

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE
TRANSPORTE DE LA CUCHARA DE FUNDICIÓN PARA
LA EMPRESA INDUSTRIAL DE ACCESORIOS LTDA.**

**LUCY CELY LEÓN
ROBINSSON MENESES MENDOZA**

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

2005

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE
TRANSPORTE DE LA CUCHARA DE FUNDICIÓN PARA LA
EMPRESA INDUSTRIAL DE ACCESORIOS LTDA.**

**LUCY CELY LEÓN
ROBINSSON MENESES MENDOZA**

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

**Director
LEONIDAS VÁSQUEZ CHAPARRO
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO - MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2005

*Les dedico este logro a las dos personas que
más amo en el mundo Elizabeth y Anibal
Gracias por su amor, compañía y apoyo.*

Lucy.

A Dios porque siempre ha estado conmigo

A mis padres Carmenza y Euclides, por su amor y apoyo incondicional

A mis hermanos Valentina y Jathinson, por su amistad.

Robinson.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a:

Leonidas Vásquez, ingeniero mecánico, por sus conocimientos compartidos.

Jairo Pinzon, gerente de la empresa Industrial de Accesorios Ltda., por su apoyo y gestión durante el desarrollo del proyecto.

Alexis Vega, Ingeniero Civil, por sus conocimientos y asesoría.

Rubén Niño, profesor del área de fundición SENA, y asesor de la empresa Industrial de Accesorios, por su colaboración.

Los empleados de la empresa Industrial de Accesorios Ltda., por su colaboración en la construcción del Sistema de Transporte.

A nuestros amigos.

A nuestras familias.

Y a todos aquellos que de alguna forma colaboraron en el desarrollo y construcción del Sistema de Transporte.

CONTENIDO

	Pág.
<u>INTRODUCCIÓN</u>	<u>1</u>
<u>1. GENERALIDADES</u>	<u>4</u>
<u>1.1 ANTECEDENTES</u>	<u>4</u>
<u>1.2 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO</u>	<u>6</u>
<u>1.2.1 Objetivos generales</u>	<u>6</u>
<u>1.2.2 Objetivos específicos</u>	<u>6</u>
<u>2. FUSIÓN DE METALES PARA LA COLADA</u>	<u>8</u>
<u>2.1 PRACTICAS PARA LA COLADA</u>	<u>8</u>
<u>2.2 COLABILIDAD</u>	<u>9</u>
<u>2.2.1 Definición</u>	<u>9</u>
<u>2.2.2 Parámetros que afectan la Colabilidad</u>	<u>10</u>
<u>2.3 PROCESO ACTUAL DE COLADA EN LA EMPRESA.</u>	<u>11</u>
<u>2.3.1 Descripción del proceso</u>	<u>11</u>
<u>2.3.2 Errores y dificultades durante el proceso.</u>	<u>13</u>
<u>2.3.3 Solución presentada</u>	<u>14</u>
<u>3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE</u>	<u>15</u>
<u>3.1 PROCESO DE DISEÑO</u>	<u>15</u>
<u>3.1.1 Identificación del problema</u>	<u>16</u>
<u>3.1.2 Requisitos y delimitaciones</u>	<u>16</u>
<u>3.1.3 Generación y Análisis de Ideas</u>	<u>18</u>

<u>3.1.3.1 Selección sistema de elevación y transporte</u>	<u>19</u>
<u>3.1.3.2 Selección del sistema de vaciado</u>	<u>22</u>
<u>3.1.4 Evaluación y análisis preliminar</u>	<u>23</u>
<u>3.1.4.1 Sistema estructural</u>	<u>24</u>
<u>3.1.4.2 El puente de la grúa</u>	<u>27</u>
<u>3.1.4.3 Mecanismos de translación de la grúa</u>	<u>29</u>
<u>3.1.4.4 Mecanismo de elevación de la carga.</u>	<u>31</u>

<u>4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE LA CUCHARA DE FUNDICIÓN</u>	<u>33</u>
<u>4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL</u>	<u>33</u>
<u>4.1.1 Operación del sistema de transporte da la cuchara</u>	<u>35</u>
<u>4.1.1.1 Etapa de llenado y elevación de la cuchara</u>	<u>35</u>
<u>4.1.1.2 Etapa de transporte de la cuchara</u>	<u>35</u>
<u>4.1.1.3 Etapa de volteo y vaciado de la cuchara</u>	<u>36</u>
<u>4.2 DESCRIPCIÓN PARTICULAR</u>	<u>37</u>
<u>4.2.1 Sistema estructural</u>	<u>37</u>
<u>4.2.2 El Puente de la grúa</u>	<u>37</u>
<u>4.2.2.1 Viga principal</u>	<u>38</u>
<u>4.2.2.2 Vigas testeras</u>	<u>39</u>
<u>4.2.3 Sistema de translación transversal</u>	<u>41</u>
<u>4.2.3.1 Bastidor del Carro</u>	<u>41</u>
<u>4.2.3.2 Mecanismo de traslación del carro</u>	<u>42</u>
<u>4.2.4 Sistema de elevación de la carga</u>	<u>44</u>
<u>4.2.5 Sistema de translación longitudinal</u>	<u>44</u>
<u>4.2.5.1 Eje de transmisión</u>	<u>45</u>
<u>4.2.5.2 Motor</u>	<u>45</u>
<u>4.2.5.3 Transmisión de cadena</u>	<u>45</u>

<u>4.2.5.4 Acoples elásticos</u>	<u>47</u>
<u>4.2.5.5 Rodamientos</u>	<u>47</u>
<u>4.2.6 Sistema de vaciado</u>	<u>47</u>

5. DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE LA CUCHARA DE FUNDICIÓN

<u>5.1 CARACTERÍSTICAS DEL PUENTE GRÚA</u>	<u>48</u>
<u>5.1.1 Dimensionales</u>	<u>48</u>
<u>5.1.2 Operacionales</u>	<u>49</u>
<u>5.2 ANÁLISIS ESTRUCTURAL</u>	<u>49</u>
<u>5.2.1 Sistema estructural</u>	<u>49</u>
<u>5.2.1.1 Viga principal</u>	<u>50</u>
<u>5.2.1.2 Rieles del punte grúa</u>	<u>54</u>
<u>5.2.1.3 Diseño de las columnas</u>	<u>56</u>
<u>5.3 DISEÑO DE LAS VIGAS TESTERAS</u>	<u>59</u>
<u>5.3.1 Cálculo de la viga testera</u>	<u>59</u>
<u>5.3.1.1 Diseño de las ruedas</u>	<u>61</u>
<u>5.3.1.2 Diseño del eje de las ruedas</u>	<u>64</u>
<u>5.3.2 Diseño del mecanismo de traslación del puente grúa</u>	<u>66</u>
<u>5.3.2.1 Calculo de la potencia requerida</u>	<u>66</u>
<u>5.3.2.2 Selección de la transmisión</u>	<u>67</u>
<u>5.3.2.3 Diseño del eje de transmisión</u>	<u>69</u>
<u>5.3.2.4 Selección de los rodamientos</u>	<u>71</u>
<u>5.4 MECANISMO DE ELEVACIÓN</u>	<u>72</u>
<u>5.5 MECANISMO DE TRANSLACIÓN TRANSVERSAL</u>	<u>73</u>
<u>5.5.1 Bastidor del carro</u>	<u>74</u>
<u>5.5.2 Diseño de las ruedas</u>	<u>74</u>
<u>5.5.2.1 Calculo del diámetro de las ruedas del carro D_c</u>	<u>74</u>

6. CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE LA CUCHARA DE FUNDICIÓN.	76
6.1 SISTEMA ESTRUCTURAL	76
6.1.1 Montaje de la columna a la cimentación	76
6.1.2 Montaje de la columna al riel	77
6.1.3 Construcción del riel	78
6.2 EL PUENTE DE LA GRÚA	79
6.2.1 Viga principal	79
6.2.2 Vigas testeras	80
6.2.3 Ruedas del puente	80
6.2.4 Eje de las ruedas del puente	81
6.2.5 Montaje del puente de la grúa	81
6.2.6 Montaje de las ruedas	82
6.3 SISTEMA DE TRANSLACIÓN TRANSVERSAL	83
6.3.1 Bastidor del carro	83
6.3.2 Ruedas del carro	83
6.3.3 Polea de mando	84
6.3.4 Ejes del sistema de translación transversal	84
6.4 SISTEMA DE TRANSLACIÓN LONGITUDINAL	85
6.4.1 Montaje del motoreductor	85
6.4.2 Eje de transmisión	86
6.5 SISTEMA DE VACIADO	87
6.5.1 Cuchara	87
6.5.2 Abrazadera de la cuchara	87
6.6 PUESTA A PUNTO DEL SISTEMA COMPLETO	88
6.6.1 Pruebas de capacidad de carga	88
6.6.1.1 Prueba 1	89
6.6.1.2 Prueba 2	89

6.6.1.3 Conclusiones de la prueba de capacidad de carga.	89
6.6.2 Prueba de operación de la cuchara	90
6.6.2.1 Prueba de llenado y elevación de la cuchara	90
6.6.2.2 Prueba de transporte	91
6.6.2.3 Prueba de volteo	92
6.6.2.4 Conclusiones de la prueba de operación de la cuchara	93
7. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE LA CUCHARA DE FUNDICIÓN	94
7.1 OPERACIÓN	94
7.2 MANTENIMIENTO	95
7.2.1 Sistema estructural	95
7.2.2 El puente de la grúa	95
7.2.3 Sistema de translación transversal	96
7.2.4 Sistema de translación longitudinal	96
7.2.5 Sistema de vaciado	96
8. COSTOS DEL PROYECTO	97
9. CONCLUSIONES	100
10. RECOMENDACIONES	102
BIBLIOGRAFÍA	103
ANEXOS	106

LISTA DE FIGURAS

	pág.
<u>Figura 1. Tipos de cuchara</u>	9
<u>Figura 2. Descarga del horno</u>	11
<u>Figura 3. Transferencia del metal fundido de la cuchara mezcladora a la cuchara de mano</u>	12
<u>Figura 4. Transporte de la cuchara</u>	12
<u>Figura 5. Llenado del molde</u>	13
<u>Figura 6. Grúa-pórtico</u>	19
<u>Figura 7. Puente grúa de doble viga eléctrico</u>	20
<u>Figura 8. Puente grúa de viga sencilla</u>	21
<u>Figura 9. Cuchara de colada con mecanismo sin fin</u>	22
<u>Figura 10. Cuchara de colada de manipulación manual para transportar en monorraíl</u>	23
<u>Figura 11. Carriles de llantones</u>	25
<u>Figura 12. Forma de sujeción del carril a la viga</u>	25
<u>Figura 13. Rieles en perfil I</u>	25
<u>Figura 14. Carril Burbach</u>	26
<u>Figura 15. Prediseño del sistema estructural</u>	27
<u>Figura 16. Viga Principal en perfilaría I</u>	28
<u>Figura 17. Prediseño de la viga principal en celosía</u>	28
<u>Figura 18. Prediseño de las vigas testeras</u>	29
<u>Figura 19a. Sistema de translación transversal para transitar por las alas del perfil I</u>	30

<u>Figura 19b. Sistema de translación transversal para transitar sobre carriles tubulares</u>	<u>30</u>
<u>Figura 20a. Rueda para carril de llanton</u>	<u>31</u>
<u>Figura 20b. Rueda para carril Burbach</u>	<u>31</u>
<u>Figura 20c. Rueda para carril en tubería</u>	<u>31</u>
<u>Figura 20d. Rueda para transitar sobre la viga principal</u>	<u>31</u>
<u>Figura 21. Mecanismo de elevación</u>	<u>32</u>
<u>Figura 22. Sistema de transporte de la cuchara de fundición</u>	<u>34</u>
<u>Figura 23. Llenado de la cuchara</u>	<u>35</u>
<u>Figura 24. Transporte de la cuchara</u>	<u>36</u>
<u>Figura 25. Volteo y vaciado de la cuchara</u>	<u>36</u>
<u>Figura 26. Sistema estructural</u>	<u>37</u>
<u>Figura 27. El puente de la grúa</u>	<u>38</u>
<u>Figura 28. Viga principal</u>	<u>39</u>
<u>Figura 29. Vigas Testeras</u>	<u>39</u>
<u>Figura 30. Rueda del puente</u>	<u>40</u>
<u>Figura 31. Eje de las ruedas</u>	<u>40</u>
<u>Figura 32. Sistema de translación</u>	<u>41</u>
<u>Figura 33. Bastidor del Carro</u>	<u>42</u>
<u>Figura 34. Polea de Mando</u>	<u>42</u>
<u>Figura 35. Ruedas del carro</u>	<u>43</u>
<u>Figura 36a. Eje de la rueda impulsada</u>	<u>44</u>
<u>Figura 36b. Eje de la rueda impulsora acoplada a la polea de mando</u>	<u>44</u>
<u>Figura 37. Eje de transmisión</u>	<u>46</u>
<u>Figura 38. Sistema de vaciado</u>	<u>47</u>
<u>Figura 39. Sección transversal de la viga principal</u>	<u>51</u>
<u>Figura 40. Modelamiento en SAP200 de la viga principal</u>	<u>52</u>
<u>Figura 41. Reacciones en los apoyos</u>	<u>53</u>

<u>Figura 42. Deflexión máxima en la viga principal</u>	<u>53</u>
<u>Figura 43. Modelamiento en SAP de los rieles del puente grúa</u>	<u>55</u>
<u>Figura 44. Reacciones en los apoyos del riel</u>	<u>56</u>
<u>Figura 45. Deflexión máxima del riel</u>	<u>56</u>
<u>Figura 46. Sección transversal de la columna</u>	<u>57</u>
<u>Figura 47. Esquema de la columna calculada</u>	<u>58</u>
<u>Figura 48. Posición extrema de la carga</u>	<u>59</u>
<u>Figura 49. Fuerza máxima sobre la viga testera</u>	<u>60</u>
<u>Figura 50. Dimensionamiento de la viga testera</u>	<u>61</u>
<u>Figura 51. Resistencia al avance</u>	<u>62</u>
<u>Figura 52. Dimensiones de las ruedas del puente</u>	<u>63</u>
<u>Figura 53. Reacciones en las ruedas</u>	<u>64</u>
<u>Figura 54. Estado de carga del eje</u>	<u>65</u>
<u>Figura 55. Diagrama de momentos, eje de la rueda del puente</u>	<u>65</u>
<u>Figura 56. Transmisión por cadena</u>	<u>67</u>
<u>Figura 57. Fuerzas en la transmisión de cadena</u>	<u>69</u>
<u>Figura 58. Estado de carga del eje de transmisión</u>	<u>70</u>
<u>Figura 59. Diagrama de momentos, eje de transmisión</u>	<u>71</u>
<u>Figura 60. Rodamiento</u>	<u>72</u>
<u>Figura 61. Dimensionamiento del bastidor del carro</u>	<u>74</u>
<u>Figura 62. Dimensionamiento de las ruedas del carro</u>	<u>75</u>
<u>Figura 63. Montaje de la columna a la cimentación</u>	<u>77</u>
<u>Figura 64. Montaje de la columna al riel</u>	<u>78</u>
<u>Figura 65. Construcción del Riel</u>	<u>79</u>
<u>Figura 66. Construcción de la viga principal</u>	<u>80</u>
<u>Figura 67. Viga testera</u>	<u>80</u>
<u>Figura 68. Ruedas del puente</u>	<u>81</u>
<u>Figura 69a. Eje de las ruedas motrices</u>	<u>81</u>

<u>Figura 69b. Eje de las ruedas motoras</u>	<u>81</u>
<u>Figura 70. Ensamble de la viga principal a la viga testera</u>	<u>82</u>
<u>Figura 71. Montaje de las ruedas del puente</u>	<u>82</u>
<u>Figura 72. Bastidor del carro</u>	<u>83</u>
<u>Figura 73. Montaje de las ruedas del carro</u>	<u>84</u>
<u>Figura 74. Ejes del sistema de translación transversal</u>	<u>85</u>
<u>Figura 75. Soporte del motoreductor</u>	<u>86</u>
<u>Figura 76. Montaje del eje de transmisión</u>	<u>86</u>
<u>Figura 77. Cuchara</u>	<u>87</u>
<u>Figura 78. Ensamble de la abrazadera</u>	<u>88</u>
<u>Figura 79. Llenado de la cuchara</u>	<u>90</u>
<u>Figura 80. Elevación de la cuchara</u>	<u>91</u>
<u>Figura 81. Transporte longitudinal de la cuchara</u>	<u>91</u>
<u>Figura 82. Transporte transversal de la cuchara</u>	<u>92</u>
<u>Figura 83. Posicionamiento de la cuchara</u>	<u>92</u>
<u>Figura 84. Volteo y llenado de los moldes</u>	<u>93</u>

LISTA DE TABLAS

	pág.
<u>Tabla 1. Especificaciones del rodamiento seleccionado</u>	<u>73</u>
<u>Tabla 2. Costos de materiales</u>	<u>97</u>
<u>Tabla 3. Costos totales de construcción y montaje</u>	<u>99</u>

LISTA DE ANEXOS

	pág.
<u>Anexo A. Planos Sistema de transporte para la cuchara de fundición</u>	<u>106</u>
<u>Anexo B. Generalidades del puente grúa</u>	<u>147</u>

RESUMEN

TÍTULO:

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE LA CUCHARA DE FUNDICIÓN PARA LA EMPRESA INDUSTRIAL DE ACCESORIOS LTDA.*

AUTORES:

Lucy Cely León.

Robinson Meneses Mendoza. **

PALABRAS CLAVES:

Sistema de transporte, Cuchara de fundición, Puente grúa, Sistema de elevación.

DESCRIPCIÓN:

Este proyecto se realizó con el propósito de facilitar la elevación y el transporte de la cuchara de fundición, así como disminuir los riesgos físicos a que se encontraban sometidos los operarios de las fundiciones al efectuar estos trabajos manualmente, para lograr este objetivo se diseñó y construyó un sistema de transporte, al que se le adaptó la cuchara de fundición.

El sistema diseñado y construido es un puente grúa de viga sencilla, con una capacidad para elevar y transportar una carga máxima de una tonelada, esta formado por el puente de la grúa que consta de la viga principal soportada en sus extremos por vigas testeras de dos ruedas. El puente grúa se mueve sobre rieles por medio de un motor eléctrico. El sistema de translación transversal es un carro de maniobra manual, este se mueve sobre la viga principal y lleva el diferencial de cadena manual que forma el sistema de elevación. El sistema de vaciado es una cuchara con tetera interna que cuenta con los dispositivos adecuados para suspenderla del diferencial de cadena y bascularla.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ciencias Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Ing. Leonidas Vásquez.

Durante la operación del sistema se observan varias etapas: la primer etapa es la de llenado y elevación, en la que la cuchara suspendida en el diferencial es llevada a la boca del horno en donde es llenada de hierro fundido, luego es elevada una altura, definida por la altura de los moldes y se procede a la etapa de transporte hasta llegar al sitio donde se encuentra el molde a llenar, allí la cuchara es posicionada y se realiza la etapa de volteo y vaciado de la cuchara, operación que es efectuada por uno o dos operarios según la cantidad de hierro a verter.

SUMMARY

TITLE:

DESIGN AND CONSTRUCTION OF THE TRANSPORT SYSTEM OF THE SMELTING SPOON IN THE COMPANY INDUSTRIAL DE ACCESORIOS LTDA.*

AUTHORS:

Lucy Cely León.

Robinson Meneses Mendoza. **

KEY WORDS:

Transport system, traveling crane, smelting spoon, bridge crane, elevation system

DESCRIPTION:

This project was made in order to facilitate the elevation and the transport of the smelting spoon as well as to diminish the physical risks to that the smelting workers were brought under when they carrying out these works manually, to obtain this objective was designed and was constructed a transport system, to which the smelting spoon adapted to him.

The designed and constructed system is a traveling crane, with a capacity to elevate and to transport a fully factored load of one ton, this formed by the bridge crane that consists a girder supported at the ends by truck with two wheels. The crane is moved along the track by an electrical motor. The cross-sectional translation system is a trolley moved on the girder carried the chain hoist forming the lifting unit. The casting is a spoon with internal teapot that counts on the adapted devices to suspend it of the elevation system and to tilt it.

During the operation of the system several stages are observed: the first stage is the one of filling and elevation, in which the spoon suspended in the chain

* Degree Work.

** Physical-Mechanical Sciences Faculty, Mechanical Engineering, Eng. Leonidas Vásquez.

hand hoist is taken to the mouth of the furnace in where it is filled of cast iron, soon is elevated a height, defined by the height of the molds and it is come to the transport stage until arriving at the site where is the mold to fill, there the spoon is positioned and the stage of tilt and drained of the spoon is made, operation that is performed by one or two workers according to the amount of cast iron to spill.

INTRODUCCIÓN

La necesidad del hombre de elevar y trasladar elementos pesados de un lugar a otro lo ha llevado a idear y perfeccionar un sin número de dispositivos y máquinas, gracias a los cuales puede ejecutar estas acciones sin realizar esfuerzos físicos exagerados. Dentro de estos desarrollos se encuentran las grúas que son máquinas para desplazar objetos pesados vertical y horizontalmente. La capacidad de una grúa puede ir desde algunos centenares de kilogramos hasta varios cientos de toneladas; la fuerza motriz puede ser manual o proceder de motores eléctricos, de combustión interna o de vapor. En cuanto a su forma, se clasifican como grúas de pescante, grúas de brazo móvil y puente grúas.

En la industria las grúas más difundidas son las de tipo puente y tipo pórtico; y de estas en la mayoría de los casos se prefieren las de tipo puente, pues son estructuras rodantes soportadas lateralmente por ruedas, que circulan por vías elevadas y no entorpecen los trabajos y el tránsito sobre el suelo.

Este proyecto se ha realizado con el propósito de facilitar la elevación y el transporte de la cuchara de fundición y de disminuir los riesgos físicos a que se encontraban sometidos los operarios de las fundiciones al efectuar estos trabajos manualmente, para lograr este objetivo se diseñó y construyó un sistema de transporte, al que se le adaptó la cuchara de fundición.

El sistema desarrollado es un puente grúa formado por seis subsistemas: estructural, elevación, el puente de la grúa, transporte longitudinal y

transversal, y volteo de la cuchara. El transporte longitudinal es accionado por un motoreductor eléctrico que entrega la potencia necesaria a las ruedas motrices. La elevación y transporte transversal son realizados por operarios mediante aparejos manuales de cadena. Durante la operación del sistema la cuchara es llevada a la boca del horno donde es llenada, luego es elevada y transportada hasta el lugar donde se encuentra el molde a ser llenado, allí es posicionada y volteada.

El contenido de este libro expone el diseño y construcción del sistema de transporte y elevación de la cuchara de fundición así como su operación y mantenimiento.

En el primer capítulo se describe el proceso de fundición en las empresas colombianas y su progreso.

El capítulo dos contempla la fusión de metales para la colada, los parámetros que la afectan y se describe el proceso de colada en la empresa.

En el capítulo tres se desarrolla el proceso de diseño del sistema de transporte desde la identificación del problema hasta la elección del sistema adecuado.

En el capítulo cuatro se especifica el sistema diseñado y construido, así como las etapas de operación.

En el capítulo cinco se presenta el diseño y la selección de los elementos y de cada uno de los subsistemas que conforman el sistema construido.

El capítulo seis muestra la manera como se realizó construcción, el montaje y puesta a punto del sistema de transporte de la cuchara de fundición.

El capítulo siete contiene las recomendaciones de operación y mantenimiento para garantizar el funcionamiento adecuado del sistema de transporte.

Y por último el capítulo ocho esboza los costos de construcción y montaje del proyecto.

1. GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

La fundición es la actividad de producir piezas metálicas a través del vertido de metales o aleaciones fundidas sobre un molde hueco, hecho generalmente de arena, con propósitos económicos. En las fundiciones se puede trabajar el hierro en sus diferentes clasificaciones (hierro gris, hierro blanco, hierro maleable, hierro nodular); los aceros y los metales no ferrosos (aluminio, cobre, bronce, latón y otras aleaciones); usando cualquier sistema de moldeo: moldeo en arena, moldeo en coquilla, moldeo en yeso, etcétera.

Las piezas de fundición apropiadamente fabricadas no tienen propiedades direccionales, por lo que la ductilidad y la tenacidad son iguales en todas las direcciones, una consideración importante en aplicaciones como tubos de cañones, camisas de cilindros, engranes, anillos para embolo, etcétera.

Siendo la fundición un proceso dentro de la industria metalmeccánica, también esta presente en muchas de las empresas de fabricación de productos metálicos ya sea de consumo, de bienes intermedios y de bienes de capital. En Colombia el auge y desarrollo de la fundición se debió en primera medida a la necesidad de las empresas agrícolas de fabricar a nivel nacional maquinaria para desarrollar las diversas tareas como despulpadoras, trapiches, peladoras, desfibradoras, etcétera; y luego con el desarrollo de la industria automotriz se fortaleció la posibilidad de producir partes en serie en las fundiciones.

Las empresas de fundición en nuestro país generalmente tienen las siguientes secciones de producción:

- Recepción, clasificación y preparación de materias primas.
- Elaboración de modelos (modelaría).
- Preparación de arenas y elaboración de moldes (moldeo).
- Fusión en horno.
- Colada o vaciado.
- Desmoldeo y acabado de piezas.

Algunas poseen además secciones de elaboración posterior como:

- Mecanizado.
- Tratamiento térmico.
- Ensamble o soldadura.

Aunque hay diversidad de productos que se pueden manufacturar en las fundiciones, estas se encuentran en un nivel técnico marcadamente desigual, son pocas las empresas que cuentan con controles de calidad y el nivel de desarrollo tecnológico en la mayoría especialmente en la pequeña industria es mínimo. El proceso de colada, que es el que se desea mejorar con este proyecto, en la mayoría de estas empresas se realiza manualmente por dos o tres operarios que transportan la cuchara con el metal fundido y lo vierten al molde; es una operación severa durante la cual, frecuentemente se producen accidentes. El mal diseño de planta, el desorden y la forma como se ubican los moldes son factores que además de afectar esta operación, aumentan los riesgos profesionales y la cantidad de piezas defectuosas, debido al mal llenado de los moldes, y a la dificultad de mantener la temperatura del material fundido.

Para contrarrestar estos problemas y mejorar las condiciones de trabajo de los operarios en algunas empresas cuentan con dispositivos mecánicos para elevar y transportar tanto la cuchara, como los moldes y las piezas terminadas, entre estos se distinguen las grúas giratorias, los puente grúas, y las grúas pórtico; su uso depende de la distribución de planta.

1.2 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO

1.2.1 Objetivos generales

- ☑ Participar en la tecnificación de la industria regional comprometiéndose con la misión institucional de participar activamente en el progreso de la comunidad.
- ☑ Contribuir con el desarrollo de la Industria de la fundición por medio del desarrollo de un sistema de transporte mecánico para el traslado tanto del fluido de trabajo como de los modelos.

1.2.2 Objetivos específicos

- ☑ Diseñar y construir un sistema de transporte mecánico que cumpla con las siguientes características:
 - Adecuado para llevar la cuchara llena de fluido, a una temperatura aproximada de 1450°C y con un peso máximo de 800Kg, desde el horno a los moldes.
 - Con unas dimensiones, de acuerdo a la distribución de planta: largo 20 m, ancho 7,8 m y alto 3 m

- Con una capacidad para trasladar las piezas fundidas con pesos máximos de 1 To.
 - Con un dispositivo adecuado para girar el crisol y verter el fluido en los moldes.
-
- ☑ Desarrollar un sistema, ya sea mecánico o eléctrico para trasladar y posicionar la cuchara en el sitio adecuado para verter la mezcla.
 - ☑ Contribuir con el bienestar físico de los empleados de las empresas por medio del desarrollo del sistema de transporte.

2. FUSIÓN DE METALES PARA LA COLADA

La manufactura de piezas de fundición es esencialmente, un proceso de transferencia de calor; el calor se añade primero al metal frío y sólido para fundirlo y luego se sobrecalienta el metal fundido hasta que este suficientemente fluido para ser vertido en un molde; para este objeto se usan diversos tipos de hornos. Luego se extrae el calor del metal por medio del molde, para así transformarlo en un cuerpo sólido y frío de forma y tamaño convenientes.

2.1 PRACTICAS PARA LA COLADA

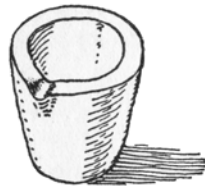
Rara vez se vierte el metal directamente del horno de fusión a los moldes, se necesita algún tipo de cuchara para el control de la colada y maniobrabilidad. A veces se vacía el metal de uno o más hornos en una cuchara mezcladora grande, de varias toneladas de capacidad, de esta se pasa a cucharas de transferencia o de avío que pueden ser movidas por medio de monorriel hasta el piso de colada y luego distribuido a los moldes por cucharas de mano o por cuchara manejadas por grúas.

La escoria y las impurezas que se reúnen sobre el metal durante la fusión y la colada no deben entrar al molde. A veces esto es difícil con cucharas de pico de labio, de las que se vierte el metal en el molde inclinando la cuchara y dejando que el material corra sobre el borde superior; Las cucharas de pico de tetera están equipadas con un pico de colada que comienza desde el fondo, con una abertura que pasa del cuerpo de la cuchara al pico, de esta manera

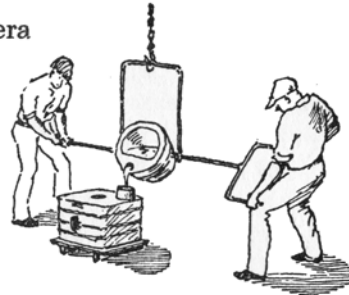
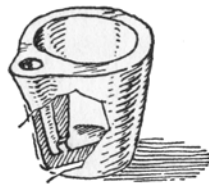
solamente se cuela metal limpio, libre de escoria. La colada por el fondo se usa particularmente para hierro y acero con cucharas desde 2 hasta 100 toneladas.

Figura 1. Tipos de cuchara.

Cuchara de pico de labio



Cuchara de pico de tetera



Cuchara de colada por el fondo



Fuente: BIEDERMAN, A. Tratado moderno de fundición del hierro y el acero. Barcelona: Editorial José Montesco, 1947. p. 183

2.2 COLABILIDAD

2.2.1 Definición. La colabilidad se define como la capacidad que tiene un metal o aleación líquida de llenar completamente un molde de dimensiones

estandarizadas. Esta capacidad de los metales y sus aleaciones de fluir libremente antes de solidificarse para reproducir fielmente los detalles del modelos, es una de las etapas más críticas del proceso de fabricación de la pieza moldeada.

2.2.2 Parámetros que afectan la colabilidad. Los factores que influyen la colabilidad son numerosos, los más importantes a tener en cuenta durante el proceso de colada son.

- ☑ La naturaleza de la aleación, de la cual depende la temperatura del líquido, el modo de solidificación, la tensión superficial y la mayor o menor aptitud a la formación de capas de óxidos.
- ☑ La naturaleza del molde, su temperatura, tipo de arena, aglomerantes, untos, etc.
- ☑ Factores propios de la colada, temperatura del metal, velocidad de la colada, presión del metal relacionada con el sistema de alimentación y llenado.
- ☑ Tratamientos al metal líquido en la cuchara.
- ☑ La forma de la pieza.

De los factores mencionados, la temperatura de colada y la naturaleza de la aleación, son los de mayor influencia para el comportamiento de la colabilidad. El primero determina la cantidad de calor que se debe disipar antes de que se inicie la solidificación. El segundo porque para los metales puros y las aleaciones de composición eutéctica los valores de colabilidad son altos; mientras que para las aleaciones que forman soluciones sólidas, en especial las de amplio rango de solidificación, presentan una baja colabilidad.

2.3 PROCESO ACTUAL DE COLADA EN LA EMPRESA.

2.3.1 Descripción del proceso. El material en estado sólido junto con cantidades proporcionales de coque y caliza son cargados frecuentemente al horno de cubilote, donde ocurre el proceso de fusión. Cuando se ha completado el proceso el material fundido fluye por la boca del horno a la cuchara de transferencia que es sostenida por un operario de uno de sus extremos el otro esta alojado en un rodamiento para permitir el volteo. Luego de la cuchara de mezcla se reparte a las cucharas de mano que son transportadas por dos operarios hasta la posición donde se encuentra el molde que va a ser llenado; allí un tercer operario ayuda en el proceso de llenado de los moldes.

Figura 2. Descarga del horno.



Figura 3. Transferencia del metal fundido de la cuchara mezcladora a la cuchara de mano.



Figura 4. Transporte de la cuchara.



Figura 5. Llenado del molde.



2.3.2 Errores y dificultades durante el proceso. Durante el proceso se presentan varias dificultades.

- ☑ La forma como se transporta la cuchara, pues como los moldes se encuentran ubicados en el piso, el espacio para transitar con la cuchara llena de metal fluido a alta temperatura no es muy seguro lo que determina un gran riesgo.
- ☑ La forma como se recibe la descarga del horno que presenta una situación de peligro para el operario que sostiene la cuchara de transferencia.
- ☑ Las pérdidas de calor debido a que la cuchara es trasladada destapada y a baja velocidad, por el peso y las dificultades del recorrido.

- ☑ Es difícil conservar la temperatura del fluido y la velocidad de colada pues estos factores dependen en este caso no sólo del tipo de material y del moldeo sino también de las habilidades y velocidad de los operarios.

Debido a todo lo anterior es difícil garantizar la calidad del producto final y en algunas ocasiones el número de piezas defectuosas e inservibles puede aumentar debido al factor humano.

2.3.3 Solución presentada. La solución adecuada para resolver la mayoría de las dificultades es el diseño y construcción de un sistema adecuado para transportar y vaciar la cuchara.

El sistema que se elija debe contar con un dispositivo adecuado para recibir la descarga del horno, evitando con esto la pérdida de calor, y algún mecanismo para trasladarlo desde la boca del horno hacia los moldes a llenar, y allí poder manipularlo para mantener la velocidad de llenado, mantener la temperatura constante y evitar las escorias dentro del molde.

El diseño y construcción de este sistema se desarrollará a lo largo de este libro.

3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE

3.1 PROCESO DE DISEÑO

El diseño del sistema de transporte para la cuchara de fundición surgió de la necesidad que en la empresa Industrial de Accesorios Ltda., se carecía de un sistema adecuado para este fin, y la realización de este proceso era llevada a cabo de forma manual, por 5 operarios que además de realizar esfuerzos excesivos estaban expuestos a un sin número de riesgos físicos, además tanto la calidad, como la cantidad de los productos era difícil de mantenerse pues dependía del factor humano, debido a que si la jornada era larga o el tamaño de las piezas era muy grande los operarios se podían cansar demasiado rápido y este efecto causaba resultados negativos en el producto final. Por todo esto se opto por el desarrollo e implementación de un sistema de transporte adecuado, gracias al cual el proceso será más rápido y ágil lo que beneficiará tanto a los trabajadores como a la empresa.

Para la realización del diseño del sistema de transporte se siguió la siguiente metodología de diseño:

- ☑ Identificación del problema
- ☑ Requisitos y delimitaciones
- ☑ Generación y análisis de ideas
- ☑ Evaluación y análisis preliminar
- ☑ Refinación del diseño
- ☑ Modelamiento final

- ☑ Construcción y montaje

3.1.1 Identificación del problema. En la actualidad la empresa de fundición del área metropolitana cuenta con un sin número de dificultades relacionadas con la tecnificación de sus procesos productivos, pues la mayoría de estos son realizados manualmente, por lo que sus empleados y operarios laboran jornadas de trabajo agotadoras, durante las cuales se encuentran sometidos a riesgos físicos debido al manejo de materiales a altas temperaturas y demasiado pesados, uno de los problemas que identificamos y creemos que requiere solución, es el transporte del fluido de fundición desde el horno a los moldes, pues esta labor es realizada por dos o tres operarios a mano, trabajo que creemos es riesgoso e inadecuado.

En la Empresa Industrial de Accesorios Ltda. el proceso de colada tiene una duración de aproximadamente ocho horas, durante las que un grupo de cinco trabajadores realizan varias operaciones, dos parejas se encargan de transportar la cuchara llena de fluido de fundición a 1450 °C desde el horno hasta los moldes, cuando llegan allí un tercer operario les ayuda a vaciar la cuchara y llenar el molde.

3.1.2 Requisitos y delimitaciones. Luego de conocer las necesidades de la Empresa y en común acuerdo con ellos se procedió a realizar un análisis a cerca de los requisitos para el diseño del Sistema de Transporte y en especial los beneficios que se deseaban de este, se plantearon como prioridades las siguientes:

- El sistema de transporte debía llegar hasta la boca del horno para ser allí llenada la cuchara de fundición, con lo que se buscaba evitar las pérdidas

de calor que se producían por el reenvase de una cuchara grande con capacidad para recibir la descarga del horno a otra de menor tamaño.

- El sistema que se seleccionará debía ser apto para elevar y transportar la cuchara, las piezas terminadas, los modelos e incluso los moldes.
- El sistema de transporte debía contar con una capacidad máxima de 800Kg a 1000Kg, pues estos son los pesos máximos que se manejan y los modelos de gran tamaño así como las piezas finales eran muy difíciles de transportar.
- El sistema debía contar con algún medio para elevar y transportar la cuchara de fundición tanto a lo largo (longitudinalmente), como a lo ancho (transversalmente), del patio sin influir ni estorbar con los trabajos que se realizan en el piso del patio.

Dada la distribución de planta de la empresa y considerando los requisitos planteados, las delimitaciones en el diseño y construcción del sistema de transporte requerían:

Dimensionales

- Luz entre apoyos 7.2 m
- Distancia libre 6.4 m
- Altura total 3.20m
- Altura de elevación 2.4m
- Longitud de las vías 20m

☑ *Operacionales*

- Una carga máxima a elevar y transportar de 1000 Kg
- Un sistema de elevación adecuado para la carga mencionada que podía ser manual o eléctrico
- Un sistema de translación transversal que cumpliera con los requerimientos y que podía ser manual o eléctrico.
- Un sistema de translación longitudinal preferiblemente eléctrico debido a que la longitud a recorrer de 20m es extensa para realizarse de forma manual.
- Rediseñar la cuchara y adaptarle un mecanismo de volteo adecuado para ser elevado y transportado, de fácil manipulación y control.

3.1.3 Generación y análisis de ideas. Después de haber estudiado las necesidades y de haber establecido los requerimientos y delimitaciones del diseño se procedió a desarrollar una serie de ideas y propuestas que pretendían de una u otra forma resolver el problema hasta llegar a un modelo final y adecuado. Como pauta inicial se decidió que el sistema de transporte debía ser mecánico y en lo posible que contara con algunos dispositivos eléctricos, como motores para que facilitaran ciertos desplazamientos, a continuación se describe como este sistema se concibió y desarrolló hasta el modelo final.

3.1.3.1 Selección sistema de elevación y transporte

Propuesta 1.

Figura 6. Grúa-pórtico.



