

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA TELESCÓPICO MANUAL CON ALCANCE DE 10 (M) PARA PORTAR UNA CÁMARA DE 30 (KG) UTILIZADA PARA FILMACIÓN

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
MECÁNICO

JONATHAN ALEXANDER CASA CHICAIZA

jonyver_forever@hotmail.com

OSCAR JAVIER VILLARROEL GUERRERO

oscarvillarroel16@yahoo.es

DIRECTOR: ING. SALVATORE REINA M. Sc.

salvatore.reina@epn.edu.ec

Quito, abril 2016

DECLARACIÓN

Nosotros, Casa Chicaiza Jonathan Alexander y Villarroel Guerrero Oscar Javier, declaramos que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Casa Chicaiza Jonathan

Villarroel Guerrero Oscar

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por los señores Casa Chicaiza Jonathan Alexander y Villarroel Guerrero Oscar Javier, bajo mi supervisión.

ING. SALVATORE REINA M. Sc.

DIRECTOR

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por llenarme de bendiciones, haberme dado la salud y la fuerza necesaria en cada instante de mi vida.

A mis padres y a mi hermano, que me apoyaron incondicionalmente en todas las metas y objetivos que me he propuesto.

A mi hijo y a mi novia, por su amor y comprensión durante toda esta etapa de mi vida.

A mi amigo y compañero de tesis por todas las experiencias y dificultades que tuvimos que pasar para lograr nuestro objetivo.

Al ingeniero Jaime Vargas por su ayuda y amistad brindada, así como por ser una guía en el desarrollo de este proyecto.

A mis primos y amigos, en especial a David Ordoñez por tener su amistad y apoyo sinceros que fueron fundamentales en todo momento.

Jonathan

Agradezco a Dios por darme la vida, la salud y permitirme culminar con esta etapa tan importante de mi vida.

A mis padres que con su sacrificio día tras día, me brindaron la oportunidad de estudiar en una de las mejores universidades del país, ofreciéndome su apoyo y fortaleza en todos los momentos de mi vida estudiantil.

A mis hermanos por estar conmigo siempre dándome ánimo y fuerzas para no decaer en el camino y lograr llegar a conseguir esta meta tan importante.

A mi tía Alicia Pacheco, que ha sido como mi segunda madre y me ha apoyado en toda mi vida estudiantil.

Al Ing. Salvatore Reina M. Sc., por el apoyo brindado en la realización del presente proyecto.

Oscar

DEDICATORIA

Todo el trabajo y esfuerzo realizado se lo dedico principalmente a Dios. Sus bendiciones, salud y sabiduría que me brinda cada día, hace que pueda cumplir mis metas y sueños.

A mis padres por su amor infinito y apoyo incondicional, ya que sus consejos y palabras acertadas que guían mi vida son indispensables para mi crecimiento personal y profesional.

A mi hijo Dante Leonardo por alegrar mi vida y darme fuerzas renovadas, ya que es el motor de mi cuerpo y corazón.

A mi hermano y a mi sobrino, por ser ellos una parte importante en mi vida y enseñarme que el amor rompe todas las dificultades.

Al amor de mi vida Erika, ya que juntos cumpliremos ésta y muchas metas más, sorteando todas las dificultades que se nos presenten a lo largo de nuestra vida familiar.

Jonathan

Dedico el presente trabajo a Dios, que ha sido mi verdadero amigo y me ha acompañado siempre.

A mis padres, hermanos y tía, ya que todo lo que tengo y he llegado a obtener ha sido gracias a su sacrificio.

Oscar

ÍNDICE

DECLARACIÓN.....	I
CERTIFICACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
DEDICATORIA.....	IV
INDICE.....	V
INDICE DE FIGURAS.....	XII
INDICE DE TABLAS.....	XVII
RESUMEN.....	XIX
PRESENTACIÓN.....	XX
CAPÍTULO 1.....	1
1 GENERALIDADES.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 ANTECEDENTES	2
1.2.1 EVOLUCIÓN DE LA TELEVISIÓN EN EL ECUADOR	3
1.3 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA TELEVISIÓN.....	3
1.3.1 ETAPAS DE LA PRODUCCIÓN.....	4
1.4 ESTUDIOS DE TELEVISIÓN.....	4
1.4.1 SET DE TELEVISIÓN.....	4
1.4.1.1 CLASIFICACIÓN	4
1.4.1.2 FUNCIONALIDAD	6
1.4.1.3 EQUIPOS	8
1.5 TRABAJO DE CAMPO	11

1.5.1.1 TV COLOR.....	11
1.6 BRAZOS PORTA CÁMARA.....	15
CAPÍTULO 2.....	16
2 MARCO TEÓRICO.....	16
2.1 SISTEMAS GENERALES DE ELEVACIÓN.....	16
2.1.1 GRÚAS MÓVILES.....	16
2.1.2 GRÚAS FIJAS.....	17
2.1.2.1 GRÚAS PÓRTICO.....	17
2.1.2.2 GRÚAS PUENTE.....	18
2.1.2.3 GRÚAS DERRICK.....	18
2.1.2.4 GRÚAS TORRE.....	19
2.1.2.5 GRÚA TELESCÓPICA.....	19
2.2 MOVIMIENTOS REQUERIDOS POR LAS CÁMARAS DE FILMACIÓN... 20	
2.2.1 MOVIMIENTOS FÍSICOS.....	20
2.2.1.1 PANORÁMICA.....	21
2.2.1.2 TRAVELING.....	24
2.2.1.3 DOLLY.....	25
2.2.1.4 CRANE O BOOM.....	27
2.2.2 PLANOS.....	27
2.2.2.1 DESCRIPTIVOS.....	27
2.2.2.2 NARRATIVOS.....	28
2.2.2.3 PLANOS EXPRESIVOS.....	29
2.2.3 ÁNGULOS DE CÁMARA.....	30
2.3 MECANISMOS DE SOPORTE DE CÁMARA DE VIDEO.....	33
2.3.1 ESTABILIZADORES Y SOPORTES DE CÁMARA DE VIDEO.....	33
2.3.1.1 MONOPIÉ.....	33

2.3.1.2 TRÍPODE	35
2.3.1.3 STEADYCAM	38
2.3.1.4 DOLLY.....	41
2.3.1.5 GRÚA PARA FILMACIÓN	45
CAPÍTULO 3.....	54
3 REQUERIMIENTOS Y PARÁMETROS DE DISEÑO.....	52
3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	54
3.2 REQUERIMIENTOS DEL USUARIO.....	54
3.3 RESTRICCIONES Y LIMITACIONES.....	55
3.4 PARÁMETROS DE DISEÑO	55
3.4.1 GRADOS DE LIBERTAD DEL BRAZO	55
3.4.2 ERGONOMÍA	56
3.4.3 FUNCIONAMIENTO	56
3.4.4 MANTENIMIENTO.....	56
3.4.5 MATERIALES.....	56
3.4.6 CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE	56
3.5 ESTUDIO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	56
3.5.1 ANÁLISIS FUNCIONAL.....	57
3.5.1.1 SIMBOLOGÍA.....	57
3.5.1.2 FUNCIÓN GLOBAL Y ESTRUCTURA FUNCIONAL	58
3.5.2 DETERMINACIÓN DE MÓDULOS.....	59
3.5.2.1 MÓDULO 1: POSICIONAMIENTO FIJO DEL SISTEMA TELESCÓPICO	60
3.5.2.2 MÓDULO 2: GIRO DEL BRAZO TELESCÓPICO	60
3.5.3 ALTERNATIVAS PARA CADA MÓDULO	61
3.5.3.1 MÓDULO 1: POSICIONAMIENTO FIJO DEL SISTEMA TELESCÓPICO	61

3.5.3.2 MÓDULO 2: GIRO DEL BRAZO TELESCÓPICO	69
3.6 PROTOCOLO DE PRUEBAS.....	78
CAPÍTULO 4.....	79
4 DISEÑO DEL MECANISMO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS.....	77
4.1 INTRODUCCIÓN.....	79
4.2 ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA TELESCÓPICO.....	79
4.3 DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS ACTUANTES	81
4.3.1 CARGAS ESTÁTICAS.....	81
4.3.1.1 CARGA DE PESO PROPIO DEL BRAZO.....	81
4.3.1.2 CARGA DEL PESO PROPIO DEL TRÍPODE	83
4.3.2 CARGAS DE OPERACIÓN	85
4.3.2.1 CARGA DE LA CÁMARA DE VIDEO C_c	85
4.3.2.2 CARGA DEL SISTEMA DE CONTRAPESOS C_{co}	86
4.4 DISEÑO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL SISTEMA TELESCÓPICO	86
4.4.1 DISEÑO DEL BRAZO TELESCÓPICO	86
4.4.1.1 CONSIDERACIONES DE DISEÑO.....	86
4.4.1.2 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DEL SISTEMA TELESCÓPICO.....	86
4.4.1.3 DISEÑO DEL PERFIL PARA EL BRAZO.....	91
4.4.2 DISEÑO DE LA COLUMNA DEL TRÍPODE.....	101
4.4.3 DISEÑO DE LA BASE DEL TRÍPODE	104
4.4.3.1 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DEL TRÍPODE.....	104
4.4.3.2 DISEÑO DE LAS PATAS DEL TRÍPODE	107
4.4.3.3 SOLDADURA ENTRE COLUMNA Y PLACA BASE	109
4.4.3.4 SOLDADURA ENTRE LAS PATAS Y BASE DE COLUMNA.....	112

4.5	DISEÑO DE ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS	115
4.5.1	DISEÑO DEL EJE DE GIRO PARALELO AL PLANO VERTICAL..	115
4.5.1.1	DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO DEL EJE	115
4.5.2	DISEÑO DEL CABEZAL PORTA CÁMARA	122
4.5.3	DISEÑO DEL ACOPLE DE SECCIÓN DEL BRAZO	126
4.6	DISEÑO DE PERNOS.....	129
4.6.1	DISEÑO DE LOS PERNOS DE LA PLACA BASE CON LA BASE DE LA COLUMNA.....	129
4.6.1.1	CÁLCULO DE LA CARGA EN CADA PERNO.....	130
4.6.1.2	DISEÑO ESTÁTICO DEL PERNO	130
4.6.2	DISEÑO DE LOS PERNOS ENTRE LA BASE DE LA COLUMNA Y LAS PATAS DEL TRÍPODE.....	132
4.6.2.1	DISEÑO EN CORTE DIRECTO	133
4.6.2.2	DISEÑO EN APLASTAMIENTO.....	134
4.6.2.3	DISEÑO EN FLEXIÓN	134
4.7	DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTRAPESOS.....	134
4.7.1	DISEÑO DE LA VIGA (EJE).....	135
4.7.1.1	DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DE LA VIGA (EJE DE CONTRAPESO).....	135
4.7.2	DISEÑO DE LA PLACA ANGULAR DE CONTRAPESO.....	138
4.8	SELECCIÓN DE ELEMENTOS NORMALIZADOS	141
4.8.1	SELECCIÓN DEL CABLE TENSOR	141
4.8.2	SELECCIÓN DE CHUMACERAS.....	143
4.8.2.1	SELECCIÓN DE LA CHUMACERA DEL SISTEMA DE GIRO PARALELO AL PLANO HORIZONTAL.....	143
4.8.2.2	SELECCIÓN DE LA CHUMACERA DEL SISTEMA DE GIRO PARALELO AL PLANO VERTICAL.....	145
4.8.3	SELECCIÓN DE RUEDAS DE LA BASE DE TRÍPODE	147

CAPÍTULO 5.....	149
5 PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN DEL MECANISMO.....	147
5.1 CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA	149
5.1.1 REQUERIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.....	149
5.1.2 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS.....	150
5.1.3 ACCESORIOS DE SEGURIDAD.....	151
5.1.4 MATERIA PRIMA	151
5.1.5 ELEMENTOS A CONSTRUIR.....	151
5.1.6 ELEMENTOS SELECCIONADOS Y NORMALIZADOS.....	152
5.1.7 HOJAS DE PROCESOS	153
5.1.8 FOTOGRAFÍAS DE LA CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.....	153
5.2 MONTAJE DEL PROTOTIPO	155
5.3 PRUEBAS DE CAMPO	157
5.4 ANÁLISIS DE COSTOS	159
5.4.1 COSTOS DIRECTOS	159
5.4.1.1 MATERIA PRIMA DIRECTA	159
5.4.1.2 ELEMENTOS NORMALIZADOS.....	160
5.4.1.3 MAQUINADO	161
5.4.1.4 MONTAJE	162
5.4.1.5 COSTO TOTAL DIRECTO	162
5.4.2 COSTOS INDIRECTOS	163
5.4.2.1 MATERIALES INDIRECTOS.....	163
5.4.2.2 DISEÑO.....	163
5.4.2.3 COSTOS IMPREVISTOS.....	164
5.4.2.4 COSTO TOTAL INDIRECTO	164
5.4.3 COSTO TOTAL DEL PROTOTIPO	165

CAPÍTULO 6.....	166
6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	164
6.1 CONCLUSIONES.....	166
6.2 RECOMENDACIONES.....	167

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

FIG. 1. TV COLOR	11
FIG. 2. SET DE NOTICIAS TV COLOR	12
FIG. 3. SET DE ESPECIALES TV COLOR	12
FIG. 4. SET DE LA FAMILIA TV COLOR	13
FIG. 5. SET MUSICAL TV COLOR	13
FIG. 6. SET INTERNACIONAL TV COLOR	13
FIG. 7. TRÍPODE FIJO PORTA CÁMARA DE VIDEO CANAL 36	14
FIG. 8. TRÍPODE MÓVIL PORTA CÁMARA DE VIDEO CANAL 36	14
FIG. 9. BRAZOS PORTA CÁMARA	15
FIG. 10. GRÚA MÓVIL	17
FIG. 11. GRÚA PÓRTICO	17
FIG. 12. GRÚA PUENTE	18
FIG. 13. GRÚA DERRICK	18
FIG. 14. GRÚA TORRE	19
FIG. 15. GRÚA TELESCÓPICA	19
FIG. 16. PANEO HORIZONTAL	21
FIG. 17. PANEO HORIZONTAL DE SEGUIMIENTO	22
FIG. 18. PANEO VERTICAL	23
FIG. 19. TILT UP	23
FIG. 20. TILT DOWN	24
FIG. 21. PANEO DE BALANCEO	24
FIG. 22. TRAVELLING	25
FIG. 23. DOLLY IN	25
FIG. 24. DOLLY BACK	26
FIG. 25. DOLLY CIRCULAR	26
FIG. 26. MOVIMIENTO BOOM	27
FIG. 27. ÁNGULO NORMAL O PERPENDICULAR	30
FIG. 28. ÁNGULO PICADO	31
FIG. 29. ÁNGULO CONTRAPICADO	31
FIG. 30. ÁNGULO INCLINADO	32
FIG. 31. ÁNGULO CENITAL	32

FIG. 32. MONOPIÉ S4	33
FIG. 33. TRÍPODE	35
FIG. 34. CABEZAL DE MONTAJE DE UN TRÍPODE	37
FIG. 35. EQUIPO STEADYCAM	38
FIG. 36. CHALECO STEADYCAM.....	39
FIG. 37. BRAZO STEADYCAM.....	40
FIG. 38. POSTE STEADYCAM	40
FIG. 39. MONITOR STEADYCAM	41
FIG. 40. EQUIPO DOLLY.....	41
FIG. 41. EQUIPO DOLLY EN TRAVELLING.....	42
FIG. 42. EQUIPO DOLLY CON RIELES	43
FIG. 43. EQUIPO DINKY DOLLY	44
FIG. 44. FOCUS DOLLY LIGERA.....	44
FIG. 45. GRÚA PORTA CÁMARA	45
FIG. 46. PARTES DE UNA GRÚA	46
FIG. 47. GENIE JIB	48
FIG. 48. JANJIB FIJO.....	48
FIG. 49. SISTEMAS JAN JIB	49
FIG. 50. SISTEMAS PICCOLO	50
FIG. 51. SISTEMAS PROTRAVELLER.....	50
FIG. 52. SCANNER ELITE.....	51
FIG. 53. TDT CRANE.....	52
FIG. 54. XTREME T12	53
FIG. 55. SIMBOLOGÍA DE LOS DIAGRAMAS DE FLUJO	58
FIG. 56. NIVEL 0 ESTRUCTURA FUNCIONAL.....	59
FIG. 57. NIVEL 1 ESTRUCTURA FUNCIONAL.....	59
FIG. 58. ESTRUCTURA MODULAR.....	61
FIG. 59. TRÍPODE CON LLANTAS.....	62
FIG. 60. BRAZO SECCIONADO	62
FIG. 61. BRAZO CON SISTEMA CABLE-POLEA.....	63
FIG. 62. BRAZO CON SISTEMA NEUMÁTICO	64
FIG. 63. ALTERNATIVA 1 - MÓDULO 1	65
FIG. 64- ALTERNATIVA 2 - MÓDULO 1.....	66

FIG. 65. ALTERNATIVA 3 - MÓDULO1	66
FIG. 66. MECANISMO PARA GIRO HORIZONTAL	70
FIG. 67. GIRO POR ACCIONAMIENTO MANUAL	70
FIG. 68. GIRO DEL BRAZO POR ACCIONAMIENTO NEUMÁTICO.....	71
FIG. 69. GIRO DE BRAZO POR PIÑÓN-CREMALLERA	72
FIG. 70. ALTERNATIVA 1- MÓDULO2	73
FIG. 71. ALTERNATIVA 2 - MÓDULO 2	74
FIG. 72. ALTERNATIVA 3- MÓDULO2	74
FIG. 73. SOLUCIÓN GANADORA SISTEMA TELESCÓPICO	78
FIG. 74. ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA TELESCÓPICO	80
FIG. 75. ESQUEMA DETALLADO DEL SISTEMA TELESCÓPICO	81
FIG. 76. PERFIL DE SECCIÓN TRIANGULAR.....	82
FIG. 77. TRÍPODE DEL SISTEMA TELESCÓPICO	84
FIG. 78. DCL SISTEMA TELESCÓPICO	86
FIG. 79. REACCIÓN RESULTANTE	88
FIG. 80. DIAGRAMA DE CORTANTE.....	88
FIG. 81. DIAGRAMA DE MOMENTO FLECTOR.....	89
FIG. 82. RESULTADOS NUMÉRICOS DE LOS DIAGRAMAS DE CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR PARA LA SECCIÓN DE 0 A 2 (M).....	89
FIG. 83. RESULTADOS NUMÉRICOS DE LOS DIAGRAMAS DE CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR EN LA SECCIÓN DE 2 A 7 (M).....	90
FIG. 84. RESULTADOS NUMÉRICOS DE LOS DIAGRAMAS DE CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR EN LA SECCIÓN DE 7 A 12 (M).....	90
FIG. 85. SECCIÓN TRIANGULAR DEL BRAZO.....	92
FIG. 86. PROPIEDADES SECCIÓN TRIANGULAR	92
FIG. 87. COLUMNA A COMPRESIÓN.....	101
FIG. 88. DETERMINACIÓN DEL K.....	103
FIG. 89. DCL. TRÍPODE	105
FIG. 90. REACCIONES EN CADA PATA DEL TRÍPODE.....	105
FIG. 91. DIAGRAMA DE CORTANTE PARA CADA PATA DEL TRÍPODE	105
FIG. 92. DIAGRAMA DE MOMENTO FLECTOR PARA CADA PATA DEL TRÍPODE	106
FIG. 93. RESULTADOS NUMÉRICOS PARA LA PATA DEL TRÍPODE	106

FIG. 94. PERFIL RECTANGULAR PARA LA PATA DEL TRÍPODE.....	107
FIG. 95. SECCIÓN DEL CORDÓN DE SOLDADURA DE FILETE COLUMNA- PLACA BASE	109
FIG. 96. SECCIÓN DEL CORDÓN DE SOLDADURA DE LA UNIÓN PATA Y BASE DE LA COLUMNA	112
FIG. 97. ESQUEMA DEL EJE DE GIRO PARALELO AL PLANO VERTICAL ...	115
FIG. 98. ESQUEMA DEL DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DEL EJE DE GIRO PARALELO AL PLANO VERTICAL	117
FIG. 99. DCL DEL EJE DE GIRO PARALELO AL PLANO VERTICAL.....	117
FIG. 100. DIAGRAMA DE CORTANTE DEL EJE DE GIRO PARALELO AL PLANO VERTICAL.....	117
FIG. 101. DIAGRAMA DE MOMENTO FLECTOR DEL EJE DE GIRO PARALELO AL PLANO VERTICAL	118
FIG. 102. CABEZAL PORTA CÁMARA	122
FIG. 103. DISPOSICIÓN DE CARGAS Y RESTRICCIONES	123
FIG. 104. TENSIÓN DE VON MISES SOBRE EL CABEZAL PORTA CÁMARA	124
FIG. 105. DESPLAZAMIENTOS DEL CABEZAL PORTA CÁMARA.....	124
FIG. 106. COEFICIENTE DE SEGURIDAD EN EL CABEZAL PORTA CÁMARA	124
FIG. 107. ACOUPLE DE SECCIÓN DEL BRAZO	126
FIG. 108. DISPOSICIÓN DE CARGAS Y RESTRICCIONES EN ACOUPLE.....	127
FIG. 109. TENSIÓN DE VON MISES SOBRE EL ACOUPLE DE SECCIÓN	127
FIG. 110. DESPLAZAMIENTOS DEL ACOUPLE DE SECCIÓN.....	128
FIG. 111. COEFICIENTE DE SEGURIDAD EN EL ACOUPLE DE SECCIÓN	128
FIG. 112. DISPOSICIÓN DE CARGAS EN LA JUNTA EMPERNADA	130
FIG. 113. ESQUEMA DE CADA PERNO TRABAJANDO A TENSIÓN.....	130
FIG. 114. DISPOSICIÓN DE LA CARGA EN LA UNIÓN BASE DE COLUMNA Y PATA.....	133
FIG. 115. SISTEMA DE CONTRAPESOS	135
FIG. 116. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DE LA VIGA CIRCULAR.....	136
FIG. 117. DIAGRAMA DE CORTANTE DE LA VIGA CIRCULAR DEL SISTEMA DE CONTRAPESO	136

FIG. 118. DIAGRAMA DE MOMENTO FLECTOR DE LA VIGA CIRCULAR DEL SISTEMA DE CONTRAPESOS	136
FIG. 119. PLACA ANGULAR DE CONTRAPESO	138
FIG. 120. DISPOSICIÓN DE CARGAS Y RESTRICCIONES	139
FIG. 121. TENSIÓN DE VON MISES SOBRE LA PLACA ANGULAR.....	139
FIG. 122. DESPLAZAMIENTOS EN LA PLACA ANGULAR	140
FIG. 123. COEFICIENTE DE SEGURIDAD EN LA PLACA ANGULAR.....	140
FIG. 124. TENSIONES QUE ACTÚAN SOBRE LOS CABLES TENSORES.....	142
FIG. 125. CHUMACERA DE RODAMIENTO AXIAL	145
FIG. 126. CHUMACERA DE BOLAS A RÓTULA.....	146
FIG. 127. RUEDAS DE LA BASE DEL TRÍPODE.....	147
FIG. 128. OPERACIÓN DE SOLDADURA DE BARRA DE SOPORTE DE CABLES	153
FIG. 129. OPERACIÓN DE TORNEADO DEL EJE DE GIRO PARALELO AL PLANO VERTICAL.....	154
FIG. 130. OPERACIÓN DE FRESADO DE PLACAS PORTA RUEDAS	154
FIG. 131. ENSAMBLE DE LAS SECCIONES DEL BRAZO TELESCÓPICO.....	156
FIG. 132. MONTAJE DEL SISTEMA DE CONTRAPESOS	157
FIG. 133. MONTAJE DEL BRAZO SOBRE EL TRÍPODE	157
FIG. 134. PRUEBAS DE CAMPO DEL FUNCIONAMIENTO CON CARGA MÁXIMA	158
FIG. 135. INSPECCIÓN EN CAMPO DEL PROTOTIPO	158

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. ALTERNATIVAS MÓDULO 1	65
TABLA 2. EVALUACIÓN DE CADA CRITERIO	67
TABLA 3. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS RESPECTO A LA FACILIDAD DE MONTAJE Y DESMONTAJE	68
TABLA 4. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS RESPECTO AL COSTO.....	68
TABLA 5. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS RESPECTO A LA FACILIDAD DE DESPLAZAMIENTO.....	68
TABLA 6. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS RESPECTO A UN MECANISMO DE FUNCIONAMIENTO SENCILLO	69
TABLA 7. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS RESPECTO A LA PRECISIÓN EN EL MOVIMIENTO	69
TABLA 8. CONCLUSIONES PARA EL MÓDULO 1.....	69
TABLA 9. ALTERNATIVAS MÓDULO 2	73
TABLA 10. EVALUACIÓN DE CADA CRITERIO MÓDULO2	75
TABLA 11. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS RESPECTO A LA FACILIDAD DE MONTAJE Y DESMONTAJE MÓDULO 2	75
TABLA 12. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS RESPECTO AL COSTO MÓDULO 2.....	76
TABLA 13. EVALUACIÓN DE LOS CRITERIOS RESPECTO A LA CAPACIDAD DE ELEVACIÓN MÓDULO 2	76
TABLA 14. EVALUACIÓN DE LOS CRITERIOS RESPECTO AL MECANISMO DE FUNCIONAMIENTO SENCILLO MÓDULO 2	76
TABLA 15. EVALUACIÓN DE LOS CRITERIOS RESPECTO A LA PRECISIÓN EN EL MOVIMIENTO MÓDULO 2	77
TABLA 16. CONCLUSIONES PARA EL MÓDULO 2.....	77
TABLA 17. RESUMEN DE LOS VALORES DE CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR EN CADA TRAMO DEL BRAZO.....	91
TABLA 18. RESISTENCIAS DEL PERFIL A FLEXIÓN.....	101
TABLA 19. PROPIEDADES MECÁNICAS ACERO AISI 1018.....	116
TABLA 20. FUERZA Y PARES DE REACCIÓN EN RESTRICCIONES	125
TABLA 21. RESULTADOS OBTENIDOS.....	125

TABLA 22. FUERA Y PARES DE REACCIÓN EN RESTRICCIONES DEL ACOPLE DE SECCIÓN	128
TABLA 23. RESULTADOS OBTENIDOS DEL ACOPLE DE SECCIÓN	129
TABLA 24. FUERZA Y PARES DE REACCIÓN EN RESTRICCIONES DE LA PLACA ANGULAR	140
TABLA 25. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA PLACA ANGULAR	141
TABLA 26. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	150
TABLA 27. ELEMENTOS Y PIEZAS A CONSTRUIR	152
TABLA 28. SECUENCIA DEL MONTAJE DEL PROTOTIPO	155
TABLA 29. MATERIA PRIMA DIRECTA	160
TABLA 30. ELEMENTOS NORMALIZADOS	160
TABLA 31. COSTOS DE MAQUINADO	162
TABLA 32. COSTOS DE MONTAJE.....	162
TABLA 33. COSTO TOTAL DIRECTO.....	163
TABLA 34. MATERIALES INDIRECTOS	163
TABLA 35. TIEMPOS DE DISEÑO	164
TABLA 36. COSTO TOTAL INDIRECTO	164
TABLA 37. COSTO TOTAL DEL PROTOTIPO	165

RESUMEN

En el presente proyecto de titulación aborda el diseño y construcción de un Sistema Telescópico de 10 metros de alcance, para portar una cámara de 30 kilogramos utilizada en el campo de la filmación, el mismo que cumple con los distintos requerimientos solicitados por la empresa PRIMATEC, el presente proyecto es desarrollado secuencialmente como se describe a continuación.

En el primer capítulo, se realiza un estudio previo de los antecedentes relacionados con los mecanismos telescópicos para filmación así como su campo de aplicación dentro del país.

En el segundo capítulo, posteriormente al estudio de los antecedentes, se analiza los distintos tipos de mecanismos telescópicos de filmación existentes en la actualidad, lo que nos permite conocer las características y parámetros a tomar en cuenta en el diseño de este tipo de mecanismos.

En el tercer capítulo, por medio de los requerimientos de la empresa PRIMATEC se elaboran los parámetros de diseño, mediante los cuales se plantean varias alternativas de diseño que responda a la necesidad identificada, finalmente se selecciona la alternativa más adecuada y que cumpla los parámetros de diseño.

En el cuarto capítulo, se realiza un diseño para la alternativa seleccionada mediante la aplicación de teorías, metodologías y parámetros de ingeniería que han sido adquiridos en el transcurso de la carrera.

En el quinto capítulo, una vez concluido el diseño del mecanismo telescópico de filmación, se procede a la construcción y montaje de las diferentes piezas y elementos que constituyen el mecanismo, proceso que se lleva a cabo por medio de hojas y planos de taller desarrollados previamente y que garantizarán la funcionabilidad del sistema.

Finalmente, una vez construido el equipo se realizan pruebas de campo, con distintas condiciones de trabajo y carga, de tal forma que se pueda avalar el correcto funcionamiento y operatividad del equipo.

PRESENTACIÓN

El presente proyecto de titulación tiene como objetivo el diseño y construcción de un Sistema Telescópico Porta Cámara, lo que permite cubrir una necesidad tecnológica de la industria del sector privado, aportando con los conocimientos teóricos, prácticos y de investigación obtenidos en la Facultad de Ingeniería Mecánica.

Actualmente en el mercado nacional no existe una oferta de sistemas telescópicos manuales para filmación que sean económicamente accesibles, por lo tanto se hace necesario un diseño que satisfaga los requerimientos del cliente a la vez que garantice un correcto funcionamiento y alto grado de calidad.

El prototipo cuenta con un diseño adecuado para realizar actividades de filmación en distintas locaciones de grabación y bajo condiciones específicas de funcionamiento.

El Sistema Telescópico cuenta con una serie de tramos acoplados de tal forma que permite tener distintas longitudes de alcance del brazo, los mecanismos que constituyen el sistema, así como los materiales utilizados en la construcción hacen que el prototipo tenga un costo relativamente bajo con respecto a otros equipos de este tipo.

CAPÍTULO 1.

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad los medios de comunicación han llegado a adquirir una gran importancia para el ser humano, de todos los medios existentes de comunicación, el ser humano ha puesto un mayor interés en la televisión.

Desde que aparece, la televisión, ésta se ha convertido en uno de los medios de comunicación más utilizados en los hogares, adquiriendo una gran influencia en el comportamiento de las personas, tanto en niños, adolescentes y adultos, ya que debido a su contenido puede hacer que los televidentes adopten nuevas formas de pensamiento, actitudes y estados de ánimo.

El avance de la tecnología ha contribuido al desarrollo de la televisión, con nuevos sistemas y equipos que brindan un mejor desempeño, tanto a nivel de visualización como a nivel de acceso, permitiendo el cambio de una época en la que la televisión emitía imágenes en blanco y negro, hasta la actualidad en la que existen televisores de gran tamaño con imágenes a color, con alta calidad, definición y tecnología 3D.

La televisión se ha convertido en un medio de entretenimiento para todas las edades, sin importar el género, etnia o religión.

Para que el televidente pueda apreciar imágenes de alta calidad y definición, se han desarrollado cámaras de grabación en video digitalizado, las que independientemente de su tecnología, deben ser apoyadas en un sistema estructural que permitan la filmación desde diferentes ángulos y posiciones.

Vale la pena remarcar que inclusive existen equipos que captan la “toma” y directamente la envían al cuarto de control para su pertinente grabación o edición.

Ahora, sea cual sea el tipo de cámara, éstas poseen sistemas de apoyo de varios grados de libertad, inclusive con sistemas telescópicos que aumentan su versatilidad de grabación, alcanzando alturas elevadas y permitiendo al personal

técnico que las manipula obtener las mejores posiciones para una filmación de calidad.

La filmación se refiere a la actividad de tomar escenas, pudiendo ser éstas parte de series de televisión, telenovelas, películas, noticieros, etc., a partir de la cámara de video. Dentro de los distintos escenarios que se pueden presentar para la filmación, éstos pueden ir desde sets ubicados en el interior de un inmueble de producción hasta eventos o presentaciones al aire libre.

Los sistemas de soporte telescópicos tienen una específica aplicación en las series, películas, telenovelas y eventos exteriores, que cuentan con grandes locaciones con capacidad de albergar este tipo de equipos.

Como respuesta a esta situación se vuelve una prioridad el diseño de sistemas telescópicos que tengan la capacidad de realizar varias funciones, brindando seguridad, facilidad de manejo y eficiencia, para la filmación, a la vez que cumplan con las normas, reglamentos y especificaciones establecidas.

1.2 ANTECEDENTES

Los primeros estudios de canales de televisión en el Ecuador, empezaron con su transmisión en los años de 1960-1970 realizando solamente producciones locales, debido a que los costos para producirlas eran más económicos que la importación de programación realizada en otros países.

Debido a las grandes limitantes tecnológicas de aquella época, las exigencias de iluminación de los sets o estudios de televisión no eran de gran calidad, porque las producciones eran en blanco y negro, con una resolución muy baja y disponibilidad de cámaras con limitada capacidad de trabajo; siendo elevada la dificultad de grabación, lo que producía que no se tomaran en cuenta los detalles que actualmente si se lo hace con la tecnología digital y filmación profesional en alta definición.

Los estudios de televisión en un inicio utilizaban cuartos, en donde se realizaban las grabaciones con muchas limitaciones de espacio, y debido a los altos costo de producción y la dificultad de las cámaras para grabar, hicieron que durante muchos años no se utilizaran cuartos adecuados para este fin.

La falta de tecnología hizo que las grabaciones se realizarán con baja calidad y en un solo plano, es decir bajo una misma perspectiva debido a que las cámaras de grabación no poseían la facilidad de moverse y adoptar diferentes ángulos y posiciones.

1.2.1 EVOLUCIÓN DE LA TELEVISIÓN EN EL ECUADOR

En los primeros años de emisión y transmisión de la televisión ecuatoriana, el primer canal en proyectar imágenes en blanco y negro fue el llamado en aquel entonces “Hoy Cristo Jesús Bendice” (HCJB), el cual transmitía programas sencillos y poco elaborados como cánticos religiosos que el coro de la HCJB interpretaba en un escenario rústico y con equipos económica y tecnológicamente limitados.

En 1960 se empieza a transmitir los primeros programas como documentales, dibujos animados y películas de 16 mm, en blanco y negro, todas estas producciones eran importadas desde el extranjero, debido a que la producción nacional resultaba muy costosa.

A partir del inicio de la primera transmisión televisiva, el Ecuador ha tenido un proceso de desarrollo en el campo de la televisión, mediante la adquisición de equipos de mayor tecnología, métodos de filmación y personal cada vez más capacitado, han permitido que hoy en día el país cuente con sus propias series y programas de televisión, películas y transmisiones en vivo.

1.3 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA TELEVISIÓN

La producción es el resultado de un proceso arduo y metódico que implica una serie de tareas antes, durante y después de su realización en un estudio o en una locación.

En la producción audiovisual se encuentran una serie de combinaciones de varias necesidades: industriales, comerciales, de entretenimiento, culturales o artísticas. Debido a su gran importancia el modo de organizarlo será de vital importancia para conseguir el éxito o fracaso de una serie, obra o documental.

1.3.1 ETAPAS DE LA PRODUCCIÓN

Las etapas de la producción se clasifican en tres y son:

- Etapa de preproducción

La preproducción es la etapa previa a la realización de un programa, abarca desde la concepción de una idea hasta antes de realizar la grabación.

- Etapa de Producción

Esta etapa se caracteriza por realizar la grabación del programa, una vez finalizados el guión, poniendo en acción las cámaras y demás equipos técnicos.

- Etapa de Postproducción

La postproducción es la etapa decisiva en la grabación de un programa, ya que de esta depende el resultado final de la filmación. Esta etapa comprende la edición de video y audio, los efectos digitales, musicalización, subtítulos, voz, créditos, etc.

1.4 ESTUDIOS DE TELEVISIÓN

Una vez que se analiza e identifica las partes de un proceso de producción en la televisión, se especifica los espacios y ambientes en los que se desarrollan las diferentes operaciones establecidas dentro del proceso de producción, así como los elementos y equipos que se encuentran dentro de estos espacios, con sus principales funciones.

1.4.1 SET DE TELEVISIÓN

Espacio principal donde se encuentra el set de programas de televisión y donde se disponen los sistemas de audio y video, un set de televisión puede disponer de ambientes diferentes según sea la necesidad de la producción, por lo tanto en un estudio de televisión existe más de un set para cada programa. Sin embargo cada set cuenta con todos los equipos que garanticen el éxito de la producción.

1.4.1.1 Clasificación

Por el tipo de escenografía se puede clasificar en:

1.4.1.1.1 Set de Chroma Key

Para este set se utiliza un panel de color (comúnmente azul) que sirve como fondo para el desarrollo del programa y su elenco.

1.4.1.1.2 Set de área abierta

Estos set no están limitados por paneles. Este tipo de espacio está diseñado para dar libertad de movimiento al elenco del programa, así como también para el equipo de grabación.

1.4.1.1.3 Set de módulo

Son áreas donde se coloca cualquier tipo de mueble para que forme parte del programa como por ejemplo en un noticiero.

1.4.1.1.4 Set de caja

Es el set de tres lados formado por paneles que simulan un cuarto, esto permite los diversos ángulos de cámara.

1.4.1.1.5 Set de composición

Es el que se compone de varios set de cajas interconectadas, en el que un solo panel tiene la función de pared entre dos cajones.

Por el tipo de tecnología utilizados:

1.4.1.1.6 Set tradicional analógico

Son los set que están equipados con elementos de iluminación como lámparas de halógenos, no cuentan con tantos micrófonos y los movimientos de cámara son realizadas manualmente por los camarógrafos.

1.4.1.1.7 Set digital

Son los set que incorporan un tratamiento digital de todos los equipos instalados en el set ya sean iluminación con leds, micrófonos de última tecnología y movimientos de cámara con una tecnología conocida como tracking.

Por el lugar de ubicación del set:

1.4.1.1.8 Set en interior

Es el espacio dentro de un inmueble establecido para la producción, que cuenta con todas las necesidades de energía, equipos y herramientas para el proceso de producción de un programa específico.

1.4.1.1.9 Set en exterior

Un set montado en ambientes exteriores (al aire libre), este espacio tiene que ser desmontable y además contar con equipos especiales para ciertos procedimientos de grabación.

