y mecanismos. México: Mc Graw-Hill, 2005.

**ROJAS GARCIA, Hernán.** Aplicaciones de diseño de máquinas II: Problemas resueltos. Bucaramanga: UIS. Departamento de Ingeniería Mecánica, 1992.

----- . Diseño de máquinas II. Bucaramanga: UIS. Departamento de Ingeniería Mecánica, 1992.

**SKF BEARING TRACING SHEETS.** Catálogo.

Disponible en Internet: [www.alfredosteckerl.com/index.php](http://www.alfredosteckerl.com/index.php)

Disponible en Internet: [www.agroindustrialapolo.com/home.html](http://www.agroindustrialapolo.com/home.html)

Disponible en Internet: [www.arqhys.com/construcciones/mezcladoras-cemento.html](http://www.arqhys.com/construcciones/mezcladoras-cemento.html)

Disponible en Internet: [ceramica.wikia.com/wiki/Concreto\\_refractario](http://ceramica.wikia.com/wiki/Concreto_refractario)

Disponible en Internet: [www.concrete.0catch.com/Capitulo4.htm](http://www.concrete.0catch.com/Capitulo4.htm)

Disponible en Internet: [www.docentes.utonet.edu.bo/mruizo/wp-content/uploads/Agitadores3.pdf](http://www.docentes.utonet.edu.bo/mruizo/wp-content/uploads/Agitadores3.pdf)

Disponible en Internet: [www.erecos.com/corporativa.html](http://www.erecos.com/corporativa.html)

Disponible en Internet: [www.gracomaq.com/sitio/index.php](http://www.gracomaq.com/sitio/index.php)

Disponible en Internet: [www.icpc.org.co/site/pages/generalidades.html](http://www.icpc.org.co/site/pages/generalidades.html)

Disponible en Internet: [www.icpc.org.co/site/pages/industriasostenible.html](http://www.icpc.org.co/site/pages/industriasostenible.html)

Disponible en Internet: [www.miliarium.com/prontuario/MedioAmbiente/Aguas/PotenciaAgitacion.htm](http://www.miliarium.com/prontuario/MedioAmbiente/Aguas/PotenciaAgitacion.htm)

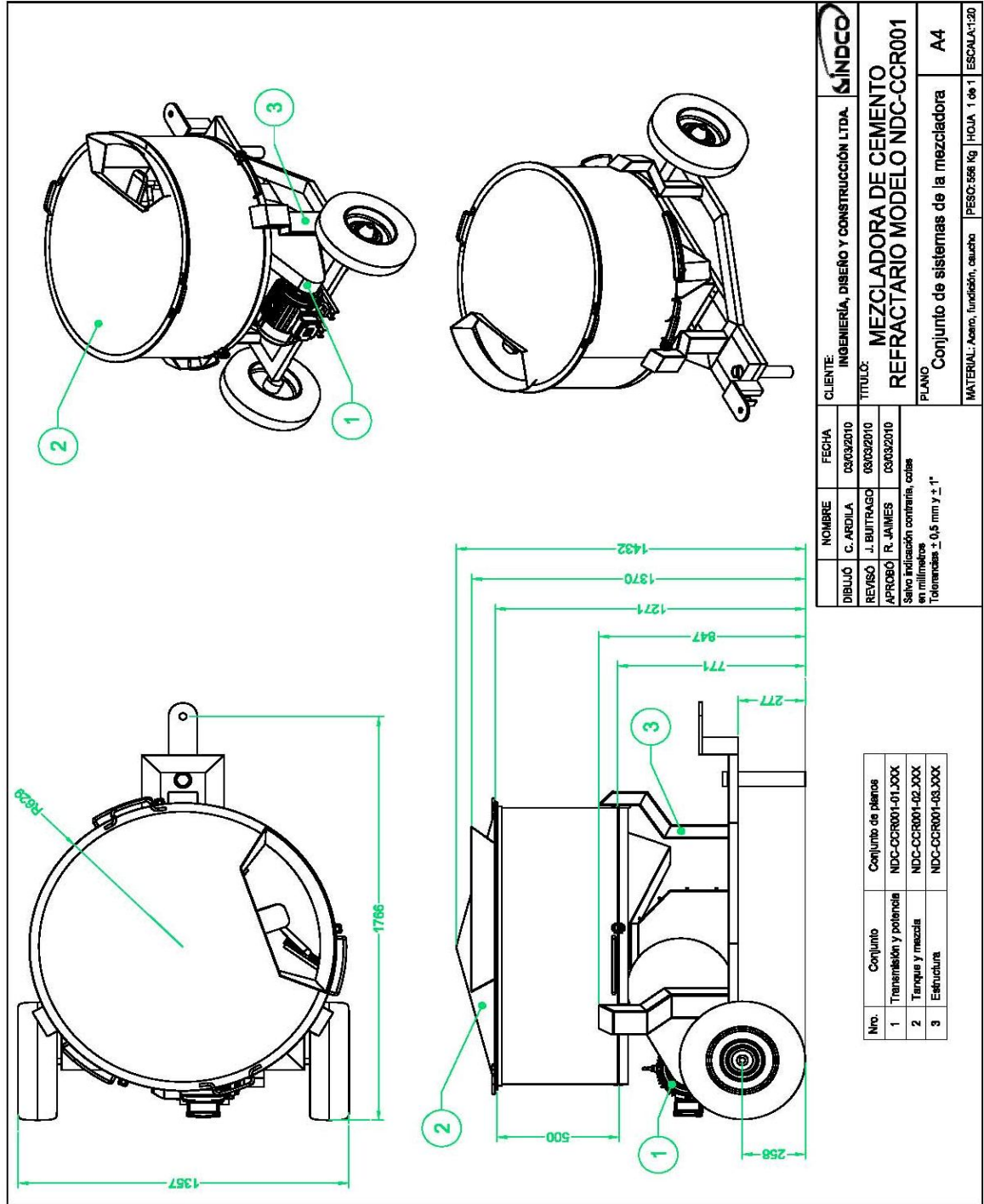
Disponible en Internet: [www.mitcalc.com](http://www.mitcalc.com)

Disponible en Internet: [www.skf.com](http://www.skf.com)

Disponible en Internet: [www.tracepartsonline.net](http://www.tracepartsonline.net)

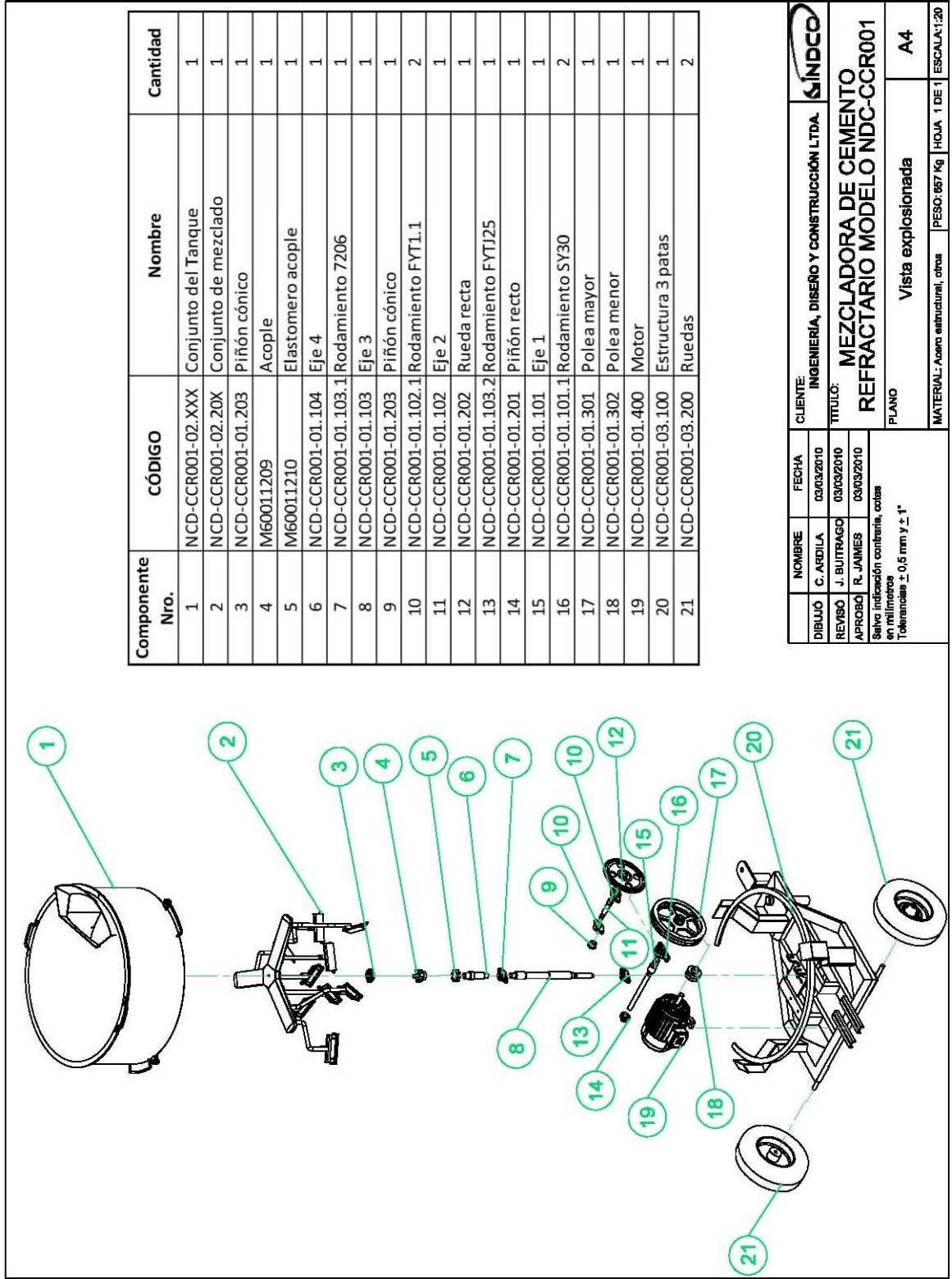
## **ANEXOS**

## ANEXO A. PLANOS DE CONSTRUCCIÓN



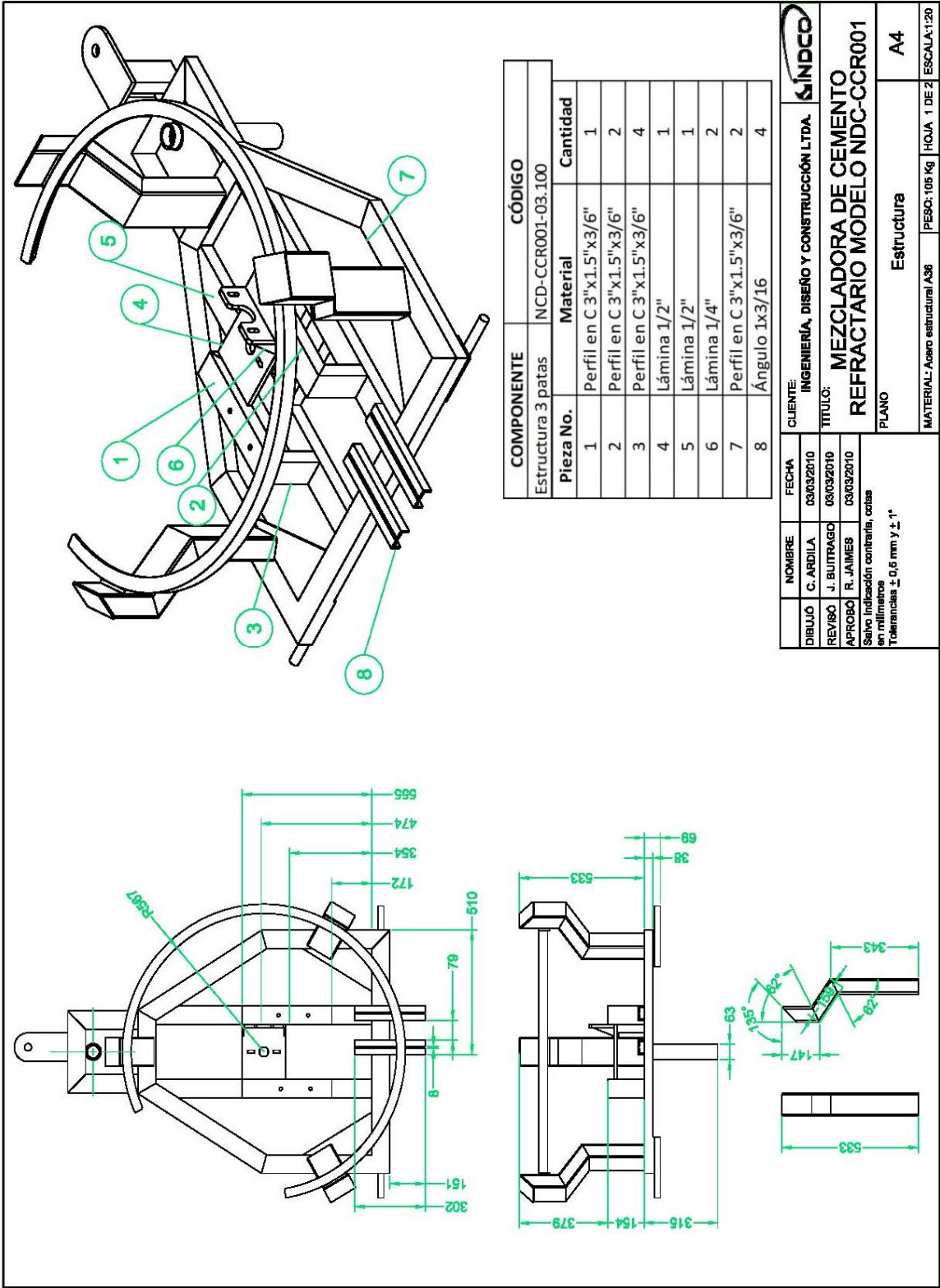
		CLIENTE: INGENIERÍA, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN LTDA.
NOMBRE: C. ARDILA	FECHA: 03/03/2010	TÍTULO: MEZCLADORA DE CEMENTO REFRACTARIO MODELO NDC-CCR001
DIBUJÓ: J. BUITRAGO	REVISÓ: R. JAMES	PLANO: Conjunto de sistemas de la mezcladora
APROBÓ: R. JAMES		ESCALA: A4
Fecha: 03/03/2010		MATERIAL: Acero, fundición, caucho
Sin especificación de materiales, cosas en milímetros		PESO: 566 Kg
Tolerancias: ± 0,5 mm y ± 1"		HOJA: 1 de 1

Nro.	Conjunto	Conjunto de planos
1	Transmisión y potencia	NDC-CCR001-01.00X
2	Tanque y mezcla	NDC-CCR001-02.00X
3	Estructura	NDC-CCR001-03.00X

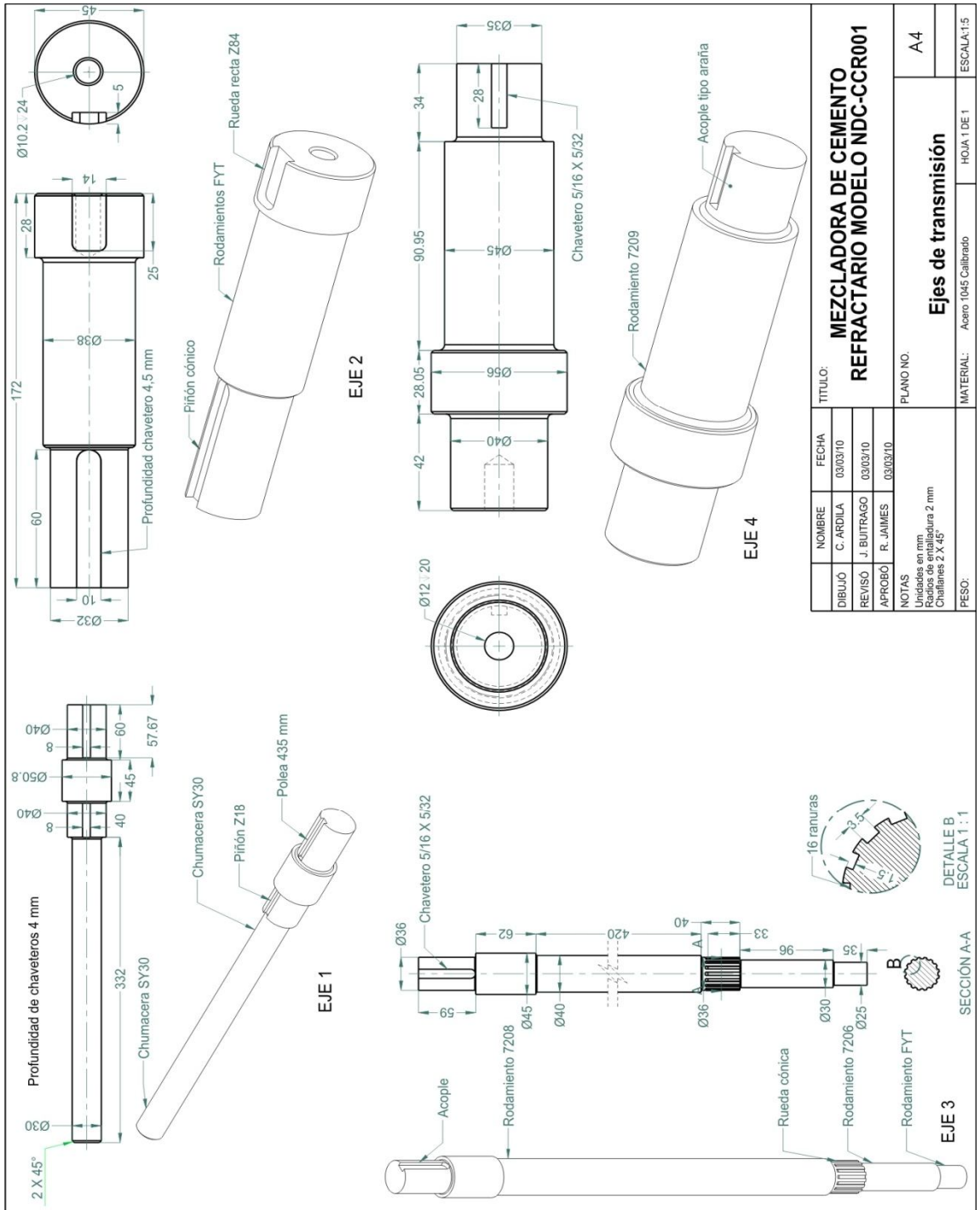


Componente Nro.	CÓDIGO	Nombre	Cantidad
1	NCD-CCR001-02..XXX	Conjunto del Tanque	1
2	NCD-CCR001-02.20X	Conjunto de mezclado	1
3	NCD-CCR001-01.203	Piñón cónico	1
4	M60011209	Acople	1
5	M60011210	Elastomero acople	1
6	NCD-CCR001-01..104	Eje 4	1
7	NCD-CCR001-01..103.1	Rodamiento 7206	1
8	NCD-CCR001-01..103	Eje 3	1
9	NCD-CCR001-01..203	Piñón cónico	1
10	NCD-CCR001-01..102.1	Rodamiento FVT1.1	2
11	NCD-CCR001-01..102	Eje 2	1
12	NCD-CCR001-01..202	Rueda recta	1
13	NCD-CCR001-01..103.2	Rodamiento FVT125	1
14	NCD-CCR001-01..201	Piñón recto	1
15	NCD-CCR001-01..101	Eje 1	1
16	NCD-CCR001-01..101.1	Rodamiento SY30	2
17	NCD-CCR001-01..301	Polea mayor	1
18	NCD-CCR001-01..302	Polea menor	1
19	NCD-CCR001-01..400	Motor	1
20	NCD-CCR001-03..100	Estructura 3 patas	1
21	NCD-CCR001-03..200	Ruedas	2

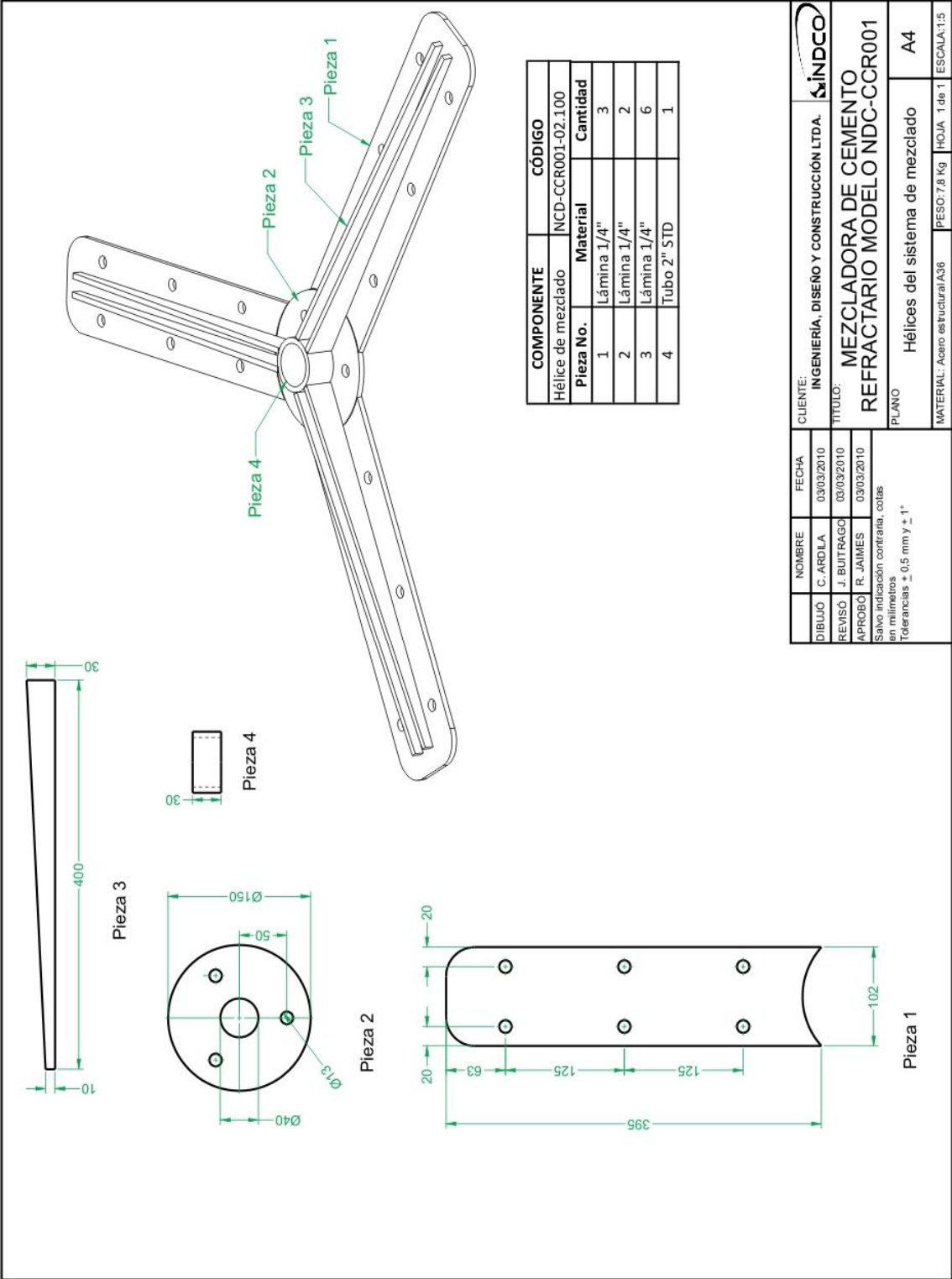
NOMBRE		CLIENTE:	INGENIERÍA, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN L.TDA. <b>SINDCO</b>
DIBUJO		C. ARDILA	
REVISÓ		FECHA	
J. BUITRAGO		03/03/2010	
APROBÓ		TÍTULO:	<b>MEZCLADORA DE CEMENTO REFRACTARIO MODELO NDC-CCR001</b>
R. JAIMES		03/03/2010	
Se ha indicado con líneas, cotas en milímetros Tolerancias $\pm 0,5 \text{ mm y } \pm 1"$			
PLANO			Vista explosionada
MATERIAL: Acero estructural, otras			PESO: 667 Kg
			HOJA 1 DE 1
			ESCALA: 1:20