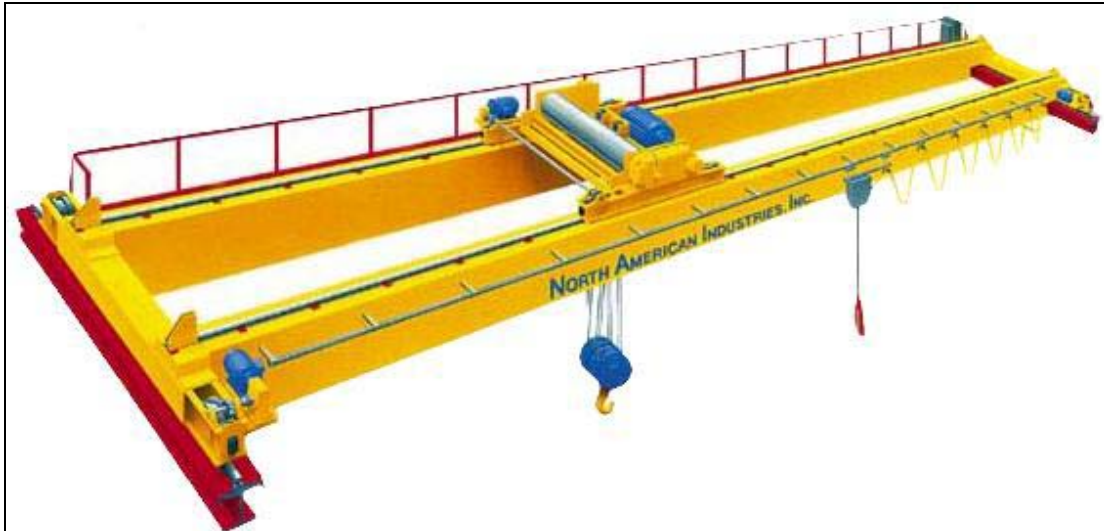
Fuente: TECNIYALE LTDA. Pórticos. [on line]. Colombia, 2002 [citado en Septiembre de 2004]
Disponible en Internet: <<http://www.tecnyale.com/porticos.htm>>

Una grúa-pórtico es un aparato de elevación que se desplaza sobre dos rieles colocados en el suelo y presenta forma de pórtico de una luz moderada, con las siguientes características:

- Tienen capacidades de carga variadas desde kilogramos. hasta grandes toneladas.
- Los gastos de instalación son menores que para los puente grúas que circulan sobre un camino de rodadura elevado.
- Se les prefiere para todas las aplicaciones en que no entorpezcan la circulación por el suelo, lo que era una desventaja para nuestro caso pues los moldes de las piezas se arman en el sitio donde van a fundirse que en la mayoría de los casos es en el piso.

☑ Propuesta 2

Figura 7. Puente grúa de doble viga eléctrico.



Fuente: NORTH AMERICAN INDUSTRIES, INC. Heavy - Duty Bridge Cranes [on line] United States, 2002 [citado en Noviembre de 2003] Disponible en Internet: <www.naicranes.com/products/bridge_cranes.html>

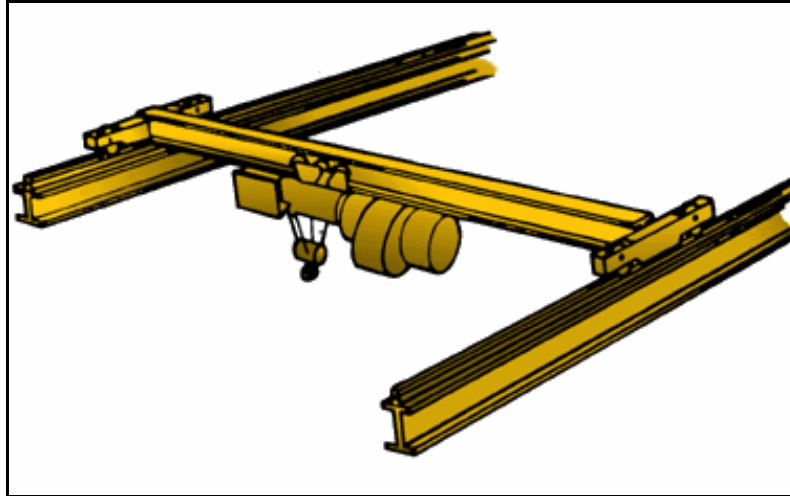
Los puente grúas son máquinas para elevar y transportar cargas; que a diferencia de las grúas-pórtico circulan por vías elevadas, gracias a lo cual dejan libre toda la superficie de la planta de una construcción de modo que el trabajo y el tránsito sobre el suelo puedan efectuarse sin obstáculos.

Este tipo de puente grúa se construye de varios tamaños, para cargas portantes moderadas y grandes. El puente está formado por dos vigas semejantes de acero, sobre las que se traslada el carro al que se encuentra unido el mecanismo de elevación.

Esta propuesta es una de las más adecuadas para solucionar el problema sin embargo los costos que involucra el sistema eléctrico del carro como del mecanismo de elevación son muy altos.

☑ Propuesta 3

Figura 8. Puente grúa de viga sencilla.



Fuente: TECNIYALE LTDA. Puente Grúas. [on line]. , 2002 [citado en Septiembre de 2004]
Disponble en Internet: < http://www.tecniyale.com/pgruas_m.htm>

A diferencia de la propuesta 2 este tipo de puente grúa consta de una sola viga de acero soportada en cada extremo por una viga testera y de un aparejo corredera manual dispuesto para rodar sobre las alas inferiores o superiores de la viga.

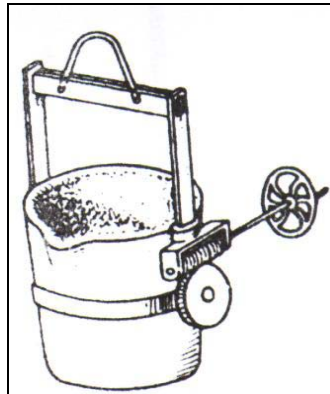
- Como la carga portante no es muy grande (1 Tonelada) y la luz es de 7.8m, este tipo es el más adecuado.
- Además el aparejo, conjunto del carro de traslación del puente y el mecanismo de elevación serán manuales, pues como ya se dijo la carga a transportar es pequeña y además el posicionamiento de la cuchara como el vaciado son actividades que se prefiere sean realizadas por el operario directamente en el sitio.

Después de analizar las alternativas planteadas y teniendo en cuenta la facilidad de operación, la economía y el cumplimiento de los requerimientos de carga y tamaño se seleccionó la opción 3.

3.1.3.2 Selección el sistema de vaciado

Propuesta 1

Figura 9. Cuchara de colada con mecanismo sin fin.

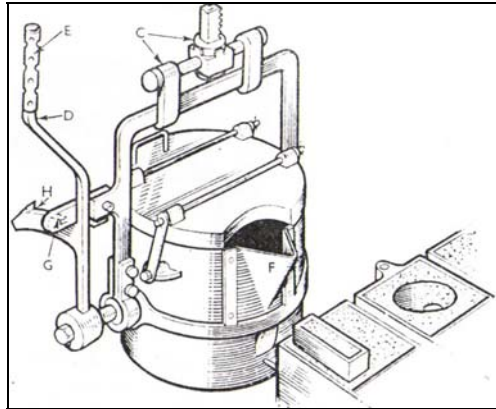


Fuente: CAPELLO, Eduardo. Tecnología de la Fundición. 2 ed. España: Editorial Gustavo Gili S.A., 1971. p. 417.

Esta cuchara cuenta con un mecanismo para voltearla, este tipo es adecuado para cucharas de más de una tonelada para facilitar su manipulación, sin embargo para nuestro caso este tipo no era el más recomendable pues en la mayoría de los casos se manejan cucharas con pesos menores a 1 To y los costos que implican adaptar el mecanismo de volteo no se verían justificados.

☑ Propuesta 2

Figura 10. Cuchara de colada de manipulación manual para transportar en monorriel.



Fuente: HOWARD, E. Tratado práctico de fundición. Madrid: Editorial Aguilar, 1953. p. 293.

Esta cuchara es de capacidad media y cuenta con un sistema para transportarla por un puente grúa u otro sistema de transporte y que puede ser maniobrado por un operario. Este sistema presenta frente al anterior las ventajas de ser más económico y manejable, por lo que se consideró el más adecuado para el diseño pues las cargas que se manejan en la mayoría de los casos son menores a 1 To.

3.1.4 Evaluación y análisis preliminar. Después de conocer las ideas preliminares y haber definido que para el sistema de elevación y transporte la mejor opción era el diseño y construcción de un puente grúa de viga sencilla o monorriel el cual se subdividiría en seis subsistemas, los cuales fueron puestos a consideración con una nueva lluvia de ideas que después de ser desarrolladas y analizadas a cabalidad arrojaron como resultado el sistema que se describirá en el capítulo 4.

Aunque para la concepción final del sistema se desecharon un sin número de opciones a continuación se describirán las más representativas, de acuerdo a los subsistemas que conformarían el puente grúa.

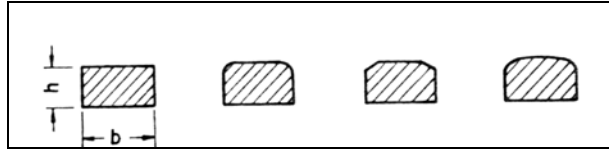
3.1.4.1 Sistema estructural. Los puente grúa constan de una estructura metálica, suspendida en forma de puente, cuyos extremos se apoyan sobre ruedas que circulan por unos carriles paralelos elevados llamados caminos de rodadura . Los carriles están anclados sobre vigas de apoyo lateral y estas a su vez se apoyan sobre las ménsulas de las columnas.

☑ Para el diseño del puente grúa se requería el diseño y construcción de columnas pues el patio donde se iba a montar no contaba con una estructura rígida a la cual se le pudiera adaptar las vigas de apoyo para los rieles, en un principio se pensó en columnas de concreto sin embargo la idea se desecho por el costo que implicaba; entonces se decidió que la mejor opción era que las columnas fueran hechas en tubería de perforación CD 80, que cumpliera con los requisitos del diseño.

☑ Para el diseño de los rieles se plantearon las siguientes alternativas:

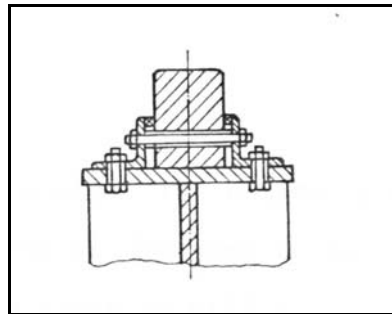
- Caminos de rodadura compuestos por perfiles laminados como vigas de soporte, para nuestro caso se requería de un perfil I ; y unido a un carril de llanton rectangular, como se observa en la figura. Sin embargo esta opción se desechó debido a los costos que implicaban los perfiles requeridos.

Figura 11. Carriles de llantones.



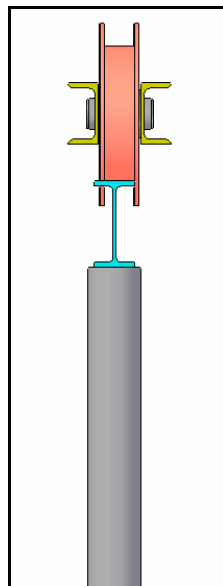
Fuente: HELLMUT, Ernest. Aparatos de elevación y transporte. España: Editorial Blume, 1970. v. 1, p. 225.

Figura 12. Forma de sujeción del carril a la viga



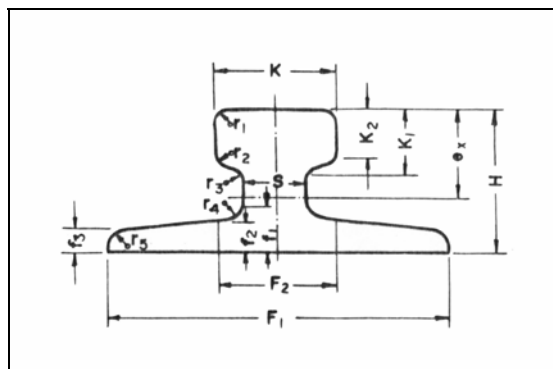
Fuente: HELLMUT, Ernest. Aparatos de elevación y transporte. España: Editorial Blume, 1970. v. 1, p. 228.

Figura 13. Rieles en perfil I.



- Debido a que se requería para los caminos de rodadura un sistema que cumpliera con los requisitos de soporte y el servicio de rodadura para el tránsito del puente se decidió buscar opciones que de forma sencilla cumplieran con los dos requisitos y por esto se pensó en usar carriles Burbach debido a su forma geométrica, con cabeza ancha para soportar grandes cargas y un patín ancho que facilita la fijación, ver figura14. A pesar de que esta era una buena alternativa, pues ya no se requería de un perfil adicional, fue desechada debido a que era de difícil adquisición en el mercado.

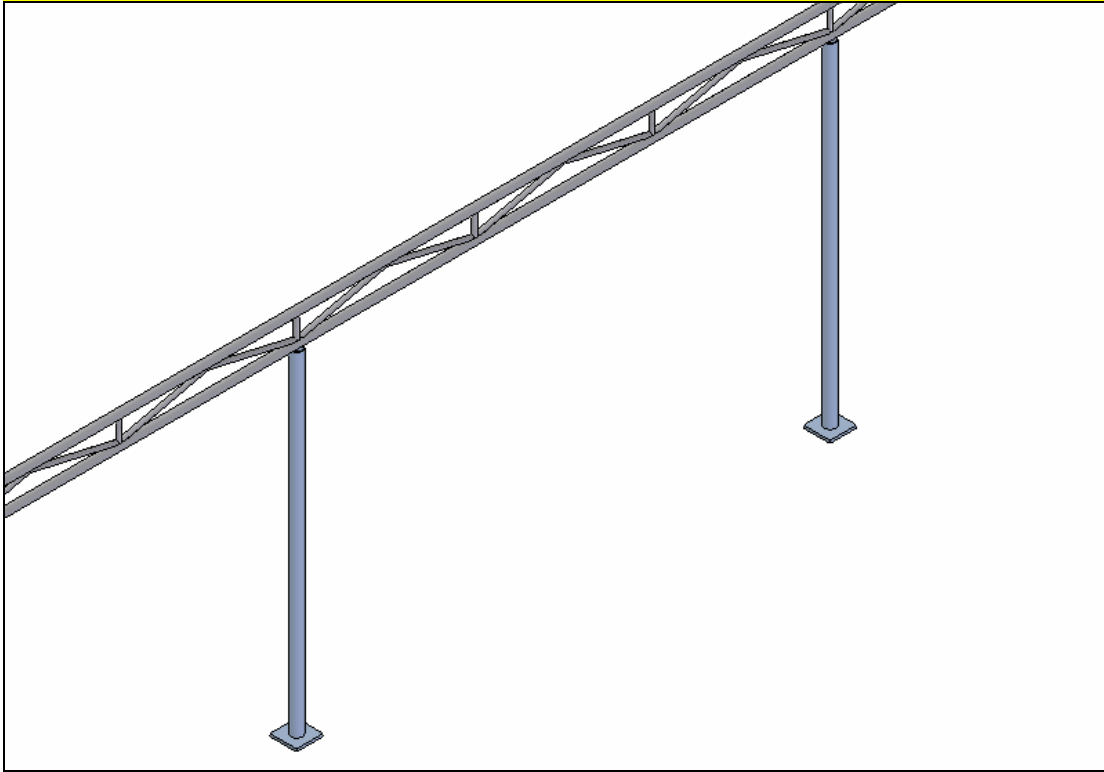
Figura 14. Carril Burbach.



Fuente: HELLMUT, Ernest. Aparatos de elevación y transporte. España: Editorial Blume, 1970. v. 1, p. 226.

- Por último se optó que la forma más viable de construir los caminos de rodadura, como las vigas de soporte, era usando vigas en celosía, y se decidió que estaría hechos en tubería por su gran inercia, rigidez, fácil consecución en el mercado y economía

Figura 15. Prediseño del sistema estructural.



3.1.4.2 El puente de la grúa. Todos los puente grúas constan de una o dos vigas principales, sobre las que se apoyan los carriles del carro, y de las dos vigas testeras, dispuestas perpendicularmente a las vigas principales, que llevan las ruedas de la grúa. El puente grúa de una sola viga con carro sobre las alas inferiores, es más utilizado de forma manual hasta unas tres toneladas de fuerza portante. Según sea la magnitud de la carga y la luz, para la viga principal se emplean vigas de perfil laminado, vigas armadas o compuestas y vigas de celosía.

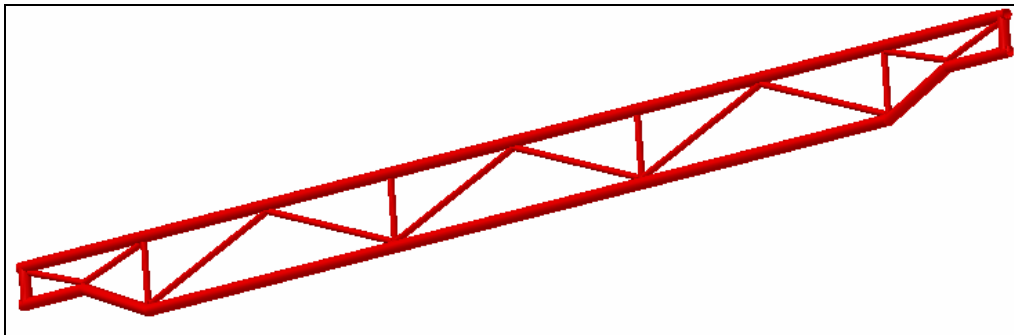
☑ Para el diseño del puente se optó por el tipo de viga sencilla pues la carga máxima es de 1 Tonelada y el diseño de la viga principal fue analizado de igual forma como se planteó el de las vigas soporte para los carriles de

rodadura, pasando por el perfil en I como alternativa, que fue desechada por costos, hasta llegar al prediseño final que fue una viga en celosía tipo Warren.

Figura 16. Viga Principal en perfilaría I.



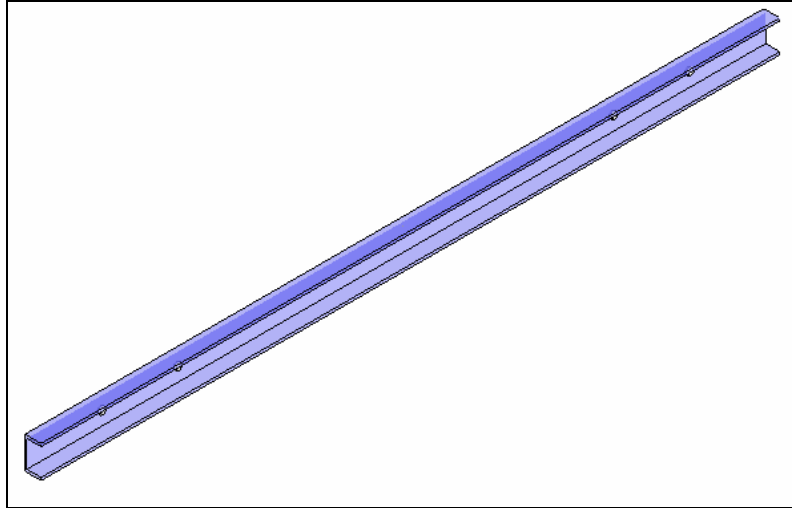
Figura 17. Prediseño de la viga principal en celosía.



- ☑ Para el diseño de las vigas testeras sobre las que va montada la viga principal con todas sus partes y en la que van instaladas las ruedas para movilizar el puente, se optó por el tipo de viga testera de dos ruedas, que se usan para cargas pequeñas y moderadas hasta 20 Toneladas y 16m de luz, pues los requisitos de carga y luz se encuentran dentro de estos

parámetros, y se decidió usar perfiles en C por ser los más convenientes, en la figura se observa sus características.

Figura 18. Prediseño de las vigas testeras.

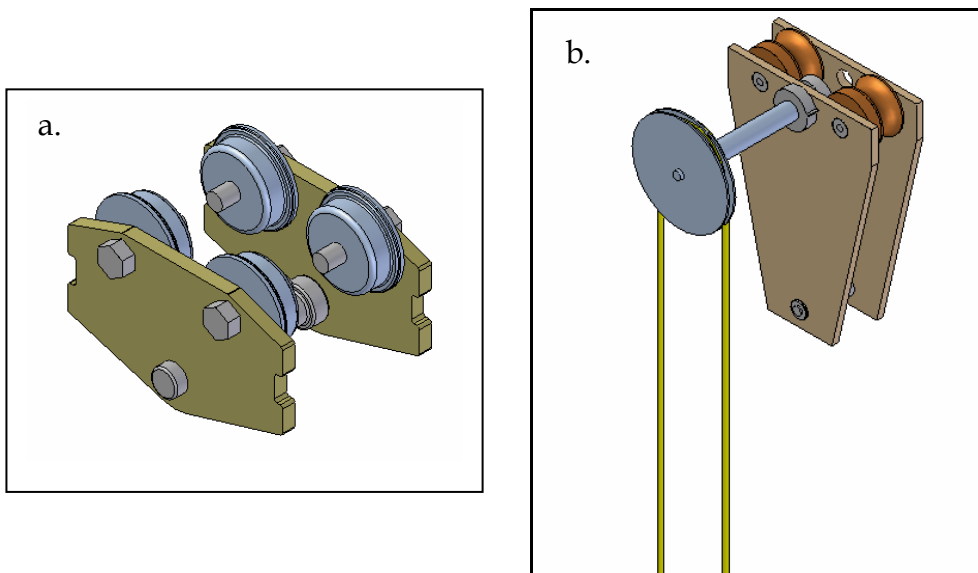


3.1.4.3 Mecanismos de Traslación de la Grúa. Los mecanismos de avance o traslación sirven para desplazar la carga en el plano horizontal. Se distinguen dos tipos, distintos en el principio del mecanismo de avance: Eléctrico y manual. Las grúas y los carros de grúas se apoyan en las ruedas de marcha. Las ruedas unidas con el accionamiento son impulsoras (conductoras) y las demás son libres (conducidas).

- ☑ Se decidió que el sistema de traslación longitudinal de la grúa, que es el que realiza el desplazamiento del puente sobre los caminos de rodadura a lo largo del patio, fuera de tipo eléctrico, pues como la longitud a recorrer era de 20m, este recorrido se debía hacer en el menor tiempo posible pues se requería mantener en lo posible la temperatura del fluido.

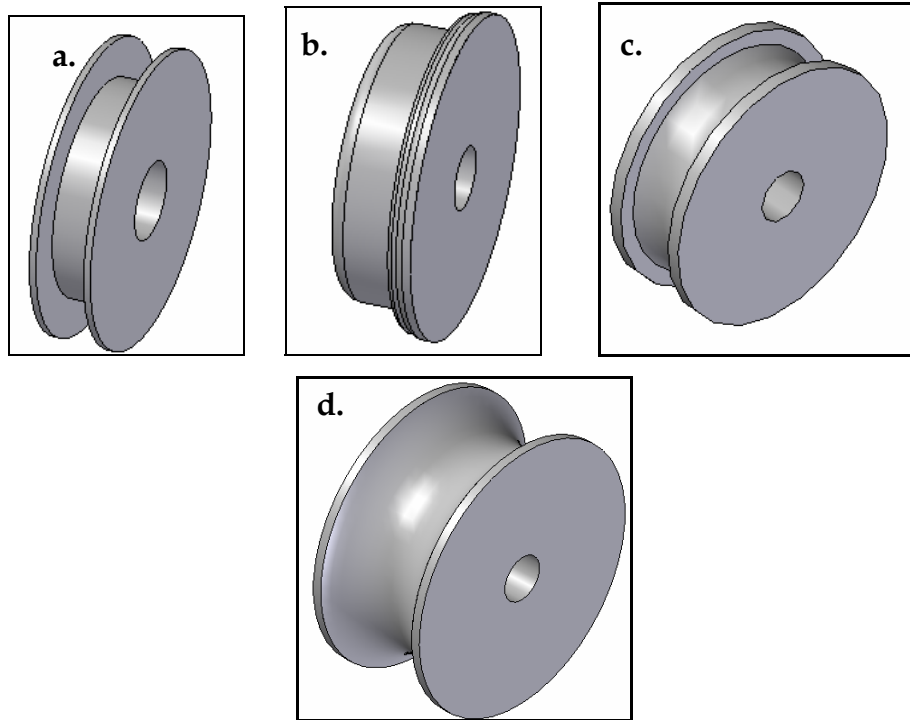
- ☑ Para el sistema de translación transversal, que es el que sirve para desplazar la carga por medio de un carro sobre la viga principal, se decidió que fuera un carro de accionamiento manual que se desplazará valiéndose de una rueda de tracción. puesta en rotación por medio de una cadena, su forma y distribución de sus elementos fue variando dependiendo de los caminos de rodadura has llegar al final.

Figura 19. Sistema de translación transversal; a. para transitar por las alas del perfil I; b. para transitar sobre carriles tubulares.



- ☑ Las ruedas de los dos mecanismos fueron evaluadas dependiendo de la forma que tenían los caminos de rodadura hasta llegar a la rueda que transitaría sobre los caminos en celosía de forma tubular.

Figura 20. Evolución el diseño de las ruedas; a. rueda para carril de llantón; b. rueda para carril Burbach; c. rueda para carril en tubería; d. rueda para transitar sobre la viga principal.

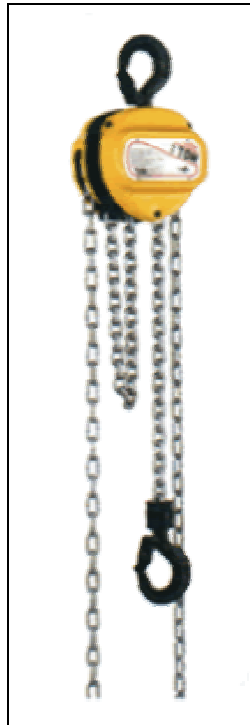


3.1.4.4 Mecanismo de elevación de la carga. Esta constituido principalmente por el elemento de suspensión como es el gancho, órgano de elevación (cable o cadena), polipasto con sus respectivas poleas, motor eléctrico o sistema manual para la elevación y sistema de seguridad y freno.

El sistema de elevación será un aparejo manual, un aparejo es un aparato elevador accionado por la fuerza del hombre, dependiendo de la carga existen diferentes tipos entre los cuales se encuentran los polipastos, las poleas diferenciales, los tornos elevadores y los malacates, para nuestro

diseño proponemos la polea diferencial, que es un sistema de poleas empleado para elevar cargas variadas, desde muy livianas hasta pesos considerables, este aparejo consta de dos poleas fijas superiores y una inferior para soporte de la carga.

Figura 21. Mecanismo de elevación.



Fuente: TECNIYALE LTDA. Polipastos manuales de cadena. [on line]. Colombia, 2002 [citado en Septiembre de 2004] Disponible en Internet:
<<http://www.tecnyale.com/Polipastosmanualesdecadena/htm>>

4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE LA CUCHARA DE FUNDICIÓN

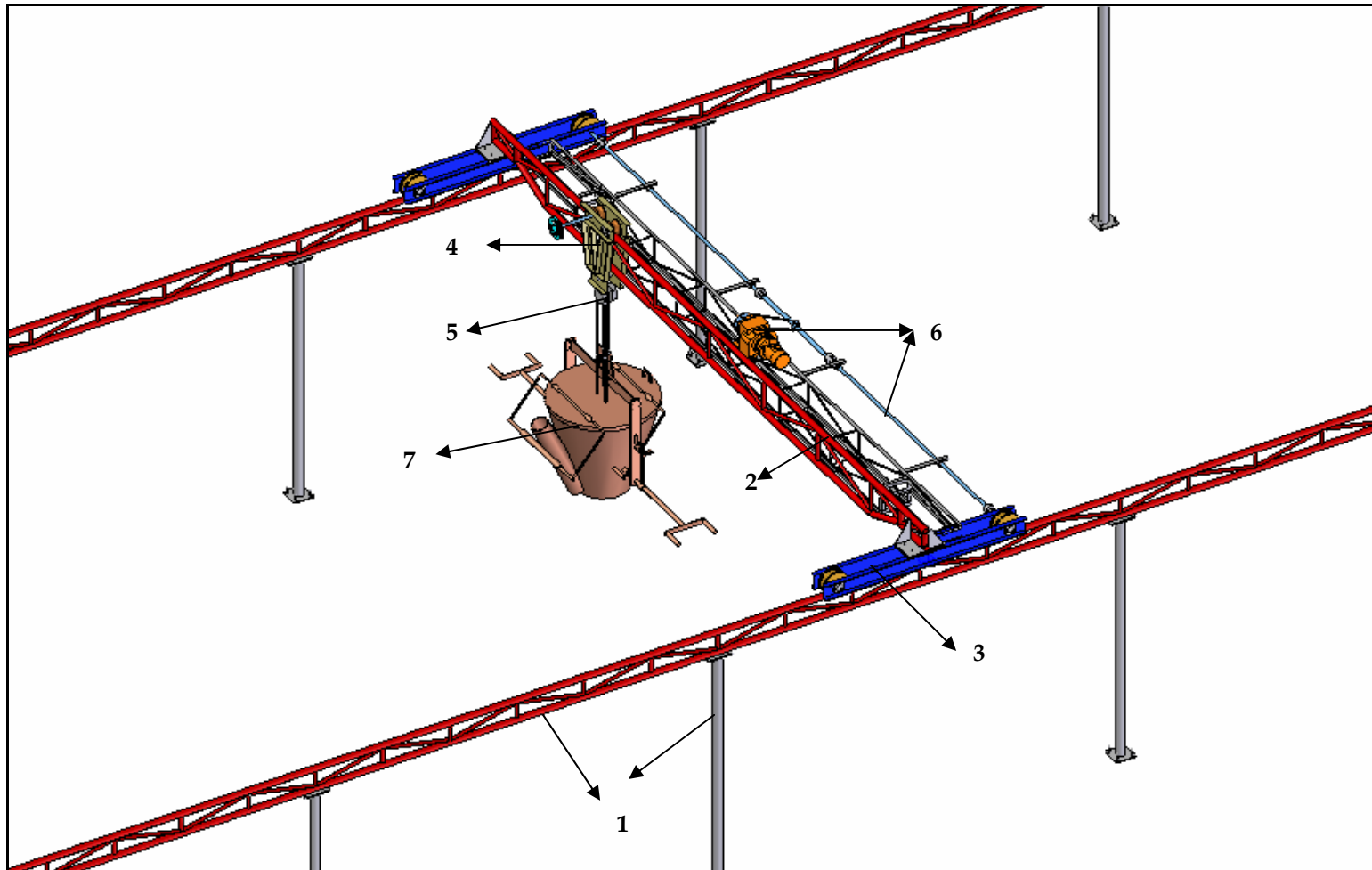
Como se observó en el capítulo 3 el diseño óptimo seleccionado para el sistema de transporte es un puente grúa de viga sencilla (monorriel) con todos sus aditamentos a los que se encuentra adaptada la cuchara de fundición con un mecanismo de volteo adecuado; a continuación se va realizar la descripción general del sistema y a partir de esta, la descripción particular de cada uno de sus elementos.

4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

Un puente grúa es un dispositivo para elevar, transportar y descender cargas. Consta de una estructura metálica, suspendida en forma de puente, soportado por ruedas en sus extremos que lleva un aparejo elevador y se mueve sobre una vía aérea. La unidad elevadora puede estar fija en relación con el puente; aunque, por lo general, esta soportada sobre ruedas, a fin de que pueda recorrer la longitud del puente. El sistema de transporte diseñado se puede observar en la figura 22., esta compuesto por los siguientes subsistemas:

- Sistema estructural: constituido por las columnas y los rieles(1).
- El puente de la Grúa: formado por la viga principal (2) y las vigas testeras (3).
- Sistema de translación transversal (4).
- Sistema de elevación de la carga (5).
- Sistema de translación longitudinal (6)
- Sistema de vaciado(7).

Figura 22. Sistema de transporte de la cuchara de fundición.



4.1.1 Operación del sistema de transporte da la cuchara. Durante la operación del sistema se presentan varias etapas que pueden ser enumeradas de la siguiente forma.

4.1.1.1 Etapa de llenado y elevación de la cuchara. La cuchara de fundición colgada en el diferencial del puente grúa es llevada a la boca del horno en donde es llenada de hierro fundido, luego es elevada una altura, definida por la altura de los moldes a llenar.

Figura 23. Llenado de la cuchara.



4.1.1.2 Etapa de transporte de la cuchara. Durante esta etapa la cuchara de fundición llena es trasladada, por la acción del motor eléctrico en sentido longitudinal hasta llegar a la posición definida y allí es movida por el operario, por medio del carro de accionamiento manual, en sentido transversal hasta la ubicación del molde a llenar.

Figura 24. Transporte de la cuchara.



4.1.1.3 Etapa de volteo y vaciado de la cuchara. Cuando la cuchara ya ha sido posicionada sobre el molde a llenar, el operario debe hacer descender por medio del diferencial la cuchara hasta la altura adecuada de vaciado, luego quitará el seguro y proceder a voltear y vaciar la cuchara hasta lograr el llenado del molde.

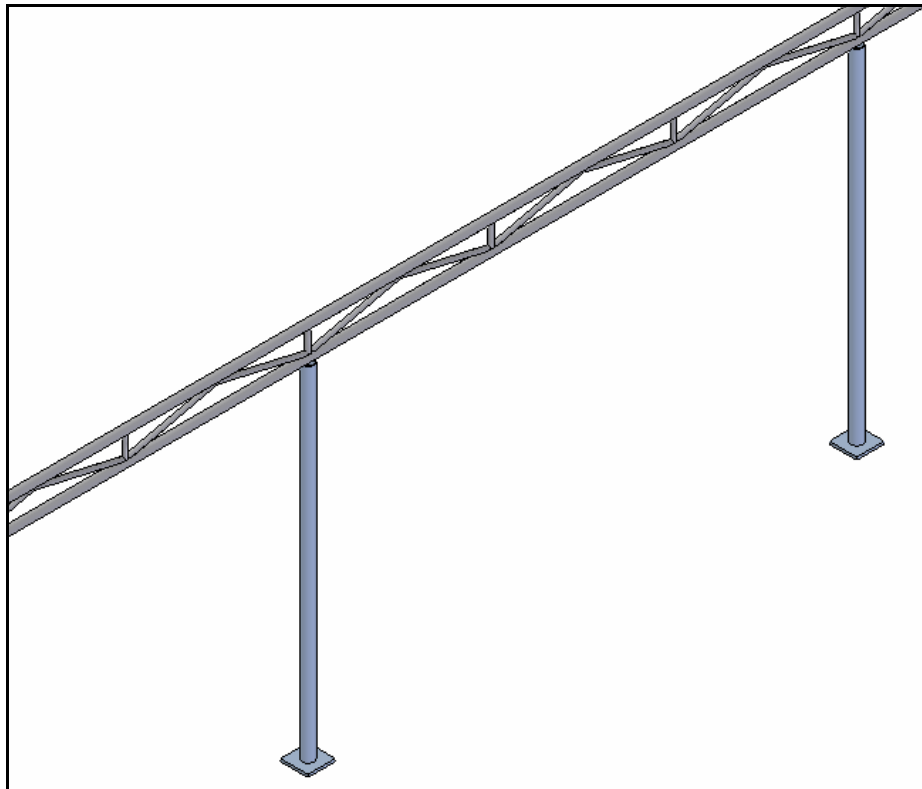
Figura 25. Volteo y vaciado de la cuchara.



4.2 DESCRIPCIÓN PARTICULAR

4.2.1 Sistema estructural. Este sistema está compuesto por las 12 columnas, que soportan los rieles, hechas en tubería CD80 de diámetro 3 pulgadas y los rieles, que son los caminos de rodadura por los que se desplaza el puente de la grúa, que fueron diseñados como vigas en celosía en tubería de 2 y 1 pulgada.

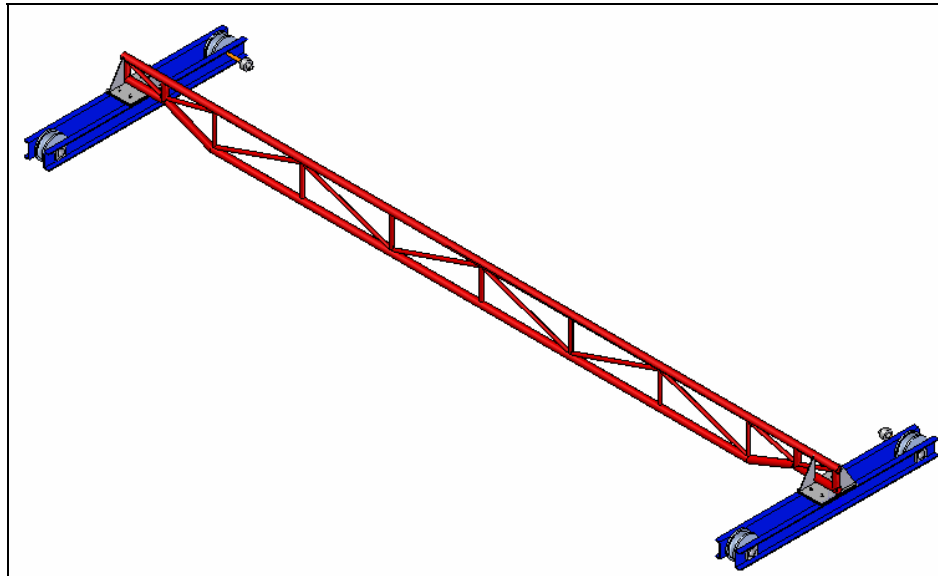
Figura 26. Sistema estructural.



4.2.2 El Puente de la grúa. Todos los puentes grúa constan de una o dos vigas principales, sobre las que se apoyan los carriles del carro, de las dos vigas testeras dispuestas perpendicularmente a las vigas principales y que llevan

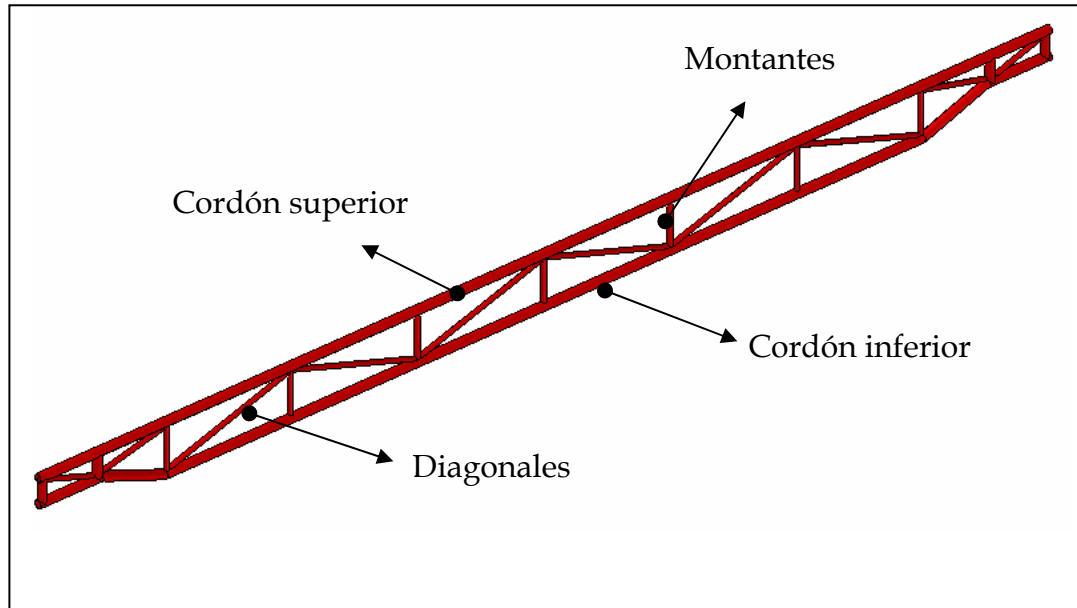
las ruedas de la grúa. El puente de la grúa diseñado esta compuesta por los siguiente elementos:

Figura 27. El puente de la grúa.



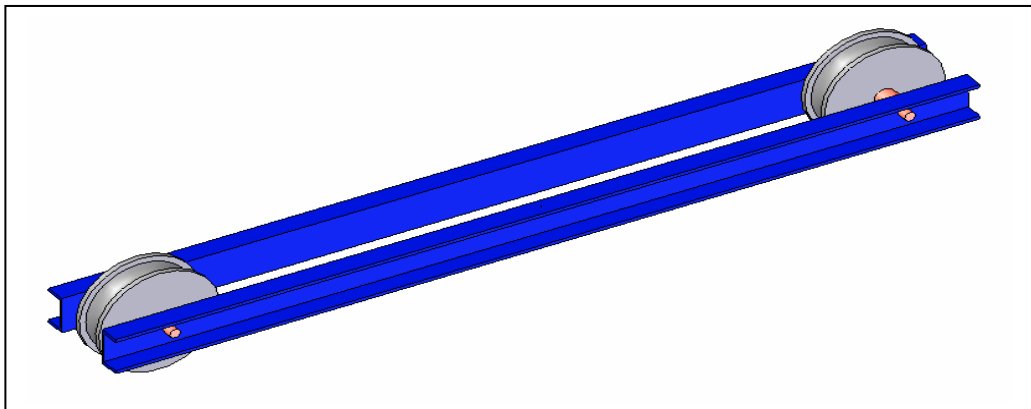
4.2.2.1 Viga principal. Es la sección del puente por la que se desplaza el carro que traslada la carga portante. Este elemento fue diseñado como una estructura en celosía tipo Warren modificada, en tubería de acero, de 7.2m de longitud, 42cm de altura; se encuentra formada por el cordón superior que sirve como carril para el carro, las barras diagonales, los montantes y el cordón inferior.