Por último se tiene una clasificación general:

1.4.1.1.10 Set tradicional asociativo

Su punto de partida es la realidad. Puede ser realista o decorativo.

1.4.1.1.11 Set tradicional no asociativo

No tienen una existencia real, se hacen decorados específicos para cada tipo de programa.

1.4.1.1.12 Set virtual

No tiene una existencia real. Un set virtual implica la sustitución del espacio físico por un escenario creado a partir de imágenes generadas por un ordenador.

1.4.1.2 Funcionalidad

Un set de televisión debe garantizar ciertas funciones principales para la producción de un programa a continuación se mencionan las más importantes:

1.4.1.2.1 Iluminación

Dentro de un set de televisión se necesita tener una cobertura de luz óptima que pueda al mismo tiempo tener características como buena calidad, dirección e intensidad.

1.4.1.2.2 Distribución

La distribución dentro de un set de televisión tiene una directa relación con el tipo de set utilizado en la producción del programa y el ordenamiento de cada elemento dentro de este espacio, de forma tal que se obtenga un ambiente adecuado para el desarrollo normal de las actividades de grabación como el desplazamiento de equipos y personal de la producción.

1.4.1.2.3 Acústica

Las características acústicas de cada set son específicas para cada programa que se vaya a desarrollar. Es importante que el campo sonoro del set sea difuso.

1.4.1.2.4 Sonido

Al igual que la iluminación, un set debe contar con equipos y elementos de sonido estratégicamente instalados y distribuidos de tal manera que se pueda conseguir señales nítidas de sonido para luego acoplarlas al video por medio del respectivo cuarto de control.

1.4.1.2.5 Movimientos de cámara

El movimiento de cámara es la función más principal de un set de televisión, si se tiene ángulos de cámaras óptimos se lograra grabaciones de calidad.

En las primeras realizaciones audiovisuales la cámara de grabación se mantenía inmóvil, estaba limitada a un encuadre fijo, al transcurrir el tiempo aparecieron algunos elementos como los efectos especiales, los primeros planos y los movimientos de cámara.

La utilización de los movimientos de cámara aporta a la grabación un sentido dramático, descriptivo, emocional y de tiempo.

Los movimientos de cámara físicos y ópticos constituyen el dinamismo para proyectar los significados de cada encuadre y las interpretaciones que se les asocian.

Las cámaras en un estudio de televisión generalmente son tres, y son denominadas cámara uno, cámara dos y cámara tres; estas son las encargadas

de la generación de video digital. En un set de televisión moderno se tienen generalmente cámaras STDV, mientras que otros incluyen algunas cámaras HDTV.

1.4.1.3 Equipos

Los equipos dentro de un set de televisión son muy variados en cuanto a sus funciones, control y ubicación, por lo que se necesita tener una subdivisión dentro de sistemas que identifiquen cada tipo de equipo:

a. Sistemas de intercomunicación

Equipos que se utilizan para que todos los miembros de la producción y el personal técnico se mantengan en comunicación durante cualquier instante de la grabación o del trabajo de estudio.

Para esto se utiliza un sistema de línea privada basado en una combinación de micrófono y audífono en una sola orejera, actualmente también se puede utilizar equipos inalámbricos.

b. Sistemas de control de audio y video

Equipos de cámara, iluminación y audio que complementen el proceso de grabación para enviar señales digitales de excelente calidad a las diferentes salas de control.

1.4.1.3.1 Equipos de iluminación

Equipos utilizados para la generación de luz artificial en el set de televisión, estos elementos deben contar con un control total de orientación, intensidad, posición, etc. Para garantizar todas las características antes mencionadas, los equipos utilizan una serie de accesorios complementarios.

Entre los equipos y accesorios de iluminación más comunes se tienen:

- Lámparas
- Proyectores
- Viseras
- Banderas

- Equipos de control

1.4.1.3.2 Equipos de audio

En el set de televisión el elemento más importante es el micrófono. Estos van colocados en el estudio de televisión de diferentes maneras: algunos se ubican en un montaje para poder movilizarlos por todo el set sin que interfieran en las escenas o aparezcan en cuadro, mientras que otros se colocan en los mismos actores o personas involucradas en el escenario.

1.4.1.3.3 Equipos de video

Las cámaras y demás equipos de grabación son acomodados y acondicionados en conjunto con las luces antes del programa y durante la grabación se puede realizar una variedad de ajustes muchos de los cuales se los realiza con los accesorios de cámaras.

Actualmente se trabaja con señales de alta definición, además de las señales de definición estándar, es recomendable que los equipos utilizados tengan la capacidad necesaria para el manejo correcto de las señales.

- **VCR**

El grabador de cinta de video permite que el programa pueda ser grabado en cinta y almacenado para su difusión en una fecha posterior pero no solo de programas locales también permite almacenar programas recibidos por microondas directamente retransmitidos por satélite.

- **Cámara de video**

La cámara de televisión constituye uno de los elementos más importantes en cualquier sistema de comunicación visual, cuya función principal es convertir la imagen de la realidad en una señal temporal que pueda ser almacenada, tratada, incluso modificada para su posterior reproducción.

Los elementos que constituyen una cámara de video son muy diversos y principalmente dependen de la aplicación para la que sea requerida, pero los más generales son cabeza, controles y soporte.

Existen las cámaras propiamente de estudio que cumplen específicamente con la función exclusiva de enviar la señal de video hacia el Máster o control maestro, no son cámaras con grabadora incluida.

- Cámaras de estudio

Se usan en plató, son muy voluminosas y están conectadas al control de realización, algunas son robotizadas.

- Cámaras para exteriores

Son más livianas, y están conectadas al control de la Unidad Móvil.

- Cámaras de ENG

Son muy ligeras y se soportan al hombro del operador.

- Cámaras profesionales.
- Cámaras de alta definición
- Cámaras de HDV “digitales”.

- **Estabilizadores de cámara**

Instrumentos diseñados para reducir vibraciones en la toma y, así obtener imágenes nítidas y estables.

El conocimiento de los diferentes soportes de cámara garantiza la elaboración de una imagen sin saltos y ayuda a superar las diferentes dificultades que presente una toma.

Entre los **sistemas estabilizadores** que se tiene en la actualidad se pueden mencionar los siguientes:

- Trípode
- Steadycam
- Dolly
- Grúa

- **Consola de video**

Equipo de tratamiento de señales de video en cuanto a control, conmutación y monitoreo.

1.5 TRABAJO DE CAMPO

En el país hay muchos canales de televisión en señal abierta, los principales se encuentran en las ciudades de Quito, Guayaquil y Cuenca. Sin embargo hay canales en proceso de creación y expansión en ciudades más pequeñas. Todos los canales cuentan con sets de televisión y equipos de grabación, para conocer más de cerca el equipamiento con el que cuenta un canal de televisión en el país se ha desarrollado un trabajo de campo.

1.5.1.1 Tv Color

El día miércoles 23 de Septiembre del 2015 se realizó la visita a las instalaciones del canal Tv Color, ubicado en la ciudad de Latacunga.

Tv Color es un canal de televisión privado que fue creado en el año 2002. En la “Figura 1”, se muestra el canal de televisión Tv Color.



Fig. 1. TV Color

El canal Tv Color transmite la señal a toda la ciudad de Latacunga y la provincia de Cotopaxi, el canal produce principalmente programas informativos, de entretenimiento, educativos, de opinión, deportivos y publicitarios.

1.5.1.1.1 Sets de Tv Color

Tv color cuenta con un set para cada programa de televisión los cuales son mencionados a continuación:

En el set de noticias se realiza programas en vivo, como por ejemplo “Reporteros en acción”, “Por la comunidad” y “Latacunga al medio día”. Ver “Figura 2”.



Fig. 2. Set de noticias Tv Color

En el set de especiales se realizan espacios de opinión como “Hablando claro” y entrevistas con autoridades locales. Ver “Figura 3”.



Fig. 3. Set de especiales Tv Color

En el set de la familia se tiene un espacio para programas dedicados a la familia como son “De mujer a mujer”, los cuales son transmitidos en el horario matutino. Ver “Figura 4”.



Fig. 4. Set de la familia Tv Color

El set musical es donde se presentan conjuntos musicales en vivo, brindando un espacio al artista nacional. Ver “Figura 5”.



Fig. 5. Set musical Tv Color

El set internacional es un espacio para el programa llamado “San viernes internacional” en donde se presentan temas variados ya sea de música y video. Ver “Figura 6”.



Fig. 6. Set internacional Tv Color

1.5.1.1.2 Equipos en los sets de Tv color

El set de televisión cuenta con varios equipos dentro de los cuales se tiene cámaras de video HD y soportes de cámara del tipo trípode, al ser un canal pequeño no tiene una amplia gama de soportes para cámaras como dollys, monopiés, o grúas telescópicas. En la “Figura 7”, se aprecia un soporte de trípode fijo.



Fig. 7. Trípode fijo porta cámara de video canal 36

Del hecho que es un canal recientemente formado se evidencia la falta de equipos como brazos telescópicos que son de gran utilidad para grabaciones en exteriores. En la “Figura 8”, se aprecia un soporte de trípode móvil.



Fig. 8. Trípode móvil porta cámara de video canal 36

1.6 BRAZOS PORTA CÁMARA

Es un estabilizador de cámara de video que consiste en un sistema de suspensión (sistema telescópico) compuesto por un brazo recto de varios segmentos o secciones y un sistema de contrapesos. La función del sistema es la maniobrabilidad de la cámara de filmación para las tomas que se realizan sobre lugares de difícil acceso o limitado espacio, esta característica nos brindan los distintos grados de libertad existentes en el mecanismo, sean estos de rotación o traslación dependiendo de la necesidad de la producción. En la “Figura 9” se muestran los equipos de brazos telescópicos.



Fig. 9. Brazos Porta cámara

(Proaim. (2014). *Grúas telescópicas*. Recuperado el 12 de Marzo de 2015, de <http://proaimtorg.ru/crane/filmpack/komplekt-krana-proaim-16ft-polejib.html>)

CAPÍTULO 2.

MARCO TEÓRICO

2.1 SISTEMAS GENERALES DE ELEVACIÓN

En la actualidad la industria televisiva requiere de sofisticadas cámaras de video, capaces de captar todos los movimientos en alta calidad y definición, esto hace su peso demasiado grande para poder manejarlas manualmente, por esta razón se hace necesaria la utilización de sistemas de elevación. La constante necesidad de mover cámaras de tamaños y pesos grandes en tiempos pequeños convierte a estos sistemas en verdaderos protagonistas dentro del mundo televisivo.

Entre los sistemas de elevación más utilizados podemos encontrar las grúas, que están destinadas a soportar en primer lugar su propio peso, además de la cámara, deben resistir la presencia de acciones exteriores, fuerzas, momentos, cargas, sin perder las características de funcionalidad para las que fueron concebidas.

Las grúas son utilizadas en muchas aplicaciones, en el ámbito industrial, televisivo, automotriz, etc.

Las grúas para cámaras de video tienen como principal función trasladar una cámara de un lugar a otro o de una altura a otra transmitiendo a la imagen una sensación de movimiento suave.

Existe una gran variedad de grúas, las cuales se diseñan conforme a la acción que vayan a realizar. Estas generalmente se clasifican en móviles y fijas:

2.1.1 GRÚAS MÓVILES

Las grúas móviles (ver "Figura 10"), son aquellas que están formadas por un vehículo portante, sobre ruedas u orugas, dotadas de sistemas de propulsión y dirección propios sobre cuyo chasis se acopla un aparato de elevación tipo pluma también posee gatos hidráulicos o estabilizadores cuya función es evitar que el vehículo se vuelque, funciona a través de un brazo telescópico que se despliega hidráulicamente y un sistema de cables y cabrestantes accionado por un motor para el movimiento de elevación de cargas, además permite un giro de 360°.



Fig. 10. Grúa Móvil

(Grip, S. (2013). *Grúas Telescópicas*. Recuperado el 09 de Marzo de 2015, de <http://www.systemgrip.es/presentacion.pdf>)

2.1.2 GRÚAS FIJAS

Las grúas fijas, poseen bases fijas que van ubicadas en el suelo y que permiten soportar una mayor carga.

Se clasifican en las siguientes:

2.1.2.1 Grúas pórtico

Son grúas que van montadas sobre pilares de varias secciones, sus rieles de desplazamiento están ubicadas en un plano horizontal muy inferior al del carro (normalmente apoyadas en el suelo). Ver “Figura 11”.



Fig. 11. Grúa pórtico

(Abus. (2012). *Puentes grúa*. Recuperado el 05 de Marzo de 2015, de <http://www.mantemur65.es/productos.html#Ancla001>)

2.1.2.2 Grúas puente

Es un grúa que consta de un elemento portador formado por una o dos vigas móviles, que pueden estar apoyadas o suspendidas, sobre las que se desplaza el carro con todos los mecanismos elevadores. Ver “Figura 12”.

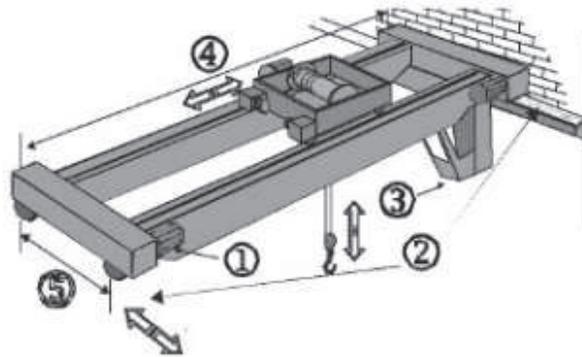


Fig. 12. Grúa puente

(España, M. d. (2002). *Grúas tipo puente*. Recuperado el 09 de Marzo de 2105, de http://www.insht.es/inshtweb/contenidos/documentacion/fichastecnicas/ntp/ficheros/701a750/ntp_736.pdf)

2.1.2.3 Grúas Derrick

Esta grúa consta de un mástil que está sujeto en posición vertical mediante un trípode fijo de acero. Apoyada a la base de la torre, se encuentra la pluma que puede girar mediante una rótula hasta tropezar con los brazos del soporte, la pluma puede subir y bajar entre dos posiciones extremas mediante un cabestrante de elevación. Ver “Figura 13”.



Fig. 13. Grúa derrick

(Impsa. (2012). *Equipos, instalaciones y servicios*. Recuperado el 10 de Marzo de 2015 , de <http://www.impsa-ingenieria.com/equipos.htm>)

2.1.2.4 Grúas Torre

Es aquella en la que el mecanismo de aprehensión se monta sobre la parte superior de una torre vertical o mástil y la parte inferior va unida a la base de la grúa. El mecanismo de aprehensión está suspendido de la pluma o de un carro que se desplaza a lo largo de la misma. Ver “Figura 14”.



Fig. 14. Grúa torre

(Industry, D. (2014). *Grúa Torre*. Recuperado el 10 de Marzo de 2015, de <http://www.directindustry.es/prod/liebherr-cranes/product-16233-1118624.html>)

2.1.2.5 Grúa telescópica

Es una grúa que consiste de muchos tubos, los mismos que van ubicados uno dentro de otro, en donde un sistema hidráulico o mecánico extiende o retrae los segmentos. Ver “Figura 15”.



Fig. 15. Grúa telescópica

(Expo, N. (2014). *Grúa Telescópica*. Recuperado el 09 de Marzo de 2015, de <http://www.nauticexpo.es/prod/kamoy/product-31213-196184.html>)

2.2 MOVIMIENTOS REQUERIDOS POR LAS CÁMARAS DE FILMACIÓN

En el inicio en que aparece la televisión y la cámara de video, los programas audiovisuales se los realiza con la cámara inmóvil, es decir que esta no se desplaza y todas las grabaciones se las hace desde un solo plano y un encuadre fijo, pero poco a poco y en muchas de las ocasiones por medio de errores aparecieron algunos elementos del cine como los efectos especiales, los primeros planos y los movimientos de cámara.

Estos movimientos de cámara se refieren al desplazamiento de la misma, ya sea de manera física u óptica, pueden ser utilizados con fines dramáticos, descriptivos o estéticos.

Los movimientos de cámara son uno de los procedimientos de creación del suspenso debido a que suscitan un sentimiento de espera, generando una inquietud de lo que la cámara va a descubrir al final de su trayectoria.

Gracias a David Walter Griffith las escenas empezaron a rodarse con planos cortos, cerrados, panorámicas, montajes paralelos, iluminación lateral y la combinación de luz artificial con la natural. Este creador de los movimientos de cámara es quien le otorgó a la realización audiovisual un lenguaje propio de procedimientos técnicos, estéticos, artísticos y narrativos, que en conjunto hacen posible la lectura de la película.

“Existen términos que se utilizan dentro del campo de filmación que han sido conceptualizados en países extranjeros que no admiten una posible traducción por lo que se emplean las denominaciones originales.”

2.2.1 MOVIMIENTOS FÍSICOS

Existen dos movimientos físicos básicos de cámara: **panorámica** y **travelling**. Estos movimientos se los realiza cuando la cámara está ubicada sobre un trípode o brazo telescópico que gira alrededor de su eje. Estos movimientos le dan a la grabación un mayor dinamismo y desplazamiento.

2.2.1.1 Panorámica

También llamado “paneo”, se produce cuando la cámara realiza un movimiento en horizontal, vertical, circular o de balaceo sobre su propio eje, siendo su función más importante la de ampliar el campo de visión al mostrar y relacionar elementos o acciones que pueden no ser perceptibles en un mismo instante, es decir que pueden ser completamente descriptivas, mostrando el entorno en que se desarrolla, en otras palabras conducir de un punto de interés relevante a otro.

Existen tres tipos de panorámicas:

- Panorámica descriptiva: Permite dar una referencia de un lugar o sitio al espectador, permitiéndolo situar en él.
- Panorámica expresiva: Nos da una idea general de la acción, debido a que no se percibe en su totalidad por ser un movimiento muy rápido.
- Panorámica dramática: Incide directamente sobre la narración, generando una relación entre el espectador, la escena y el personaje.

Entre los diferentes tipos de movimientos panorámicos se distinguen los siguientes:

2.2.1.1.1 Paneo horizontal

Se basa en un movimiento de la cámara de derecha a izquierda o viceversa, como se muestra en la “Figura 16”.



Fig. 16. Paneo horizontal

(Moya, M.J. (2012). Producción de Televisión y Multimedia. (Tesis inédita de Ingeniería). Universidad Tecnológica Israel, Quito)

2.2.1.1.2 *Paneo horizontal de seguimiento*

Es el movimiento que se produce de la cámara para poder realizar el seguimiento de una persona que se mueve. En la “Figura 17” se aprecia un paneo horizontal.



Fig. 17. Paneo horizontal de seguimiento

(queaprendimoshoy.com. (03 de Noviembre de 2012). *Procesos de la producción audiovisual*. Recuperado el 12 de Marzo de 2015, de <http://queaprendimoshoy.com/procesos-de-la-produccion-audiovisual-ii-la-produccion/>)

2.2.1.1.3 *Paneo horizontal de reconocimiento*

Es un movimiento de cámara lento que se emplea en la escena para permitir al espectador que se fije en todos los detalles de la misma.

2.2.1.1.4 *Paneo horizontal interrumpida*

Se basa en un movimiento suave que se detiene imprevistamente con el objeto de crear un contraste visual, es muy empleado en situaciones dramáticas.

2.2.1.1.5 *Paneo horizontal en barrido*

Consiste en un movimiento rápido que permite observar una serie de imágenes momentáneas y borrosas, siendo su función la de atraer la atención del espectador a la siguiente imagen, y mostrar la causa y efecto de una acción.

2.2.1.1.6 *Paneo vertical*

Es un movimiento muy básico que realiza la cámara de arriba hacia abajo o viceversa sobre su propio eje. Ver “Figura 18”.

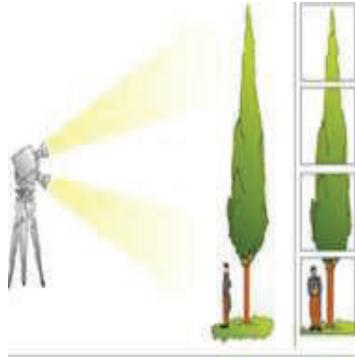


Fig. 18. Paneo vertical

(Moya, M.J. (2012). Producción de Televisión y Multimedia. (Tesis inédita de Ingeniería). Universidad Tecnológica Israel, Quito)

2.2.1.1.7 Tilt up

Se basa en el movimiento de cámara que va desde la parte inferior hacia la parte superior del objeto o personaje, tomando como ejemplo, los zapatos como inicio y la cabeza con final de un personaje. Ver “Figura 19”.



Fig. 19. Tilt up

(Rodríguez, N. (22 de Octubre de 2014). *Slideshare*. Recuperado el 13 de Marzo de 2015, de <http://es.slideshare.net/Misthik/movimientos-de-cmara-40622153>)

2.2.1.1.8 Tilt down

Se basa en el movimiento de cámara que va desde la parte superior hacia la parte inferior del objeto o personaje. Ver “Figura 20”.



Fig. 20. Tilt down

(Rodríguez, N. (22 de Octubre de 2014). *Slideshare*. Recuperado el 13 de Marzo de 2015, de <http://es.slideshare.net/Misthik/movimientos-de-cmara-40622153>)

2.2.1.1.9 Paneo de balanceo

Es un movimiento que realiza la cámara de derecha a izquierda y viceversa sin pararse. Ver “Figura 21”.

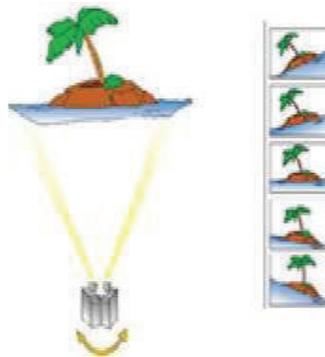


Fig. 21. Paneo de balanceo

(Moya, M.J. (2012). Producción de Televisión y Multimedia. (Tesis inédita de Ingeniería). Universidad Tecnológica Israel, Quito.)

2.2.1.2 Travelling

Se produce debido a que la cámara efectúa un movimiento de traslación, es decir cambia su posición sobre el suelo, respecto a su propio eje, su función es realizar seguimientos a los personajes para aumentar el dramatismo de la acción, la sensación de profundidad del plano y la mezcla de movimientos. Por lo general este tipo de desplazamiento se realiza mediante soportes móviles con ruedas y rieles.

Moverse junto con la cámara paralelamente a la acción. Esta acción puede hacerse de izquierda a derecha denominándose “Travel izquierdo” o de derecha

a izquierda denominándose “Travel derecho”. En la “Figura 22” se muestra el movimiento de travelling.



Fig. 22. Travelling

(Moya, M.J. (2012). Producción de Televisión y Multimedia. (Tesis inédita de Ingeniería). Universidad Tecnológica Israel, Quito.)

2.2.1.3 Dolly

Moverse junto con la cámara hacia delante o hacia atrás de la escena. Este tipo de movimiento se subdivide en:

2.2.1.3.1 Dolly in

Este movimiento permite mover la cámara hacia un objeto o persona (ver “Figura 23”), que por consecuencia se agranda y se acerca al centro de interés. Este tipo de desplazamiento se utiliza para crear tensión y poder apreciar más fácilmente detalles, gestos, emociones o acciones del personaje.

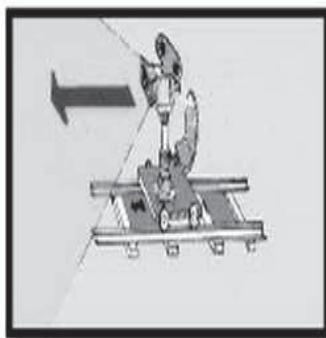


Fig. 23. Dolly in

(Ramirez, J. (10 de Julio de 2014). *Guía de iniciación al video*. Recuperado el 13 de Marzo de 2015, de <http://www.slideshare.net/juanjodiazramirez/guia-de-iniciacion-al-video-dslr-36840268>)

2.2.1.3.2 *Dolly back*

Permite alejar la cámara del objeto o personaje (ver “Figura 24”), empequeñeciendo el centro del cuadro. Este desplazamiento relaja la tensión, reduce el interés y ayuda a aumentar el campo de visión.

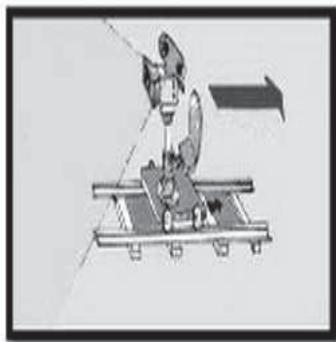


Fig. 24. Dolly back

(Ramirez, J. (10 de Julio de 2014). *Guía de iniciación al video*. Recuperado el 13 de Marzo de 2015, de <http://www.slideshare.net/juanjodiazramirez/guia-de-iniciacion-al-video-dslr-36840268>)

2.2.1.3.3 *Dolly paralelo o lateral*

Se produce un desplazamiento paralelo o lateral a los objetos o personajes.

2.2.1.3.4 *Dolly circular*

Se produce al mover la cámara circularmente alrededor del objeto o personaje. Ver “Figura 25”.

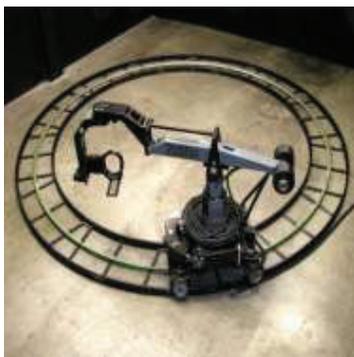


Fig. 25. Dolly circular

(Sultan, Z. (03 de Junio de 2014). *Inspired Creativity*. Recuperado el 14 de Marzo de 2015, de <http://chloesblogthings.tumblr.com/post/87688340764/camera-dolly>)

2.2.1.4 Crane o Boom

Mover toda la cámara hacia arriba o hacia debajo de la escena por medio de la grúa o del brazo telescópico (ver “Figura 26”). De una u otra manera el efecto es similar al de subir o bajar el pedestal, pero en este caso la cámara se desliza a lo largo de una distancia vertical mucho mayor. Se puede hacer que la grúa gire hacia arriba o hacia abajo.



Fig. 26. Movimiento boom

(WordPress.com. (11 de Noviembre de 2013). *camarapiscila*. Recuperado el 08 de Marzo de 2015, de <https://camarapiscila.wordpress.com/2013/12/02/movimientos-de-camara-11-noviembre-2013/>)

2.2.2 PLANOS

Un plano se define como la unidad básica del lenguaje de las imágenes en movimiento, el registro que proporciona cada plano supone una doble elección, lo que se va a mostrar y cuánto va a durar, es decir el espacio y el tiempo que maneja el director del programa.

Cada tipo de plano se diferencia de los demás por lo que encuadra, y cada tipo de encuadre determina el centro de atención. En otras palabras es la aproximación de la cámara a la realidad cuando se plasma o registra una fotografía o toma.

Los principales planos son:

2.2.2.1 Descriptivos

Son aquellos que describen el lugar en donde se realiza la acción, los personajes y su actuación, estos planos descriptivos se subdividen en:

2.2.2.1.1 Gran plano general

Se caracteriza porque abarca en exteriores la mayor superficie geográfica posible, es decir encuadra un amplio campo visual, siendo en general un plano descriptivo de paisajes, escenarios, y grupos humanos.

Este tipo de plano es muy útil cuando la intención es demostrar una gran extensión del lugar de los hechos, a la vez permitiendo que el espectador se ubique en el lugar descrito.

2.2.2.1.2 Plano de conjunto

Muestra o determina un punto de referencia que va a servir de ubicación para el televidente. Con este tipo de plano se empieza ya a distinguir un sujeto o núcleo del programa audiovisual, aunque el ambiente y escenario tienen aún un carácter predominante.

2.2.2.1.3 Plano general

También conocido como plano entero en donde el personaje es registrado en su totalidad dentro del cuadro. Aquí el personaje se define por sus acciones y se lo pone en relación con el medio ambiente en donde se desenvuelve.

Este plano es muy útil en escenas en donde el personaje no tiene que hablar, debido a que por la distancia con la cámara no se podría apreciar el movimiento de los labios.

2.2.2.2 Narrativos

Son aquellos que narran la acción en los que se desenvuelve el o los personajes, este tipo de planos se subdividen en:

2.2.2.2.1 Plano entero

Muestra la cabeza y los pies del o los personajes, permitiendo apreciar sus características generales, se lo utiliza en momentos en los que no es importante demostrar una expresión. Aporta sobre todo dando un valor narrativo, ya que muestra la acción que desarrollan los personajes.

2.2.2.2.2 Plano americano

Es llamado también plano $\frac{3}{4}$, muestra los personajes desde la cabeza hasta las rodillas. La característica de este plano es mostrar la cara y las manos de los personajes, dando un valor narrativo y expresivo.

2.2.2.2.3 Plano medio

Este plano presenta al personaje desde la cintura hasta la cabeza, teniendo un valor expresivo ya que por la cercanía de la cámara permite apreciar un poco más las emociones del personaje.

2.2.2.3 Planos expresivos

Son aquellos que permiten mostrar las expresiones de los personajes, ubicando la cámara más cerca de los mismos. Estos planos se subdividen en:

2.2.2.3.1 Primer plano

Presenta la cara del personaje hasta la altura de los hombros, aporta un valor expresivo, debido a que sirve para destacar las emociones y los sentimientos de los personajes. Otra de sus características es agrandar el detalle y minimizar el conjunto de la escena, reduciendo la importancia del fondo.

2.2.2.3.2 Primerísimo primer plano

Conocido también como gran primer plano, muestra solamente el rostro del sujeto en el encuadre. La cámara se encuentra situada prácticamente sobre los elementos que registra. Los planos son de corta duración y se intercalan con otros planos que aportan más información sobre lo que realiza el personaje, mostrando los sentimientos y expresiones.

2.2.2.3.3 Plano detalle

Muestra un objeto o una parte del objeto, la cámara se encuentra ubicada prácticamente sobre los elementos que registra. Puede aportar un valor muy descriptivo, narrativo, expresivo o estético, pretende comunicar la sensación de tensión, emoción, curiosidad o para hacer saber al espectador de algún detalle que el personaje descubre o desconoce.

2.2.3 ÁNGULOS DE CÁMARA

La cámara no debe permanecer inmóvil en una filmación, permitiendo grandes variaciones de angulación y movimiento, siendo apoyada en un trípode, grúa, sobre un travelling o sobre el hombro del operador.

Existen diferentes tipos de ángulos, todos ellos respondiendo a necesidades expresivas y funcionales. Cuando se habla de angulación se considera el ángulo imaginario que forma una línea que sale perpendicularmente al objetivo de la cámara.

Los diferentes tipos de angulación son los siguientes:

2.2.3.1.1 *Ángulo normal o perpendicular*

Es el ángulo más convencional y utilizado, ubicándose la cámara a la altura de la mirada de la persona que realiza la grabación y del personaje que está siendo grabado. Representa una escena que emite una situación normal. Ver “Figura 27”.

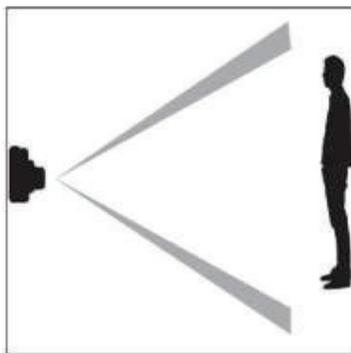


Fig. 27. Ángulo normal o perpendicular

(Moya, M.J. (2012). Producción de Televisión y Multimedia. (Tesis inédita de Ingeniería). Universidad Tecnológica Israel, Quito.)

2.2.3.1.2 *Ángulo picado*

La cámara va situada a una altura superior a la de los personajes, siendo filmados desde arriba, este tipo de ángulo puede dar una sensación de vértigo y se lo utiliza para acentuar una situación dramática, y minimizando a los objetos. Ver “Figura 28”.

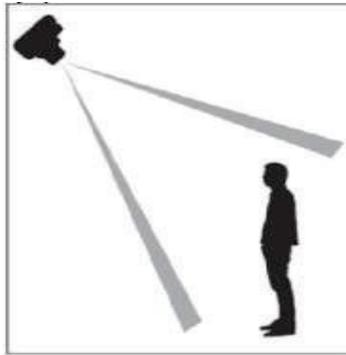


Fig. 28. Ángulo picado

(Moya, M.J. (2012). Producción de Televisión y Multimedia. (Tesis inédita de Ingeniería). Universidad Tecnológica Israel, Quito.)

2.2.3.1.3 *Ángulo contrapicado*

Conocida también como ángulo de gusano, se logra cuando la cámara está ubicada de abajo hacia arriba. Se la utiliza para destacar una escena triunfal o con intenciones de arrogancia, este ángulo añade un fuerte valor expresivo, engrandeciendo por su perspectiva, dando al personaje una sensación de poder. Ver “Figura 29”.



Fig. 29. Ángulo contrapicado

(Moya, M.J. (2012). Producción de Televisión y Multimedia. (Tesis inédita de Ingeniería). Universidad Tecnológica Israel, Quito.)

2.2.3.1.4 *Ángulo inclinado*

Se la obtiene con la cámara ubicada en diagonal, es decir perdiendo el eje horizontal, su objetivo es denotar inseguridad e inestabilidad. Ver “Figura 30”.



Fig. 30. Ángulo inclinado

(Moya, M.J. (2012). Producción de Televisión y Multimedia. (Tesis inédita de Ingeniería). Universidad Tecnológica Israel, Quito.)

2.2.3.1.5 Ángulo cenital

La cámara se ubica sobre el personaje o escena, se la utiliza para paisajes, caídas o saltos. Se la realiza desde la parte superior, con ángulo de 90 grados por encima de los objetos o personajes. Ver “Figura 31”.

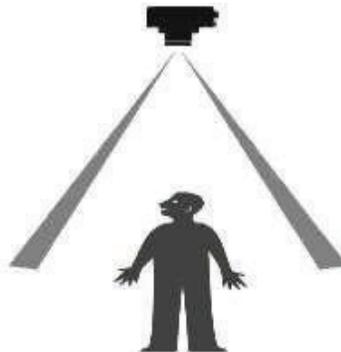


Fig. 31. Ángulo cenital

(Moya, M.J. (2012). Producción de Televisión y Multimedia. (Tesis inédita de Ingeniería). Universidad Tecnológica Israel, Quito.)

2.2.3.1.6 Ángulo supino

La cámara se sitúa totalmente por debajo del objeto, con un ángulo perpendicular al suelo. Se la emplea para dar dramatismo o dinamismo a la escena.

2.2.3.1.7 Ángulo subjetivo

Se caracteriza porque la cámara muestra al espectador lo que el personaje está viendo, es decir toma por un momento la visión en primera persona como si la

cámara estuviese en sus ojos. Su objetivo es integrar al espectador en la piel del personaje.

2.3 MECANISMOS DE SOPORTE DE CÁMARA DE VIDEO

Existe una serie de mecanismos que sirven de soporte para todo tipo de cámara de filmación, aún si la cámara es suficientemente pequeña y ligera como para cargarla manualmente, se debería utilizar un soporte para brindar estabilidad en las tomas y evitar pérdida de energía física por parte del personal de filmación.

Cada soporte de cámara tiene una funcionabilidad específica dentro de la grabación, ésta varía de acuerdo al tipo de plano, ángulo y movimiento de cámara que se vaya a utilizar en el programa.

2.3.1 ESTABILIZADORES Y SOPORTES DE CÁMARA DE VIDEO

A continuación se tiene una descripción general de los tipos de soportes de cámara más comunes utilizados para las filmaciones en los set de televisión.

2.3.1.1 Monopíe

Es un simple mecanismo de poste o pata sobre la cual se puede montar una cámara. Ver “Figura 32”.



Fig. 32. Monopíe S4

(Benro. (2015). *Benro Let's go*. Recuperado el 08 de Marzo de 2015, de <http://www.benrousa.com/>)

2.3.1.1.1 Funcionamiento y características

Para utilizar el monopié, el operario debe equilibrar el apoyo con una mano y operar el manubrio del cabezal con la otra. A continuación se describe las principales características:

- **Movilidad**
Es la capacidad de moverse de un lado a otro rápidamente para lograr captar la toma necesaria sin perder ningún evento de la filmación.
- **Movimiento de la cámara**
La rótula de la base de tres patas elimina la rigidez en las tomas, permitiendo hacer movimientos de barrido que producen resultados excelentes al combinar con un paneo e inclinación por parte del cabezal de video.
- **Poco espacio**
Los monopiés ocupan menos espacio y permiten el trabajo en espacios reducidos.
- **Capacidad de carga**
Un monopié tiene una capacidad de carga generalmente en un rango de 0 a 6 kg.

2.3.1.1.2 Componentes y elementos

Los principales componentes y elementos de un monopié son:

- **Base plegable de tres patas**
La base de tres patas provee estabilidad extra en el proceso de filmación y además cuenta con un cartucho de paneo para movimientos más fluidos.
- **Seguros de patas de pestaña o de giros disponibles**
La altura del monopié se puede ajustar fácilmente con un seguro de pestaña ubicado en la palanca de la pata.
- **Cabezal de base plana**
El monopié cuenta con un cabezal de base plana, el cual permite montar el cabezal para la cámara de video, este cabezal está diseñado para montar la cámara de video en el monopié y cuenta con bloqueo de paneo e

inclinación, resistencia para paneo e inclinación, contrapeso, puntos de montaje y un nivelador de burbuja.

2.3.1.1.3 Aplicaciones

- Se puede usar el monopié para descansar una parte del peso de la cámara sobre sus hombros, por lo que debe poder extenderse el monopié un poco más arriba de la altura del hombro.
- Este mecanismo es utilizado principalmente para las tomas fijas que se prolongan por mucho tiempo.

2.3.1.2 Trípode

Es el dispositivo más común para montar una cámara de video. Es un estabilizador de tres patas que se ajusta a la cámara de video y que provee estabilidad en las tomas fijas. Ver “Figura 33”.



Fig. 33. Trípode

(Benro. (2015). *Benro Let's go*. Recuperado el 08 de Marzo de 2015, de <http://www.benrousa.com/>)

2.3.1.2.1 Funcionamiento y características

Un trípode funciona como un estabilizador y soporte de cámara que brinda consistencia al momento de realizar la filmación, este mecanismo tan solo necesita que se regulen sus patas y no necesita estar equilibrándolo con la mano, el camarógrafo tan solo debe manejar la cámara de filmación con el manubrio del cabezal de video. El criterio más común para la elección de un mecanismo de

trípode es que sea robusto, fácil de montar y de nivelar en cualquier tipo de terreno y que de preferencia no sea muy pesado.