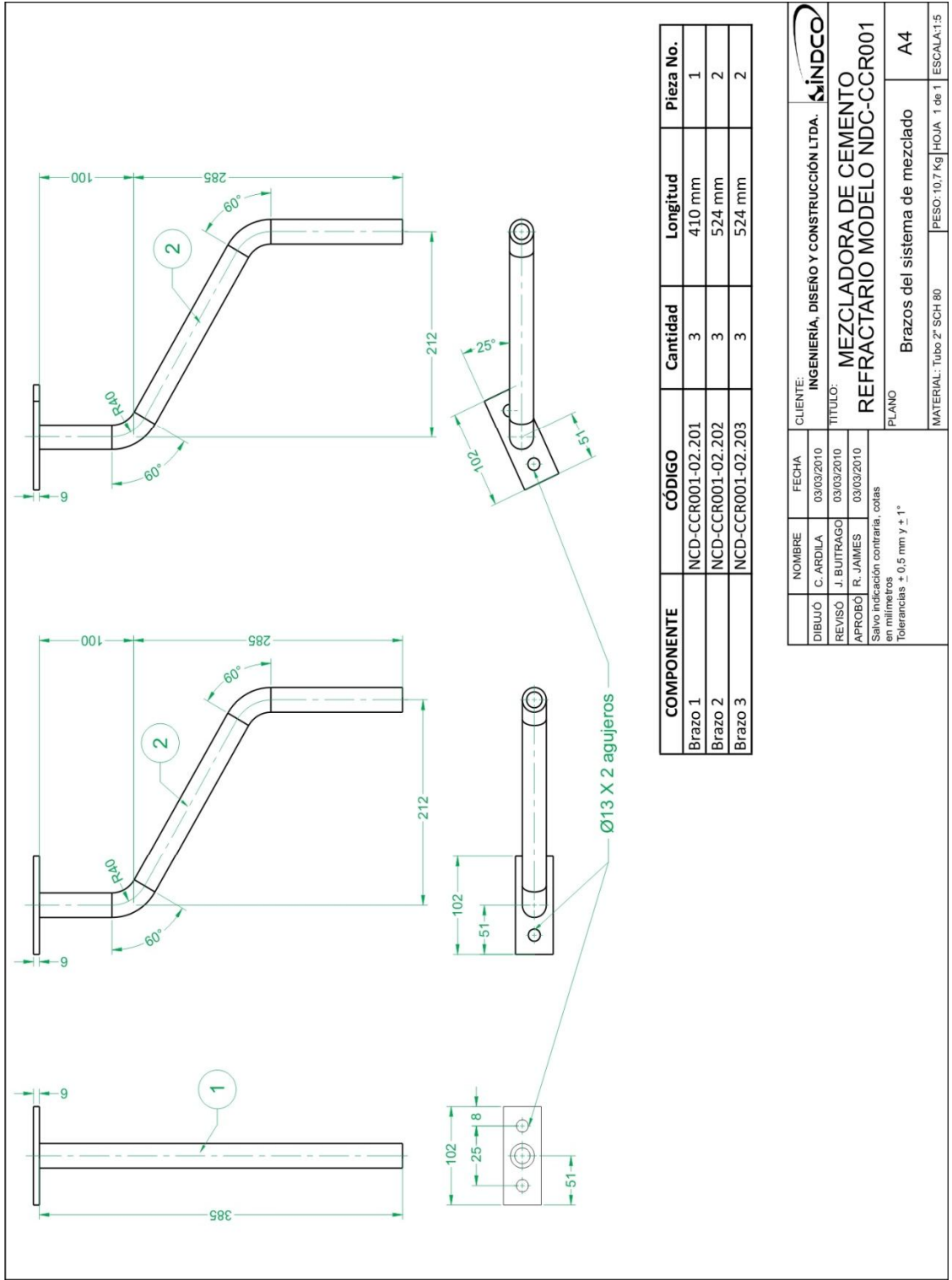


TÍTULO:		FECHA	
<b>MEZCLADORA DE CEMENTO</b>		03/03/10	
<b>REFRACTARIO MODELO NDC-CCR001</b>		03/03/10	
DIBUJO	C. ARDILA	REVISO	J. BUITRAGO
APROBÓ	R. JAIMES	APROBÓ	R. JAIMES
NOTAS		03/03/10	
Unidades en mm		Unidades en mm	
Chaveteros 2 X 45°		Chaveteros 2 X 45°	
PLANO NO.		MATERIAL:	
A4		Acero 1045 Calibrado	
Ejes de transmisión		HOJA 1 DE 1	
ESCALA: 1:5			



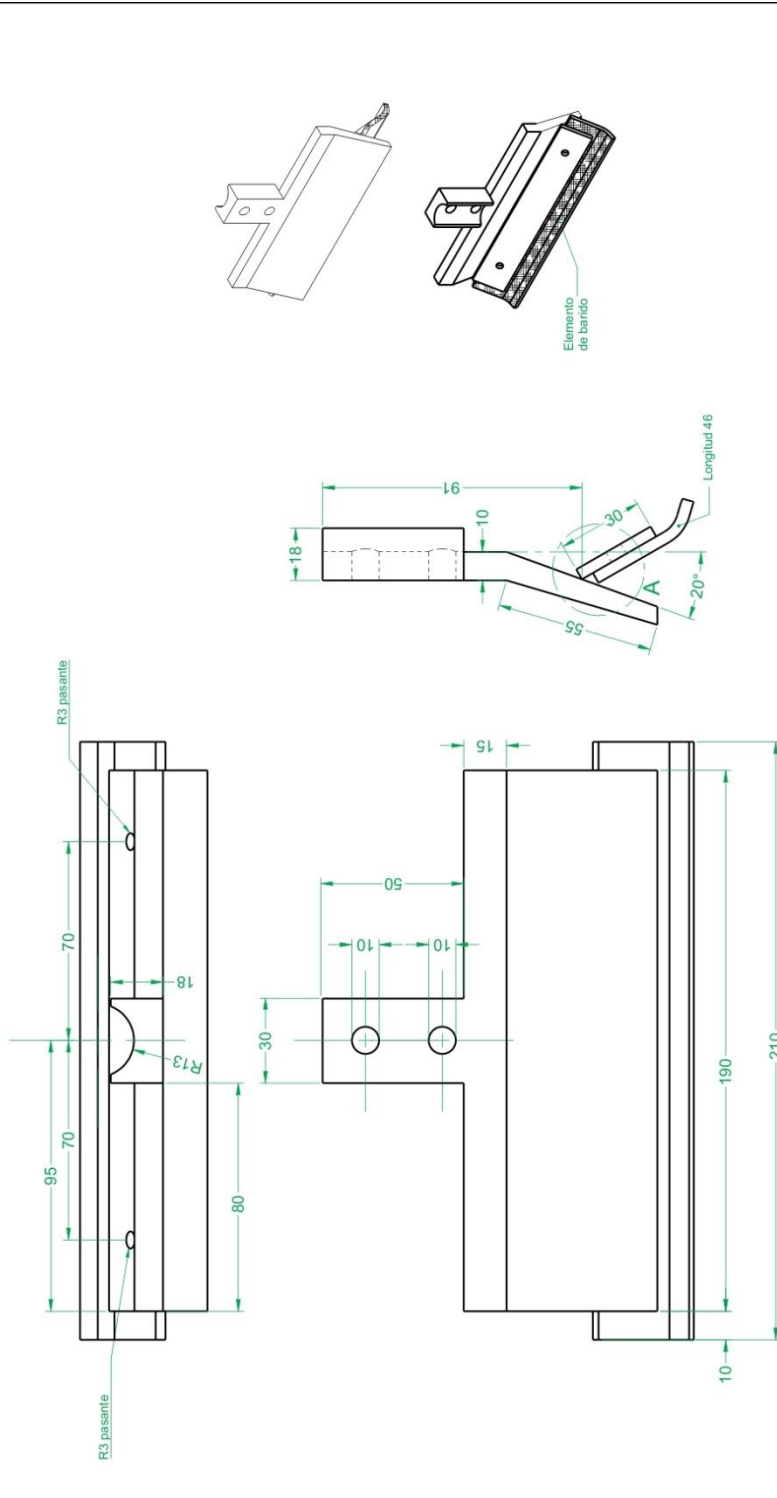
COMPONENTE	CÓDIGO	
Hélice de mezclado	NCD-CCR001-02.100	
Pieza No.	Material	Cantidad
1	Lámina 1/4"	3
2	Lámina 1/4"	2
3	Lámina 1/4"	6
4	Tubo 2" STD	1

NOMBRE:		FECHA:		CLIENTE:	INDCO
DIBUJÓ	C. ARDILA	03/03/2010	03/03/2010		
REVISÓ	J. BUITRAGO	03/03/2010	03/03/2010	TÍTULO:	MEZCLADORA DE CEMENTO
APROBÓ	R. JAIMES	03/03/2010	03/03/2010	TÍTULO:	REFRACTARIO MODELO NDC-CCR001
Salvo indicación contraria, cotas en milímetros				PLANO	Hélices del sistema de mezclado
Tolerancias ± 0.5 mm y ± 1°					A4
MATERIAL: Acero estructural A36				PESO: 7.8 Kg	HUJA: 1 de 1
					ESCALA: 1:5



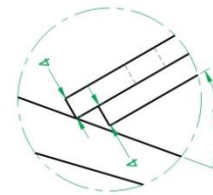
COMPONENTE	CÓDIGO	Cantidad	Longitud	Pieza No.
Brazo 1	NCD-CCR001-02.201	3	410 mm	1
Brazo 2	NCD-CCR001-02.202	3	524 mm	2
Brazo 3	NCD-CCR001-02.203	3	524 mm	2

INDCO		CLIENTE: INGENIERÍA, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN LTDA.	
DIBUJO	C. ARDILA	FECHA	03/03/2010
REVISÓ	J. BUITRAGO	TÍTULO:	MEZCLADORA DE CEMENTO REFRACTARIO MODELO NDC-CCR001
APROBÓ	R. JAIMES	PLANO	Brazos del sistema de mezclado
Salvo indicación contraria, cotas en milímetros		Tolerancias $\pm 0.5 \text{ mm y } +1^*$	
MATERIAL: Tubo 2" SCH 80		PESO: 10,7 Kg	HOJA 1 de 1
		ESCALA: 1:5	



COMPONENTE	CÓDIGO	Cantidad	Material
Paleta de mezclado	NCD-CCR001-02.301	9	Acero estructural
Elemento de barrido	NCD-CCR001-02.302	9	Caucho

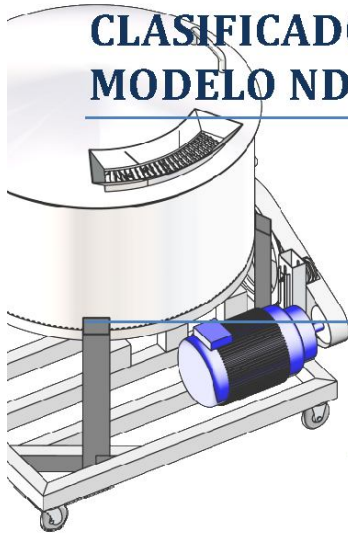
NOMBRE		CLIENTE:	 INGENIERÍA, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN LTDA.
DIBUJÓ	FECHA	TÍTULO:	
C. ARDILA	03/03/2010	MEZCLADORA DE CEMENTO	
J. BUITRAGO	03/03/2010	REFRACTARIO MODELO NDC-CCR001	
APROBO	R. JAIMES	03/03/2010	PLANO
Salvo indicación contraria, cotas en milímetros $\pm 0.5 \text{ mm}$ y $\pm 1^\circ$			MATERIAL:
			Paletas del sistema de mezclado
			PESO: 13,5 Kg   HOJA: 1 de 1   ESCALA: 1:2



MEZCLADORA DE CEMENTO  
REFRACTARIO MODELO NDC-CCR001

**ANEXO B. MANUAL DEL USUARIO Y DE MANTENIMIENTO**

**CLASIFICADORA DE CEMENTO REFRACTARIO  
MODELO NDC-CCR001**



**MANUAL DE INSTALACION, USO Y  
MANTENIMIENTO**



**Bucaramanga, Colombia  
Febrero de 2010**

**TABLA DE CONTENIDO**

	Pág.
INTRODUCCION .....	3
ESPECIFICACIONES DE LA MEZCLADORA.....	3
COMPONENTES DE LA MEZCLADORA .....	4
TRANSPORTE E INSTALACION DE LA MEZCLADORA.....	5
Sistema de anclaje .....	5
Conexión eléctrica .....	5
Tapas y tolva .....	5
USO DE LA MEZCLADORA .....	6
Cargado del material .....	6
Cierre de tapas.....	7
Encendido del motor .....	7
Tiempos de operación .....	7
MANTENIMIENTO DE LA MEZCLADORA.....	7
Sistema de lubricación.....	7
Ajuste de tornillos.....	8
Tensión en correas.....	8
Vibraciones .....	8
Limpieza de la mezcladora.....	8
Armado y desarmado de la mezcladora .....	9
CONTACTO Y GARANTÍA .....	9

## INTRODUCCION

La máquina Mezcladora Modelo NDC-CCR001, ha sido diseñada para cumplir plenamente con los requerimientos del mezclado del Cemento Refractario, utilizado en todos los hornos industriales de refineries de petróleo, industria química, industria siderúrgica y metalúrgica, cementeras, ladrilleras, cerámicas, industrias del vidrio, etc.

El mecanismo de transmisión de potencia, las exigencias de fuerzas y torques, la velocidad de rotación y espesores del tanque de mezclado de la máquina mezcladora Modelo NDC-CCR001, han sido previamente simulados y verificados virtualmente mediante la aplicación de software de Diseño Asistido por Computador (CAD) y software de Modelamiento Asistido por Computador (CAM), de tal forma que se tiene certeza de los elementos y materiales a utilizar en el proceso de producción y ensamble.

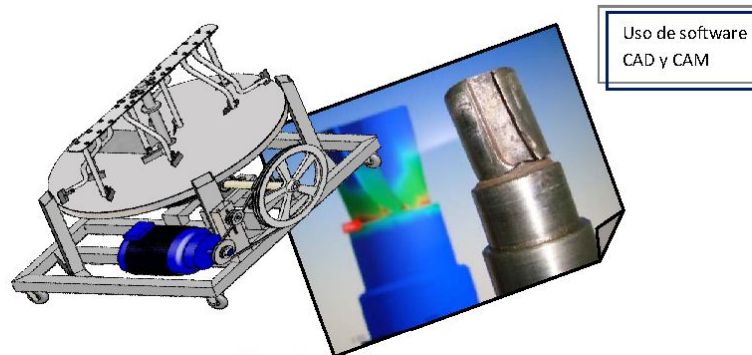


Figura 1

## ESPECIFICACIONES DE LA MEZCLADORA

FUENTE DE POTENCIA:	Motor eléctrico Marca WEG Trifásico, 5 HP
SISTEMA DE TRANSMISION:	Polea trapezoidal de doble Canal Engranajes rectos y cónicos
VELOCIDAD DE GIRO DE ASPAS:	35,6 rpm
RELACION DE TRANSMISION:	34 : 1
SISTEMA DE LUBRICACION:	Grasa industrial
PESO TOTAL DE LA MÁQUINA:	420 Kg
DIMENSIONES EXTERNAS:	1766x1357x1432 mm (LxAxH)
MATERIAL DE LA ESTRUCTURA:	Acero A36
COLOR:	Amarillo Caterpillar y Negro

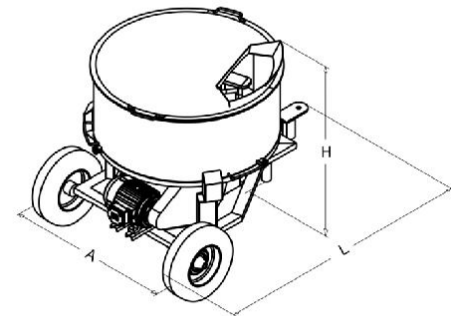


Figura 2

SISTEMA DE TRANSPORTE:	2 ruedas Rin 15. Presión de inflado 30 psi
SISTEMA DE ANCLAJE:	Tubo vertical 1,5" SCH 40 en acero A36 con platina de 1/4" x 150 mm en el asiento
MATERIAL DE CARGA:	Cemento refractario, arena, agua, grava
CAPACIDAD MAXIMA DE CARGA:	200 Kg
SISTEMA DE CARGA DE MATERIAL:	Tolva superior fijada en la tapa
SISTEMA DE DESCARGA DE MATERIAL:	Tolva inferior ajustable
SISTEMA DE MEZCLA DE MATERIAL:	9 brazos de mezclado distribuidos en 3 hélices iguales Cada paleta tiene un caucho para hacer el barrido del tanque

### COMPONENTES DE LA MEZCLADORA

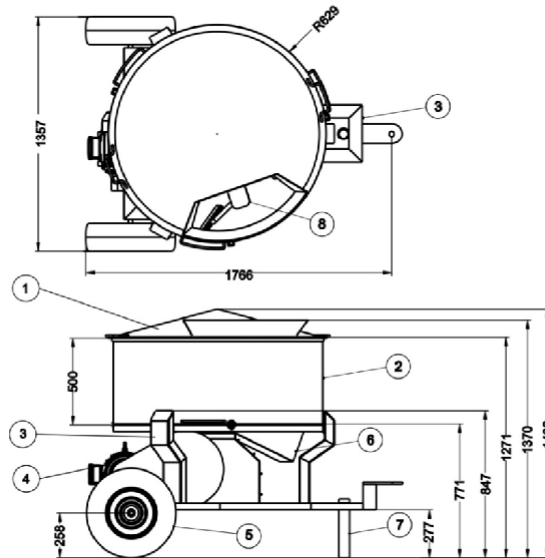


Figura 3

- |                                     |                                  |
|-------------------------------------|----------------------------------|
| 1. Tapa del tanque (Tolva de carga) | 5. Ruedas (2 unidades)           |
| 2. Tanque de mezclado               | 6. Tolva de descarga             |
| 3. Estructura                       | 7. Soporte de fijación al suelo  |
| 4. Fuente de potencia (motor)       | 8. Hélices y paletas de mezclado |

## TRANSPORTE E INSTALACION DE LA MEZCLADORA

La máquina NDC-CCR001 es transportada fácilmente gracias al montaje de las ruedas y al sistema de agarre acondicionado en la estructura desde la parte frontal, un punto de remolque firmemente fijado con un agujero de 1" de diámetro.

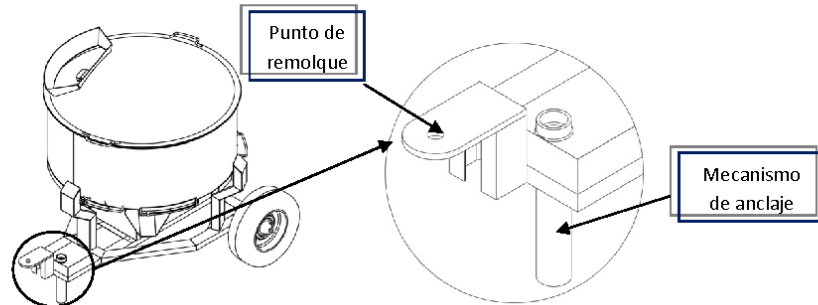


Figura 4

Para instalar la máquina NDC-CCR001 solamente debe verificar una fuente de alimentación de energía eléctrica de 220 V, que es el voltaje del motor. Cerciórese de tener colocado el mecanismo de anclaje al piso en la parte frontal de la máquina.

Para poner en funcionamiento el sistema de mezcla, simplemente accione el botón de encendido (rojo) ubicado en el interruptor de la máquina, a un lado de la misma. Para apagar, oprima el botón de apagado (negro) sobre el mismo interruptor.

### Sistema de anclaje

El sistema de anclaje está compuesto por un tubo vertical de 1,5" SCH40 que se asienta sobre el suelo impidiendo que la máquina se desplace a voluntad. Figura 4

### Conexión eléctrica

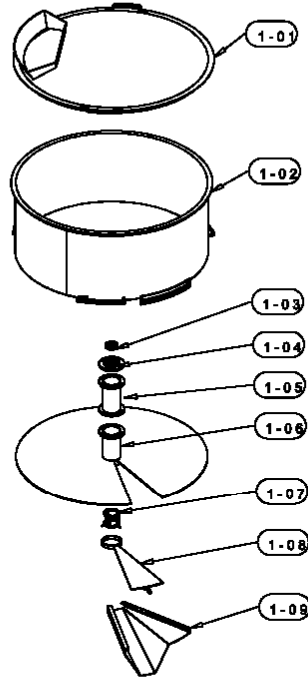
La máquina NDC-CCR001 necesita alimentación eléctrica de 220 V a 60 Hz. Su consumo depende de la carga aplicada llegando a un máximo de 5 HP. Debe verificarse que la fuente de energía esté habilitada con la conexión a tierra para evitar descargas y/o choques eléctricos.

*Nunca trate de variar las conexiones del motor sin el conocimiento previo. Cualquier modificación errónea puede acarrear en un mal desempeño del mezclado, una inversión del sentido de giro de la máquina y en el peor de los casos, en daños irreparables al motor. Verifique el manual del motor que ha sido suministrado junto con la máquina.*

### Tapas y tolva

La máquina NDC-CCR001 cuenta con una tapa superior acondicionada con una tolva para el proceso de llenado. Esta tapa puede ser retirada eventualmente para limpieza interior del tanque de mezclado, solamente será necesario soltar tres tuerca-tornillos que la sujetan. Figura 5

Para la parte de evacuación de la mezcla, la máquina NDC-CCR001 cuenta con una tolva móvil de descarga ubicada en la parte inferior, a un costado del tanque. El mecanismo de accionamiento es sencillo y se ayuda de la fuerza de tensión que ejercen tres resortes en el centro del tanque. La puerta de la tolva de descarga se ve internamente al mismo nivel del fondo del tanque, por lo que no existe acumulación de material en el punto de contacto ni mucho menos pérdida de mezcla mientras permanezca cerrada.