Figura 28. Viga principal.



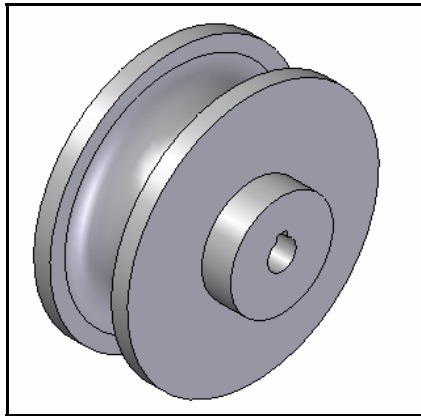
4.2.2.2 Vigas testeras. Son las vigas sobre las que va montada la viga principal con todas sus partes y en la que van instaladas las ruedas para mover el puente. Para el diseño se optó por un perfil en acero estructural tipo C de 15cm, como la carga a mover es moderada se decidió que fuera de dos ruedas.

Figura 29. Vigas Testeras



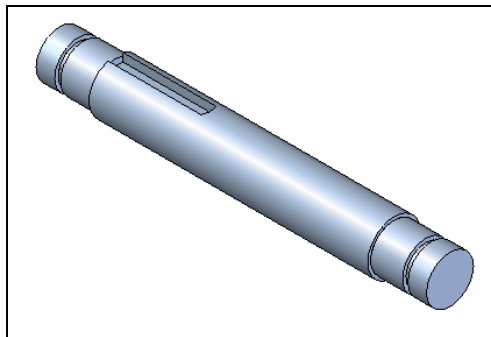
- ☑ **Ruedas del puente.** Son las encargadas, gracias a la acción del motor eléctrico, de trasladar el puente sobre las vías del sistema, están fabricadas en hierro fundido con un diámetro de 25cm.

Figura 30. Rueda del puente.



- ☑ **Eje de las ruedas del puente.** Es el encargado de transmitir el movimiento a las ruedas del puente, esta diseñado para soportar las fuerzas debidas a la resistencia al avance, las fuerzas de inercia y parte de la carga portante; esta construido en acero 1045 con una longitud de 33cm para las ruedas motrices y de 20cm para las ruedas motoras.

Figura 31. Eje de las ruedas.



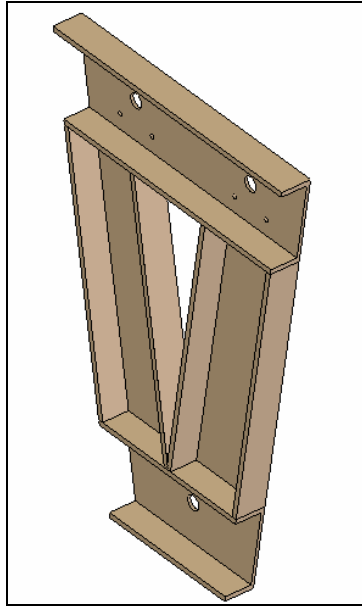
4.2.3 Sistema de translación transversal. Sirve para desplazar el carro sobre la viga principal, consta de tres partes principales: el bastidor del carro, el mecanismo de translación, y el mecanismo de elevación. Para este diseño su accionamiento es de forma manual, esta constituido por el bastidor del carro con dos ruedas movidas por medio de una polea de cadena que se encuentra acoplada a una de las ruedas por medio del eje de transmisión.

Figura 32. Sistema de translación.



4.2.3.1 Bastidor del carro. Es la estructura sobre la que se montan todas las piezas que componen el mecanismo de translación y en su extremo inferior se encuentra acoplado al mecanismo de elevación; soporta las fuerzas que le transmite la polea de mando y aloja a las ruedas. Esta diseñado en perfil de acero estructural tipo C de 15cm.

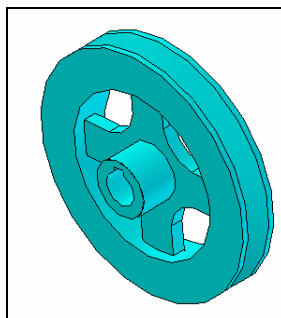
Figura 33. Bastidor del Carro.



4.2.3.2 Mecanismo de traslación del carro. Gracias a este la carga portante se puede trasladar sobre la viga principal, esta formado por la polea de mando, los ejes y las dos ruedas.

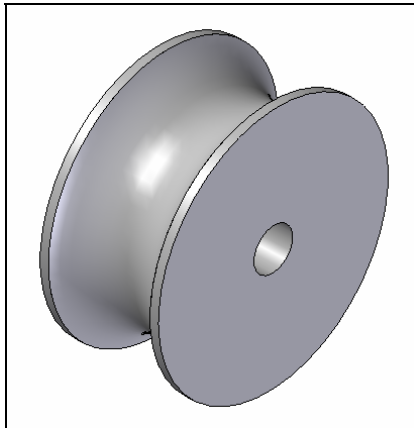
☑ **Polea de mando.** Es la encargada de desplazar el carro al ser puesta en rotación por medio del tiro ejercido a una cadena por el operario, se encuentra colocada en el eje de la rueda motriz. Se construyó en hierro fundido con un diámetro de 8 pulg., para cadena eslabonada de 5/32".

Figura 34. Polea de mando.



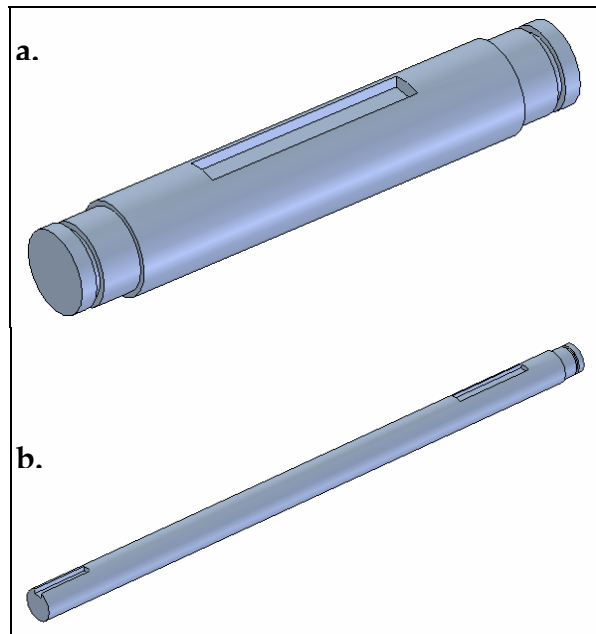
- ☑ **Ruedas del carro.** Son las encargadas, gracias a la acción de la polea de mando, de trasladar el carro sobre la viga principal, están fabricadas en hierro fundido con un diámetro de 13cm.

Figura 35. Ruedas del carro.



- ☑ **Ejes de las ruedas del carro.** Es el encargado de transmitir el movimiento a las ruedas del carro, al igual que el eje de las ruedas del puente esta diseñado para soportar las fuerzas debidas a la resistencia al avance, las fuerzas de inercia y parte de la carga portante; esta construido en acero 1045 con un diámetro de $1 \frac{1}{8}$ pulg y una longitud de 20cm para el eje de la rueda impulsada y 45cm para el eje de la rueda impulsora .

Figura 36. a. Eje de la rueda impulsada. b. Eje de la rueda impulsora acoplada a la polea de mando.



4.2.4 Sistema de elevación de la carga. Como su nombre lo indica es el encargado de elevar y descender la carga, se encuentra unido tanto al sistema de translación transversal, como al sistema de vaciado. Como la carga a elevar es de 1 Tonelada y la altura máxima es de 2m, se opto por seleccionar para este sistema un aparejo manual de cadena que cumpliera con los requerimientos, el seleccionado es un diferencial de cadena con capacidad máxima de 2 toneladas y altura de elevación de 2.8m.

4.2.5 Sistema de translación longitudinal. Es el encargado de desplazar el puente de la grúa que porta la carga a lo largo de los rieles, debido a la longitud a recorrer de 20m el mecanismo de avance es eléctrico y cuenta con un árbol de transmisión compuesto por el motoreductor colocado en el centro

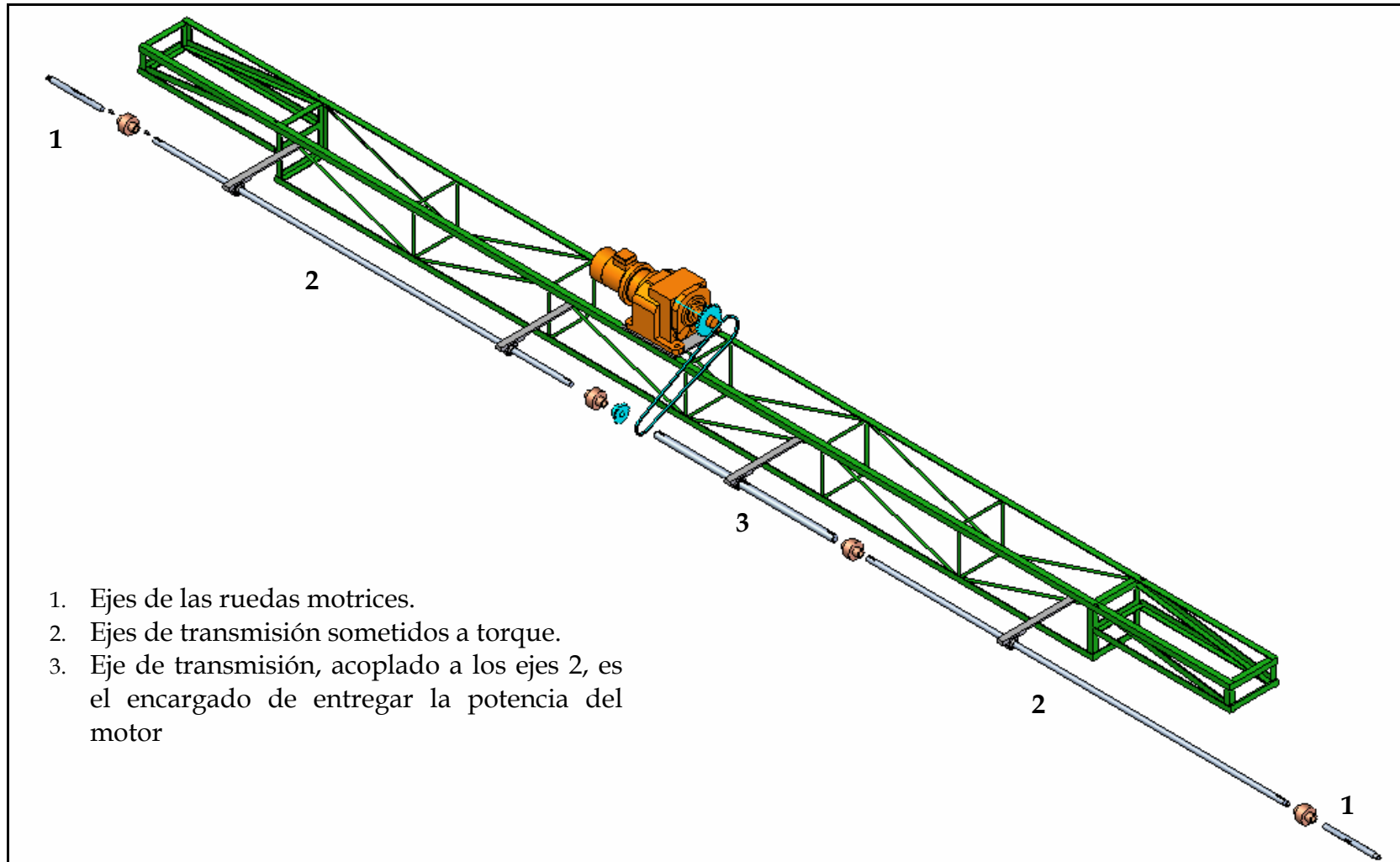
del puente que es el encargado de transmitir al eje de las ruedas impulsoras la potencia necesaria para avanzar.

4.2.5.1 Eje de transmisión. La potencia del motor a las ruedas se transmite por medio de una transmisión de cadena, la salida de esta se encuentra directamente en el eje de transmisión del puente, el cual se encuentra seccionado en 5 partes acopladas entre si; la sección de transmisión fue fabricado en acero 1045 de diámetro 1.5pulg. y una longitud de 1.30m, las otras secciones son de acero 1045, diámetro $1\frac{1}{8}$ pulg y longitudes de 2.60m.

4.2.5.2 Motor. La potencia requerida para desplazar el puente a lo largo de los caminos de rodadura es suministrada por un motoreductor de 2.4Hp, 1695rpm, y una relación de transmisión de 40,08. Fue seleccionado de acuerdo a los requerimientos de potencia debidos a las fuerzas producidas en las ruedas del puente.

4.2.5.3 Transmisión de cadena. Es la encargada de transmitir la potencia del motor a los ejes de las ruedas motrices para que se realice el desplazamiento del puente. Se selecciona una cadena número 60 con paso de $\frac{3}{4}$ de 162cm de longitud y dos ruedas dentadas número 60 de tramo único: la pequeña de 21dientes y la grande de 30 dientes.

Figura 37. Eje de transmisión



4.2.5.4 Acoples Elásticos. Estos dispositivos permiten transmitir la potencia y la velocidad del eje de transmisión al eje de las ruedas del puente, gracias a su uso se facilita el montaje, desmontaje y mantenimiento del sistema de transmisión. Los acoples fueron seleccionados de acuerdo a los requerimientos de potencia y velocidad.

4.2.5.5 Rodamientos. El eje de transmisión como el eje de las ruedas del puente cuenta con varios soportes con rodamientos rígidos de bolas que soportan las cargas radiales y permiten que el accionamiento y la rotación de las ruedas sobre el plano horizontal.

4.2.6 Sistema de vaciado. El sistema cuenta con una cuchara de colada que tiene un sistema de volteo seguro, fácil y rápido de maniobrar: la cuchara estará durante el traslado tapada, y contará con una camisa a la que se le adaptará un dispositivo de suspensión (a), un mecanismo de seguridad, que evitara que la cuchara se voltee durante el traslado (b), y el sistema de volteo durante la colada que será manual (c).

Figura 38. Sistema de vaciado.



5. DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE LA CUCHARA DE FUNDICIÓN

Cuando se requiere el uso de un sistema de elevación y transporte los parámetros de diseño son diferentes para cada caso, por lo que se requiere hacer un estudio particular según el tipo de sistema, debido a esto las grúas se dividen según su uso, en grúas de servicio permanente y grúas de servicio intermitente o de taller. El sistema que se va a desarrollar a continuación se encuentra dentro del tipo de grúa de taller, y se diseñó y construyó basado en el análisis de las necesidades de planta física, para el movimiento y translación tanto de la cuchara de fundición como de las piezas desmoldadas, de donde se determinó una altura de 3.20m, una luz de 7.2m y una longitud de 20m.

5.1 CARACTERÍSTICAS DEL PUENTE GRÚA

Como se describió en el capítulo 3 la mejor opción fue el diseño y construcción de un puente grúa monorriel con las siguientes características dimensionales y de operación:

5.1.1 Dimensionales

- Luz entre apoyos 7.2 m
- Distancia libre 6.4 m
- Altura total 3.2m
- Altura de elevación 2.2m
- Longitud de las vías 20m

5.1.2 Operacionales

- Carga máxima a elevar 1000 Kg
- Sistema de elevación manual del tipo diferencial de cadena
- Sistema de translación transversal manual con polea de maniobra
- Sistema de translación longitudinal eléctrico con las siguientes características
 - Velocidad de translación 48 m/min
 - Motoreductor de 2.4 Hp y 1695 rpm
 - Relación de transmisión 40.08

5.2 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

5.2.1 Sistema estructural. Para el diseño de los rieles y de la viga principal se utilizó el software para modelamiento de estructuras SAP2000, paquete informático usado en ingeniería Civil para el diseño de estructuras.

Para el modelamiento se requería determinar una carga viva última, según los requerimientos de carga planteados en el capítulo 3 donde se definió que carga máxima a transportar sería de 1000 Kg y usando los siguientes factores de seguridad:

- Coeficiente de mayoración ψ que depende de la clase de máquina de elevación, para este caso el puente grúa a diseñar corresponde al grupo II, (ver tabla 78 y 80 del libro de Hellmut)¹, se obtiene un coeficiente $\psi = 1.4$.

¹ HELLMUT, Ernest. Aparatos de elevación y transporte. España: Editorial Blume, 1970. v. 1, p. 296-298.

- Factor por impacto y vibración en la maquina ϕ , que de la tabla para una grúa de translación eléctrica $\phi = 1.25$.

Entonces la carga viva última es:

$$P = 1000 * 1.4 * 1.25 = 1750 \text{ Kg}$$

De acuerdo a lo descrito en los ítems 3.1.4.1 y 3.1.4.2, donde se decidió que la viga principal y los rieles serían hechos en celosía de secciones tubulares del modelamiento en SAP se obtuvo los siguientes resultados.

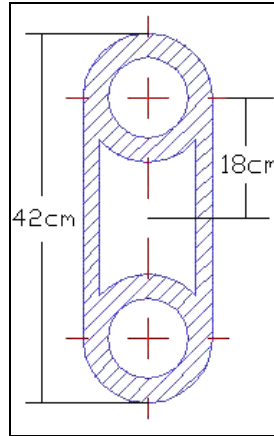
5.2.1.1 Viga principal. Previamente se definieron los siguientes parámetros:

- Como se planteó la viga principal se diseñó como una viga en celosía tipo Warren invertida, con una luz de 7.2m.
- El material utilizado para la armadura fue tubería por los motivos expuestos, esta tubería fue para los montantes y diagonales tubería colmena CD40 de 1pulgada y para los cordones superior e inferior tubería de perforación CD80 de 2pulgadas.
- La viga principal debía tener una deflexión máxima $\leq \text{luz(cm.)}/750$, de donde 1 cm es el adecuado².
- Para el dimensionamiento de la altura máxima de la viga en celosía se realizaron los siguientes cálculos preliminares:
 - Para la tubería exterior se tienen las siguientes dimensiones: $\phi_{\text{exterior}} = 6\text{cm}$, $\phi_{\text{interior}} = 5\text{cm}$ y las distancias que se observan en la figura 39.

² HELLMUT, Ernest. Aparatos de elevación y transporte. España: Editorial Blume, 1970. v. 2, p. 116.

- Área de la tubería: $A = \frac{\pi}{4} * (\phi_{ext}^2 - \phi_{int}^2) = \frac{\pi}{4} * (6^2 - 5^2) = 8,64cm^2$

Figura 39. Sección transversal de la viga principal



- Momento de inercia de la tubería:

$$I = \frac{\pi}{64} * (\phi_{ext}^4 - \phi_{int}^4) = \frac{\pi}{64} * (6^4 - 5^4) = 32,94cm^4$$

- Momento de inercia de la sección transversal de la viga:

$$I_{xx} = 2 * (I + A * d^2) = 2 * (32.94 + 8.64 * 18^2) = 5664,6cm^4$$

Y con estos valores obtenidos se procedió a verificar que la geometría seleccionada era la adecuada de acuerdo a un chequeo de esfuerzos admisibles:

- Cálculo del modulo de rigidez para la viga:

$$Z = \frac{I}{C} = \frac{5664.6}{21} = 269,74cm^3$$

- Momento debido a la carga: Como el carro es de dos ruedas las reacciones en las dos ruedas es igual, $P_1 = P_2 = P$; entonces:

$$P = \frac{Q + G_0}{2} = \frac{1800 + 40}{2} = 920Kg$$

Entonces el momento debido a la carga es:

$$M = \frac{P * (L - \frac{l_1}{2})^2}{2 * L} = \frac{520 * (720 - \frac{40}{2})^2}{2 * 720} = 176944.44 \text{Kg} * \text{cm}$$

El esfuerzo real es:

$$\sigma_R = \frac{M_T}{Z}$$

$$M_T = M + M_2$$

Donde: M2: Es el momento debido al peso total de la estructura.

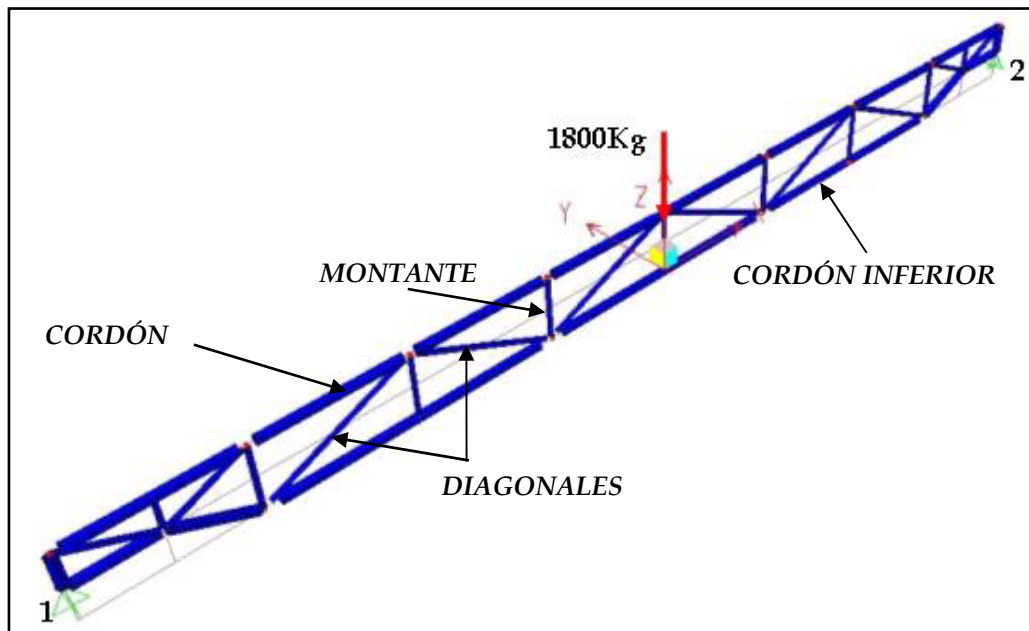
$$M_2 = \frac{W_E * L}{8} = \frac{143 * 720}{8} = 12870 \text{Kg} * \text{cm}$$

$$\sigma_R = \frac{176944.44 + 12870}{269.74} = 703.7 \text{Kg} / \text{cm}^2$$

$\sigma_R \leq \sigma_{adm}$ De los resultados $703.7 \text{Kg} / \text{cm}^2 < 2400 \text{Kg} / \text{cm}^2$

De donde se deduce que la altura es adecuada.

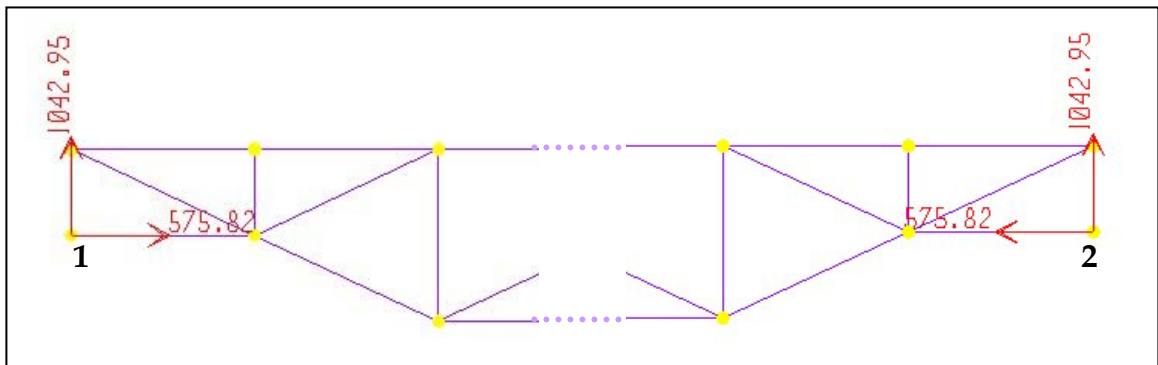
Figura 40. Modelamiento en SAP200 de la viga principal.



Los resultados obtenidos del modelamiento en SAP fueron:

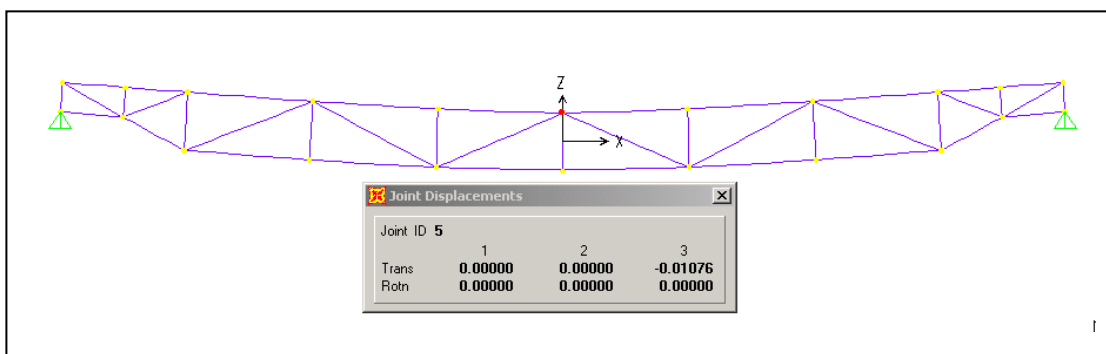
- ☑ las reacciones en los apoyos 1 y 2:
 - $R_{1x} = R_{2x} = 575.82\text{Kg}$;
 - $R_{1z} = R_{2z} = 1042.95\text{Kg}$.

Figura 41. Reacciones en los apoyos



- ☑ De éste análisis se puede concluir que el peso total de la estructura es aproximadamente $W_E = 143\text{Kg}$.
- ☑ La deflexión máxima que se presenta en la estructura en metros es de **0.01076m**.

Figura 42. Deflexión máxima en la viga principal.



5.2.1.2 Rieles del puente grúa. Como se definió, el diseño óptimo y que cumplía con los requisitos era una viga en celosía de 20m de longitud con apoyos (columnas) cada 4m; y fue modelada en SAP2000.

☑ Su sección se hizo como la de la viga principal, el material utilizado para la armadura fue tubería, para los montantes y diagonales tipo colmena CD40 de 1pulgada y para los cordones superior e inferior de perforación CD80 de 2pulgadas.

☑ Para modelarla se definió como punto crítico, cuando el puente posicionará la carga en el centro de una de sus secciones extremas, como se observa en la figura 43. Los resultados obtenidos fueron:

○ Las siguientes reacciones en los apoyos, como se ve en la figura 44.

▪ $R1x = 3844.62\text{Kg}$, $R1z = 861.49\text{Kg}$

▪ $R2x = 4799.55\text{Kg}$, $R2z = 1259.67\text{Kg}$

▪ $R3x = 964.71\text{Kg}$, $R3z = 43.64\text{Kg}$,

▪ $R4x = 6.25\text{Kg}$, $R4z = 144.55\text{Kg}$

▪ $R5x = 111.34\text{Kg}$, $R5z = 155.94$

▪ $R6x = 127.36\text{Kg}$, $R6z = 63.55\text{Kg}$.

Figura 43. Modelamiento en SAP de los rieles del puente grúa.

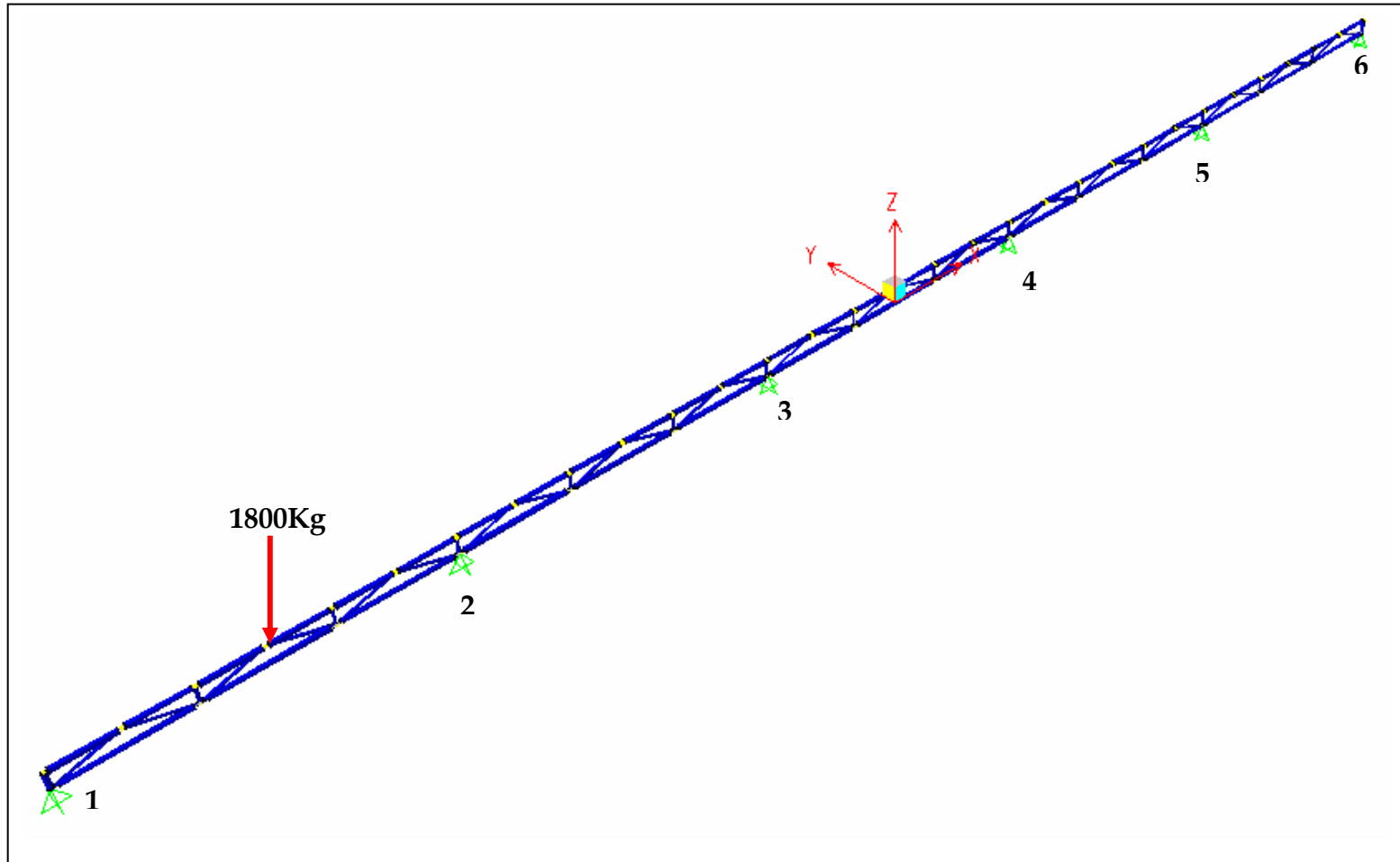
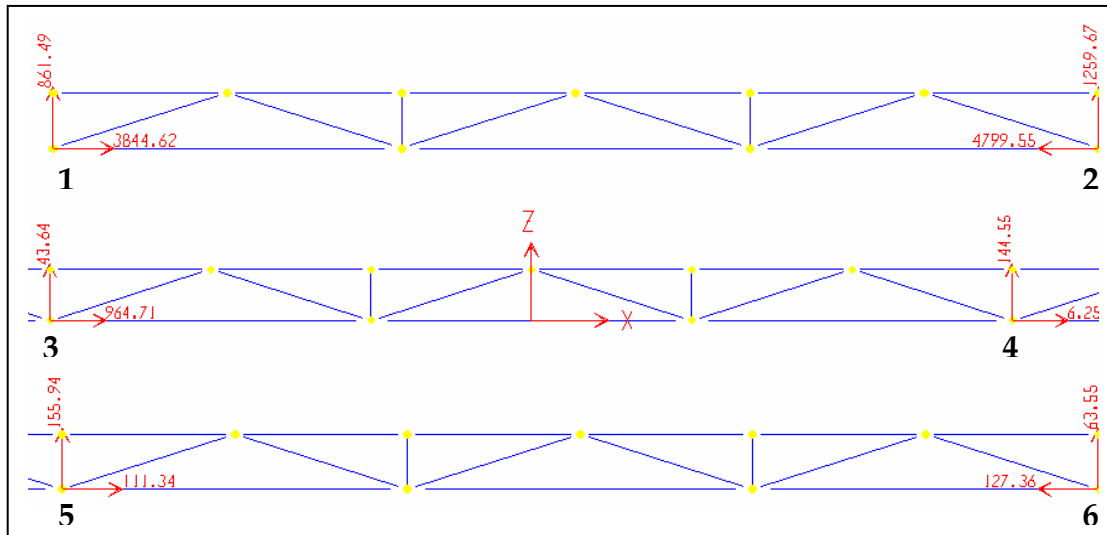
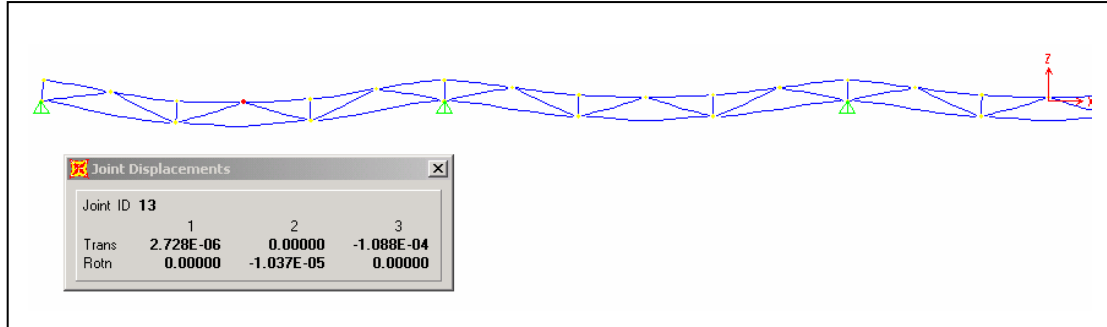


Figura 44. Reacciones en los apoyos del riel.



- Una deflexión máxima del riel en el eje z de $1.088 \cdot 10^{-4} \text{m}$.

Figura 45. Deflexión máxima en el riel.

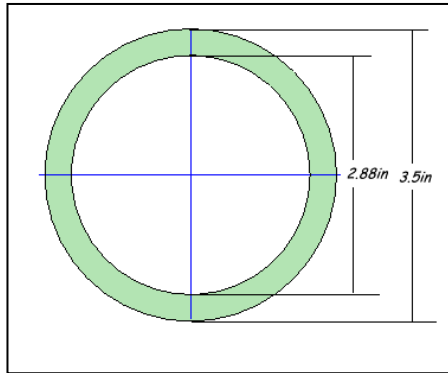


5.2.1.3 Diseño de las columnas. Los cálculos consignados a continuación fueron efectuados para una de las doce columna, cuando el puente posiciona la carga aproximadamente sobre una de las columnas.

Como se dijo, para las columnas se usó tubería de perforación CD80 de diámetro 3 pulgadas con una longitud de 2.2m, cuya sección transversal es

como se ve en la figura; en acero, con un modulo de elasticidad de $2.1 \cdot 10^6 \text{Kg/cm}^2$ y $S_y = 3000 \text{Kg/cm}^2$.

Figura 46. Sección transversal de la columna.



El diseño de las columnas se realizó considerando la carga aplicada en el centro.

$$\text{Área de la sección transversal: } A = \frac{\pi}{4} * (8.89^2 - 7.31^2) = 20 \text{cm}^2$$

$$\text{Momento de inercia: } I = \frac{\pi}{64} (8.89^4 - 7.31^4) = 159.6 \text{cm}^4$$

Para una longitud $L = 2.2 \text{m} = 220 \text{cm}$ entonces:

$$L_e = K * L$$

Siendo $K = 2.1$ dado que se trata de una columna empotrada y libre en los extremos respectivos, se tiene:

$$L_e = 2.1 * 2.2 = 4.62 \text{m}$$

$$\text{El radio de giro es: } \gamma = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{159.6}{20}} = 2.82 \text{cm}$$

$$\text{Se calcula la relación de delgadez: } R_e = \frac{L_e}{\gamma} = \frac{462 \text{cm}}{2.82 \text{cm}} = 163.83$$

$$C_c = \text{constante de columna} = \sqrt{\frac{2 * \pi^2 * E}{S_y}} = \sqrt{\frac{2 * \pi^2 * 2.1 * 10^6 \text{Kg/cm}^2}{3000 \text{Kg/cm}^2}} = 117.54$$

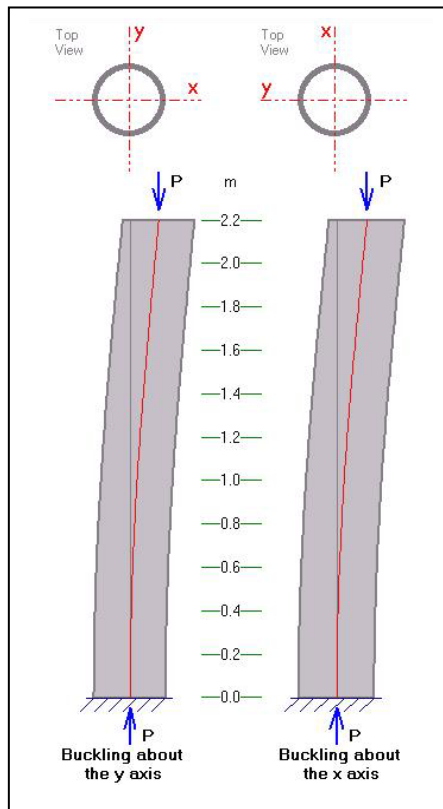
Puesto que la relación de delgadez es mayor que C_c se usa la ecuación de Euler o análisis de columna larga.

$$\text{Según Euler: } P_{cr} = \frac{\pi^2 * E * A}{(K * L / r)^2} = \frac{\pi^2 * 2.1 * 10^6 * 20}{163.8^2} = 15449.7 \text{Kg}$$

$$P_{adm} = \frac{P_{cr}}{N} = \frac{15449.7}{3} = 5150 \text{Kg}$$

Donde P_{adm} es la carga admisible soportada por la columna y N es el factor de diseño a la carga crítica. Como la carga que va a soportar la columna es menor que la admisible, la sección elegida es correcta.

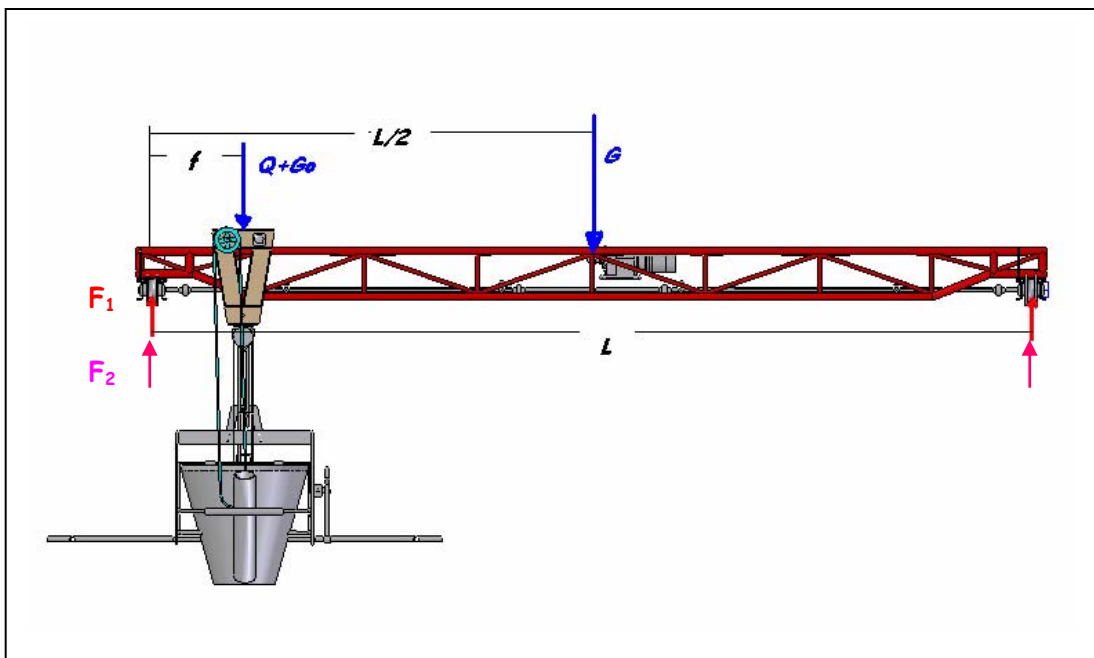
Figura 47. Esquema de la columna calculada



5.3 DISEÑO DE LAS VIGAS TESTERAS

5.3.1 Cálculo de la viga testera. Para este cálculo se usa el concepto de carga móvil³, cuando el carro está en el punto mas cercano a la viga testera, con f como la distancia mínima de la rueda del carro al apoyo, como se ve en la figura 48.