La funcionabilidad principal de un trípode se basa generalmente en el tipo de cabezal de video (cabezal de montaje) que se acople al trípode. Sus principales características son:

- **Versatilidad**

Debido a que cuentan con un cabezal de montaje independiente la cámara puede desmontarse y acoplarse a un riel o a un monopié según sea la necesidad.

- **Velocidad**

Debido a la necesidad de disminuir el tiempo en el montaje e instalación de equipos, el trípode debe ser un mecanismo que se arme en muy poco tiempo, por lo que este tipo de mecanismo permite ajustar las patas en múltiples ángulos y adaptación a cada espacio de trabajo.

- **Robustez**

Debido a que la mayoría de trípodes están fabricadas de materiales como aleación de aluminio y fibra de carbono este mecanismo es robusto y ligero, excelente para ser transportados a diferentes locaciones.

- **Movimiento de la cámara**

El movimiento de la cámara es función del tipo de cabezal de video montado en el trípode, los movimientos más comunes son los de paneo, tilt e inclinación.

- **Capacidad de carga**

La capacidad de carga de los trípodes se basa en parámetros como material de construcción, tipo de patas, tipo de cabezal de montaje, etc. Comúnmente la capacidad de carga está dentro de un rango de 0 a 30 kg.

2.3.1.2.2 Componentes y elementos

Los principales componentes y elementos de un trípode son:

- **Cabezal de video o montaje**

Es la plataforma donde se fija la cámara de video para que pueda realizar diferentes movimientos de paneo, inclinaciones, etc., el cabezal puede contar con uno o más manubrios para la maniobrabilidad del equipo. El sistema del cabezal de montaje cuenta muchas veces con contrapesos de diferentes pesos que ayudan a contrarrestar el peso cuando se trata de cámaras de video grandes y pesadas. Ver “Figura 34”.



Fig. 34. Cabezal de montaje de un trípode

(Benro. (2015). *Benro Let's go*. Recuperado el 08 de Marzo de 2015, de <http://www.benrousa.com/>)

- **Patas con ángulos ajustables**

Para tener una medida extra de flexibilidad las patas de los trípodes se pueden asegurar de manera independiente en tres ángulos diferentes para facilitar la toma en espacios reducidos, en áreas con superficies irregulares o a nivel de piso.

- **Seguros para las patas**

La altura del trípode puede ser ajustada fácilmente mediante un giro de las palancas de bloqueo rápido en las patas.

2.3.1.2.3 Aplicaciones

- Los trípodes similares a los monopiés se utilizan en las tomas fijas y prolongadas.
- Al tener la capacidad de ajustar independientemente el ángulo y altura de cada pata del trípode, se utiliza para grabaciones en lugares que tengan superficies irregulares como locaciones en exteriores.

- El mecanismo de trípode nos brinda gran estabilidad por lo que es la base para otros mecanismos con diferentes aplicaciones, mecanismos que se detallaran más adelante.

2.3.1.3 Steadycam

Es un dispositivo que permite llevar la cámara de video montada en el cuerpo del camarógrafo y que equilibra sus movimientos, por medio de un arnés y un sistema de contrapesos en el caso que la cámara sea muy pesada. Sin embargo, existen otros soportes steadycam más compactos que estabilizan a las cámaras de video y que solo se ajustan con la mano. En la “Figura 35”, se muestra un equipo steadycam.



Fig. 35. Equipo Steadycam

(audiovisual, M. (2015). *Medya*. Recuperado el 08 de Marzo de 2015 , de <http://medya-audiovisual.com/que-es-una-steadycam-y-para-que-se-utiliza/>)

2.3.1.3.1 Funcionamiento y características

El steadycam se lo utiliza sobre el cuerpo del operario, montado sobre sus hombros, consiste en un sistema de suspensión y brazo recto con soporte para la cámara, el equipo es manejado por el camarógrafo, la función de esta herramienta es conseguir imágenes en movimiento pero con la mejor estabilidad al realizar la llamada cámara en mano.

Al momento de filmar se complica tener el cuerpo y el pulso estable, al manejar manualmente el equipo steadycam se trata de que las vibraciones que genera el cuerpo al momento de filmar sean absorbidas y no transmitidas a la cámara.

El movimiento de steadycam es muy característico, este deja total libertad de movimiento al operador que, con un chaleco y la base, con las manos no tiene que soportar ningún peso, solo manejar el ángulo y encuadre de la cámara. Su principal característica es:

- **Capacidad de carga**

El equipo steadycam es utilizado para cámaras de video pequeñas entre un rango de 0 a 15 kg de peso.

2.3.1.3.2 Componentes y elementos

Los principales componentes y elementos son:

- **Chalecos**

Es el elemento del equipo steadycam el cual va montado al cuerpo del camarógrafo, su función es distribuir el peso de la cámara, poste y brazo sobre nuestro cuerpo. Se tiene la posibilidad de subirlo o bajarlo dependiendo del plano que se quiera conseguir. Ver “Figura 36”.



Fig. 36. Chaleco Steadycam

(Team, e. (2009). eemov. Recuperado el 14 de Marzo de 2015, de <http://www.eemov.com/>)

- **Brazo**

Elemento del steadycam que absorbe las vibraciones del movimiento, consta de un perno que une el brazo al poste y el brazo que tiene módulos iguales. Ver “Figura 37”.



Fig. 37. Brazo Steadycam

(Team, e. (2009). *eemov*. Recuperado el 14 de Marzo de 2015, de <http://www.eemov.com/>)

- **Poste**

Elemento que soporta la cámara y los contrapesos (ver “Figura 38”). Está dividida en varias partes:

- Box Superior o “Side to side” es donde se enganchará la cámara, se la puede desplazar hacia adelante, atrás, izquierda o derecha mediante otra pieza llamada “plate” en la que irá fijada la zapata.
- Poste o “Telescópico”, es la pieza que separa la cámara de la batería, monitor y los contrapesos.



Fig. 38. Poste Steadycam

(Team, e. (2009). *eemov*. Recuperado el 14 de Marzo de 2015, de <http://www.eemov.com/>)

- **Monitor**

Pantalla situada en el box inferior que sirve de referencia al camarógrafo a la hora de grabar un plano. Ver “Figura 39”.



Fig. 39. Monitor Steadycam

(Team, e. (2009). *eemov*. Recuperado el 14 de Marzo de 2015, de <http://www.eemov.com/>)

2.3.1.3.3 Aplicaciones

- Utilizados para cámaras pequeñas de video.
- Permite llevar la cámara de video por superficies como son escaleras, elevadores, caminos sinuosos, etc.

2.3.1.4 Dolly

Es una plataforma o carro con ruedas de caucho o goma (ver “Figura 40”), pero a menudo se coloca sobre unos rieles para realizar movimientos en un eje horizontal llamado traveling, permite el movimiento suave y controlado de la cámara de un lugar a otro de la escena, esta plataforma se acopa al trípode y realiza movimientos comúnmente de dolly y traveling.



Fig. 40. Equipo Dolly

(Allex. (16 de Julio de 2014). *Grau Luminotecnia*. Recuperado el 05 de Marzo de 2015, de <https://grauluminotecnia.wordpress.com/category/soportes-camara/railes-y-dollies/>)

2.3.1.4.1 Funcionamiento y características

La cámara está montada sobre la base del dolly y el operador de cámara subido sobre el equipo, mediante un volante el camarógrafo dirige la base hacia la dirección adecuada para dar el tipo de movimiento de cámara que se necesite en la respectiva toma, por lo general este equipo cuenta con ruedas por lo que el montaje es más fácil, al igual que la direccionalidad que le podemos dar al mecanismo. Este sistema solo puede utilizarse en superficies niveladas y lisas.

Mediante el trípode acoplado en la base deslizante sobre los rieles se logra que la imagen no se mueva de manera violenta por lo tanto se debe mantener un ritmo y una velocidad constante y precisa, así como un arranque y una parada suaves para involucrar al espectador con la acción del objeto o sujeto deseado. Los distintos tipo de movimientos logrados por el equipo Dolly son función de la disposición de las rieles y de la posición de la cámara con relación al desplazamiento.

Las principales características son:

- **Movimientos en los equipos Dolly**

Si utiliza rieles con la cámara moviéndose paralelamente a la acción entonces es un equipo Dolly “Traveling”. Ver “Figura 41”.

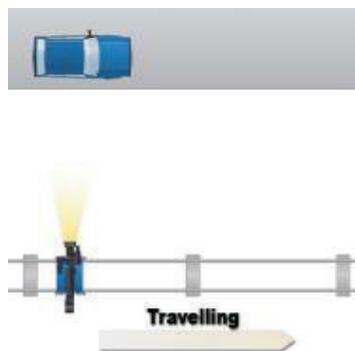


Fig. 41. Equipo dolly en travelling

(Arz, M. (2012). *Taringa!* Recuperado el 06 de Marzo de 2015 , de <http://www.taringa.net/post/hazlo-tu-mismo/14020814/Como-crear-tu-propio-Cortometraje.html>)

Si utiliza rieles con la cámara moviéndose hacia adelante y hacia atrás de la escena entonces es simplemente un equipo de Dolly “Rieles”. Ver “Figura 42”.

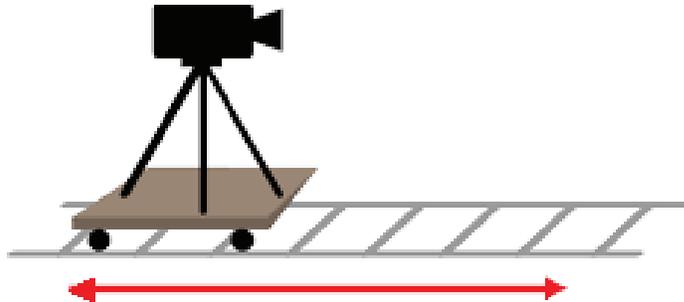


Fig. 42. Equipo dolly con rieles

(Artística, D. d. (30 de Septiembre de 2014). *Garabátika Plástica*. Recuperado el Marzo 06 de 2015, de http://physiophilosophy58.rssing.com/chan-34107816/all_p2.html)

Si el equipo tiene ruedas y no utiliza unos rieles, es un equipo Dolly común ya que puede moverse en todas las direcciones.

- **Capacidad de carga**

El equipo Dolly es muy robusto debido a que en la mayoría de ellos el camarógrafo se ubica sobre la base del mismo, por esto estos mecanismos cuentan con una elevada capacidad de carga en un promedio de 200 kg incluyendo la cámara de video.

2.3.1.4.2 Equipos modernos de mecanismos Dolly

Algunos de estos equipos se describen a continuación:

- **Dinky Dolly**

Es un equipo transportable que cuenta con cuatro ruedas direccionales, fabricada con una sólida carcasa (ver “Figura 43”). Equipada con ruedas neumáticas, una barra de tracción que puede manejarse desde la parte anterior o posterior de la dolly indistintamente, y si se necesita, con el sistema de soporte con asiento. El mecanismo de dirección permite girar

en un círculo muy cerrado.¹ Tiene una capacidad de carga de 200 kg, el equipo es de tipo plataforma.



Fig. 43. Equipo Dinky Dolly

(Systems, E. S. (1999). *Egripment Support Systems*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2015, de <http://egripment.com/es/productos/dollies/dinky-dolly/>)

- **Focus Dolly ligera**

Es un equipo ligero y portátil (ver “Figura 44”) para su uso sobre rieles por lo que se puede dar movimientos dolly y traveling según sea la disposición de los rieles con relación a la escena, se monta en menos de tres minutos y el diseño incorpora características duales. Las ruedas de vía de la dolly se insertan en los receptores de la propia plataforma. La capacidad de carga es de 125 kg y el tipo de equipo es de rieles.¹

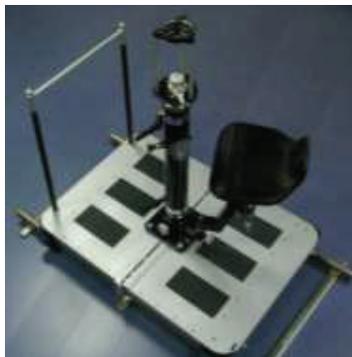


Fig. 44. Focus Dolly ligera

(Systems, E. S. (1999). *Egripment Support Systems*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2015, de <http://egripment.com/es/productos/dollies/dinky-dolly/>)

¹ Systems, E. S. (1999). *Egripment Support Systems*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2015, de <http://egripment.com/es/productos/dollies/dinky-dolly/>

2.3.1.4.3 Aplicaciones

- Las aplicaciones son diversas en eventos deportivos, en secuencia de escenas, etc., dando como resultado movimientos de cámara de travelling y dolly, así como movimientos universales es decir en cualquier dirección.

2.3.1.5 Grúa para filmación

Es un soporte grande que sujeta la cámara y al operador, se utiliza para desplazar a los lados y por encima del lugar de grabación, se puede filmar desde varios metros de altura y bajar hasta el nivel del piso. Tiene un sistema de contrapeso que equilibra de manera flexible el movimiento, la inclinación, la angulación y la velocidad. Ver "Figura 45".



Fig. 45. Grúa porta cámara

(Systems, E. S. (1999). *Egripment Support Systems*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2015, de <http://egripment.com/es/productos/dollies/dinky-dolly/>)

2.3.1.5.1 Funcionamiento y características

A un trípode estable podemos acoplarle otro de los soportes de cámara más utilizados en los set de televisión, la grúa (crane). Con diferentes tamaños y elementos que conforman estos mecanismos, el movimiento de la grúa da muchas posibilidades, ya que nos permite subir o bajar el plano, cambiarlo de perspectiva, hacer una panorámica mientras subimos o bajamos, realizar planos cenitales, o incluso acoplarlo a un Dolly y realizar planos con una gran capacidad de movimiento.²

² CVG, A. (13 de Julio de 2015). *Accesorios Fotografía y Video*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2015, de <http://www.alvarocvg.com/accesorios-fotografia-video-3-soportes-camara/>

La serie de movimientos que se pueden realizar con una grúa dependen de sus elementos y componentes, los diferentes tipos de grúas están conformadas por trípodes, dolly, traveling, etc., que hacen que sus movimientos sean mixtos logrando una gran aplicabilidad en los set de televisión.

El funcionamiento es básicamente la elevación de la cámara por medio de un brazo que pivota en un trípode junto con un sistema de contrapesos, sin embargo tiene movimientos secundarios que varían con el modelo de grúa.

Las principales características son:

- **Capacidad de carga**

La capacidad de carga de las grúas está en un rango muy amplio que varía con el modelo de grúa, puede llegar hasta una capacidad de 100 kg para equipos de videos pesados o mucho más si se necesita elevar al operario junto con la cámara de video.

- **Alcance de brazo**

La dimensión del brazo es otro parámetro importante para los soportes tipo grúa y dependen del tipo de aplicación que se necesite, así también se necesita de un espacio muy amplio de grabación, hay brazos que llegan hasta los 10 metros de alcance. La carrera del brazo se le conoce también con el nombre de “boom”.

2.3.1.5.2 Componentes y elementos

En la “Figura 46” se muestran las partes principales de las que se compone una grúa de filmación.

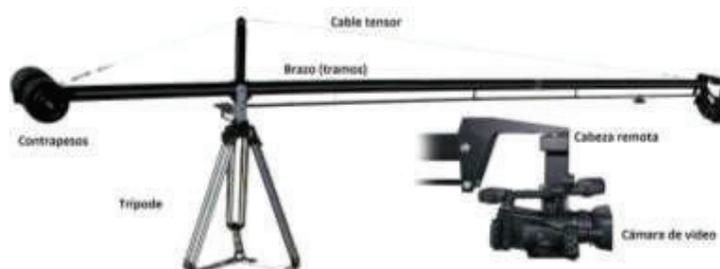


Fig. 46. Partes de una grúa

(Systems, E. S. (1999). *Egripment Support Systems*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2015, de <http://egripment.com/es/productos/dollies/dinky-dolly/>)

A continuación se describe cada parte mostrada en el esquema:

- **Trípode**

Es el elemento que sirve como base del mecanismo y a la vez como pivote del brazo porta cámara, este mecanismo puede tener diferentes características específicas de cada modelo, el tipo de trípode se muestra más ampliamente en la sección de soportes de trípode.

- **Brazo**

Es el elemento que debe ser capaz de girar de acuerdo a la necesidad del operario y puede variar desde un ángulo pequeño hasta uno de 360°, para los brazos de gran alcance se puede tener una serie de tramos (sistemas telescópicos) unidos por mecanismos de sujeción o incluso los tramos pueden deslizarse unos sobre otros para extender el brazo bajo un control automático. El brazo debe brindar propiedades como rigidez y resistencia, para soportar el sistema de contrapesos a un extremo y del otro la cabeza remota que albergará la cámara de video.

- **Contrapesos**

Sistema colocado en un extremo del brazo para poder realizar el movimiento del brazo sin mayor esfuerzo del operador y mantener en equilibrio el sistema de grúa.

- **Cable de arriostamiento**

El cable de arriostamiento es un eslabón básico para la traslación de la cámara, ya que este da mayor rigidez al brazo telescópico.

- **Cabeza remota**

Este elemento tiene como función soportar la cámara de video con los mecanismos necesarios para dar movimientos de giro libres al equipo de video mientras el brazo se traslada. Los equipos actuales cuentan con varios motores que ayudan a dar más libertad de movimiento de la cámara.

2.3.1.5.3 Equipos tipo grúa actuales

Los equipos disponibles en la actualidad son:

- **Grúa GenieJib**

La GenieJib (ver “Figura 47”), es un equipo ligero que puede extenderse deslizando un sistema telescópico. El movimiento panorámico de la GenieJib puede ser bloqueado. Con una carga máxima de 20Kg, combinándola con la máxima extensión del brazo de 135 cm, necesitaremos instalar un contrapeso de 35Kg.¹

Este sistema telescópico puede acoplarse a un equipo dolly brindándole otro movimiento de cámara extra. Debido a tener una longitud de brazo pequeña no cuenta con un cable tensor y el manejo es manual.



Fig. 47. Genie Jib

(Systems, E. S. (1999). *Egripment Support Systems*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2015, de <http://egripment.com/es/productos/dollies/dinky-dolly/>)

- **JanJib Fijo**

Este equipo cuenta con un brazo fijo con una capacidad de 45 kg el brazo tiene un largo fijo de 120 cm, el material de construcción del brazo es de duraluminio aeroespacial de alta calidad que hace el sistema fuerte. Igualmente puede acoplarse cualquier sistema dolly y no cuenta con cable tensor.¹ Ver “Figura 48”.



Fig. 48. JanJib Fijo

(Systems, E. S. (1999). *Egripment Support Systems*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2015, de <http://egripment.com/es/productos/dollies/dinky-dolly/>)

- **Sistemas JanJib**

El sistema JanJib (ver "Figura 49"), es un brazo tipo Jib. El "Sistema Jan Jib" está construido con aluminio extrusionado y se conectan sus segmentos fácil y rápidamente. En combinación con la alta calidad del sistema de cojinetes, los Jan Jib aseguran la suavidad de movimientos de cámara.

El "Jan Jib" se monta fácilmente en todas las dollies, columnas o la columna eléctrica. Tiene una capacidad de carga de 45 kg. El brazo está constituido por una sección transversal pentagonal.¹



Fig. 49. Sistemas Jan Jib

(Systems, E. S. (1999). *Egripment Support Systems*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2015, de <http://egripment.com/es/productos/dollies/dinky-dolly/>)

- **Sistemas Piccolo**

La grúa Piccolo (ver "Figura 50"), está diseñada especialmente para ofrecer las ventajas de una grúa móvil en pequeños set de televisión y en exteriores. Cuenta con una plataforma que puede soportar hasta 250 kg de carga eso incluye 2 camarógrafos, soporte con asiento y la cámara de video. Este mecanismo permite un movimiento de pluma desde 20 cm hasta 310 cm, de altura. El sistema de Ayuda Hidráulica permite que el equipo se ponga a punto en menor tiempo, representa lo último en tecnología por su rápido y fácil transporte. El brazo esta hecho de una estructura de metal.¹



Fig. 50. Sistemas Piccolo

(Systems, E. S. (1999). *Egripment Support Systems*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2015, de <http://egripment.com/es/productos/dollies/dinky-dolly/>)

- **Sistema Protraveller**

Es un sistema de brazo-grúa diseñado para una capacidad de carga máxima de 10 kg (ver “Figura 51”), incluye una cabeza remota, tiene un movimiento muy suave y puede montarse en cualquier tipo de superficies sean estudios, balcones, campo, etc., la mayor altura del sistema es de 6 metros.¹

Este equipo al ser de mayor alcance de brazo y tener una sección de brazo no tan robusta cuenta con cable tensor.



Fig. 51. Sistemas Protraveller

(Systems, E. S. (1999). *Egripment Support Systems*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2015, de <http://egripment.com/es/productos/dollies/dinky-dolly/>)

- **Scanner elite**

Este equipo utiliza un brazo telescópico de largo variable (ver “Figura 52”), es un conjunto compacto de grúa de cámara de video que puede ser manejada por un solo operador que maneje la grúa y los controles de cámara y “cabeza caliente” situados en la parte trasera del brazo de la grúa, o por dos operadores por separado, el de la grúa y el de los controles.¹

Puede contar con el sistema dolly de rieles, y el brazo está hecho de sección transversal pentagonal hueca.

La capacidad de carga es de 45 kg y un largo de brazo de 4,6 metros con cable tensor.



Fig. 52. Scanner elite

(Systems, E. S. (1999). *Egripment Support Systems*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2015, de <http://egripment.com/es/productos/dollies/dinky-dolly/>)

- **TDT Crane**

Es un sistema de cabezas remotas con control remoto y grúa súper ligera (ver “Figura 53”), hay partes de la cabeza remota que se han instalado en la parte delantera del brazo y los controles en la parte trasera que sirven como contrapeso. Es un sistema modular con un brazo formado por tres secciones de 1,5 metros de longitud. La capacidad de carga llega hasta 30 kg y cuenta con cables tensores.¹



Fig. 53. TDT Crane

(Systems, E. S. (1999). *Egripment Support Systems*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2015, de <http://egripment.com/es/productos/dollies/dinky-dolly/>)

2.3.1.5.4 Equipos de última generación de grúa porta cámara

Los equipos de última generación son creados para ser controlados automáticamente, con capacidades de carga y alcances mucho mayores a los equipos antes mencionados, los materiales con los que son construidos son cada vez más resistentes y livianos. Sin duda la electrónica y robótica hacen que las grúas porta cámaras tengan la mayoría de movimientos de cámara existentes para las diferentes necesidades de cada producción de televisión.

A continuación se muestra un ejemplo de los equipos de última tecnología desarrollados en el mundo:

- **XTREME T12**

Es una grúa telescópica para el cine y la televisión (ver “Figura 54”), está fabricada con fibra de carbono y usando estructura de aluminio de aviación en ciertos elementos, el brazo telescópico incluye características como, monitor integrado, motores digitales de precisión, controles ergonómicos de operación, barras de conducción alrededor del brazo, conexiones electrónicas para todas las cámaras de video. El brazo se extiende desde 2,8 metros hasta 10,1 metros. Está equipada con un sistema dolly que tiene columna ajustable digital que ofrece una altura baja conveniente para montar la grúa en una posición perfecta para su operación. Su capacidad máxima de carga es de 60 Kg y puede montarse sobre rieles para alcanzar otro movimiento de cámara.¹



Fig. 54. Xtreme T12

(Systems, E. S. (1999). *Egripment Support Systems*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2015, de <http://egripment.com/es/productos/dollies/dinky-dolly/>)

CAPÍTULO 3.

REQUERIMIENTOS Y PARÁMETROS DE DISEÑO

En el presente capítulo se establecen los parámetros de diseño conforme un análisis de los requerimientos dados por el usuario, con el fin de ejercer una óptima selección, en base a una serie de alternativas propuestas al final del capítulo.

3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El proyecto involucra el diseño y la construcción de un Sistema Telescópico Manual que sea capaz de portar una cámara de filmación de 30 (Kg), la necesidad surge del sector industrial precisamente de la empresa PRIMATEC, dedicada a los proyectos de integración y mantenimiento tecnológico.

Actualmente en el mercado nacional no existe una oferta de sistemas telescópicos manuales para filmación que sean económicamente accesibles, por lo tanto se hace necesario un diseño que satisfaga los requerimientos del cliente a la vez que garantice un correcto funcionamiento y alto grado de calidad.

3.2 REQUERIMIENTOS DEL USUARIO

Para realizar el diseño del equipo es necesario disponer de una información adecuada y suficiente, la misma que es proporcionada por la voz del usuario que para nuestro caso es la empresa PRIMATEC, a continuación se muestra los requerimientos para el brazo telescópico porta cámara de filmación:

- Portar una cámara de filmación que tiene un peso de 30 (Kg).
- Capacidad de alcance de 10 (m).
- Permita un giro de 360°.
- Operación manual.
- Costo máximo 3000\$.
- Fácil maniobrabilidad.
- Área de desplazamiento: Plana

3.3 RESTRICCIONES Y LIMITACIONES

Al momento de realizar un diseño, se deben tomar en consideración algunos factores que permitan el correcto funcionamiento del mismo, los cuales se establecen a continuación:

- Fácil desmontaje: en el campo televisivo se hace necesario que los equipos de filmación sean transportados y montados en diferentes locaciones en el menor tiempo posible.
- Ambiente de trabajo: el equipo está expuesto a distintas condiciones ambientales consecuencia de su funcionamiento en espacios al aire libre.
- Factor económico: impuesto por los requerimientos del cliente.
- Factor humano: se requiere que el equipo sea operado manualmente por un personal capacitado en el manejo de equipos de filmación.

3.4 PARÁMETROS DE DISEÑO

Partiendo de los requerimientos del usuario se determinan los parámetros de diseño:

- Grados de libertad del brazo
- Ergonomía
- Funcionamiento
- Mantenimiento
- Materiales
- Construcción y montaje

3.4.1 GRADOS DE LIBERTAD DEL BRAZO

El equipo cuenta con dos grados de libertad, el primero permite un giro de 360° con respecto al plano horizontal, el segundo permite el cambio de altura del brazo al girar en un plano perpendicular a la horizontal. Estos grados de libertad proporcionan una altura máxima de 7000 (mm) y una altura mínima de 1000 (mm) bajo el nivel de referencia. Tomando en cuenta la referencia desde el punto de rotación del brazo.

3.4.2 ERGONOMÍA

El equipo debe contar con una adecuada relación entre el operario y la máquina durante su funcionamiento, brindando seguridad y comodidad para el personal que opera el equipo.

3.4.3 FUNCIONAMIENTO

El equipo cuenta con un manejo completamente manual en todas sus funciones. Además debe garantizar rigidez, estabilidad y resistencia mecánica durante el funcionamiento.

3.4.4 MANTENIMIENTO

El diseño garantiza que el equipo requiera de un fácil mantenimiento en periodos de tiempo prolongados, sin que esto afecte la funcionabilidad del mismo.

3.4.5 MATERIALES

La selección de los materiales que se emplean en la construcción del equipo tiene que satisfacer ciertas características, como proporcionar resistencia a ambientes negativos que pueden causar en los materiales efectos de oxidación y corrosión, el equipo debe ser liviano para su fácil transporte.

3.4.6 CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE

El diseño debe facilitar la construcción de cada parte o elemento del equipo así como permitir un adecuado montaje y desmontaje del mismo.

3.5 ESTUDIO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Se proponen varias alternativas, las mismas que se consideran con respecto al análisis funcional del equipo posteriormente desarrollado, teniendo en cuenta los parámetros de diseño, requerimientos del usuario así como las restricciones y limitaciones.

El análisis de las alternativas se lo realiza mediante el método de criterios ponderados, partiendo de criterios de selección.

3.5.1 ANÁLISIS FUNCIONAL

La función global representa la tarea global que debe realizar el producto que se va a diseñar y se establece como una caja negra que relaciona los flujos de entrada y los de salida. En el caso de nuestro proyecto la función global es el “Movimiento del sistema telescópico”, sin embargo, esta presentación es muy esquemática y, para obtener una representación más precisa, hay que dividir la función global en sub-funciones y a la vez, establecer las relaciones de flujos entre estas sub-funciones.³

La representación del conjunto de sub-funciones con las entradas y salidas así como las interrelaciones de flujos entre ellas se denomina estructura funcional.

El análisis funcional de un producto o sistema y la elaboración de la estructura funcional es un primer paso para establecer su estructura modular, a partir de combinar las diversas funciones en módulos de forma que se consigan los dos objetivos prioritarios siguientes:

- Agrupar las funciones en módulos
- Establecer interfaces adecuadas entre módulos

Para la correcta representación esquemática se va a utilizar diagramas de flujo donde se representaran las funciones identificadas y los diferentes tipos de flujos, entradas y salidas. Los diagramas de flujo se representaran dentro de niveles que empieza con el nivel 0 que representa la función global hasta un nivel que sea conveniente con el proceso en análisis.³

3.5.1.1 Simbología

Para facilitar la representación de las funciones y de los flujos en la estructura funcional de un producto o sistema, es conveniente disponer de símbolos adecuados cuya utilización sea lo suficientemente flexible. En la “Figura 55” se aprecia la simbología de los diagramas de flujo.

³ Romeva, C. R. (2002). *Diseño Concurrente*. Barcelona: Ediciones UPC. PP 59-126-129.

Los símbolos utilizados son los siguientes:

- Función: Rectángulo de línea continua
- Flujo de material y dirección: Flecha de doble línea continua
- Flujo de energía y dirección: Flecha de línea continua
- Flujo de señal y dirección: Flecha de línea discontinua
- Sistema, subsistema, módulo: Polígono de línea de punto y raya

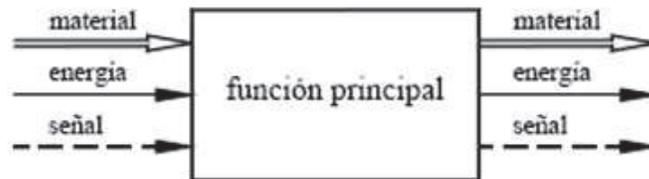


Fig. 55. Simbología de los diagramas de flujo

Las descripciones de los diferentes conceptos se realizan de la siguiente manera:

Funciones. Se sitúan dentro del rectángulo y preferentemente se definen con un verbo seguido de un predicado: transferir pieza; mover brazo; controlar posición.

Flujos. Su objeto se indica encima de las flechas correspondientes: de pieza en bruto, acabada; de alimentación eléctrica, de accionamiento del cabezal; de señal de puesta en marcha, de posición.

Sistema, subsistemas y módulos. Se indica encima y a mano izquierda del polígono que los delimita.³

3.5.1.2 Función Global y Estructura Funcional

Los niveles existentes dentro de la estructura funcional son:

3.5.1.2.1 Nivel 0

En el nivel 0 (ver “Figura 56”), se puede observar las entradas generales ya sean de material, energía o señal hacia la función global que cumplirá el equipo y ésta nos entrega un producto final es decir el enfoque de la cámara de video.



Fig. 56. Nivel 0 Estructura funcional

3.5.1.2.2 Nivel 1

En el nivel 1 (ver “Figura 57”), se desprenden todas las funciones y subfunciones inherentes en la función global, que muestra claramente el proceso y los flujos secuenciales que se desarrollan para el proceso del movimiento del sistema telescópico.

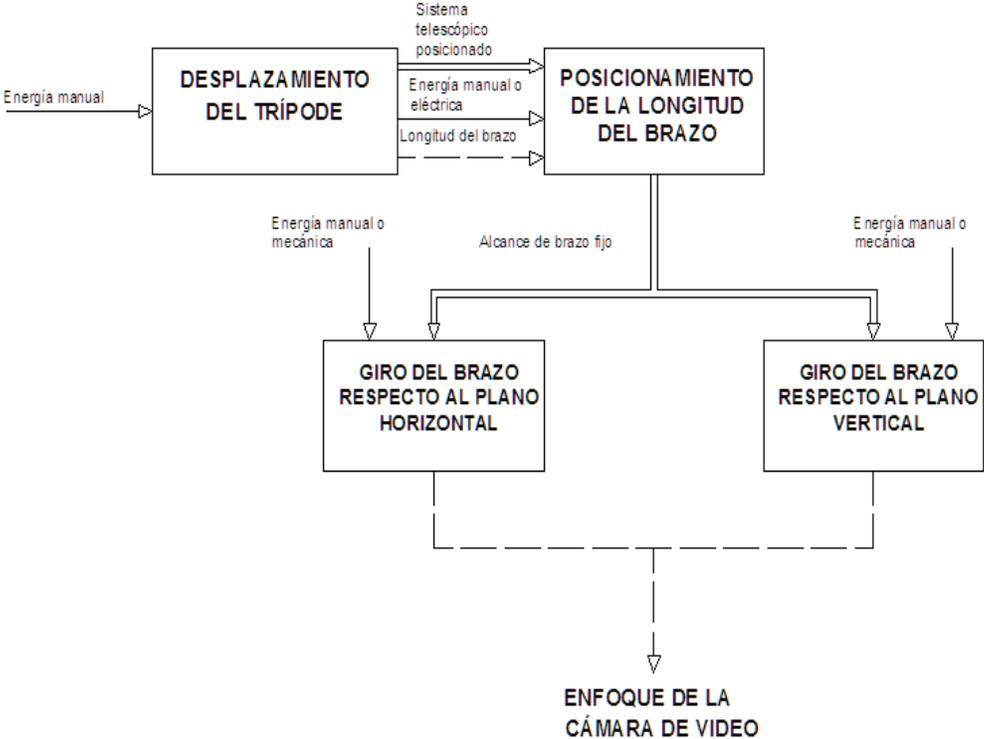


Fig. 57. Nivel 1 Estructura funcional

3.5.2 DETERMINACIÓN DE MÓDULOS

La estructura modular es aquella que está organizada según una disposición de diversos bloques constructivos o funcionales orientados a ordenar e implantar las

distintas funciones y a facilitar las operaciones de composición del producto. Los bloques se llaman módulos, y su organización, estructura modular.

- Módulos funcionales

Son aquellos bloques, o módulos, orientados fundamentalmente a materializar una o más funciones del producto y que prestan una especial atención a la interface de conexión y a los flujos de señales, de energía y de materiales con el entorno.

- Módulos constructivos

Son aquellos bloques, o módulos, orientados fundamentalmente a estructurar y facilitar las operaciones de composición de un producto por medio de la partición de una secuencia de fabricación compleja en secuencias de menor complejidad y prestan una especial atención a las interfaces de unión.³

3.5.2.1 Módulo 1: Posicionamiento fijo del sistema telescópico

Esta actividad consiste en el desplazamiento del sistema telescópico por medio del trípode hacia un punto específico y fijo desde donde se procede a realizar el enfoque, así mismo se debe establecer el alcance fijo que va a tener el brazo conforme la distancia requerida hacia el objetivo de filmación.

3.5.2.2 Módulo 2: Giro del brazo telescópico

Consiste en realizar dos movimientos simultáneos del brazo, el primero un giro con respecto al plano horizontal y el segundo un giro con respecto al plano vertical, lo que da como resultado final el enfoque deseado para la filmación de la respectiva escena. En la “Figura 58” se representa el módulo 2 de la estructura modular.

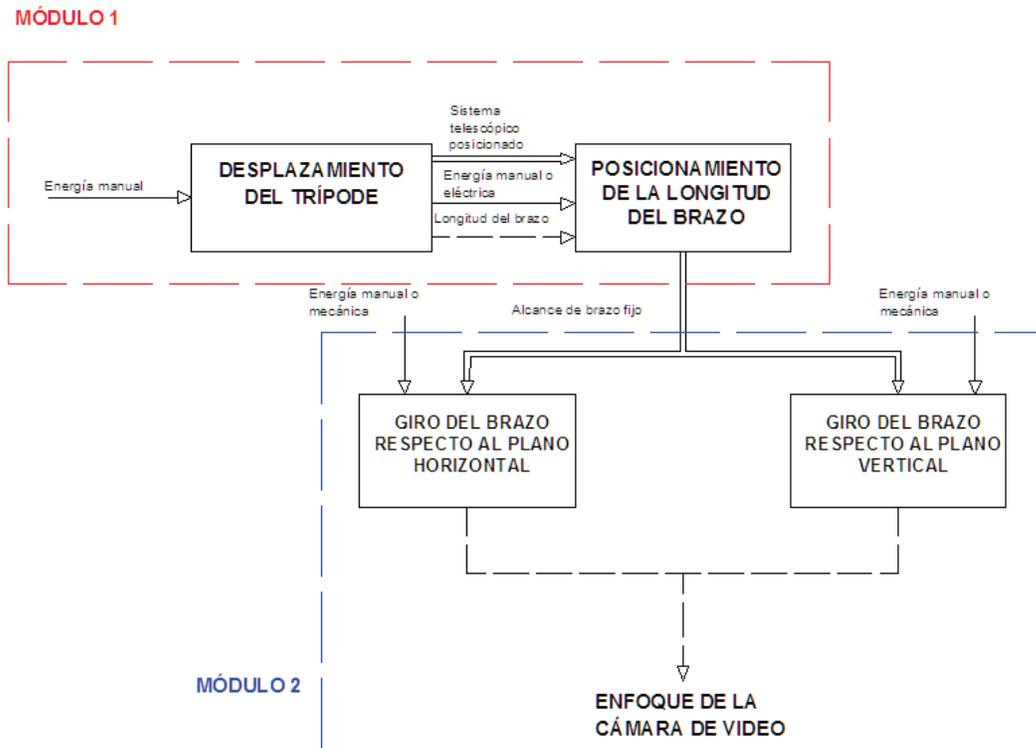


Fig. 58. Estructura modular

3.5.3 ALTERNATIVAS PARA CADA MÓDULO

Cada módulo cumple unas determinadas funciones, para las cuales se presentan ciertas alternativas:

3.5.3.1 Módulo 1: Posicionamiento fijo del sistema telescópico

Este módulo cumple con dos funciones:

3.5.3.1.1 Desplazamiento del trípode

Para la función del desplazamiento del sistema telescópico por medio del trípode se tiene una única solución la cual consiste en el movimiento manual por medio de ruedas instaladas en el trípode, como se ilustra en la “Figura 59”.