Conjunto No.	Nombre
1.01	Tapa
1.02	Tanque
1.03	Rodamiento 7207
1.04	Brida chumacera
1.05	Soporte bridado
1.06	Base del tanque
1.07	Sistema de fijación
1.08	Puerta
1.09	Tolva de descarga

Figura 5

## USO DE LA MEZCLADORA

La máquina NDC-CCR001 ha sido diseñada para un proceso de mezclado continuo de 8 horas, por lo que puede perfectamente utilizarse de forma permanente sin necesidad de cortar el suministro de energía.

### Cargado del material

Es preferible hacer el proceso de carga de los materiales que se van a mezclar mientras la máquina esté en funcionamiento, esto porque se evitan cargas de inercia altas, aunque el diseño del modelo NDC-CCR001 permite que el sistema se ponga en funcionamiento incluso con la carga dentro del tanque de mezclado.

Si es necesario agregar agua a la mezcla, debe hacerse exclusivamente cuando se tenga materiales de mezclado dentro del tanque y mientras estén las hélices en funcionamiento, con el fin de evitar atascamientos, tumultos o pegotes que tiendan a frenar el mecanismo.

### Cierre de tapas

Antes de poner en funcionamiento la máquina, se debe comprobar el cierre completo de la tapa superior, la sujeción de los tornillos y el cierre de la tapa de la tolva de descarga. Figura 5

La tolva de descarga tiene un mecanismo de retracción que le permite permanecer oculta en el exterior del tanque, este mecanismo puede ser habilitado mientras la máquina está haciendo el proceso de mezclado; esto es opcional. Se aconseja activar el mecanismo para el proceso de transporte de la máquina a otro lugar ya que las dimensiones externas del modelo NDC-CCR001 no incluyen la tolva de descarga extraída.

### Encendido del motor

Conecte el cable de alimentación a la fuente de energía y haga el encendido del motor oprimiendo el botón de encendido instalado en la parte exterior de la máquina, sobre la estructura.

### Tiempos de operación

El tiempo de operación de la máquina NDC-CCR001 está diseñado para trabajo continuo de ocho (08) horas diarias, sin embargo y por las necesidades de uso, la máquina opera muy bien en intervalos de cinco (05) a treinta (30) minutos entre encendido y apagado.

## MANTENIMIENTO DE LA MEZCLADORA

Un buen mantenimiento de la máquina NDC-CCR001 está basado en aspectos de limpieza, lubricación, tensión en las correas, ajustes de tuercas y operación en el rango de diseño. No seguir las recomendaciones de un mantenimiento preventivo acarreará en deterioro del sistema y pérdidas económicas por mantenimientos correctivos.



Figura 6

### Sistema de lubricación

Manténgase diariamente lubricado el sistema de transmisión de potencia en aquellos puntos de contacto de los engranajes rectos y cónicos. La transmisión por engranajes cónicos dispone de una caja de engrase que debe estar perfectamente lubricada para evitar ruido excesivo y vibraciones excesivas de la máquina, características típicas de este tipo de engranajes. Figura 7

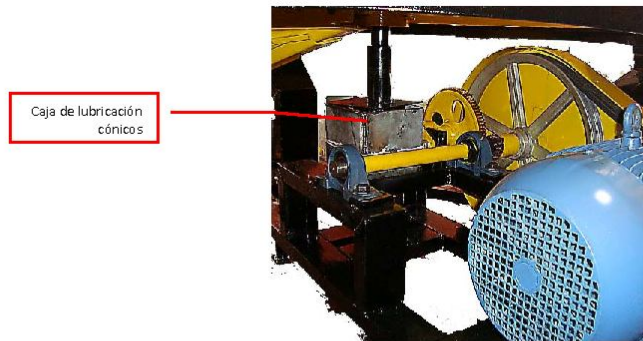


Figura 7

Revisar mensualmente todos los rodamientos y chumaceras para verificar que tengan la lubricación adecuada. Preste atención a ruidos extraños en el punto de contacto de los rodamientos con los ejes, indicativo de fallas en la lubricación.

Anualmente el motor también debe ser revisado en su sistema de lubricación. Remítase al manual de operación del mismo y que se anexa con la máquina para seguir todas las recomendaciones allí establecidas.

### Ajuste de tornillos

Haga una revisión del apriete de tornillos de forma frecuente durante el primer semestre de uso de la máquina mientras hay un ajuste propio debido al funcionamiento.

### Tensión en correas

Verifique la tensión en la transmisión por poleas y correas, de ser necesario ajuste las distancias entre centros. Para ello, afloje los tornillos del fondo, desplace el motor sobre las guías instaladas en el asiento del mismo y apriete las tuercas para fijarlo nuevamente.

### Vibraciones

La máquina tiene por su característica de operación una vibración propia. Mantenga constante revisión de los sistemas en movimiento del sistema de mezclado verificando posibles trabas, flexiones en ejes (o problemas que puedan causar flexión), el nivel de ruido de la transmisión, para evaluar si hay variación de la vibración normal de la máquina.

En caso de encontrar vibraciones anormales, no ponga en funcionamiento la máquina hasta que encuentre la fuente de la vibración, ajuste o cambie los elementos que sean necesarios.

### Limpieza de la mezcladora

El tanque de mezclado tiene en una de sus hélices, una paleta adicional que se encarga del barrido y limpieza permanente de las paredes del mismo. Incluso, el diseño e implementos utilizados sobre todas las paletas, hace que el tanque permanezca libre de escombros una vez la máquina es evacuada de la mezcla. Para esto, permita a las hélices girar libres de carga por lo menos un minuto después de finalizada la extracción de la mezcla, deje la puerta de la tolva de descarga abierta para que el residuo de material sea evacuado.

Haga una limpieza semanal de las partes internas del tanque, usando agua a presión para retirar posibles partes de material pegadas a las paredes o partes de la máquina.

Evita utilizar disolventes o extractos de petróleo en zonas de pintura ya que pueden manchar, e incluso, removerla.

### **Armado y desarmado de la mezcladora**

La máquina NDC-CCR001 es totalmente desarmable. Tiene sujeción por tuerca-tornillo en todos los puntos de unión de la estructura.

Para desarmar la máquina, proceda en el siguiente orden:

1. Corte de la energía eléctrica y desconexión del cable de alimentación de la fuente
2. Retiro de la tapa del tanque
3. Retiro de la cubierta de las hélices (tuerca central)
4. Retiro de hélices (todo el conjunto hélices-paletas-cauchos)
5. Retiro de unión bridada
6. Retiro de acople flexible
7. Retiro del tanque de mezclado (tuercas exteriores)
8. Retiro de eje vertical
9. Retiro de caja de lubricación
10. Retiro de engranajes cónicos
11. Retiro de transmisión de engranajes rectos (chumaceras)
12. Retiro de estructura guarda poleas
13. Retiro de correas trapezoidales
14. Retiro de polea mayor
15. Afloje y retiro del motor
16. Retiro de llantas (verifique un punto de apoyo para evitar la caída de la estructura)
17. Retiro de eje de las ruedas (chumaceras)
18. Retiro de tubo de anclaje

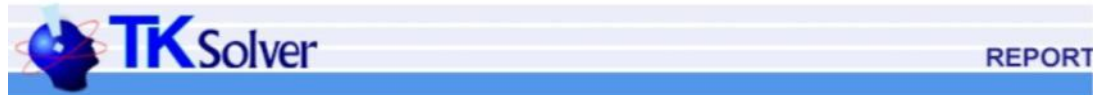
Para armar la maquinaria, repita el procedimiento en forma inversa.

### **CONTACTO Y GARANTÍA**

Esta máquina tiene **garantía permanente** y asistencia técnica en INDCO LTDA. Todas las partes y suministros tienen sus respectivos soportes y **garantías independientes**. La **garantía exclusiva** de INDCO LTDA. hace referencia a uniones soldadas, sistema de transmisión, estructura y montaje en general.

**Mayor información: Calle 31 # 9-78 de Bucaramanga. Teléfono 6338874**

## ANEXO C. DETALLE DEL CÁLCULO DE LA RELACIÓN DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA



Company Name : INDCO LTDA

Diseño de etapa de transmisión de potencia

Variables Sheet

Input	Name	Output	Unit	Comment
1200	nm		rpm	Revoluciones de motor
112	dp		mm	Diametro polea conductora
450	Dp		mm	Diametro polea conducida
84	Z2			Numero de dientes pinon recto
18	Z1			Numero de dientes rueda recta
27	Zc2			Numero de dientes rueda conica
15	Zc1			Numero de dientes pinon conico
	m1	4,01785714285714		Relacion de reduccion etapa 1
	m2	4,66666666666667		Relacion de reduccion etapa 2
	m3	1,8		Relacion de reduccion etapa 3
	mtc	33,75		Relacion de transmision real
	ne1	298,666666666667	rpm	Revoluciones eje 1
	ne2	64	rpm	Revoluciones eje 2
	n23	35,5555555555556	rpm	Revoluciones eje 3

Rules Sheet

Rules

$$m1 = \frac{Dp}{dp}$$

$$m2 = \frac{Z2}{Z1}$$

$$m3 = \frac{Zc2}{Zc1}$$

$$mtc = m1 \cdot m2 \cdot m3$$

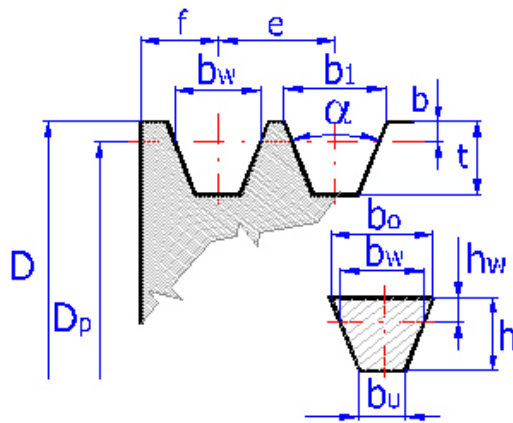
$$ne1 = \frac{nm}{m1}$$

$$ne2 = \frac{ne1}{m2}$$

$$n23 = \frac{ne2}{m3}$$

## ANEXO D. DETALLE DE LAS MEDIDAS GEOMÉTRICAS DE LA CORREA Y LAS POLEAS

### 4.0 Dimensiones de las poleas y correas

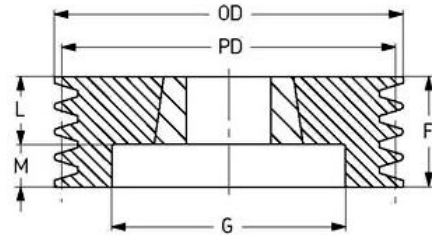


bw	14	[mm]
bo	17	[mm]
bu	9.4	[mm]
h	11	[mm]
hw	4.2	[mm]
D	119.00	450.60 [mm]
Dp	112.00	443.60 [mm]
a	34	36 [°]
b1	16.3	[mm]
f	12.5	[mm]
e	19	[mm]
b	3.5	[mm]
t	18	[mm]
w	44	[mm]



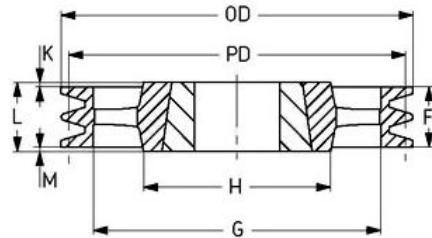
### PHP 2SPB112TB

Pulleys	
Wedge Taper Bushed 2 Groove SPB	
Pitch diameter (mm)	112
Outside diameter (mm)	119
Pulley type	2
Bush no.	1610
Min. bore (mm)	14
Max. bore (mm)	42
F	44
E	-
G	72
K	-
L	25
M	19
H	-
Weight (kg)	1.5



### PHP 2SPB450TB

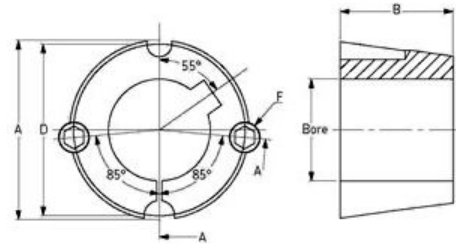
Pulleys	
Wedge Taper Bushed 2 Groove SPB	
Pitch diameter (mm)	450
Outside diameter (mm)	457
Pulley type	4
Bush no.	3020
Min. bore (mm)	25
Max. bore (mm)	75
F	44
E	-
G	407
K	3.5
L	51
M	3.5
H	150
Weight (kg)	16.3





## PHF TB3020X30MM

Bushings and Hubs	
Metric bushings	
Bushing no.	TB3020
Bore diameter (mm)	30
Keyway width (mm)	8
Keyway depth (mm)	3.3
A (mm)	108
B (mm)	50.8
D (mm)	101.6
E (mm)	-
F (mm)	15.875 x 31.750
Weight (kg)	2.7

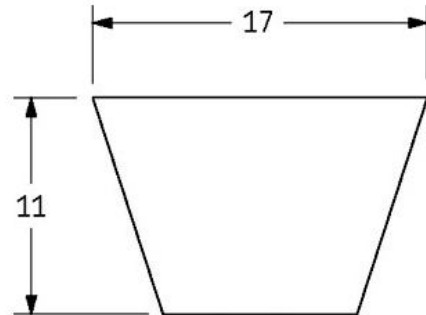


**SKF**



## PHG B71

Belts	
Classical 17/B	
Belt marking	B71
No. of ribs	1
Pitch length (mm)	1850
Inside length (mm)	1803
Inside length (in)	71
Width (mm)	17
Height (mm)	11



**ANEXO E. TABLAS Y FIGURAS PARA CÁLCULO DE ENGRANAJES RECTOS SEGÚN PROCEDIMIENTO AGMA**

**TABLE 12-2**  
Allowable Stress (psi)

Material	Hardness (Brinell)	Allowable stress		
		Spur	Helical	Bevel
Steel	140 min	20,000 to 22,000	20,000 to 22,000	11,000
Rueda	180 min	25,000 to 28,000	25,000 to 28,000	14,000
Piñón	300 min	35,000 to 40,000	35,000 to 45,000	19,000
	450 min	45,000 to 50,000	45,000 to 60,000	25,000
Cast Iron				
AGMA Grade 20	—	5,000	5,000	2,700
AGMA Grade 30	175 min	8,500	8,500	4,600
AGMA Grade 40	200 min	13,000	13,000	7,000

**TABLE 12-3**  
Geometry Factor ( $J$ ), 20-deg Spur, Standard Addendum  
(Load Applied at Highest Point of Single-Tooth Contact)

Number of teeth for which $J$ is desired	Teeth in mating gear						
	12	17	25	35	50	85	Rack
15	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
16	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
17	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
18	0.30	0.31	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
19	0.31	0.32	0.32	0.33	0.33	0.34	0.36
20	0.31	Piñón	0.34	0.34	0.34	0.35	0.37
22	0.32	0.34	0.35	0.35	0.36	0.36	0.38
24	0.33	0.34	0.35	0.36	0.37	0.37	0.39
30	0.35	0.37	0.38	0.39	0.39	0.40	0.42
40	0.38	0.39	0.40	0.41	0.42	0.43	0.45
60	0.40	0.42	0.43	0.44	0.45	0.46	0.48
80	0.42	0.43	0.45	0.46	0.46	0.47	0.49
125	0.43	0.45	0.46	0.47	0.47	0.48	0.50
275	0.44	0.46	0.48	0.49	0.49	0.50	0.52

Interpolando para la rueda

For other types of gears, refer to charts in AGMA 225.01.

Number of cycles	Spur and helical gears		Bevel-gears
	250 to 450 Bhn	Case carburized†	Case carburized
1,000	3.0 to 4.0*	2.7	4.6
10,000	2.0 to 2.6*	2.0	3.1
100,000	1.6 to 1.8*	1.5	2.1
1 million	<u>1.1 to 1.4*</u>	1.1	1.4
10 million	1.0	1.0	1.0
100 million	1.0 to 0.9	1.0 to 0.9	1.0

\* Use the higher values for higher hardnesses.  
† 55 to 63  $R_c$ .

Spur and helical gears (good quality commercial, accurately mounted)		
Face width, in.	Spur	Helical
0 to 2	<u>1.3</u>	1.2
6	1.4	1.3
9	1.5	1.4
16 and over	1.8	1.7

Bevel gears (good industrial quality)		
Both members straddle-mounted	One member straddle-mounted	Neither member straddle-mounted
1.00 to 1.10	1.10 to 1.25	1.25 to 1.40

Requirements of application	$K_R$
High reliability	1.50 to 3.00
Fewer than 1 failure in 100	1.00 to 1.25
Fewer than 1 failure in 3	<u>0.70 to 0.80</u>

Módulo métrico, m	Factor de tamaño, $K_s$
<u><math>\leq 5</math></u>	<u>1.00</u>
6	1.05
8	1.15
12	1.25
20	1.40

Power source	Load on driven machine		
	Uniform	Moderate shock	Heavy shock
Uniform	1.00	<u>1.25</u>	1.75
Light Shock	1.25	1.50	2.00
Medium Shock	1.50	1.75	2.25

### AGMA SURFACE-DURABILITY POWER FORMULA

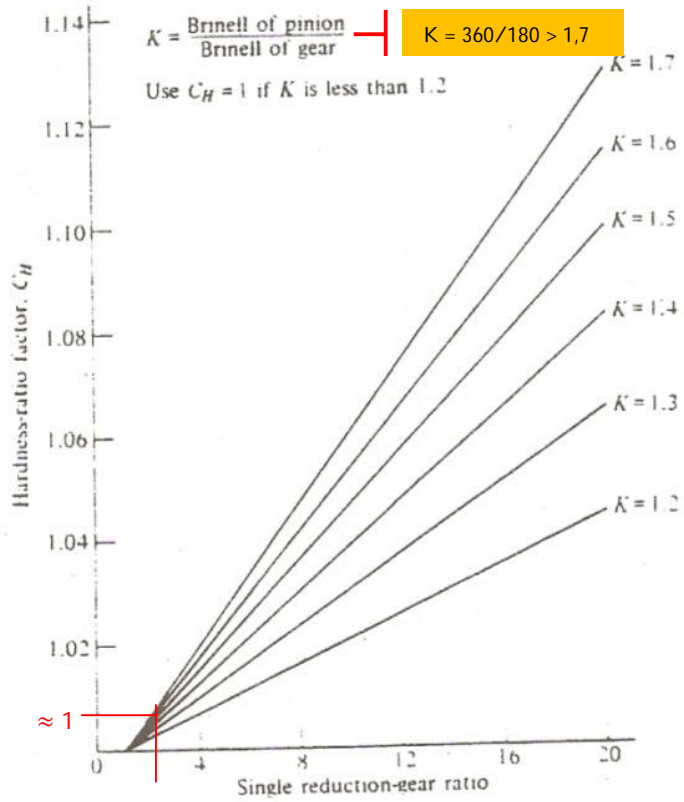


Fig. 12-11. Hardness-ratio factor,  $C_H$  (for helical gears, based on infinite life).

TABLE 12-8 Allowable Contact Stress ( $S_H$ ), psi		
Material	Minimum surface hardness	$S_H$
Steel (through hardened)	180 Bhn	85,000 to 95,000
	240 Bhn	105,000 to 115,000
	300 Bhn	120,000 to 135,000
	360 Bhn	145,000 to 160,000
Rueda	440 Bhn	170,000 to 190,000
	55 R <sub>c</sub>	180,000 to 200,000
Steel (case carburized)	60 R <sub>c</sub>	200,000 to 225,000
	50 R <sub>c</sub>	170,000 to 190,000
Steel (flame or induction hardened)		
Cast iron		
AGMA Grade 20	—	50,000 to 60,000
AGMA Grade 30	175 Bhn	65,000 to 75,000
AGMA Grade 40	200 Bhn	75,000 to 85,000
Tin bronze, AGMA 2C (40,000 psi minimum tensile strength)		30,000
Aluminum bronze, ASTM B 148-52 (90,000 psi minimum tensile strength)		65,000

**TABLE 12-9**  
 Geometry Factor ( $I$ ) for Durability Calculations (External Spur Pinion, 20-deg Pressure Angle, Full-Depth Teeth)

Ratio	Number of teeth on pinion			
	16	24	30	50 or more
1	0.075	0.077	0.080	0.080
2	0.089	0.099	0.102	0.108
3	0.096	0.108	0.112	0.120
4	0.102	0.114		0.128
5	0.104	0.118		0.134
6	0.106	0.121	0.128	0.138
7	0.108	0.124	0.130	0.142
8	0.109	0.125	0.130	0.143
9	0.110	0.125	0.132	0.144
10	0.110	0.126	0.132	0.145

**TABLE 12-11**  
 Life Factor ( $C_L$ )

Cycles	$C_L$
$10^7$ and over	1.0
$10^6$	1.15
$10^5$	1.30
$10^4$	1.5

**TABLE 12-12**  
 Elastic Coefficient ( $C_E$ ), psi

Pinion material and modulus of elasticity	Gear material and modulus of elasticity			
	Steel, $30 \times 10^6$	Cast iron, $19 \times 10^6$	Aluminum bronze, $17.5 \times 10^6$	Tin bronze, $16 \times 10^6$
Steel, $30 \times 10^6$	2300	2000	1950	1900
Cast iron, $19 \times 10^6$	2000	1800	1800	1750
Aluminum bronze, $17.5 \times 10^6$	1950	1800	1750	1700
Tin bronze, $16 \times 10^6$	1900	1750	1700	1650

Note: These values are for nonlocalized contact. Higher values are needed for bevel gears.

**TABLE 12-13**  
 Factor of Safety ( $C_R$ )

Requirements of application	$C_R$
High reliability	1.25 or higher
Fewer than 1 failure in 100	1.00

## ANEXO F. TABLAS Y FIGURAS PARA EL CÁLCULO DE ENGRANAJES CÓNICOS SEGÚN MÉTODO AGMA

**TABLA 15.2 COEFICIENTES DE SERVICIO  $N_{st}$ , ENGRANAJES CÓNICOS**  
 Para transmisiones multiplicadoras de velocidad, sumar  $0,01 m_d^2$  a los coeficientes indicados [15.2].  
 Los ejemplos del carácter de carga que se indican son solamente indicativos. Véase también § 13.18.

FUENTE DE POTENCIA	UNIFORME (máquinas centrifugas, transportador de correa)	CHOQUE MODERADO (Ventiladores de lóbulos, bombas de varios cilindros, máquinas herramientas)	CHOQUE FUERTE (Triuradoras de mineral, compresor monocilindro, prensa punzonadora)
Uniforme (motor eléctrico, turbina).	1,00	1,25	1,75 +
Choque ligero (motores de combustión interna de varios cilindros).	1,25	1,50	2,00 +
Choque medio (MCI monocilíndricos).	1,5	1,75	2,25 +

**TABLA 15.3 ESFUERZOS DE CONTACTO DE CÁLCULO,  $s_{cd}$**

Para engranajes cónicos; los valores de BHN son mínimos.  
 Reducir  $s_{cd}$  en 10 % a no ser que la fabricación y los materiales sean de la más alta calidad [13.1, 13.34, 15.1].