Figura 48. Posición extrema de la carga.



El cálculo de la fuerza móvil sobre la viga testera se obtiene de:

$$F_1 = (Q + G_0) * \left(1 - \frac{f}{L}\right) = (1800 + 40) * \left(1 - \frac{50}{720}\right) = 1712.2Kg$$

³ Ibid, p. 117.

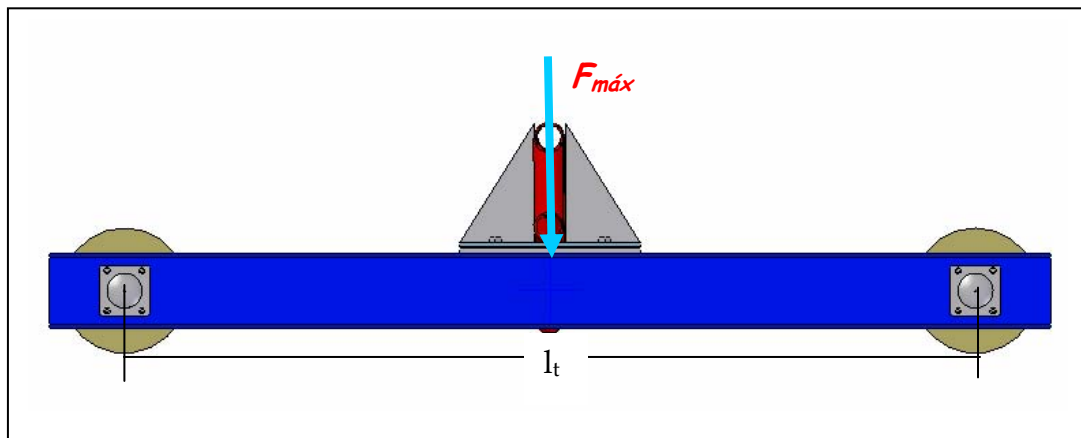
La fuerza debida al peso propio: $F_2 = \frac{G + G_s}{2}$ donde G es el peso de la viga principal y G_s el de la estructura del motor y eje; entonces:

$$F_2 = \frac{143 + 150}{2} = 146.5Kg$$

Entonces la fuerza máxima sobre la viga testera es:

$$F_{m\acute{a}x} = F_1 + F_2 = 1858.5Kg$$

Figura 49. Fuerza máxima sobre la viga testera.



Con esta fuerza se halla el momento máximo requerido.

$$M_{m\acute{a}x} = \frac{F_{m\acute{a}x} * l_t}{4} = \frac{1858 * 170}{4} = 78965Kg * cm$$

Con el momento máximo y el esfuerzo admisible, que para el acero es de $\sigma_{adm} = 2400Kg/cm^2$, se obtiene el modulo de sección Z:

$$Z = \frac{M_{m\acute{a}x}}{\sigma_{adm}} = \frac{78965}{2400} = 33cm^3$$

Con el valor del modulo de sección se entra a las tablas y se selecciona el perfil en C tipo americano, C6x8.2 con las siguientes especificaciones:

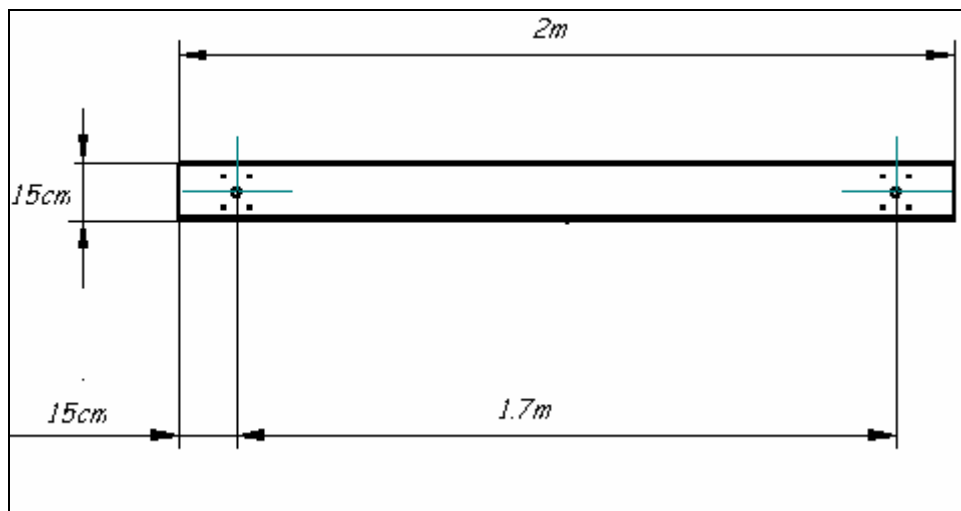
modulo real = 70.5 cm³, momento de inercia = 541cm⁴, área = 38.9cm², altura de 152mm, ancho de 48.8mm.

Con el modulo real y el momento máximo se calcula el esfuerzo real de trabajo y se compara con el admisible.

$$\sigma_{trab} = \frac{M_{m\acute{a}x}}{Z_{real}} = \frac{78965}{70.5} = 1120 \leq \sigma_{adm}$$

Como el esfuerzo de trabajo es menor que el admisible el perfil seleccionado es el adecuado, y el dimensionamiento final de las cuatro vigas testeras es como se ve en la figura 50.

Figura 50. Dimensionamiento de la viga testera.



5.3.1.1 Diseño de las ruedas. Las ruedas como los carriles están solicitados por la presión ejercida localmente. El factor que determina las condiciones de servicio es K , pues el contacto en una rueda es imperfecto, debido a que las superficies no se encuentran perfectamente alineadas y mecanizadas, falta lubricación y existe alto grado de suciedad.

☑ **Calculo del diámetro de las ruedas del puente (D_r).**

$$D_r = \frac{P_{m\acute{a}x}}{(b - 2 * r) * k}$$

Donde:

- k: Es un factor empírico que se obtiene de tablas $K = 20\text{kg/cm}^2$
- Los valores de b y r dependen del tipo de carril.

$$P_{m\acute{a}x} = \frac{Q + G_0 + G + G_s + G_t}{N^{\circ} \text{ruedas}} = \frac{1800 + 40 + 143 + 150 + 48}{2} = 1090.5\text{Kg}$$

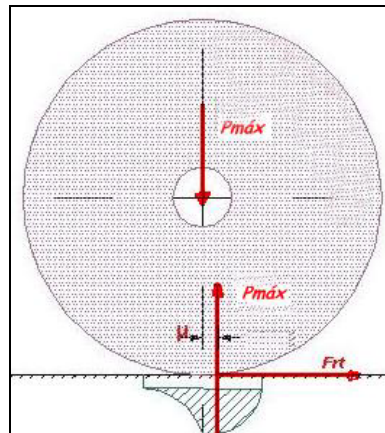
Entonces el diámetro medio de las ruedas es:

$$D_r = \frac{1090.5}{(6 - 2 * 1.7) * 20} = 21\text{cm}$$

Por lo que el diámetro exterior es de 25cm.

- ☑ **Calculo de la fuerza de rodadura** Al desplazarse el carro o el puente de la grúa por los carriles, el motor del mecanismo de avance vence la resistencia al avance, las fuerzas de inercia, y la posible resistencia de la inclinación de la vía. La resistencia a las fuerzas de inercia se tiene en cuenta al calcular el desplazamiento con accionamiento mecánico; con el manual esta resistencia puede no tomarse en consideración.

Figura 51. Resistencia al avance.



Se calcula la fuerza de rodadura (F_{rt}) en la rueda del puente como:

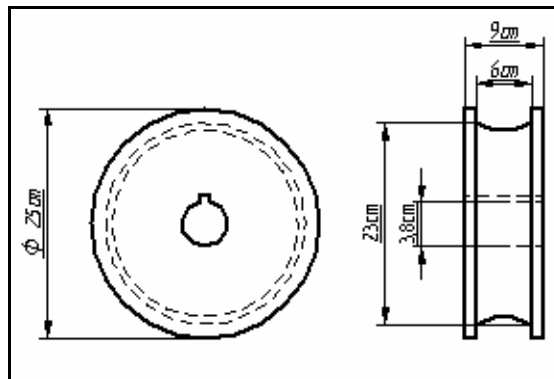
$$F_{rt} = \frac{(Q + G_o + G) * (\mu * r_e + \mu')}{R_p}$$

Donde:

- Q: Es la carga a transportar
- G_o : Es el peso del carrito y demás mecanismos.
- G: Peso estructural de la viga principal más las testeras, la estructura del motor y los ejes.
- μ : Es el coeficiente de rozamiento entre los ejes de las ruedas, y se obtiene de tablas ⁴.
- μ' : Es el brazo de rodadura entre el material de la vía y las ruedas, y se obtiene de tablas.
- r_e : Es el radio del eje de las ruedas
- R_p : Es el radio de las ruedas del puente.

$$F_{rt} = \frac{(1800 + 40 + 341) * (.1 * 1.27 + .05)}{12.5} = 109.4 \text{Kg}$$

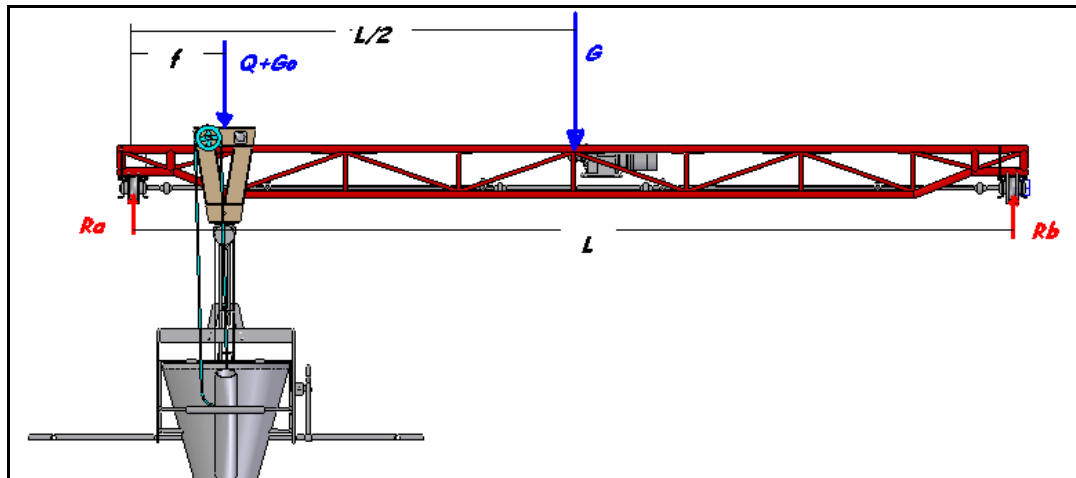
Figura 52. Dimensiones de las ruedas del puente.



⁴ Dubbel, H. Manual del constructor de máquinas. Barcelona: Editorial Labor, 1965. v. 2, p. 659

5.3.1.2 Diseño del eje de las ruedas. Se define la posición máxima de la carga cuando está lo más cerca de las ruedas que soportan y trasladan el puente, para calcular la reacción crítica y con este valor y el de la fuerza de rodadura se diseña el eje.

Figura 53. Reacciones en las ruedas.



Se calcula la reacción en a , haciendo momentos en b .

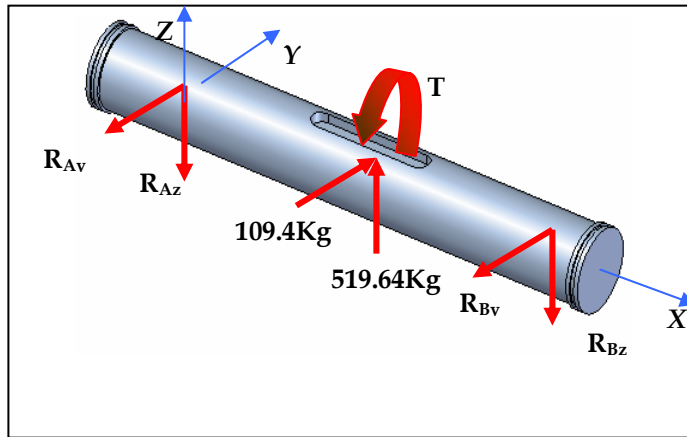
$$Ra * L = (Q + Go) * (L - f) + G * \frac{L}{2}$$

$$Ra = \frac{G}{2} + \frac{(Q + Go) * (L - f)}{L} = \frac{143}{2} + \frac{(40 + 1000) * (720 - 50)}{720} = 1039.28Kg$$

La fuerza que soporta cada rueda $P_{m\acute{a}x} = \frac{Ra}{2} = \frac{1039.27}{2} = 519.64Kg$

Las fuerzas F_{rt} y $P_{m\acute{a}x}$ actúan sobre la rueda en el punto de contacto como se ve en la figura 51, al trasladarlas al eje de la rueda se produce un torque $T= 1367.5Kg*cm$. Entonces el eje queda sometido a las siguientes fuerzas.

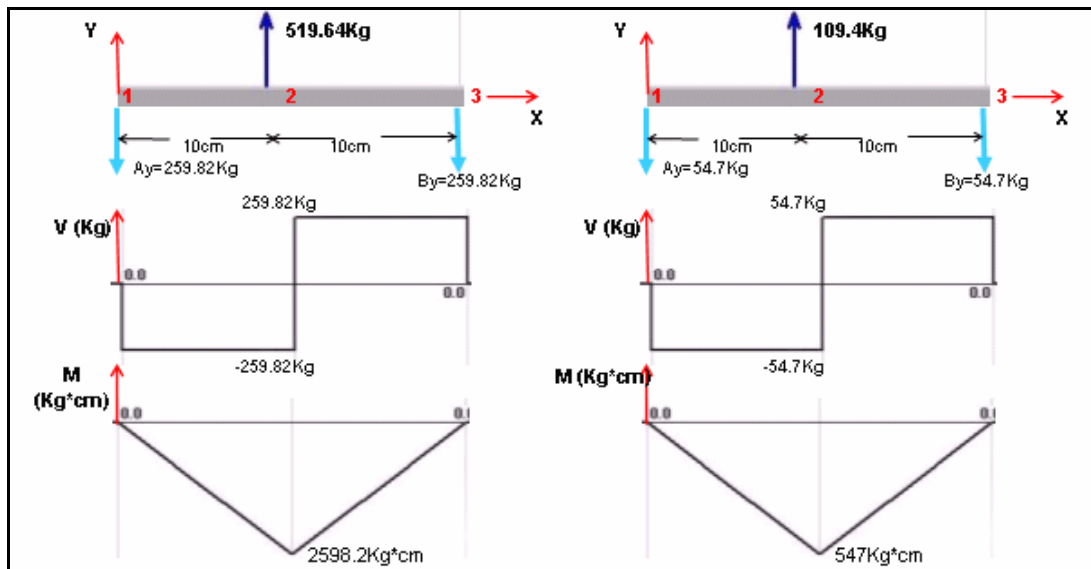
Figura 54. Estado de carga del eje.



El diseño del eje se hace según el procedimiento del diseño de Mott⁵. El material del eje es acero 1045 con $S_u = 6000\text{Kg}/\text{cm}^2$ y $S_y = 3800\text{Kg}/\text{cm}^2$.

Del diagrama de momentos se calcula el momento máximo.

Figura 55. Diagrama de momentos, eje de la rueda del puente.



⁵ MOTT, Robert. Diseño de elementos de máquinas. 2 ed. México: Prentice Hall Hispanoamericana S.A., 1995. p. 548 - 562.

De los diagramas se observa que 2 es el punto crítico en donde $M_{R2}=2655.15\text{Kg}\cdot\text{cm}$ y $T_2 = 1367.5\text{Kg}\cdot\text{cm}$.

Para el diseño se usan los factores:

- De tablas para eje en acero maquinado $S_n'=2320\text{Kg}/\text{cm}^2$
- Para una confiabilidad del 99% se usa un factor $C_r=0.81$.
- Como el diámetro del eje no se conoce se supone un $C_s=0.85$.
- Aplicando los factores se obtiene $S_n'=2320*0.81*0.85=1597\text{ Kg}/\text{cm}^2$
- El eje en el punto crítico tiene un cuñero $K_t=2$

Se calcula el diámetro del eje de la rueda, usando un factor de seguridad $N=3$.

$$d_R = \left(\frac{32N}{\pi} * \sqrt{\left(\frac{K_t * M_{R2}}{S_n'} \right)^2 + \frac{3}{4} * \left(\frac{T}{S_y} \right)^2} \right)^{1/3}$$

$$d_R = \left(\frac{32*3}{\pi} * \sqrt{\left(\frac{2*2655.15}{1597} \right)^2 + \frac{3}{4} * \left(\frac{1367.5}{3800} \right)^2} \right)^{1/3} = 4.6\text{cm} \approx 1.8\text{in}$$

5.3.2 Diseño del mecanismo de traslación del puente grúa

5.3.2.1 Calculo de la Potencia requerida. La potencia necesaria para desplazar el puente a lo largo de los rieles es:

$$P[\text{Kw}] = \frac{F_{rt} * v_t}{6120 * \eta_t}$$

Donde:

- F_{rt} : Es la fuerza de rodadura que se produce en las ruedas del puente.
- V_t : Es la velocidad de translación.

- η_t : Es la eficiencia total incluida la del motor.

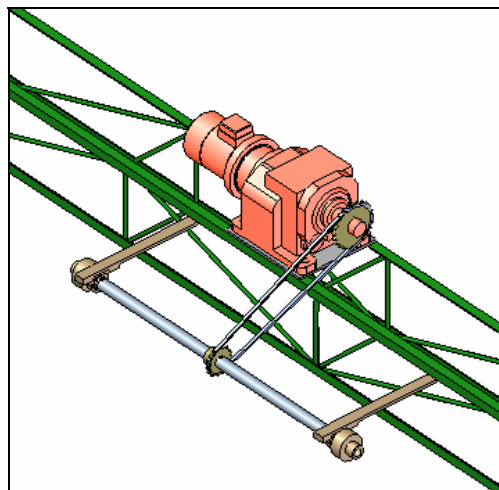
$$P[Kw] = \frac{109.4 * 48}{6120 * .85} = 1Kw$$

Entonces se requiere un motor de aproximadamente 1.34Hp; pero como en la empresa contaban con un motoreductor cuyas especificaciones cumplen con los requerimientos.

- Potencia = 2.4 Hp
- Torque = 300 N*m
- velocidad = 1695rpm
- $i = 40.08$

5.3.2.2 Selección de la transmisión. Para transmitir la potencia desde el motoreductor al eje se usó una transmisión por cadena; el proceso de selección se siguió según el libro de diseño de Mott⁶.

Figura 56. Transmisión por cadena.



⁶ Ibid., p. 283 - 300.

La velocidad de salida del motoreductor es $N_{red} = 42.3rpm$, el puente para trasladarse a $48m/min$, requiere una velocidad de:

$$N_p = \frac{v}{R_r} = \frac{48m/min}{0.125m * 2 * \pi} = 61.11rpm$$

Entonces la relación de transmisión es: $i = \frac{N_{red}}{N_p} = \frac{42.3}{61.11} = 0.692$

- Para la potencia requerida de $1.34 Hp$ y usando un factor de servicio $SF = 1.3$, de tablas (choque moderado y motor eléctrico).
- La potencia de diseño es $1.3 * 1.34 = 1.742Hp$
- Para una rueda dentada de 21 dientes a $42.3rpm$, de tablas se selecciona una cadena estándar marca Cana número 60, de un tramo, se necesita lubricación tipo I, manual o por goteo.

Se calcula entonces el número de dientes requeridos para la rueda dentada

grande $Z_1 = \frac{Z_2}{i} = \frac{21}{0.692} = 30.3$; se aproxima a 30 dientes.

Se calcula la velocidad de salida real $N_2 = N_1 * \frac{Z_1}{Z_2} = 42.3 * \frac{30}{21} = 60.42rpm$ OK!

Se calculan los diámetros de paso de las ruedas dentadas.

$$D_1 = \frac{p}{\text{sen}(180/Z_1)} = \frac{0.75}{\text{sen}(180/30)} = 7.175in = 18.22cm$$

$$D_2 = \frac{p}{\text{sen}(180/Z_2)} = \frac{0.75}{\text{sen}(180/21)} = 5.032in = 12.78cm$$

Especificando una distancia central de 30 pasos. La longitud de la cadena en

pasos es: $L = 2 * c + \frac{Z_2 + Z_1}{2} + \frac{(Z_2 - Z_1)^2}{4 * \pi^2 * c} = 2 * 30 + \frac{30 + 21}{2} + \frac{(30 - 21)^2}{4 * \pi^2 * 30} = 85pasos$

Se calcula la distancia entre centros:

$$C = \frac{1}{4} * \left(L - \frac{Z_2 + Z_1}{2} + \sqrt{\left(L - \frac{Z_2 + Z_1}{2} \right)^2 - 8 * \frac{(Z_2 - Z_1)^2}{4 * \pi^2}} \right)$$

$$C = \frac{1}{4} * \left(85 - \frac{30 + 21}{2} + \sqrt{\left(85 - \frac{30 + 21}{2} \right)^2 - 8 * \frac{(30 - 21)^2}{4 * \pi^2}} \right) = 29.78 \text{ pasos}$$

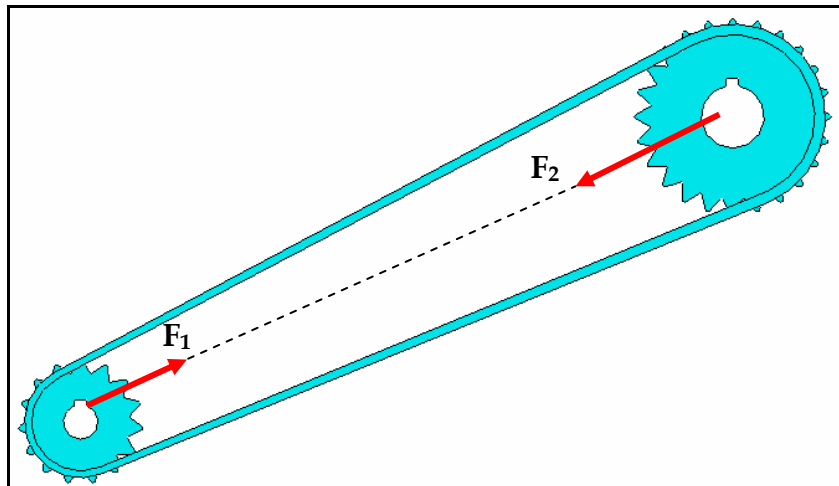
Se requiere una cadena número 60 de 162cm de longitud, con una distancia entre centros de 56.74cm y dos ruedas dentadas número 60 de tramo único: la pequeña de 21dientes de diámetro=12.5cm y la grande de 30 dientes de diámetro=18cm.

5.3.2.3 Diseño del eje de transmisión.

- El torque necesario es $T = \frac{72600 * Hp}{N} = \frac{72600 * 1}{61.11} = 594Kg * cm$

Con este valor se calculan las fuerzas en las ruedas de la transmisión.

Figura 57. Fuerzas en la transmisión de cadena.



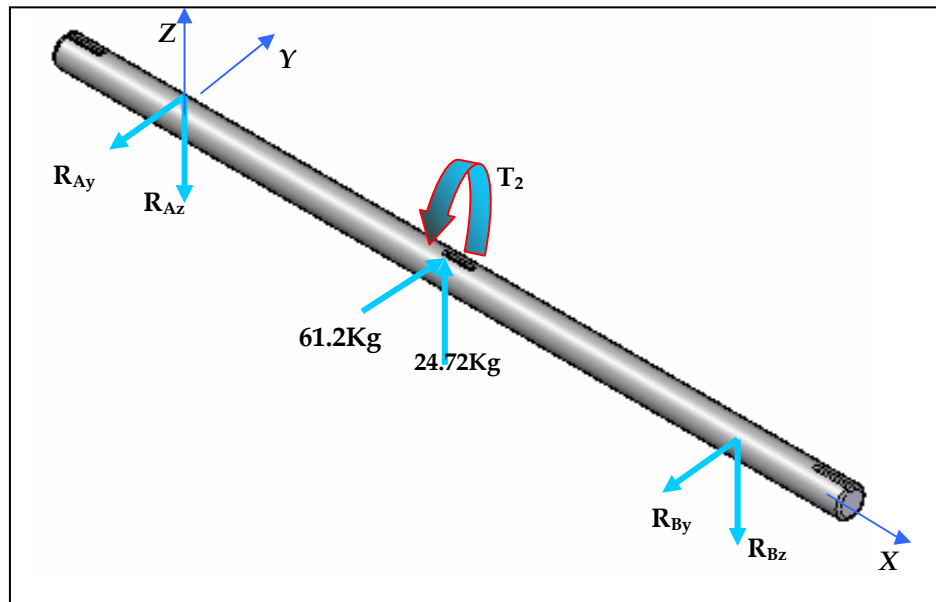
- Para la rueda acoplada al motor $F_1 = \frac{2 * T}{D_1} = 66Kg$
- Para la rueda acoplada al eje de transmisión $F_1 = F_2 = 66 Kg$
- Pero se producen fuerzas en los ejes y & z debido al ángulo de inclinación del motor $\theta = 22^\circ$.

$$F_{2z} = 66 * \text{sen}22 = 24.72Kg$$

$$F_{2y} = 66 * \text{cos}22 = 61.2Kg$$

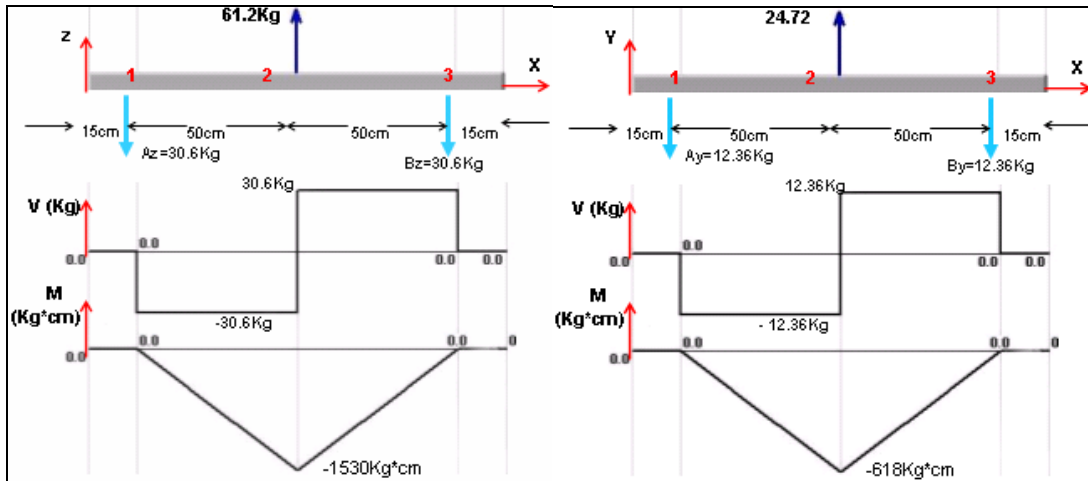
- Al trasladar las fuerzas al eje se produce un torque $T_2=382.5Kg*cm$.

Figura 58. Estado de carga del eje de transmisión.



Se hace el diagrama de momentos para determinar el punto crítico del eje y con el momento máximo obtenido se diseña el eje.

Figura 59. Diagrama de momentos, eje de transmisión.



Se observa que el punto crítico es el 2, donde se produce un momento máximo de $M_{m\acute{a}x}=1650\text{Kg}\cdot\text{cm}$ y un Torque $T_2= 382.5 \text{ Kg}\cdot\text{cm}$

El diseño del eje se hace según el procedimiento del diseño de Mott. En acero 1045 con un $K_t=3$ debido a que en el punto crítico hay una ranura para anillo de retención y se usa un factor de seguridad $N = 3$.

$$d_T = \left(\frac{32N}{\pi} * \sqrt{\left(\frac{K_t * M_{R2}}{S_n'} \right)^2 + \frac{3}{4} * \left(\frac{T}{S_y} \right)^2} \right)^{1/3}$$

$$d_T = \left(\frac{32 * 3}{\pi} * \sqrt{\left(\frac{3 * 1650}{1597} \right)^2 + \frac{3}{4} * \left(\frac{382.5}{3800} \right)^2} \right)^{1/3} = 4.5\text{cm} \approx 1.7\text{in}$$

5.3.2.4 Selección de los rodamientos. Para seleccionar el rodamiento necesitamos además de la capacidad para soportar la carga, la geometría. Para determinar el diámetro interno del rodamiento (d) se hizo el siguiente análisis:

El eje fue diseñado en acero 1045 y esta apoyado en rodamientos en A y B.

Para el acero 1045:

$$\sigma_{adm} = 2400\text{kg/cm}^2$$

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_{adm}}{2} = 1200\text{kg/cm}^2$$

como la sección donde se colocara el rodamiento esta sometida a una carga transversal $F_t = 66\text{kg} = 646\text{N}$

$$\tau_{max} = \frac{V}{A} = \frac{4 * F_T}{\pi * d_2^2}$$

$$1200\text{kg/cm}^2 = \frac{4 * 66\text{Kg}}{\pi * d_2^2} \Rightarrow d = 3.77\text{cm}$$

De las tablas SKF vamos a seleccionar un soporte de pie con rodamiento Y que tenga una capacidad de carga estática igual o superior a 646 N y un diámetro interno igual o superior a 38mm.

Se seleccionan dos soportes de pie con rodamientos SKF-SY1 ½ TM con las siguientes características.

Figura 60. Rodamiento.

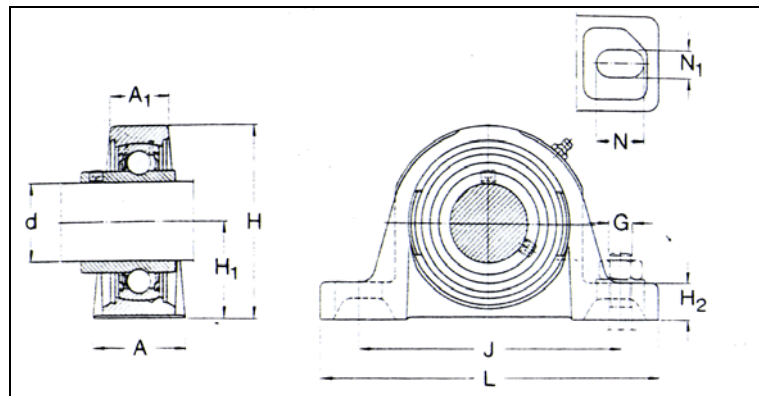


Tabla 1. Especificaciones del rodamiento seleccionado.

Designación	Dimensión (pulg.)			Capacidad carga (N)
	d	H	A	
SKF-SY1 ½ TM	1 1/2	3 29/32	1 7/8	23600

5.4 MECANISMO DE ELEVACIÓN

Teniendo en cuenta que la carga a elevar no es muy grande (1000 Kg) y que la variación de la altura de la carga no es muy frecuente se opto por un mecanismo de elevación manual de tipo diferencial de cadena, este sistema fue seleccionado de la siguiente forma:

- La carga máxima a transportar en la cuchara es de 800Kg los cuales se deben a la suma del peso de la cuchara vacía 250Kg mas el peso del fluido de fundición 550 Kg.
- La pieza más pesada que se fabrica en la empresa después de desmoldada tiene un peso máximo de 850Kg

Por lo que se seleccionó un sistema de elevación manual tipo diferencial con una capacidad de 2 Toneladas y longitud de elevación 2.8m.

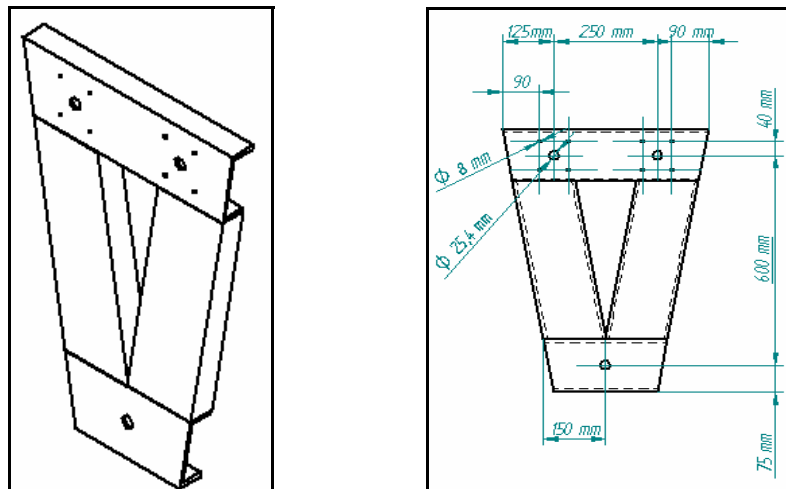
5.5 MECANISMO DE TRANSLACIÓN TRANSVERSAL

Este mecanismo sirve para desplazar el carrito sobre la viga principal, es manual, con bastidor de dos ruedas que se desplaza valiéndose de un aparejo de cadena suspendido.

Para el diseño se decidió que este mecanismo fuera manual debido a que el posicionamiento de la cuchara no es muy preciso y se requiere de un operario para su operación.

5.5.1 Bastidor del carro. Se decidió que fuera de dos ruedas pues la carga a trasladar es pequeña y su mecanismo manual, se construyó en perfil en C tipo americano, C6x8.2, y para poder ubicar las ruedas y la polea de mando la estructura quedo de la forma que se ve en la figura 61.

Figura 61. Dimensionamiento del bastidor del carro.



5.5.2 Diseño de las ruedas.

5.5.2.1 Calculo del diámetro de las ruedas del carro D_c .

$$D_c = \frac{P_{\text{máx}}}{(b - 2 * r) * k}$$

Donde:

- k: Es un factor empírico debido a la presión de las ruedas según el material y la carga; de tablas se obtiene el valor de 20kg/cm²

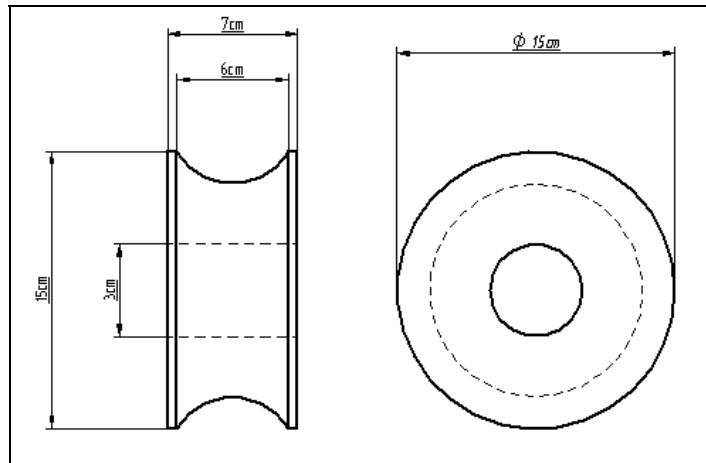
- Los valores de b y r dependen del tipo de carril.
- $P_{m\acute{a}x} = \frac{Q + G_0}{N^{\circ} \text{ruedas}} = \frac{1000 + 40}{2} = 520Kg$

Entonces el diámetro medio de las ruedas es:

$$D_c = \frac{520}{(6 - 2 * 2) * 20} = 13cm$$

Por lo que el diámetro exterior es de 15cm.

Figura 62. Dimensionamiento de las ruedas del carro.



6. CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE LA CUCHARA DE FUNDICIÓN.

En este capítulo se presenta la manera como se llevó a cabo la construcción, montaje y puesta a punto del sistema de transporte de la cuchara de fundición. Para su construcción se tuvo en cuenta la facilidad de adquisición de los materiales en el mercado local y se utilizaron las instalaciones de la empresa Industrial de Accesorios Ltda., donde se emplearon equipos como una cortadora de disco, un taladro vertical, un torno, una pulidora y el equipo completo de soldadura, entre otros.

6.1 SISTEMA ESTRUCTURAL

Como la planta de la empresa no contaba con una estructura de columnas adecuada sobre la cual se pudiera trasladar el puente de la grúa, fue necesario realizar una cimentación en concreto reforzado adecuada a la cual se empotraron las doce columnas que conforman la estructura del puente.

6.1.1 Montaje de la columna a la cimentación. La cimentación consta de una zapata de 50 x 60cm con una altura de 50cm y un pedestal de 40 x 40cm y una altura que varia de 40 a 60cm, debido al desnivel que presenta el terreno; la cimentación fue hecha en concreto reforzado, que se dejó fraguar y secar durante 30 días. Cada pedestal cuenta con una platina de acero con cuatro tornillos de acero grado 5 de 5/8 x 4 pulg.; a la que va atornillada y soldada la columna, que es un tubo de perforación CD80 de 3 pulg., como se observa en la figura 63. Después de nivelar los pedestales se procedió a cortar los

tubos a una longitud de $\pm 2.20\text{m}$, luego se soldó el tubo a la platina por medio de cordones de soldadura E7018.

Figura 63. Montaje de la columna a la cimentación.



6.1.2 Montaje de la columna al riel. Debido a la necesidad de que el puente grúa fuera desarmable, se decidió que el montaje de las columnas al riel fuera soldado y atornillado, por lo que en la parte superior de cada columna se soldaron platinas de $\frac{1}{4}'' \times 170 \times 100\text{mm}$ y a los rieles también se soldaron platinas de las mismas dimensiones, por medio de cordones de soldadura E7018; que en el momento del montaje fueron atornilladas a las de la columna colocando entre ellas una lámina de neolite, se utilizaron tornillos grado 5 de $5/16 \times 1$ pulg., con su respectiva tuerca y arandela.

Figura 64. Montaje de la columna al riel.



6.1.3 Construcción del riel. Con los datos obtenidos del modelo en SAP2000, se procedió a construir el riel en forma de viga en celosía tipo Warren invertida, primero se cortaron y soldaron los tubos de 2 pulg., que forman los cordones inferior y superior de la viga, para la soldadura a tope se realizaron biseles en los extremos de los tubos, luego se puntearon y cuando ya estaba punteado todo se procedió a soldar por medio de cordones de soldadura E7018. Los tubos de 1 pulg., que forman los diagonales y montantes de la viga fueron cortados como se ve en la figura 65., luego se distribuyeron a lo largo de la viga, se procedió a puntear, para la soldadura de los diagonales primero se uso soldadura de penetración E6010 y luego se aplicó soldadura E7018.

Figura 65. Construcción del Riel.



6.2 EL PUENTE DE LA GRÚA.

Como se describió en el capítulo 4 el Puente de la Grúa esta compuesto por la viga principal, las vigas testeras y las cuatro ruedas junto con sus rodamientos y sus ejes.

6.2.1 Viga principal. Del modelo en SAP2000 se obtuvo una viga en celosía tipo Warren invertida, que como el riel fue construida en tubería de perforación CD80 de 2 pulg. Y tubería colmena CD40 de 1 pulg., su construcción fue similar a la descrita para los rieles, ver figura 66., primero se cortaron y soldaron los tubos de 2 pulg., que forman los cordones exteriores y luego fueron soldados; después se procedió a cortar los tubos de 1 pulg., que forman los montantes y diagonales de la viga y luego se distribuyeron y soldaron de acuerdo al modelo obtenido.