Fig. 59. Trípode con llantas

3.5.3.1.2 Posicionamiento de la longitud del brazo

1. Posicionamiento de longitud del brazo por secciones desmontables

Este sistema consiste en un brazo dividido en un número específico de secciones de iguales características que se pueden montar y desmontar por medio de uniones rígidas, las secciones tienen una longitud determinada y cuya unión dará como resultado la capacidad de alcance total deseado, como se ilustra en la “Figura 60”.

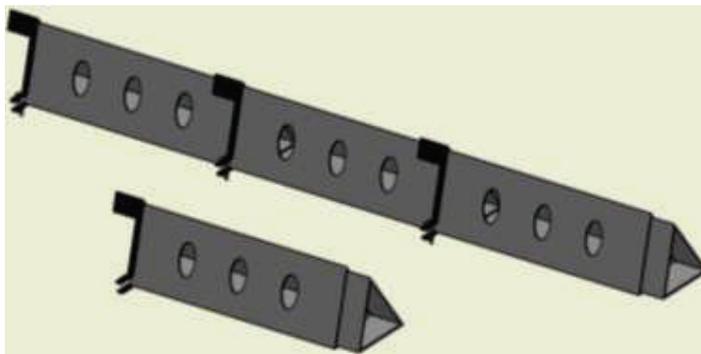


Fig. 60. Brazo seccionado

- **Ventajas**

- Costo de construcción relativamente bajo.
- Facilidad de montaje y desmontaje del equipo.
- Fácil mantenimiento.
- Al no poseer muchos mecanismos y elementos el peso disminuye notablemente.
- No requiere energía eléctrica para su funcionamiento.

- **Desventajas**

- No se puede variar la longitud del brazo en el momento que el equipo esté funcionando.
- Al ser un cuerpo seccionado se necesita que las uniones garanticen la suficiente rigidez para su correcto funcionamiento.
- Se requiere contar con cables tensores para cada sección del brazo.

2. Posicionamiento de longitud del brazo por medio de cables y poleas

Esta solución consiste en un sistema de cables y poleas instaladas para cada sección del brazo telescópico, accionadas por medio de un motor eléctrico montado sobre el sistema de contrapesos. El sistema es gobernado por medio de un control automático capaz de variar la longitud total del brazo como se ilustra en la “Figura 61”.

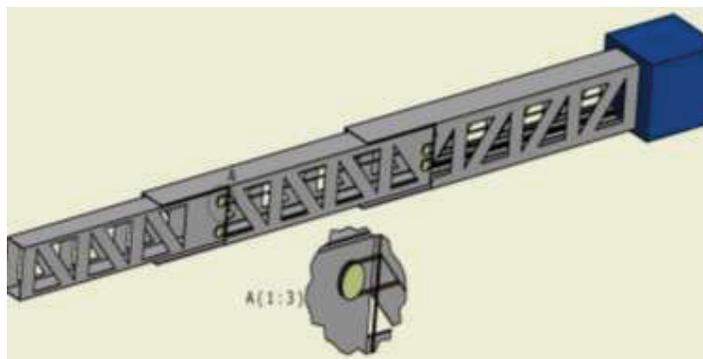


Fig. 61. Brazo con sistema cable-polea

- **Ventajas**

- Permite la variación de la longitud del brazo durante el funcionamiento del equipo.
- Fácil operación para variar la longitud del brazo.

- **Desventajas**

- Mayor costo del equipo.
- Debido al sistema de poleas y cables aumenta el peso total del equipo.
- Mayor mantenimiento.
- Mayor dificultad para trasladar el equipo.
- Se requiere energía eléctrica.

- Mayor complejidad en el manejo del equipo por parte del operario, debido a que se deben controlar los otros movimientos de giro del brazo simultáneamente a la variación de la longitud.
3. Posicionamiento de longitud del brazo por medio de un sistema neumático. Esta solución consiste en una serie de cilindros neumáticos ubicados en cada sección del brazo telescópico, mismos que permitirán variar la capacidad de alcance del brazo. Será necesario el uso de un control automático para el manejo del sistema. En la “Figura 62” se aprecia el esquema del brazo con sistema neumático.

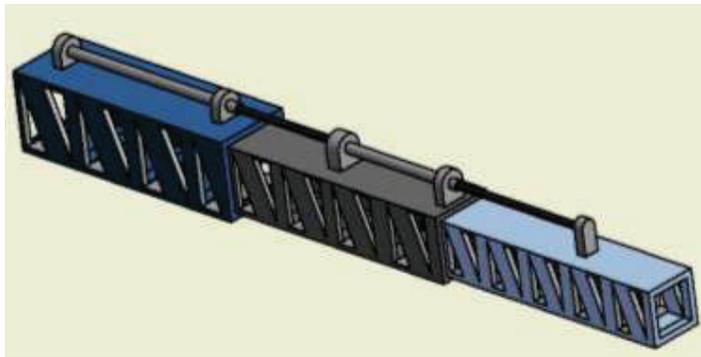


Fig. 62. Brazo con sistema neumático

- **Ventajas**

- Permite la variación de la longitud del brazo durante el funcionamiento del equipo.
- Se tiene una mayor precisión al momento de variar la longitud del brazo.
- Se puede crear un movimiento de zoom extra al momento de la filmación.

- **Desventajas**

- El costo del equipo es relativamente alto.
- Se requiere de un mantenimiento más estricto y complejo.
- El sistema neumático aumenta el peso del equipo.
- El equipo no posee la característica de ser desmontable, por lo que aumenta su dificultad de transporte.
- Se requiere de energía mecánica y/o eléctrica.

3.5.3.1.3 Alternativas para el módulo 1

Se combina las soluciones para cada función y se aprecia la alternativa de solución para el módulo, como se aprecia en la Tabla 1.

Tabla 1. Alternativas módulo 1

Función	Solución
Desplazamiento del tripode	<div data-bbox="776 527 1105 659" style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; text-align: center;">Manual por medio de ruedas</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"><div style="text-align: center;"><div data-bbox="711 659 943 779" style="font-size: 24px;">↙</div></div><div style="text-align: center;"><div data-bbox="922 659 964 779" style="font-size: 24px;">↓</div></div><div style="text-align: center;"><div data-bbox="997 659 1198 779" style="font-size: 24px;">↘</div></div></div>
Posicionamiento de la longitud del brazo	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"><div data-bbox="581 789 821 926" style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; text-align: center;">Secciones desmontables</div><div data-bbox="841 789 1062 926" style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; text-align: center;">Cables y poleas</div><div data-bbox="1089 789 1300 926" style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; text-align: center;">Sistema neumático</div></div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"><div data-bbox="581 947 808 1016" style="background-color: #4a86e8; color: white; border-radius: 10px; padding: 5px; text-align: center;">Alternativa 1</div><div data-bbox="824 947 1062 1016" style="background-color: #4a86e8; color: white; border-radius: 10px; padding: 5px; text-align: center;">Alternativa 2</div><div data-bbox="1078 947 1300 1016" style="background-color: #4a86e8; color: white; border-radius: 10px; padding: 5px; text-align: center;">Alternativa 3</div></div>

Los esquemas de las diferentes alternativas para este módulo se muestran en las “Figuras: 63, 64 y 65”.

- **Alternativa 1**

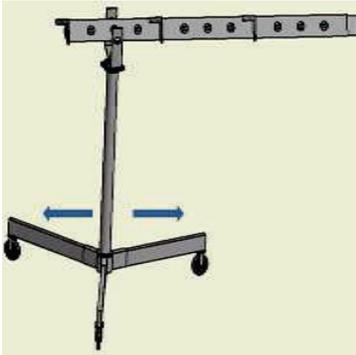


Fig. 63. Alternativa 1 - módulo 1

- **Alternativa 2**

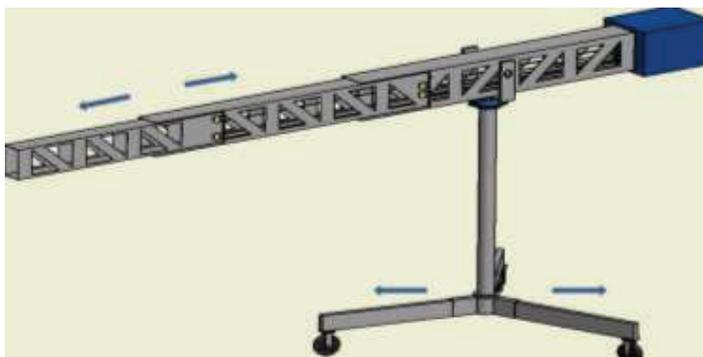


Fig. 64- Alternativa 2 - módulo 1

- **Alternativa 3**



Fig. 65. Alternativa 3 - módulo1

3.5.3.1.4 Evaluación y selección de la alternativa para el módulo 1

Para determinar cuál de las alternativas del módulo 1 es la más conveniente para la fabricación, se usa el método ordinal corregido de criterios ponderados, plantado por el diseño concurrente.

Este criterio se basa en unas tablas donde cada criterio (o solución, para un determinado criterio) se confronta con los restantes criterios (o soluciones) y se asignan los valores siguientes:

1: Si el criterio (o solución) de las filas es superior (o mejor; $>$) que el de las columnas.

0,5: Si el criterio (o solución) de las filas es equivalente ($=$) al de las columnas.

0: Si el criterio (o solución) de las filas es inferior (o peor; <) que el de las columnas.

Luego, para cada criterio (o solución), se suman los valores asignados en relación a los restantes criterios (o soluciones) al que se le añade una unidad (para evitar que el criterio o solución menos favorable tenga una valoración nula); después, en otra columna se calculan los valores ponderados para cada criterio (o solución).

Finalmente, la evaluación total para cada solución resulta de la suma de productos de los pesos específicos de cada solución por el peso específico del respectivo criterio.³

Los criterios de valoración más importantes son:

- Facilidad de montaje y desmontaje.
- Costo: se refiere al costo de fabricación de los elementos que forman parte del módulo 1.
- Facilidad de desplazamiento: es el grado de complejidad del movimiento del sistema telescópico hasta su posicionamiento fijo.
- Mecanismo de funcionamiento sencillo: permite que el diseño, construcción y mantenimiento se ejecuten sin mayor dificultad.
- Precisión en el movimiento: es la capacidad del brazo a realizar movimientos precisos y continuos durante su posicionamiento.

La evaluación de criterios con respecto a las alternativas se presenta en las Tablas: 2, 3, 4, 5, 6 y 7.

Tabla 2. Evaluación de cada criterio

	Facilidad de montaje y desmontaje	Costo	Facilidad de desplazamiento	Mecanismo de funcionamiento sencillo	Precisión en el movimiento	I+1	Ponderación
Facilidad de montaje y desmontaje		1	0	1	1	4	0.267
Costo	0		0	0.5	1	2.5	0.167
Facilidad de desplazamiento	1	1		1	1	5	0.333
Mecanismo de funcionamiento sencillo	0	0.5	0		1	2.5	0.167
Precisión en el movimiento	0	0	0	0		1	0.067
					Suma	15	1
Facilidad de desplazamiento>Facilidad de montaje y desmontaje>Costo=Mecanismo de funcionamiento sencillo>Precisión en el movimiento							

A continuación se evalúa cada uno de los criterios con respecto a las alternativas o soluciones del módulo 1.

Tabla 3. Evaluación de las alternativas respecto a la facilidad de montaje y desmontaje

Facilidad de montaje y desmontaje	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0.500
Alternativa 2	0		1	2	0.333
Alternativa 3	0	0		1	0.167
Suma				6	1
Alternativa 1> Alternativa 2> Alternativa 3					

Tabla 4. Evaluación de las alternativas respecto al costo

Costo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0.500
Alternativa 2	0		1	2	0.333
Alternativa 3	0	0		1	0.167
Suma				6	1
Alternativa 1> Alternativa 2> Alternativa 3					

Tabla 5. Evaluación de las alternativas respecto a la facilidad de desplazamiento

Facilidad de desplazamiento	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0.500
Alternativa 2	0		0.5	1.5	0.250
Alternativa 3	0	0.5		1.5	0.250
Suma				6	1
Alternativa 1> Alternativa 2= Alternativa 3					

Tabla 6. Evaluación de las alternativas respecto a un mecanismo de funcionamiento sencillo

Mecanismo de funcionamiento sencillo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0.500
Alternativa 2	0		0	1	0.167
Alternativa 3	0	1		2	0.333
Suma				6	1
Alternativa 1> Alternativa 3> Alternativa 2					

Tabla 7. Evaluación de las alternativas respecto a la precisión en el movimiento

Precisión en el movimiento	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0	0	1	0.167
Alternativa 2	1		1	3	0.500
Alternativa 3	1	0		2	0.333
Suma				6	1
Alternativa 2> Alternativa 3> Alternativa 1					

Tabla 8. Conclusiones para el módulo 1

Conclusión	Facilidad de montaje y desmontaje	Costo	Facilidad de desplazamiento	Mecanismo de funcionamiento sencillo	Precisión en el movimiento	Σ	Prioridad
Alternativa 1	0.133	0.083	0.167	0.083	0.011	0.478	1
Alternativa 2	0.089	0.056	0.083	0.028	0.033	0.289	2
Alternativa 3	0.044	0.028	0.083	0.056	0.022	0.233	3

Conclusión: De acuerdo con los resultados mostrados en la Tabla 8, la alternativa que más se ajusta a los criterios de ponderación es la **alternativa 1**, la misma que tiene como solución el desplazamiento del trípode manual por medio de ruedas y posicionamiento de la longitud del brazo por secciones desmontables.

3.5.3.2 Módulo 2: Giro del brazo telescópico

Este módulo cumple con dos funciones:

3.5.3.2.1 Giro del brazo con respecto al plano horizontal

Para la función del giro del brazo respecto al plano horizontal (ver “Figura 66”), se tiene una sola solución la cual consiste en una chumacera de pared asentada

sobre el trípode donde ingresa el eje pivote del soporte del brazo telescópico. El sistema permite el giro de 360° paralelo al plano.

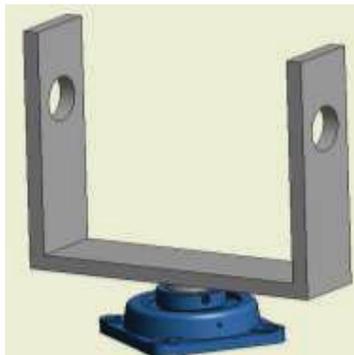


Fig. 66. Mecanismo para giro horizontal

3.5.3.2.2 Giro del brazo con respecto al plano vertical

1. Giro del brazo por accionamiento manual.

Esta solución consiste en dos chumaceras de pared montadas en las caras laterales de la sección inicial del brazo telescópico, en las cuales se introduce el eje respecto al cual se produce el giro del brazo. El eje está fijo sobre bocines en el soporte del brazo. El sistema permanece en equilibrio por medio de un sistema de pesas y es operado manualmente, como se ilustra en la “Figura 67”.

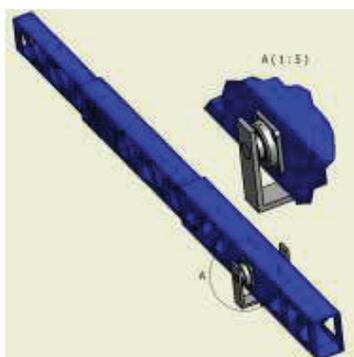


Fig. 67. Giro por accionamiento manual

- **Ventajas**
 - Accionamiento sencillo.
 - Costo del sistema relativamente bajo.
 - Fácil mantenimiento.

- No requiere de energía eléctrica.
- Mecanismo desmontable.
- Ya que no cuenta con tantos mecanismos se reduce el peso total del equipo.

- **Desventajas**

- El nivel de altura se encuentra limitado por las condiciones físicas del operario.
- No se puede tener movimientos precisos y/o continuos.

2. Giro del brazo por accionamiento neumático.

Esta solución consiste en el giro vertical del brazo por medio de un cilindro neumático ubicado entre el trípode y la sección inicial del brazo de forma angular, de manera que la carrera del pistón varíe el ángulo de inclinación del brazo. El sistema igualmente pivota sobre un eje montado en el soporte del brazo telescópico, como se ilustra en la “Figura 68”.

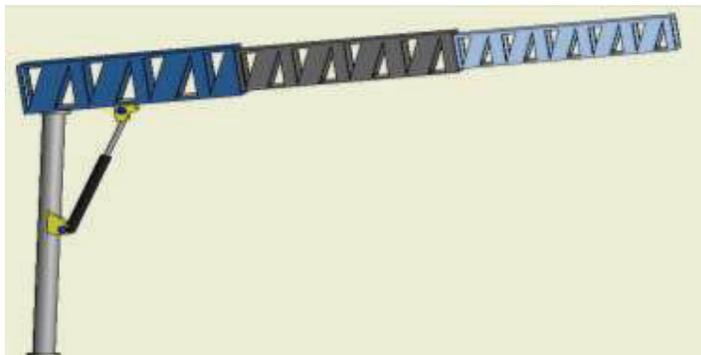


Fig. 68. Giro del brazo por accionamiento neumático

- **Ventajas**

- Permite movimientos precisos y/o continuos.
- Evita movimientos bruscos por parte del operario.
- No requiere de un sistema de contrapesos.

- **Desventajas**

- Costo elevado.
- Mayor mantenimiento.

- Ineficiente para altas capacidades de alcance del brazo.
- Requiere de energía mecánica.
- Mayor dificultad en el desmontaje del equipo.
- Capacidad de giro limitada por la carrera del pistón.

3. Giro del brazo por accionamiento piñón cremallera.

Esta solución consiste en el giro del brazo por medio de un mecanismo piñón cremallera el mismo que permite el giro del brazo debido a la transmisión de movimiento, desde un giro manual del piñón montada en el trípode, hacia un movimiento angular dado por la cremallera ubicada en el brazo porta cámara, como se ilustra en la “Figura 69”.

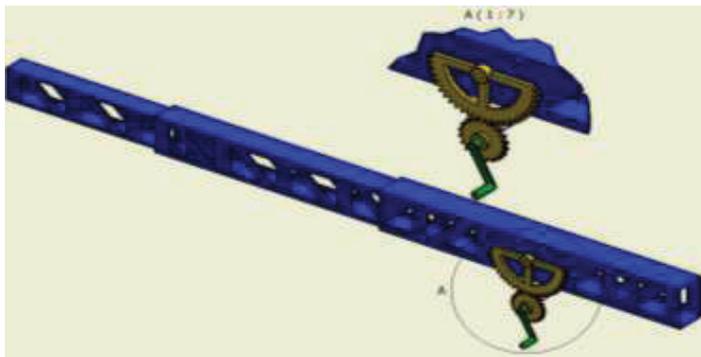


Fig. 69. Giro de brazo por piñón-cremallera

• **Ventajas**

- Permite movimiento de giro más precisos y/o continuos.
- Disminuye los movimientos bruscos por parte del operario.
- No requiere energía eléctrica.
- Fácil desmontaje.
- No requiere de un sistema de contrapesos.
- Fácil mantenimiento.

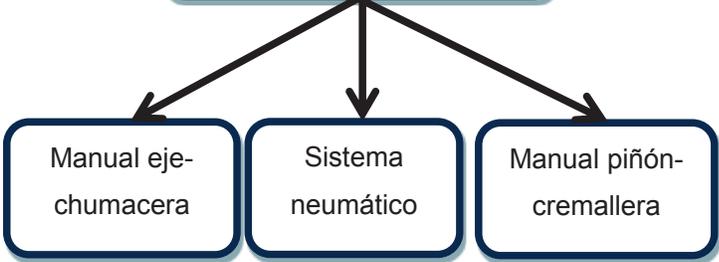
• **Desventajas**

- Costo relativamente alto.
- Mayor peso debido a los elementos.
- Requiere de cierto esfuerzo aplicado por parte del operario.
- Capacidad de giro limitada por el mecanismo piñón- cremallera.

3.5.3.2.3 Alternativas para el módulo 2

Se combina las soluciones para cada función y se aprecia la alternativa de solución para el módulo, como se aprecia en la Tabla 2.

Tabla 9. Alternativas módulo 2

Función	Solución
Giro del brazo con respecto al plano horizontal	<p data-bbox="740 516 1138 653">Manual por medio de unión eje-chumacera</p> 
Giro del brazo con respecto al plano vertical	<p data-bbox="581 768 816 905">Manual eje-chumacera</p> <p data-bbox="824 768 1060 905">Sistema neumático</p> <p data-bbox="1068 768 1304 905">Manual piñón-cremallera</p> <p data-bbox="581 936 816 1010">Alternativa 1</p> <p data-bbox="824 936 1060 1010">Alternativa 2</p> <p data-bbox="1068 936 1304 1010">Alternativa 3</p>

Los esquemas de las diferentes alternativas para este módulo se muestran en las “Figuras: 70, 71 y 72”.

- Alternativa 1

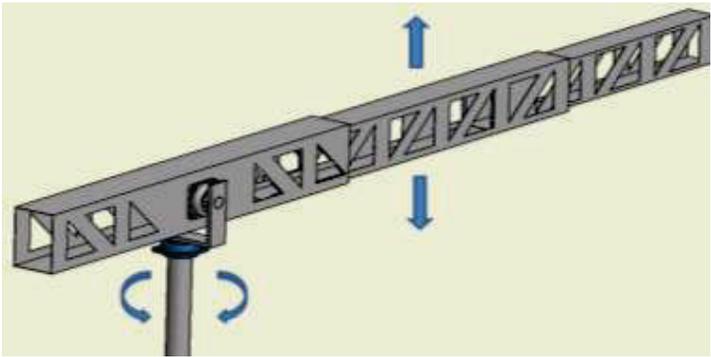


Fig. 70. Alternativa 1- módulo2

- **Alternativa 2**

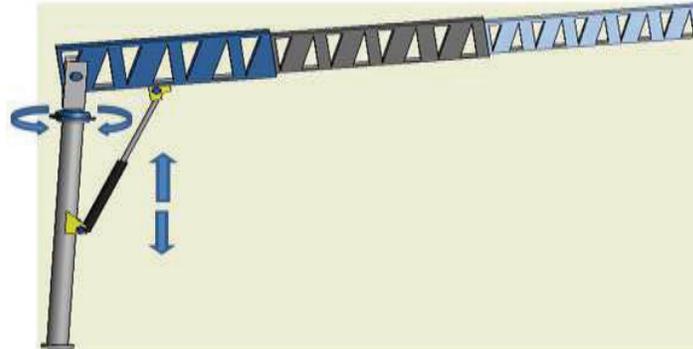


Fig. 71. Alternativa 2 - módulo 2

- **Alternativa 3**

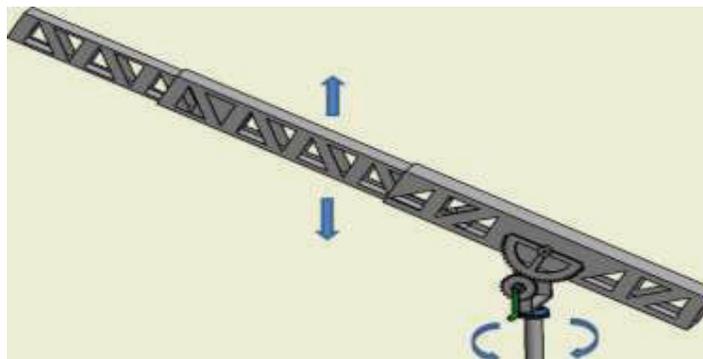


Fig. 72. Alternativa 3- módulo 2

3.5.3.2.4 Evaluación y selección de la alternativa para el módulo 2

Al igual que para el módulo 1, para determinar cuál de las alternativas del módulo 2 es la más conveniente para la fabricación, se usa el método ordinal corregido de criterios ponderados.

Los criterios de valoración más importantes son:

- Facilidad de montaje y desmontaje.
- Costo: se refiere al costo de fabricación de los elementos que forman parte del módulo 2.
- Mecanismo de funcionamiento sencillo: permite que el diseño, construcción y mantenimiento se ejecuten sin mayor dificultad.

- Precisión en el movimiento: es la capacidad del brazo a realizar movimientos precisos y continuos durante su posicionamiento.
- Capacidad de elevación: altura que alcanza la cámara de video respecto al eje de rotación del brazo telescópico.

La evaluación de criterios con respecto a las alternativas se presenta en las Tablas: 10, 11, 12, 13, 14 y 15.

Tabla 10. Evaluación de cada criterio módulo2

	Facilidad de montaje y desmontaje	Costo	Capacidad de elevación	Mecanismo de funcionamiento sencillo	Precisión en el movimiento	$\Sigma+1$	Ponderación
Facilidad de montaje y desmontaje		0.5	0	1	1	3.5	0.233
Costo	0.5		0	1	1	3.5	0.233
Capacidad de elevación	1	1		1	1	5	0.333
Mecanismo de funcionamiento sencillo	0	0	0		1	2	0.133
Precisión en el movimiento	0	0	0	0		1	0.067
					Suma	15	1
Capacidad de elevación > Costo = Facilidad de montaje y desmontaje > Mecanismo de funcionamiento sencillo > Precisión en el movimiento							

A continuación se evalúa cada uno de los criterios con respecto a las alternativas o soluciones del módulo 1.

Tabla 11. Evaluación de las alternativas respecto a la facilidad de montaje y desmontaje módulo 2

Facilidad de montaje y desmontaje	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0.500
Alternativa 2	0		0	1	0.167
Alternativa 3	0	1		2	0.333
			Suma	6	1
Alternativa 1 > Alternativa 3 > Alternativa 2					

Tabla 12. Evaluación de las alternativas respecto al costo módulo 2

Costo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0.500
Alternativa 2	0		0	1	0.167
Alternativa 3	0	1		2	0.333
Suma				6	1
Alternativa 1> Alternativa 3> Alternativa 2					

Tabla 13. Evaluación de los criterios respecto a la capacidad de elevación módulo 2

Capacidad de elevación	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0.500
Alternativa 2	0		0.5	1.5	0.250
Alternativa 3	0	0.5		1.5	0.250
Suma				6	1
Alternativa 1> Alternativa 2=Alternativa 3					

Tabla 14. Evaluación de los criterios respecto al mecanismo de funcionamiento sencillo módulo 2

Mecanismo de funcionamiento sencillo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0.500
Alternativa 2	0		0	1	0.167
Alternativa 3	0	1		2	0.333
Suma				6	1
Alternativa 1> Alternativa 3> Alternativa 2					

Tabla 15. Evaluación de los criterios respecto a la precisión en el movimiento módulo 2

Precisión en el movimiento	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0	0	1	0.167
Alternativa 2	1		1	3	0.500
Alternativa 3	1	0		2	0.333
Suma				6	1
Alternativa 2> Alternativa 3> Alternativa 1					

Tabla 16. Conclusiones para el módulo 2

Conclusión	Facilidad de montaje y desmontaje	Costo	Capacidad de elevación	Mecanismo de funcionamiento sencillo	Precisión en el movimiento	Σ	Prioridad
Alternativa 1	0.117	0.117	0.167	0.067	0.011	0.478	1
Alternativa 2	0.039	0.039	0.083	0.022	0.033	0.217	2
Alternativa 3	0.078	0.078	0.083	0.044	0.022	0.306	3

Conclusión: De acuerdo con los resultados mostrados en la Tabla 16, la alternativa que más se ajusta a los criterios de ponderación es la **alternativa 1**, la misma que tiene como solución de giro del brazo con respecto al plano horizontal de manera manual por medio de la unión eje-chumacera y giro del brazo con respecto al plano vertical igualmente de manera manual por medio de unión eje-chumacera.

3.5.3.2.5 Descripción de la solución ganadora

Finalmente después de la evaluación de las alternativas de cada módulo por medio del método de criterios ponderados, se obtiene como resultado el sistema telescópico porta cámara formado por la alternativa 1 tanto del módulo 1 y 2, el cual consiste en un mecanismo de brazo telescópico, con un desplazamiento manual a través de un trípode, posicionamiento de la longitud del brazo por medio de secciones desmontables, giro del brazo con respecto al plano horizontal y vertical mediante un mecanismo eje chumacera. En la “Figura 73” se muestra la solución ganadora.



Fig. 73. Solución ganadora sistema telescópico

3.6 PROTOCOLO DE PRUEBAS

Una vez desarrollado el diseño y construcción del Sistema Telescópico Manual Porta Cámara, se procede a desarrollar un protocolo de pruebas, mediante el cual se comprueba que las especificaciones y mecanismos de la máquina construida cumplan satisfactoriamente las funciones dadas al inicio del diseño.

El protocolo de pruebas para el sistema telescópico verifica los siguientes aspectos:

- Capacidad de carga: el sistema tiene que soportar una cámara de video de 30 kg de peso.
- Capacidad de alcance: El brazo telescópico debe poseer un alcance total de 10000(mm).
- Maniobrabilidad: facilidad de operación y manejo del sistema porta cámara.

Para lo cual el protocolo consta de ciertas pruebas, las cuales son:

- Verificación de la capacidad de carga (Prueba en vacío y con carga)
- Verificación de la capacidad de alcance
- Maniobrabilidad del equipo

Se elabora un formato del Protocolo de Pruebas establecidas para este proyecto, el cual se encuentra en el Anexo1.

CAPÍTULO 4.

DISEÑO DEL MECANISMO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS CONSTITUYENTES

4.1 INTRODUCCIÓN

Al empezar con el diseño del Sistema Telescópico Porta Cámara, se debe tener en cuenta ciertas consideraciones en los cuales se fundamenta el cálculo de la alternativa escogida:

- El diseño no es un análisis exacto como lo es el cálculo, se basa en una serie de iteraciones, suposiciones y consideraciones que deben ser comprobadas posteriormente.
- Las suposiciones y consideraciones que se toman en cuenta se basan en parámetros aproximados resultantes de consultas bibliográficas y técnicas, lo que permite una aproximación a los valores más reales posibles.
- El procedimiento de diseño seleccionado para el presente proyecto es una combinación del cálculo manual y el computarizado por medio de paquetes informáticos tales como, MD Solids, Inventor y Sap 2000. Para el diseño de algunos elementos como se desarrollará en este capítulo.
- Principalmente se utiliza unidades en el Sistema Internacional (SI) y si es necesario su equivalencia en el Sistema Ingles.
- Para los cálculos respectivos se considera a la carga en forma estática en cualquier posición que ésta se encuentre, porque la velocidad de movimiento del brazo es relativamente baja.

4.2 ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA TELESCÓPICO

En primer lugar, conforme al análisis de alternativas previamente realizado, se establece un esquema general que representa los elementos principales básicos para el diseño del sistema telescópico porta cámara, como se muestra en la "Figura 74".

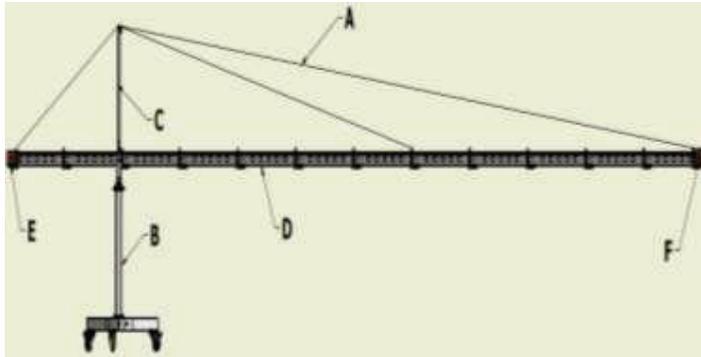


Fig. 74. Esquema general del sistema telescópico

Dónde:

- A: Cables de arriostamiento
- B: Trípode
- C: Barra rígida para soporte de cables.
- D: Brazo telescópico
- E: Sistema de contrapesos
- F: Cabezal porta cámara

Este esquema general será utilizado para los fines de cálculo del sistema telescópico, es decir se considera la geometría establecida en el esquema.

Sin embargo, cuando el diseño sea ya finalmente establecido, existen otros detalles que no están incluidos en el esquema general, y que deben ser ya sea diseñados o seleccionados.

En la "Figura 75", se muestra los diferentes elementos secundarios que sin dejar de lado su debida importancia no se aprecian claramente en el esquema general, pero deben entrar en el desarrollo del diseño y selección.

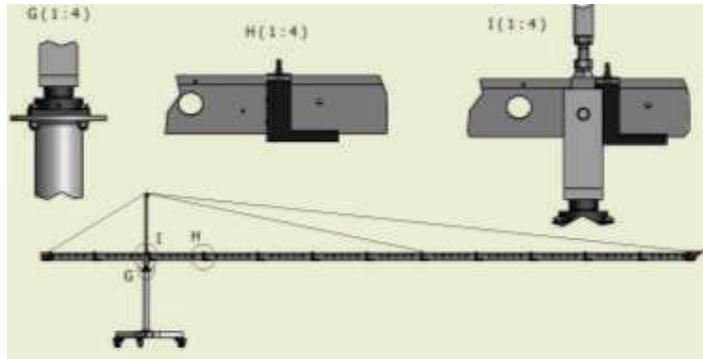


Fig. 75. Esquema detallado del sistema telescópico

En esta figura se puede apreciar que para llegar a establecer el diseño completo mostrado en el esquema general, deben ser analizados otros detalles que constituyen el diseño.

Por lo tanto se tienen los siguientes elementos:

- G: Sistema de giro del brazo paralelo al plano horizontal
- H: Acople de secciones del brazo telescópico
- I: Sistema de giro del brazo con respecto al plano vertical

4.3 DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS ACTUANTES

Para determinar las cargas actuantes se procede a analizar el tipo de carga y su influencia dentro del sistema, para el establecimiento de las cargas se evalúa los parámetros de diseño como los proporcionados por el usuario.

4.3.1 CARGAS ESTÁTICAS

4.3.1.1 Carga de Peso propio del brazo

Se refiere a la carga del peso propio del brazo, una carga inherente a la construcción de la estructura y permanente en ella en todo momento, esta carga corresponde al siguiente parámetro:

- Peso de las secciones del brazo

Los elementos como uniones de sección, cables de arriostamiento y elementos de sujeción, al ser muy difícil definir su geometría para esta etapa inicial de diseño se establece que el peso es despreciable comparado con el peso de la estructura principal del sistema.

4.3.1.1.1 Peso de los perfiles que conforman la sección del brazo W_p

La estimación de este parámetro requiere las siguientes condiciones:

- Se desconoce las dimensiones exactas de los perfiles que conforman las secciones del brazo en esta etapa del diseño.
- El perfil que se selecciona como base de diseño tiene una sección transversal triangular, debido a que el triángulo es el único polígono que no se deforma cuando actúa sobre él una fuerza en cualquiera de sus vértices, tiene dos característica principales poseen gran resistencia y son ligeros comparado con otros tipos de perfiles.
- En el mercado nacional la oferta de este tipo de perfil es limitada, siendo muy escasa la gama de perfiles en cuanto a dimensiones se refiere.
- Para obtener el perfil de sección triangular se va a utilizar planchas de aluminio liso, que tiene una aleación 6061 T6 y espesor 3 (mm), las cuales mediante un proceso de doblado van a conformar el perfil con una disposición mostrada en la “Figura 76”.

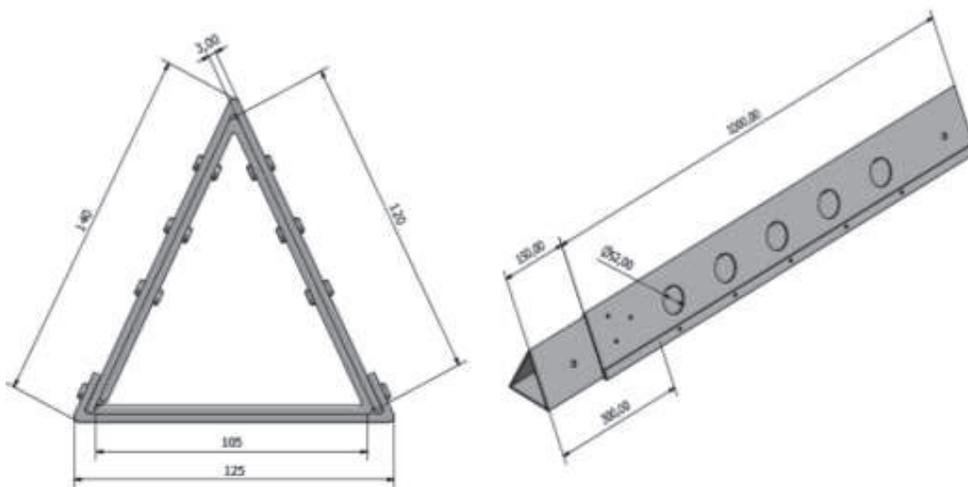


Fig. 76. Perfil de sección triangular

- Las medidas establecidas en la “Figura 76”, son la base para el cálculo del peso del perfil.
- Las dimensiones definitivas del perfil se determinan posteriormente en el cálculo de la estructura.

De acuerdo con las consideraciones mencionadas se tiene que el perfil de sección triangular tiene un peso de 39,2 (N/m) y la longitud de cada perfil es de 1 (m), al ser la longitud total del brazo 12 (m) se tiene que:

$$W_p = 39,2 \left(\frac{N}{m} \right) * 12 (m) = 470,4 (N)$$

4.3.1.1.2 Carga de seguridad del brazo W_s

Basándose en la experiencia técnica y profesional, se tiene que:

$$W_s = 0,25 * W_p \quad (\text{Ec.1})$$

$$W_s = 0,25 * 470,4 (N)$$

$$W_s = 117,6 (N)$$

4.3.1.1.3 Carga total del brazo

$$W_{Tb} = W_p + W_s \quad (\text{Ec.2})$$

$$W_{Tb} = (470,4 + 117,6) (N)$$

$$W_{Tb} = 588 (N)$$

Para los cálculos se emplea una carga distribuida a lo largo de toda la longitud del brazo que es:

$$q = \frac{588 (N)}{12 (m)} = 49 \left(\frac{N}{m} \right)$$

4.3.1.2 Carga del peso propio del trípode

Es la carga que corresponde al peso propio de los elementos que conforman el trípode, y que permanece constante en cualquier instante, esta carga corresponde al siguiente parámetro:

- **Peso del trípode**

Los elementos montados sobre el trípode, sean estos barra rígida, chumaceras, ejes de rotación, llantas y elementos de sujeción, similarmente como se dio con la carga del brazo para estos elementos es difícil definir su geometría por lo que se establece que el peso es despreciable comparado con el peso de la estructura principal del sistema.