MATERIAL (BHN)	$s_{cd}$ kg/cm <sup>2</sup>	Para ecuación (15.4) $s_{cd}^2$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$s_{cd}$ ksi	Para ecuación (15.4') $s_{cd}^2$ (ksi) <sup>2</sup>
Acero (180)	6 680	$44,6 \times 10^6$	95	9 025
Acero (240)	8 085	$65,3 \times 10^6$	115	13 200
Acero (300)	9 490	$90,0 \times 10^6$	135	18 200
Acero (360)	11 250	$126,5 \times 10^6$	160	25 600
Acero (400)	13 350	$178,2 \times 10^6$	190	36 100
Acero (500)	13 350	$178,2 \times 10^6$	190	36 100
Acero (625) cementado	15 810	$249,9 \times 10^6$	225	50 625
Hierro fundido, 20	2 110	$4,45 \times 10^6$	30	900
Hierro fundido, 30 (175)	3 515	$12,35 \times 10^6$	50	2 500
Hierro fundido, 40 (200)	4 570	$20,88 \times 10^6$	65	4 230
Bronce (10-12 % estaño)	2 110	$4,45 \times 10^6$	30	900
Bonco al aluminio, tratamiento térmico	4 570	$20,88 \times 10^6$	65	4 230
Hierro nodular (utilizar 0,9 × valor acero mismo BHN).				

TABLA 15.4 COEFICIENTES ELÁSTICOS

Para engranajes cónicos. Los valores de  $E$  usados son: acero 2 109 000 kg/cm<sup>2</sup> (o bien  $3 \times 10^4$  ksi), hierro fundido 1 335 000 kg/cm<sup>2</sup> (o bien  $1,9 \times 10^4$  ksi), bronce al aluminio 1 230 300 kg/cm<sup>2</sup> (o bien  $1,75 \times 10^4$  ksi), bronce al estaño 1 124 000 kg/cm<sup>2</sup> (o bien  $1,6 \times 10^4$  ksi).

COMBINACIONES DE MATERIAL	$C_e$ (kg/cm <sup>2</sup> ) <sup>1/2</sup>	Para ecuación (15.4) $C_e^2$ kg/cm <sup>2</sup>	$C_e$ (psi) <sup>1/2</sup>	Para ecuación (15.4') $C_e^2$ ksi
Acero y Acero . . . . .	23 480	$551 \times 10^6$	2800	7840
Hierro fundido . . . . .	20 518	$421 \times 10^6$	2450	6000
Bronce al aluminio. . . . .	20 120	$405 \times 10^6$	2400	5760
Bronce al estaño. . . . .	19 710	$388 \times 10^6$	2350	5530
Hierro fundido y Hierro fundido . . . . .	18 850	$355 \times 10^6$	2250	5060
Bronce al aluminio. . . . .	18 445	$340 \times 10^6$	2200	4840
Bronce al estaño. . . . .	18 020	$324 \times 10^6$	2150	4620
Bronce al aluminio y Bronce al aluminio. . . . .	18 020	$324 \times 10^6$	2150	4620
Bronce al estaño. . . . .	17 606	$310 \times 10^6$	2100	4410

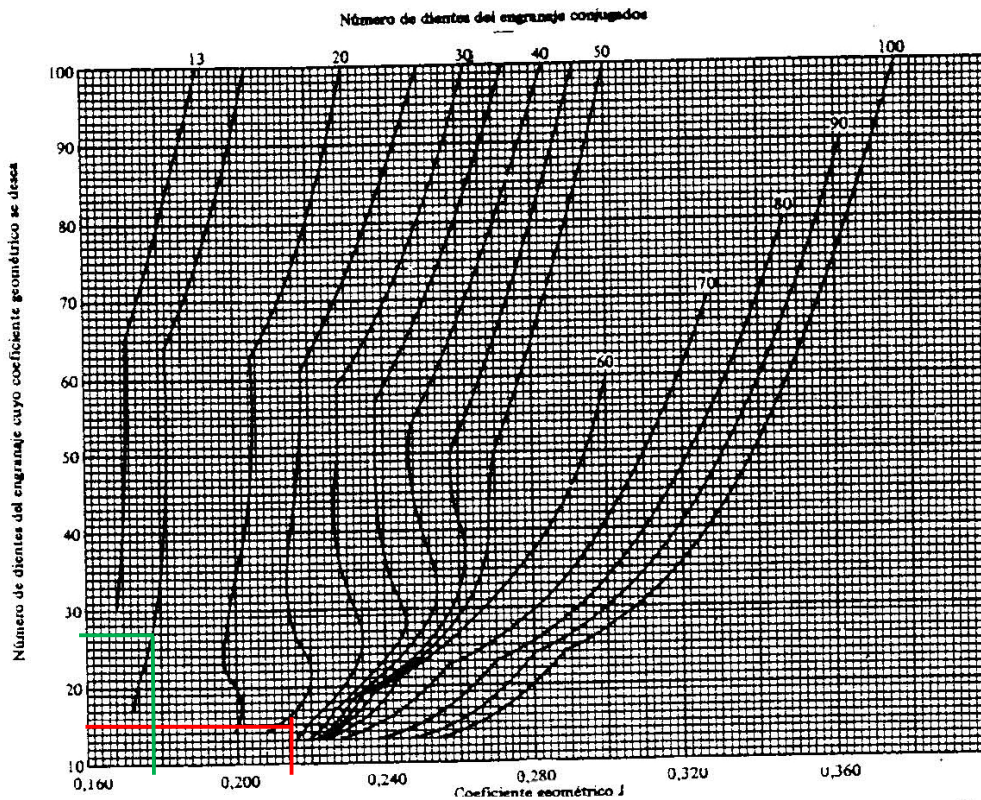


Fig. 15.5 Coeficiente geométrico  $J$  para engranajes cónicos dientes rectos Coniflex ( $\phi = 20^\circ$ ,  $\Sigma = 90^\circ$ ). (Cortesía de Gleason Works, Rochester, N.Y.)

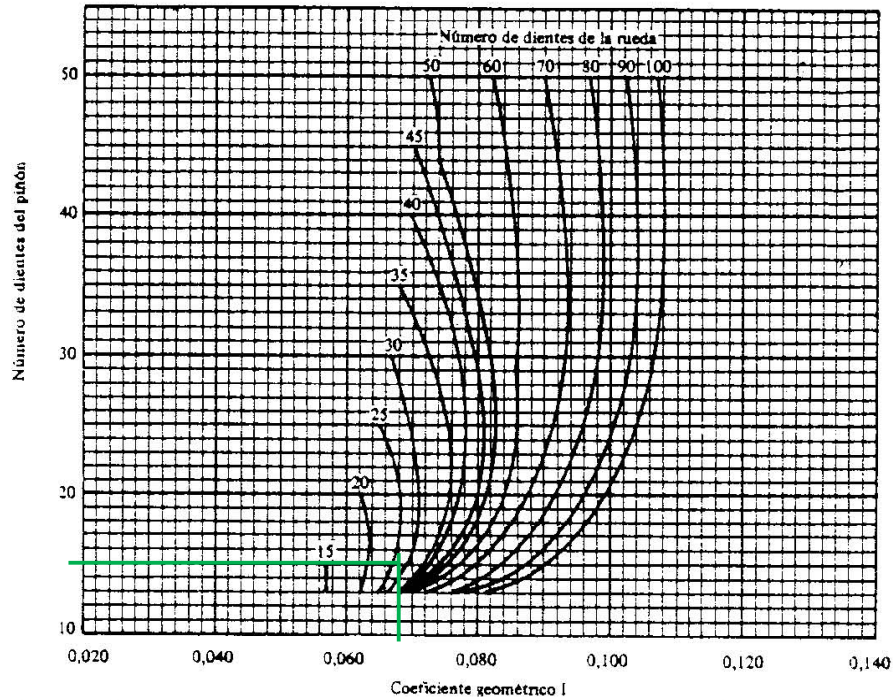


Fig. 15.7 Coeficiente geométrico  $I$  para engranajes cónicos dientes rectos Coniflex ( $\phi = 20^\circ$ ,  $\Sigma = 90^\circ$ ). (Cortesía de Gleason Works, Rochester, N.Y.)

Tabla . Factor de distribución de carga,  $K_m$

Ambos engranajes montados entre apoyos	1,0 a 1,1
Uno montado entre apoyos y el otro en voladizo	1,1 a 1,25
Ambos montados en voladizo	1,25 a 1,4

Tabla . Esfuerzo de diseño a flexión engranajes cónicos,  $S_d$

Acero (BHN min)	140	150	180	200	300	400	450	Rc 55-63*
$S_d$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	770	840	985	1055	1335	1615	1755	2110
$S_d$ (ksi)	11	12	14	15	19	23	25	30
Fundición**	BHN	$S_d$ (Kg/cm <sup>2</sup> )		$S_d$ (ksi)				
ASTM 20	---	190		2,7		* Rc 55-63 es para dientes cementados. ** Para hierro nodular se emplea el valor del acero a la misma dureza - 10%		
ASTM 30	175	320		4,6				
ASTM 40	200	490		7,0				

Tabla . Factor de vida, KL

$6 \times 10^7$ ciclos o más	1,0
$10^6$ ciclos	1,4
$10^5$ ciclos	2,1
$10^4$ ciclos	3,1
$10^3$ ciclos	4,6

Tabla . Factor de tamaño, Ks

<b>M</b>	<b>24</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2,5</b>	<b>Menos</b>
<b>Ks</b>	0,982	0,826	0,749	0,698	0,629	0,581	0,558	0,5

Tabla . Factor de confiabilidad, Kr

Una falla en 3 engranajes	1,0
Una falla en 10	1,12
Alta confiabilidad	1,5
Máxima seguridad	3,0

Tabla . Factor de vida para desgaste, CL

$10^7$ ciclos o más	1,0
$10^6$ ciclos	1,15
$10^5$ ciclos	1,3
$10^4$ ciclos	1,5

## ANEXO G. DETALLE DEL CÁLCULO DE LAS FUERZAS Y TORQUES EN LA TRANSMISIÓN



Company Name : INDCO Ltda.

### Cálculo de fuerzas en poleas y torques por etapas de transmisión

#### Variables Sheet

Input	Name	Output	Unit	Comment
5	pm		hp	Potencia del motor
1200	n0			Revoluciones del motor
,9604	E1			Eficiencia etapa 1
,97	E2			Eficiencia etapa 2
,99	E3			Eficiencia etapa 3
,112	dp1		m	Diametro polea conductora
,45	Dp2		m	Diametro polea conducida
	Pm	3,7285	KW	Potencia del motor
	m1	4,018		Reduccion primera etapa
	n1	298,7	rpm	Revoluciones primera etapa
	n2	64	rpm	Revoluciones segunda etapa
	n3	35,56	rpm	Revoluciones tercera etapa
	T0	29,67	rpm	Torque en el motor
	T1	114,5	rpm	Torque en el eje 1
	T2	518,3	rpm	Torque en el eje 2
	T3	923,61	rpm	Torque en el eje 3
	F2	127,22	rpm	Fuerza menor en polea
	F1	636,11	rpm	Fuerza mayor en polea
	F	508,89	rpm	Fuerza tangencial neta

#### Rules Sheet

##### Rules

$$Pm = pm \cdot ,7457$$

$$m1 = \frac{Dp2}{dp1}$$

$$n1 = \frac{n0}{m1}$$

$$n2 = \frac{n1 \cdot 18}{84}$$

$$n3 = \frac{n2 \cdot 15}{27}$$

$$T0 = \frac{Pm \cdot 9550}{n0}$$

#### Rules

---

$$T1 = \frac{Pm \cdot E1 \cdot 9550}{n1}$$

$$T2 = \frac{Pm \cdot E1 \cdot E2 \cdot 9550}{n2}$$

$$T3 = \frac{Pm \cdot E1 \cdot E2 \cdot E3 \cdot 9550}{n3}$$

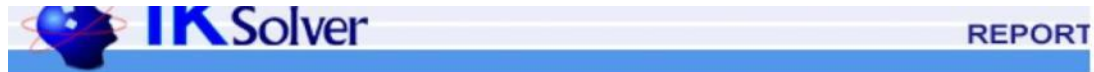
$$F = F1 - F2$$

$$F1 = 5 \cdot F2$$

$$\frac{F \cdot Dp2}{2} = T1$$

---

## ANEXO H. DETALLE DEL CÁLCULO DE FUERZAS Y TORQUES EN ENGRANAJES



Company Name : INDCO Ltda.

### Fuerzas en engranajes

#### Variables Sheet

Input	Name	Output	Unit	Comment
114,5	T1		N-m	Torque en el eje 1
518,3	T2		N-m	Torque en el eje 2
923,61	T3		N-m	Torque en el eje 3
,09144	Dpp		m	Diametro primitivo pinon recto
,42672	Dpr		m	Diametro primitivo de la rueda recta
,12	Dppc		m	Diametro primitivo pinon conico
,216	Dprc		m	Diametro primitivo de la rueda conica
20	$\theta$		°	Angulo de presion
20	$\Phi$		°	Angulo de presion conico
29,055	$\varphi$		°	Angulo primitivo pinnon conico
	Ft	2504,37	N	Fuerza tangencial en los engranes rectos
	Fr	911,52	N	Fuerza radial en los engranes rectos
	F	2665,1	N	Fuerza total engranajes rectos
	Ft2	8638,33	N	Fuerza tangencial en los engranes conicos
	Fax2	1526,93	N	Fuerza axial en pinnon conico
	Fra2	2748,42	N	Fuerza radial en pinnon conico
	Fra3	1526,93	N	Fuerza radial en rueda conica
	Fax3	2748,42	N	Fuerza axial en rueda conica
	Mf2	91,62	N-m	Momento flector en el pinon conico
	Mf3	296,83	N-m	Momento flector rueda conica

#### Rules Sheet

##### Rules

$F_t = 2 * T_1 / D_{pp}$   
 $F_r = F_t * \tan(\theta)$   
 $F = (F_r^2 + F_t^2)^{.5}$   
 $F_{t2} = 2 * T_2 / D_{ppc}$   
 $F_{ax2} = F_{t2} * \tan(\Phi) * \sin(\varphi)$   
 $F_{ra2} = F_{t2} * \tan(\Phi) * \cos(\varphi)$   
 $M_{f2} = F_{ax2} * D_{ppc} / 2$   
 $M_{f3} = F_{ax3} * D_{prc} / 2$   
 $F_{ax2} = F_{ra3}$   
 $F_{ra2} = F_{ax3}$

# ANEXO I. CÁLCULO DEL EJE 1

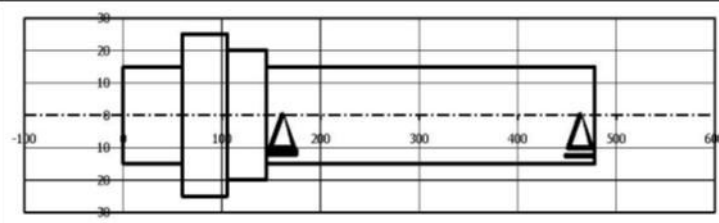
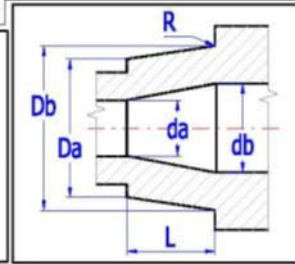
? Input section

**1.0 Preliminary shaft diameter design**

1.1 Calculation units	SI Units (N, mm, kW...)		
1.2 Transmitted power	3,58	[kW]	1.6 Type of shaft load
1.3 Shaft speed	298,7	[/min]	C...Repeated torsion + bending
1.4 Torsion moment	114,49	[Nm]	1.7 Material of the shaft
1.5 Preliminary min. diameter	35,49	[mm]	B...Structural steel with increased strength (850)

**2.0 Shaft shape and dimensions**

2.1 The scale of the displayed shaft diameter.  Calculation units SI Units (N, mm, kW...)

2.2 Table

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Origin	0,00	60,00	105,40	145,40	478,00	478,00	478,00	478,00	478,00	478,00
L	60,000	45,400	40,000	332,600	0,000	0,000	0,000	0,000		
σ Da	30,000	50,000	40,000	30,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
σ Db	30,000	50,000	40,000	30,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
σ da	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
σ db	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
R	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000		

2.3 Total length of the shaft 478,00 [mm]

2.4 X-coordinate of the left support (bearing) Fixed 161,20 [mm]

2.5 X-coordinate of the right support (bearing) Free 463,20 [mm]

2.6 The shaft surface (Roughness Ra) D...Turned (1,6)

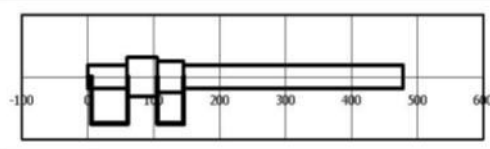
**3.0 Notches and necking-down on the shaft**

3.1 The ultimate tensile strength (Su, Rm) 560,0 [MPa]

3.2 Notch sensitivity factor (q) 0,45

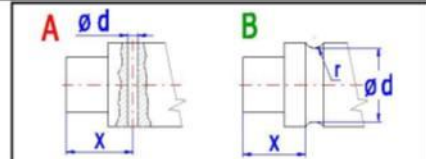
3.3 **A. Transverse hole**

X[mm]	d[mm]	β c	β b	β t
		1,00	1,00	1,00
		1,00	1,00	1,00



3.4 **B. Necking-down**

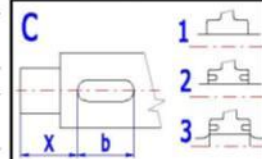
X[mm]	d[mm]	r[mm]	β c	β b	β t
			1,00	1,00	1,00
			1,00	1,00	1,00
			1,00	1,00	1,00



3.5 **C. General notch**

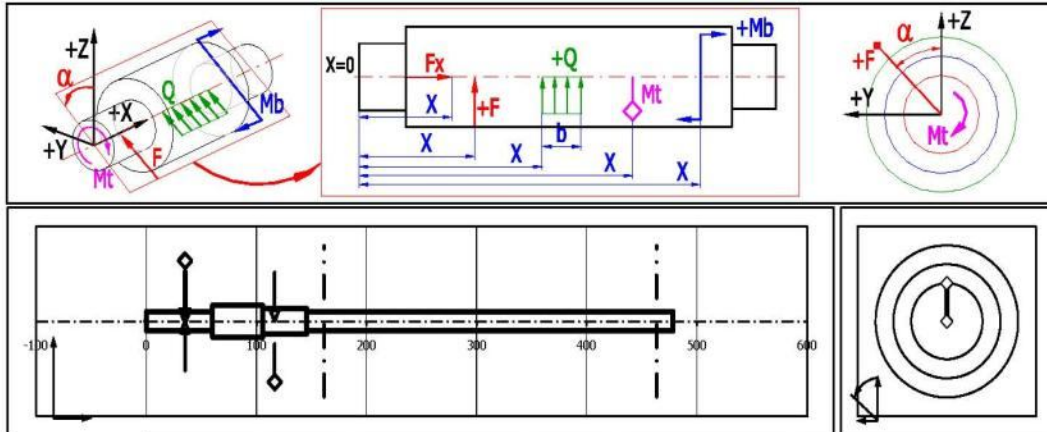
X[mm]	b[mm]	β c	β b	β t
5,00	55,00	1,38	1,38	1,37
105,40	40,00	1,38	1,38	1,37
		1,00	1,00	1,00
		1,00	1,00	1,00
		1,00	1,00	1,00

Keyway (slotting cutter)   
 User values   
 User values   
 User values



3.6 **D. Rounding between cylindrical sections of the shaft**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
β c	1,79	1,80	1,72	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
β b	1,64	1,67	1,60	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
β t	1,34	1,34	1,31	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00



4.1 Loading

	X	Fx	F	alfa	Mt	Mb	alfa	Q	b	alfa
	[mm]	[N]	[N]	[°]	[Nm]	[Nm]	[°]	[N/mm]	[mm]	[°]
1	35,00	0,0	-741,4	0	-114,50	0,00				
2	35,00	0,0	190,7	90	0,00	0,00				
3	116,40	0,0	-911,5	0	114,50	0,00				
4	116,40	0,0	-2504,4	90	0,00	0,00				
5										
6										
7										
8										
9										
10										

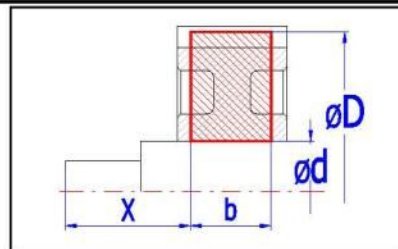
5.0 Rotating masses

5.1 Additional rotating masses (resonance speed)

5.2 Use loading from the weight of disks in the calculation? No

5.3

	X	D	d	b	Ro	m
	[mm]				[kg/m^3]	[kg]
M1	0,00	0,00	0,00	0,00	7800,0	0,00
M2	0,00	0,00	0,00	0,00	7800,0	0,00
M3	0,00	0,00	0,00	0,00	7800,0	0,00
M4	0,00	0,00	0,00	0,00	7800,0	0,00
M5	0,00	0,00	0,00	0,00	7800,0	0,00



6.0 Material and the type of loading

6.1 Shaft material (Ultimate tensile strength min-max)  
A...Structural steel (350 - 700) 560 [MPa]

6.2 Ultimate tensile strength Su/Rm 560 [MPa]

6.3 Yield strength in tension S<sub>y</sub>/Re 325 [MPa]

6.4 Yield strength in bending S<sub>Tb</sub>/Re<sub>b</sub> 422 [MPa]

6.5 Yield strength in shear S<sub>Vs</sub>/Re<sub>s</sub> 227 [MPa]

6.6 For reversed loading

6.7 Fatigue limit - tension-pressi σ<sub>c</sub> 213 [MPa]

6.8 Fatigue limit - bending σ<sub>ac</sub> 274 [MPa]

6.9 Fatigue limit - torsion τ<sub>c</sub> 196 [MPa]

6.10 For cyclic loading

6.11 Fatigue limit - tension-pressi σ<sub>TC</sub> 319 [MPa]

6.12 Fatigue limit - bending σ<sub>TC</sub> 412 [MPa]

6.13 Fatigue limit - torsion τ<sub>TC</sub> 225 [MPa]

6.14 Specific mass Ro 7850,0 [kg/m^3]

6.15 Modulus of elasticity in tensi E 210000 [MPa]

6.16 Modulus of elasticity in shea G 80000 [MPa]

6.17 Dead load Yes

6.18 Max. displayed coefficient of safety 20

6.19 Stress ratio factor σ<sub>0</sub> 1,00

6.20 Coefficient of maximum loading

6.21 Bending 1,50

6.22 Radial load 1,50

6.23 Torsion 1,50

6.24 Tension/Compression 1,50

6.25 Loading conditions

6.26 Loading from bending moment B...Repeated

6.27 Loading from radial force A...Static

6.28 Load from torsional moment B...Repeated

6.29 Loading from tension/pressure force A...Static

6.30 Dynamic strength check

6.31 Impact from shaft surface Yes

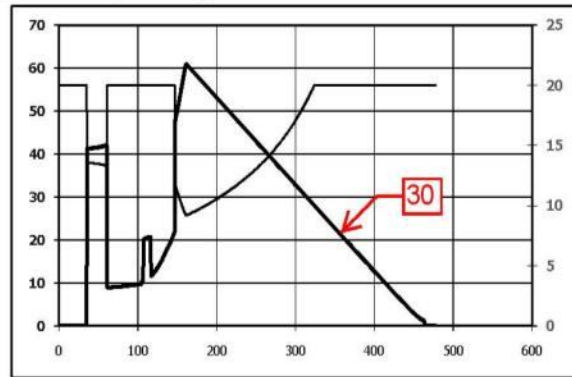
6.32 Impact from shaft size Yes

6.33 Impact from stress concentration (not Yes

Results section

	x	y	z	$\Sigma y+z$	
7.1 Reaction in the support R1	0	2605,52377	2124,49157	3361,87724	[N]
7.2 Reaction in the support R2	0	-291,82377	-439,59677	527,64234	[N]
7.3 Total shaft weight	m	3,28	[kg]		
7.4 Maximum deflection	y	<b>0,3696</b>	[mm]		
7.5 Maximum angular deflection	$\varphi$	0,0374	[°]		
7.6 Angular deflection in R1	$\vartheta$	0,1112	[°]		
7.7 Angular deflection in R2	$\vartheta$	0,0552	[°]		
7.8 Max. bending stress	$\sigma_e$	60,9	[MPa]		
7.9 Max. stress in shear	$\tau_s$	4,0	[MPa]		
7.10 Max. stress in torsion	$\tau_t$	-22,7	[MPa]		
7.11 Max. stress in tension/pressi	$\sigma_g$	0,0	[MPa]		
7.12 Max. equivalent stress	$\sigma_r$	60,9	[MPa]		
7.13 Min. static safety	SF <sub>st</sub>	4,62			
7.14 Min. dynamic safety	SF <sub>d</sub>	8,41			
7.15 Critical speed (A)	$n_c$	0,0	[/min]		
Critical speed (B)	$n_c$	35716,5	[/min]		
Critical speed (C)	$n_c$	25765,0	[/min]		