Figura 66. Construcción de la viga principal.



6.2.2 Vigas testeras. El perfil que se requería y más recomendado para construir las vigas testeras fue el de tipo americano C6" x 8.2 lb/pulg, que comercialmente viene de 6m, para armar las vigas testeras primero se cortaron los perfiles en cuatro secciones de 2m cada una, luego se procedió a realizar dos perforaciones de 1 1/8", para introducir el eje, en cada sección y ocho perforaciones de 5/16" para los tornillos que ajustan el soporte del rodamiento.

Figura 67. Viga testera.



6.2.3 Ruedas del puente. Las ruedas del puente son cuatro, un par son las ruedas motrices, que se encuentran acopladas al eje de transmisión y el otro par las motoras. De acuerdo a los cálculos el diámetro de las ruedas fue de

25cm, y su forma como se ve en la figura 68., se hicieron en hierro fundido, trabajo que se realizó en la empresa y luego de desmoldarlas y limpiarlas se procedió a maquinasarlas.

Figura 68. Ruedas del puente.



6.2.4 Eje de las ruedas del puente. Los ejes de las ruedas son cuatro, un par son los ejes de las ruedas motrices, fabricados en acero 1045 de $1\frac{1}{8}$ pulg., 33cm de longitud, fueron mecanizados como se ve en la figura 69. y el otro par los de las ruedas motoras en acero 1045 de $1\frac{1}{8}$ pulg., 20cm de longitud.

Figura 69. a. Eje de las ruedas motrices. b. Eje de las ruedas motoras.



6.2.5 Montaje del puente de la grúa. Para el montaje de la viga principal sobre las vigas testeras se soldó en la parte inferior de la viga principal y a las vigas testeras unas platinas de $\frac{1}{4}$ " , a las que se les hizo cuatro huecos para

tronillos de $\frac{1}{2} \times 1 \frac{1}{2}$ pulg., el ensamble se hizo atornillando las platinas colocando entre ellas una lámina de neolite, como se ve en la figura 70.

Figura 70. Ensamble de la viga principal a la viga testera.



6.2.6 Montaje de las ruedas. Los ejes de las ruedas motrices se encuentran acoplados al eje de transmisión por medio de acoples L100, están soportados sobre dos rodamientos, que se encuentran colocados en las alas de las vigas testeras, las ruedas se encuentran acopladas a los ejes por medio de chavetas planas de $\frac{1}{4}$ ". En la figura 37. se observa el despiece del eje de transmisión y en la figura 71. se observa el montaje de las ruedas en las vigas testeras.

Figura 71. Montaje de las ruedas del puente.



6.3 SISTEMA DE TRANSLACIÓN TRANSVERSAL.

El sistema se encuentra compuesto por la polea de mando, los ejes, el bastidor del carro y las dos ruedas.

6.3.1 Bastidor del carro. El bastidor del carro se fabrico en perfil tipo americano C6" x 8.2lb/pulg., las secciones que componen el bastidor fueron cortadas y soldadas con soldadura E7018, a las dos secciones se les realizaron tres perforaciones de 1 1/8 pulg., para insertar los ejes y ocho agujeros de 5/16 pulg. para los tornillos que aprietan los soportes de los rodamientos.

Figura 72. Bastidor del carro



6.3.2 Ruedas del carro. Las ruedas del carro son dos, fueron fabricadas en hierro fundido y mecanizadas al tamaño definido por los cálculos, la rueda impulsora acoplada al eje de la polea de mando por medio de una chaveta plana de 1/4" y la rueda impulsada que se encuentra acoplada a su eje por

medio de chaveta de $\frac{1}{4}$ " , como se ve en la figura 73. Las dos ruedas se encuentran soportadas sobre rodamientos.

Figura 73. Montaje de las ruedas del carro.



6.3.3 Polea de mando. La polea esta hecha en hierro fundido, tiene un diámetro de 8 pulg., para cadena eslabonada de 5/32. Esta acoplada al eje de mando por medio de chaveta plana de $\frac{1}{4}$ " .

6.3.4 Ejes del sistema de translación transversal. Los ejes son dos, ambos de acero 1045 de $\frac{1}{8}$ " de diámetro, el de la polea de mando es de 40cm de longitud y el de la rueda impulsada de 20cm, fueron mecanizados como se ve en la figura 74, se encuentran apoyados sobre rodamientos para permitir el movimiento más suave.

Figura 74. Ejes del sistema de translación transversal.



6.4 SISTEMA DE TRANSLACIÓN LONGITUDINAL.

El sistema se encuentra formado por el motor, la transmisión de cadena, el eje de transmisión con sus apoyos y rodamientos. Como el eje de transmisión tiene una longitud de 6.8m, se optó por hacerlo de varias secciones acopladas entre si por medio de acoples flexibles.

6.4.1 Montaje del motoreductor. Debido a la configuración que se eligió de un puente grúa monorraíl, se requería un solo motor colocado en el centro de la luz del puente, pero como la forma de la viga principal y el sistema de translación transversal que transita sobre ella no permitían que el motor fuera colocado sobre la viga principal, fue necesario diseñar una viga adecuada para soportar el motor y colocar los soportes del eje, el soporte del motor es una viga hecha en ángulo de $1 \frac{1}{4}'' \times \frac{3}{16}''$ y varilla de $\frac{1}{2}''$, como se ve en la figura 75. En el centro de la viga se atornilló una platina de $\frac{1}{2}''$ de dimensiones $30 \times 60\text{cm}$ para colocar el motoreductor y a las distancias definidas por el diseño se colocaron los soportes del eje.

Figura 75. Soporte del motoreductor.



6.4.2 Eje de transmisión. El eje se encuentra dividido en tres secciones acopladas entre si por acoples flexibles, la sección del centro fue hecha en acero 1045 de 1.5 pulg. de diámetro y 1.30m de longitud, fue mecanizada en el centro para colocar el chaveteros del piñón de transmisión y en sus extremos los chaveteros de los acoples, este eje se encuentra apoyado en rodamientos en sus extremos. Las otras dos secciones son iguales en acero 1045, diámetro de 1 1/8 pulg. y longitud de 2.6m acoplados por un extremo al eje de transmisión y por el otro al eje de las ruedas motrices.

Figura 76. Montaje del eje de transmisión.



6.5 SISTEMA DE VACIADO.

6.5.1 Cuchara. Se hizo en lámina de acero A36 cold rolled calibre 16, para su fabricación se cortaron dos láminas, una de forma rectangular que se mando a rolar para obtener la forma cilíndrica y de la otra se cortaron dos círculos uno para la base y otro para la tapa; luego se procedió a recubrir toda la cuchara con ladrillo refractario dándole la forma interna de tronco de cono con boca de tetera, debido a que esta es la forma más recomendada para evitar que en el momento de colar se vierta dentro del molde las escorias. La tapa fue recubierta con el refractario y en la parte superior se colocó el mecanismo para abrirla que esta soldado con cordones de soldadura E7018.

Figura 77. Cuchara.



6.5.2 Abrazadera de la cuchara. La abrazadera esta formada por el soporte de la cuchara (a) hecho en platina de acero de $\frac{1}{2}$ " , el sistema de bloqueo (b) hecho en varilla de $1 \frac{1}{8}$ " y el maneral (c) que esta hecho en tubería de 1

pulg. soportado en sus extremos en rodamientos (d), como se observa en la figura 78.

Figura 78. Ensamble de la abrazadera.



6.6 PUESTA A PUNTO DEL SISTEMA COMPLETO

El sistema de transporte diseñado debe cumplir dos aplicaciones, el transporte de piezas y modelos que pesen como máximo 1000kg y el traslado, elevación y volteo de la cuchara de fundición para facilitar la colada de la piezas. Para comprobar y asegurar el cumplimiento de estas tareas se realizaron varias pruebas que se describen a continuación.

6.6.1 Pruebas de capacidad de carga. Para esta prueba se realizaron dos operaciones, para las cuales se acondicionaron los sistemas de translación transversal y de elevación para elevar y transportar un modelo que peso aproximadamente y una pieza.

6.6.1.1 Prueba 1. Para esta prueba se acondicionó el sistema de elevación para elevar y transportar el modelo, cuyo peso es de 500Kg, desde el fondo del patio al centro, allí se bajo y coloco en el lugar donde estaban moldeando la pieza. Durante esta prueba se observo la facilidad para elevar y transportar el peso tanto transversal como longitudinalmente.

6.6.1.2 Prueba 2. Después de fundida la pieza y desmoldada se procedió a trasladarla desde el centro del patio al fondo para que se le realizará los procedimientos de acabado. En esta prueba la pieza, cuyo peso era de 780Kg, fue elevada y transportada, de manera fácil y rápida.

6.6.1.3 Conclusiones de la prueba de capacidad de carga.

- ☑ Todos los sistemas que intervinieron en las dos pruebas funcionaron de manera adecuada, no se observó ninguna falla.
- ☑ El traslado transversal, que es manual, fue hecho por un operario quien observó la facilidad de maniobrar el carro y de posicionar la pieza.
- ☑ El transporte longitudinal, que es realizado por el sistema de transmisión, fue rápido y seguro, el motoreductor y la transmisión trabajaron a la velocidad y en el tiempo definido.

- ☑ A comparación del método usado antes en la empresa, con este sistema los trabajadores hicieron menos fuerza, el trabajo fue más rápido y se necesitaron menos operarios para realizar las dos pruebas.

6.6.2 Prueba de operación de la cuchara. Se realizó el día de fundición y el sistema se utilizó durante todo el tiempo. La prueba se desarrolló siguiendo las etapas de operación descritas en el capítulo 4.

6.6.2.1 Prueba de llenado y elevación de la cuchara. La cuchara se colocó en el sistema de elevación y se transporto a la boca del horno, donde al momento de picar fue llenada, luego un operario la elevó por medio del diferencial a una altura tal que no rozara con los moldes.

Figura 79. Llenado de la cuchara.



Figura 80. Elevación de la cuchara.



6.6.2.2 Prueba de transporte. Luego de elevar la cuchara, el operario encargado de maniobrar el puente la trasladó desde la boca del horno hasta los moldes donde fue posicionada por medio del sistema de translación transversal.

Figura 81. Transporte longitudinal de la cuchara.



Figura 82. Transporte transversal de la cuchara



Figura 83. Posicionamiento de la cuchara.



6.6.2.3 Prueba de volteo. Después de posicionar la cuchara se procedió a voltearla para llenar los moldes, esta operación fue realizada por dos operarios quienes debían girar la cuchara por medio de los manerales.

Figura 84. Volteo y llenado de los moldes.



6.6.2.4 Conclusiones de la prueba de operación de la cuchara.

- ☑ Se observó la facilidad de operar y maniobrar el sistema de transporte junto con sus subsistemas de elevación, translación y volteo.

- ☑ El llenado de la cuchara fue sencillo y seguro, sin poner en riesgo al operario, pues la cuchara se encontraba suspendida del puente y apoyada en un soporte.

- ☑ La forma de la cuchara con tetera interna, evita la inclusión de impurezas al molde en el momento de la colada.

- ☑ Con el transporte de la cuchara tapada se logra mantener la temperatura del fluido y se evita cualquier tipo de accidente.

- ☑ El posicionamiento por medio del sistema de translación transversal es adecuado, pues lo realiza un operario manualmente y el sistema es sencillo de manejar

7. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE LA CUCHARA DE FUNDICIÓN.

A continuación se plantean algunas recomendaciones para garantizar el normal funcionamiento del sistema.

7.1 OPERACIÓN

Para la conducción del puente grúa se requiere de un operario que cuente con buena vista, que perciba bien las perspectivas y alto poder de concentración. En el momento en que se ponga en operación el puente, se debe evitar el tráfico de personas, para así evitar accidentes; tanto el operario de la grúa como el del sistema de vaciado deben estar dotados de ropa adecuada, casco, gafas de seguridad y guantes.

Antes de poner en operación el puente grúa se debe observar si los aparatos de toma de corriente están bien apoyados y que no se produzcan chispas al girar los rodillos de contacto.

Al iniciar el movimiento de translación longitudinal se debe hacer de forma lenta, pues una maniobra demasiado rápida produce daños en los dispositivos eléctricos, y mecánicos, con puntas elevadas de corriente. El operario debe estar alerta y evitar alcanzar las posiciones extremas a gran velocidad, para evitar posibles choques y descarrilamiento del puente o el carro.

No se puede sobrepasar la carga máxima de 1 tonelada, en caso de duda se recomienda determinar el peso exacto de la carga, sin tratar de estimarlo a ojo.

Al finalizar la operación de la grúa se debe descolgar la carga o la cuchara vacía y elevar el gancho vacío. Todos los aparatos de maniobra se pondrán en la posición cero, se desconectará el interruptor automático.

7.2 MANTENIMIENTO

Se recomienda realizar las siguientes actividades, con la regularidad planteada, para evitar posibles fallas y brindar una operación efectiva.

7.2.1 Sistema estructural. Verificar que la tortillería que ensambla el riel a las columnas este ajustada por lo menos una vez al mes.

7.2.2 El puente de la grúa.

- Verificar el ajuste de la tortillería que ensambla la viga principal a la viga testera una vez al mes.
- Lubricar los rodamientos de los ejes de las ruedas del puente quincenalmente.
- Revisar el desgaste de las ruedas del puente una vez al mes.
- Inspeccionar los insertos de los acoples una vez al mes.

7.2.3 Sistema de translación transversal.

- ☑ Lubricar los rodamientos de los ejes de las ruedas del carro quincenalmente.
- ☑ Revisar posible desgaste en la cadena eslabonada de la polea de mando una vez al mes.
- ☑ Inspeccionar el desgaste en las ruedas del carro mensualmente.

7.2.4 Sistema de translación longitudinal.

- ☑ Revisar el sistema eléctrico mensualmente.
- ☑ Medir aislamiento en el motorreductor una vez al mes.
- ☑ Hacer revisión de los contactores mensualmente.
- ☑ Inspeccionar piñones y cadena de transmisión una vez al mes.
- ☑ Lubricar los rodamientos del eje de transmisión semanalmente.
- ☑ Inspeccionar los finales de carrera mensualmente

7.2.5 Sistema de vaciado.

- ☑ Inspeccionar el recubrimiento refractario de la cuchara semanalmente.
- ☑ Lubricar los rodamientos de la abrazadera dos veces al mes.
- ☑ Inspeccionar el mecanismo de apertura de la tapa mensualmente.
- ☑ Revisar el mecanismo de bloqueo una vez al mes.

8. COSTOS DEL PROYECTO

El sistema de transporte de la cuchara de fundición ha sido construido con materiales adquiridos en el mercado local, ver tabla 2. Cada elemento ha sido debidamente registrado para poder efectuar el análisis de costos y la evaluación comparativa que permita establecer la viabilidad económica del proyecto.

Además de los costos debidos a la compra de materiales y componentes, se tienen en cuenta aquellos relacionados con la mano de obra y la contratación de maquinas herramientas, todos estos valores se contabilizan de acuerdo al número de horas involucradas para una tarea en particular, se incluyen también el precio de la pintura y transporte, que se suman a los costos de materia prima para establecer de manera general un valor total para el sistema de transporte en lo referente a la parte constructiva y de ensamble. El costo total del sistema se establece en la tabla 2.

Tabla 2. Costos de materiales

SISTEMA ESTRUCTURAL			
ÍTEM		CANTIDAD	Valor Total
Tornillo Hexagonal 5/8"x3"	Acero grado 5	48	\$ 58,896.00
Tuerca hexagonal 5/8"	Acero grado 5	48	\$ 11,040.00
Arandela	Acero grado 5	48	\$ 2,640.00
Platinas 1/4"	Acero	12	\$ 96,000.00
Tubería de perforación 3" CD80	Acero	30m	\$ 390,000.00
Cemento		15 bultos	\$ 120,000.00
Varillas 1/4"	Acero	36m	\$ 40,000.00
Varillas 3/4"	Acero	39m	\$ 100,000.00
Total parcial			\$ 818,576.00

EL PUENTE DE LA GRÚA			
ÍTEM		CANTIDAD	Valor Total
Tubería de perforación 2" CD80	Acero	111m	\$ 999,000.00
Tubería 1" CD40	Acero	60m	\$ 472,932.00
Soldadura E7018		60Kg	\$ 250,800.00
Soldadura E6013		40Kg	\$ 167,700.00
Soldadura E6010		30Kg	\$ 125,400.00
Perfil C 6"x8.2lb/pulg	Acero	12m	\$ 476,000.00
Ruedas del puente	Hierro fundido	4	\$ 96,000.00
Ejes de 1 1/8"	Acero 1045	6.9m	\$ 272,000.00
Eje de 1 1/2	Acero 1045	1.3	\$ 51,397.00
Soporte con rodamiento	SYF 1 1/8 TM	2	\$ 80,000.00
Soporte con rodamiento	SYF 1 1/2 TM	2	\$ 100,000.00
Acople SF100	Hierro fundido	2	\$ 43,000.00
Acople SF150	Hierro fundido	2	\$ 60,000.00
Esproket 60B21	Hierro fundido	1	\$ 29,500.00
Esproket 60B30	Hierro fundido	1	\$ 59,500.00
Cadena N°60	Acero	1.7m	\$ 32,000.00
Ángulo 1/4 x 3/16	Acero ASTM A-36	36m	\$ 195,000.00
Tornillo Hexagonal 1/2"x1 1/2"	Acero grado 5	8	\$ 3,650.00
Arandela	Acero	56	\$ 6,700.00
Tuerca hexagonal 1/2"	Acero grado 5	8	\$ 1,000.00
Tornillo Hexagonal 5/16"x 1"	Acero grado 5	48	\$ 6,250.00
Tuerca hexagonal 5/16"	Acero grado 5	48	\$ 4,560.00
Varilla de 1/2	Acero ASTM A-36	24m	\$ 52,000.00
Motoreductor trifásico de 2.4Hp		1	\$ 1,800,000.00
Total parcial			\$ 5,384,389.00
SISTEMA DE TRANSLACIÓN TRANSVERSAL			
Ruedas del carro	Hierro fundido	2	\$ 240,000.00
Soporte con rodamiento	FYTB 1 1/8 TM	12	\$ 300,000.00
Cadena eslabonada 5/32	Acero	6m	\$ 18,000.00
Polea de mando	Hierro fundido	1	\$ 15,000.00
Total parcial			\$ 573,000.00
SISTEMA DE VACIADO			
Lamina HR 1/8	Acero ASTM A-36	2 x .7 m	\$ 80,000.00
Soporte con rodamiento	SYF 7/8	2	\$ 38,000.00
Tubería 1 1/4	Acero	2.5m	\$ 21,000.00
Platina 3/8	Acero ASTM A-36		\$ 19,000.00
Total parcial			\$ 158,000.00
Estación de mando, cableado e instalación eléctrica			\$ 908,300.00
SUBTOTAL			\$ 7,842,265.00
IVA			\$ 1,254,762.40
TOTAL MATERIALES			\$ 9,097,027.40

Tabla 3. Costos totales de construcción y montaje.

ÍTEM	VALOR
Materiales	\$ 9,097,027.40
Maquinado	\$ 350,000.00
Mano de obra y gastos generales	\$ 1,800,000.00
GRAN TOTAL	\$ 11,247,027.40

9. CONCLUSIONES

Con el presente trabajo de grado se logra hacer un aporte al desarrollo tecnológico del proceso de fundición, específicamente a los procesos de moldeo y colada en la empresa Industrial de Accesorios Ltda.

Se logró diseñar y construir un sistema de transporte adecuado para la elevación, el transporte y volteo de la cuchara de fundición, que cumple con los requisitos y delimitaciones planteados por la empresa.

Con el sistema de transporte construido se logra disminuir tanto el esfuerzo físico, como los riesgos a que se encontraban sometidos los operarios, al realizar el proceso de colada.

El sistema diseñado y construido presenta gran facilidad de manejo, permitiendo que el operario manipule con facilidad el control del sistema longitudinal y maniobre con rapidez y seguridad los sistema transversal y de elevación.

El rediseño de la cuchara con tapa para su manipulación y transporte disminuye las perdidas de calor, y su forma de tetera interna reduce la inclusión de impurezas en los moldes, contribuyendo así con la calidad del producto final.

El montaje del sistema permite un cómodo mantenimiento de todos sus subsistemas, en la empresa se cuenta con la herramienta necesaria para realizar este trabajo y los repuestos se pueden conseguir fácilmente en el mercado local.

El costo total de fabricación del sistema completo, incluyendo la mano de obra, es aún menor al costo de otras máquinas similares de venta en el mercado.

10. RECOMENDACIONES

Realizar los procesos de operación y mantenimiento de acuerdo a lo descrito en el capítulo 7.

Se recomienda a futuro realizar una readecuación y rediseño de los sistemas de elevación y transporte transversal, pues durante las pruebas de operación de la cuchara y operación del sistema se observó que a pesar de la facilidad para maniobrar estos sistemas las cadenas presentaron un estorbo durante el trabajo y se encuentran propensas al calentamiento cuando las jornadas de colada sean muy largas.

BIBLIOGRAFÍA

ALONSO BAQUERO, Arnaldo. Las propiedades de fundición. Bucaramanga: Publicaciones UIS, 1998, 366 p.

BIEDERMAN, A. Tratado moderno de fundición del hierro y el acero. Barcelona: Editorial José Montesco, 1947. 404 p.

CAPELLO, Eduardo. Tecnología de la Fundición. 2 ed. España: Editorial Gustavo Gili S.A., 1971. p. 413 - 420

Catálogo general de rodamientos SKF. 1982. 480 p.

DTR APAREJOS. productos. [on line]. Argentina, 2002 [citado en Octubre de 2003]. Disponible en Internet: <www.aparejosdtr.com.ar/productos.html>

DUARTE GARZÓN, Carlos Horacio y ORTIZ ORTIZ, César Gerardo. Estudio de parámetros adimensionales y de operación en el cálculo de pórticos y puente grúas. Aplicación a un caso particular. Bucaramanga, 1986, 212 p. Trabajo de grado (Ingeniero Mecánico). Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica.

DUBBEL, H. Manual del constructor de máquinas. Barcelona: Editorial Labor, 1965. v.2, 1040 p.

HELLMUT, Ernest. Aparatos de elevación y transporte. España: Editorial Blume, 1970. 2 v.

HOWARD, E. Tratado práctico de fundición. Madrid: Editorial Aguilar, 1953. 492 p.

LOTHERS, John E. Diseño de estructuras metálicas. Englewood Cliffs, NJ. : PRENTICE-HALL Internacional, 1973. 454 p.

LUCCHESI, Domenico. Tecnología de la fundición. España: Editorial Labor, 1973. p. 35 - 55

MCORMAC, Jack. Diseño de estructuras de acero : Método LRFD. México, D.F.: 1991. 557 p.

MOTT, Robert. Diseño de elementos de máquinas. 2 ed. México: Prentice Hall Hispanoamericana S.A., 1995. 787 p.

NORTH AMERICAN INDUSTRIES, INC. Heavy - Duty Bridge Cranes [on line] United States, 2002 [citado en Noviembre de 2003] Disponible en Internet: <www.naicranes.com/products/bridge_cranes.html>

POSSO SOTO, Raúl. Manejo y transporte de materiales : Grúas Bucaramanga: Publicaciones UIS, 1984. v.2. 73 p.

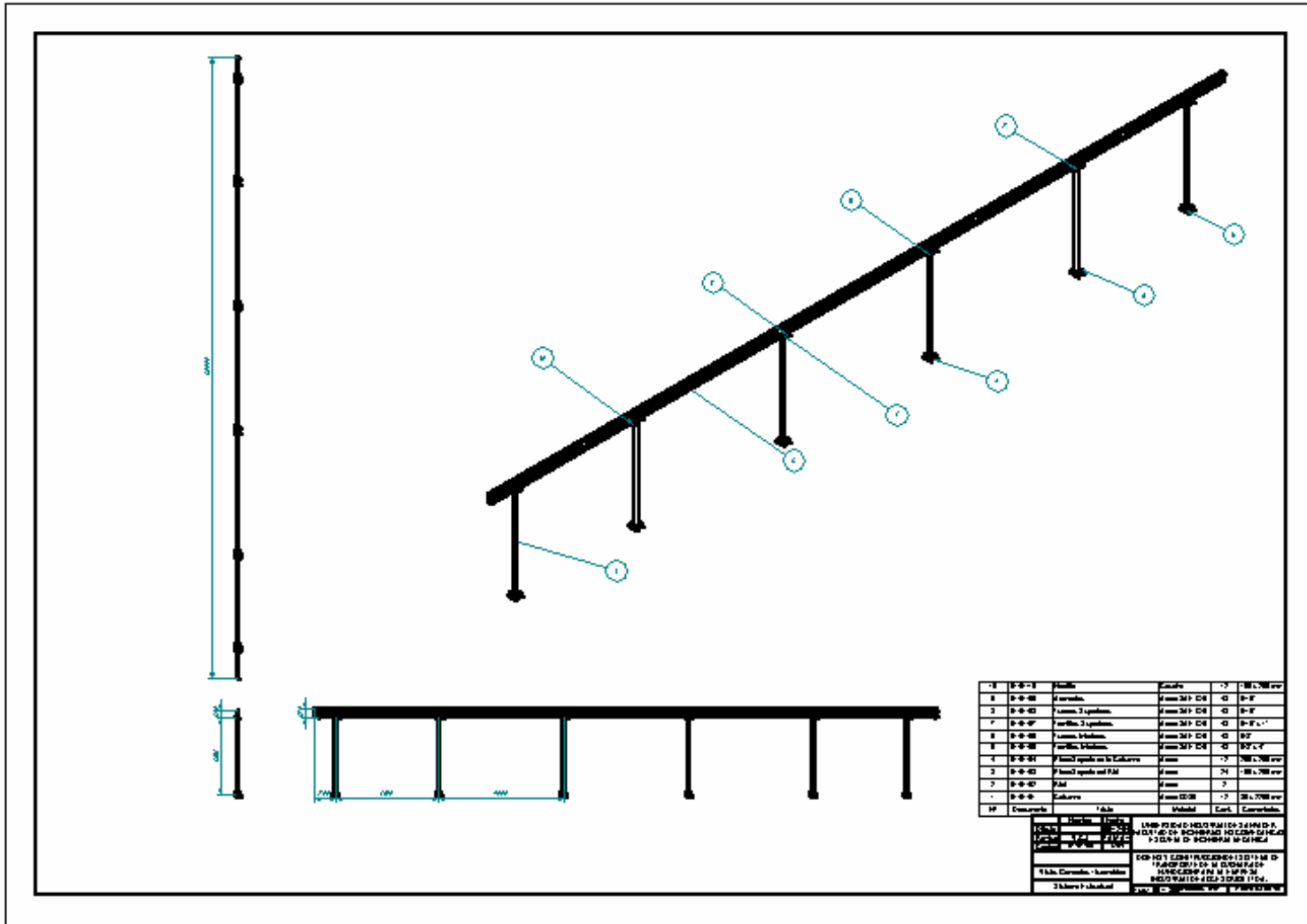
SPANCO, INC. Grúas MET-TRACK para estaciones de trabajo. [on line]. Pennsylvania, 1998 [citado en Octubre de 2003]. Disponible en Internet: <www.spanco.com/spanish/wbridg.htm>

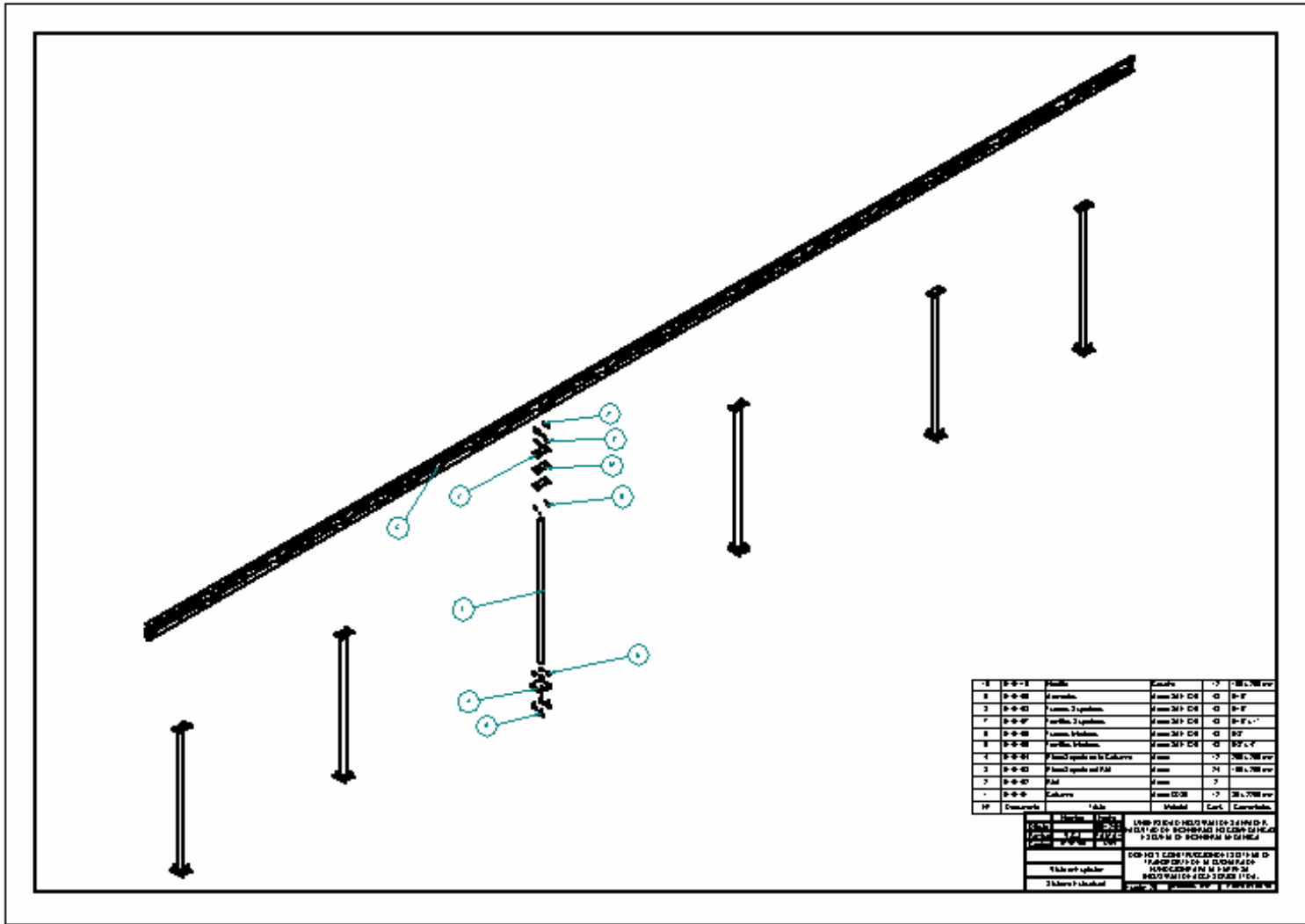
TECNIYALE LTDA. Pórticos. [on line]. Colombia, 2002 [citado en Septiembre de 2004]. Disponible en Internet: <<http://www.tecniyale.com/porticos.htm>>

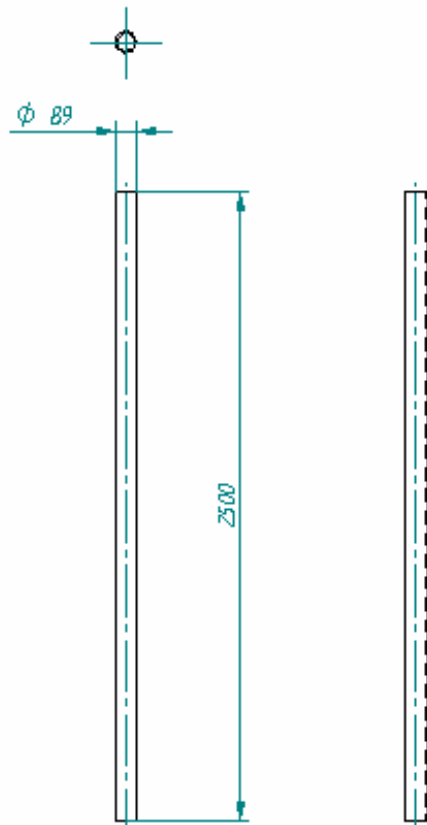
VINCA EQUIPOS INDUSTRIALES, S.A. Puente Grúas. [on line]. Barcelona, 2002 [citado en Octubre de 2003]. Disponible en Internet: <www.vinca.net/castellano/puentes.htm>

ANEXO A.

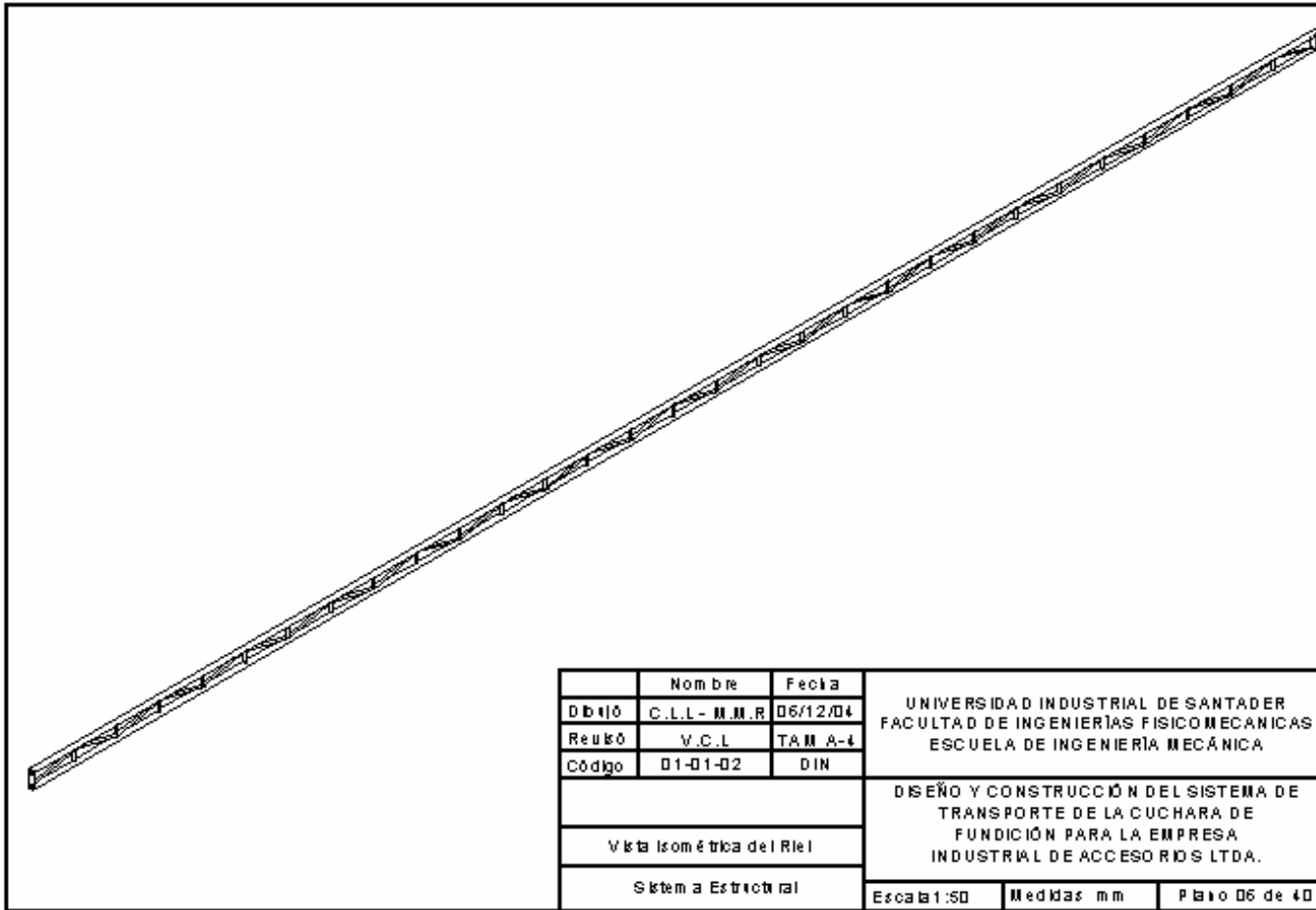
**PLANOS "SISTEMA DE TRANSPORTE DE LA CUCHARA DE
FUNDICIÓN PARA LA EMPRESA INDUSTRIAL DE ACCESORIOS
LTDA."**

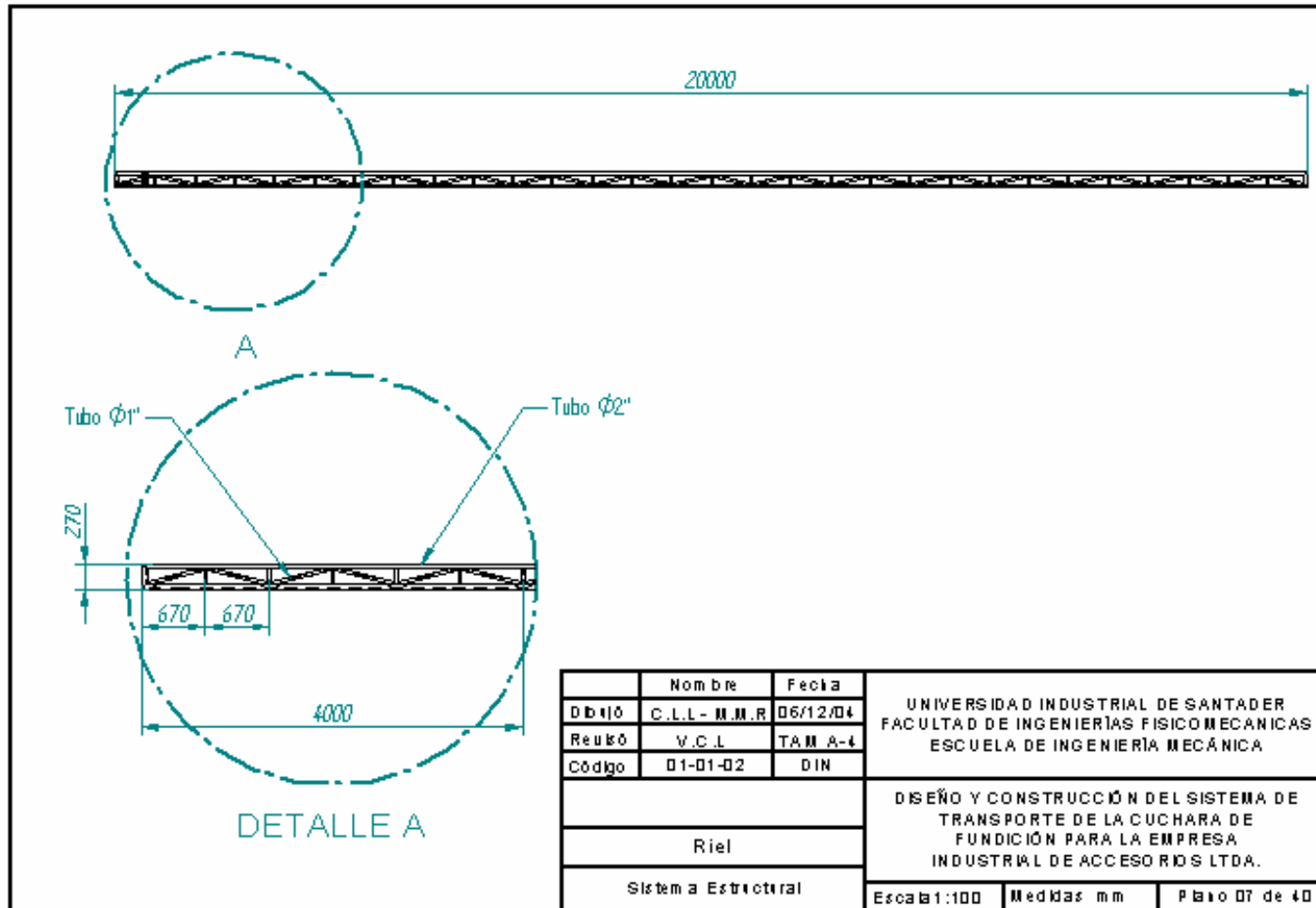


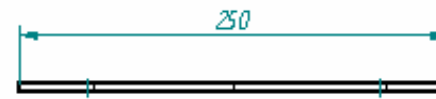
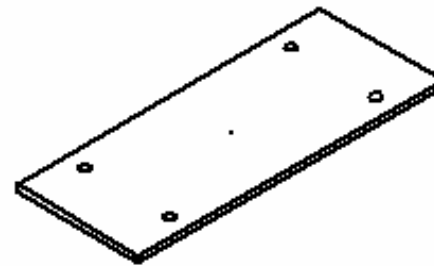
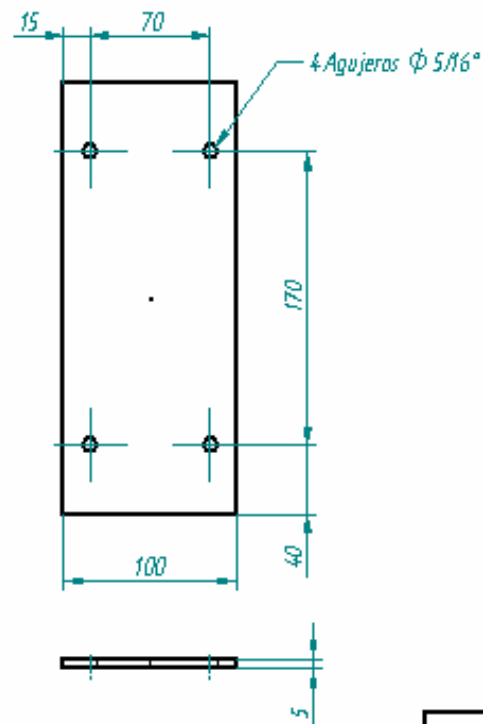