4.3.1.2.1 *Peso del trípode W_t*

La estimación de este parámetro requiere las siguientes condiciones:

- Se desconoce las dimensiones exactas del trípode en esta etapa del diseño.
- El trípode que se selecciona como base de diseño tiene como columna una tubería circular de diámetro 100 (mm) y espesor de 8 (mm) de acero estructural negro.
- La base está conformada por tres patas de perfiles en C y tubería rectangular, en un material de acero estructural.
- Las medidas establecidas en la “Figura 77”, son la base para el cálculo del peso del trípode.
- Las dimensiones definitivas del trípode se determinan posteriormente en el cálculo de la estructura.

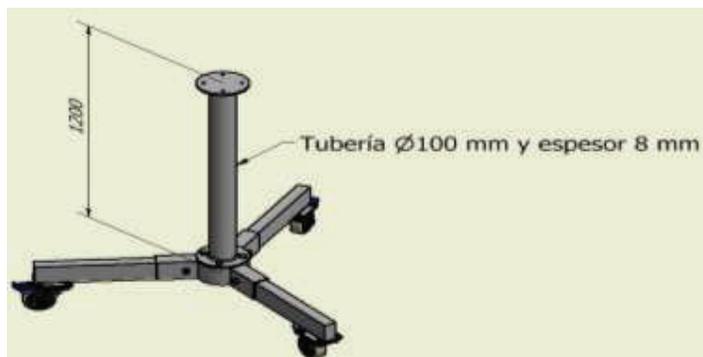


Fig. 77. Trípode del sistema telescópico

De acuerdo con las consideraciones mencionadas, se tiene que:

$$W_t = 662 \text{ (N)}$$

4.3.1.2.2 Carga de seguridad del trípode W_{st}

El factor de seguridad será el mismo que se utilizó en el cálculo de la carga de seguridad del brazo, por lo que se tiene:

$$W_{st} = 0,25 * 662 \text{ (N)}$$

$$W_{st} = 165 \text{ (N)}$$

4.3.1.2.3 Carga total del trípode

$$W_{Tt} = (662 + 165) \text{ (N)}$$

$$W_{Tt} = 827 \text{ (N)}$$

Para los cálculos se denominará $W_{Tt} = F3$

4.3.2 CARGAS DE OPERACIÓN

4.3.2.1 Carga de la cámara de video C_c

La carga de la cámara de video, de 30 (kg), fue justificada previamente según los requerimientos establecidos por el usuario. Se debe tomar a consideración que este valor es fijo debido a que un cambio en el mismo no solo afecta los cálculos estructurales sino también el desarrollo del diseño.

La carga de la cámara de video se refiere entonces a la capacidad del brazo telescópico de soportar la cámara y su cabezal de aproximadamente 4 (kg), así como también de manera adicional a una carga de seguridad en caso de sobrecarga, que se le puede asumir como un 25% (según recomendaciones técnicas) de la carga nominal.

Por tanto:

$$C_c = [30 + 4](kg) + [0.25 * 34] (kg)$$

$$C_c = 42.5 \text{ (kg)}$$

$$C_c = 416.5 \text{ (N)}$$

Para los cálculos se denominará $C_c = F1$

4.3.2.2 Carga del sistema de contrapesos C_{co}

Ésta carga se refiere al peso necesario para que el sistema pueda mantenerse en equilibrio, el cual consiste en la colocación de pesas sobre el brazo, en el extremo opuesto en donde se coloca la carga de la cámara.

Para los cálculos se denominará $C_{co} = F2$

El valor correspondiente a esta carga se la determina posteriormente en los cálculos de la estructura.

4.4 DISEÑO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL SISTEMA TELESCÓPICO

4.4.1 DISEÑO DEL BRAZO TELESCÓPICO

4.4.1.1 Consideraciones de diseño

Para el diseño de este elemento se deben realizar las siguientes consideraciones:

- Se considera toda la longitud del brazo como un solo cuerpo rígido, debido a que las secciones que lo conforman son unidas por elementos que garanticen su rigidez y que estarán siendo diseñados posteriormente.
- Los cables se consideran de arriostamiento, es decir que proporcionan rigidez al brazo.
- La sección del perfil del brazo es triangular, con las especificaciones anteriormente mencionadas en el análisis de cargas.

4.4.1.2 Diagrama de cuerpo libre del sistema telescópico

En la “Figura 78”, se muestra el diagrama de cuerpo libre del sistema planteado:

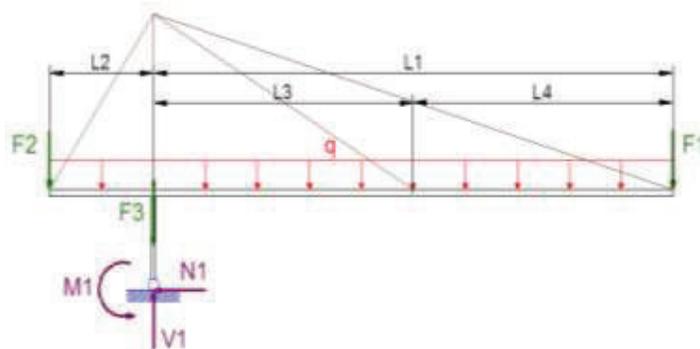


Fig. 78. DCL sistema telescópico

Una vez que se tienen todas las fuerzas actuantes sobre el sistema se procede al cálculo de las reacciones y la carga del sistema de contrapesos.

Para los cálculos se puede considerar la carga distribuida q como una carga puntual Q , definida de la siguiente forma:

$$Q = q(L_1 + L_2) \quad (\text{Ec.3})$$

$$Q = 49 \left(\frac{N}{m} \right) [2(m) + 10(m)]$$

$$Q = 588 (N)$$

Del diagrama de cuerpo libre se tiene que:

$$\uparrow_+ \sum F_y = 0 \quad (\text{Ec.4})$$

$$0 = V_1 - F_2 - F_3 - F_1 - Q$$

$$V_1 = F_2 + F_3 + F_1 + q(L_1 + L_2)\}$$

$$V_1 = F_2 + 827(N) + 416,5(N) + 588(N)$$

$$V_1 = 1831,5(N) + F_2$$

$$V_1 = 1831,5(N) + 3258,5(N)$$

$$V_1 = 5090(N)$$

Por lo tanto se tiene que la reacción en la base del trípode es $R_y = V_1$.

Para obtener la carga de los contrapesos se realiza la sumatoria de momentos en la base del trípode.

$$\curvearrowright_+ \sum M = 0 \quad (\text{Ec.5})$$

$$0 = M_1 - F_2 L_1 - F_1 L_2 - Q a$$

$$\text{Siendo } M_1 = 0$$

Donde a es la distancia donde se encuentra la carga puntual Q equivalente a la carga distribuida.

$$a = L_2 - \frac{L_1 + L_2}{2} \quad (\text{Ec.6})$$

$$a = 10(m) - \frac{(2 + 10)(m)}{2} = 4(m)$$

$$F_2 L_1 = F_1 L_2 + Q a$$

$$F_2 = \frac{F_1 L_2 + Q a}{L_1}$$

$$F_2 = \frac{416,5(N) * 10(m) + 588(N) * 4(m)}{2(m)}$$

$$F_2 = 3258.5(N)$$

4.4.1.2.1 Diagramas de cortante y momento flector en el brazo

Para obtener los gráficos de cortante y momento flector del brazo telescópico se ingresan las cargas que actúan sobre el sistema en el software SAP 2000 de lo que se obtienen los siguientes resultados, mostrados en las “Figuras 79, 80, 81, 82, 83 y 84”.

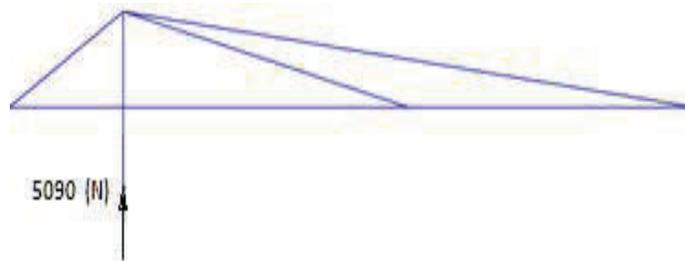


Fig. 79. Reacción resultante

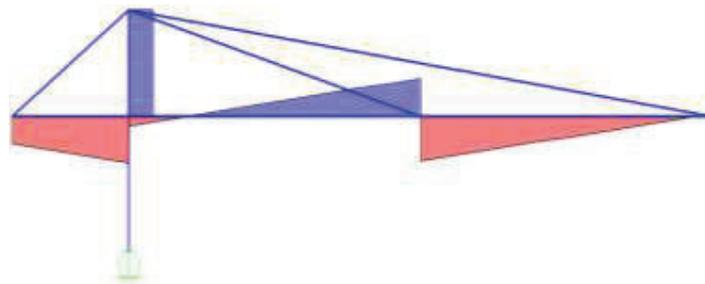


Fig. 80. Diagrama de cortante

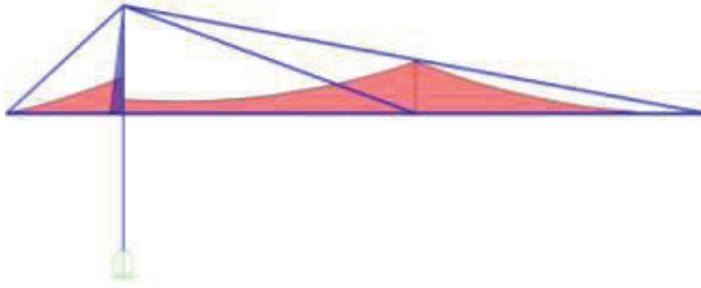


Fig. 81. Diagrama de momento flector

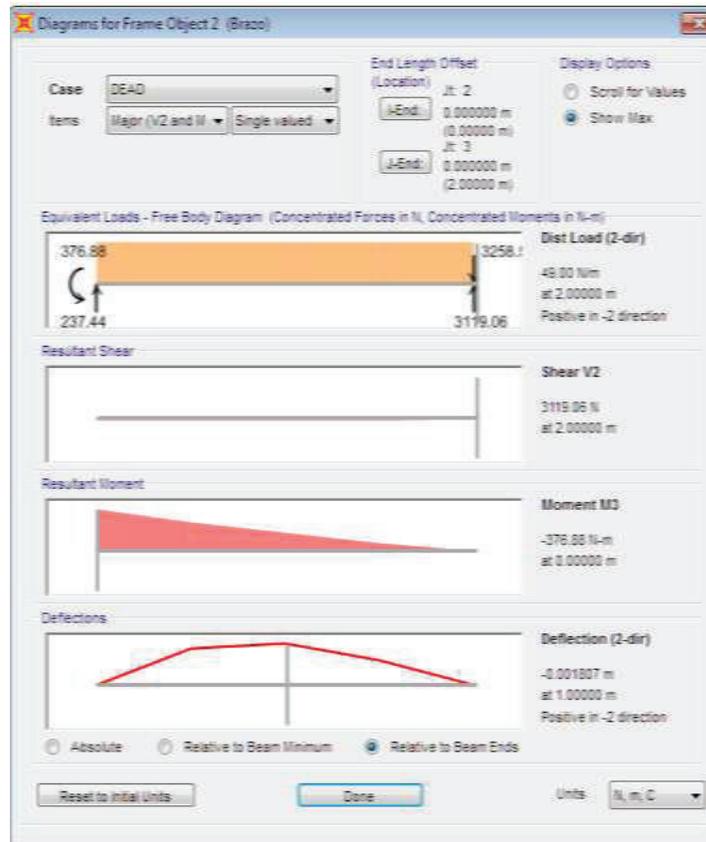


Fig. 82. Resultados numéricos de los diagramas de cortante y momento flector para la sección de 0 a 2 (m)

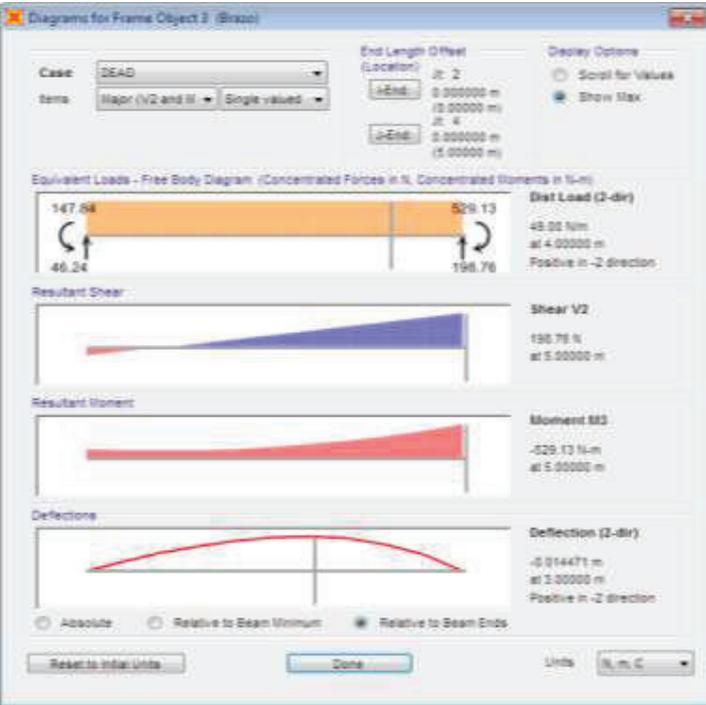


Fig. 83. Resultados numéricos de los diagramas de cortante y momento flector en la sección de 2 a 7 (m)

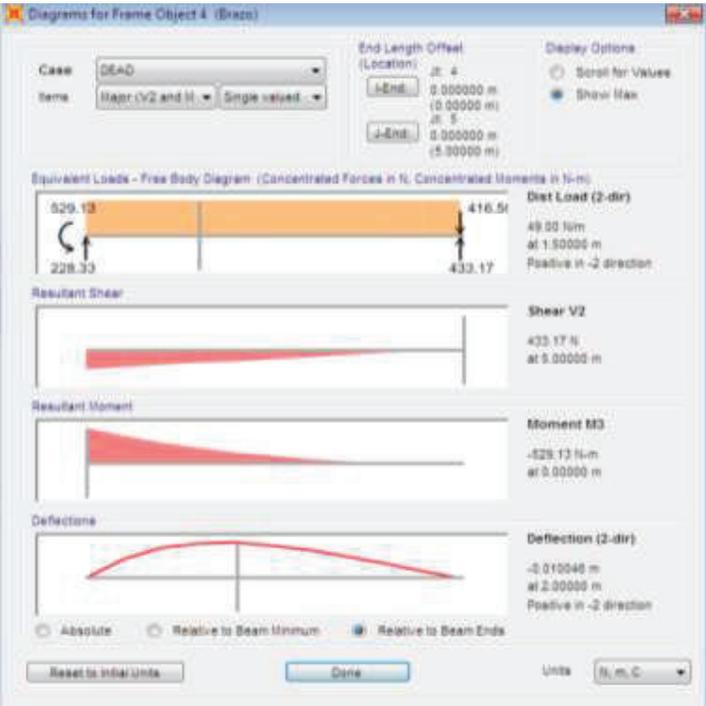


Fig. 84. Resultados numéricos de los diagramas de cortante y momento flector en la sección de 7 a 12 (m)

Del programa se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 17. Resumen de los valores de cortante y momento flector en cada tramo del brazo

	Tramo 0-2 (m)		Tramo 2-7 (m)		Tramo 7-12 (m)	
	0 (m)	2 (m)	2 (m)	7 (m)	7 (m)	12 (m)
Cortante V (N)	-139.44	-237.44	-46.24	198.76	-228.33	16.67
Momento M (N.m)	0	-376.88	-147.84	-529.13	-529.13	0

Por tanto, siendo los valores de diseño los máximos existentes en el brazo, se tiene que:

$$|M_{max}| = 529.13 (N.m)$$

$$|V_{max}| = 237.4 (N)$$

Estos valores serán los que se toman en cuenta para el diseño del brazo telescópico.

4.4.1.3 Diseño del perfil para el brazo

El diseño del perfil para el brazo telescópico se desarrolla aplicando dos diferentes formas de análisis, la primera se basa en el Manual de diseño de acero (AISC), mientras que el segundo método de análisis se fundamenta en el Manual de diseño de aluminio (MDA). El análisis por medio de estos dos métodos, además de ayudar en la selección del perfil idóneo, permite obtener una comparación entre el diseño de estructuras de acero y de aluminio.

4.4.1.3.1 Diseño por esfuerzos flexionantes permisibles según A.I.S.C.

Este método se basa en verificar que las tensiones inducidas en los elementos estructurales que conforman el brazo, no excedan una tensión admisible, la misma que es resultado de la división de la resistencia del material (F_y) por un factor de seguridad.⁴

⁴ Javier, C. F. (2008). *Diseño sísmoresistente de construcciones de acero*. Santiago de Chile: Asociación Latinoamericana del acero. PP 1-2.

Las propiedades de la sección triangular para el perfil del brazo telescópico se encontraron mediante el diseñador de secciones del software SAP 2000, en la “Figura 85” se muestra el perfil triangular de la sección del brazo.



Fig. 85. Sección triangular del brazo

A continuación en la “Figura 86”, se muestran las propiedades de la sección triangular, la unidad en la que se encuentran los valores es en metros (m).

Xcg	0.0625
Ycg	0.0431
Axis Angle <input type="text" value="90"/> >>	
A	1.168E-03
J	1.658E-06
I33	1.882E-06
I22	1.407E-06
I23	0.
AS2	7.263E-04
AS3	9.798E-04
S33(+face)	2.291E-05
S33(-face)	4.364E-05
S22(+face)	2.252E-05
S22(-face)	2.252E-05
Z33	4.119E-05
Z22	3.510E-05
r33	0.0401
r22	0.0347
d33pna	-8.298E-03
d22pna	0.

Fig. 86. Propiedades sección triangular

Los esfuerzos producidos por flexión corresponden a:

$$f_b = \frac{M_{x-x} \cdot C}{I_{x-x}} \quad (\text{Ec.7})$$

Dónde:

M_{x-x} : Momento flexionante máximo respecto al eje neutro x-x (kgf.cm).

I_{x-x} : Momento de inercia de la sección respecto al eje neutro x-x (cm^4).

C: Distancia desde el eje neutro a la fibra donde se están analizando los esfuerzos (cm).

$$f_b = \frac{5393.78 * 8.3}{188.2} = 237.87 \left(\frac{kgf}{cm^2} \right)$$

El esfuerzo flexionante permisible básico según la A.I.S.C. es:

$$f_b = 0.6 * F_y \quad (Ec.8)$$

F_y : Límite de fluencia del material 2446 $\left(\frac{kgf}{cm^2} \right)$

Se comprueba si $\begin{cases} l \leq l_c, \\ l > l_c, \end{cases} \quad \begin{cases} f_b = 0.66 * F_y \\ \text{viga esbelta} \end{cases}$

Dónde:

l : Longitud sin soporte lateral del patín de compresión, 500 (cm).

$$l_c = \frac{76 * b_f}{\sqrt{F_y}} \quad (Ec.9)$$

Dónde:

b_f : Ancho del patín en centímetros.

$$l_c = \frac{640 * 12.5}{\sqrt{2446}} = 161.75 \text{ (cm)}$$

Entonces $l > l_c$, por lo que se tiene un elemento esbelto y se toma las siguientes consideraciones:

La esbeltez a flexión (λ_b) es el parámetro para diferenciar las distintas vigas que exceden la longitud máxima, y se encuentra definida como:

$$\lambda_b = \frac{l}{r_T} \quad (Ec.10)$$

Dónde:

l : Distancia entre arriostramientos de la sección.

r_T : Radio de giro mínimo de la sección que comprende el patín de compresión más 1/3 del tramo del alma a compresión.

$$\lambda_b = \frac{500 \text{ (cm)}}{4.65 \text{ (cm)}} = 107.5$$

Se realiza una comparación entre rangos definidos de la siguiente manera:

$$\bullet \text{ Si } \lambda_b \leq \sqrt{\frac{102 \cdot 10^3 \cdot C_b}{F_y}}; \quad f_b = 0.6 * F_y \quad (\text{Ec.11})$$

$$\bullet \text{ Si } \sqrt{\frac{102 \cdot 10^3 \cdot C_b}{F_y}} \leq \lambda_b \leq \sqrt{\frac{510 \cdot 10^3 \cdot C_b}{F_y}}; \quad f_b = \left[\frac{2}{3} - \frac{F_y \cdot \left(\frac{l}{r_T}\right)^2}{1530 \cdot 10^3 \cdot C_b} \right] * F_y \quad (\text{Ec.12})$$

$$\bullet \text{ Si } \lambda_b \geq \sqrt{\frac{510 \cdot 10^3 \cdot C_b}{F_y}}; \quad f_b = \frac{170 \cdot 10^3 \cdot C_b}{\left(\frac{l}{r_T}\right)^2} \quad (\text{Ec.13})$$

Dónde:

C_b : Factor de gradiente de momento, no debe exceder el valor de 2.3.

F_y : Límite de fluencia del material en (ksi).

$$\sqrt{\frac{102 * 10^3 * 2.3}{35}} = 81.87$$

$$\sqrt{\frac{510 * 10^3 * 2.3}{35}} = 183$$

Entonces:

$$81.87 \leq \lambda_b \leq 183$$

$$f_b = \left[\frac{2}{3} - \frac{35 * (107.5)^2}{1530 * 10^3 * 2.3} \right] * F_y$$

$$f_b = 0.55 * F_y$$

$$f_b = 0.55 * 2446 = 1349.38 \left(\frac{kgf}{cm^2} \right)$$

En el método de cálculo por medio del Diseño por Esfuerzos Permisibles (A.S.D), considera que el esfuerzo que el material puede soportar es menor que el límite de fluencia, por esta razón el esfuerzo de trabajo debe ser siempre menor al esfuerzo permisible.

$$f \leq F$$

Finalmente se determina el índice de trabajo correspondiente, mediante la relación del Esfuerzo de Trabajo respecto del Esfuerzo Permisible.

$$I_b = \frac{f_b}{F_b} \leq 1.0 \quad (\text{Ec.14})$$

Dónde:

f_b : Esfuerzo producido por flexión

F_b : Esfuerzo flexionante permisible

$$I_b = \frac{237.87}{1349.38} = 0.2 < 1.0$$

Al tener el índice de trabajo del elemento menor que la unidad (1.0), se concluye que el perfil de sección triangular de aluminio es aceptable para las condiciones de trabajo propuestas.

4.4.1.3.2 Diseño por factores de carga y resistencia según M.D.A.

El método de Diseño por factores de carga y resistencia (LRFD), se basa en la evaluación de una serie de estados límites, los mismos pueden definirse como una condición aplicable a toda la estructura o a uno de sus componentes.⁴

El LRFD del aluminio permite hacer el cálculo de los esfuerzos mediante cualquier método de análisis elástico aceptado, éste método elástico nos permite conocer los esfuerzos generados por los momentos actuantes, a través de la ecuación de la escuadría (Ec.7), la cual se basa en la hipótesis: el esfuerzo es proporcional a

la deformación unitaria, y una sección plana se mantiene plana después de la flexión.⁵

Se inicia determinando el esfuerzo debido a la flexión:

$$f_b = \frac{5393.78 * 8.3}{188.2} = 237.87 \left(\frac{kgf}{cm^2} \right)$$

De acuerdo con el MDA la viga está sujeta a pandeo lateral por lo que se debe revisar la resistencia en toda la sección y también analizarla por componentes.

Conforme con la tabla 3.13 del Manual de Diseño de Estructuras de Aluminio (Anexo 2), se tiene que el Factor de Esbeltez es:

$$\lambda = \frac{L_b * S_c}{C_b * \frac{\sqrt{I_y * J}}{2}} \quad (\text{Ec.15})$$

Dónde:

L_b : Longitud de la viga entre puntos de arriostramiento

S_c : Módulo de sección del lado de la compresión de la viga

C_b : Coeficiente de momento de flexión

I_y : Momento de inercia, 140.7 (cm^4)

J : Constante de torsión de la sección transversal, 1.658 (cm^4)

$$S_c = \frac{I_{x-x}}{c_{x-x}} \quad (\text{Ec.16})$$

$$S_c = \frac{188.2 (cm^4)}{8.3 (cm)} = 22.67 (cm^3)$$

Para cargas concentradas puntuales a una distancia aL del final de la viga se tiene que:

$$C_b = 1.75 - 1.6a(1 - a) \quad (\text{Ec.17})$$

⁵ Marmolejo, C. (2014). Tesis "Manual de Diseño de Estructuras de Aluminio". Mexico. PP 48.

Para el brazo se tiene que $a = 0$ y $L = 500$ (cm).

$$C_b = 1.75$$

Calculamos el factor de esbeltez:

$$\lambda = \frac{500 \text{ (cm)} * 22.67 \text{ (cm}^3\text{)}}{1.75 * \frac{\sqrt{140.7 \text{ (cm}^4\text{)} * 1.658 \text{ (cm}^4\text{)}}}{2}} = 848.15$$

Se procede a calcular los límites S_1 y S_2 según la tabla 3.14 del Manual de Diseño de Estructuras de Aluminio (Anexo 3).

$$S_1 = \left(\frac{B_c - \frac{\phi y * F_{cy}}{\phi b}}{1.6 * D_c} \right)^2 \quad (\text{Ec.18})$$

Dónde:

B_c, D_c : Constantes de pandeo inelástico en vigas, tomadas del Apéndice D del Manual de Diseño de Estructuras de Aluminio (Anexo 4).

$\phi y, \phi b$: Factores de resistencia=0.95 y 0.85 respectivamente.

F_{cy} : Esfuerzo de fluencia a compresión= 2446 $\left(\frac{kgf}{cm^2}\right)$

$$S_1 = \left(\frac{2750.811 - \frac{0.95 * 2446}{0.85}}{1.6 * 17.129} \right)^2 = 0.38$$

$$S_2 = \left(\frac{C_c}{1.6} \right)^2 \quad (\text{Ec.19})$$

Dónde:

C_c : Constantes de pandeo inelástico en vigas, tomadas del Apéndice D del Manual de Diseño de Estructuras de Aluminio (Anexo 4).

$$S_2 = \left(\frac{65.845}{1.6} \right)^2 = 1693.57$$

Como $S_1 < \lambda < S_2$, el elemento tiene un pandeo inelástico, y la resistencia está definida por la ecuación que se encuentra en la columna anterior a la columna límite de esbeltez (S_2) de la tabla 3.14 del Manual de Diseño de Estructuras de Aluminio (Anexo 3).

$$\phi_{FL} = \phi b * \left(B_c - 1.6 * D_c \sqrt{\frac{L_b * S_c}{C_b * \frac{\sqrt{I_y * J}}{z}}} \right) \quad (\text{Ec.20})$$

$$\phi_{FL} = 0.85 * \left(2750.811 - 1.6 * 17.129 \sqrt{\frac{500 * 22.67}{1.75 * \frac{\sqrt{140.7 * 1.658}}{2}}} \right)$$

$$\phi_{FL} = 1659.75 \left(\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right)$$

Como $f_b < \phi_{FL}$, la sección pasa y se acepta.

Resistencia del patín

La relación de esbeltez para el patín es $\frac{b}{t} = 41.6$, valores tomados de la sección triangular del perfil.

Se procede a calcular los límites S_1 y S_2 , para compresión uniforme en componentes planos apoyados en ambos bordes, según la tabla 3.15 del Manual de Diseño de Estructuras de Aluminio (Anexo 5).

$$S_1 = \frac{B_p - \frac{\phi_y}{\phi_b} * F_{cy}}{1.6 * D_p} \quad (\text{Ec.21})$$

Dónde:

B_p, D_p : Constantes de pandeo inelástico para compresión en placas, expresiones tomadas de la tabla 3.7 del Manual de Diseño de Estructuras de Aluminio (Anexo6).

Como el material aluminio 6061 tiene un tratamiento T6 térmico y luego un envejecimiento artificial se tiene:

$$B_p = F_{cy} * \left[1 + \frac{F_{cy}^{\frac{1}{3}}}{47.1} \right] \quad (\text{Ec.22})$$

$$B_p = 2446 * \left[1 + \frac{2446^{\frac{1}{3}}}{47.1} \right] = 3145.71$$

$$D_p = \frac{B_p}{10} * \left(\frac{B_p}{E} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (\text{Ec.23})$$

Dónde:

E: Módulo de elasticidad= 709480 $\left(\frac{kgf}{cm^2} \right)$

$$D_p = \frac{3145.71}{10} * \left(\frac{3145.71}{709480} \right)^{\frac{1}{2}} = 20.94$$

$$S_1 = \frac{3145.71 - \frac{0.95}{0.85} * 2446}{1.6 * 20.94} = 12.29$$

Para el siguiente límite se tiene:

$$S_2 = \frac{k_1 * B_p}{1.6 * D_p} \quad (\text{Ec.24})$$

Dónde:

k_1 : Constante tomada de la tabla 3.3-3 del Manual de Diseño del Aluminio (Anexo7).

$$S_2 = \frac{0.5 * 3145.71}{1.6 * 20.94} = 46.94$$

Como $S_1 < \frac{b}{t} < S_2$ se tiene una expresión para la resistencia ϕ_{FL} , en la columna de la mitad a los límites de esbeltez de la tabla 3.15 del Manual de Diseño de Estructuras de Aluminio (Anexo 5).

$$\phi_{FL} = \phi_b * \left[B_p - 1.6 * D_p * \frac{b}{t} \right] \quad (\text{Ec.25})$$

$$\phi_{FL} = 0.85 * [3145.71 - 1.6 * 20.94 * 41.6] = 1489.15 \left(\frac{kgf}{cm^2} \right)$$

Resistencia del alma

Considerando $\frac{h}{t} = 38.5$ valores tomados de la sección triangular del perfil.

Se procede a calcular los límites S_1 y S_2 , para elementos en flexión en su propio plano y componentes apoyados en ambos bordes, según la tabla 3.15 del Manual de Diseño de Estructuras de Aluminio (Anexo 5).

$$S_1 = \frac{B_{br} - 1.3 * F_{cy} * \frac{\phi_y}{\phi_b}}{m * D_{br}} \quad (\text{Ec.26})$$

Dónde:

B_{br}, D_{br} : Constantes de pandeo inelástico para compresión por flexión, tomados del Apéndice D del Manual de Diseño de Estructuras de Aluminio (Anexo 8).

m : Relación de distancias entre fibras extremas del componente, 1.57.

$$S_1 = \frac{4668.443 - 1.3 * 2446 * \frac{0.95}{0.85}}{1.57 * 46.38} = 15.3$$

Para el siguiente límite se tiene:

$$S_2 = \frac{k_1 * B_{br}}{m * D_{br}} \quad (\text{Ec.27})$$

$$S_2 = \frac{0.5 * 4668.443}{1.57 * 46.38} = 32.05$$

Como $\frac{h}{t} > S_2 > S_1$, se tiene una expresión para la resistencia ϕ_{FL} , en la columna de la derecha al límite de esbeltez (S_2) de la tabla 3.15 del Manual de Diseño de Estructuras de Aluminio (Anexo 5).

$$\phi_{FL} = \frac{\phi_b * k_2 * \sqrt{B_{br} * E}}{m * \frac{h}{t}} \quad (\text{Ec.28})$$

k_2 : Constante tomada de la tabla 3.3-3 del Manual de Diseño del Aluminio (Anexo7).

$$\phi_{FL} = \frac{0.85 * 2.04 * \sqrt{4668.443 * 709480}}{1.57 * 38.5} = 1651 \left(\frac{kgf}{cm^2} \right)$$

En la Tabla 18, se presenta el resumen de resultados de las resistencias de los distintos componentes de la sección del perfil.

Tabla 18. Resistencias del perfil a flexión

Resistencia (esfuerzo de diseño)	Sección completa	Patín	Alma
$\phi_{FL} \left(\frac{kgf}{cm^2} \right)$	1659.75	1489.15	1651

Se selecciona la menor resistencia de los componentes, para que pueda regir en el diseño, por lo tanto el componente con menor resistencia es el patín.

$$f_b < \phi_{FL(\text{patín})}$$

Como el esfuerzo producido por flexión (f_b), es menor a la resistencia del patín (ϕ_{FL}), entonces la sección triangular de aluminio es aceptable.

4.4.2 DISEÑO DE LA COLUMNA DEL TRÍPODE

Con el dato de la reacción $V_1 = 5090 \text{ (N)}$, en el diagrama de cuerpo libre de la figura 78, se determina que la columna se encuentra a compresión como se muestra en la “Figura 87”.

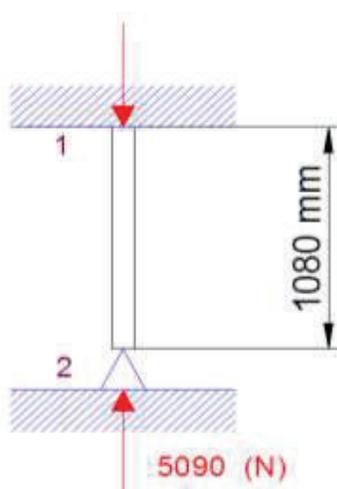


Fig. 87. Columna a compresión

El análisis inicial considera a la esbeltez como parámetro de diseño, por lo que se toma su límite máximo de acuerdo con la curva de Euler:

$$\lambda_{m\acute{a}x} \geq \frac{KL}{r_{min}} = 200 \quad (\text{Ec.29})$$

Dónde:

K : Factor de apoyo

L : Longitud de la columna

r_{min} : Radio mínimo de giro

Para determinar K se utiliza el nomograma de la figura C1.8.2 del manual del AISC séptima edición, (Anexo 9).

- Se determinan los G de los nodos extremos 1 y 2.
2 es un apoyo simple de rigidez cero y para fines prácticos toma un valor de $G_2 = 10.0$.

1, de acuerdo a la fórmula propuesta en la misma figura del nomograma, corresponde a:

$$G_1 = \frac{\sum \frac{I_c}{L_c}}{\sum \frac{I_g}{L_g}} \quad (\text{Ec.30})$$

Dónde:

I_c, I_g : Momentos de inercia de la columna y de las vigas respectivamente.

L_c, L_g : Longitud sin apoyo de la columna y de las vigas respectivamente.

$$G_1 = \frac{I}{\frac{1.08}{2} + \frac{I}{5}} = 1.32$$

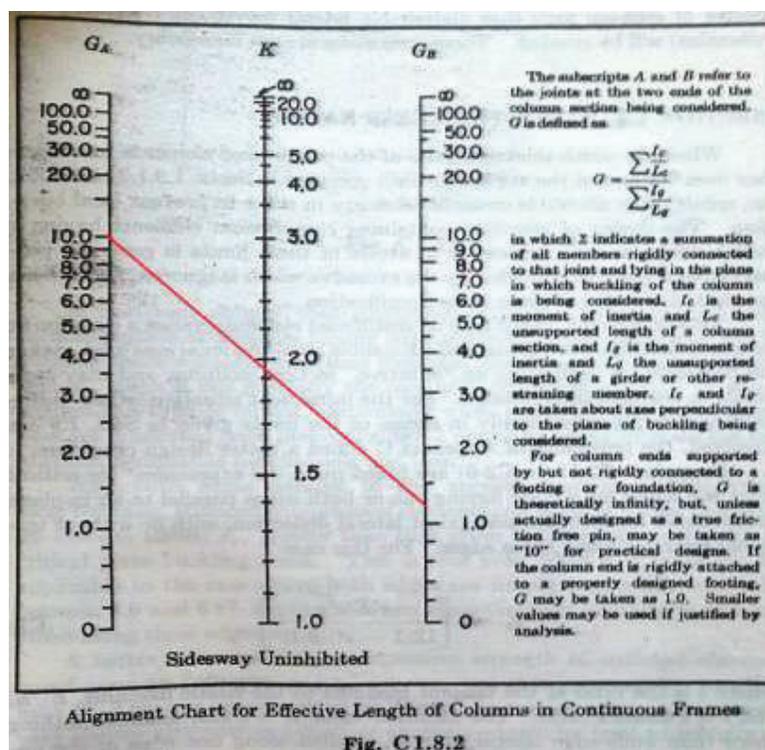


Fig. 88. Determinación del K

(AISC. (2006). Steel Construction Manual. American Institute of Steel Construction: Chicago IL.)

Con lo que se obtiene que la $K = 1.93$ como se puede ver en la "Figura 88".

Finalmente la columna debe cumplir con:

$$f_a \leq F_a \quad (\text{Ec.31})$$

$$f_a = \frac{P_c}{A} \leq F_a$$

De la ecuación 29, se tiene que:

$$r_{min} = \frac{KL}{200}$$

$$r_{min} \geq \frac{1.93 * 42.52 \text{ (pulg)}}{200} = 0.41 \text{ (pulg)}$$

Para el perfil de la columna se propone la sección circular de diámetro 2 pulgadas y espesor 0.154 pulgadas.

Cuenta con las siguientes propiedades:

$$r = 0.787 \text{ (pulg)} \quad A = 1.07 \text{ (pulg}^2\text{)} \quad I = 0.666 \text{ (pulg}^4\text{)}$$

Se calcula la esbeltez:

$$\lambda = \frac{KL}{r} = \frac{1.93 * 42.52}{0.787} = 104.27$$

Sabiendo que la columna es un miembro principal, se obtiene el esfuerzo permisible $F_a = 13.77$ (ksi) de la tabla 1-50 del manual del AISC séptima edición, (Anexo 10), y se lo compara con el esfuerzo real sobre esta columna f_a .

$$f_a = \frac{V_1(klb)}{A(pulg^2)} = \frac{1.14}{1.07} = 1.06 \text{ (ksi)}$$

El índice de trabajo de la columna es:

$$I_a = \frac{f_a}{F_a} = \frac{1.06}{13.77} = 0.1 < 1.0$$

De acuerdo con el índice de trabajo la sección escogida cumple satisfactoriamente con las condiciones establecidas.

4.4.3 DISEÑO DE LA BASE DEL TRÍPODE

El trípode está conformado por la columna anteriormente diseñada, la cual descansa sobre una base de tres patas soldadas a la misma.

Las patas permitirán el desplazamiento del trípode por medio de ruedas colocadas en un extremo de cada pata.