7.17 Graph  
 30..Equivalent stress [MPa]  
 40..Safety coefficient (equivalent stress)

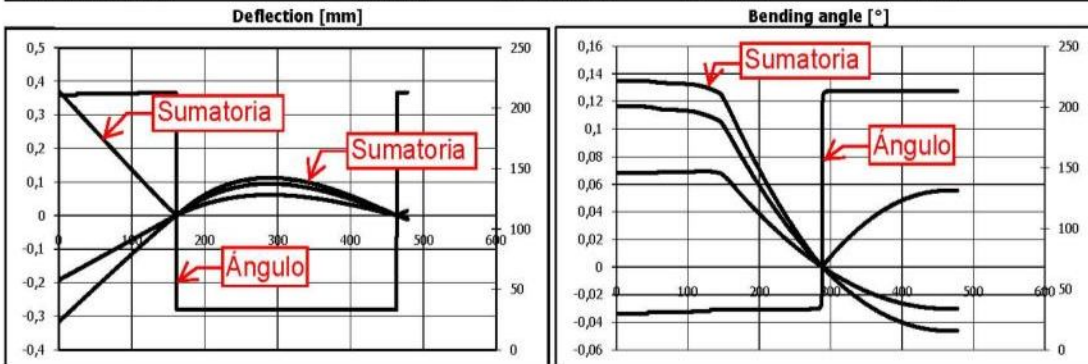


Shaft freely rotating in bearings, rotating disc between the bearings (K=1)

7.16 Results for X co-ordinate	60,00	105,40	145,40	35,00	116,40	161,20	463,20	478,00
13...Shear force - Sum [N]	768,620611	775,248719	2851,53555	1,87548558	776,254479	2852,04435	528,336228	0
14...Bending moment - Sum [Nm]	18,6727349	54,0901256	120,507556	0,03239275	62,2476736	160,06449	0,26737369	0
19...Shear force - Direction of max. value [°]	166	166	234	180	166	234	34	0
20...Bending moment - Direction of max. value [°]	166	166	205	180	166	213	213	0
25...Torsional moment [Nm]	-114,5	-114,5	0	0	-114,5	0	0	0

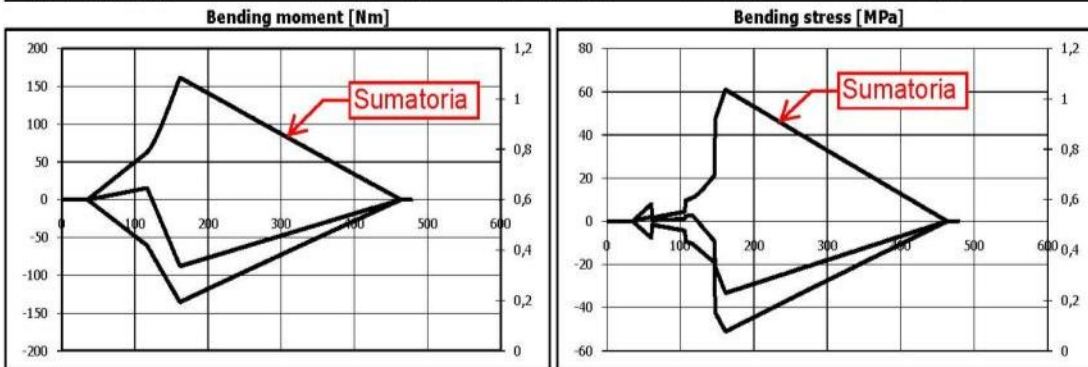
### 8.0 Graph - Deflection, Bending angle

8.1 Curves in graph  XZ Plane  XY Plane  Sum  Angle

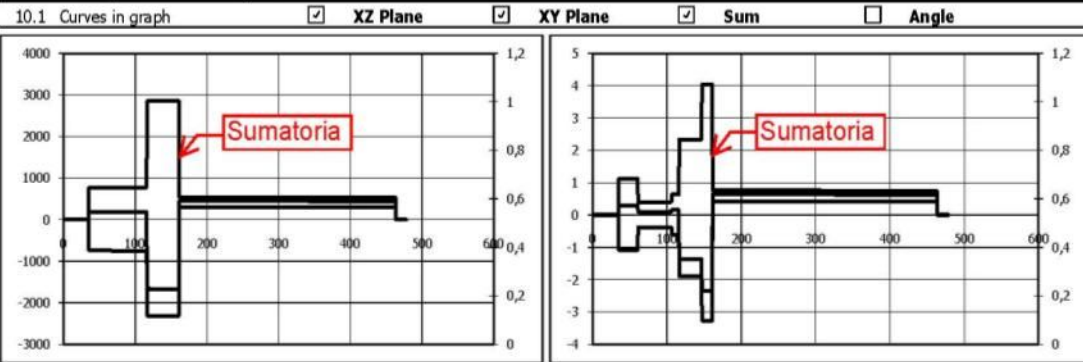


### 9.0 Graph - Bending moment, Bending stress

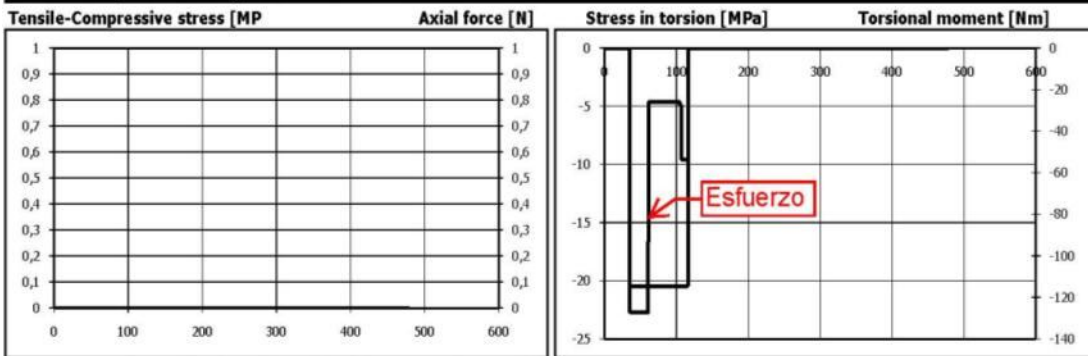
9.1 Curves in graph  XZ Plane  XY Plane  Sum  Angle



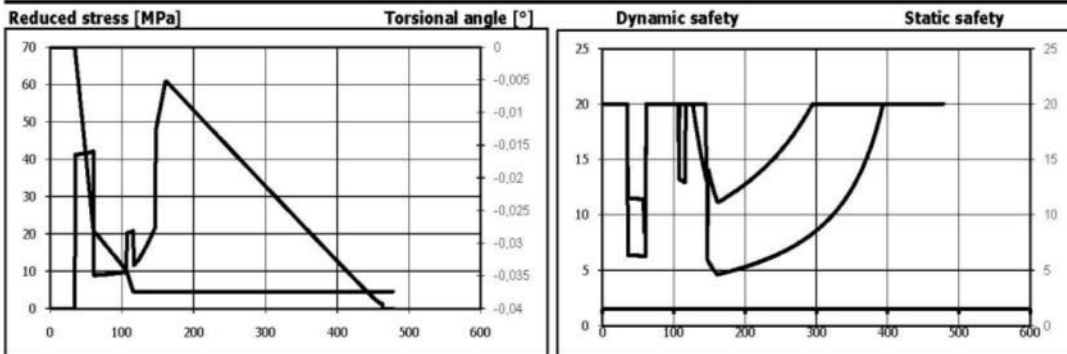
**10.0 Graph - Radial force, Stress in shear**



**11.0 Graph - Axial force, Torsional moment**



**12.0 Graph - Torsional angle, Reduced stress, Safety coefficient**

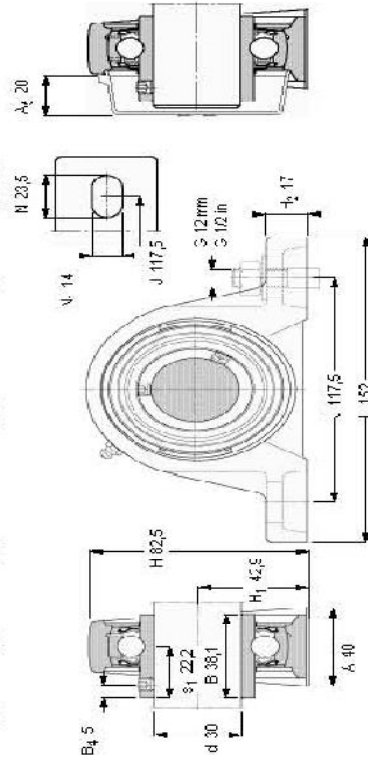


## ANEXO J. RODAMIENTOS TIPO SY30



### Soportes de pie con rodamientos Y, soporte de fundición, prisionero, rodamientos métricos

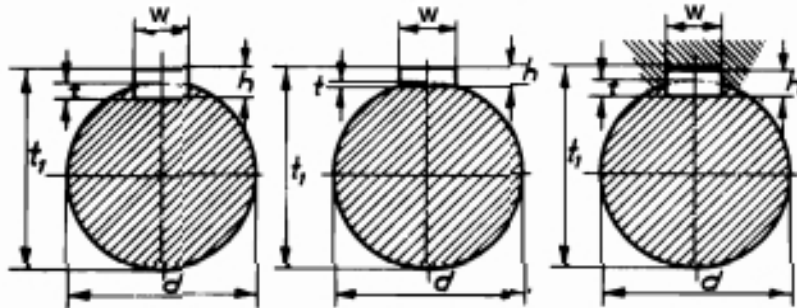
Dimensiones		Capacidades de carga		Velocidad		Masa		Designaciones		Soporte	
d	A	H	H <sub>1</sub>	L	C	C <sub>0</sub>	límite con eje ce	límite tolerancia h6	Unidad de rocarientc	Unidad de rocarientc	Rocarientc
mm					kN		rpm	kg			
30	40	82,5	42,9	152	13,5	11,2	6300	1,1	SY 30 TF	SY 30 TF	SY 536 M YPR 20E-2F



Prisionero	
Par de apriete recomendado [Nm]	M6xL75
Tamaño de la llave hexagonal [mm]	4
Tapa	3
	ECY 205

## ANEXO K. CÁLCULO DE CHAVETEROS

### Ranuras, chavetas y chaveteros



Diámetro del eje	CHAVETA ENCASTRADA				CHAVETA PLANA				CHAVETA			
	Ancho	Alto	Profundidad de la entalla del eje	Profundidad de la ranura del cubo	Ancho	Alto	Altura del rebaje	Profundidad de la ranura del cubo	Ancho	Alto	Profundidad de la entalla del eje	Profundidad de la ranura del cubo
	b	h	t	t <sub>1</sub>	b	h	t	t <sub>1</sub>	b	h	t	t <sub>1</sub>
d	b	h	t	t <sub>1</sub>	b	h	t	t <sub>1</sub>	b	h	t	t <sub>1</sub>
mm.			mm				mm				mm	
10- 12	4	4	2,5	d + 1,5	—	—	—	—	4	4	2,5	d + 1,7
12- 17	5	5	3	d + 2	—	—	—	—	5	5	3	d + 2,2
17- 22	6	6	3,5	d + 2,5	—	—	—	—	6	6	3,5	d + 2,7
22- 30	8	7	4	d + 3	8	4	1	d + 3	8	7	4	d + 3,2
30- 38	10	8	4,5	d + 3,5	10	5	1,5	d + 3,5	10	8	4,5	d + 3,7
38- 44	12	8	4,5	d + 3,5	12	5	1,5	d + 3,5	12	8	4,5	d + 3,7
44- 50	14	9	5	d + 4	14	5	1	d + 4	14	9	5	d + 4,2
50- 58	16	10	5	d + 5	16	6	1	d + 5	16	10	5	d + 5,2
58- 68	18	11	6	d + 5	18	7	2	d + 5	18	11	6	d + 5,3
68- 70	20	12	6	d + 6	20	8	2	d + 6	20	12	6	d + 6,3
78- 92	24	14	7	d + 7	24	9	2	d + 7	24	14	7	d + 7,3
92-110	28	16	8	d + 8	28	10	2	d + 8	28	16	8	d + 8,3
110-130	32	18	9	d + 9	32	11	2	d + 9	32	18	9	d + 9,3
130-150	36	20	10	d + 10	36	13	3	d + 10	36	20	10	d + 10,3
150-170	40	22	11	d + 11	40	14	3	d + 11	40	22	11	d + 11,3
170-200	45	25	13	d + 12	45	16	4	d + 12	45	25	13	d + 12,3

Las chavetas tienen una inclinación de 1 : 100. La medida referente a la altura de la chaveta se refiere a la parte más alta de la cuña.

Company Name : INDCO Ltda.

Diseño de chavetas

Variables Sheet

Input	Name	Output	Unit	Comment
	Ss	2204,00	Kg/cm2	Esfuerzo cortante del material
3800,00	Sc		Kg/cm2	Esfuerzo de fluencia (SAE-1020 Cia Gral Aceros)
2,5	FS			Factor de seguridad
1145	T		Kg*cm	Torque transmitido
1,20	w		cm	Ancho de chaveta
4	d		cm	Diametro de eje
0,80	h		cm	Altura de chaveta
	L1	0,54	cm	Longitud de chaveta por cortante
	L2	0,47	cm	Longitud de chaveta por compresion

Rules Sheet

Rules

$$L1 = \frac{2 \cdot T \cdot FS}{Ss \cdot w \cdot d}$$

$$L2 = \frac{2 \cdot T \cdot FS}{Sc \cdot h \cdot d}$$

$$Ss = 0,58 \cdot Sc$$

Tables Sheet

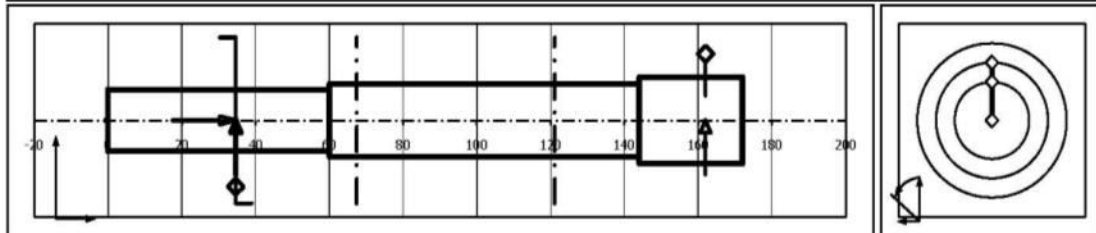
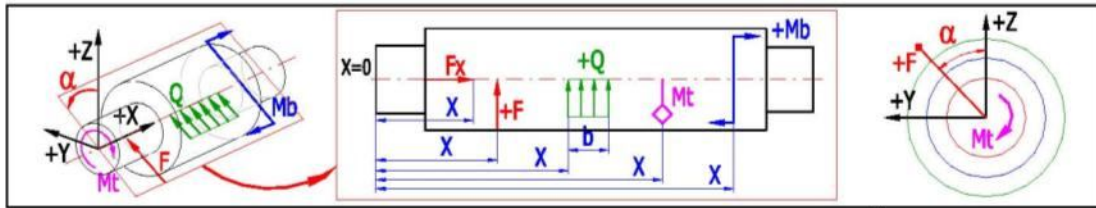
Name	Title
Tabla1	Longitud - Torque chavetas

Table: Tabla1

T	L1	L2	d	w	h
1145	1,08	0,72	3,00	0,80	0,70
1145	0,54	0,47	4,00	1,20	0,80
5183	3,67	2,66	3,20	1,00	0,80
5183	1,87	1,68	4,50	1,40	0,90

## ANEXO L. CÁLCULO DEL EJE 2

?		Input section								
<b>1.0 Preliminary shaft diameter design</b>										
1.1 Calculation units	SI Units (N, mm, kW...)									
1.2 Transmitted power	<input type="text" value="3,47"/>	[kW]	1.6 Type of shaft load							
1.3 Shaft speed	<input type="text" value="64"/>	[/min]	C...Repeated torsion + bending							
1.4 Torsion moment	<input type="text" value="518,30"/>	[Nm]	1.7 Material of the shaft							
1.5 Preliminary min. diameter	<input type="text" value="58,41"/>	[mm]	B...Structural steel with increased strength (850)							
<b>2.0 Shaft shape and dimensions</b>										
2.1 The scale of the displayed shaft diameter.	<input type="checkbox"/> Calculation units	SI Units (N, mm, kW...)								
2.2 Table										
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Origin	0,00	60,00	144,00	172,00	172,00	172,00	172,00	172,00	172,00	172,00
L	60,000	84,000	28,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
$\sigma$ Da	32,000	38,000	45,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
$\sigma$ Db	32,000	38,000	45,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
$\sigma$ da	0,000	0,000	9,525	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
$\sigma$ db	0,000	0,000	9,525	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
R	2,000	2,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
2.3 Total length of the shaft					<input type="text" value="172,00"/>	[mm]	2.6 The shaft surface (Roughness Ra)			
2.4 X-coordinate of the left support (bearing)				Fixed	<input type="text" value="67,40"/>	[mm]	D...Turned (1,6)	<input type="checkbox"/>		
2.5 X-coordinate of the right support (bearing)				Free	<input type="text" value="121,00"/>	[mm]				
<b>3.0 Notches and necking-down on the shaft</b>										
3.1 The ultimate tensile strength (Su, Rm)	<input type="text" value="595,0"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	[MPa]							
3.2 Notch sensitivity factor (q)	<input type="text" value="0,45"/>									
<b>3.3 A. Transverse hole</b>										
X[mm]	d[mm]	$\beta$ c	$\beta$ b	$\beta$ t						
		1,00	1,00	1,00						
		1,00	1,00	1,00						
<b>3.4 B. Necking-down</b>										
X[mm]	d[mm]	r[mm]	$\beta$ c	$\beta$ b	$\beta$ t					
			1,00	1,00	1,00					
			1,00	1,00	1,00					
			1,00	1,00	1,00					
<b>3.5 C. General notch</b>										
X[mm]	b[mm]	$\beta$ c	$\beta$ b	$\beta$ t						
0,00	59,00	1,38	1,38	1,37	Keyway (slotting cutter)					
146,50	25,00	1,38	1,38	1,37	Keyway (slotting cutter)					
		1,00	1,00	1,00	User values					
		1,00	1,00	1,00	User values					
		1,00	1,00	1,00	User values					
<b>3.6 D. Rounding between cylindrical sections of the shaft</b>										
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	
$\beta$ c	1,46	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
$\beta$ b	1,38	1,42	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
$\beta$ t	1,19	1,21	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	



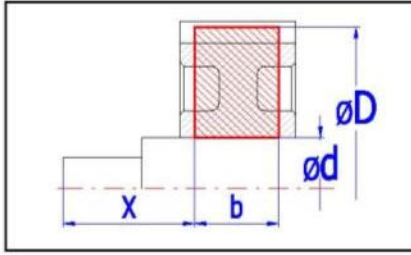
4.1 Loading	X	Fx	F	alfa	Mt	Mb	alfa	Q	b	alfa
	[mm]	[N]	[N]	[°]	[Nm]	[Nm]	[°]	[N/mm]	[mm]	[°]
1	34,60	1596,9	8638,3	0	518,30	-91,60	0			
2	34,60	0,0	2748,4	90	0,00	0,00				
3	162,00	0,0	911,5	0	-518,30	0,00				
4	162,00	0,0	2504,4	90	0,00	0,00				
5										
6										
7										
8										
9										
10										

**5.0 Rotating masses**

5.1 Additional rotating masses (resonance speed)

5.2 Use loading from the weight of disks in the calculation? No

5.3	X	D	d	b	Ro	m
	[mm]				[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg]
M1	0,00	0,00	0,00	0,00	7800,0	0,00
M2	0,00	0,00	0,00	0,00	7800,0	0,00
M3	0,00	0,00	0,00	0,00	7800,0	0,00
M4	0,00	0,00	0,00	0,00	7800,0	0,00
M5	0,00	0,00	0,00	0,00	7800,0	0,00



**6.0 Material and the type of loading**

6.1 Shaft material (Ultimate tensile strength min-max)			
A. Structural steel (350 - 700)	595	[MPa]	
6.2 Ultimate tensile strength	Su/Rm	595	[MPa] <input checked="" type="checkbox"/>
6.3 Yield strength in tension	Sy/Re	345	[MPa]
6.4 Yield strength in bending	S <sub>yt</sub> /Re <sub>b</sub>	449	[MPa]
6.5 Yield strength in shear	S <sub>ty</sub> /Re <sub>s</sub>	242	[MPa]
6.6 For reversed loading			
6.7 Fatigue limit - tension-press	σ <sub>c</sub>	226	[MPa]
6.8 Fatigue limit - bending	σ <sub>ec</sub>	292	[MPa]
6.9 Fatigue limit - torsion	τ <sub>c</sub>	208	[MPa]
6.10 For cyclic loading			
6.11 Fatigue limit - tension-press	σ <sub>1c</sub>	339	[MPa]
6.12 Fatigue limit - bending	σ <sub>elc</sub>	437	[MPa]
6.13 Fatigue limit - torsion	τ <sub>1c</sub>	239	[MPa]
6.14 Specific mass	Ro	7850,0	[kg/m <sup>3</sup> ]
6.15 Modulus of elasticity in tensi	E	210000	[MPa]
6.16 Modulus of elasticity in shea	G	80000	[MPa]

6.17 Dead load	Yes	
6.18 Max. displayed coefficient of safety	20	
6.19 Stress ratio factor	α <sub>0</sub> 1,00	<input checked="" type="checkbox"/>
6.20 Coefficient of maximum loading		
6.21 Bending	1,50	
6.22 Radial load	1,50	
6.23 Torsion	1,50	
6.24 Tension/Compression	1,50	
6.25 Loading conditions		
6.26 Loading from bending moment	B...Repeated	<input checked="" type="checkbox"/>
6.27 Loading from radial force	A...Static	<input checked="" type="checkbox"/>
6.28 Load from torsional moment	B...Repeated	<input checked="" type="checkbox"/>
6.29 Loading from tension/pressure force	A...Static	<input checked="" type="checkbox"/>
6.30 Dynamic strength check		
6.31 Impact from shaft surface	Yes	<input checked="" type="checkbox"/>
6.32 Impact from shaft size	Yes	<input checked="" type="checkbox"/>
6.33 Impact from stress concentration (notc)	Yes	<input checked="" type="checkbox"/>

**Results section**

?