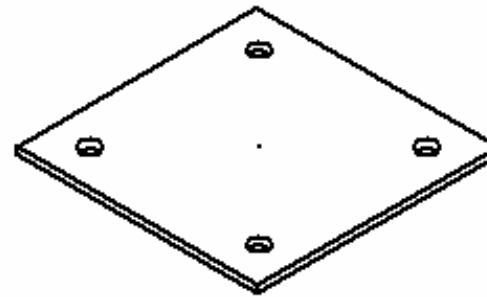
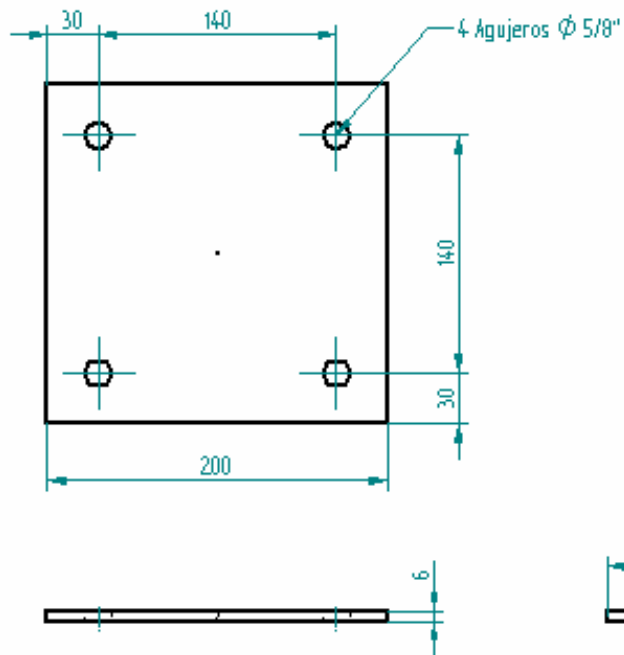
	Nombre	Fecha	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
Dibujó	C.L.L - M.M.R	06/12/04				DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE LA CUCHARA DE FUNDICIÓN PARA LA EMPRESA INDUSTRIAL DE ACCESORIOS LTDA.		
Revisó	V.C.L	TAM A-4						
Código	01-01-01	DIN						
Colombia			Esca 1:20	Medidas mm	Página 05 de 40			
Sistema Estructural								



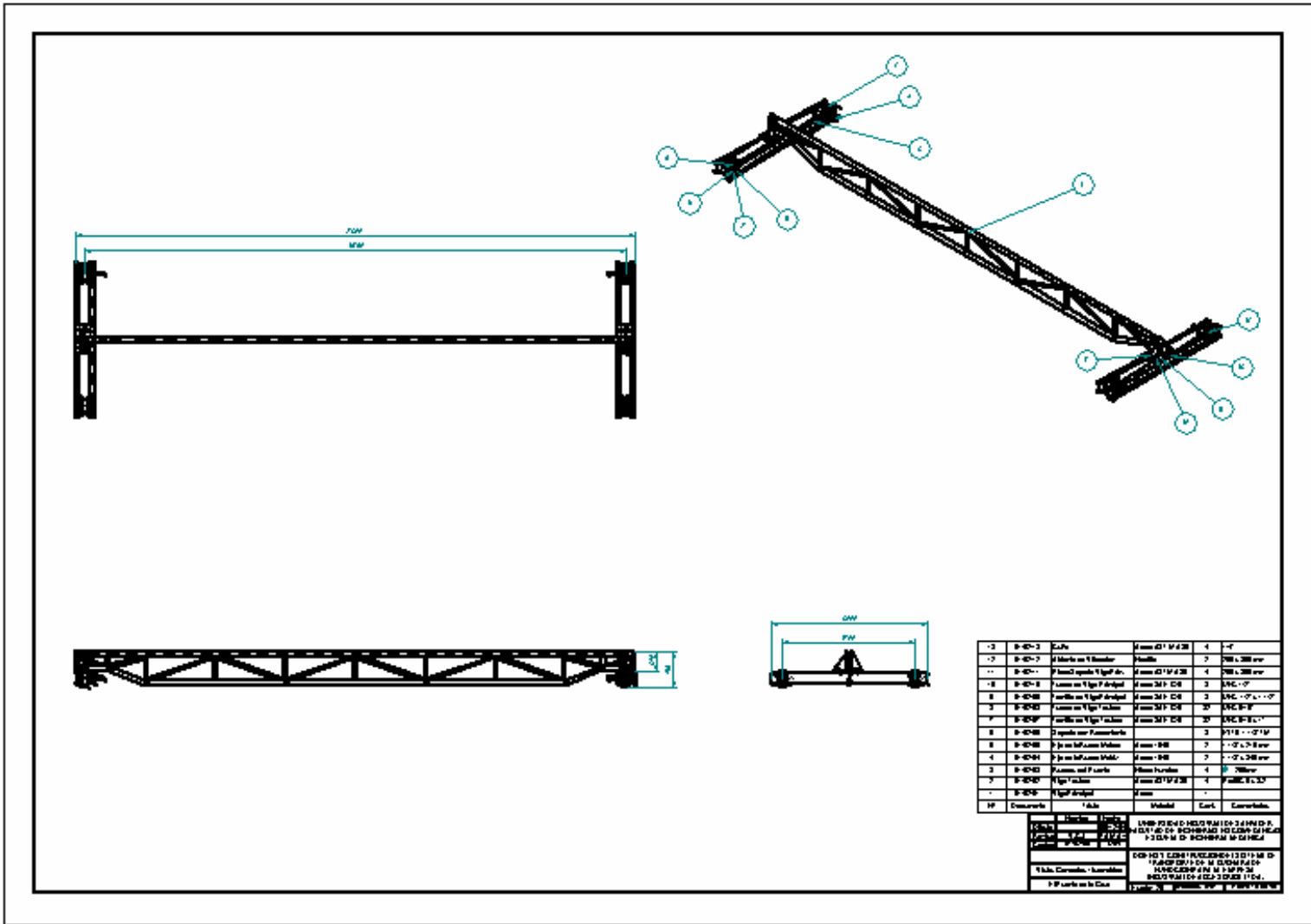


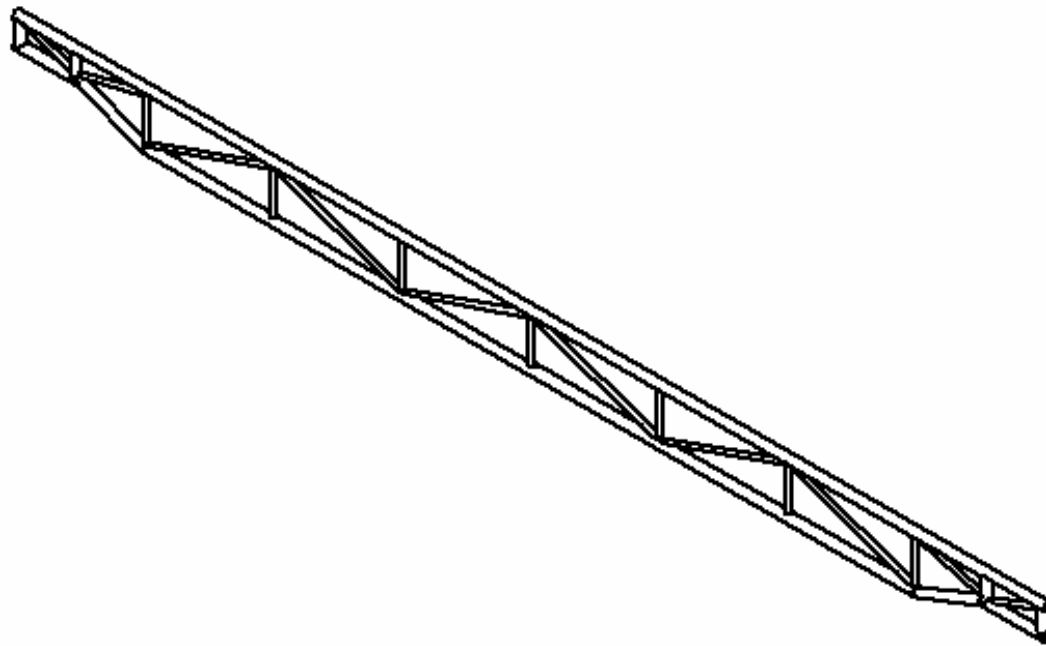


	Nombre	Fecha	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTADER FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Dibujó	C.L.L - M.M.R	06/12/04			
Revisó	V.C.L	T.A.M A-4			
Código	01-01-03	DIN			
Tolerancias ±0.5			DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE LA CUCHARA DE FUNDICIÓN PARA LA EMPRESA INDUSTRIAL DE ACCESORIOS LTDA.		
Placa Soporte de I R k l					
Sistema Estructural					
Escala 1:3		Medidas mm	Página 08 de 40		

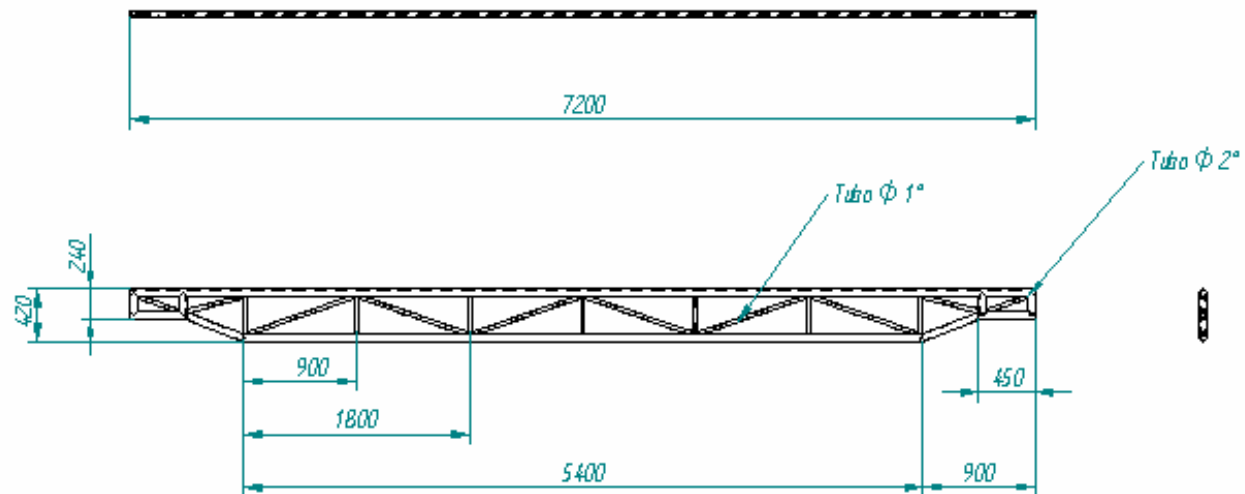


	Nombre	Fecha			
Diseño	C.L.L - M.M.R	06/12/04	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTADER FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECANICAS ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA		
Revisó	V.C.L	TAM A-4			
Código	01-01-04	DIN			
Tolerancias $\pm 0,5$			DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE LA CUCHARA DE FUNDICIÓN PARA LA EMPRESA INDUSTRIAL DE ACCESORIOS LTDA.		
Placa Soporte de la Columna					
Sistema Estructural			Escala 1:3	Medidas mm	Plano 09 de 40

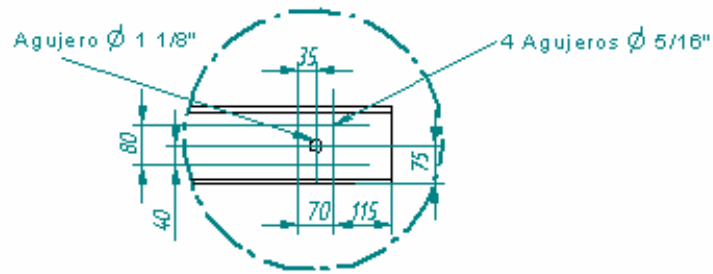




	Nombre	Fecha			
Dibujó	C.L.L. - M.M.R	06/12/04	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTADER FACULTAD DE INGENIERÍAS FISIOMECAICAS ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA		
Revisó	V.C.L	TAM A-4			
Código	01-02-01	DIN			
Vista Isométrica Viga Principal			DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE LA CUCHARA DE FUNDICIÓN PARA LA EMPRESA INDUSTRIAL DE ACCESORIOS LTDA.		
El Preite de la Grita					
		Escaia 1:25	Medidas mm	Página 12 de 40	



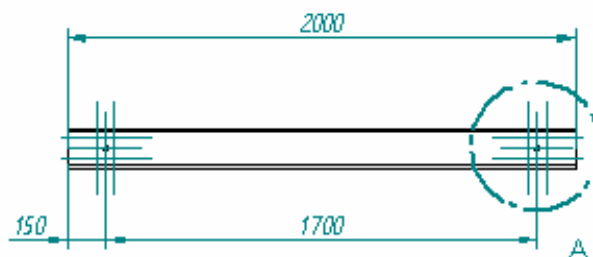
	Nombre	Fecha			
Dibujó	C.L.L- M.M.R	06/12/04	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECANICAS ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA		
Revisó	V.C.L	TAM A-4			
Código	01-02-01	DIN			
			DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE LA CUCHARA DE FUNDICIÓN PARA LA EMPRESA INDUSTRIAL DE ACCESORIOS LTDA.		
Vistas Viga Principal					
EIP parte de la Grita			Escala 1:40	Medidas mm	Plano 13 de 40



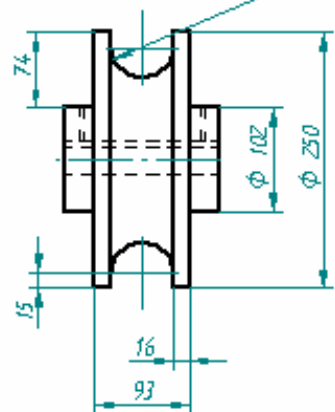
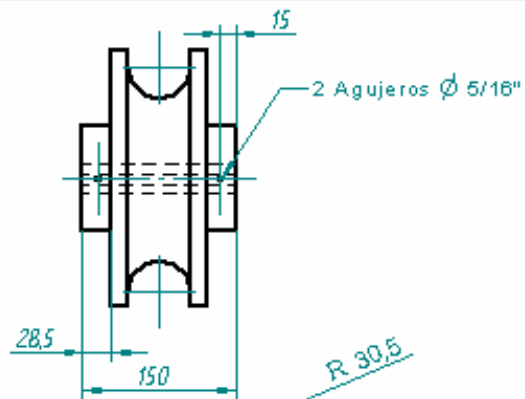
DETALLE A



Perfil en C 6 x 8.2

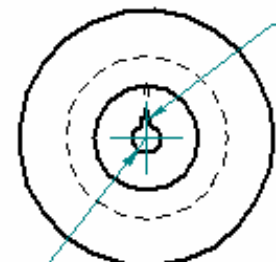
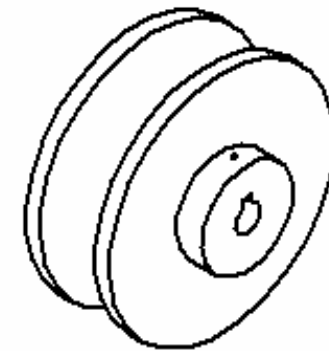


	Nombre	Fecha			
Dibujó	C.L.L - M.M.R	06/12/04	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTADER FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECANICAS ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA		
Revisó	V.C.L	TAM A-4			
Código	01-02-02	DIN			
Tolerancias ±0,5			DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE LA CUCHARA DE FUNDICIÓN PARA LA EMPRESA INDUSTRIAL DE ACCESORIOS LTDA.		
Viga Testera					
EIP res de la Grifa					
Escala 1:20		Medidas mm	Página 14 de 40		



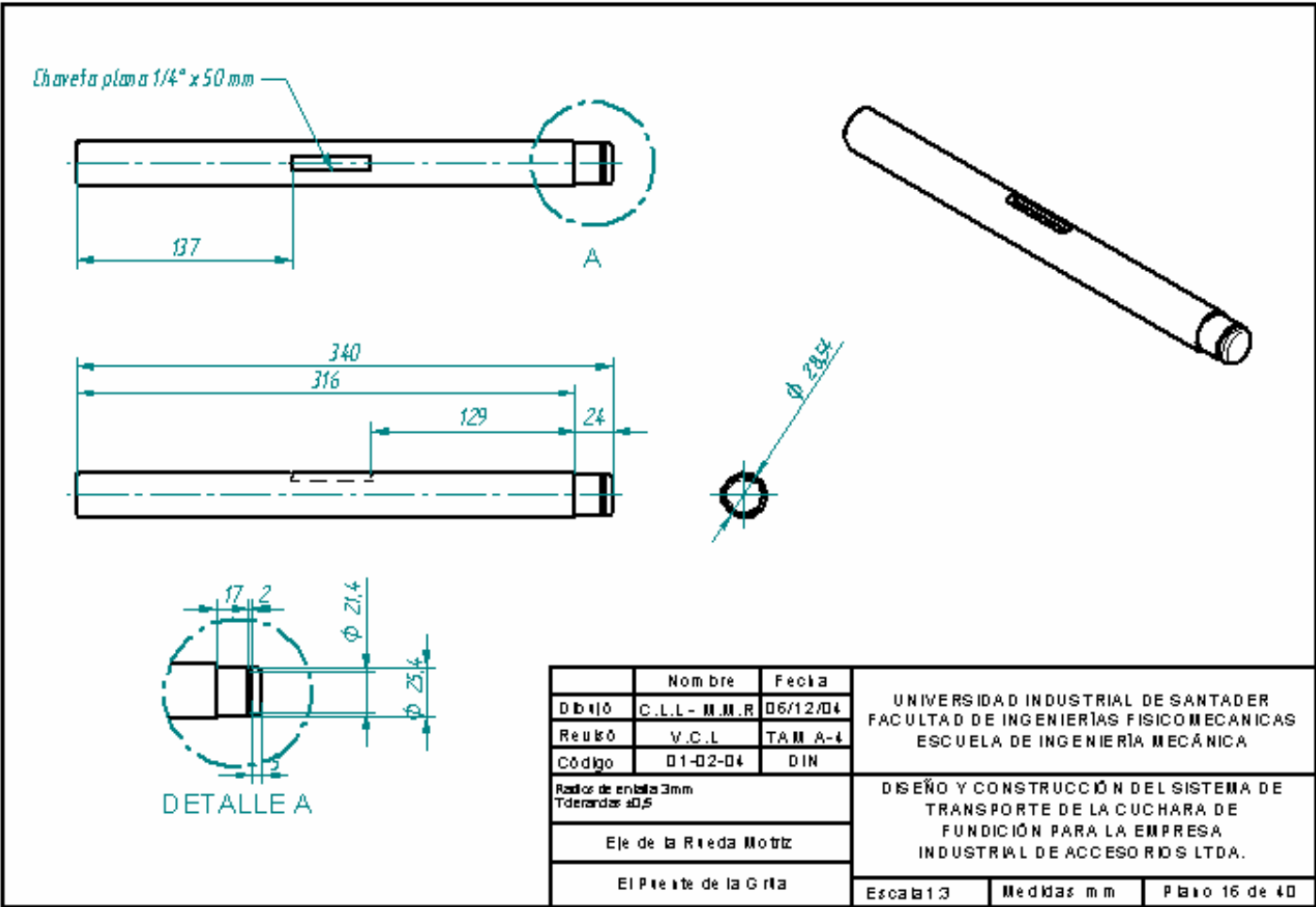
R 30,5

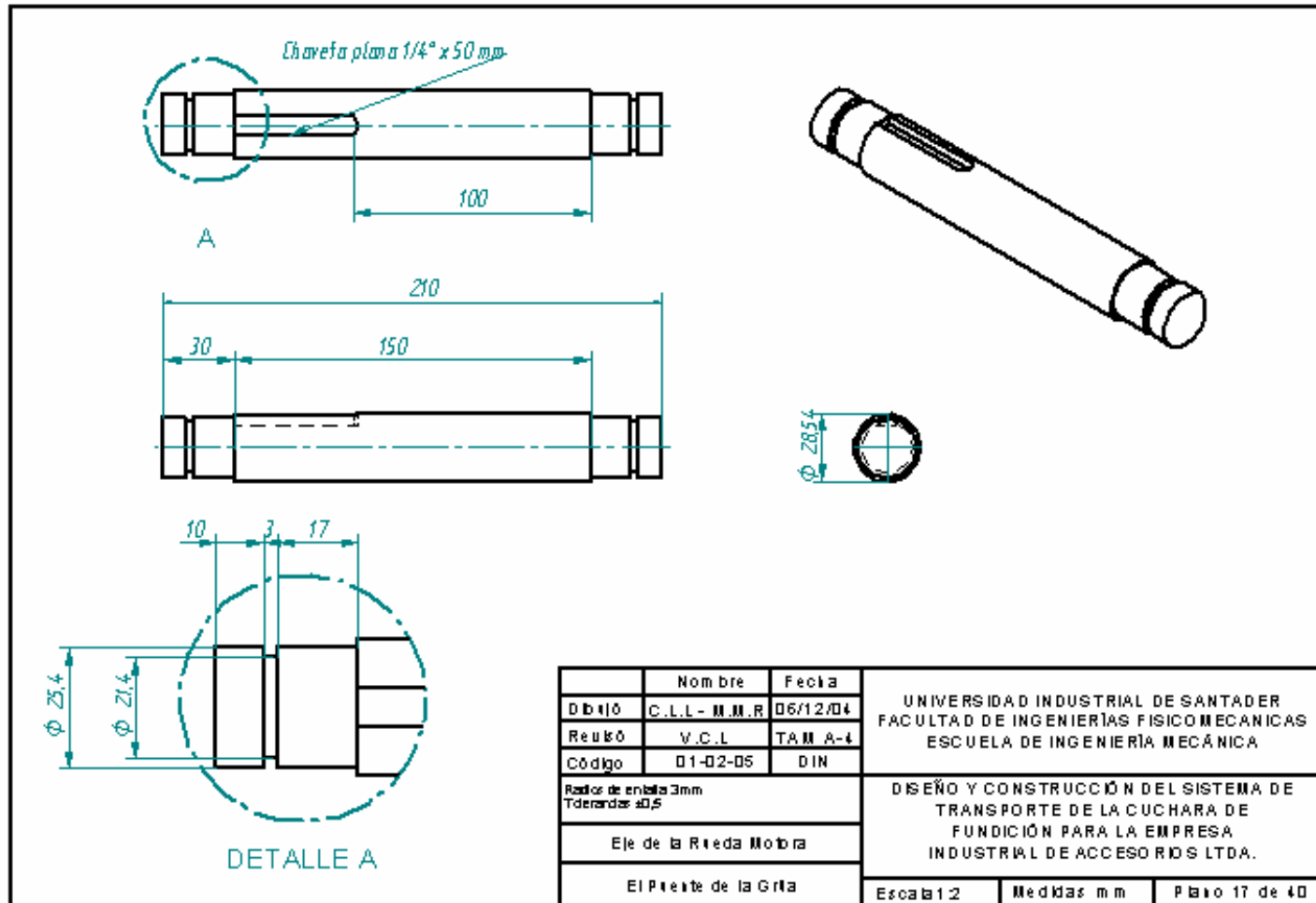
R 14,27

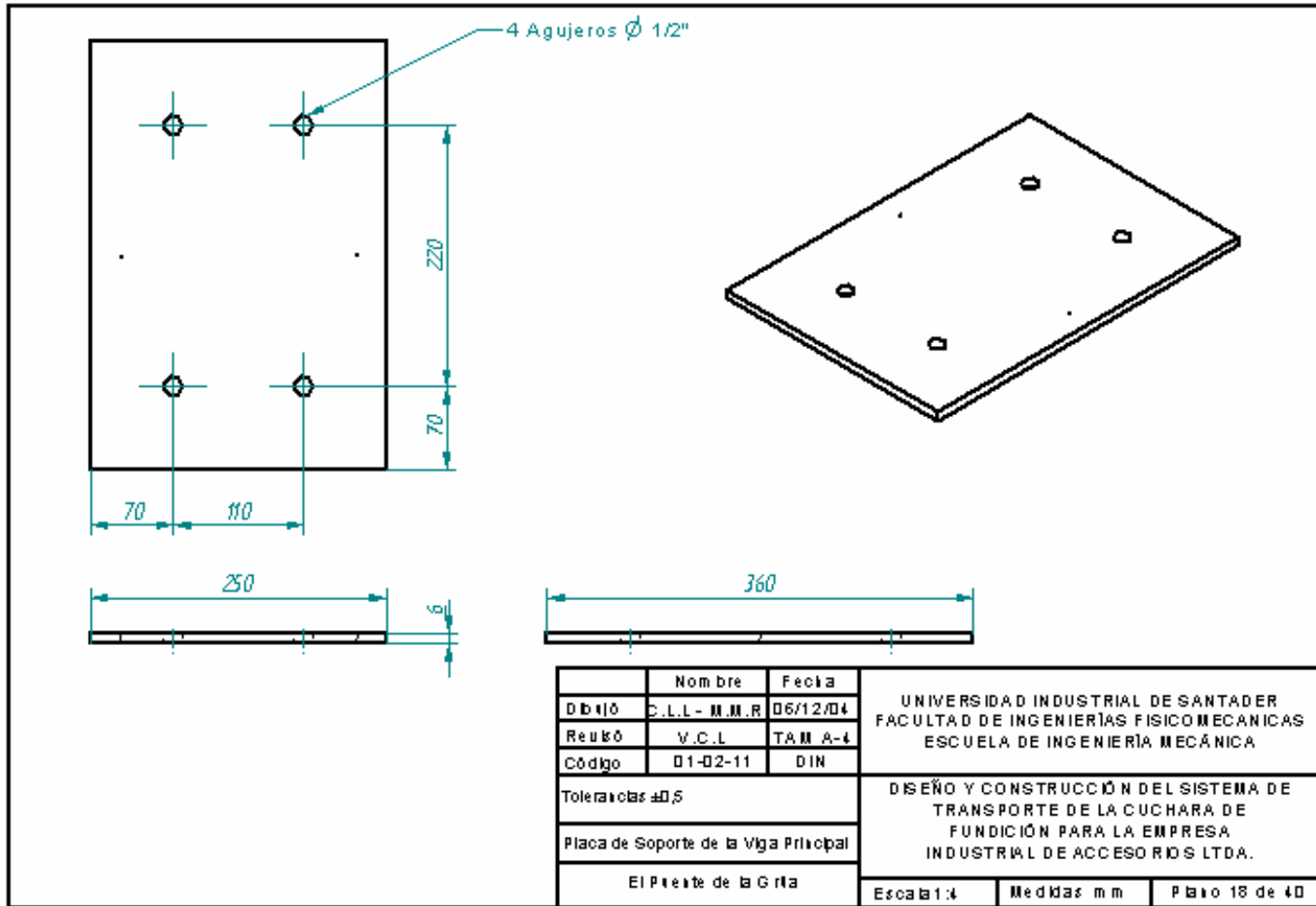


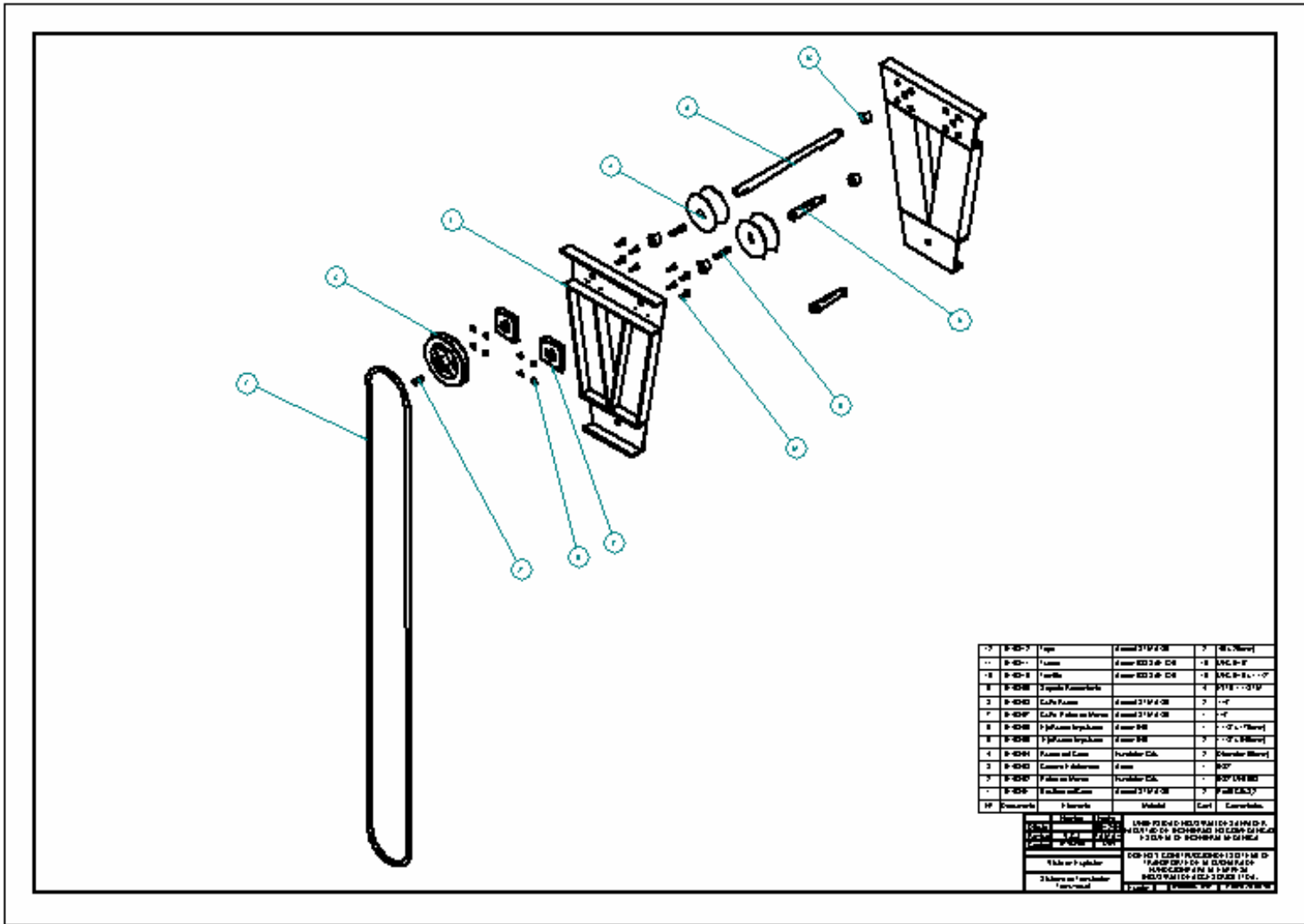
Chaveta 1/4"

	Nombre	Fecha		
Dibujó	C.L.L. - N.M.R	05/12/04	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTADER FACULTAD DE INGENIERÍAS FISIOMECAICAS ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Revisó	V.C.L	TAM A-4		
Código	01-02-03	DIN		
Tolerancias ±0,5			DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE LA CUCHARA DE FUNDICIÓN PARA LA EMPRESA INDUSTRIAL DE ACCESORIOS LTDA.	
Ruedas del Piñón				
EIP reñte de la Grita				
Escala 1:5		Medidas mm	Página 15 de 40	

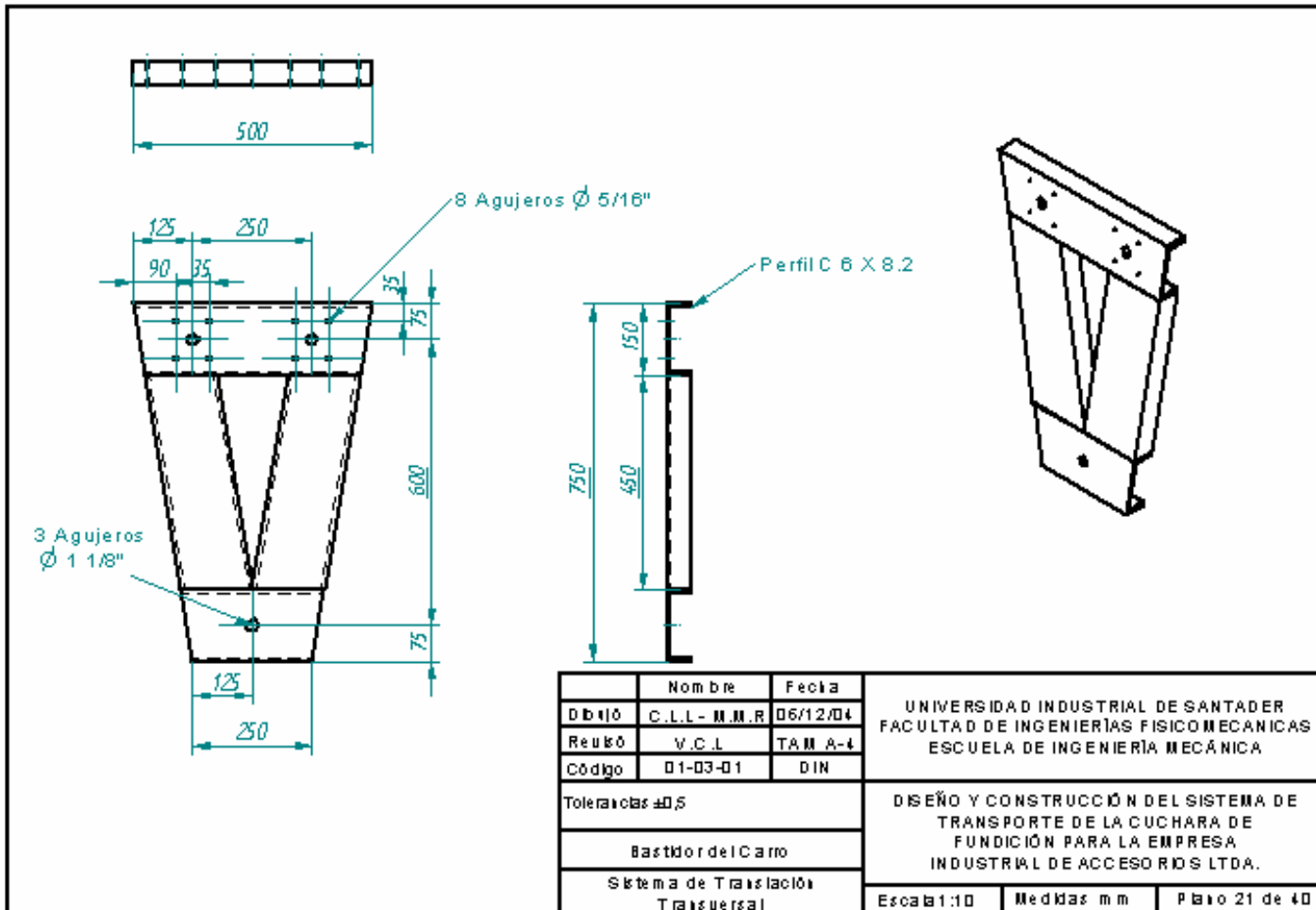


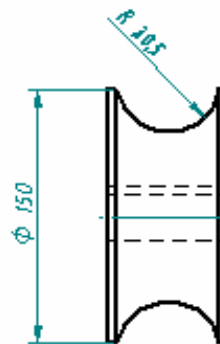
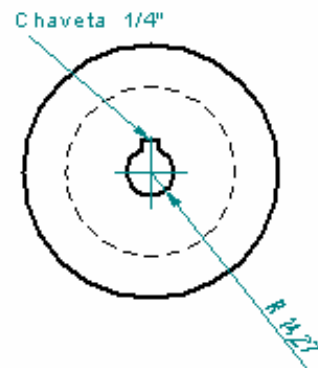
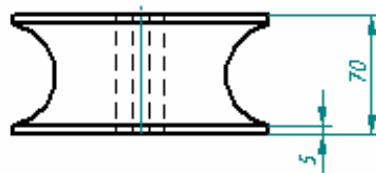