4.4.3.1 Diagrama de cuerpo libre del trípode.

En la "Figura 89", se presenta el diagrama de cuerpo libre del trípode, en donde los extremos de cada pata cuentan con apoyos simples.

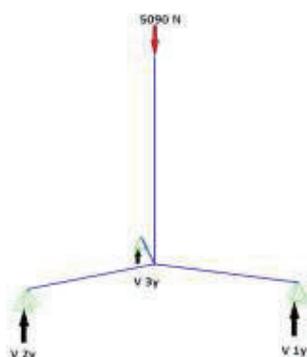


Fig. 89. DCL. Trípode

4.4.3.1.1 Diagramas de cortante y momento flector de las patas del trípode.

Para obtener los gráficos de cortante y momento flector del elemento para cada pata del trípode, se ingresa la carga que actúa sobre el sistema en el software SAP 2000 de lo que se obtienen los siguientes resultados, mostrados en las “Figuras 90, 91, 92 y 93”.

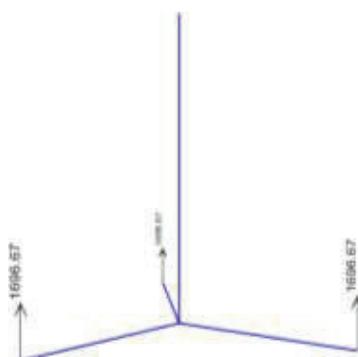


Fig. 90. Reacciones en cada pata del trípode



Fig. 91. Diagrama de cortante para cada pata del trípode



Fig. 92. Diagrama de momento flector para cada pata del trípode

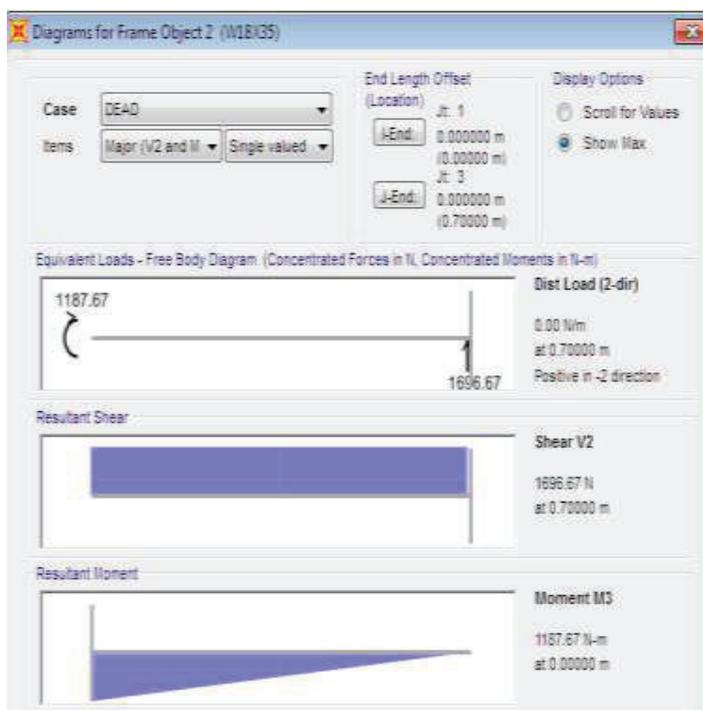


Fig. 93. Resultados numéricos para la pata del trípode

Por tanto, siendo los valores de diseño los máximos existentes en la pata del trípode, se tiene que:

$$|M_{max}| = 1187.87(N.m) = 12108.76 (kgf * cm)$$

$$|V_{max}| = 1696.67 (N)$$

Estos valores serán los que se toman en cuenta para el diseño de la pata del trípode.

4.4.3.2 Diseño de las patas del trípode

El diseño del perfil del elemento para las patas del trípode se desarrolla aplicando el Manual de diseño de acero (AISC).

4.4.3.2.1 Diseño por esfuerzos flexionantes permisibles de la pata del trípode

El perfil inicial que se escoge para realizar los cálculos es el 4 x 2 x 0.1875 (pulg.), de material Acero A500 y las propiedades de la sección rectangular ("Figura 94"), se muestran a continuación:

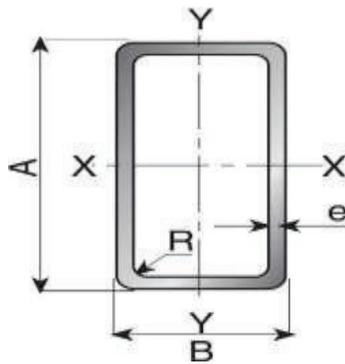


Fig. 94. Perfil rectangular para la pata del trípode

(Limitada, S. (2012). *Central ferretero*. Recuperado el 11 de Marzo de 2015, de http://www.centralferretero.cl/tienda/index.php?route=product/product&product_id=102)

$A = 4$ pulg (10.16 cm).

$B = 2$ pulg (5.08 cm).

$e = 0.1875$ pulg (0.476 cm).

Área= 2.02 pulg² (13.03 cm²).

$I_{x-x} = 3.87$ pulg⁴ (158.16 cm⁴).

$I_{y-y} = 1.29$ pulg⁴ (53.69 cm⁴).

Radio de giro (x)= 1.38 pulg (3.5 cm).

Radio de giro (y)= 0.798 pulg (2.02 cm).

$S_x = 1.93$ pulg³ (31.63 cm³).

$S_y = 1.29$ pulg³ (21.14 cm³).

F_y : Límite de fluencia del material A 500= 46 ksi ($3214.7 \frac{kgf}{cm^2}$)

Los esfuerzos producidos por flexión corresponden según la (Ec.7).

$$f_b = \frac{M_{x-x}}{S_x}$$

$$f_b = \frac{12108.76}{31.63} = 382.83 \left(\frac{kgf}{cm^2} \right)$$

Se comprueba si $\begin{cases} l \leq l_c, \\ l > l_c, \end{cases} \quad \begin{cases} f_b = 0.6 * F_y \\ \text{viga esbelta} \end{cases}$

Dónde:

l : Longitud sin soporte lateral del patín de compresión, 70 (cm).

De acuerdo con la (Ec.8), se tiene:

$$l_c = \frac{640 * 5.08}{\sqrt{3214.7}} = 57.34 \text{ (cm)}$$

Entonces $l > l_c$, por lo que se tiene un elemento esbelto y se toma las siguientes consideraciones:

Tenemos que la esbeltez a flexión (λ_b) según la (Ec.10), es:

$$\lambda_b = \frac{70 \text{ cm}}{3.48 \text{ cm}} = 20.11$$

Se realiza una comparación entre rangos definidos en las ecuaciones (Ec.11), (Ec.12) y (Ec.13).

$$\sqrt{\frac{102 * 10^3 * 2.3}{46}} = 71.41$$

$$\sqrt{\frac{510 * 10^3 * 2.3}{46}} = 159.68$$

Entonces:

$$\lambda_b \leq 71.41$$

$$f_b = 0.6 * F_y$$

$$f_b = 0.6 * 3214.7 = 1928.82 \left(\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right)$$

De acuerdo con la (Ec.14), se obtiene el índice de trabajo.

$$I_b = \frac{382.83}{1928.82} = 0.2 < 1.0$$

Al tener el índice de trabajo del elemento menor que la unidad (1.0), se concluye que el perfil de sección rectangular 4 x 2 x 0.1875 (pulg), de material Acero A500 es aceptable para las condiciones de trabajo propuestas.

4.4.3.3 Soldadura entre columna y placa base

La columna del trípode previamente diseñado debe soldarse a una placa base, la cual mediante pernos está asentada sobre la base de tres patas, la disposición del cordón de soldadura se encuentra especificada en la “Figura 95”.

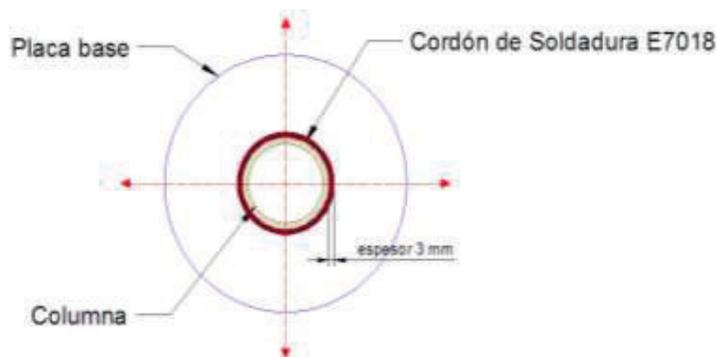


Fig. 95. Sección del cordón de soldadura de filete columna-placa base

La columna se une a la placa base mediante un cordón de soldadura, y de esta manera se transmiten los esfuerzos.

Datos del momento y reacción que actúan sobre la soldadura:

Momento flector (M)= 12108.76 (kgf*cm)

Reacción (R_y)= 5090 (N)

Altura de la columna (h)= 1.2 (m)

Mediante el momento flector, se puede obtener una fuerza equivalente $F_{equiv} = \frac{M}{h} = 100 \text{ (kgf)}$, que realice el mismo efecto que dicho momento.

Se procede a calcular el área de la garganta de la soldadura mediante la siguiente expresión:

$$A = 1.414 * \pi * h * r \quad (\text{Ec.32})$$

Dónde:

h : Altura de la sección soldada

r : Radio exterior de la columna

$$A = 1.414 * \pi * 4 \text{ (mm)} * 50 \text{ (mm)} = 888.44 \text{ (mm}^2\text{)}$$

A continuación se determina el esfuerzo cortante máximo con la siguiente ecuación:

$$\tau_1 = \frac{V \text{ (kgf)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \quad (\text{Ec.33})$$

Dónde:

A : Área total de la garganta de la soldadura

V : Fuerza cortante

$$\tau_1 = \frac{100 \text{ (kgf)}}{888.44 \text{ (mm}^2\text{)}} = 0.11 \left(\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2} \right)$$

Para calcular el momento de inercia unitario se emplea la siguiente ecuación:

$$J_u = 2 * \pi * r^3 \quad (\text{Ec.34})$$

Dónde:

r : Radio interno del cordón de soldadura

$$J_u = 2 * \pi * 50^3 = 785398.16 \text{ (mm}^3\text{)}$$

Calculamos el momento de inercia basado en la garganta de la soldadura con la siguiente expresión:

$$I = 0.070 * h \text{ (mm)} * J_u \text{ (mm}^3\text{)} \quad (\text{Ec.35})$$

Dónde:

h : Tamaño de la junta

$$I = 0.070 * 4 \text{ (mm)} * 785398.16 \text{ (mm}^3\text{)} = 219911.48 \text{ (mm}^4\text{)}$$

El momento flector, produce un esfuerzo normal por flexión en la junta, con la siguiente ecuación:

$$\sigma_{xx} = \frac{F(\text{kgf})}{A(\text{mm}^2)} + \frac{M(\text{kgf-mm}) * c \text{ (mm)}}{I \text{ (mm}^4\text{)}} \quad (\text{Ec.36})$$

$$\sigma_{xx} = \frac{100(\text{kgf})}{888.48 \text{ (mm}^2\text{)}} + \frac{121087.6(\text{kgf-mm}) * 50 \text{ (mm)}}{219911.48 \text{ (mm}^4\text{)}} = 27.64 \left(\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2} \right)$$

Después de obtener las componentes de esfuerzo σ_{xx} y τ_1 , para la soldadura sometida a flexión, se puede combinarlas mediante el diagrama de círculo de Mohr para evaluar los esfuerzos principales.

Mediante el círculo de Mohr, se obtiene el esfuerzo cortante máximo, aplicando la siguiente ecuación:

$$\tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{xx}}{2} \right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad (\text{Ec.37})$$

Dónde:

τ_{xy} : Esfuerzo cortante primario

$$\tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{27.64 \left(\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2} \right)}{2} \right)^2 + \left(0.11 \left(\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2} \right) \right)^2} = 13.82 \left(\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2} \right)$$

Considerando como material de aporte el electrodo E7018, cuyo esfuerzo de fluencia es $49.3 \left(\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2} \right)$, se obtiene el factor de seguridad con la siguiente

ecuación:

$$n = \frac{S_{sy} \left(\frac{kgf}{mm^2} \right)}{\tau_{xy} \left(\frac{kgf}{mm^2} \right)} \quad (\text{Ec.38})$$

Entonces, se tiene:

$$n = \frac{0.5 * S_y}{\tau_{xy}}$$

Dónde:

S_{sy} : Esfuerzo de fluencia al corte

$$n = \frac{0.5 * 49.3}{13.82} = 1.8$$

4.4.3.4 Soldadura entre las patas y la base de la columna

Cada pata de sección rectangular previamente diseñada, es soldada a la base de la columna la misma que tiene una sección circular de diámetro 200 (mm) y está emperrada a la placa base de la columna. En la “Figura 96”, se muestra la disposición de la unión soldada.

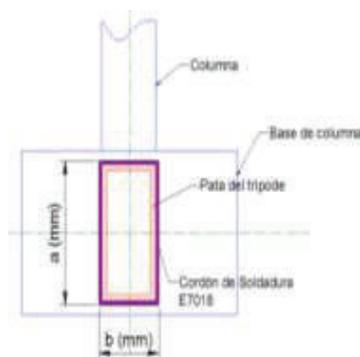


Fig. 96. Sección del cordón de soldadura de la unión pata y base de la columna

Para el cálculo de la soldadura entre la pata y la base de la columna, se tiene los siguientes datos:

Momento flector (M)= 12108.76 (kgf*cm)

Altura (a)= 101.6 (mm)

Base (b)= 50 .8 (mm)

Se procede a calcular el área de la garganta de la soldadura mediante la siguiente expresión:

$$A = 1.414 * \pi * h * (a + b) \quad (\text{Ec.39})$$

Dónde:

h : Tamaño de la junta, 8 (mm).

$$A = 1.414 * \pi * 8 * (101.6 + 50.8) = 5416 \text{ (mm}^2\text{)}$$

Con la (Ec.33), se obtiene el esfuerzo cortante primario:

$$\tau_1 = \frac{100 \text{ (kgf)}}{5416 \text{ (mm}^2\text{)}} = 0.018 \frac{\text{(kgf)}}{\text{(mm}^2\text{)}} = 1.85 \left(\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right)$$

El esfuerzo cortante resultante se determina con la siguiente ecuación:

$$\tau = \tau'' + \tau' \quad (\text{Ec.40})$$

Dónde:

τ'' : Esfuerzo cortante secundario (efecto del momento de torsión)

τ' : Esfuerzo cortante primario

Como las patas del trípode trabajan principalmente a flexión, el efecto del momento de torsión es despreciable.

$$\tau = 1.85 \left(\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right) = 0.0185 \left(\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2} \right)$$

Para flexión de soldadura de filete se obtiene el momento de inercia unitario con la siguiente expresión:

$$I_u = \frac{a^2}{6} * (3b + a) \quad (\text{Ec.41})$$

$$I_u = \frac{(10.16 \text{ cm})^2}{6} * (3 * 5.08 \text{ cm} + 10.16 \text{ cm}) = 436.98 \text{ (cm}^3\text{)}$$

El momento de inercia en la garganta de soldadura se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$I = 0.070 * h * I_u \quad (\text{Ec.42})$$

$$I = 0.070 * 0.8 * 436.98 = 24.47 \text{ (cm}^4\text{)}$$

El momento flector, produce un esfuerzo normal por flexión en las juntas, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\sigma_{xx} = \frac{M * c}{I} \quad (\text{Ec.43})$$

Dónde:

M : Momento de flexión

I : Momento de inercia

c : Distancia entre el centroide del grupo de soldaduras

$$\sigma_{xx} = \frac{12108.76 \text{ (kgf * cm)} * 5.08 \text{ (cm)}}{24.47 \text{ (cm}^4\text{)}} = 2513.79 \left(\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right) = 25.13 \left(\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2} \right)$$

Luego de haber obtenido los componentes de esfuerzo σ_{xx} y τ para la soldadura sometida a flexión y torsión, mediante un diagrama de círculo de Mohr se puede combinarlas para evaluar los esfuerzos principales.

Se aplica la teoría de esfuerzo cortante máximo para determinar la probabilidad de falla, mediante la (Ec.37).

$$\tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{25.13}{2} \right)^2 + 0.0185^2} = 12.56 \left(\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2} \right)$$

Considerando como material de aporte el electrodo E7018, cuyo esfuerzo de fluencia es $49.3 \left(\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2} \right)$, se obtiene el factor de seguridad con la (Ec.38).

$$n = \frac{0.5 * 49.3}{12.56} = 1.97$$

4.5 DISEÑO DE ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS

Los elementos complementarios a la estructura del sistema telescópico comprenden el eje de giro del brazo, acople de secciones del brazo y cabezal porta cámara.

4.5.1 DISEÑO DEL EJE DE GIRO PARALELO AL PLANO VERTICAL

El eje de giro paralelo al plano horizontal es el que permite el movimiento angular del brazo telescópico, y este a la vez permite una variación de altura de la cámara de video, en la “Figura 97”, se aprecia las condiciones de funcionamiento del eje.

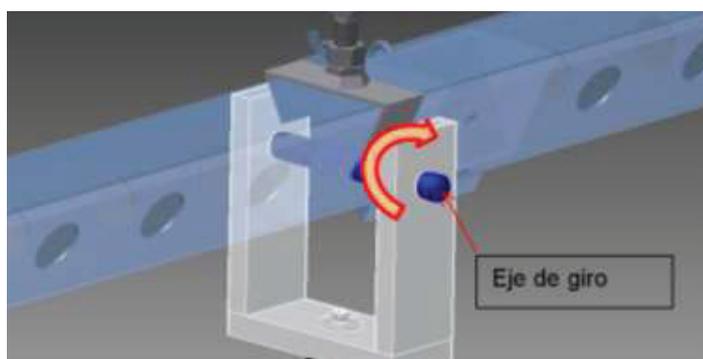


Fig. 97. Esquema del eje de giro paralelo al plano vertical

4.5.1.1 Dimensionamiento y diseño del eje

Con la ayuda del programa Inventor 2014, se obtiene los diagramas de cuerpo libre, los diagramas de cortante y los diagramas de momento flector del eje, además los datos de las reacciones en los apoyos y valores máximos de cortante y momento que se emplearán en el diseño del eje.

4.5.1.1.1 Diagrama de cuerpo libre del eje de giro paralelo al plano vertical

El eje de giro paralelo al plano vertical, está apoyado sobre dos puntos, soporte que brinda el cabezal giratorio que se aprecia en la “Figura 97”.

El eje soporta una carga puntual F_T , resultado de la suma del peso del brazo telescópico, la cámara de video y el contrapeso, valores que ya fueron calculados en la sección del diseño del brazo:

$$F_T = Q + F_1 + F_2 \quad (\text{Ec.44})$$

Dónde:

Q : Peso total de las secciones que conforman el brazo, 588 (N).

F_1 : Peso de la cámara, 416.5 (N).

F_2 : Peso del contrapeso, 3258.5 (N).

$$F_T = 588 + 416.5 + 3258.5 = 4263 \text{ (N)}$$

Además de la carga puntual se tiene una carga distribuida resultado del peso propio del eje.

El material seleccionado para el eje de giro es un acero AISI 1018, con un diámetro inicial de 11/4".

En la Tabla 19, se muestran las propiedades mecánicas del acero AISI 1018.

Tabla 19. Propiedades Mecánicas acero AISI 1018

Material	S_{ut} (MPa)	Límite de fluencia S_y (MPa)	Módulo de elasticidad E (MPa)	Coefficiente de Poisson	Densidad (kg/m ³)
AISI 1018	400	370	205000	0.29	7870

Por último el eje cuenta con un par de torsión, producido por el operario en el momento de girar el brazo telescópico partiendo de la posición de equilibrio.

El par de torsión es resultado de una fuerza mínima promedio, necesaria para el giro del brazo, la cual se multiplica por la distancia hacia el sistema de referencia, como a continuación se expresa:

$$T = F * d \quad (\text{Ec.45})$$

Dónde:

F : Fuerza radial al eje, producida por el operario.

d : Distancia al eje de giro.

$$T = 50 \text{ (N)} * 2 \text{ (m)} = 100 \text{ (N.m)}$$

En las “Figuras 98 y 99”, se muestra el diagrama de cuerpo libre del eje de giro.

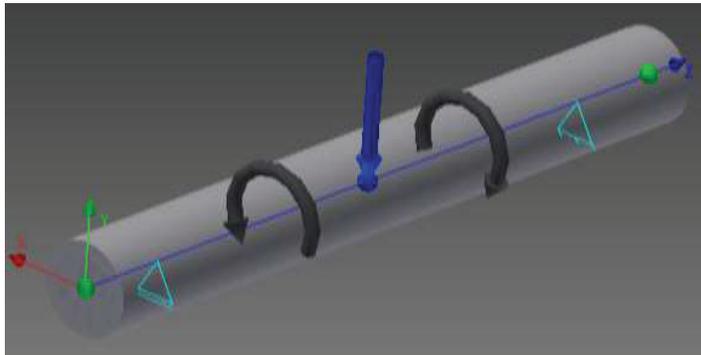


Fig. 98. Esquema del diagrama de cuerpo libre del eje de giro paralelo al plano vertical

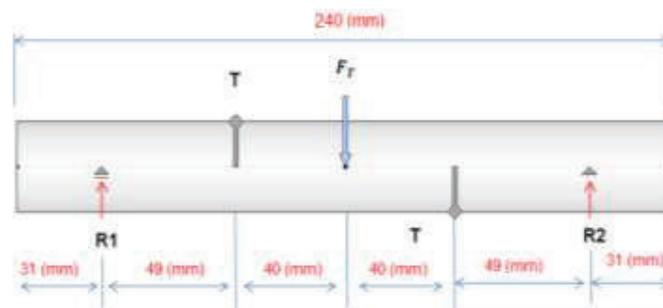


Fig. 99. DCL del eje de giro paralelo al plano vertical

El diagrama de cortante del eje de giro se muestra en la “Figura 100”.

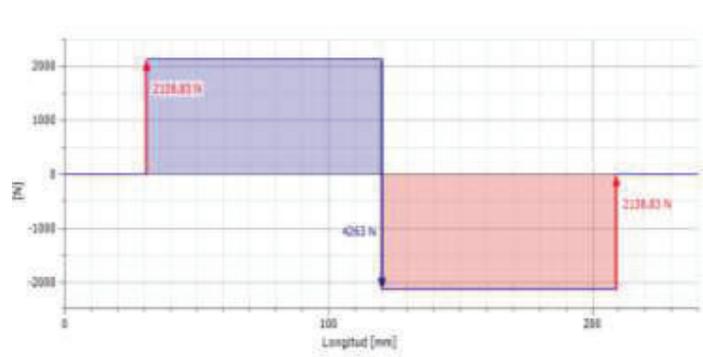


Fig. 100. Diagrama de cortante del eje de giro paralelo al plano vertical

El diagrama de momento flector para el eje de giro se muestra en la “Figura 101”.

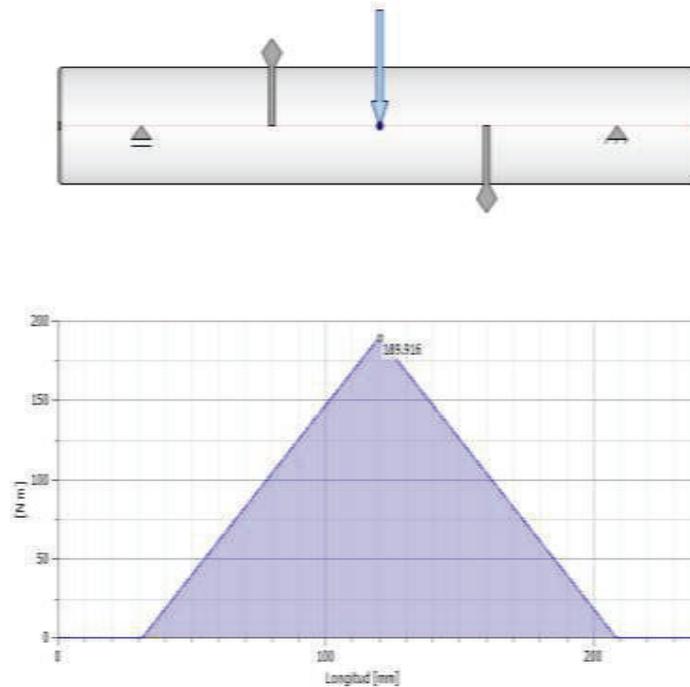


Fig. 101. Diagrama de momento flector del eje de giro paralelo al plano vertical

Por tanto, siendo los valores de diseño los máximos existentes en el eje de giro, se tiene que:

$$|M_{max}| = 189.916 \text{ (N.m)}$$

$$|V_{max}| = 4263 \text{ (N)}$$

Estos valores serán los que se toman en cuenta para los cálculos del eje de giro.

Las reacciones en los apoyos son:

$$R1 = 2138.33 \text{ (N)}$$

$$R2 = 2138.33 \text{ (N)}$$

4.5.1.1.2 Diseño estático del eje de giro

Para determinar el diámetro mínimo del eje se calcula con el criterio de la energía de distorsión con la siguiente expresión:

$$d = \left[\frac{32n}{\pi S_y} * \left(M^2 + \frac{3T^2}{4} \right)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (\text{Ec.46})$$

Dónde:

d : Diámetro mínimo del eje.

n : Factor de seguridad estático (mayor a 2).

S_y : Resistencia a la fluencia del material del eje.

M : Momento máximo.

T : Torque.

$$d = \left[\frac{32 * 3}{\pi * 370 * 10^6} * \left(189.91^2 + \frac{3 * 100^2}{4} \right)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}} = 0.0225 \text{ (m)} \approx \mathbf{22.56 \text{ (mm)}}$$

4.5.1.1.3 Diseño dinámico del eje de giro

Para determinar el diámetro mínimo del eje en la sección crítica se emplea la energía de distorsión en los casos para flexión y torsión, para lo que se tiene el límite de resistencia a la fatiga se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$S_e = S_e' k_a k_b k_c k_d k_e k_f \quad (\text{Ec.47})$$

Dónde:

k_a : Factor de modificación por acabado superficial.

k_b : Factor de modificación por tamaño.

k_c : Factor de confiabilidad.

k_d : Factor de modificación por temperatura

k_e : Factor de modificación por concentración de esfuerzos

k_f : Factor de modificación por efectos varios

S_e : Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte del elemento mecánico.

S_e' : Límite de resistencia a la fatiga de la muestra de eje rotatorio.

$$S_e' = 0,506 S_{ut} \quad S_{ut} \leq 200 \text{ (kpsi)} \quad (\text{Ec.48})$$

$$S_e' = 0.506 * 400 = 202.4 \text{ (MPa)}$$

El factor de superficie depende de la calidad del acabado que tenga la superficie y de la resistencia a la tensión. Dicho factor se lo puede determinar mediante la siguiente ecuación:

$$k_a = a S_{ut}^b \quad (\text{Ec.49})$$

Mediante el Anexo 11, se encuentran los datos de $a = 57.7$ $b = -0.718$, para un acabado superficial laminado en caliente.

$$k_a = 57.7 * 400^{-0.718} = 0.78$$

La constante k_b es debido a las dimensiones, la forma y el método de carga, los resultados para flexión y torsión se expresan como:

$$k_b = \begin{cases} (d/7.62)^{-0.107} = 1.24 * d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ (mm)} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ (mm)} \end{cases} \quad (\text{Ec.50})$$

Para el diámetro crítico d se tomó el valor de 31.75 (mm) que corresponde al diámetro del eje debido a que no tiene discontinuidad.

$$k_b = 1.24 * 31.75^{-0.107} = 0.85$$

Debido a que se tiene cargas combinadas la teoría de diseño recomienda no modificar la constante k_c .

$$k_c = 1$$

Para el trabajo a la temperatura ambiente se tiene:

$$k_d = 1$$

El k_e es el factor de modificación por concentración de esfuerzos, es 1 si no existen discontinuidades en la sección crítica.

$$k_e = 1$$

El factor de efectos toma en cuenta la reducción del límite de resistencia a la fatiga debida a todos los otros efectos. Generalmente se asume $k_f = 1$.

Para todos los valores de las constantes de modificación se tiene que:

$$S_e = 202.4 \text{ (MPa)} * 0.78 * 0.85 * 1 * 1 * 1 * 1 = 134.19 \text{ (MPa)}$$

Los esfuerzos fluctuantes debido a la flexión y a la torsión están dados por las ecuaciones:

$$\sigma_a = \frac{32M}{\pi d^3} \quad (\text{Ec.51})$$

Dónde:

M : Momento

d : Diámetro

$$\sigma_a' = \sigma_a = \frac{32 * 189.91}{\pi * 0.0317^3} = 60.72 \text{ (MPa)}$$

$$\tau = \frac{16T}{\pi d^3} \quad (\text{Ec.52})$$

Dónde:

T : Torque

$$\tau = \frac{16 * 100}{\pi * 0.0317^3} = 15.98 \text{ (MPa)}$$

Para σ_m' , se tiene la siguiente expresión:

$$\sigma_m' = \tau * \sqrt{3} \quad (\text{Ec.53})$$

$$\sigma_m' = \sigma_m = 15.98 * \sqrt{3} = 27.69 \text{ (MPa)}$$

Por medio del criterio de falla a la fatiga de Goodman se tiene la ecuación:

$$S_m = \frac{S_e}{\frac{\sigma_a}{\sigma_m} + \frac{S_e}{S_{ut}}} \quad (\text{Ec.54})$$

$$S_m = \frac{134.19}{\frac{60.72}{27.69} + \frac{134.19}{400}} = 53 \text{ (MPa)}$$

Entonces el factor de seguridad para el diseño dinámico del eje es igual a:

$$n = \frac{S_m}{\sigma_m} \quad (\text{Ec.55})$$

$$n = \frac{53 \text{ (MPa)}}{27.69 \text{ (MPa)}} = 1.97$$

Al tener un factor de seguridad de aproximadamente 2, se concluye que el eje de acero AISI 1018 con un diámetro de 1 ¼” cumple satisfactoriamente las condiciones de trabajo.

4.5.2 DISEÑO DEL CABEZAL PORTA CÁMARA

El cabezal porta cámara es una estructura de acero, la cual esta sujeta al extremo de la sección final del brazo telescópico por medio de un eje de diámetro 1”, el eje funciona como pasador, como se puede apreciar en la “Figura 102”.

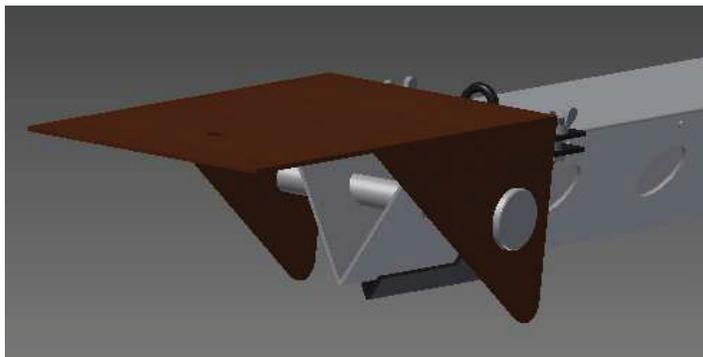


Fig. 102. Cabezal porta cámara

El cabezal soporta la cámara de video de 30 (Kg) de masa; está fabricada con planchas de acero A36 que poseen las siguientes características:

Espesor: 4 (mm)

Resistencia a la fluencia: 250 (MPa)

Resistencia última de tracción: 400 (MPa)

Para el diseño del cabezal porta cámara se utiliza el software Autodesk Inventor Professional 2014, mediante el cual se obtienen valores del factor de seguridad mínimo y máximo de los elementos.

La “Figura 103”, muestra la disposición de la carga que actúa sobre el cabezal y las restricciones que están presentes en su funcionamiento.

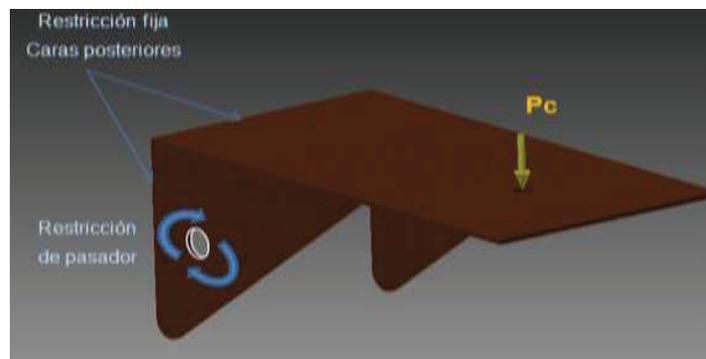


Fig. 103. Disposición de cargas y restricciones

P_c : Es el peso de la cámara, con un valor de 295 (N).

Restricción de pasador: Es la restricción que brinda el eje montado sobre una sección del brazo, el que actúa como pasador en el cabezal porta cámara.

Restricción fija: Es la restricción fija de las caras posteriores del cabezal porta cámara debido a que este debe permanecer fijo en una determinada posición durante la filmación.

El criterio de Von Mises es un índice que tiene en cuenta las múltiples combinaciones de las cargas que actúan sobre un cuerpo y obtiene un índice que determina el punto más posible que ocurra una deformación permanente en el

material analizado⁶, en la “Figura 104”, se observa la distribución del esfuerzo de Von Mises sobre el cabezal porta cámara.

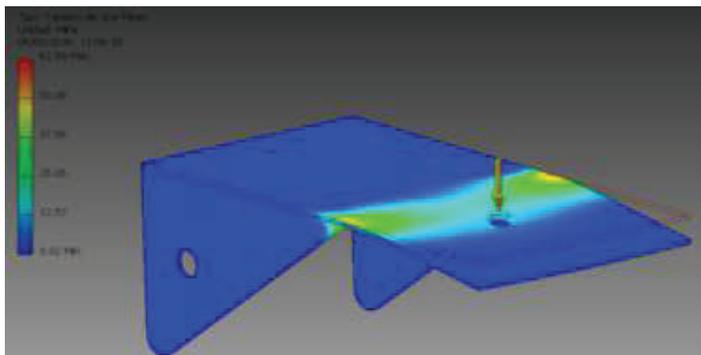


Fig. 104. Tensión de Von Mises sobre el cabezal porta cámara

En las “Figuras 105 y 106”, se muestran la distribución de los desplazamientos y los factores de seguridad del cabezal porta cámara respectivamente.

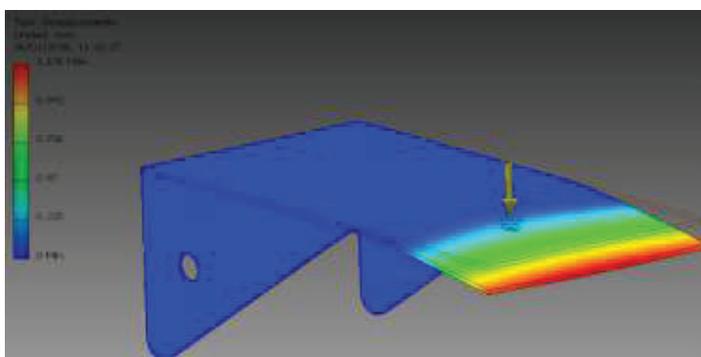


Fig. 105. Desplazamientos del cabezal porta cámara

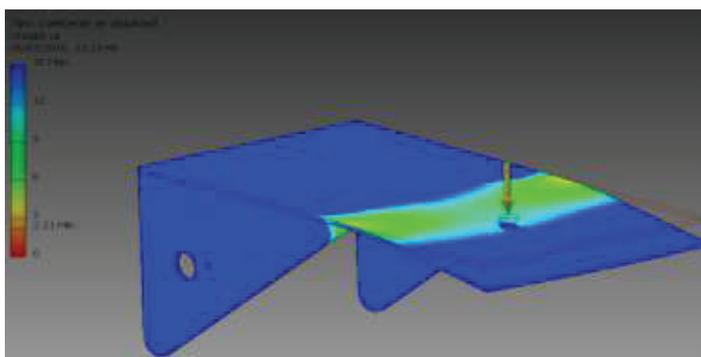


Fig. 106. Coeficiente de seguridad en el cabezal porta cámara

⁶ Hohl, D. I. (2014). Ingeniería predictiva y descriptiva. *Petrotécnica*, 3 y4. PP 45.

Los resultados proporcionados por el software Inventor 2014, se observan en las Tablas 20 y 21.

Tabla 20. Fuerza y pares de reacción en restricciones

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X, Y, Z)	Magnitud	Componente (X, Y, Z)
Restricción de pasador:1	574.936 N	486.274 N	0.288996 N m	-0.122423 N m
		0 N		0 N m
		-306.74 N		-0.261785 N m
Restricción fija:1	486.176 N	-486.045 N	58.1533 N m	0.12071 N m
		0 N		58.1527 N m
		11.3233 N		0.24284 N m

Tabla 21. Resultados obtenidos

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	508754 mm ³	
Masa	3.87723 kg	
Tensión de Von Mises	0.0163391 MPa	62.5913 MPa
Primera tensión principal	-4.59862 MPa	64.5068 MPa
Tercera tensión principal	-68.5535 MPa	3.81162 MPa
Desplazamiento	0 mm	1.17621 mm
Coefficiente de seguridad	2.20665 su	15 su
Tensión XX	-64.2847 MPa	57.4122 MPa
Tensión XY	-16.9182 MPa	17.1113 MPa
Tensión XZ	-9.34284 MPa	26.9819 MPa
Tensión YY	-13.871 MPa	18.3829 MPa
Tensión YZ	-8.76235 MPa	10.0174 MPa
Tensión ZZ	-22.9438 MPa	4.80855 MPa
Desplazamiento X	-0.015081 mm	0.0178467 mm
Desplazamiento Y	-0.0339696 mm	0.0357823 mm
Desplazamiento Z	-0.000125702 mm	1.17609 mm
Deformación equivalente	0.000000100216 su	0.000331697 su
Primera deformación principal	0.0000000291982 su	0.000285947 su
Tercera deformación principal	-0.000378471 su	-0.0000000347372 su
Deformación XX	-0.000282047 su	0.000256278 su
Deformación XY	-0.000147477 su	0.000156897 su
Deformación XZ	-0.0000578366 su	0.000167031 su
Deformación YY	-0.0000772716 su	0.000153502 su
Deformación YZ	-0.000169143 su	0.00019337 su
Deformación ZZ	-0.000227418 su	0.0000974674 su
Presión de contacto	0 MPa	51.6481 MPa
Presión de contacto X	-46.8193 MPa	39.0061 MPa
Presión de contacto Y	-13.3422 MPa	14.7482 MPa
Presión de contacto Z	-28.0563 MPa	21.7891 MPa

El análisis de todos estos parámetros, permite concluir que la geometría considerada para el elemento, cumple con los requerimientos deseados en el diseño.