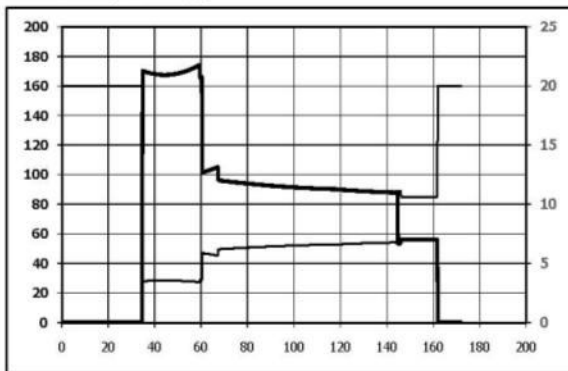
Results section

	x	y	z	$\Sigma y+z$	
7.1 Reaction in the support R1	-1596,9	-2514,5776	-11511,711	11783,1488	[N]
7.2 Reaction in the support R2	0	-2738,2224	1976,0363	3376,77084	[N]
7.3 Total shaft weight	m	1,46			[kg]
7.4 Maximum deflection	y	0,0238			[mm]
7.5 Maximum angular deflection	$\varphi$	0,2672			[°]
7.6 Angular deflection in R1	$\vartheta$	0,0121			[°]
7.7 Angular deflection in R2	$\vartheta$	0,0094			[°]
7.8 Max. bending stress	$\sigma_b$	46,7			[MPa]
7.9 Max. stress in shear	$\tau_s$	11,6			[MPa]
7.10 Max. stress in torsion	$\tau_t$	84,8			[MPa]
7.11 Max. stress in tension/press.	$\sigma_g$	2,0			[MPa]
7.12 Max. equivalent stress	$\sigma_e$	174,0			[MPa]
7.13 Min. static safety	SF <sub>St</sub>	1,61			
7.14 Min. dynamic safety	SF <sub>D</sub>	2,46			
7.15 Critical speed (A)	$n_c$	0,0			[/min]
Critical speed (B)	$n_c$	288124,3			[/min]
Critical speed (C)	$n_c$	199412,1			[/min]

7.17 Graph

30...Equivalent stress [MPa]

40...Safety coefficient (equivalent stress)



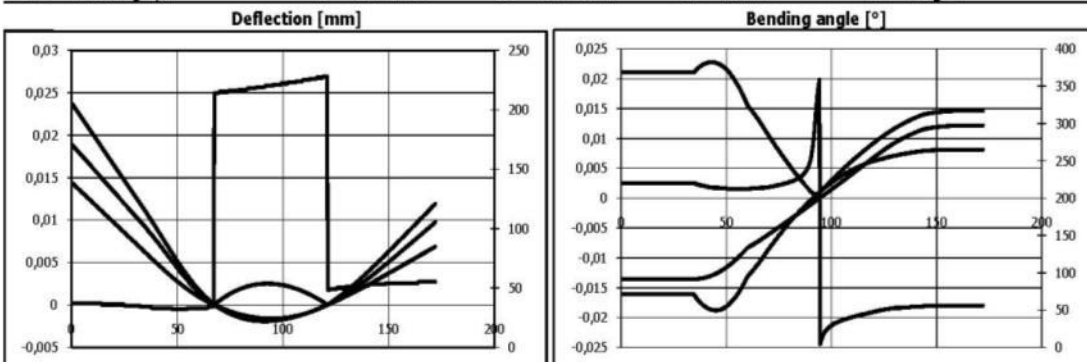
Shaft freely rotating in bearings, rotating disc between the bearings (K=1)

7.16 Results for X co-ordinate

	60,00	144,00	34,60	67,40	121,00	146,50	162,00	35,00
13...Shear force - Sum [N]	9061,53621	2664,02983	2,08727683	9060,94334	2891,80663	2664,11724	2664,71684	9062,975
14...Bending moment - Sum [Nm]	144,258612	48,51084	0,03590116	208,872277	109,419131	42,0957728	0,85071803	90,3935704
19...Shear force - Direction of max. value [°]	18	250	180	18	175	250	250	18
20...Bending moment - Direction of max. value [°]	29	70	180	25	70	70	70	180
41...Safety coefficient (static)	1,68974307	3,17724006	20	2,67494118	3,10761634	4,95849042	4,9764156	1,64236887

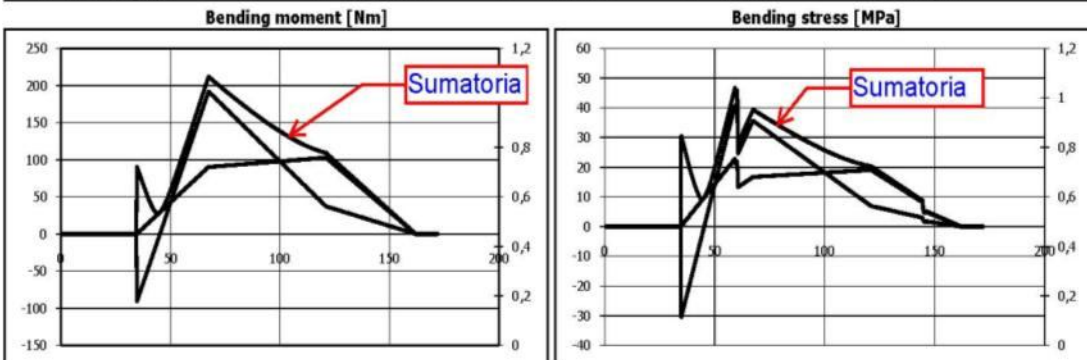
8.0 Graph - Deflection, Bending angle

8.1 Curves in graph  XZ Plane  XY Plane  Sum  Angle



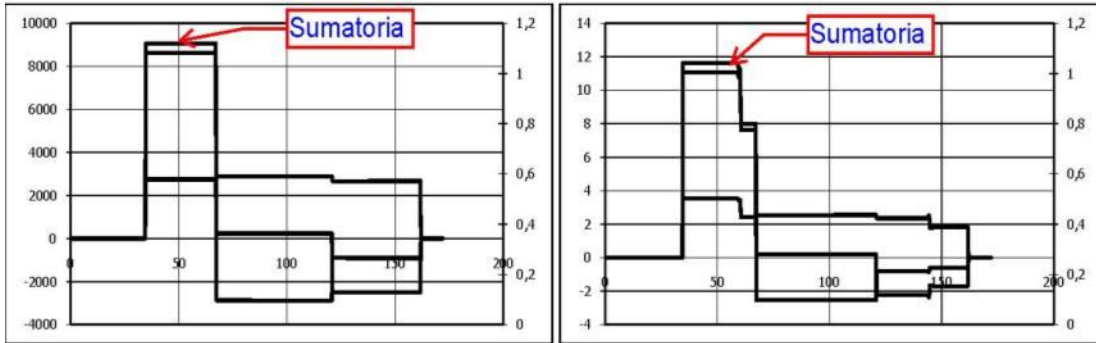
9.0 Graph - Bending moment, Bending stress

9.1 Curves in graph  XZ Plane  XY Plane  Sum  Angle

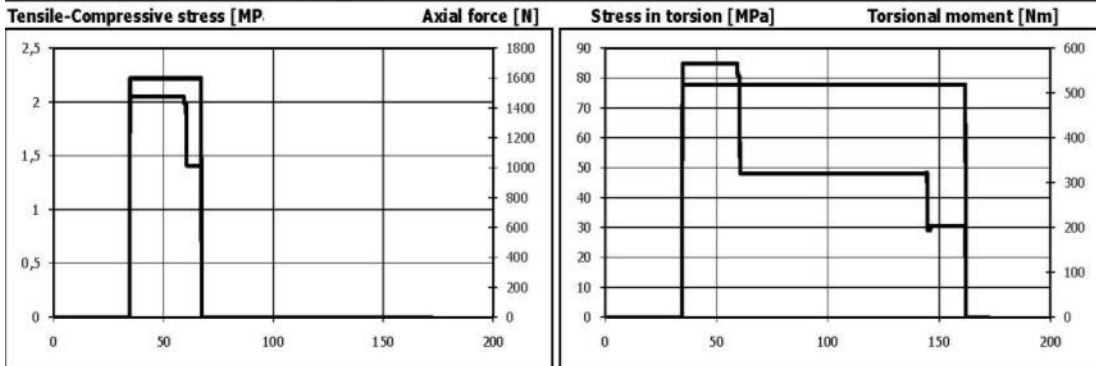


**10.0 Graph - Radial force, Stress in shear**

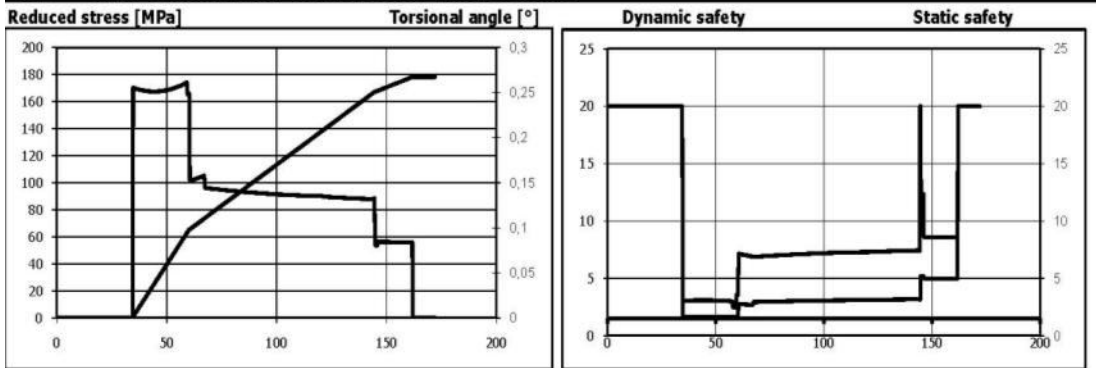
10.1 Curves in graph  XZ Plane  XY Plane  Sum  Angle



**11.0 Graph - Axial force, Torsional moment**



**12.0 Graph - Torsional angle, Reduced stress, Safety coefficient**

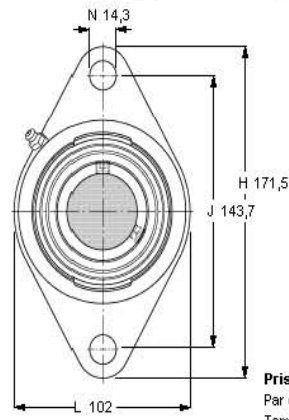
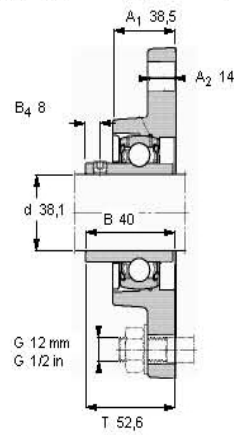


## ANEXO M. RODAMIENTOS TIPO FYT1.1/2



### Soportes de brida con rodamientos Y, soporte de fundición ovalado, prisionero, rodamientos en pulgada

Dimensiones					Capacidades de carga		Velocidad	Masa	Designaciones		
d	A <sub>1</sub>	J	L	T	dinámica	estática	límite		Unidad de rodamiento	Soporte	Rodamiento
mm					C	C <sub>0</sub>	con eje de tolerancia h6	rpm	kg	-	
38,1	38,5	143,7	102	52,6	30,7	19	4800	1,57	FYT 1.1/2 RM	FYT 508 U	YAT 208-108



**Prisionero**  
 Par de apriete recomendado [Nm] 5/16-24x5/16 6,5  
 Tamaño de la llave hexagonal [mm] 3,96875

## ANEXO N. CÁLCULO DEL EJE 3

? **Input section**

---

**1.0 Preliminary shaft diameter design**

1.1 Calculation units	SI Units (N, mm, kW...)		
1.2 Transmitted power	3,44	[kW]	1.6 Type of shaft load
1.3 Shaft speed	35,56	[/min]	C...Repeated torsion + bending
1.4 Torsion moment	923,50	[Nm]	1.7 Material of the shaft
1.5 Preliminary min. diameter	70,67	[mm]	B...Structural steel with increased strength (850)

---

**2.0 Shaft shape and dimensions**

2.1 The scale of the displayed shaft diameter.  Calculation units SI Units (N, mm, kW...)

---

2.2 Table										
Origin	0,00	15,00	131,00	171,00	591,00	678,00	712,00	712,00	712,00	712,00
L	15,000	116,000	40,000	420,000	87,000	34,000	0,000	0,000		
ø Da	25,000	30,000	36,000	40,000	45,000	36,000	0,000	0,000		
ø Db	25,000	30,000	36,000	40,000	45,000	36,000	0,000	0,000		
ø da	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
ø db	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
R	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	0,000	0,000		

---

2.3 Total length of the shaft 712,00 [mm]

2.4 X-coordinate of the left support (bearing) Free 4,70 [mm]

2.5 X-coordinate of the right support (bearing) Fixed 113,30 [mm]

2.6 The shaft surface (Roughness) D...Turned (1,6)

---

**3.0 Notches and necking-down on the shaft**

3.1 The ultimate tensile strength (Su, Rm) 595,0 [MPa]

3.2 Notch sensitivity factor (q) 0,45

3.3 **A. Transverse hole**

X[mm]	d[mm]	β c	β b	β t
		1,00	1,00	1,00
		1,00	1,00	1,00

---

3.4 **B. Necking-down**

X[mm]	d[mm]	r[mm]	β c	β b	β t
			1,00	1,00	1,00
			1,00	1,00	1,00
			1,00	1,00	1,00

---

3.5 **C. General notch**

X[mm]	b[mm]	β c	β b	β t
683,00	28,50	1,38	1,38	1,37
		1,00	1,00	1,00
		1,00	1,00	1,00
		1,00	1,00	1,00
		1,00	1,00	1,00

Keyway (slotting cutter) ▼

User values ▼

User values ▼

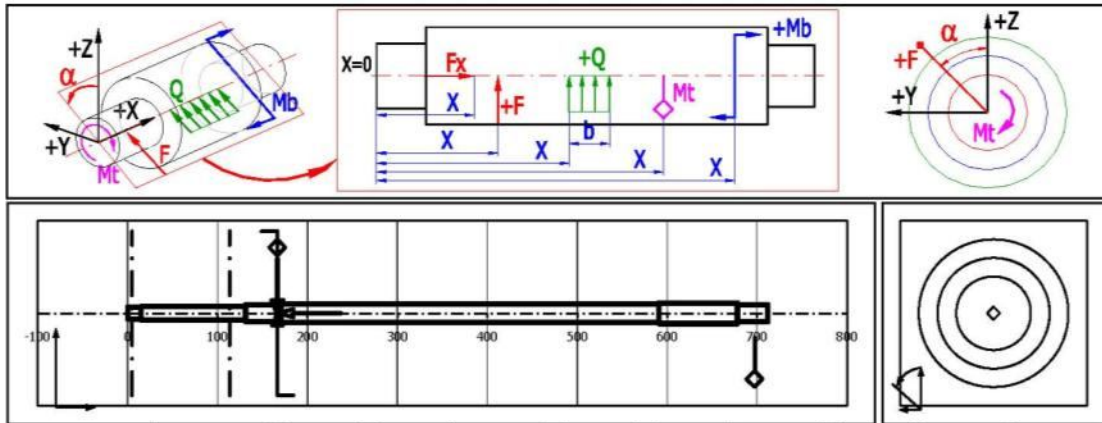
User values ▼

User values ▼

---

3.6 **D. Rounding between cylindrical sections of the shaft**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
β c	1,40	1,45	1,43	1,47	1,52	1,00	1,00	1,00	1,00
β b	1,33	1,37	1,36	1,40	1,43	1,00	1,00	1,00	1,00
β t	1,17	1,19	1,18	1,20	1,22	1,00	1,00	1,00	1,00



4.1 Loading

	X	Fx	F	alfa	Mt	Mb	alfa	Q	b	alfa
	[mm]	[N]		[°]	[Nm]		[°]	[N/mm]	[mm]	[°]
1	166,40	-2748,4	-1596,9	0	-923,60	-293,80	0			
2	166,40	0,0	8638,3	90	0,00	0,00				
3	697,00	0,0	0,0	0	923,60	0,00				
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

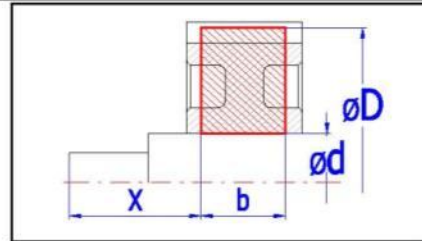
5.0 Rotating masses

5.1 Additional rotating masses (resonance speed)

5.2 Use loading from the weight of disks in the calculation? No

5.3

	X	D	d	b	Ro	m
	[mm]				[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg]
M1	0,00	0,00	0,00	0,00	7800,0	0,00
M2	0,00	0,00	0,00	0,00	7800,0	0,00
M3	0,00	0,00	0,00	0,00	7800,0	0,00
M4	0,00	0,00	0,00	0,00	7800,0	0,00
M5	0,00	0,00	0,00	0,00	7800,0	0,00



6.0 Material and the type of loading

6.1 Shaft material (Ultimate tensile strength min-max) A. Structural steel (350 - 700) 595 [MPa]

6.2 Ultimate tensile strength Su/Rm 595 [MPa]

6.3 Yield strength in tension Sy/Re 345 [MPa]

6.4 Yield strength in bending S<sub>ty</sub>/R<sub>ey</sub> 449 [MPa]

6.5 Yield strength in shear S<sub>ty</sub>/R<sub>es</sub> 242 [MPa]

6.6 For reversed loading

6.7 Fatigue limit - tension-pressi σ<sub>rc</sub> 226 [MPa]

6.8 Fatigue limit - bending σ<sub>rc</sub> 292 [MPa]

6.9 Fatigue limit - torsion τ<sub>rc</sub> 208 [MPa]

6.10 For cyclic loading

6.11 Fatigue limit - tension-pressi σ<sub>rc</sub> 339 [MPa]

6.12 Fatigue limit - bending σ<sub>rc</sub> 437 [MPa]

6.13 Fatigue limit - torsion τ<sub>rc</sub> 239 [MPa]

6.14 Specific mass Ro 7850,0 [kg/m<sup>3</sup>]

6.15 Modulus of elasticity in tensi E 210000 [MPa]

6.16 Modulus of elasticity in shea G 80000 [MPa]

6.17 Dead load No

6.18 Max. displayed coefficient of safety 20

6.19 Stress ratio factor α<sub>0</sub> 1,00

6.20 Coefficient of maximum loading

6.21 Bending 1,50

6.22 Radial load 1,50

6.23 Torsion 1,50

6.24 Tension/Compression 1,50

6.25 Loading conditions

6.26 Loading from bending moment B..Repeated

6.27 Loading from radial force A..Static

6.28 Load from torsional moment B..Repeated

6.29 Loading from tension/pressure force A..Static

6.30 Dynamic strength check

6.31 Impact from shaft surface Yes

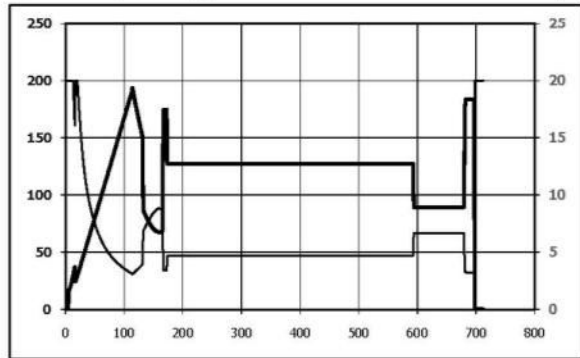
6.32 Impact from shaft size Yes

6.33 Impact from stress concentration (notc Yes

Results section

	x	y	z	$\Sigma y+z$	
7.1 Reaction in the support R1	0	4223,69917	1924,536	4641,49475	[N]
7.2 Reaction in the support R2	2748,4	-12861,999	-327,63601	12866,1715	[N]
7.3 Total shaft weight	m	6,53			[kg]
7.4 Maximum deflection	y	2,1744			[mm]
7.5 Maximum angular deflection	$\varphi$	1,3488			[°]
7.6 Angular deflection in R1	$\vartheta$	0,0663			[°]
7.7 Angular deflection in R2	$\vartheta$	0,1263			[°]
7.8 Max. bending stress	$\sigma_b$	188,8			[MPa]
7.9 Max. stress in shear	$\tau_s$	12,4			[MPa]
7.10 Max. stress in torsion	$\tau_t$	-106,1			[MPa]
7.11 Max. stress in tension/press	$\sigma_D$	-3,9			[MPa]
7.12 Max. equivalent stress	$\sigma_e$	193,6			[MPa]
7.13 Min. static safety	SF <sub>st</sub>	1,52			
7.14 Min. dynamic safety	SF <sub>D</sub>	2,48			
7.15 Critical speed (A)	$n_c$	0,0			[/min]
Critical speed (B)	$n_c$	3207,6			[/min]
Critical speed (C)	$n_c$	2601,3			[/min]

7.17 Graph  
 30..Equivalent stress [MPa]  
 40..Safety coefficient (equivalent stress)



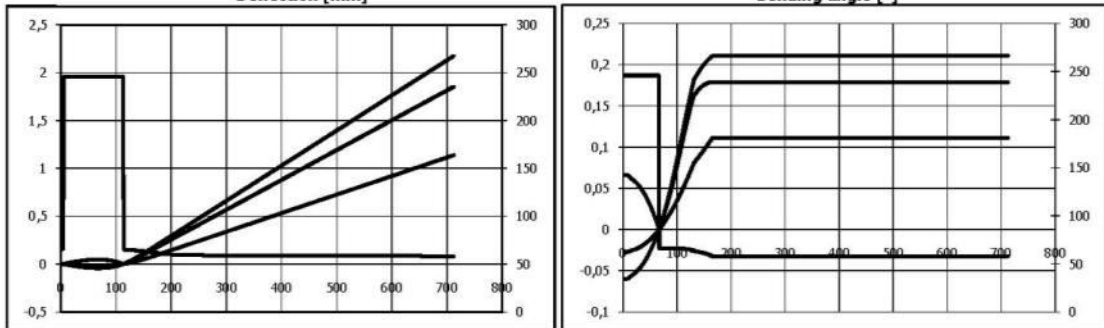
Shaft freely rotating in bearings, rotating disc between the bearings (K=1)