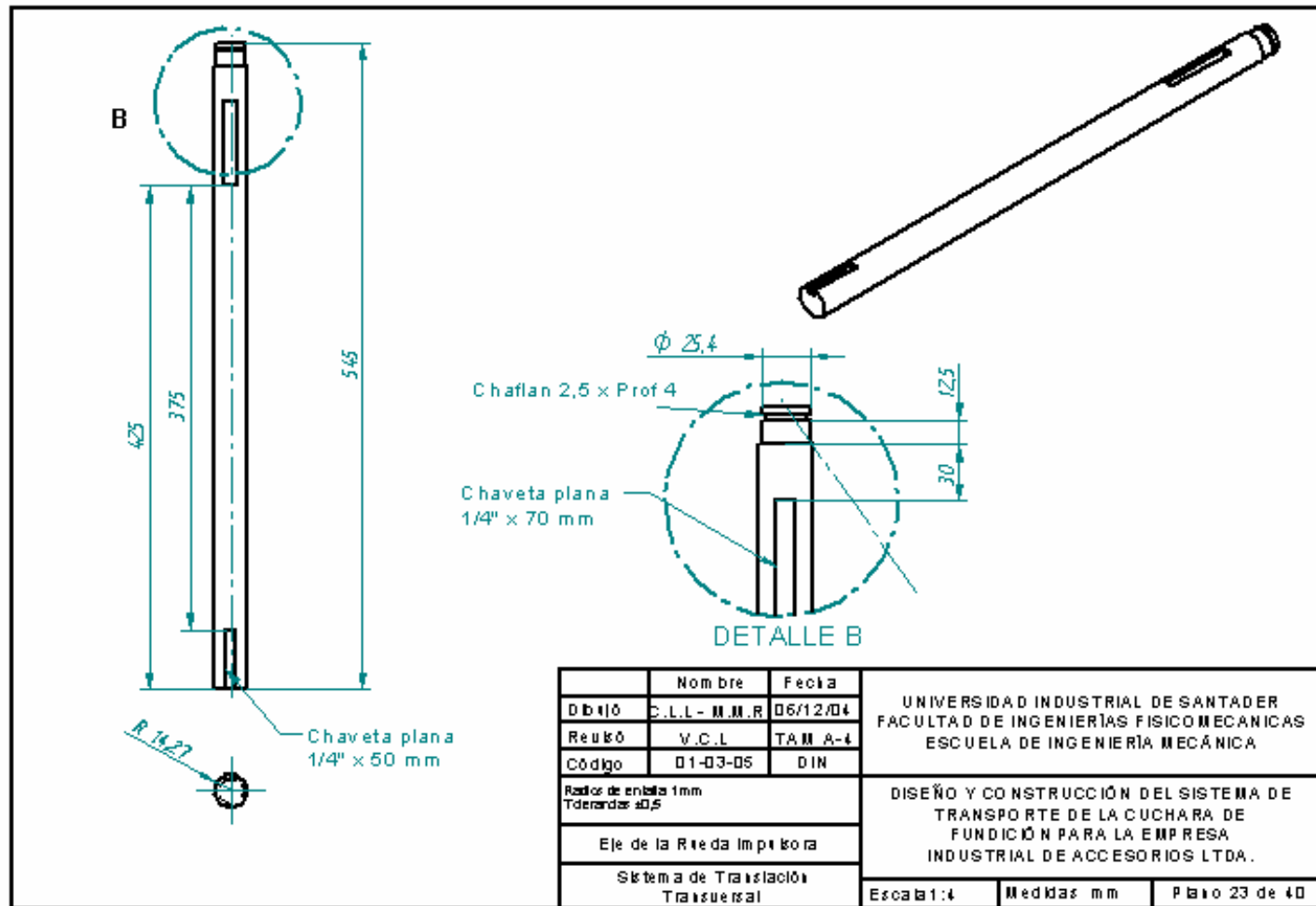


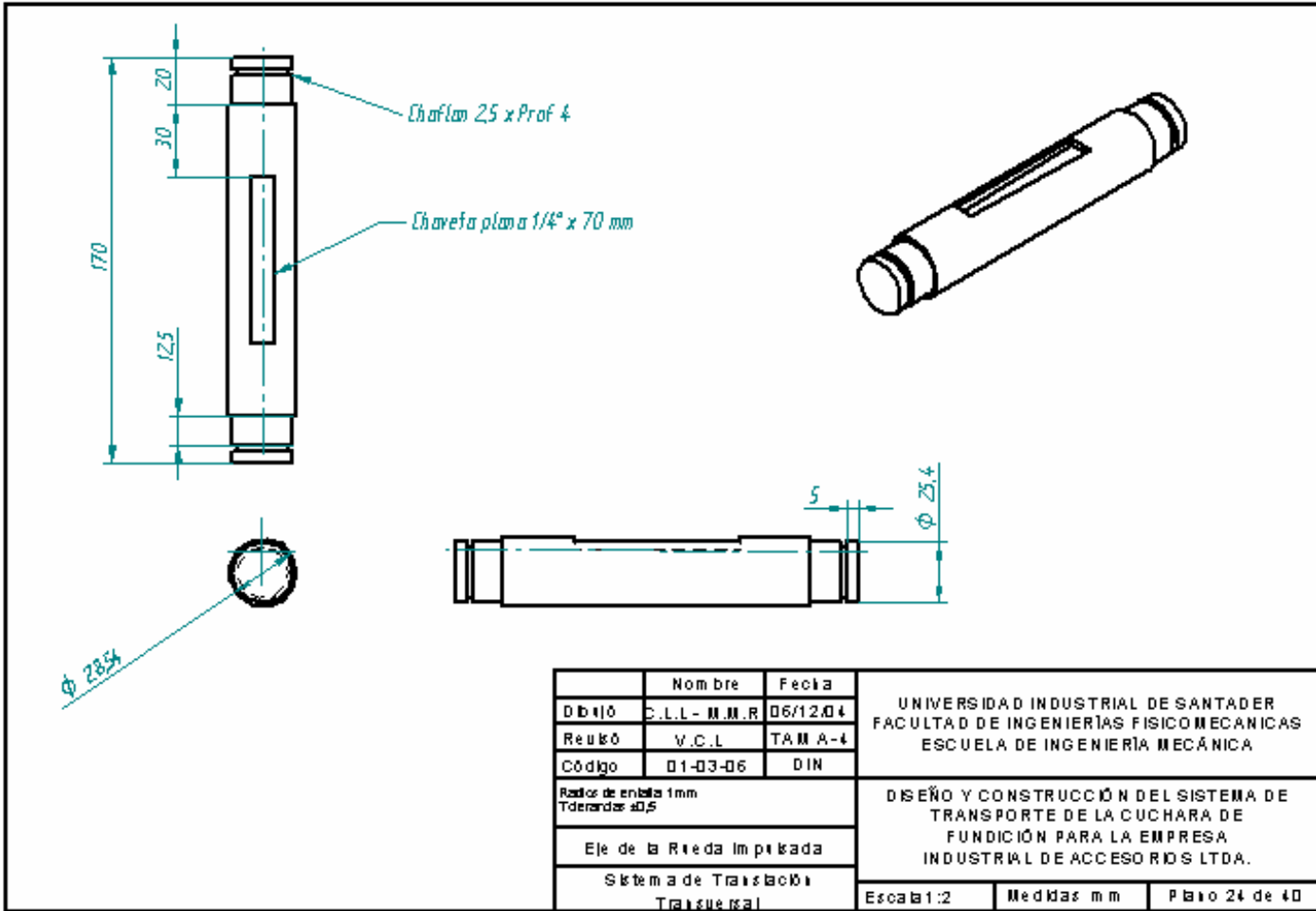
№	№ детали	Наименование	Материал	Кол-во	Примечание
1	0-00-7	Рычаг	Листовой металл	1	№1, №2
2	0-00-1	Корпус	Листовой металл	1	№3, №4
3	0-00-2	Корпус	Листовой металл	1	№5, №6, №7
4	0-00-3	Корпус	Листовой металл	1	№8, №9, №10
5	0-00-4	Корпус	Листовой металл	1	№11, №12
6	0-00-5	Корпус	Листовой металл	1	№13, №14
7	0-00-6	Корпус	Листовой металл	1	№15, №16
8	0-00-7	Корпус	Листовой металл	1	№17, №18
9	0-00-8	Корпус	Листовой металл	1	№19, №20
10	0-00-9	Корпус	Листовой металл	1	№21, №22
11	0-00-10	Корпус	Листовой металл	1	№23, №24
12	0-00-11	Корпус	Листовой металл	1	№25, №26
13	0-00-12	Корпус	Листовой металл	1	№27, №28
14	0-00-13	Корпус	Листовой металл	1	№29, №30
15	0-00-14	Корпус	Листовой металл	1	№31, №32
16	0-00-15	Корпус	Листовой металл	1	№33, №34
17	0-00-16	Корпус	Листовой металл	1	№35, №36
18	0-00-17	Корпус	Листовой металл	1	№37, №38
19	0-00-18	Корпус	Листовой металл	1	№39, №40
20	0-00-19	Корпус	Листовой металл	1	№41, №42
21	0-00-20	Корпус	Листовой металл	1	№43, №44
22	0-00-21	Корпус	Листовой металл	1	№45, №46
23	0-00-22	Корпус	Листовой металл	1	№47, №48
24	0-00-23	Корпус	Листовой металл	1	№49, №50
25	0-00-24	Корпус	Листовой металл	1	№51, №52
26	0-00-25	Корпус	Листовой металл	1	№53, №54
27	0-00-26	Корпус	Листовой металл	1	№55, №56
28	0-00-27	Корпус	Листовой металл	1	№57, №58
29	0-00-28	Корпус	Листовой металл	1	№59, №60
30	0-00-29	Корпус	Листовой металл	1	№61, №62
31	0-00-30	Корпус	Листовой металл	1	№63, №64
32	0-00-31	Корпус	Листовой металл	1	№65, №66
33	0-00-32	Корпус	Листовой металл	1	№67, №68
34	0-00-33	Корпус	Листовой металл	1	№69, №70
35	0-00-34	Корпус	Листовой металл	1	№71, №72
36	0-00-35	Корпус	Листовой металл	1	№73, №74
37	0-00-36	Корпус	Листовой металл	1	№75, №76
38	0-00-37	Корпус	Листовой металл	1	№77, №78
39	0-00-38	Корпус	Листовой металл	1	№79, №80
40	0-00-39	Корпус	Листовой металл	1	№81, №82
41	0-00-40	Корпус	Листовой металл	1	№83, №84
42	0-00-41	Корпус	Листовой металл	1	№85, №86
43	0-00-42	Корпус	Листовой металл	1	№87, №88
44	0-00-43	Корпус	Листовой металл	1	№89, №90
45	0-00-44	Корпус	Листовой металл	1	№91, №92
46	0-00-45	Корпус	Листовой металл	1	№93, №94
47	0-00-46	Корпус	Листовой металл	1	№95, №96
48	0-00-47	Корпус	Листовой металл	1	№97, №98
49	0-00-48	Корпус	Листовой металл	1	№99, №100
50	0-00-49	Корпус	Листовой металл	1	№101, №102
51	0-00-50	Корпус	Листовой металл	1	№103, №104
52	0-00-51	Корпус	Листовой металл	1	№105, №106
53	0-00-52	Корпус	Листовой металл	1	№107, №108
54	0-00-53	Корпус	Листовой металл	1	№109, №110
55	0-00-54	Корпус	Листовой металл	1	№111, №112
56	0-00-55	Корпус	Листовой металл	1	№113, №114
57	0-00-56	Корпус	Листовой металл	1	№115, №116
58	0-00-57	Корпус	Листовой металл	1	№117, №118
59	0-00-58	Корпус	Листовой металл	1	№119, №120
60	0-00-59	Корпус	Листовой металл	1	№121, №122
61	0-00-60	Корпус	Листовой металл	1	№123, №124
62	0-00-61	Корпус	Листовой металл	1	№125, №126
63	0-00-62	Корпус	Листовой металл	1	№127, №128
64	0-00-63	Корпус	Листовой металл	1	№129, №130
65	0-00-64	Корпус	Листовой металл	1	№131, №132
66	0-00-65	Корпус	Листовой металл	1	№133, №134
67	0-00-66	Корпус	Листовой металл	1	№135, №136
68	0-00-67	Корпус	Листовой металл	1	№137, №138
69	0-00-68	Корпус	Листовой металл	1	№139, №140
70	0-00-69	Корпус	Листовой металл	1	№141, №142
71	0-00-70	Корпус	Листовой металл	1	№143, №144
72	0-00-71	Корпус	Листовой металл	1	№145, №146
73	0-00-72	Корпус	Листовой металл	1	№147, №148
74	0-00-73	Корпус	Листовой металл	1	№149, №150
75	0-00-74	Корпус	Листовой металл	1	№151, №152
76	0-00-75	Корпус	Листовой металл	1	№153, №154
77	0-00-76	Корпус	Листовой металл	1	№155, №156
78	0-00-77	Корпус	Листовой металл	1	№157, №158
79	0-00-78	Корпус	Листовой металл	1	№159, №160
80	0-00-79	Корпус	Листовой металл	1	№161, №162
81	0-00-80	Корпус	Листовой металл	1	№163, №164
82	0-00-81	Корпус	Листовой металл	1	№165, №166
83	0-00-82	Корпус	Листовой металл	1	№167, №168
84	0-00-83	Корпус	Листовой металл	1	№169, №170
85	0-00-84	Корпус	Листовой металл	1	№171, №172
86	0-00-85	Корпус	Листовой металл	1	№173, №174
87	0-00-86	Корпус	Листовой металл	1	№175, №176
88	0-00-87	Корпус	Листовой металл	1	№177, №178
89	0-00-88	Корпус	Листовой металл	1	№179, №180
90	0-00-89	Корпус	Листовой металл	1	№181, №182
91	0-00-90	Корпус	Листовой металл	1	№183, №184
92	0-00-91	Корпус	Листовой металл	1	№185, №186
93	0-00-92	Корпус	Листовой металл	1	№187, №188
94	0-00-93	Корпус	Листовой металл	1	№189, №190
95	0-00-94	Корпус	Листовой металл	1	№191, №192
96	0-00-95	Корпус	Листовой металл	1	№193, №194
97	0-00-96	Корпус	Листовой металл	1	№195, №196
98	0-00-97	Корпус	Листовой металл	1	№197, №198
99	0-00-98	Корпус	Листовой металл	1	№199, №200
100	0-00-99	Корпус	Листовой металл	1	№201, №202
101	0-00-100	Корпус	Листовой металл	1	№203, №204

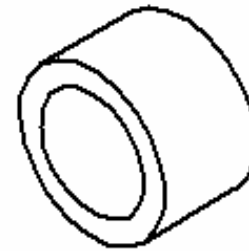
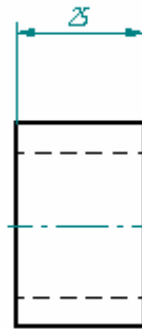
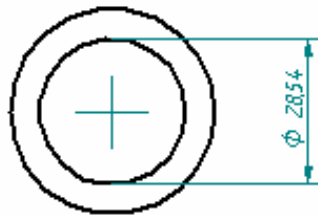
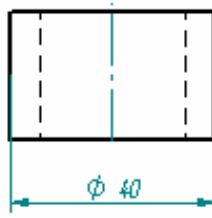




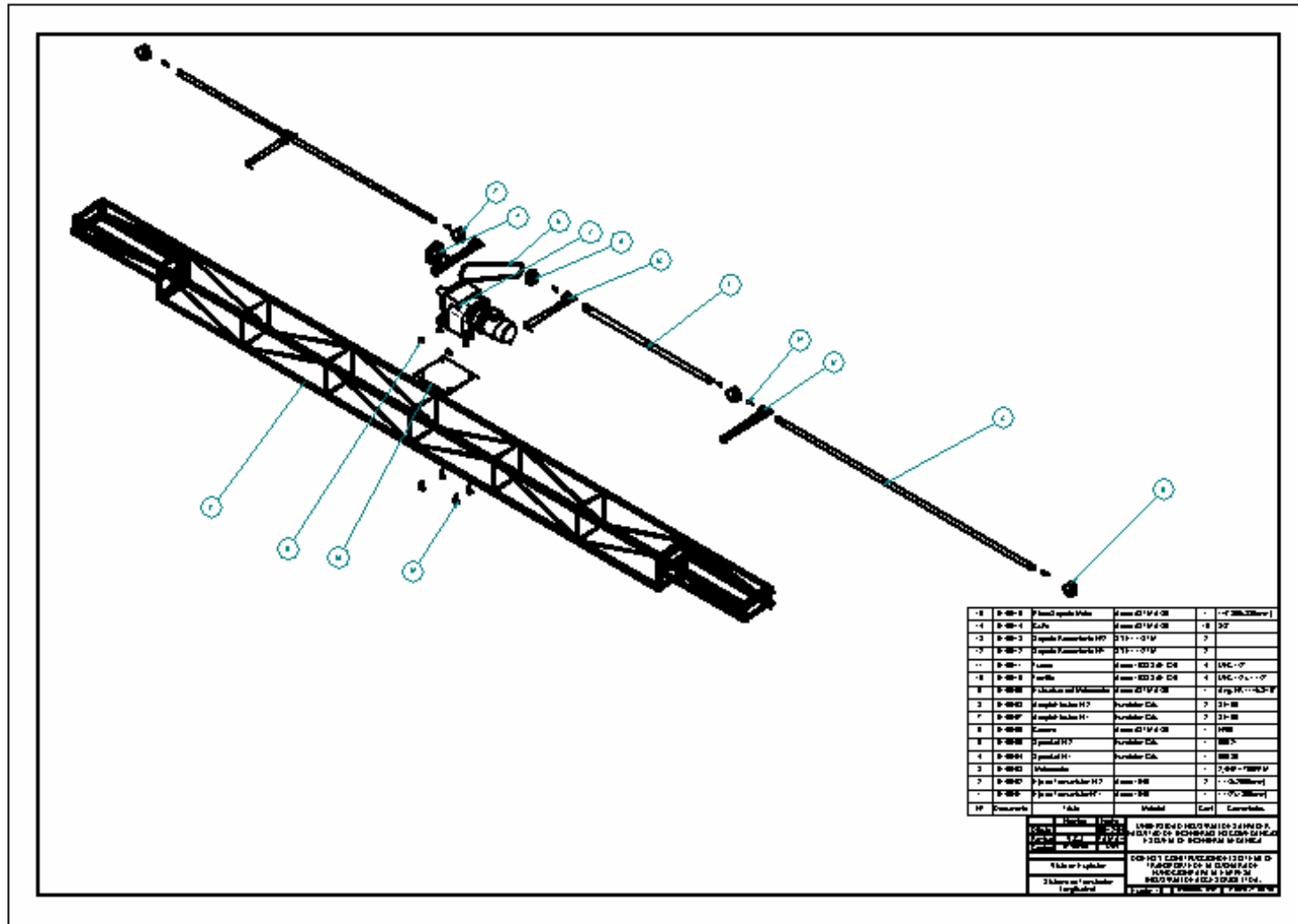
	Nombre	Fecha	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTADER FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECANICAS ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA		
Dibujó	C.L.L - M.M.R	06/12/04			
Revisó	V.C.L	TAM A-4			
Código	01-03-04	DIN			
Tolerancias ± 0.5			DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE LA CUCHARA DE FUNDICIÓN PARA LA EMPRESA INDUSTRIAL DE ACCESORIOS LTDA.		
Ruedas del Carro					
Sistema de Traslación Transversal					
		Escala 1:3	Medidas mm	Página 22 de 40	

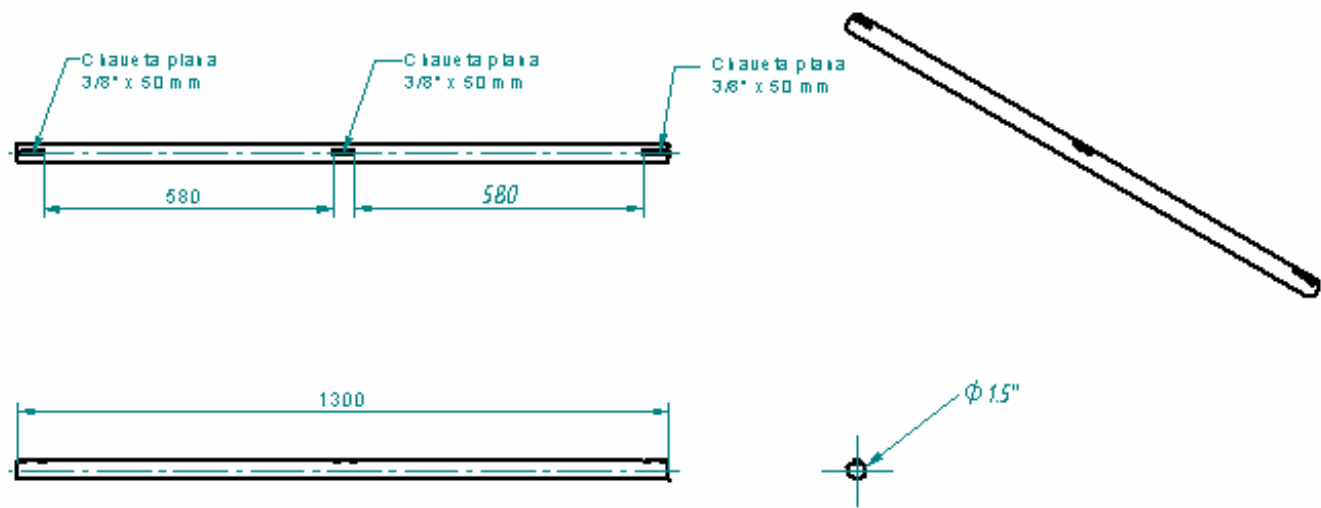




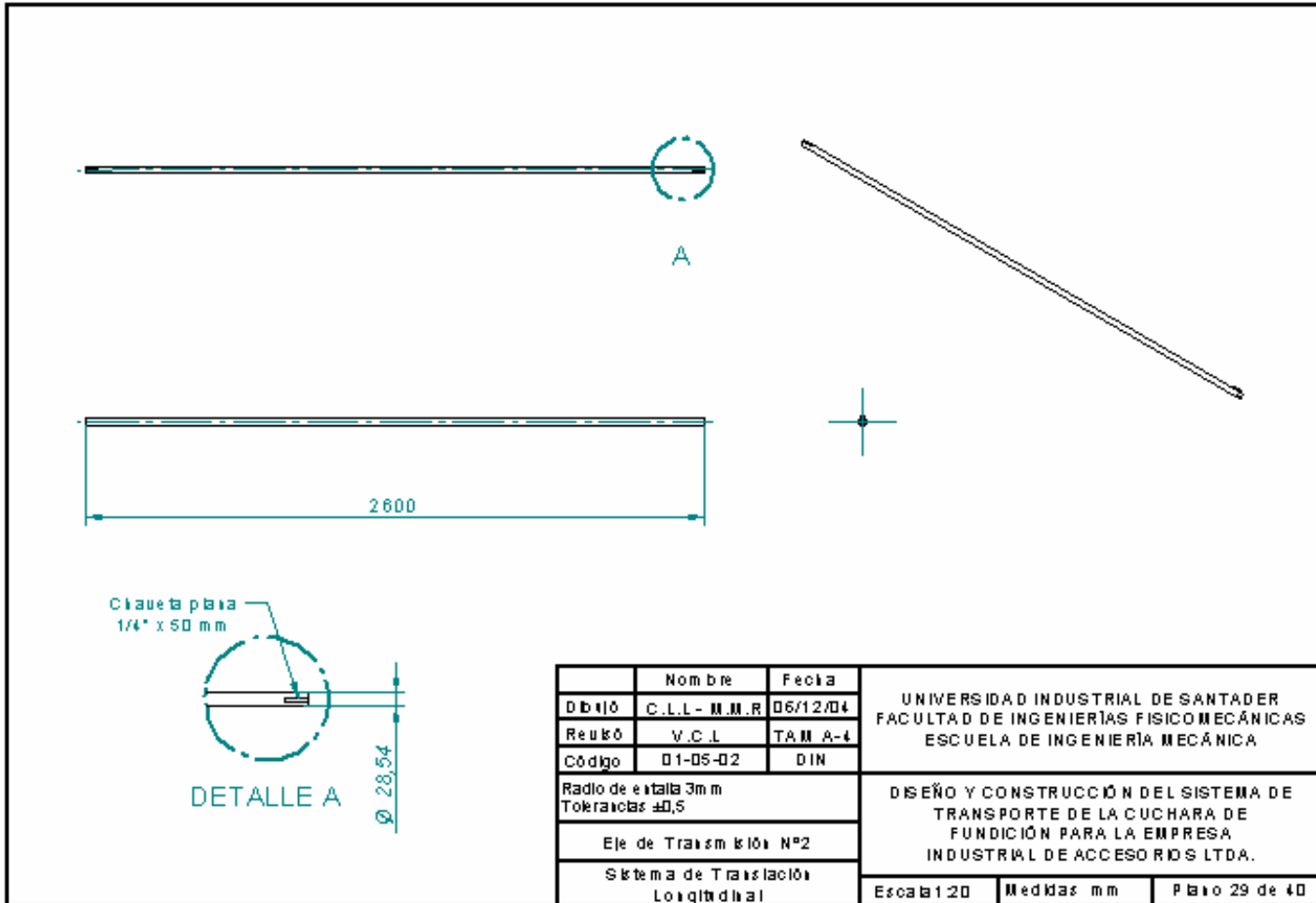


	Nombre	Fecha			
Diseño	C.L.L - M.M.R	06/12/04	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTADER FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECANICAS ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Revisó	V.C.L	TAM A-4			
Código	01-03-13	DIN			
Tolerancias ± 0.5			DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE LA CUCHARA DE FUNDICIÓN PARA LA EMPRESA INDUSTRIAL DE ACCESORIOS LTDA.		
Tope					
Sistema de Traslación Trasversal					
		Escala 1:1	Medidas mm	Plano 25 de 40	

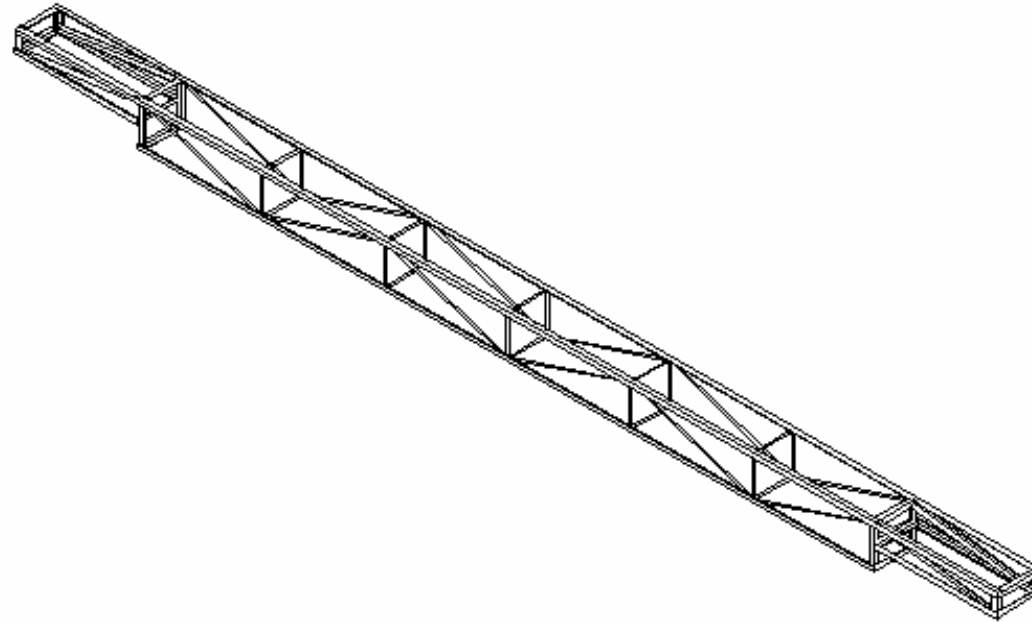




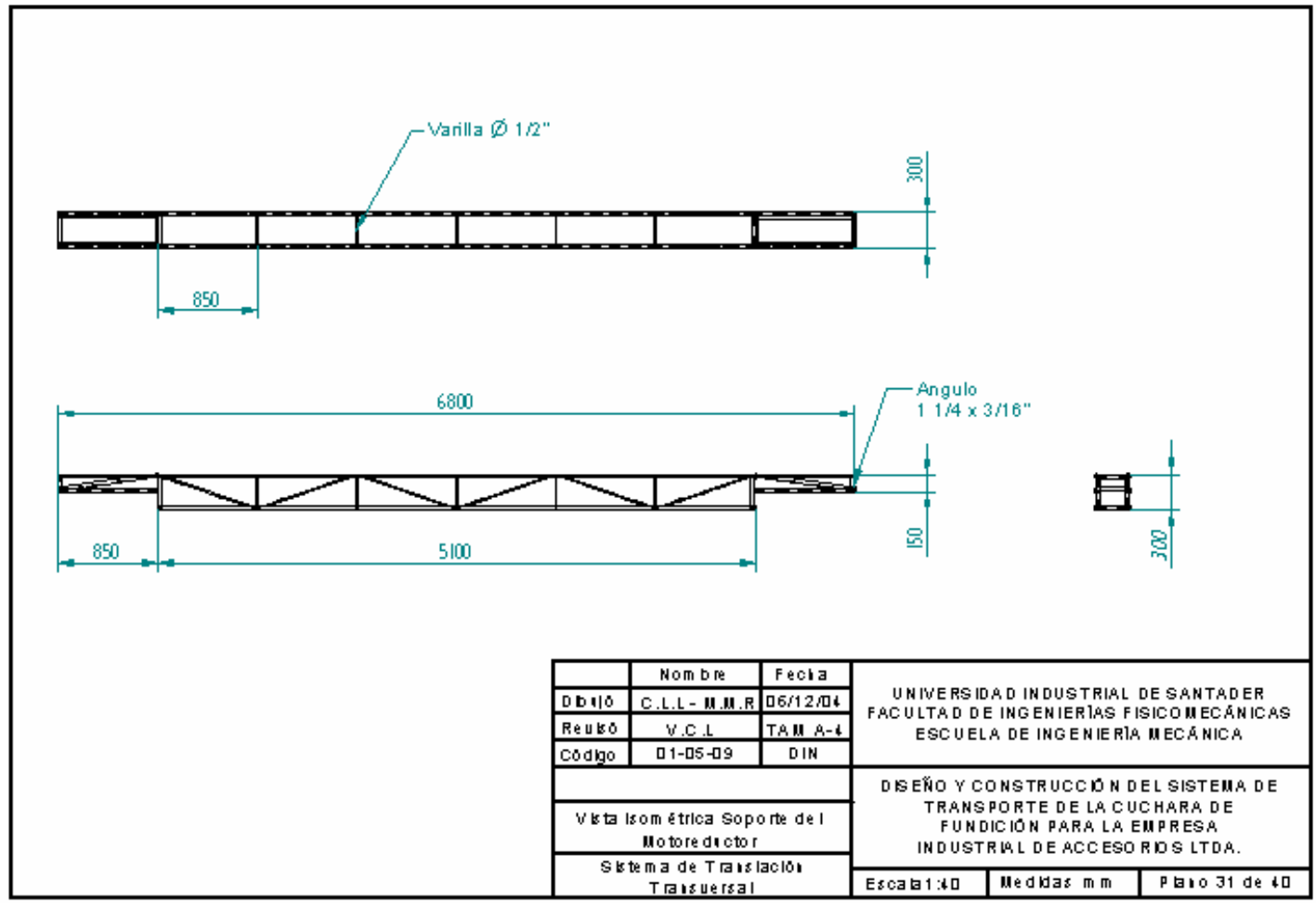
	Nombre	Fecha	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTADER FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Dibujó	C.L.L - M.M.R	06/12/04			
Revisó	V.C.L	TAM A-4			
Código	D1-05-01	DIN			
Radio de entalla 3mm Tolerancias $\pm 0,5$			DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE LA CUCHARA DE FUNDICIÓN PARA LA EMPRESA INDUSTRIAL DE ACCESORIOS LTDA.		
Eje de Transmisión N°1					
Sistema de Transmisión Longitudinal					
		Escala 1:10	Medidas mm	Página 28 de 40	



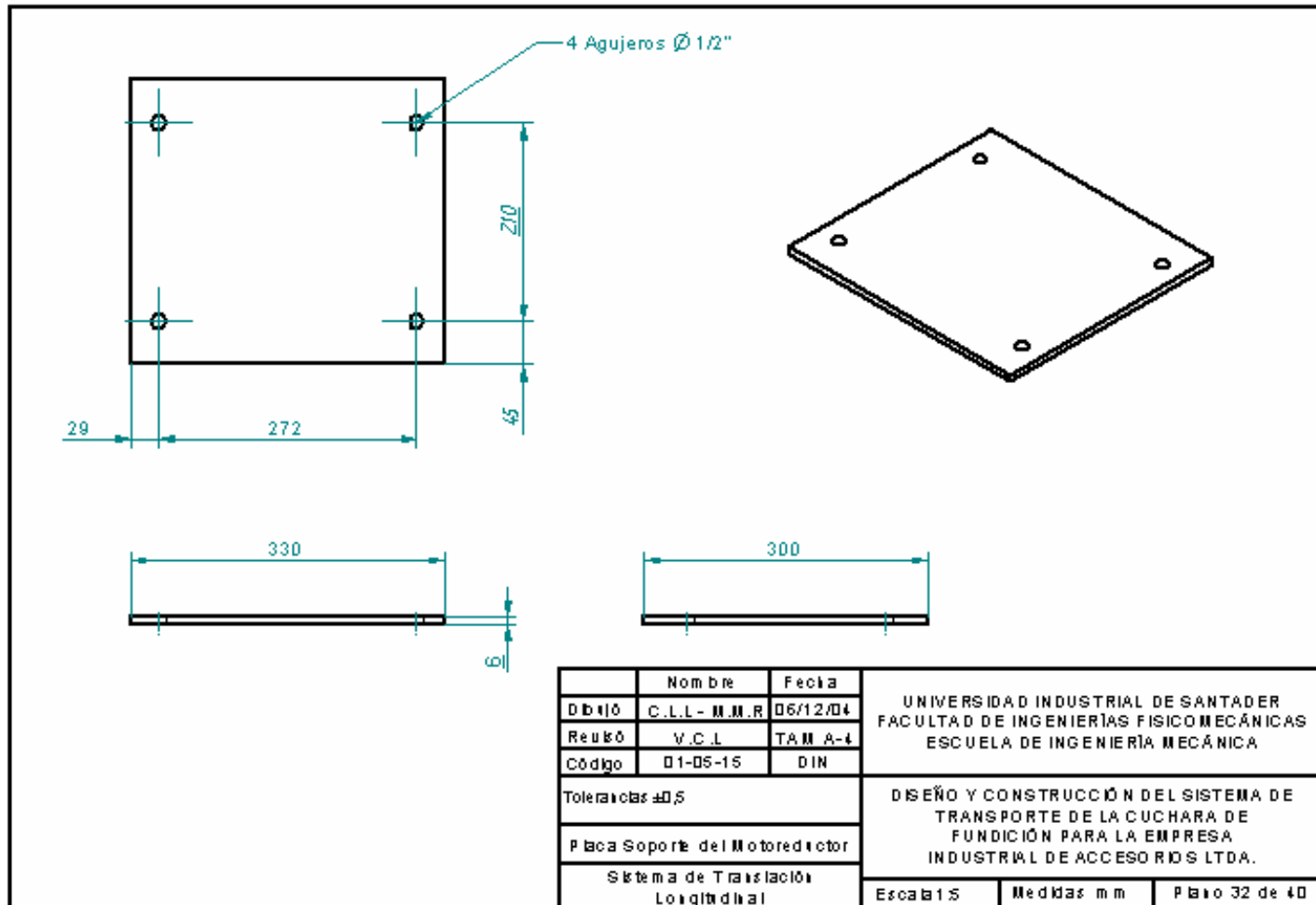
	Nombre	Fecha	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTADER FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Dibujó	C.L.L - M.M.R	06/12/04	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE LA CUCHARA DE FUNDICIÓN PARA LA EMPRESA INDUSTRIAL DE ACCESORIOS LTDA.		
Revisó	V.C.L	TAM A-4	Escala	1:20	Medidas mm
Código	D1-05-02	DIN	Página 29 de 40		
Radio de entalla 3m Tolerancias $\pm 0,5$					
Eje de Transmisión N°2					
Sistema de Transmisión Longitudinal					

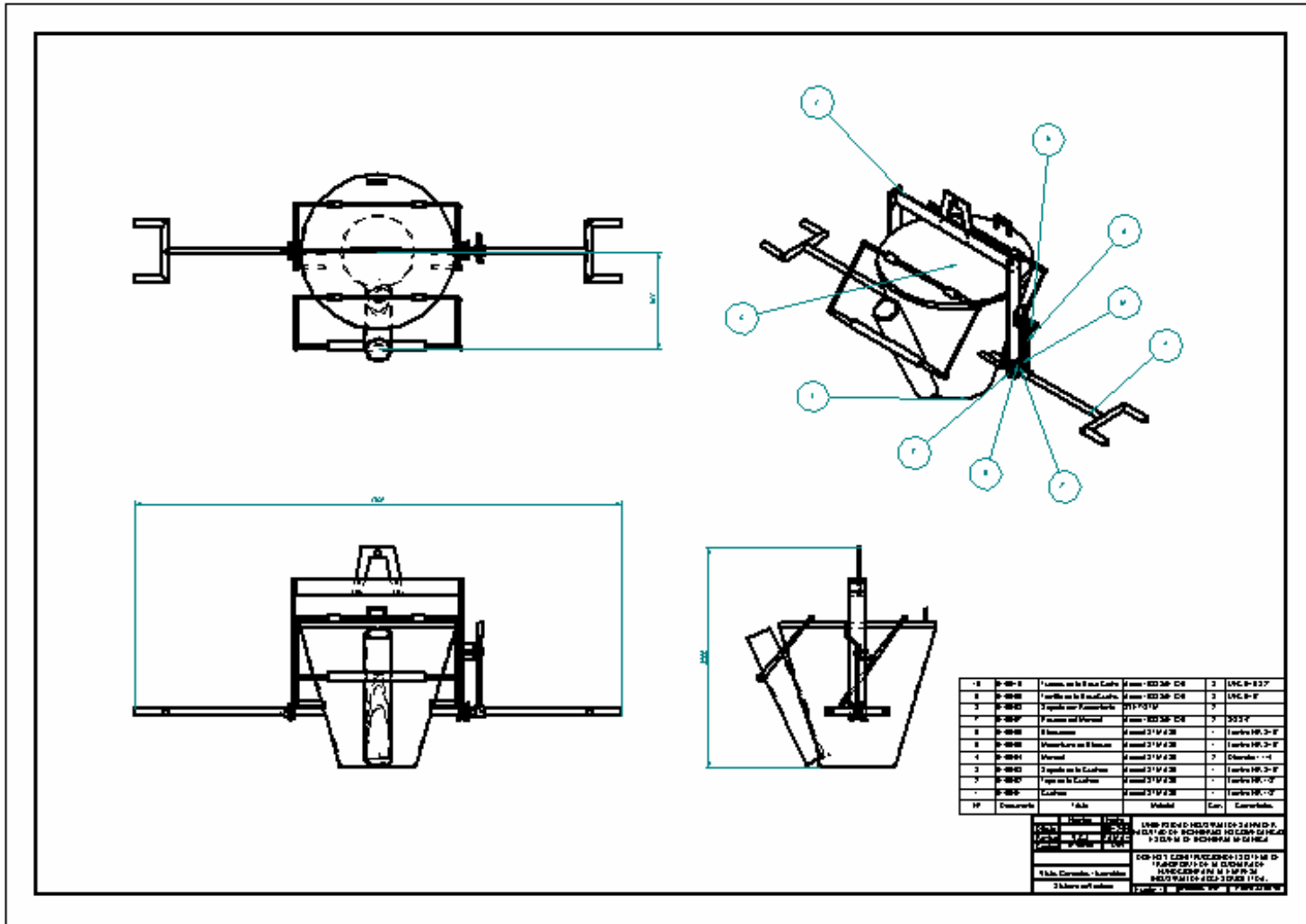


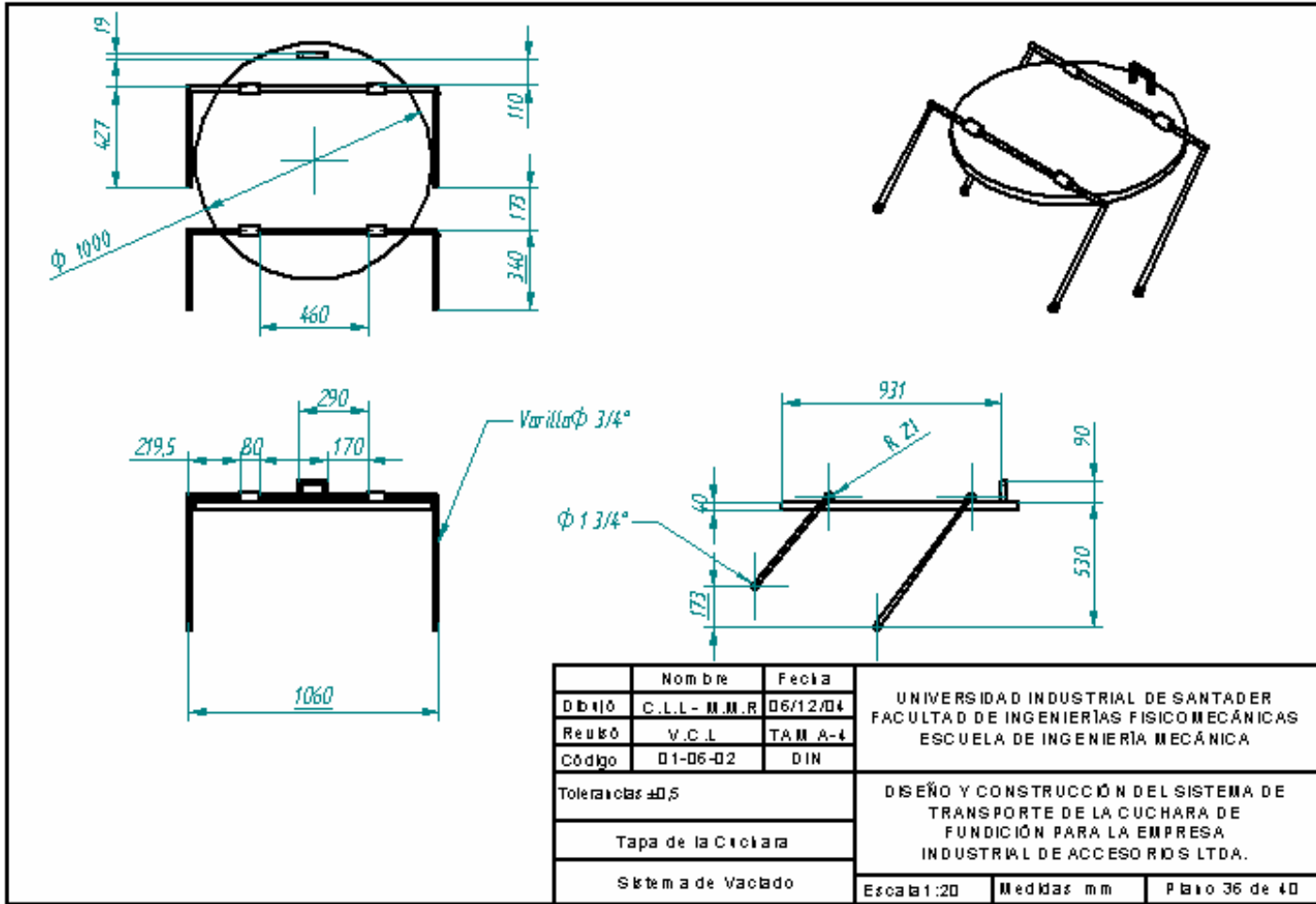
	Nombre	Fecha	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTADER FACULTAD DE INGENIERÍAS FISIOMECAICAS ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA		
Dibujó	C.L.L.- M.M.R	06/12/04			
Revisó	V.C.L	TAM A-4			
Código	01-05-09	DIN	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE LA CUCHARA DE FUNDICIÓN PARA LA EMPRESA INDUSTRIAL DE ACCESORIOS LTDA.		
Vista Isométrica Soporte del Motoreductor					
Sistema de Traslación Longitudinal			Escala 1:25	Medidas mm	Página 30 de 40