4.5.3 DISEÑO DEL ACOUPLE DE SECCIÓN DEL BRAZO

El acople de sección de brazo es un elemento constituido por dos piezas de acero, las cuales se encuentran unidas por medio de dos pernos M10. Este acople tiene la función de juntar cada par de secciones que conforman el brazo telescópico, en la “Figura 107”, se aprecia el esquema del acople.

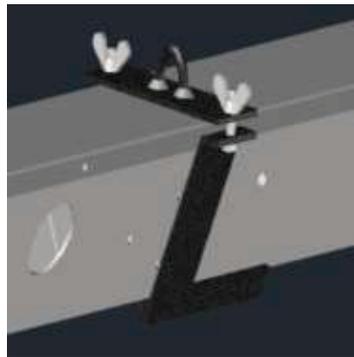


Fig. 107. Acople de sección del brazo

El acople de sección de brazo está fabricada de acero A36, con un espesor de 3 (mm).

Para obtener los valores de cargas críticas que soporta el acople de sección de brazo, se analiza el acople que junta las dos primeras secciones del brazo telescópico.

Por lo tanto se considera que la mayor carga que soporta el acople es resultado de la suma de los pesos de la cámara de video, el cabezal porta cámara y la longitud del brazo restante.

La “Figura 108”, muestra la disposición de las cargas que actúan sobre el acople y las restricciones que están presentes en su funcionamiento.

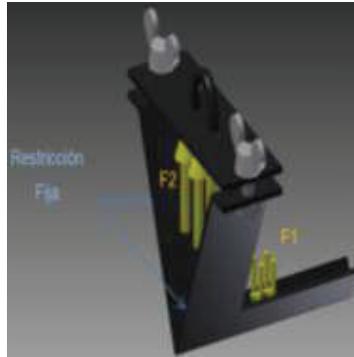


Fig. 108. Disposición de cargas y restricciones en acople

F1: Es una fuerza distribuida a lo largo de la cara interior del acople donde se asienta la sección del brazo y es igual a:

$$F_1 = \frac{\text{Peso de 9 secciones de brazo} + \text{Peso de cámara de video} + \text{Peso del cabezal}}{\text{Área de soporte}}$$

$$F_1 = \frac{352.8 (N) + 416.5(N)}{3.32 \times 10^{-4} (m^2)} = 2.32 (MPa)$$

F2: Es una fuerza distribuida a lo largo de la cara interior de la placa superior en el acople, la cual es una reacción a la F1, por lo que su valor es igual a:

$$F_1 = \frac{352.8 (N) + 416.5(N)}{7.03 \times 10^{-3} (m^2)} = 0.1 (MPa)$$

Según el criterio de Von Mises, en la “Figura 109”, se observa la distribución de esfuerzos sobre el acople de sección de brazo.

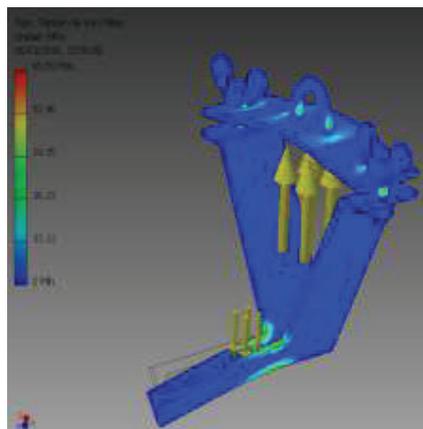


Fig. 109. Tensión de Von Mises sobre el acople de sección

En las “Figuras 110 y 111”, se muestran la distribución de los desplazamientos y los factores de seguridad del acople de sección de brazo respectivamente.

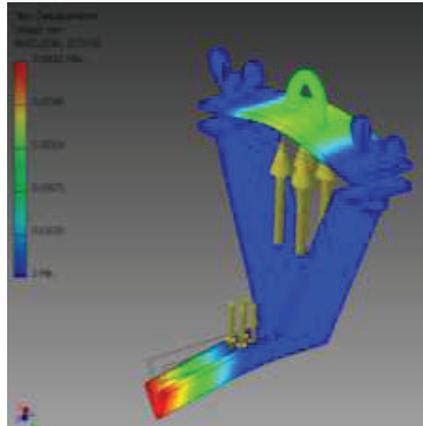


Fig. 110. Desplazamientos del acople de sección

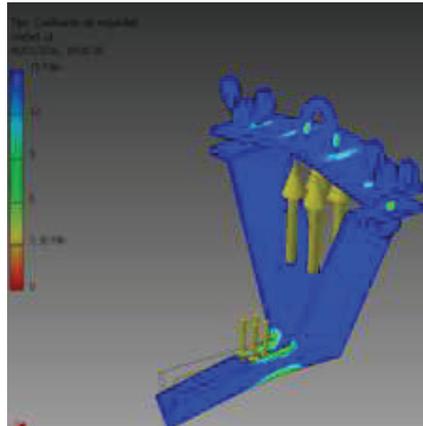


Fig. 111. Coeficiente de seguridad en el acople de sección

Los resultados proporcionados por el software Inventor 2014, se observan en las Tablas 22 y 23.

Tabla 22. Fuerza y pares de reacción en restricciones del acople de sección

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X, Y, Z)	Magnitud	Componente (X, Y, Z)
Restricción fija:1	143.421 N	0 N	28.2812 N m	28.2812 N m
		143.421 N		0 N m
		0 N		0 N m

Tabla 23. Resultados obtenidos del acople de sección

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	127948 mm ³	
Masa	1.00458 kg	
Tensión de Von Mises	0.00031903 MPa	65.5759 MPa
Primera tensión principal	-18.2001 MPa	62.4503 MPa
Tercera tensión principal	-88.1356 MPa	24.8183 MPa
Desplazamiento	0 mm	0.0918136 mm
Coefficiente de seguridad	3.15665 su	15 su
Tensión XX	-49.6216 MPa	50.5024 MPa
Tensión XY	-33.4296 MPa	33.2634 MPa
Tensión XZ	-17.1497 MPa	17.078 MPa
Tensión YY	-59.3243 MPa	61.0183 MPa
Tensión YZ	-27.69 MPa	17.8973 MPa
Tensión ZZ	-46.9203 MPa	47.0878 MPa
Desplazamiento X	-0.0124727 mm	0.0121879 mm
Desplazamiento Y	-0.0678755 mm	0.0909311 mm
Desplazamiento Z	-0.0128121 mm	0.00903649 mm
Deformación equivalente	0.0000000013059 su	0.000280622 su
Primera deformación principal	-0.00000190854 su	0.000270057 su
Tercera deformación principal	-0.000332557 su	0.0000151995 su
Deformación XX	-0.000207056 su	0.000237836 su
Deformación XY	-0.00019374 su	0.000192776 su
Deformación XZ	-0.0000993902 su	0.000098975 su
Deformación YY	-0.0001995 su	0.000258646 su
Deformación YZ	-0.000160476 su	0.000103723 su
Deformación ZZ	-0.000223467 su	0.000221206 su
Presión de contacto	0 MPa	137.112 MPa
Presión de contacto X	-70.702 MPa	73.9652 MPa
Presión de contacto Y	-115.421 MPa	106.288 MPa
Presión de contacto Z	-22.3734 MPa	29.4969 MPa

El análisis de todos estos parámetros, permite concluir que la geometría considerada para el elemento de acople de sección de brazo, cumple con los requerimientos deseados en el diseño.

4.6 DISEÑO DE PERNOS

A continuación se procede a diseñar los pernos que se encuentran en los puntos críticos del sistema telescópico.

4.6.1 DISEÑO DE LOS PERNOS DE LA PLACA BASE CON LA BASE DE LA COLUMNA

La junta empernada “Figura 112”, que une la placa base con la base de la columna posee una disposición de 4 pernos, mismos que están sometidos a tensión simple, por esta razón se los diseña con el procedimiento de la teoría de falla en tensión simple.

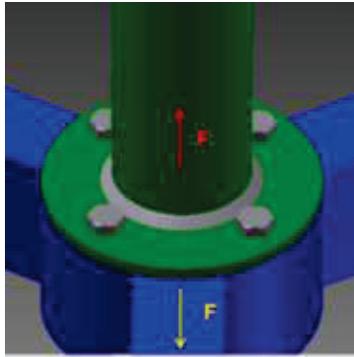


Fig. 112. Disposición de cargas en la junta empernada

4.6.1.1 Cálculo de la carga en cada perno

La carga F , es una fuerza a tensión entre la placa base y la base de la columna, este valor fue calculado previamente en la sección 4.4.1.2, misma que representa la reacción en la base del trípode. Ésta fuerza hace que cada perno trabaje a tensión simple como se muestra en la “Figura 113”.

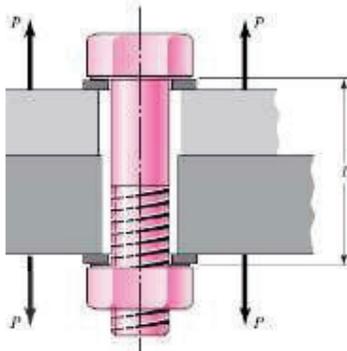


Fig. 113. Esquema de cada perno trabajando a tensión

(SHIGLEY, J. (1989). Manual de Diseño Mecánico. México: Mc Graw Hill.)

$$F = 5090 \text{ (N)}$$

$$\text{Carga de cada perno, } P = \frac{F}{4} = \frac{5090 \text{ (N)}}{4} = 1272.5 \text{ (N)}$$

Para el diseño se selecciona un perno M16X35, grado métrico 4.6.

4.6.1.2 Diseño estático del perno

Se comienza calculando la constante de rigidez del elemento K_m , con la siguiente expresión:

$$K_m = \frac{\pi * E * d}{2 * \ln \left[5 \frac{(0.024 + 0.5d)}{(0.024 + 2.5d)} \right]} \quad (\text{Ec.56})$$

Dónde:

E : Módulo de elasticidad del perno, 207 (GPa) (Acero al carbono).

d : Diámetro nominal del perno.

$$K_m = \frac{\pi * 207.10^9 \left(\frac{N}{m^2} \right) * 0.016 (m)}{2 * \ln \left[5 \frac{(0.024 (m) + 0.5 * 0.016 (m))}{(0.024 (m) + 2.5 * 0.016 (m))} \right]} = 5677758438 \left(\frac{N}{m} \right)$$

A continuación se calcula la constante de rigidez del perno K_b , con la siguiente ecuación:

$$K_b = \frac{A * E}{l} = \frac{\pi * d^2 * E}{4 * l} \quad (\text{Ec.57})$$

Dónde:

l : Agarre espesor total de las piezas que han de sujetarse.

A : Área transversal.

$$K_b = \frac{\pi * (0.016 m)^2 * 207.10^9 \left(\frac{N}{m^2} \right)}{4 * 0.017 (m)} = 2448224675 \left(\frac{N}{m} \right)$$

Se procede a calcular la constante C , de los módulos de rigidez, con la siguiente ecuación:

$$C = \frac{K_b}{K_b + K_m} \quad (\text{Ec.58})$$

$$C = \frac{2448224675 \left(\frac{N}{m} \right)}{2448224675 \left(\frac{N}{m} \right) + 5677758438 \left(\frac{N}{m} \right)} = 0.30$$

De las tablas del Anexo 12, 13 y 14, se tienen los siguientes datos:

$$S_p (\text{Carga de Prueba}) = 225 (\text{MPa})$$

$$S_{ut} (\text{Esfuerzo último a tensión}) = 400 (\text{MPa})$$

$$S_y (\text{Esfuerzo de fluencia}) = 220 \text{ (MPa)}$$

$$S_p (\text{Carga de Prueba}) = 225 \text{ (MPa)}$$

$$A_t (\text{Área de esfuerzo de tracción}) = 167 \text{ (mm}^2\text{)}$$

Con los datos obtenidos, se calcula la carga de prueba de la siguiente fórmula:

$$F_p = A_t * S_p \quad (\text{Ec.59})$$

$$F_p = 167 \text{ (mm}^2\text{)} * 225.10^6 \left(\frac{N}{m^2} \right) * \frac{1 m^2}{1000^2 mm^2} = 37557 \text{ (N)}$$

La precarga debe estar dentro de un cierto rango establecido, como se muestra en la siguiente expresión:

$$0.6 * F_p \leq F_i \leq 0.9 * F_p \quad (\text{Ec.60})$$

$$0.6 * 37557 \leq F_i \leq 0.9 * 37557$$

$$22534.2 \leq F_i \leq 33801.3$$

La precarga elegida es:

$$F_i = 33801.3 \text{ (N)}$$

Por último se calcula el factor de seguridad estático en tensión simple, por medio de la siguiente ecuación:

$$n = \frac{S_y * A_t - F_i}{C * P} \quad (\text{Ec.61})$$

$$n = \frac{220.10^6 \left(\frac{N}{m^2} \right) * \frac{1 (m^2)}{1000^2 (mm^2)} * 167 (mm^2) - 33801.3 (N)}{0.30 * 1272.5 (N)} = 7.7$$

4.6.2 DISEÑO DE LOS PERNOS ENTRE LA BASE DE LA COLUMNA Y LAS PATAS DEL TRÍPODE

Los pernos que unen las patas del trípode con la base de la columna están sometidos a corte directo, aplastamiento y flexión, en la “Figura 114”, se representa la junta empernada:

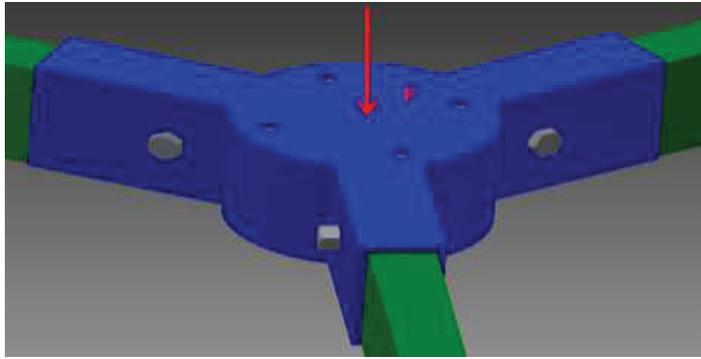


Fig. 114. Disposición de la carga en la unión base de columna y pata

La carga P , es una fuerza cortante en cada perno, inducida por la fuerza F entre la base de la columna y las patas del trípode, este valor fue calculado previamente en la sección 4.4.3.1, cuyo valor es: $P = 1696.67 (N)$.

Para el diseño se selecciona un perno M12X80, grado métrico 4.6.

4.6.2.1 Diseño en corte directo

Se procede a calcular el esfuerzo de corte por medio de la siguiente expresión:

$$\tau_{xy} = \frac{4*P}{\pi*d^2} \quad (\text{Ec.62})$$

Dónde:

d : Diámetro nominal del perno.

$$\tau_{xy} = \frac{4 * 1696.67 (N)}{\pi * (0.012m)^2} = 0.18 (MPa)$$

Se calcula el factor de seguridad estático en corte directo, con la siguiente ecuación:

$$n = \frac{0.577*S_y}{\tau_{xy}} \quad (\text{Ec.63})$$

$$n = \frac{0.577 * 220 (MPa)}{0.18 (MPa)} = 700$$

4.6.2.2 Diseño en aplastamiento

Se procede a calcular el esfuerzo por aplastamiento mediante la siguiente expresión:

$$\sigma_x = \frac{P}{t*d} \quad (\text{Ec.64})$$

Dónde:

t : Espesor de la placa más delgada

$$\sigma_x = \frac{1696.67 (N)}{0.00476 (m) * 0.012(m)} = 29.7 (MPa)$$

Se calcula el factor de seguridad estático en aplastamiento, con la siguiente ecuación:

$$n = \frac{S_y}{\sigma_x} \quad (\text{Ec.65})$$

$$n = \frac{220 (MPa)}{29.7} = 7.40$$

4.6.2.3 Diseño en flexión

Se procede a calcular el esfuerzo de flexión mediante la siguiente expresión:

$$\sigma_x = \frac{32*P*t}{\pi*d^3} \quad (\text{Ec.66})$$

$$\sigma_x = \frac{32 * 1696.67 (N) * 0.00476 (m)}{\pi * (0.012 m)^3} = 47.6 (MPa)$$

Se calcula el factor de seguridad estático en flexión, con la ecuación 65.

$$n = \frac{220 (MPa)}{47.6} = 4.62$$

4.7 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTRAPESOS

El sistema de contrapesos está conformado por un eje, el cual actúa como viga y está soportado sobre una de las secciones del brazo telescópico, sobre esta viga de sección circular se asientan dos placas angulares, en las cuales irán montados los contrapesos, como se aprecia en la “Figura 115”.



Fig. 115. Sistema de contrapesos

Los puntos críticos dentro del sistema de contrapesos se encuentran en el eje y en las placas angulares, elementos en los que se basa el diseño.

4.7.1 DISEÑO DE LA VIGA (EJE)

La viga brinda el apoyo al contrapeso por medio de las placas angulares, montadas sobre la misma.

Los diagramas de cortante y momento flector de la viga circular, se lo realiza mediante el software Inventor 2014 para obtener el diámetro mínimo del eje.

4.7.1.1 Diagrama de cuerpo libre de la viga (eje de contrapeso)

La viga está soportada en cuatro puntos y tiene dos cargas $F_c = 1629.25 (N)$, resultantes del peso total del contrapeso:

Además de las cargas puntuales se tiene una carga distribuida resultado del peso propio de la viga.

El material seleccionado para el eje es un acero AISI 1018, con un diámetro inicial de 1".

En la Tabla 19, se muestran las propiedades mecánicas del acero AISI 1018.

En la "Figura 116", se muestra el diagrama de cuerpo libre de la viga.

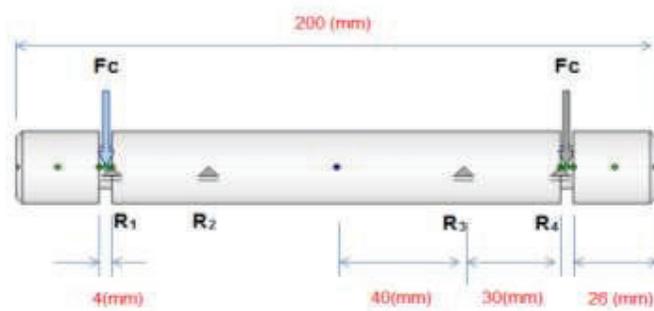


Fig. 116. Diagrama de cuerpo libre de la viga circular

Los diagramas de cortante y momento flector con los que trabaja la viga del sistema de contrapesos, se los aprecia en las “Figuras 117 y 118”.

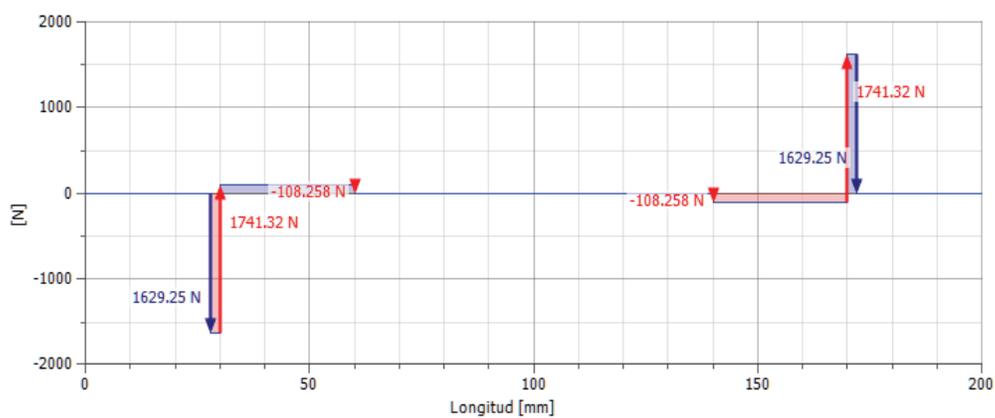


Fig. 117. Diagrama de cortante de la viga circular del sistema de contrapeso

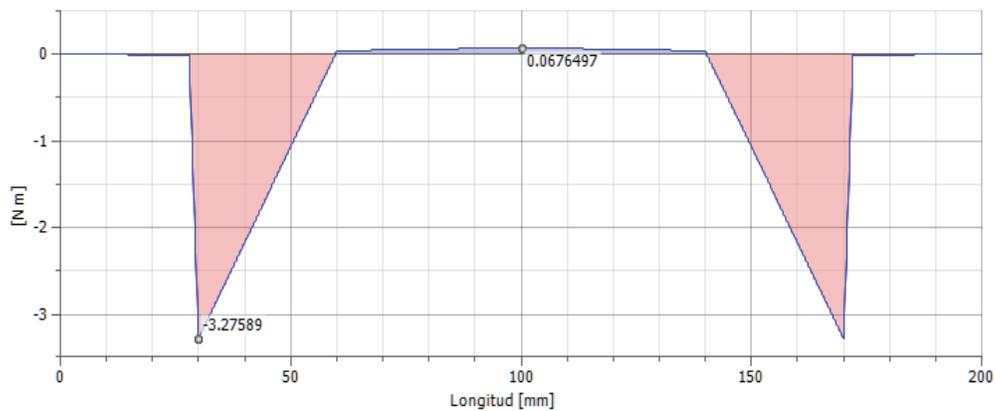


Fig. 118. Diagrama de momento flector de la viga circular del sistema de contrapesos

Por tanto, siendo los valores de diseño los máximos existentes en la viga circular, se tiene que:

$$|M_{max}| = 3.276 (N.m)$$

$$|V_{max}| = 1741.32 (N)$$

Estos valores serán los que se toman en cuenta para los cálculos de la viga circular.

Las reacciones en los apoyos son:

$$R1 = 1741.32 (N)$$

$$R2 = 108.258 (N)$$

$$R4 = 1741.32 (N)$$

$$R3 = 108.258 (N)$$

A partir del momento máximo originado en la viga circular se selecciona una sección circular de diámetro 1", utilizando un factor de seguridad de 3.

Se procede a calcular el esfuerzo permisible máximo con la siguiente ecuación:

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{Sy}{F.S} \quad (\text{Ec.67})$$

Dónde:

F.S: Factor de seguridad, 3.

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{3772.95 \left(\frac{kgf}{cm^2}\right)}{3} = 1257.65 \left(\frac{kgf}{cm^2}\right)$$

Las propiedades de la sección circular de diámetro 1" son las siguientes:

I_x : Inercia, 20431.71 (mm^4)

c: 12.7 (mm)

Con estas propiedades se tiene que el módulo de sección circular escogido es $S_{x(\text{sección})} = 1.6 \text{ cm}^3$.

Se calcula el módulo de la sección circular S_x , con la siguiente expresión:

$$S_x = \frac{M * F.S}{\sigma_{\text{máx}}} \quad (\text{Ec.68})$$

$$S_x = \frac{33.34(\text{kgf.cm}) * 3}{1257.65 \left(\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}\right)} = 0.08 \text{ cm}^3$$

$$S_{x(\text{sección})} > S_x$$

Por lo tanto al tener el valor de $S_{x(\text{sección})}$, mayor que el S_x calculado, se concluye que la viga de sección circular cumple con las condiciones de trabajo.

4.7.2 DISEÑO DE LA PLACA ANGULAR DE CONTRAPESO

Las placas angulares “Figura 119”, del contrapeso son de acero, las cuales están apoyadas sobre los canales en los extremos del eje-pasador, la función de cada placa es de soportar el contrapeso en sus extremos inferiores.



Fig. 119. Placa angular de contrapeso

Cada placa angular soporta un peso $F_c = 1629.25 \text{ (N)}$; está fabricada con planchas de acero A36 que poseen las siguientes características:

Espesor: 4 (mm)

Resistencia a la fluencia: 250 (MPa)

Resistencia última de tracción: 400 (MPa)

Para el diseño de las placas angulares se utiliza el software Autodesk Inventor Professional 2014.

La “Figura 120”, muestra la disposición de la carga que actúa sobre una de las placas angulares y las restricciones que están presentes en su funcionamiento.

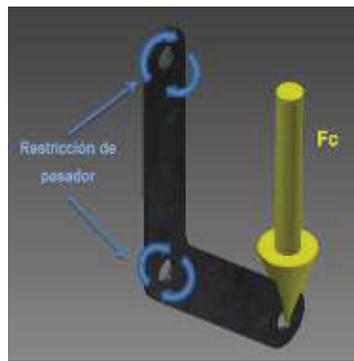


Fig. 120. Disposición de cargas y restricciones

Una vez colocadas las restricciones y carga que actúan sobre la placa angular, se realiza la simulación en el programa.

Según el criterio de Von Mises, en la “Figura 121”, se observa la distribución de esfuerzos sobre la placa angular.

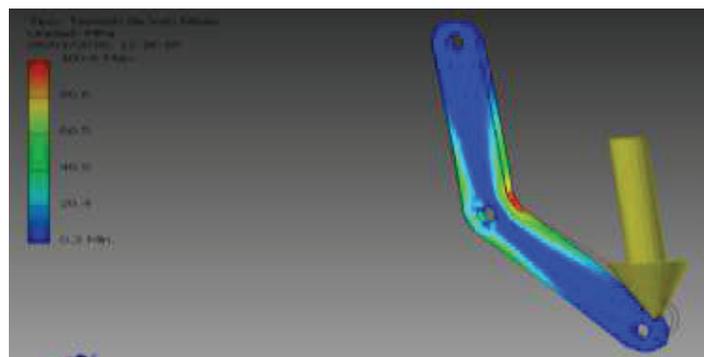


Fig. 121. Tensión de Von Mises sobre la placa angular

En las “Figuras 122 y 123”, se muestra la distribución de los desplazamientos y el factor de seguridad de la placa angular respectivamente.

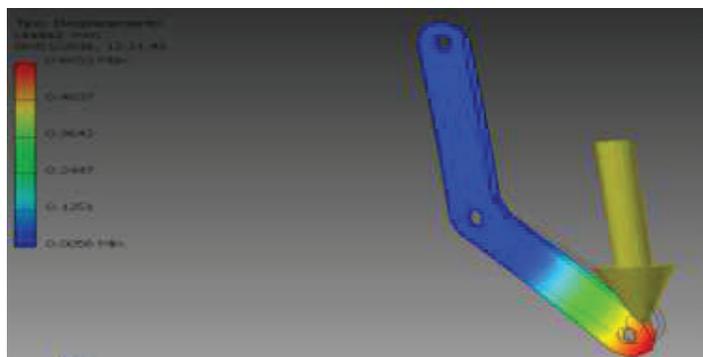


Fig. 122. Desplazamientos en la placa angular

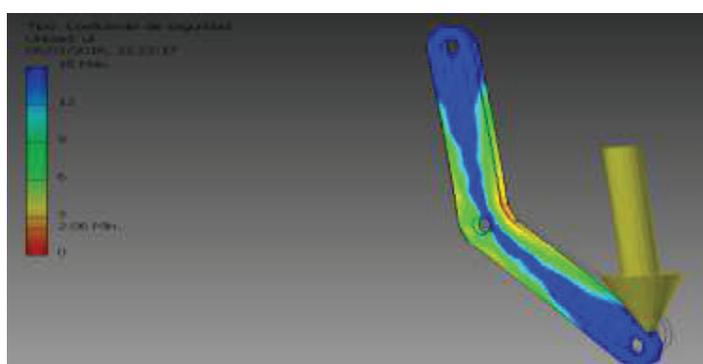


Fig. 123. Coeficiente de seguridad en la placa angular

Los resultados proporcionados por el software Inventor 2014 se observan en las Tablas 24 y 25.

Tabla 24. Fuerza y pares de reacción en restricciones de la placa angular

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X, Y, Z)	Magnitud	Componente (X, Y, Z)
Restricción de pasador:1	1459.05 N	-1188.25 N	0.0306176 N m	-0.0283636 N m
		846.702 N		0.0101624 N m
		0 N		-0.00544698 N m
Restricción de pasador:2	1590.01 N	-272.693 N	0 N m	0 N m
		-1566.45 N		0 N m
		0 N		0 N m

Tabla 25. Resultados obtenidos de la placa angular

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	192837 mm ³	
Masa	1.51377 kg	
Tensión de Von Mises	0.345288 MPa	100.615 MPa
Primera tensión principal	-3.14264 MPa	101.999 MPa
Tercera tensión principal	-67.1049 MPa	8.92968 MPa
Desplazamiento	0.00561397 mm	0.603232 mm
Coefficiente de seguridad	2.05735 su	15 su
Tensión XX	-53.2216 MPa	101.974 MPa
Tensión XY	-27.295 MPa	26.1635 MPa
Tensión XZ	-2.05991 MPa	2.13038 MPa
Tensión YY	-14.4374 MPa	21.5931 MPa
Tensión YZ	-2.19612 MPa	2.13745 MPa
Tensión ZZ	-14.6324 MPa	9.33144 MPa
Desplazamiento X	-0.0315413 mm	0.296937 mm
Desplazamiento Y	-0.0474257 mm	0.549273 mm
Desplazamiento Z	-0.00309692 mm	0.000550342 mm
Deformación equivalente	0.00000159769 su	0.000425759 su
Primera deformación principal	0.000000848347 su	0.000481748 su
Tercera deformación principal	-0.000320008 su	-0.000000487758 su
Deformación XX	-0.000234063 su	0.000481589 su
Deformación XY	-0.000168969 su	0.000161965 su
Deformación XZ	-0.0000127519 su	0.0000131881 su
Deformación YY	-0.000140675 su	0.000159124 su
Deformación YZ	-0.000013595 su	0.0000132318 su
Deformación ZZ	-0.000142844 su	0.0000946501 su

El análisis de todos estos parámetros, permite concluir que la geometría considerada para el elemento de placa angular del sistema de contrapeso, cumple con los requerimientos deseados en el diseño.

4.8 SELECCIÓN DE ELEMENTOS NORMALIZADOS

En esta sección se selecciona los elementos normalizados que forman parte del sistema telescópico como son: el cable tensor (de arriostamiento), las chumaceras y las ruedas de desplazamiento del trípode.

4.8.1 SELECCIÓN DEL CABLE TENSOR

Para el diseño estático del cable tensor del brazo, se utiliza la siguiente expresión:

$$n = \frac{F_t \text{ admisible}}{F_t \text{ aplicada}} = \frac{F_u - F_b}{F_t} \quad (\text{Ec.69})$$

Dónde:

$$F_t \text{ admisible} = F_u - F_b$$

F_u : Fuerza de resistencia a la rotura.

F_b : Tensión del cable.

F_t : Carga de tensión máxima aplicada al cable

n : Factor de diseño para cables.

Por medio de esta ecuación determinamos el factor de seguridad para cables en el caso de tensores.

Según el Anexo 15, se tiene que el valor de n , para tensores es 3.5.

Para obtener el valor de la fuerza aplicada, se determina el valor de la tensión T_1 , la cual es la mayor tensión existente en los tres cables tensores del brazo telescópico como se puede apreciar en la "Figura 124".

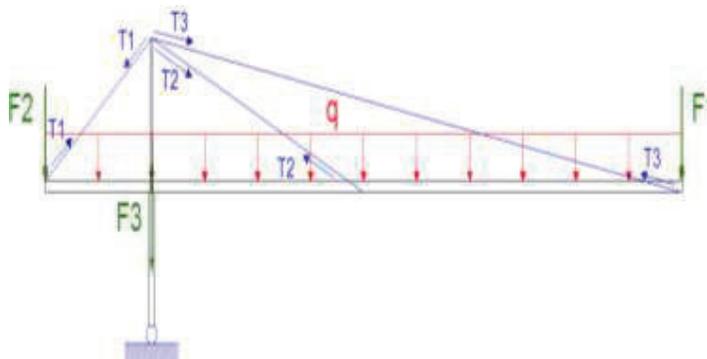


Fig. 124. Tensiones que actúan sobre los cables tensores

Las tensiones existentes en los tres cables tensores, son calculadas por medio del programa SAP 2000, y estos valores son los siguientes:

$$T_1 = 6472.15 \text{ (N)} = 0.65 \text{ (Ton)}$$

$$T_2 = 1978.71 \text{ (N)}$$

$$T_3 = 3961.70 \text{ (N)}$$

Por lo tanto el valor de $F_{t \text{ aplicada}} = 0.65 \text{ Ton}$.

El valor de la fuerza admisible se lo determina mediante la utilización de la tabla de propiedades de cables metálicos en el Anexo 16.

$$F_{t \text{ admisible}} = 2.48 \text{ (Ton)}$$

Este valor corresponde a la resistencia nominal para un cable de acero $\frac{1}{4}$ " de diámetro.

Aplicando la (Ec.69), se tiene:

$$n = \frac{2.48 \text{ (Ton)}}{0.65 \text{ (Ton)}} = 3.81$$

El valor obtenido es mayor al aceptable por lo que el cable seleccionado es correcto.

4.8.2 SELECCIÓN DE CHUMACERAS

Para el sistema telescópico se utilizan dos clases de rodamientos distintos, con un soporte de brida cuadrada para cada uno, el primero se lo utiliza para el movimiento del sistema de giro del brazo paralelo al plano horizontal y el segundo para el movimiento del sistema de giro del brazo con respecto al plano vertical.

4.8.2.1 Selección de la chumacera del sistema de giro paralelo al plano horizontal.

El rodamiento elegido para esta chumacera es un rodamiento axial de bolas de simple efecto, debido a que soporta únicamente una fuerza axial resultado del peso del brazo telescópico. El diseño de estos rodamientos los hace especialmente adecuados para soportar cargas axiales.

El diseño del rodamiento se lo hace únicamente bajo sollicitación estática debido a que la velocidad angular es muy baja.

Según el catálogo de rodamientos de la FAG, bajo una sollicitación a carga estática, se calcula el factor de esfuerzos estáticos f_s , para demostrar que se ha elegido un rodamiento con suficiente capacidad de carga.

$$f_s = \frac{C_o}{P_o} \quad (\text{Ec.70})$$

Dónde:

f_s : Factor de esfuerzos estáticos.

C_o : Capacidad de carga estática, (kN).

P_o : Carga estática equivalente, (kN).

El factor de esfuerzos estáticos f_s , se toma como un valor de seguridad contra deformaciones demasiado elevadas en los puntos de contacto de los cuerpos rodantes.

$$f_s = 1.5 \dots 2.5 \text{ para exigencias elevadas}$$

$$f_s = 1.0 \dots 1.5 \text{ para exigencias normales}$$

$$f_s = 0.7 \dots 1.0 \text{ para exigencias reducidas}$$

Para nuestro caso, donde las exigencias de suavidad y facilidad de giro son de una exigencia normal se toma el valor de $f_s = 1.3$.

La carga estática equivalente P_o , es un valor teórico, es una carga axial y centrada en los rodamientos axiales.

Para los rodamientos solicitados estáticamente, se los dimensiona con la siguiente expresión:

$$P_o = X_o * F_r + Y_o * F_a \quad (\text{Ec.71})$$

Dónde:

F_r : Carga radial, (kN).

F_a : Carga axial, (kN).

X_o : Factor radial.

Y_o : Factor axial.

Los rodamientos axiales de bolas sólo soportan cargas axiales, por lo tanto:

$$P_o = F_a$$

Como se muestra en la "Figura 125", la carga axial para el rodamiento del sistema de giro paralelo al plano horizontal es: $F_a = 4263 \text{ (N)}$

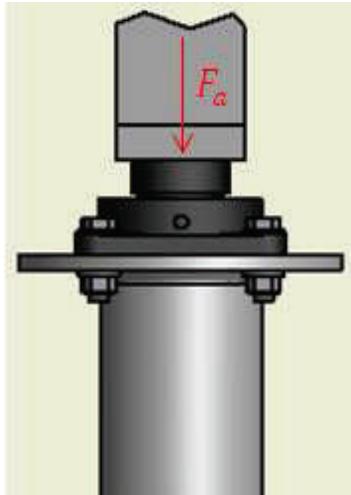


Fig. 125. Chumacera de rodamiento axial

Por lo tanto se tiene:

$$P_o = 4263 \text{ (N)} = 4.263 \text{ (kN)}$$

$$1.3 = \frac{C_o}{4.263 \text{ (kN)}}$$

$$C_o = 5.54 \text{ (kN)}$$

Se ha seleccionado el rodamiento tomando en cuenta el valor más próximo a la capacidad de carga estática (C_o) calculada.

En el Anexo 17, se presenta las especificaciones del rodamiento seleccionado que tiene una denominación 51108, con un $C_o = 50 \text{ (kN)}$ y un soporte de brida con una denominación F208, en el Anexo 18.

4.8.2.2 Selección de la chumacera del sistema de giro paralelo al plano vertical

El rodamiento elegido para esta chumacera es un rodamiento de bolas a rótula, el cual tiene dos hileras de bolas y un camino de rodadura esférico común en el aro exterior, el rodamiento es autoalineable e insensible a desalineaciones angulares del eje en relación al soporte, es particularmente apropiado para aplicaciones donde se pueden producir considerables desalineaciones o flexiones del eje.

Debido a lo antes mencionado, este rodamiento es idóneo para la aplicación en el sistema telescópico, donde se tiene que el eje tiene un ángulo de desviación con respecto al soporte como se puede observar en la “Figura 126”.

Este tipo de rodamientos tendrá cargas axiales y radiales.

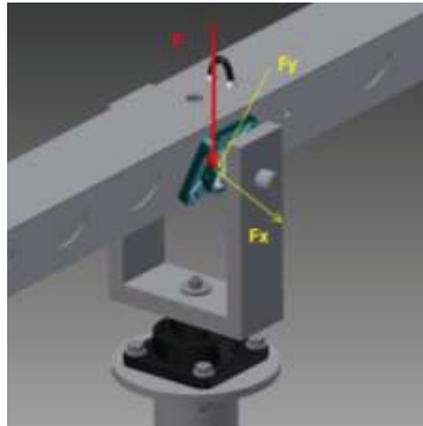


Fig. 126. Chumacera de bolas a rótula

El diseño del rodamiento se lo hace únicamente bajo sollicitación estática debido a que la velocidad angular es muy baja.