7.16 Results for X co-ordinate

	15,00	131,00	5,00	113,00	167,00	683,00	697,00	712,00
13...Shear force - Sum [N]	4641,49475	8784,66371	1,928E-14	4641,49475	0	0	0	0
14...Bending moment - Sum [Nm]	44,2798599	395,437223	3,421E-14	500,334568	0	0	0	0
19...Shear force - Direction of max. value [°]	66	280	0	66	0	0	0	0
20...Bending moment - Direction of max. value [°]	66	54	178	66	0	0	0	0
41...Safety coefficient (static)	8,8519306	1,9177989	20	1,58123247	1,59736884	1,5175004	1,5175004	20

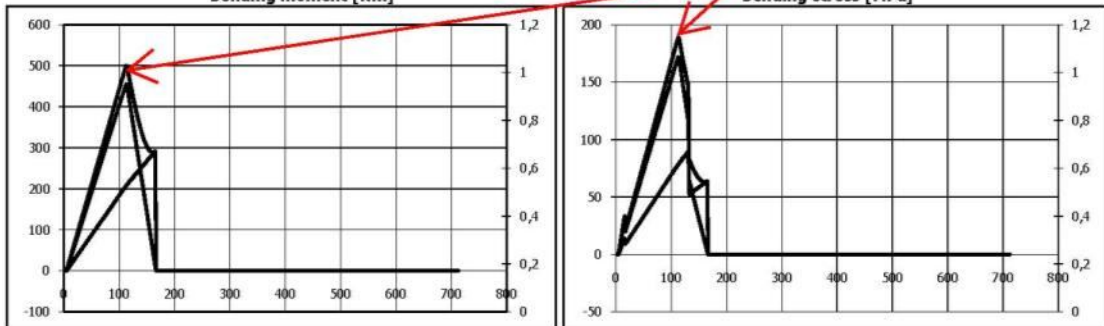
8.0 Graph - Deflection, Bending angle

8.1 Curves in graph  XZ Plane  XY Plane  Sum  Angle

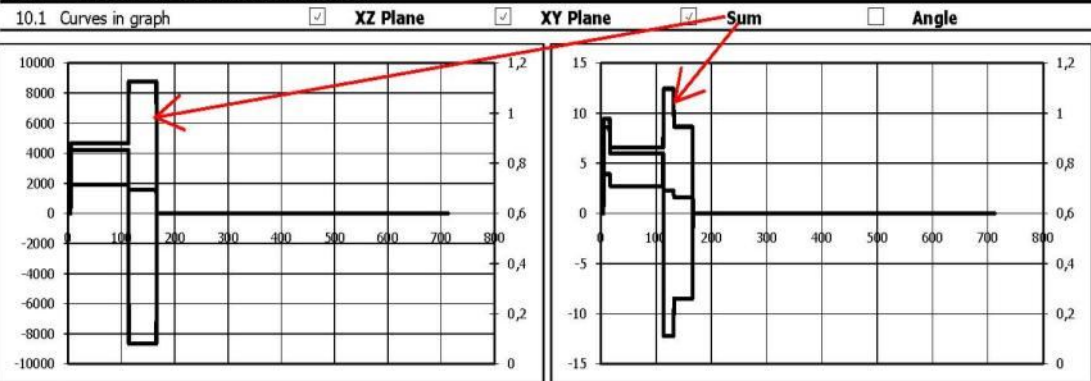


9.0 Graph - Bending moment, Bending stress

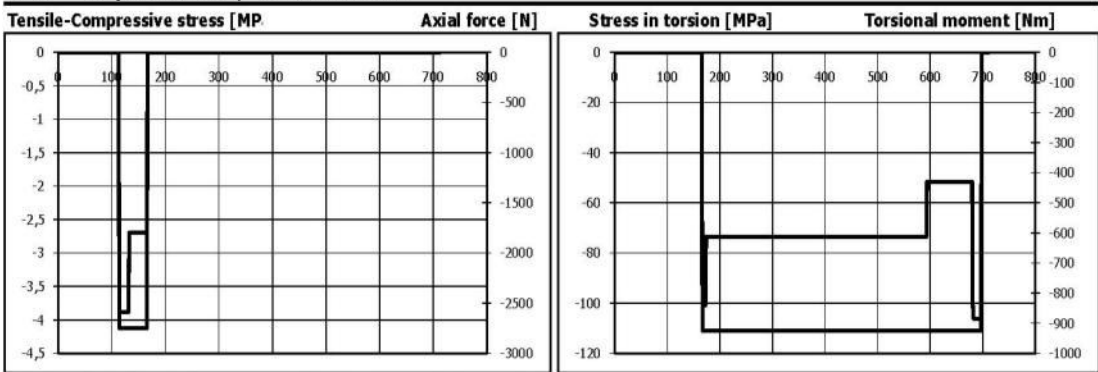
9.1 Curves in graph  XZ Plane  XY Plane  Sum  Angle



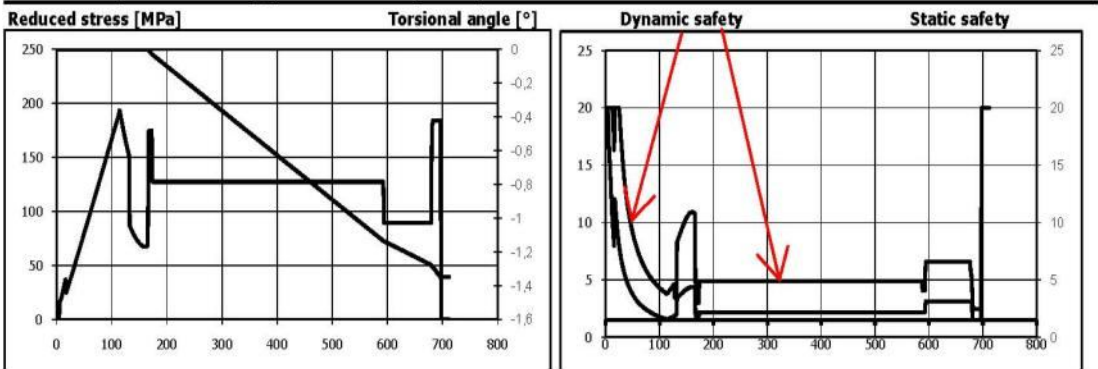
**10.0 Graph - Radial force, Stress in shear**



**11.0 Graph - Axial force, Torsional moment**



**12.0 Graph - Torsional angle, Reduced stress, Safety coefficient**

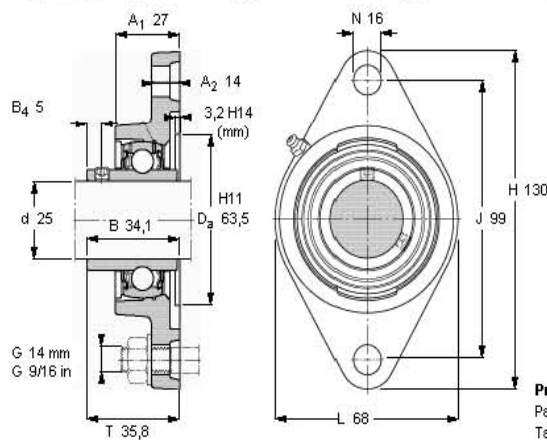


## ANEXO O. RODAMIENTOS EJE 3 Y EJE 4



### Soportes de brida con rodamientos Y, soporte de fundición ovalado, prisionero, rodamientos métricos

Dimensiones					Capacidades de carga		Velocidad límite	Masa	Designaciones		
d	A <sub>1</sub>	J	L	T	C	C <sub>0</sub>	con eje de tolerancia h6		Unidad de rodamiento	Soporte	Rodamiento
mm					kN		rpm	kg	-		
25	27	99	68	35,8	14	7,8	7000	0,67	FYTJ 25 TF	FYTJ 505	YAR 205-2F

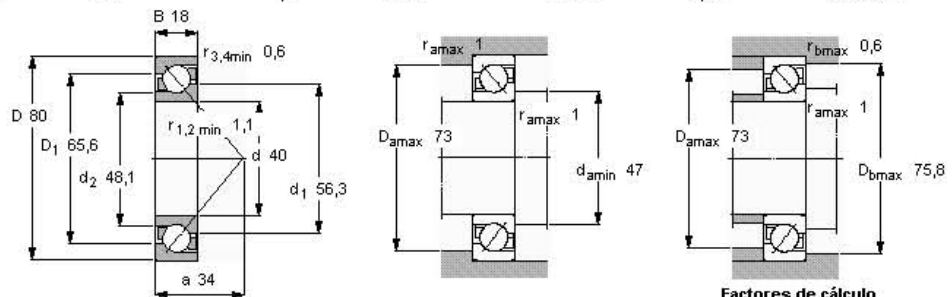


**Prisionero**  
 Par de apriete recomendado [Nm] 4  
 Tamaño de la llave hexagonal [mm] 3

### Rodamientos de bolas con contacto angular, de una hilera



Dimensiones principales				Capacidades de carga		Carga límite de fatiga	Velocidades		Masa	Designación
d	D	B	C	dinámica	estática	P <sub>f</sub>	Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm				kN		kN	rpm		kg	-
40	80	18	36,4		26	1,1	10000	10000	0,38	7208 BEY



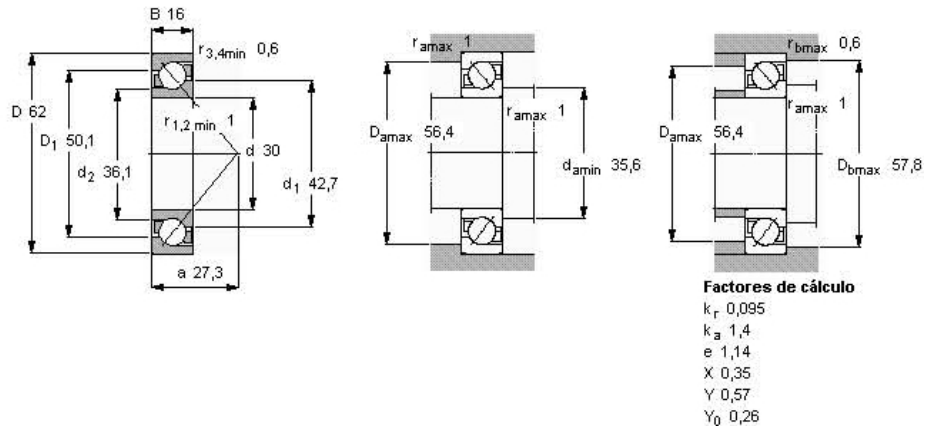
**Factores de cálculo**

k<sub>r</sub> 0,095  
 k<sub>a</sub> 1,4  
 e 1,14  
 X 0,35  
 Y 0,57  
 Y<sub>0</sub> 0,26

## Rodamientos de bolas con contacto angular, de una hilera



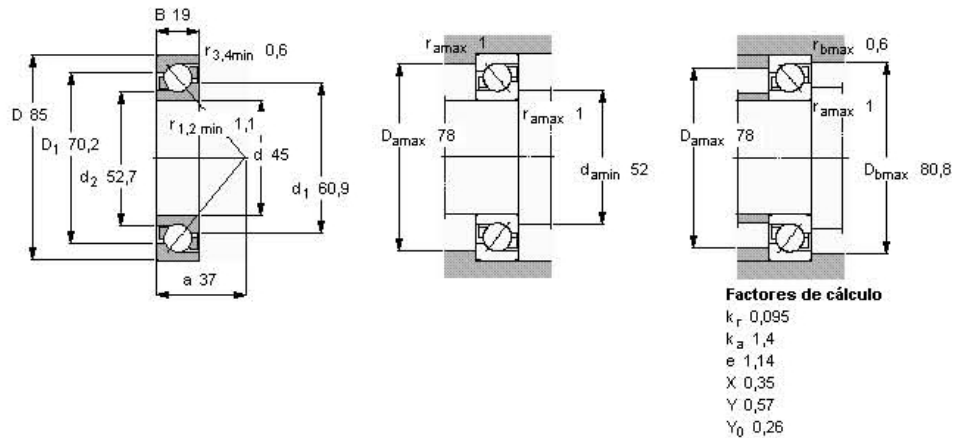
Dimensiones principales		Capacidades de carga		Carga límite de fatiga $P_1$	Velocidades		Masa	Designación	
d	D	B	C		dinámica	estática			Velocidad de referencia
mm				kN		kN	rpm	kg	-
30	62	16	23,8	15,6	0,655	13000	13000	0,21	7206 BEY



## Rodamientos de bolas con contacto angular, de una hilera



Dimensiones principales		Capacidades de carga		Carga límite de fatiga $P_1$	Velocidades		Masa	Designación	
d	D	B	C		dinámica	estática			Velocidad de referencia
mm				kN		kN	rpm	kg	-
45	85	19	37,7	28	1,2	9000	9000	0,43	7209 BEY



## ANEXO P. ACOPLE EN LOS EJES 3 Y 4

Premium Flexible Drive Couplings



Magnaloy is the original lightweight, heavy-duty flexible drive coupling. Light weight magnesium construction makes Magnaloy couplings 76% lighter than cast iron and 36% lighter than aluminum units... and they're stronger than either!

The benefits are many... Reduced loads on bearings, shafts and pumps, for longer component life. Easier handling and installation. Rust proof and corrosion resistant.

Magnaloy's close machining tolerances (TIR of .002") assures vibration - free operation and easy, accurate alignment without need for special tools. Solid magnesium alloy permanent mold castings are heat treated and offer the highest strength-to-weight ratio available.

### Coupling Performance Specifications

Coupling Model	Maximum Bore	Wr <sup>2</sup> lb.- ft. <sup>2</sup>	Insert Number	Rated Torque lb.- in.	Torsional Rigidity lb-in/Deg	Horse Power Rating@		
						100 rpm	1200 rpm	1800 rpm
100	1-1/8	.0046	170N	340.7	42	.55	6.5	9.8
			170U	511.0	53	.82	9.8	14.7
			170H	1,022.1	182	1.65	19.8	29.7
200	1-3/8	.0068	270N	398.3	55	.64	7.6	11.5
			270U	597.4	68	.96	11.5	17.2
			270H	1,194.9	234	1.92	23.0	34.5
300	1-5/8	.022	370N	701.4	81	1.12	13.5	20.2
			370U	1,052.1	148	1.68	20.2	30.3
			370H	2,104.2	336	3.36	40.4	60.6
400	1-7/8	.031	470N	1,056.3	138	1.69	20.3	30.4
			470U	1,584.5	310	2.5	30.4	45.6
			470H	3,168.9	488	5.1	60.8	91.3
500	2-3/8	.071	570N	2,194.8	314	3.5	42.1	63.2
			570U	3,292.2	695	5.3	63.2	94.8
			570H	6,584.4	1,571	10.5	126.4	189.6
600	2-5/8	.16	670N	4,946.7	676	7.9	94.9	142.5
			670U	7,420.1	1,510	11.9	142.5	213.7
			670H	14,840.1	2,960	23.7	284.9	427.4
700	2-7/8	.34	770N	11,639.8	1,805	18.6	223.5	335.2
			770U	17,459.7	2,104	27.9	335.2	502.8
			770H	29,099.5	-	46.5	558.75	838.0
800	3-7/8	.95	870N	21,889.4	3,680	35.0	420.3	630.4
			870U	32,834.1	-	52.5	630.4	945.6
			870H	47,062.2	-	75.2	903.0	1,354.5
900	4-3/4	4.20	970N	47,842.3	8,428	76.5	918.6	1,377.9
			970U	71,763.5	-	114.8	1,377.9	2,066.8

**magnaloy coupling company**

P.O. Box 455 Alpena, MI 49707

**989-356-2186**

A Division of Douville Johnston Corporation

Fax: 989-354-4190

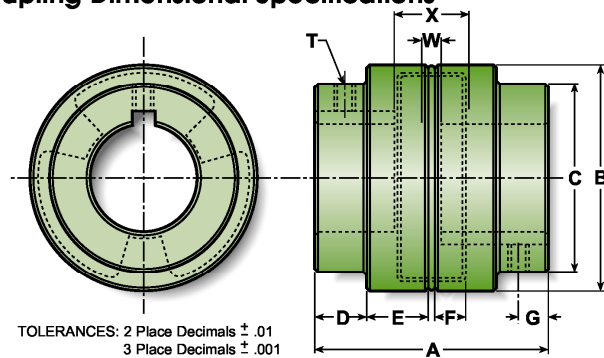
<http://www.magnaloy.com>

**3**

Magnaloy Coupling Dimensional Specifications

Models 100, 200, 300, 400

	100	200	300	400
A	2.54	3.10	3.58	4.24
B	2.600	2.900	3.450	3.980
C	2.00	2.25	2.90	3.05
D	0.56	0.68	0.78	1.00
E	0.68	0.84	0.96	1.06
F	0.42	0.42	0.44	0.54
G	0.31	0.43	0.56	0.73
W	1/16	1/16	1/16	1/16
X	0.90	0.90	0.98	1.20
T	1/4-20	5/16-18	5/16-18	3/8-16



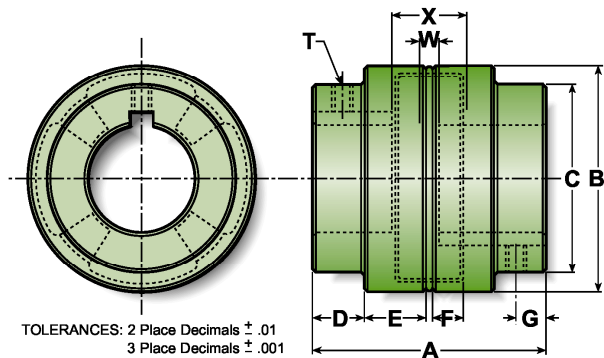
Model 500

	500
A	4.67
B	4.800
C	4.00
D	1.04
E	1.23
F	0.64
G	0.70
W	1/16
X	1.41
T	3/8-16

X\*: Maximum Space between shaft ends to allow full shaft engagement in Hub Bore.

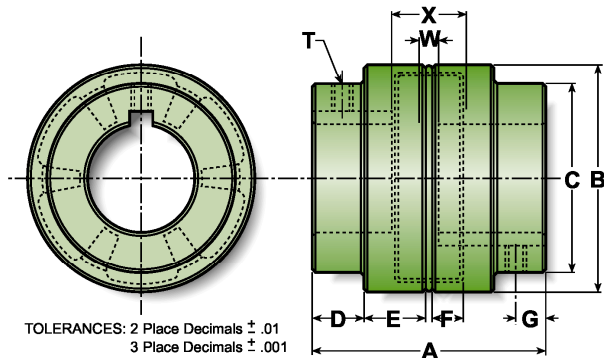
Y\*: Minimum spacing between shaft ends.

\* Given for reference only.



Models 600, 700, 800, 900

	600	700	800	900
A	5.98	6.99	7.99	10.15
B	5.975	6.900	8.600	11.400
C	4.50	5.19	7.00	8.30
D	1.60	2.08	2.25	2.75
E	1.33	1.32	1.62	2.20
F	0.62	0.89	1.00	1.32
G	1.13	1.13	1.58	1.88
W	1/16	1/16	1/16	1/16
X	1.36	1.97	2.25	2.89
T	3/8-16	1/2-13	1/2-13	3/4-10



Standard Bore and Keyway Combinations

Magnaloy "Standard" Bore & Key Combinations												
Model Code	Bore/Key Code	Model →		100	200	300	400	500	600	700	800	900
		Bore	Key									
M	01203	3/8 x 3/32										
M	01403	7/16 x 3/32										
M	01404	7/16 x 1/8										
M	01604	1/2 x 1/8										
M	01804	9/16 x 1/8										
M	02005	5/8 x 5/32										
M	02006	5/8 x 3/16										
M	02206	11/16 x 3/16										
M	02404	3/4 x 1/8										
M	02406	3/4 x 3/16										
M	02806	7/8 x 3/16										
M	02808	7/8 x 1/4										
M	03008	15/16 x 1/4										
M	10006	1 x 3/16										
M	10008	1 x 1/4										
M	10408	1 1/8 x 1/4										
M	10608	1 3/16 x 1/4										
M	10808	1 1/4 x 1/4										
M	10810	1 1/4 x 5/16										
M	11210	1 3/8 x 5/16										
M	11212	1 3/8 x 3/8										
M	11412	1 7/16 x 3/8										
M	11610	1 1/2 x 5/16										
M	11612	1 1/2 x 3/8										
M	12012	1 5/8 x 3/8										
M	12412	1 3/4 x 3/8										

Magnaloy "Standard" Bore & Key Combinations												
Model Code	Bore/Key Code	Model →		100	200	300	400	500	600	700	800	900
		Bore	Key									
M	12414	1 3/4 x 7/16										
M	12816	1 7/8 x 1/2										
M	13016	1 15/16 x 1/2										
M	20016	2 x 1/2										
M	20416	2 1/8 x 1/2										
M	20816	2 1/4 x 1/2										
M	21220	2 3/8 x 5/8										
M	21620	2 1/2 x 5/8										
M	22020	2 5/8 x 5/8										
M	22420	2 3/4 x 5/8										
M	22824	2 7/8 x 3/4										
M	30024	3 x 3/4										
M	30824	3 1/4 x 3/4										
M	31228	3 3/8 x 7/8										
M	31628	3 1/2 x 7/8										
M	32028	3 5/8 x 7/8										
M	32428	3 3/4 x 7/8										
M	32832	3 7/8 x 1										
M	40032	4 x 1										
M	40432	4 1/8 x 1										
M	40832	4 1/4 x 1										
M	41232	4 3/8 x 1										
M	41632	4 1/2 x 1										
M	41640	4 1/2 x 1 1/4										
M	42040	4 5/8 x 1 1/4										
M	42440	4 3/4 x 1 1/4										

Shaded Area: AGMA semi-standard bore key combinations.

**Part Number Usage:** Magnaloy Coupling Hub part numbers may be specified using the following format: Start with letter "M" designating Magnaloy, followed by 3 digit Model Code (100, 200, etc.), then the specific 5 digit Bore Key Code.

**Example:** Model 500 hub with a 1 3/8 bore and 5/16 keyway would be specified as: M5001210 - No bore hubs are designated as 'R' code, ie: M500R.

**Bore Tolerances**

Over	Include	Tolerance
-	1	+0.008/ +.0003
1	2	+0.013/ +.0005
2	3	+0.018/ +.0008
3	4	+0.020/ +.0010
4	5	+0.023/ +.0010

**Additional Coupling Specifications**

Model Number	100	200	300	400	500	600	700	800	900
Maximum Bore	1-1/8	1-3/8	1-5/8	1-7/8	2-3/8	2-5/8	2-7/8	3-7/8	4-3/4
Complete Coupling Approx. Wght. (Solid Hub)	3/4	1	2	3	4	7	12	18	38
Number of Drive Lugs	3	3	3	3	4	6	6	6	6
Hub Movement for Insert Removal	.74	.74	.75	.98	1.12	1.02	1.50	1.63	2.27
Basic Insert Number	170	270	370	470	570	670	770	870	970

**Service Factors - Load Characteristics**

Load Classification	Type of Prime Mover			
	Standard Motor or Turbine	High Torque Motor	I.C. Engine 6 or more cyl.	I.C. Engine less than 6 cyl.
Uniform (U)	1.0	1.5	1.5	2.0*
Moderate (M)	1.5	2.0	2.0*	2.5*
Heavy (H)	2.0*	2.5*	2.5*	3.0*

Uniform Load: Steady loading, non-reversing, torque does not exceed rating.