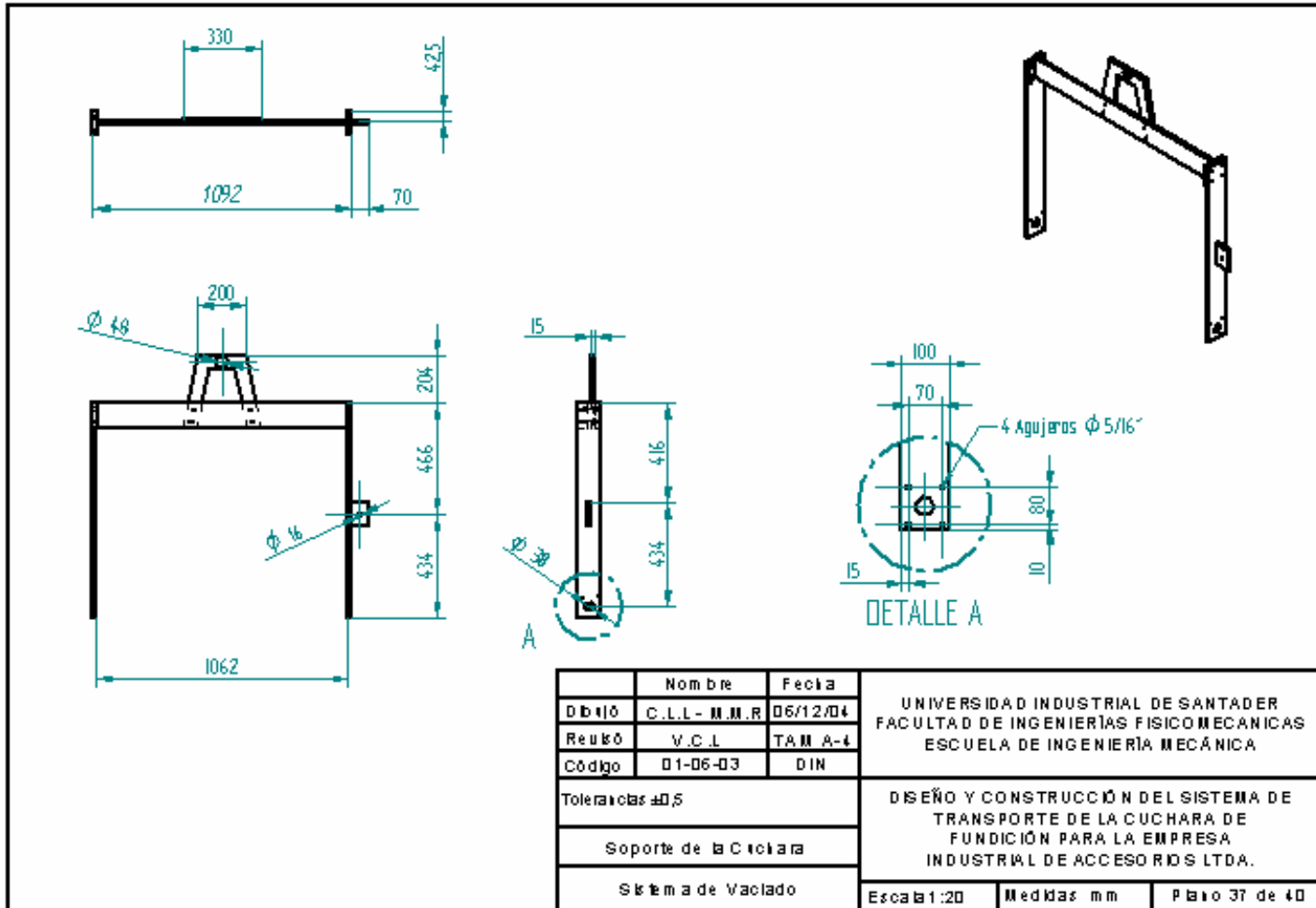
	Nombre	Fecha	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTADER FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECANICAS ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA		
Dibujó	C.L.L - M.M.R	06/12/04			
Revisó	V.C.L	TAM A-4			
Código	01-05-09	DIN	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE LA CUCHARA DE FUNDICIÓN PARA LA EMPRESA INDUSTRIAL DE ACCESO RIOS LTDA.		
Vista isométrica Soporte del Motoreductor					
Sistema de Traslación Transversal					
Escala 1:40		Medidas mm	Página 31 de 40		

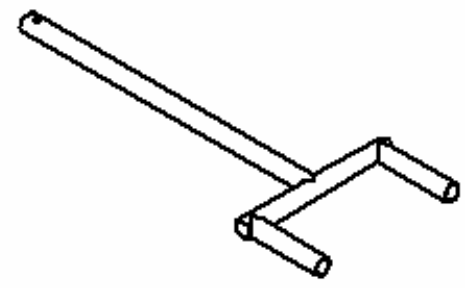
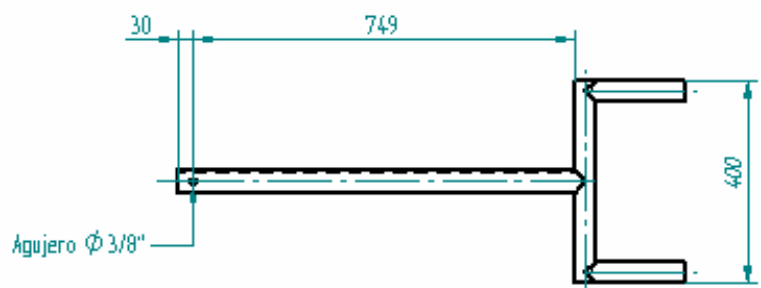






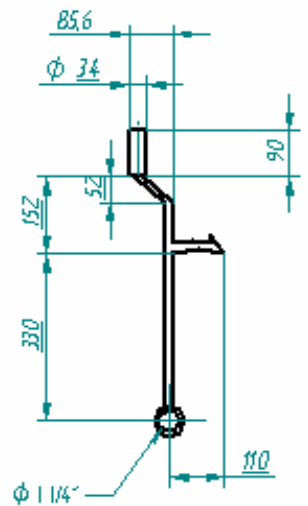
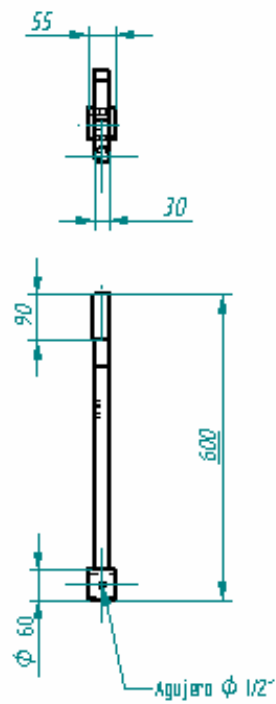
	Nombre	Fecha	
Dibujó	C.L.L - M.M.R	06/12/04	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECAICAS ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
Revisó	V.C.L	TAM A-4	
Código	D1-06-02	DIN	
Tolerancias $\pm 0,5$			DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE LA CUCHARA DE FUNDICIÓN PARA LA EMPRESA INDUSTRIAL DE ACCESORIOS LTDA.
Tapa de la Cuchara			
Sistema de Vacado			
Escala 1:20		Medidas mm	Página 36 de 40



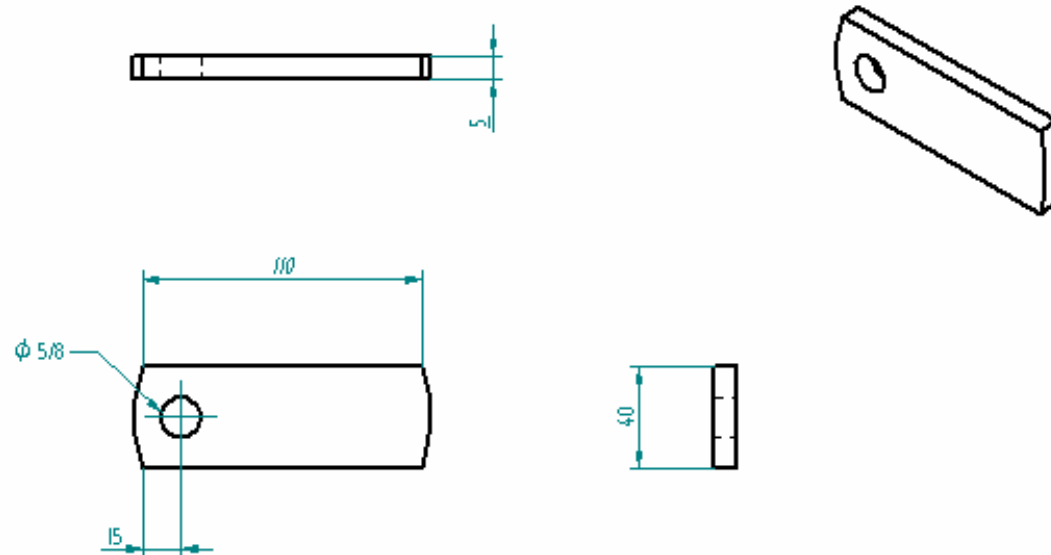


Tubo $\phi 1 \frac{1}{4}$ "

	Nombre	Fecha	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTADER FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO MECANICAS ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA	
Dibujó	C.L.L- M.M.R	06/12/04		
Revisó	V.C.L	TAM A-4		
Código	D1-06-04	DIN	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE LA CUCHARA DE FUNDICIÓN PARA LA EMPRESA INDUSTRIAL DE ACCESORIOS LTDA.	
Material				
Sistema de Vacado				
Escala 1:10		Medidas mm	Página 38 de 40	



	Nombre	Fecha	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTADER FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA				
Dibujó	C.L.L.- M.M.R	06/12/04					
Revisó	V.C.L	TAM A-4					
Código	D1-06-05	DIN	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE LA CUCHARA DE FUNDICIÓN PARA LA EMPRESA INDUSTRIAL DE ACCESORIOS LTDA.				
Tolerancias ±0,5					Escala 1:10	Medidas mm	Página 39 de 40
Mecanismo de Bloqueo							
Sistema de Vaciado							



	Nombre	Fecha	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTADER FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECANICAS ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA		
Dibujó	C.L.L.- M.M.R	06/12/04			
Revisó	V.C.L	TAM A-4			
Código	01-06-06	DIN	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE LA CUCHARA DE FUNDICIÓN PARA LA EMPRESA INDUSTRIAL DE ACCESORIOS LTDA.		
Tolerancias $\pm 0,5$					
Bloqueador					
Sistema de Vacado			Escala 1:2	Medidas mm	Página 40 de 40

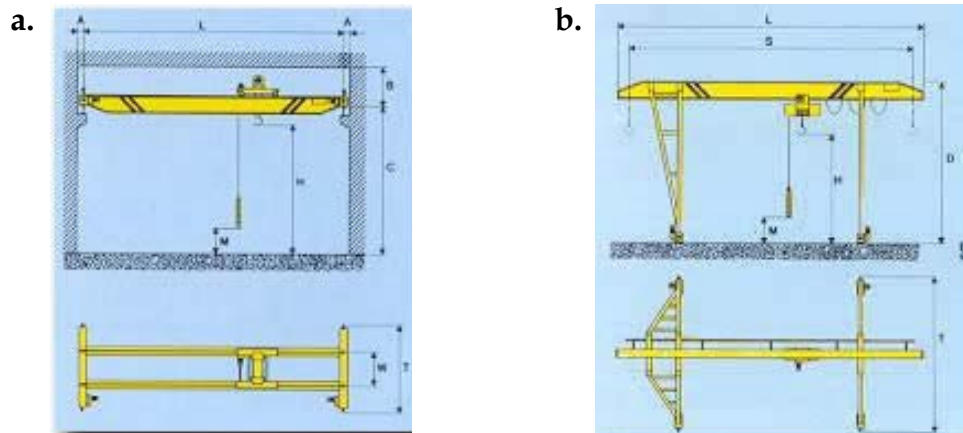
ANEXO B.

1. GENERALIDADES DEL PUNTE GRÚA

El transporte dentro del taller es el principal campo de aplicación del puente grúa. Gracias a que circulan por vías elevadas, unidas casi siempre sobre las columnas de la construcción del taller, al contrario de lo que sucede con otras clases de grúas (por ejemplo, las grúas pórtico o las giratorias) dejan libre toda la superficie del pavimento del taller, de modo que el trabajo y el tránsito sobre el suelo pueden efectuarse sin obstáculos. Ver figura 1.a y 1.b. Debido a la movilidad del puente de la grúa y del carro que corre sobre el mismo, el campo abarcado por la grúa es un rectángulo cuya superficie, en un caso ideal, coincide con la planta del taller. Pero en la realidad, la superficie del campo abarcado por un modelo normal no coincide con la de la planta, ya que el gancho de la carga, a causa de las dimensiones del carrito, no se puede situar muy cerca de las paredes del edificio.

Los puente grúas tienen tres grupos de mecanismos, el de traslación del puente a lo largo de la nave, el de traslación del carro transversalmente, y el de elevación de la carga. Los puente grúas constan de una estructura metálica, suspendida en forma de puente, cuyos extremos se apoyan sobre ruedas que circulan por unos rieles paralelos elevados llamados caminos de rodadura. Los rieles están anclados sobre vigas de apoyo lateral y estas a su vez se apoyan sobre las ménsulas de las columnas construidas para este fin. Sobre la estructura se instala el carro con los mecanismos de elevación y traslación.

Figura 1. a. Puente grúa. b. Grúa pórtico



Los mecanismos de elevación, traslación del carro y traslación del puente deben estar dotados de limitadores de fin de carrera para protegerlo de choques.

1.1 EMPLEO DE LOS PUENTE GRÚAS

La gama de las cargas que se pueden manipular con estos aparatos es tan extensa que casi no existe una planta industrial en la que no se utilicen. Para aplicaciones muy diversas, desde los servicios de reserva (puentes utilizados para la instalación de máquinas como en las centrales eléctricas), hasta los servicios industriales de trabajos pesados (altos hornos), pasando por los servicios industriales ligeros (almacenes, montajes), por los servicios industriales normales (talleres mecánicos y fundiciones) y los servicios de manutención continua, donde estos aparatos trabajan sin interrupción (manipulación de escombros o materiales a granel).

En cada caso deben ser estudiados en función de un trabajo determinado. Capacidad, velocidades, sistemas de frenado, dispositivos de seguridad, etc., variarán según su aplicación.

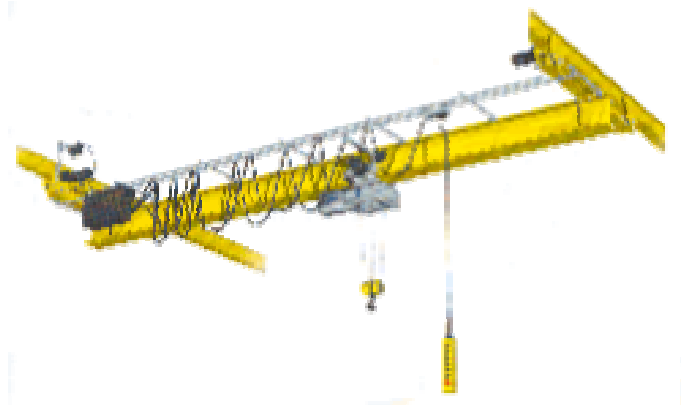
1.2 CLASES DE PUENTE GRÚAS

Es imposible hacer una relación de todas las variables que pueden existir en las grúas-puente, sin embargo, algunas tienen diferencias notables por lo que vale la pena describirlas. La carga, luz, aplicación, etc., son factores que influyen en la elección de uno u otro tipo. La clasificación más importante es la que se refiere a la conformación de la viga principal. El tipo de la estructura que puede ser de una o varias vigas principales, depende esencialmente de la capacidad de carga y de las operaciones a efectuar además debe resistir las pruebas reglamentarias.

1.2.1 Puente grúa de Viga Sencilla. Este tipo resulta ser el más adecuado cuando lo importante es la economía, la facilidad de manipulación, la frecuencia de uso reducida, o cuando las cargas no sean muy grandes y las luces limitadas.

Su construcción es extremadamente sencilla; consta de un puente de una sola viga de acero soportada en cada extremo por una testera de dos ruedas, y de un aparejo dispuesto para rodar sobre las alas inferiores o superiores de la viga. Ver figura 2.

Figura 2. Puente grúa de viga sencilla.



El aparejo se hace funcionar desde el suelo ya sea manual o por medio de motor y el movimiento de traslación transversal puede comunicarse directamente a las ruedas o por tracción desde un extremo del puente.

1.2.2 Puente grúa de Viga Doble. Este tipo se construye de varios tamaños, para cargas moderadas y grandes. El puente está formado por dos vigas semejantes de acero, de resistencia suficiente para sostener la carga sin exceso de flecha. Ver figura 3.

Figura 3. Puente grúa de viga doble



Los parámetros principales que se deben tener en cuenta en el diseño y construcción de un puente grúa son los siguientes:

- Capacidad de Carga.
- Altura de elevación del gancho (o sea, recorrido del gancho desde el punto más bajo del suelo, al punto más elevado).
- Luz entre ejes de carriles (previniendo los espacios libres necesarios en los extremos) o distancia disponible entre las paredes de la nave.
- Tipo de corriente eléctrica disponible
- Si el mando debe ser desde una cabina, por pulsadores colgados, a distancia, etc.

Un puente grúa bien construido debe estar equipado con limitadores de carrera y el montaje del mecanismo de traslación debe ser de tal forma que las deformaciones elásticas no afecten, durante el trabajo, al árbol de transmisión ni a los soportes. Los dispositivos de seguridad deben ser suficientes y eficaces.

1.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS PUENTE GRÚA

1.3.1 El Puente de la Grúa. Todos los puente grúas constan de una o dos vigas principales, sobre las que se apoyan los carriles del carro, y de las dos vigas testeras, dispuestas perpendicularmente a las vigas principales, que llevan las ruedas de la grúa. El puente grúa de una sola viga con carro sobre las alas inferiores, es más utilizado de forma manual hasta unas tres toneladas de fuerza portante. En los puente grúas con dos vigas principales, el gancho de la carga del carro se mueve entre las dos vigas principales. En la mayoría de los casos, junto al accionamiento eléctrico, existe un arriostrado horizontal, que tiene que resistir las fuerzas producidas por la aceleración y el

frenado que, al mismo tiempo, sostiene la pasarela de la grúa; este arrostamiento está sostenido por un lado por la viga principal, y por el otro, por la viga secundaria, llamada también viga lateral o de pasillo. Según sea la magnitud de la carga y la luz, para la viga principal se emplean vigas de perfil laminado, vigas armadas o compuestas, vigas de celosía.

1.3.2 Mecanismos de Traslación de la Grúa

1.3.2.1 Mecanismo de avance manual. En los puentes grúa accionados a mano, de ordinario, las cadenas para el movimiento de traslación de la grúa, se disponen en los extremos del puente. Según sea la fuerza portante, se necesitan una o dos reducciones entre las ruedas y el árbol de accionamiento, apoyado sobre consolas en la viga principal. Para reducir la resistencia a la marcha es recomendable disponer soportes de rodamientos en las ruedas.

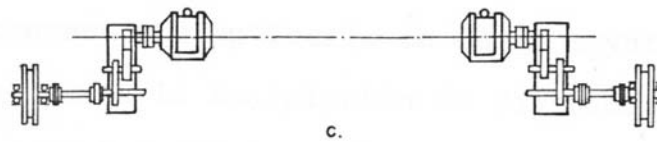
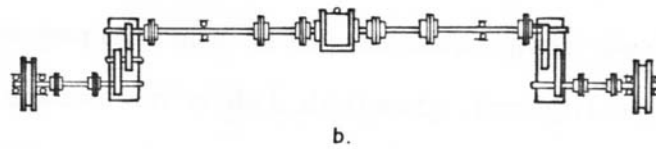
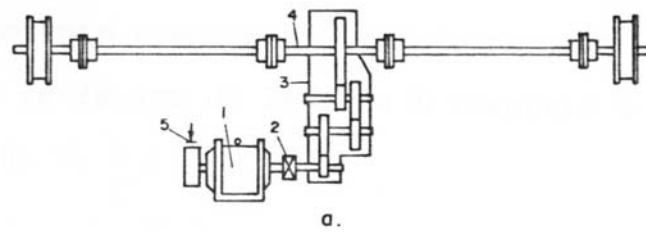
Las grúas y los carros de grúas se apoyan en las ruedas de marcha. Las ruedas unidas con el accionamiento son impulsoras (conductoras) y las demás son libres (conducidas). En ocasiones todas las ruedas de marcha son conductoras. Los mecanismos de avance eléctrico de los puentes grúa tienen algunas diversidades constructivas.

1.3.2.2 Mecanismo de avance eléctrico con accionamiento en el centro. Con accionamiento eléctrico, el motor para la traslación de la grúa, se puede colocar aproximadamente en el centro del puente y accionar la grúa mediante una reducción y un árbol de transmisión horizontal que, transmite el movimiento uniformemente a las ruedas de accionamiento de ambos lados. Puede ser una transmisión de alta velocidad o de baja. El primero

consistente en el motor 1, el acople 2 y el reductor 3. El árbol de salida del reductor se une con el de transmisión A, y éste a su vez se une con el árbol de las ruedas impulsoras, ver figura 4a. Tienen el mismo número de revoluciones que las ruedas de marcha transmitiendo un momento torsional máximo. Por eso, el árbol, los acoples y los apoyos del árbol tienen grandes dimensiones, lo que provoca el aumento de peso y encarecimiento del mecanismo. El freno se instala en el acople 2 o en el otro extremo del árbol del motor. Estos mecanismos de avance con árbol de pequeña velocidad poseen mayor fiabilidad y tienen gran aplicación en la construcción de grúas.

Mecanismo de avance con árbol de transmisión de alta velocidad. Figura 4b. Según el esquema el árbol de transmisión tienen el mismo número de revoluciones que el motor y, por eso transmiten un momento torsional mínimo. Haciéndose las dimensiones del cojinete, acople y diámetro de los árboles más pequeñas. La relación de transmisión necesaria se realiza con dos reductores iguales instalados cerca de la viga testera. Pese a la presencia, en este tipo, de dos reductores el mecanismo en luces considerables resulta más ligero que el anterior. No obstante, debido al alto número de revoluciones del árbol de transmisión es necesario una gran exactitud en su fabricación y montaje. Es aconsejable utilizar acoples elásticos con el fin de compensar las deformaciones del árbol y de la construcción metálica del puente al trabajar la grúa con carga

Figura 4. Mecanismos de avance de los puente grúas.



1.3.2.3 Mecanismo de avance eléctrico con accionamiento separado. El mecanismo de translación también puede ser de accionamiento separado. Figura 4c. Se emplea con el fin de encaminar el árbol de transmisión, que hace más engorrosa la fabricación de la grúa y aumenta el peso de ésta, así como exige la realización de montaje muy exacta. Con lo cual cada viga testera se pone en movimiento por un mecanismo independiente. Pese a que el mecanismo con accionamiento separado tiene dos motores, dos frenos y dos reductores, aquél resulta más ligero y sencillo de fabricar. La

investigación de éstos mecanismos ha demostrado que este accionamiento asegura un trabajo normal de las grúas a una relación de la luz de la grúa L respecto a su batalla B no mayor de 6.

El accionamiento separado permite un movimiento más suave de la grúa, no provoca pérdidas complementarias de deslizamiento de las ruedas portagrúas (como consecuencia de la inexactitud de la elaboración o del desgaste irregular) , como ocurre con accionamientos de transmisión. Los mecanismos de avance separado obtienen cada vez más amplia difusión.

Para guiar la grúa por su camino y para evitar en lo posible la marcha inclinada y la posición angular, la distancia entre las ruedas extremas ha de valer por lo menos $1/7$ de la luz. A pesar de haber seguido esta regla, si las vías de las grúas están mal tendidas o mal mantenidas, o también cuando el diámetro de las ruedas accionadas es desigual, se produce un desgaste mayor de las pestañas de las ruedas que han de guiar la grúa.

La velocidad de traslación del puente grúa accionado, eléctricamente se halla situada de ordinario entre los límites de 63 a 100 m/min. Sólo en las grúas que trabajen muy forzadas, con un gran recorrido, se pasa de estos límites para llegar a unos 160 m/min.; cuando las grúas se, utilizan pocas veces, se mantiene la velocidad por debajo de dichos valores.

1.3.3 Carro de la Grúa. Está formado por un bastidor rígido con asientos adecuados para los mecanismos, montado normalmente sobre cuatro ruedas con pestañas. El mecanismo de traslación del carro acciona a dos de las

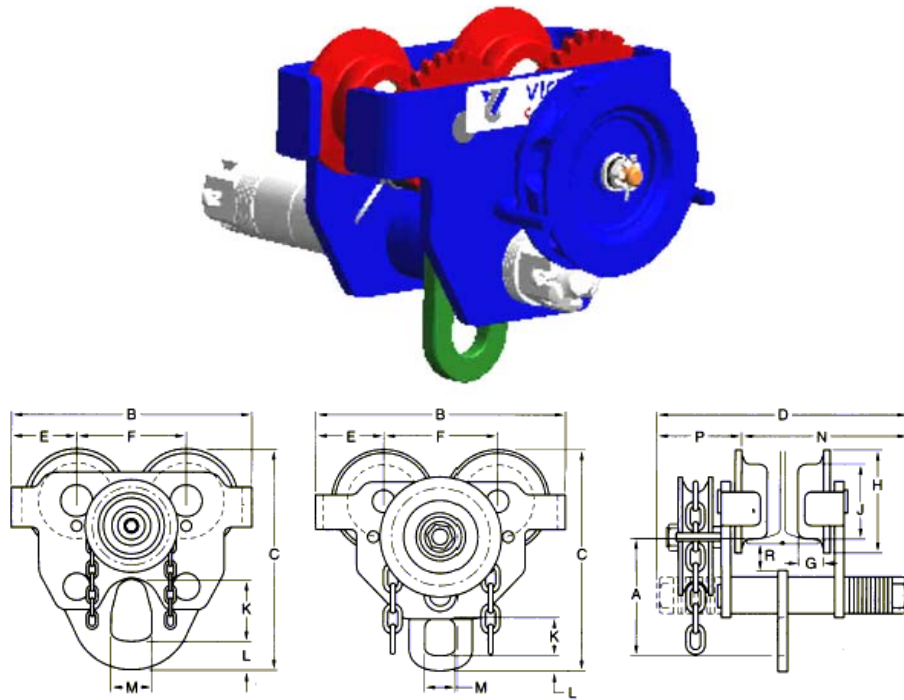
cuatro ruedas, una de cada lado del carro para que circule centrado sobre los carriles extendidos a lo largo del puente.

Cada Carro consta de tres partes principales:

- El mecanismo de elevación, que comprende: El aparejo móvil, el tambor del cable y la polea de compensación, el reductor, el freno y el motor de accionamiento.
- El mecanismo de traslación del carro, que comprende: Las ruedas, el reductor, el freno (que no siempre existe) y el motor de accionamiento.
- El Bastidor del carro, en el que se montan y quedan comprendidas todas estas piezas.

1.3.3.1 Carros de Accionamiento Manual. Un bastidor con ruedas, con un aparejo de cadena suspendido, que corre por las alas superiores o inferiores de una viga, constituye la forma más sencilla de carro manual. Se emplea para fines completamente secundarios, en combinación con una grúa puente, o también como independiente sobre vía tendida fija, en forma semejante a un carro de polipasto eléctrico. El movimiento de traslación se consigue tirando de la carga (hasta aproximadamente 0.5 toneladas de carga, o bien, 1.5 toneladas con cojinetes de rodamiento en las ruedas) o con accionamiento manual mediante una polea de cadena y cadena manual. Ver figura 17. Los escudos laterales inferiores de una viga están solicitados a momento flector y por tanto deben construirse con una resistencia suficiente, reforzándose en determinados casos con hierros angulares.

Figura 5. Carros de accionamiento manual



El carro para alas inferiores con mecanismo de elevación incorporado, permite una mejor utilización del espacio disponible para la elevación, poco aprovechado con un aparejo de cadena suspendido.

1.3.3.2 Carros de Accionamiento Eléctrico

En las máquinas para elevar carga es más difundido el accionamiento eléctrico gracias a sus ventajas :

- Pronta disponibilidad para funcionar.
- La posible instalación independiente para cada mecanismo del puente grúa, lo que simplifica considerablemente la construcción y el mando de los mecanismos.
- Alto rendimiento económico en comparación con otros tipos accionamiento.

- Facilidad para regular la velocidad en considerables límites y conveniencia de inversión de los mecanismos.
- Seguridad de funcionamiento, sencillez de la construcción y fiabilidad de trabajo de los dispositivos de seguridad;
- Posibilidad de trabajar con considerables sobrecargas de corta duración.

Figura 6. Carros de accionamiento eléctrico.



Se entiende por accionamiento eléctrico el dispositivo que consta de un motor eléctrico, un complejo de aparatos para el mando del motor y para la transmisión desde el motor hacia el órgano de trabajo de la máquina. La elección del tipo de motor se efectúa según sea la clase de corriente, la magnitud de la potencia nominal y la velocidad de traslación.

Puesto que la utilización de los motores de corriente continua exige dispositivos especiales que transformen la corriente alterna industrial en continua, en los aparatos y máquinas de elevación y transporte se emplean

preferentemente los motores asincrónicos de grúa de corriente alterna en corto circuito y con rotor de fase (motor de anillos) alimentados directamente desde la red. Estos motores no necesitan dispositivos convertidores caros y son de menor peso, tamaño y coste que los motores de corriente continua. La carga máxima del motor asincrónico se limita netamente por la magnitud de su momento crítico perturbador. En general el equipo de la grúa se calcula para garantizar un funcionamiento confiable al caer la tensión de la red hasta el 85% de la nominal.

1.3.3.3 El Bastidor del Carro. Este soporta las fuerzas que le transmite la maquinaria colocada sobre él, y la traslada a las ruedas del mismo. El carro primitivamente roblonado o de acero moldeado, se construye en la actualidad, casi sin excepción de perfiles normales, planchas y para una fuerza portante mayor, de vigas compuestas soldadas.

Realizar un cálculo exacto del bastidor del carro es una tarea extraordinariamente complicada. El bastidor rígidamente soldado, con muchas vigas, representa un sistema estáticamente indeterminado en alto grado, que se apoya sobre cuatro ruedas también en forma extraordinariamente indeterminada desde un punto de vista estático. Sobre este sistema actúan numerosas fuerzas debidas a la carga, las presiones de apoyo de los mecanismos y los pares de giro de los motores o de los frenos, además de los pesos propios de las piezas de la maquinaria y de las distintas vigas.

1.4 MECANISMO DE ELEVACIÓN

Esta constituido principalmente por el elemento de suspensión como es el gancho, órgano de elevación (cable o cadena), polipasto con sus respectivas poleas, motor eléctrico para la elevación y sistema de seguridad y freno.

Figura 7. Mecanismo de elevación de cadena.



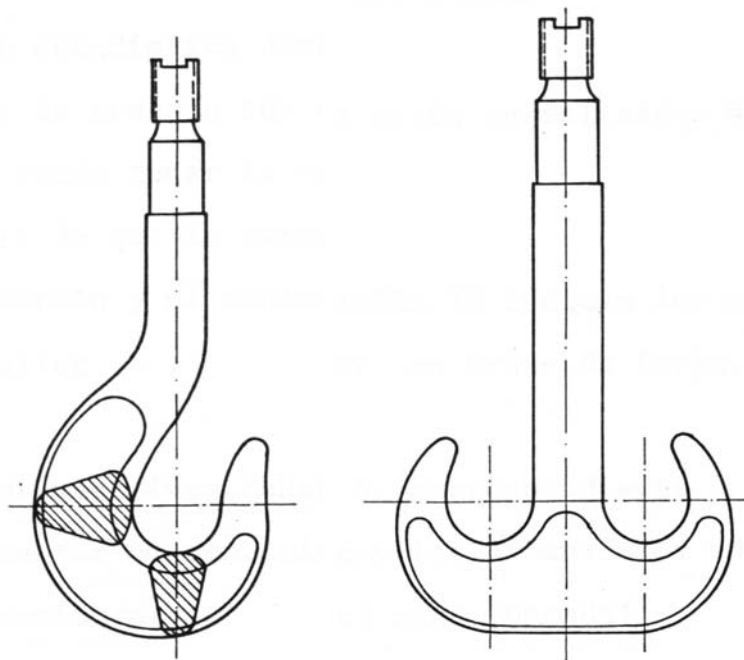
1.4.1 Medios de Recepción de la Carga Para asir la carga a desplazar se emplean distintos medios de recepción de las mismas, a los cuales se refieren los ganchos, grilletes, tenazas de agarre, imanes eléctricos, cangilones, cucharones de mordazas y otros dispositivos de destinación especial.

En las máquinas para elevar cargas, tienen gran aplicación los dispositivos de recepción de la carga universales, a los cuales se refieren los ganchos y grilletes. La carga se fija a ellos valiéndose de estrobo de cable o cadena, o bien por medio de agarres especiales.

Por la forma, los ganchos se dividen en sencillos y dobles. Ver figura 7.

La importancia, desde un punto de vista económico de concebir dispositivos de enganche, que permitan efectuar operaciones en un mínimo de tiempo y con un mínimo de mano de obra, hace necesario que el número de ciclos y la capacidad del aparato esté determinado por las velocidades de los diferentes movimientos y por el tiempo necesario para enganchar y desenganchar la carga.

Figura 8. a. Gancho sencillo. b. Gancho doble



Por ello, estos dispositivos se deben adaptar a la naturaleza del material a transportar. Los dispositivos simples permiten frecuentemente aumentar la capacidad de manera sorprendente.

Es evidente que su funcionamiento debe ofrecer todas las garantías de seguridad. La estadística demuestra que un gran número de los accidentes de trabajo son causados por un enganche mal hecho. No se puede tener la seguridad suficiente contra la ruptura, pero sí de que la carga no pueda escaparse del gancho. La instrucción y el control de personal exige el cuidado de sus detalles.

De otra parte, estos dispositivos deben cuidar las mercancías y ser ligeros para aumentar el rendimiento del aparato y además, ser fáciles de maniobrar.

1.4.2 Cadenas de Eslabones. Aunque tienen menos ventajas que los cables metálicos, las cadenas son utilizadas en aparatos de elevación manuales, son muy sensibles a las sobrecargas y los choques, tienen menos elasticidad que los cables, se rompen súbitamente y son muy resistentes a la corrosión.

Se distinguen dos clases: las calibradas y las no calibradas, las no calibradas se fabrican de acero redondo estirado en frío o caliente y soldados por forja o eléctricamente. Raramente se emplean como órganos de elevación, generalmente se usan solo como cadenas para suspender las cargas.

La resistencia a la rotura de las cadenas no calibradas es:

$$\sigma_{adm} = \frac{2 * Q}{\frac{\pi * d^2}{4}} = 2400kg / cm^2$$

Los piñones para las cadenas son de un número de dientes pequeño lo cual hace que los cabrestantes portátiles sean de tamaño pequeño.

Los eslabones están sometidos a flexión y tracción. Considerando la flexión como mínima, el esfuerzo a que estará sometido el eslabón será:

$$\sigma_{adm} = \frac{2 * Q}{\frac{\pi * d^2}{4}} = 600kg / cm^2$$

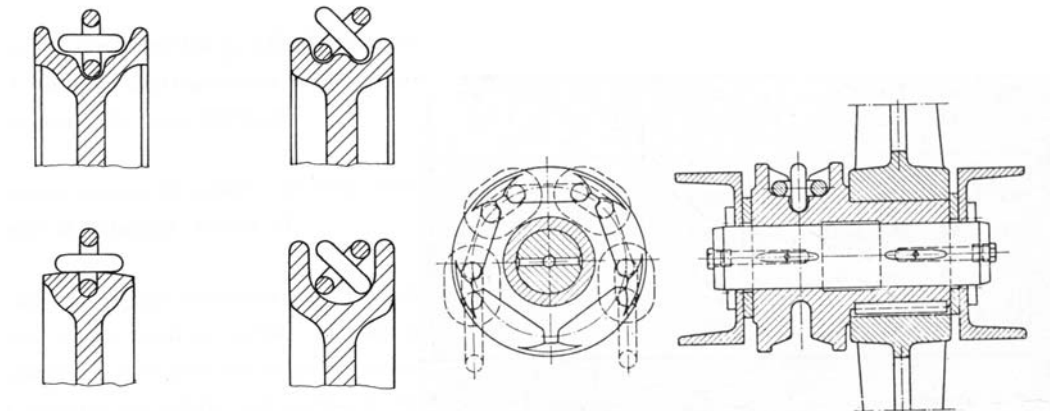
Cuando el servicio de la cadena está sometido a bajas temperaturas o choques fuertes, el valor del esfuerzo admisible baja considerablemente.

$$\sigma_{adm} = \frac{2 * Q}{\frac{\pi * d^2}{4}} = 300kg / cm^2$$

Debido a la fricción entre eslabones de la cadena, estos presentan desgaste en los puntos de contacto, lo cual implica que las cadenas deban ser lubricadas con grasa o grafito. También es necesario hacer revisiones periódicas, por lo menos una vez por año y reemplazar los eslabones gastados o deformados.

1.4.3 Poleas para Cadenas. Las poleas se construyen generalmente en fundición de acero o hierro. Tienen en su periferia alojamientos especiales ejecutados de acuerdo a la forma del eslabón y su engrane se muestra en la Figura 21.

Figura 21. Perfiles de gargantas para cadena eslabonada.



Para la selección de las poleas se calcula el diámetro primitivo de las poleas:

$$D = \sqrt{\left(\frac{t}{\operatorname{sen} \frac{90^\circ}{z}}\right)^2 + \left(\frac{d}{\operatorname{cos} \frac{90^\circ}{z}}\right)^2} \quad (mm)$$

Donde:

- t = paso
- d =diámetro del redondo del eslabón.

Con un número de alojamientos $Z \geq 6$ y $d \leq 16$ mm el primer miembro de la expresión es considerablemente mayor y en este caso se puede utilizar la ecuación simplificada.

$$D = \frac{t}{\operatorname{sen} \frac{90^\circ}{z}}$$