Moderate Load: Uneven loading with moderate shock, frequent starts, infrequent reversals, peak torque may exceed average rate of prime mover by 125%.

Heavy Load: Uneven loading with heavy shock, frequent reversals, peak torque may exceed average rating of prime mover by 150%.

\*Recommend use of Urethane or Hytrel Insert.

Drive Unit	Load Sym.
Agitators	U
Blowers	U
Compressors • Centrifugal	U
• Rotary	M
• Reciprocating	H*
Conveyors	U
• Reciprocating	M
• Screw	M
• Shaker	H
Cranes & Hoists	M
Crushers	H*
Elevators	M
• Freight & Pass.	H*
Fans	U
• Centrifugal	M
• Propeller	M
• Cooling Tower	H
Generators	U
• Welding	H
Mills	H*
Machine Tools	M
Mixers	M
Paper Mill Machinery	M
Pumps	U
• Centrifugal	M
• Rotary	M
• Reciprocating	H*
• On Injection Molding Equip.	H*
Screens	U
• Air & Water Washing	U
• Freight & Pass.	H
Stokers	U
Textile Machinery	M
Woodworking Machinery	M
Winches	H*

Selection Method
<p>1. Several specifics must be considered to make the best choice of couplings:</p> <p>A. Type of prime mover and load characteristics (see table above).</p> <p>B. Shaft diameter and key size or spline configuration (No. of teeth, pitch ratio, pressure angle).</p> <p>C. Horsepower rating of loads to be transmitted.</p> <p>D. Maximum operating speed (rpm).</p> <p>E. Maximum operating misalignment.</p> <p>F. Clearance limitations.</p> <p>2. Calculate effective hp/100 rpm by use of table above and select the minimum size couplings recommended.</p> <p>3. VERIFY YOUR SELECTION:</p> <p>A. Check for maximum bore size.</p> <p>B. Check dimensions for adequate clearance.</p> <p>C. Indicate any special insert specification and/or coupling coating for environmental protection, if required.</p> <p>Equation: <math>\text{Effective HP per 100 RPM} = \text{rated HP} \times \text{Service Factor} \times 100/\text{RPM}</math></p> <p>Example: 150 HP 4 cyl. Diesel Engine Driving Reciprocating Irrigation Pump operating at 3250 RPM                      Service Factor = 3.0 (Hytrel Insert recommended)                      Eff. HP per 100 RPM = <math>150 \text{ HP} \times 3.0 \times 100/3250</math>                      RPM = 13.85 HP/100 RPM Model 600 rating with Hytrel Insert is 23.7 HP/100 RPM</p>

NOTE: Above service factors are intended for use as a general guide only.  
 \* Recommend use of Steel Bushing and Clamp with Splined Bores.

## ANEXO Q. CÁLCULO DEL EJE 4

? **Input section**

---

**1.0 Preliminary shaft diameter design**

1.1 Calculation units: SI Units (N, mm, kW...)

1.2 Transmitted power: 3,44 [kW]

1.3 Shaft speed: 35,56 [/min]

1.4 Torsion moment: 923,50 [Nm]

1.5 Preliminary min. diameter: 70,67 [mm]

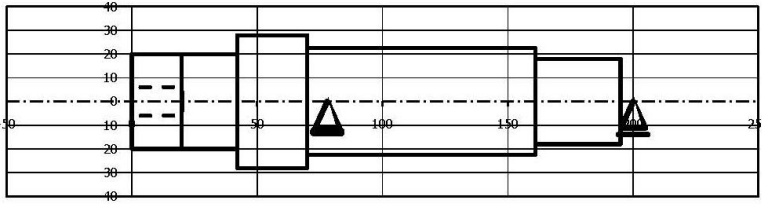
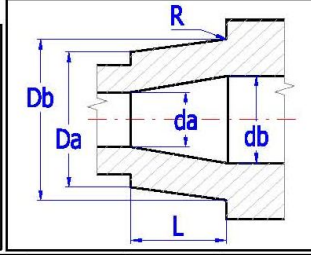
1.6 Type of shaft load: C...Repeated torsion + bending

1.7 Material of the shaft: B...Structural steel with increased strength (850)

---

**2.0 Shaft shape and dimensions**

2.1 The scale of the displayed shaft diameter.  Calculation units SI Units (N, mm, kW...)

2.2 Table

Table	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Origin	0,00	20,00	42,00	70,00	161,00	195,00	195,00	195,00	195,00	195,00
L	20,000	22,000	28,000	91,000	34,000	0,000	0,000	0,000		
ø Da	40,000	40,000	56,000	45,000	36,000	0,000	0,000	0,000		
ø Db	40,000	40,000	56,000	45,000	36,000	0,000	0,000	0,000		
ø da	12,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
ø db	12,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
R	0,000	2,000	2,000	2,000	2,000	0,000	0,000	0,000		

2.3 Total length of the shaft: 195,00 [mm]

2.4 X-coordinate of the left support (bearing): Fixed 78,00 [mm]

2.5 X-coordinate of the right support (bearing): Free 200,00 [mm]

2.6 The shaft surface (Roughness Ra): D...Turned (1,6)

---

**3.0 Notches and necking-down on the shaft**

3.1 The ultimate tensile strength (Su, Rm): 595,0 [MPa]

3.2 Notch sensitivity factor (q): 0,45

3.3 **A. Transverse hole**

X[mm]	d[mm]	β c	β b	β t
		1,00	1,00	1,00
		1,00	1,00	1,00

3.4 **B. Necking-down**

X[mm]	d[mm]	r[mm]	β c	β b	β t
			1,00	1,00	1,00
			1,00	1,00	1,00
			1,00	1,00	1,00

3.5 **C. General notch**

X[mm]	b[mm]	β c	β b	β t
161,50	33,00	1,38	1,38	1,37
		1,00	1,00	1,00
		1,00	1,00	1,00
		1,00	1,00	1,00
		1,00	1,00	1,00

Keyway (slotting cutter)

User values

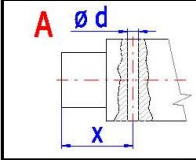
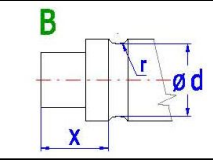
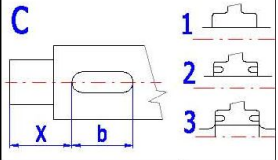
User values

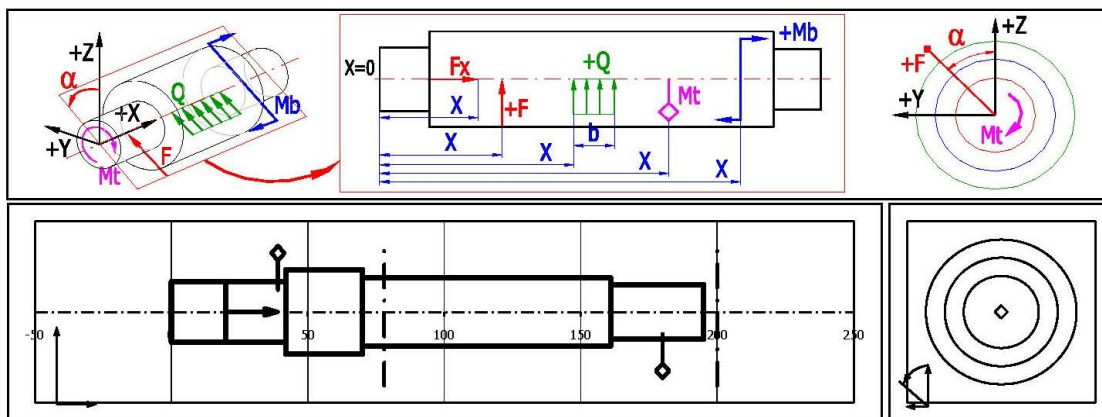
User values

User values

3.6 **D. Rounding between cylindrical sections of the shaft**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
β c	1,00	1,59	1,58	1,52	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
β b	1,00	1,49	1,49	1,43	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
β t	1,00	1,25	1,25	1,22	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00



4.1 Loading

	X	Fx	F	alfa	Mt	Mb	alfa	Q	b	alfa
	[mm]	[N]		[°]	[Nm]		[°]	[N/mm]	[mm]	[°]
1	39,00	250,0	0,0	0	-923,60	0,00	0			
2	180,00	0,0	0,0	0	923,60	0,00				
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

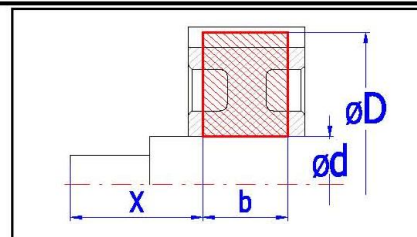
### 5.0 Rotating masses

5.1 Additional rotating masses (resonance speed)

5.2 Use loading from the weight of disks in the calculation? No

5.3

	X	D	d	b	Ro	m
	[mm]				[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg]
M1	0,00	0,00	0,00	0,00	7800,0	0,00
M2	0,00	0,00	0,00	0,00	7800,0	0,00
M3	0,00	0,00	0,00	0,00	7800,0	0,00
M4	0,00	0,00	0,00	0,00	7800,0	0,00
M5	0,00	0,00	0,00	0,00	7800,0	0,00



### 6.0 Material and the type of loading

6.1 Shaft material (Ultimate tensile strength min-max)  
A...Structural steel (350 - 700)

	595	[MPa]
6.2 Ultimate tensile strength	Su/Rm	595 [MPa] <input checked="" type="checkbox"/>
6.3 Yield strength in tension	Sy/Re	345 [MPa]
6.4 Yield strength in bending	Syb/Reb	449 [MPa]
6.5 Yield strength in shear	Sys/Res	242 [MPa]
<b>For reversed loading</b>		
6.7 Fatigue limit - tension-press	σc	226 [MPa]
6.8 Fatigue limit - bending	σac	292 [MPa]
6.9 Fatigue limit - torsion	τc	208 [MPa]
<b>For cyclic loading</b>		
6.11 Fatigue limit - tension-press	σnc	339 [MPa]
6.12 Fatigue limit - bending	σanc	437 [MPa]
6.13 Fatigue limit - torsion	τnc	239 [MPa]
6.14 Specific mass	Ro	7850,0 [kg/m <sup>3</sup> ]
6.15 Modulus of elasticity in tensi	E	210000 [MPa]
6.16 Modulus of elasticity in shea	G	80000 [MPa]

6.17 Dead load No

6.18 Max. displayed coefficient of safety 20

6.19 Stress ratio factor α<sub>0</sub> 1,00

6.20 **Coefficient of maximum loading**

6.21 Bending	1,50
6.22 Radial load	1,50
6.23 Torsion	1,50
6.24 Tension/Compression	1,50

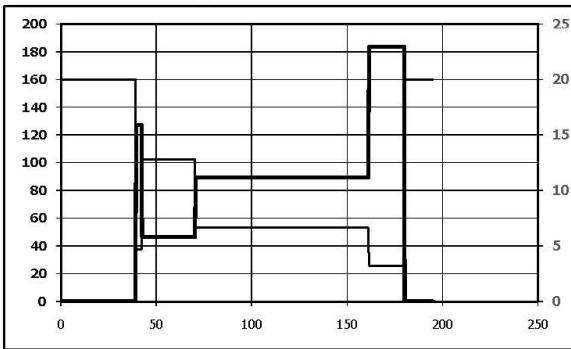
6.25 **Loading conditions**

6.26 Loading from bending moment	B...Repeated	▼
6.27 Loading from radial force	A...Static	▼
6.28 Load from torsional moment	B...Repeated	▼
6.29 Loading from tension/pressure force	A...Static	▼
<b>6.30 Dynamic strength check</b>		
6.31 Impact from shaft surface	Yes	▼
6.32 Impact from shaft size	Yes	▼
6.33 Impact from stress concentration (note)	Yes	▼

	x	y	z	$\Sigma y+z$	
7.1 Reaction in the support R1	-250	0	0	0	[N]
7.2 Reaction in the support R2	0	0	0	0	[N]
7.3 Total shaft weight	m	2,35			[kg]
7.4 Maximum deflection	y	0,0000			[mm]
7.5 Maximum angular deflection	$\varphi$	<b>0,2558</b>			[°]
7.6 Angular deflection in R1	$\vartheta$	0,0000			[°]
7.7 Angular deflection in R2	$\vartheta$	0,0000			[°]
7.8 Max. bending stress	$\sigma_b$	0,0			[MPa]
7.9 Max. stress in shear	$\tau_s$	0,0			[MPa]
7.10 Max. stress in torsion	$\tau_t$	-106,1			[MPa]
7.11 Max. stress in tension/compression	$\sigma_g$	0,2			[MPa]
7.12 Max. equivalent stress	$\sigma_r$	183,8			[MPa]
7.13 Min. static safety	SF <sub>st</sub>	1,52			
7.14 Min. dynamic safety	SF <sub>d</sub>	2,03			
7.15 Critical speed (A)	$n_c$	0,0			[/min]
Critical speed (B)	$n_c$	313278,6			[/min]
Critical speed (C)	$n_c$	225235,4			[/min]

7.17 Graph

- 30...Equivalent stress [MPa]
- 40...Safety coefficient (equivalent stress)



7.16 Results for X co-ordinate

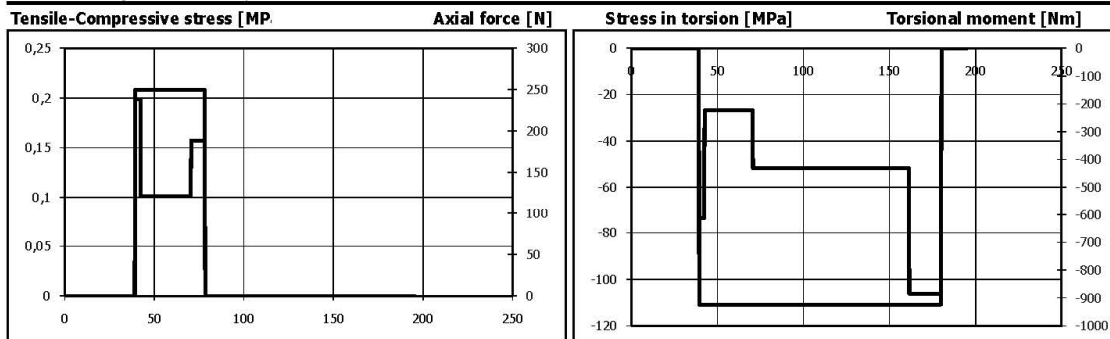
	20,00	42,00	39,00	161,50	180,00	195,00	195,00	195,00
26...Stress in torsion [MPa]	0	-73,497753	0	-106,12628	-106,12628	0	0	0
30...Equivalent stress [MPa]	0	127,301997	0	183,816103	183,816103	0	0	0
40...Safety coefficient (equivalent stress)	20	4,67392509	20	3,23693077	3,23693077	20	20	20
41...Safety coefficient (static)	20	2,19117417	20	1,5175004	1,5175004	20	20	20
43...Empty graph	0	0	0	0	0	0	0	0

**8.0 Graph - Deflection, Bending angle**

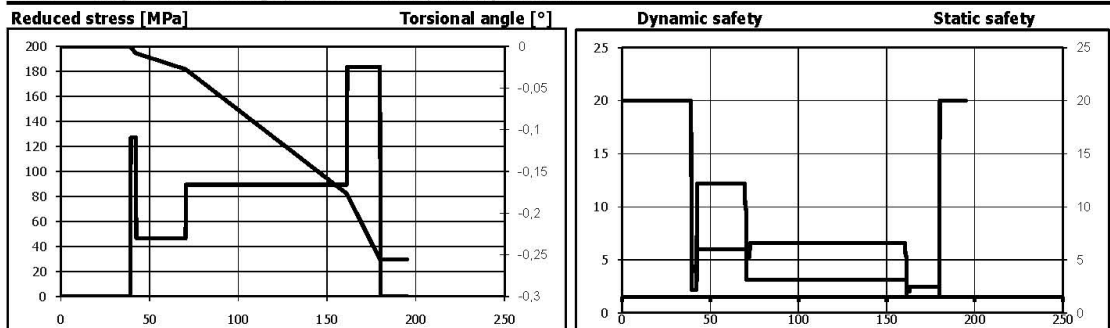
**9.0 Graph - Bending moment, Bending stress**

**10.0 Graph - Radial force, Stress in shear**

**11.0 Graph - Axial force, Torsional moment**



**12.0 Graph - Torsional angle, Reduced stress, Safety coefficient**



## ANEXO R. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CEMENTOS REFRACTARIOS



**ERECOS**

empresa de refractarios colombianos s.a.

### CONCRETOS REFRACTARIOS DE ALTA ALUMINA

#### CONCRAX 1700 - 3

CLASIFICACION NTC - 814 , ASTM C - 401	Clase C								
Análisis Químico %									
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	86.0								
SiO <sub>2</sub>	4.0								
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.6								
TiO <sub>2</sub>	3.1								
CaO	4.7								
MgO	0.3								
Alcalis	0.3								
Cono Pirométrico Equivalente (PCE)	>37								
Temperatura equivalente °C NTC - 706 , ASTM C-24	>1820								
Máxima temperatura de servicio recomendada °C	1650								
Máximo tamaño de grano mm	3								
Material seco requerido por metro cúbico kg	2500 - 2600								
Agua de preparación cm <sup>3</sup> de agua/kg de material seco NTC - 988, ASTM C-860	95-105								
Densidad volumétrica °C - g/cm <sup>3</sup> ASTM C - 134	<table style="margin-left: 20px; border: none;"> <tr><td>110</td><td>2.50 - 2.60</td></tr> <tr><td>1000</td><td>2.35 - 2.45</td></tr> <tr><td>1480</td><td>2.70 - 2.80</td></tr> <tr><td>1600</td><td>2.85 - 2.95</td></tr> </table>	110	2.50 - 2.60	1000	2.35 - 2.45	1480	2.70 - 2.80	1600	2.85 - 2.95
110	2.50 - 2.60								
1000	2.35 - 2.45								
1480	2.70 - 2.80								
1600	2.85 - 2.95								
Módulo de ruptura en frío °C -Mpa ( kg/cm <sup>2</sup> ) NTC - 988 , ASTM C-133	<table style="margin-left: 20px; border: none;"> <tr><td>110</td><td>6.0 - 9.0 (60 - 90)</td></tr> <tr><td>1000</td><td>3.0 - 5.0 (30 - 50)</td></tr> <tr><td>1480</td><td>25.0 - 30.0 (250 - 300)</td></tr> <tr><td>1600</td><td>50.0 - 60.0 (500 - 600)</td></tr> </table>	110	6.0 - 9.0 (60 - 90)	1000	3.0 - 5.0 (30 - 50)	1480	25.0 - 30.0 (250 - 300)	1600	50.0 - 60.0 (500 - 600)
110	6.0 - 9.0 (60 - 90)								
1000	3.0 - 5.0 (30 - 50)								
1480	25.0 - 30.0 (250 - 300)								
1600	50.0 - 60.0 (500 - 600)								



HDT – 016 AL - PAG: 1 DE 2.

**HOJA DE DATOS TÉCNICOS - PRODUCTOS NO MOLDEADOS**

**MARCA: SUKAST - 50 - LC**

**DESCRIPCIÓN TÉCNICA.**

Concreto refractario aluminoso CLASE D (NTC 814. ASTM C-401), de pega hidráulica, bajo contenido de cemento y alta resistencia, aplicado por vertimiento y vibración. Temperatura máxima de uso: 1600°C

**APLICACIONES PRINCIPALES.**

En sustitución de ladrillos y piezas refractarias aluminosas.

**ANÁLISIS QUÍMICO (%) BASE CALCINADA.**

Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	CaO	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O
53.00 – 58.00	Máximo 39,00	Máximo 2.50	Máximo 3.00	Máximo 2.70	Máximo 1,50

**Propiedades Físicas y Específicas.**

Densidad aparente después de moldeado (g/cm <sup>3</sup> )	Mínimo 2,30
Tamaño máximo de grano (mm)	4.76
Resistencia a la Flexión a temperatura ambiente después de 110 °C / 24h (MPa)	Mínimo 7.00
Resistencia a la Compresión a temperatura ambiente después de 110 °C / 24h (MPa)	Mínimo 30.00

**Condiciones de Aplicación.**

Para aplicar por vibración adicionar 7 a 9 litros de agua potable a temperatura de 20 a 30°C para 100kg de Producto.

Para mayor información consultar hoja de datos de aplicación del producto.

**Embalaje.**

En sacos de dos capas de papel kraft con válvula, de 25 kilogramos de peso neto, sobre tarimas de madera se acomodan 60 sacos, para un peso neto por estiba de 1.500 kilogramos con cubierta exterior en película plástica stretch.

Teniendo en cuenta una mayor protección de los refractarios deben ser mantenidos en su embalaje original durante el almacenamiento. Recomendamos efectuar una rotación de las existencias de producto buscando siempre retirar para aplicación el refractario almacenado con mayor tiempo.

Planta de producción: Calle 54 No. 10E - 65 Vía La Ramada  
 gestioncalidad@sudamin.com.co  
 Telefax: (8) 7724848  
 Sogamoso – Colombia

**HDT – 016 AL - PAG: 2 DE 2.**

**Plazo de almacenamiento.**

Es de 6 meses en su embalaje original y almacenado en condiciones adecuadas.

**Observaciones.**

- Estando la empresa empeñada en el continuo desarrollo de sus productos, los valores de ensayo pueden ser modificados y por lo tanto no pueden ser considerados como especificación.
- Datos técnicos resultantes de ensayos realizados en cuerpos de prueba de este producto. Provenientes de producciones industriales.
- Para información sobre datos de seguridad consultar la hoja de datos de seguridad del producto.

Planta de producción: Calle 54 No. 10E - 65 Vía La Ramada  
gestioncalidad@sudamin.com.co  
Teléfono: (8) 7724848  
Sogamoso – Colombia

## ANEXO S. RODAMIENTOS PARA LAS RUEDAS

SKF - Datos de los productos - Windows Internet Explorer  
<http://www.skf.com/skf/productcatalogue/Forwarder?accion=PPP&lang=es&imperial=false&windowName=null&perfil=121014&prodid=1210140206>

Visión 3D PDF CAD IMP Imprimir Cerrar

### Rodamientos de bolas con contacto angular, de una hilera

Tolerancias, ver también el texto  
 Juego axial (interno, a), b), precarga, ver también el texto  
 Ajustes recomendados  
 Tolerancias del eje y del alojamiento

Dimensiones principales		Capacidades de carga		Carga límite de fatiga		Velocidades		Masa	
d	D	B	C	C <sub>0</sub>	P <sub>u</sub>	Velocidad de referencia	Velocidad límite	Masa	Designación
mm			kN		kN	rpm		kg	
30	62	16	23,8	15,6	0,655	13000	13000	0,21	7246 BECBY

**Factores de cálculo**

- $k_f$  0,056
- $k_a$  1,4
- $e$  1,14
- $X$  C,35
- $Y$  C,57
- $Y_0$  0,28