Según el catálogo de rodamientos de SKF, los rodamientos de bolas a rótula tienen una carga estática equivalente determinada por la siguiente ecuación:

$$P_o = F_r + Y_o * F_a \quad (\text{Ec.72})$$

Para calcular los valores de la carga radial F_r y axial F_a , se procede de la siguiente manera:

$$F_a = F_x = F * \cos (60^\circ) = 4.263 (kN) * \cos (60^\circ)$$

$$F_a = 2.13 (kN)$$

$$F_r = F_y = F * \sin (60^\circ) = 4.263 (kN) * \sin (60^\circ)$$

$$F_r = 3.69 (kN)$$

El factor axial Y_o , se indica en la tabla de las características de los rodamientos de bola a rótula en el Anexo 19 y tiene un valor de 1.4, para un diámetro de eje de 30 mm (1 1/4”).

$$P_o = 3.69 \text{ (kN)} + 1.4 * 2.13 \text{ (kN)} = 6.67 \text{ (kN)}$$

De la misma forma que el rodamiento anterior, donde las exigencias de suavidad y facilidad de giro son de una exigencia normal se toma el valor de $f_s = 1.0$.

Aplicando la (Ec.70) se tiene:

$$1.0 = \frac{C_o}{6.67 \text{ (kN)}}$$

$$C_o = 6.67 \text{ (kN)}$$

Se ha seleccionado el rodamiento tomando en cuenta el valor más próximo a la capacidad de carga estática (C_o) calculada.

En el Anexo 20, se presenta las especificaciones del rodamiento seleccionado que tiene una denominación 2306, con un $C_o = 8.8 \text{ (kN)}$ y un soporte de brida con una denominación I 1200 (00), en el Anexo 21.

4.8.3 SELECCIÓN DE RUEDAS DE LA BASE DE TRÍPODE

La base del trípode cuenta con tres ruedas instaladas en cada pata “Figura 127”, las mismas que permiten el desplazamiento de todo el sistema telescópico hasta una posición fija desde donde se llevará acabo la filmación.

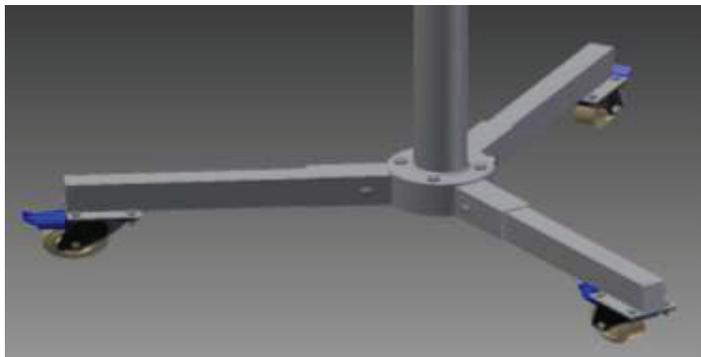


Fig. 127. Ruedas de la base del trípode

Cada una de las ruedas soporta una carga $F_{rueda} = 1696.67 \text{ (N)}$, la misma que se observa en la figura 90.

Características de selección:

- Sistema de frenado
- Sistema de sujeción por pernos
- Material resistente a la corrosión
- Fácil desplazamiento

La rueda se selecciona de tal forma que cumpla con la capacidad de carga de 172.95 (*kg*) y las características anteriormente mencionadas, por lo tanto se selecciona una rueda de rodillos guía y ruedas fijas de chapa de acero, con una denominación 95028-100402 que soporta una capacidad de carga máxima de 250 (*kg*). Las especificaciones de la rueda se encuentran en el Anexo 22.

CAPÍTULO 5.

PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN DEL MECANISMO

El presente capítulo, tiene por objetivo abordar el proceso de construcción y montaje del prototipo para el sistema telescópico porta cámara, así como también el análisis de costos que implica el diseño, construcción y montaje. También se realizan las pruebas de campo, las mismas que garantizan que se cumpla con las especificaciones y requerimientos planteados al inicio del proyecto.

5.1 CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA

Para la construcción del sistema telescópico porta cámara es indispensable contar con un taller mecánico, el cual debe tener los equipos y herramientas necesarios para realizar el trabajo de una manera adecuada.

En el proceso de construcción es necesario determinar los siguientes parámetros:

- Requerimientos para la construcción
- Equipos y herramientas
- Accesorios de seguridad
- Materia prima
- Elementos a construir
- Elementos seleccionados y normalizados
- Hojas de procesos

5.1.1 REQUERIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

El lugar donde se lleva a cabo la construcción y montaje del sistema telescópico porta cámara es en las instalaciones de la empresa PRIMATEC, las mismas que cuentan diferentes áreas de manufactura como son:

- Área de máquinas herramientas
- Área de soldadura
- Área de doblado
- Área de pintura

- Área de montaje

5.1.2 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Para la fabricación del sistema telescópico porta cámara, se deben emplear diversos tipos de equipos y herramientas que permitan la manufactura del prototipo, así como también es imperativo el uso de instrumentos de medición y verificación, los mismos que se detallan en la Tabla 26.

Tabla 26. Equipos y Herramientas

Equipos y Herramientas	
CLASE	DENOMINACIÓN
Maquinas Herramientas	Torno
	Fresadora
	Taladro
Equipos	Soldadora Eléctrica
	Dobladora
	Cizalla Manual
	Esmeril
	Equipo de pintura
Herramientas	Juego de brocas
	Útiles para torneear
	Útiles para fresar
	Entenalla
	Juego de llaves hexagonales
	Juego de llaves Allen
	Sierra de arco
	Destornilladores
	Limas
	Martillo
	Playo
Instrumentos de Medición	Flexómetro
	Calibrador Pie de Rey
	Escuadra
	Regla Metálica
	Micrómetro
	Reloj Comparador
	Goniómetro

5.1.3 ACCESORIOS DE SEGURIDAD

En el proceso de construcción del prototipo es de gran importancia contar con elementos de seguridad para prevenir accidentes que pongan en riesgo la integridad de los trabajadores, entre los principales accesorios de seguridad se tiene:

- Overol
- Zapatos de seguridad
- Antiparras
- Guantes de cuero
- Casco
- Tapones auditivos
- Mascara de soldadura
- Mascarilla

5.1.4 MATERIA PRIMA

Para la construcción del sistema telescópico se necesita de distintos tipos de materiales, los mismos que mediante distintos procesos de manufactura conformarán los elementos del prototipo, la materia prima a utilizar es:

- Planchas de aluminio liso 6061-T6
- Planchas de acero A36
- Tubo de acero redondo
- Tubo de acero cuadrado
- Placas de acero
- Perfiles rectangulares
- Ejes de acero AISI 1018
- Platinas de acero

5.1.5 ELEMENTOS A CONSTRUIR

En la Tabla 27, se muestra las partes y elementos que conforman el sistema telescópico porta cámara.

Tabla 27. Elementos y piezas a construir

Elementos y piezas a construir	
ELEMENTOS	CANTIDAD
Sección de brazo	12
Acople de sección de brazo	13
Cabezal porta cámara	1
Cabezal de contrapesos	1
Placa angular de contrapeso	2
Eje de contrapeso	3
Eje de cabezal porta cámara	1
Barra de soporte de cables	1
Eje de giro paralelo al plano vertical	1
Eje de giro paralelo al plano horizontal	1
Placa de cabezal de giro	3
Placa base	2
Columna	1
Base de columna	1
Pata de trípode	3
Acople de pata de trípode	3
Placa porta rueda	3
Acople de barra de soporte de cables	1

5.1.6 ELEMENTOS SELECCIONADOS Y NORMALIZADOS

Los elementos seleccionados y normalizados que complementan el sistema telescópico porta cámara son:

- Chumaceras
- Cable de acero
- Ruedas
- Pernos hexagonales
- Pernos allen
- Remaches
- Tuercas hexagonales
- Rodelas planas
- Anillos de seguridad

5.1.7 HOJAS DE PROCESOS

Cada uno de las piezas y elementos que constituyen el prototipo tienen un distinto proceso de fabricación, los mismos que deben ser detallados y registrados en hojas de procesos para su posterior seguimiento por parte del operario encargado.

En el Anexo 23, se muestran las hojas de procesos típicas de algunos de los componentes del sistema telescópico porta cámara.

5.1.8 FOTOGRAFÍAS DE LA CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

En la “Figura 128”, se muestra algunas de las operaciones realizadas en el mecanizado de los elementos que conforman el prototipo.



Fig. 128. Operación de soldadura de barra de soporte de cables

En la “Figura 129”, se muestra la operación de torneado del eje de giro, controlando sus dimensiones por medio de un micrómetro.



Fig. 129. Operación de torneado del eje de giro paralelo al plano vertical

En la “Figura 130”, se aprecia la operación de fresado de las placas que sirven de apoyo para las ruedas.



Fig. 130. Operación de fresado de placas porta ruedas

5.2 MONTAJE DEL PROTOTIPO

El montaje del prototipo sigue un procedimiento secuencial y ordenado de tal manera que se obtenga el correcto acople de cada pieza y elemento que conforman el sistema telescópico. Además un buen montaje garantiza un funcionamiento adecuado.

En la Tabla 28, se muestra las actividades necesarias para un correcto montaje así como también su respectiva secuencia dentro del proceso.

Tabla 28. Secuencia del montaje del prototipo

SECUENCIA	ACTIVIDAD
TRÍPODE	
1	Instalar la base del trípode a la columna con sus respectivos pernos de anclaje.
2	Instalar las ruedas en cada pata que conforma el trípode con sus respectivos pernos de anclaje.
3	Montar las patas en la base del trípode con sus respectivos pernos de anclaje.
4	Montar la chumacera sobre los respectivos alojamientos colocados en la placa superior del trípode.
CABEZAL DE GIRO	
5	Ensamblar las placas del cabezal de giro por medio de sus respectivos pernos de anclaje.
6	Montar el eje de giro paralelo al plano horizontal sobre el cabezal de giro por medio de una junta empernada.
BRAZO TELESCÓPICO	
7	Montar las chumaceras sobre las caras laterales de la sección de brazo central en los alojamientos correspondientes.
8	Asegurar el acople de la barra de soporte de cables junto con las chumaceras laterales con sus respectivos pernos.
9	Montar el cabezal de contrapesos sobre la sección del brazo donde se ubicará el sistema de contrapesos.
10	Montar el eje 1 de contrapeso sobre el cabezal de contrapeso en el alojamiento correspondiente.
11	Colocar las placas angulares sobre el eje 1 de contrapesos.
12	Montar el eje 2 y 3 de contrapesos sobre las placas angulares en los alojamientos correspondientes.
13	Montar el cabezal porta cámara sobre la sección final del brazo telescópico.
14	Ensamblar cada una de las secciones que conforman el brazo telescópico (12 secciones) por medio de los acoples de sección del brazo y pernos de sujeción correspondientes.
ACOPLE DE SUBCONJUNTOS	
15	Montar el cabezal de giro sobre la chumacera instalada en el trípode.

16	Colocar el brazo telescópico en la posición de funcionamiento dentro del cabezal de giro.
17	Montar el eje de giro paralelo al plano vertical entre el brazo telescópico y el cabezal de giro.
18	Instalar la barra de soportes de cables en el brazo telescópico por medio del acople de la barra.
19	Instalar los cables tensores entre los alojamientos de la barra rigidizadora y el brazo telescópico, colocando tensores de rosca en cada tramo de los cables.
20	Montar la cámara de 30 (Kg) sobre el cabezal porta cámara.
21	Colocar el contrapeso necesario sobre el sistema de ejes de contrapeso de tal manera que el sistema quede equilibrado.
22	Ajustar el sistema de cables tensores por medio de los tensores de rosca.

En la “Figura 131”, se pueden apreciar el proceso de montaje del brazo telescópico, acoplando los respectivos tramos.



Fig. 131. Ensamble de las secciones del brazo telescópico

En la “Figura 132”, se muestra el montaje del sistema de contrapesos, el cual se asienta sobre uno de los tramos del brazo telescópico.



Fig. 132. Montaje del sistema de contrapesos

En la “Figura 133”, se puede apreciar el montaje total del brazo con todos los tramos que lo conforman.



Fig. 133. Montaje del brazo sobre el trípode

5.3 PRUEBAS DE CAMPO

Una vez culminadas las etapas de construcción y montaje del prototipo de brazo telescópico porta cámara, se procede a realizar las pruebas de campo para el prototipo construido, conforme con el Protocolo de Pruebas establecido en el capítulo 3 y los resultados se muestran en el Anexo 1.

En la “Figuras 134”, se muestra el Sistema telescópico porta cámara terminado y en funcionamiento en plena carga.



Fig. 134. Pruebas de campo del funcionamiento con carga máxima

En la “Figura 135”, se puede observar la inspección del prototipo en campo, verificando la funcionabilidad.



Fig. 135. Inspección en campo del prototipo

5.4 ANÁLISIS DE COSTOS

El diseño, construcción y montaje de los elementos que conforman el Sistema telescópico porta cámara, implican varios costos, los mismos que son tratados en este apartado. La finalidad que tiene este estudio es de cuantificar los recursos económicos que son necesarios para la obtención del prototipo.

El análisis económico del proyecto se lo realiza tomando en cuenta los costos directos e indirectos, ya que la suma de estos valores nos da el costo total del prototipo.

Inicialmente se determinan los factores que conforman tanto los costos directos como los indirectos:

Costos directos

- Materia prima directa
- Elementos normalizados
- Maquinado
- Montaje

Costos indirectos

- Materiales indirectos
- Diseño
- Costos imprevistos

5.4.1 COSTOS DIRECTOS

Es el costo que se puede asociar directamente a la producción de un solo prototipo y se encuentran en mayor porcentaje respecto a los costos totales del proyecto. Los rubros que constituyen estos costos son:

5.4.1.1 Materia prima directa

La materia prima directa se refiere a los materiales necesarios para construir las partes y elementos que constituyen el prototipo. Los costos de la materia prima directa que se utiliza en la fabricación del Sistema telescópico porta cámara se muestran en la Tabla 29.

Tabla 29. Materia prima directa

ELEMENTOS	CANTIDAD	PESO TOTAL (kg)	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
Placa de acero de 115x145x7 (mm)	3	—	3.50	10.50
Tubo rectangular de 50x100x4 (mm)	1	53.12	40.05	40.05
Tubo rectangular de 175x75x6 (mm)	1	112.22	95.84	95.84
Tubo redondo (tipo poste) de ϕ 220 x6 (mm)	1	4.05	3.09	3.09
Placa de acero redonda de ϕ 216x10(mm)	3	—	9.50	28.50
Tubo redondo de ϕ 2"x4 (mm)	1	5.77	26.31	26.31
Placa de acero de 205x85x25(mm)	3	—	47.50	142.50
Eje de acero de transmisión de ϕ 1 3/4 " x 50(mm)	1	—	1.68	1.68
Eje de acero AISI 1018 de ϕ 1 1/2" x 260(mm)	1	—	2.52	2.52
Eje de acero AISI 1018 de ϕ 1" X 1460 (mm)	1	—	9.43	9.43
Eje de acero de ϕ 2" x240(mm)	1	—	3.36	3.36
Plancha de aluminio 6061 T6 de 1220x2440x3(mm)	3	72.60	104.06	312.18
Platina de acero de 50x4 (mm)	1	9.50	10.68	10.68
Plancha de acero de 1220x2440x4(mm)	1	93.47	54.24	54.24
Placas de acero (Orejas de contrapeso) 6 (mm) de espesor	2	3.04	6.60	13.20
Tubo cuadrado de 40x3(mm)	1	19.82	15.92	15.92
			Subtotal (USD)	770.00

5.4.1.2 Elementos normalizados

Son los costos que se tienen de los elementos que son prefabricados por medio de cualquier tipo de norma sean estos pernos, chumaceras, cables, etc.

Los costos de estos elementos se presentan a continuación en la Tabla 30.

Tabla 30. Elementos normalizados

ELEMENTOS	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
Pernos M10x 50(mm)	1	0.20	0.20
Pernos M10x 45(mm) Cabeza redonda tipo Allen	4	0.36	1.44
Pernos M10 x30(mm)	12	0.17	2.04
Pernos M12x100(mm)	3	0.55	1.65

Pernos M16x45(mm)	4	0.49	1.96
Pernos M16x50(mm)	4	0.55	2.20
Pernos M12x40(mm)	4	0.24	0.96
Pernos M12x40(mm) Cabeza redonda	4	0.19	0.76
Pernos M12x25(mm)	22	0.17	3.74
Pernos M8x40 (mm)	26	0.10	2.60
Perno M22x60(mm)	1	1.47	1.47
Arandela plana para M10	25	0.03	0.75
Arandela plana para M12	36	0.04	1.44
Arandela plana para M16	16	0.06	0.96
Tuercas para M10	12	0.07	0.84
Tuercas para M12	33	0.14	4.62
Tuercas para M16	8	0.23	1.84
Tuercas tipo mariposa para M8	26	0.20	5.20
Tuercas para M22	2	0.45	0.90
Anillos de seguridad para \varnothing 25(mm)	12	0.26	3.12
Anillos de seguridad para \varnothing 35(mm)	2	0.54	1.08
Remaches para \varnothing 4x10(mm)	180	0.08	14.40
Pasador de clavija para \varnothing 5x35(mm)	1	0.08	0.08
Grilletes para cable de 1/4"	12	0.36	4.32
Tensores para cable	3	2.37	7.11
Cable de acero \varnothing 1/4" (metros)	18	3.90	70.72
Chumacera F208-51108	1	12.00	12.00
Chumacera I1200-2306	2	9.00	18.00
Ruedas tipo garrucha 4"	3	19.81	59.43
Subtotal (USD)			225.83

5.4.1.3 Maquinado

Este costo abarca los rubros que se relacionan con la mano de obra directa, empleada en el manejo de las máquinas herramientas que se utilizan en la fabricación del prototipo, incluido el valor de la hora máquina. Los valores se basan en un tiempo estimado en cada proceso necesario para la fabricación de cada elemento.

En la Tabla 31, se muestran el desglose de dichos valores.

Tabla 31. Costos de maquinado

MÁQUINA	COSTO HORA MÁQUINA INCLUIDO MANO DE OBRA (USD/h)	TIEMPO EMPLEADO (h)	TOTAL (USD)
Torno	10.00	3	30.00
Fresadora	11.00	15	165.00
Soldadora	8.00	2	16.00
Taladro de pedestal	3.50	2	7.00
Dobladora hidráulica	4.50	2	9.00
Esmeril	2.00	0.5	1.00
Amoladora	2.00	0.5	1.00
Cortadora de disco	3.00	0.5	1.50
Taladro manual	2.50	1	2.50
Cortadora hidráulica	4.50	0.5	2.25
Sierra mecánica	2.00	0.2	0.40
Subtotal (USD)			235.65

5.4.1.4 Montaje

Este costo se refiere a la mano de obra necesaria para realizar el montaje de las piezas y elementos que conforman el prototipo. Para el ensamble, se considera dos personas durante 2 días, con una jornada de trabajo de 8 horas diarias.

Estos costos se presentan en la Tabla 32.

Tabla 32. Costos de montaje

PERSONAL	ESPECIALIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (h)	COSTO HORA (USD/h)	COSTO TOTAL
Maestro	Mecánico	1	16	3.50	56.00
Ayudante	Mecánico	1	16	2.50	40.00
Subtotal (USD)					96.00

5.4.1.5 Costo Total Directo

El valor del costo total directo es resultado de la suma de los valores correspondientes a cada factor analizado, los cuales se muestran en la Tabla 33.

Tabla 33. Costo total directo

COSTOS DIRECTOS	VALOR (USD)
Materia prima directa	770.00
Elementos Normalizados	225.83
Maquinado	235.65
Montaje	96.00
Subtotal (USD)	1327.48

5.4.2 COSTOS INDIRECTOS

Estos costos son los que se generan del uso de materiales suplementarios en la construcción de los elementos y componentes del prototipo.

5.4.2.1 Materiales Indirectos

Los costos de los materiales suplementarios que fueron utilizados en la fabricación del Sistema telescópico porta cámara se muestran en la Tabla 34.

Tabla 34. Materiales indirectos

MATERIAL	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
Discos de desbaste	2(u)	4.50	9.00
Guantes	2 (pares)	3.00	6.00
Guaypes	10 (u)	0.30	3.00
Lija de hierro #100	2 (u)	0.50	1.00
Pintura anticorrosiva	1 (L)	4.50	4.50
Pintura de acabado	1 (L)	5.00	5.00
Thinner	1 (L)	1.80	1.80
Electrodos E 6011	1 (kg)	3.50	3.50
Electrodos E 7018	1 (kg)	4.40	4.40
Varios	–	30.00	30.00
Subtotal (USD)			68.20

5.4.2.2 Diseño

Este rubro corresponde al tiempo y conocimientos que ha dedicado el ingeniero para el diseño del prototipo.

En la Tabla 35, se especifican las actividades que se realizó en el diseño del prototipo así como también el tiempo empleado en las mismas.

Tabla 35. Tiempos de diseño

TAREA	TIEMPO (h)
Definición del problema	3
Estudio de alternativas	30
Selección de alternativas	8
Cálculo y dimensionamientos	40
Selección de elementos del prototipo	10
Realización de planos	20
Supervisión y control en la construcción	6
Supervisión y control en el montaje de la máquina	3
Puesta a punto del prototipo	2
TOTAL	122

Un ingeniero que empieza sus actividades en el campo laboral actualmente está percibiendo un valor promedio por hora de 10 USD. Del análisis anterior se obtuvo que el tiempo total empleado es de 122 horas, por lo cual se tiene un costo de diseño de 1220 USD.

5.4.2.3 Costos imprevistos

Estos costos se refieren a los rubros no considerados al inicio del proyecto, y estos se dan por concepto de movilización de personal, impresión de documentos y planos, transporte de material y actividades varias. Este valor aproximado es de 100 USD.

5.4.2.4 Costo Total Indirecto

El valor del costo total indirecto es resultado de la suma de los valores correspondientes a cada factor analizado, los cuales se muestran en la Tabla 36.

Tabla 36. Costo total indirecto

COSTOS INDIRECTOS	VALOR (USD)
Materiales indirectos	68.20
Diseño	1220.00
Costo imprevistos	100.00
Subtotal (USD)	1388.20

5.4.3 COSTO TOTAL DEL PROTOTIPO

Este costo se refiere a la suma de los totales de los costos directos e indirectos, el resultado final se presenta en la Tabla 37.

Tabla 37. Costo total del prototipo

COSTO TOTAL	VALOR (USD)
Costos Directos	1327.48
Costos Indirectos	1388.2
TOTAL (USD)	2715.68

CAPÍTULO 6.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- El proyecto de titulación cumple con el objetivo principal planteado al inicio de la presente tesis, el cual es el diseño y construcción de un sistema telescópico manual con un alcance de 10 metros para portar una cámara de 30 kilogramos utilizada para filmación, el mismo que cumple con los parámetros funcionales y requerimientos del usuario establecidos para este proyecto.
- Se entrega a la empresa PRIMATEC el prototipo de un sistema telescópico manual, que cuenta con un diseño precursor en este tipo de equipos a nivel nacional y que además permitió la relación entre la universidad y el sector privado.
- El diseño planteado cuenta con mecanismos mecánicos simples, lo cual hace que el costo total del prototipo sea más económico con relación a otros equipos similares existentes en el mercado internacional, sin que esto afecte en la correcta funcionabilidad del equipo.
- El uso del aluminio 6061 estructural como base de la construcción del brazo telescópico nos brindó características mecánicas adecuadas en cuanto al peso y rigidez del mismo en comparación a otros materiales utilizados con mayor frecuencia dentro del mercado nacional.
- Se presentan los planos del prototipo de forma clara, concisa y conforme con las normas de dibujo técnico, los mismos que facilitan la construcción y montaje del equipo.
- Se construyó un prototipo de sistema telescópico ergonómico y versátil, que garantiza un manejo adecuado por parte del operario sin que exista una mayor dificultad o riesgo para el mismo.
- El desarrollo del proyecto ha permitido poner en práctica todos los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, a la vez que se obtiene una experiencia técnica y científica que ayuda en la formación profesional de sus autores.

6.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda que el montaje de los distintos tramos del brazo telescópico se lo realice secuencialmente y en el orden que se encuentra especificado en los planos de montaje de manera que exista un correcto acoplamiento.
- Es recomendable que se coloque el número adecuado de pesas con relación a la longitud del brazo y peso de la cámara para que el equipo adquiera un equilibrio estático inicial para empezar el proceso de filmación.
- Se recomienda realizar un mantenimiento periódico de los distintos elementos que conforman el prototipo, con el fin de alargar la vida útil del equipo.
- Se recomienda verificar que los cables de acero tengan una tensión adecuada de manera que cumplan la función para la cual fueron diseñados.
- La superficie sobre la cual se encuentre montado el equipo debe ser firme y plana, para que se garantice una buena estabilidad y un adecuado desplazamiento del sistema telescópico.

BIBLIOGRAFÍA

1. AISC. (2006). Steel Construction Manual. American Institute of Steel Construction: Chicago IL.
2. Abus. (2012). Puentes grúa. Recuperado el 05 de Marzo de 2015, de <http://www.mantemur65.es/productos.html#Ancla001>
3. Alex. (16 de Julio de 2014). Grau Luminotecnia. Recuperado el 05 de Marzo de 2015, de <https://grauluminotecnia.wordpress.com/category/soportes-camara/railes-y-dollies/>
4. Artística, D. (30 de Septiembre de 2014). Garabátika Plástica. Recuperado el Marzo 06 de 2015, de http://physiophilosophy58.rssing.com/channel-34107816/all_p2.html
5. Arz, M. (2012). Taringa! Recuperado el 06 de Marzo de 2015, de <http://www.taringa.net/post/hazlo-tu-mismo/14020814/Como-crear-tu-propio-Cortometraje.html>
6. audiovisual, M. (2015). Medya. Recuperado el 08 de Marzo de 2015, de <http://medya-audiovisual.com/que-es-una-steadycam-y-para-que-se-utiliza/>
7. Benro. (2015). Benro Let's go. Recuperado el 08 de Marzo de 2015, de <http://www.benrousa.com/>
8. CVG, A. (13 de Julio de 2015). Accesorios Fotografía y Video. Recuperado el 09 de Marzo de 2015, de <http://www.alvarocvg.com/accesorios-fotografia-video-3-soportes-camara/>
9. España, M. (2002). Grúas tipo puente. Recuperado el 09 de Marzo de 2015, de http://www.insht.es/inshtweb/contenidos/documentacion/fichastecnicas/ntp/ficheros/701a750/ntp_736.pdf
10. Expo, N. (2014). Grúa Telescópica. Recuperado el 09 de Marzo de 2015, de <http://www.nauticexpo.es/prod/karmoy/product-31213-196184.html>

11. Grip, S. (2013). Grúas Telescópicas. Recuperado el 09 de Marzo de 2015, de <http://www.systemgrip.es/presentacion.pdf>
12. Hohl, D. I. (2014). Ingeniería predictiva y descriptiva. Petrotécnica, 3 y4.
13. Impsa. (2012). Equipos, instalaciones y servicios. Recuperado el 10 de Marzo de 2015, de <http://www.impsa-ingenieria.com/equipos.htm>
14. Industry, D. (2014). Grúa Torre. Recuperado el 10 de Marzo de 2015, de <http://www.directindustry.es/prod/liebherr-cranes/product-16233-1118624.html>
15. Javier, C. F. (2008). Diseño sismo resistente de construcciones de acero. Santiago de Chile: Asociación Latinoamericana del acero.
16. Limitada, S. (2012). Central ferretero. Recuperado el 11 de Marzo de 2015, de http://www.centralferretero.cl/tienda/index.php?route=product/product&product_id=102
17. Marmolejo, C. (2014). Tesis "Manual de Diseño de Estructuras de Aluminio". Mexico.
18. Proaim. (2014). Grúas telescópicas. Recuperado el 12 de Marzo de 2015, de <http://proaimtorg.ru/crane/filmpack/komplekt-krana-proaim-16ft-polejib.html>
19. queaprendimoshoy.com. (03 de Noviembre de 2012). Procesos de la producción audiovisual. Recuperado el 12 de Marzo de 2015, de <http://queaprendimoshoy.com/procesos-de-la-produccion-audiovisual-ii-la-produccion/>
20. Ramirez, J. (10 de Julio de 2014). Guía de iniciación al video. Recuperado el 13 de Marzo de 2015, de <http://www.slideshare.net/juanjodiazramirez/guia-de-iniciacion-al-video-dslr-36840268>
21. Romeva, C. R. (2002). Diseño Concurrente. Barcelona: Ediciones UPC.
22. Rodriguez, N. (22 de Octubre de 2014). Slideshare. Recuperado el 13 de Marzo de 2015, de <http://es.slideshare.net/Misthik/movimientos-de-cmara-40622153>

23. Shigley, J. (1989). Manual de Diseño Mecánico. México: Mc Graw Hill.
24. Sultan, Z. (03 de Junio de 2014). Inspired Creativity. Recuperado el 14 de Marzo de 2015, de <http://chloesblogthings.tumblr.com/post/87688340764/camera-dolly>
25. Systems, E. S. (1999). Egripment Support Systems. Recuperado el 14 de Marzo de 2015, de <http://egripment.com/es/productos/dollies/dinky-dolly/>
26. Team, E. (2009). eemov. Recuperado el 14 de Marzo de 2015, de <http://www.eemov.com/>
27. The Aluminum Association. (2005). Aluminum Design Manual. 1525 Wilson Boulevard, Suite 600: Arlington VA.
28. WordPress.com. (11 de Noviembre de 2013). camarapriscula. Recuperado el 16 de Marzo de 2015, de <https://camarapriscula.wordpress.com/2013/12/02/movimientos-de-camara-11-noviembre-2013/>

ANEXOS

ANEXO 1: PROTOCOLO DE PRUEBAS

PROTOCOLO DE PRUEBAS			
FECHA DE PRUEBA:		29 de Febrero del 2016	
NOMBRE DE LA EMPRESA:		PRIMATEC	
NOMBRE DE LA MAQUINA:		Sistema telescópico porta cámara	
CAPACIDAD DE LA MAQUINA:		30 (Kg)	
PERSONAL RESPONSABLE:		Director y ejecutores del proyecto	
VERIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA			
Trabajo sin carga (Estabilidad de los elementos)			
ELEMENTO	PASA	NO PASA	
Brazo	X		
Trípode	X		
Trabajo con carga (Estabilidad de los elementos)			
ELEMENTO	PASA	NO PASA	
Brazo	X		
Trípode	X		
Cámara	X		
VERIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ALCANCE			
PARÁMETROS	DIMENSIONES	PASA	NO PASA
1 Sección de brazo	1 (m)	X	
5 Secciones de brazo	5 (m)	X	
10 Secciones de brazo	10 (m)	X	
MANIOBRABILIDAD DEL EQUIPO			
PARÁMETROS	PASA	NO PASA	
Desplazamiento del trípode	X		
Giro del brazo paralelo al plano horizontal	X		
Giro del brazo paralelo al plano vertical	X		
CONCLUSIONES: El prototipo funciona correctamente y cumple con todas las especificaciones planteadas.			
OBSERVACIONES: Ninguna			
El Prototipo Pasa: Sí pasa		El Prototipo No Pasa:	
Firma de Persona (s) responsables		Firma de Autorización	

ANEXO 2: FACTOR DE ESBELTEZ

Tabla 3.13 Factor de esbeltez en columnas de acuerdo al tipo de elemento

Tipo de esfuerzo	Tipo de componente	Factor de Esbeltez
Compresión en vigas, fibra extrema en la sección total	Vigas de una sola alma flexionadas alrededor de su eje fuerte	$\frac{L_b}{r_y \sqrt{C_b}}$
	Tubos redondos u ovalados	$\frac{R_b}{t}$
	Vigas de sección rectangular o redonda solidas	$\frac{d}{t} \sqrt{\frac{L_b}{C_b d}}$
	Tubos rectangulares y secciones en caja	$\frac{L_b S_c}{C_b \sqrt{I_y} / 2}$

ANEXO 3: LÍMITES DE ESBELTEZ

Tabla 3.14 Requerimientos generales de la especificación del MDA para pandeo de vigas

Tipo de esfuerzo	Tipo de componente	Esfuerzo de Diseño ϕF_L	Límite de esbeltez (S_1)	Esfuerzo de Diseño ϕF_L	Límite de esbeltez (S_2)	Esfuerzo de Diseño ϕF_L
Compresión en vigas, fibra extrema en la sección total	vigas de una sola alma flexionadas alrededor de su eje fuerte	$\phi_y F_y$	$\frac{1.2 \left(B_c - \frac{\phi_y F_{cy}}{\phi_b} \right)}{D_c}$	$\phi_b \left[B_c - \frac{D_c L_b}{1.2 r_y \sqrt{C_b}} \right]$	$1.2 C_c$	$\frac{\phi_b C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{1.2 r_y} \right)^2}$
	Tubos redondos u ovalados	$1.17 \phi_y F_y$	$\left(\frac{B_{tb} - 1.17 F_{cy} \phi_y / \phi_b}{D_{tb}} \right)^2$	$\phi_b \left(B_{tb} - D_{tb} \sqrt{\frac{R_b}{t}} \right)$	$\left(\frac{B_{tb} - \phi_c B_t}{D_{tb} - \phi_c D_t} \right)^2$	$\frac{\phi_{cp} \pi^2 E}{16 \left(\frac{R_b}{t} \right) \left(1 + \frac{\sqrt{R_b/t}}{35} \right)^2}$
	Vigas de sección rectangular o redonda solidas	$1.3 \phi_y F_y$	$\frac{B_{br} - 1.3 \frac{\phi_y F_{cy}}{\phi_b}}{2.3 D_{br}}$	$\phi_b \left(B_{br} - 2.3 D_{br} \frac{d}{t} \sqrt{\frac{L_b}{C_b d}} \right)$	$\frac{C_{br}}{2.3}$	$\frac{\phi_b \pi^2 E C_b}{5.29 \left(\frac{d}{t} \right)^2 \frac{L_b}{d}}$
	tubos rectangulares y secciones en caja	$\phi_y F_y$	$\left(\frac{B_c - \frac{\phi_y F_{cy}}{\phi_b}}{1.6 D_c} \right)^2$	$\phi_b \left(B_c - 1.6 D_c \sqrt{\frac{L_b S_c}{C_b (\sqrt{I_y} / 2)}} \right)$	$\left(\frac{C_c}{1.6} \right)^2$	$\frac{\phi_b \pi^2 E}{2.56 \left(\frac{L_b S_c}{C_b (\sqrt{I_y} / 2)} \right)}$

ANEXO 4: COEFICIENTES Bc y Dc

Apéndice D

Aleación	Producto	Bc [kg/cm ²]	Dc [kg/cm ²]	Cc	Bp [kg/cm ²]	Dp [kg/cm ²]	Cp
6061-T6, T651	Lámina y placa	2750.811	17.129	65.845	3146.382	20.953	61.567
-T6, T6510, T6511	Extrusiones	2750.811	17.129	65.845	3146.382	20.953	61.567
-T6, T651	Barra y Varilla acabados en frío	2750.811	17.129	65.845	3146.382	20.953	61.567
-T6	Tubo Estirado	2750.811	17.129	65.845	3146.382	20.953	61.567
-T6	Tubería	2750.811	17.129	65.845	3146.382	20.953	61.567
6063-T5	Extrusiones	1215.736	5.033	99.045	1368.635	6.011	93.349
-T52	Extrusiones	1215.736	5.033	99.045	1368.635	6.011	93.349
-T5	Extrusiones	1158.403	4.681	101.467	1302.792	5.583	95.679
-T6	Extrusiones y tuberías	1914.351	9.944	78.930	2174.854	12.041	74.052
6066-T6, T6510, T6511	Extrusiones	3606.794	25.717	57.503	4144.587	31.678	53.643
6070-T6, T62	Extrusiones	3606.794	25.717	57.503	4144.587	31.678	53.643
6105-T5	Extrusiones	2750.811	17.129	65.845	3146.382	20.953	61.567
6351-T5	Extrusiones	2750.811	17.129	65.845	3146.382	20.953	61.567
6351-T6	Extrusiones	2932.688	18.855	63.771	3358.212	23.104	59.594
6463-T6	Extrusiones	1914.351	9.944	78.930	2174.854	12.041	74.052
7005-T53	Extrusiones	3421.859	23.300	60.213	3928.680	28.664	56.195

ANEXO 5: LÍMITES DE ESBELTEZ PARA COMPONENTES DE VIGAS

Tabla 3.15 Requerimientos para determinar el esfuerzo de diseño de componentes de vigas

Tipo de esfuerzo	Tipo de componente	Esfuerzo de Diseño ϕF_t	Límite de esbeltez (S_x)	Esfuerzo de Diseño ϕF_c	Límite de esbeltez (S_c)	Esfuerzo de Diseño ϕF_b
Compresión uniforme, en componentes de viga	Componentes planos apoyados en un borde	$\phi_y F_{cy}$	$\frac{B_p - \frac{\phi_y F_{cy}}{\phi_y}}{5.1 D_p}$	$\phi_y \left[B_p - 5.1 D_p \frac{h}{t} \right]$	$\frac{k_1 B_p}{5.1 D_p}$	$\frac{\phi_y k_1 \sqrt{B_p E}}{5.1 h/t}$
	Componentes planos apoyados en ambos bordes	$\phi_y F_{cy}$	$\frac{B_p - \frac{\phi_y F_{cy}}{1.6 D_p}}{1.6 D_p}$	$\phi_y \left[B_p - 1.6 D_p \frac{h}{t} \right]$	$\frac{k_1 B_p}{1.6 D_p}$	$\frac{\phi_y k_1 \sqrt{B_p E}}{1.6 h/t}$
	Componentes curvos apoyados en ambos bordes	$1.17 \phi_y F_{cy}$	$\left(\frac{B_p - 1.17 \frac{F_{cy} \phi_y}{\phi_y}}{D_p} \right)^2$	$\phi_y \left(B_p - D_p \sqrt{\frac{R_p}{t}} \right)$	C_1	$\frac{\phi_y \pi^2 E}{16 \left(\frac{B_p}{t} \right) \left(1 + \sqrt{\frac{R_p/t}{35}} \right)^2}$
Compresión en componentes de vigas (flexión en su propio plano)	Componentes planos apoyados en el borde de tensión y el borde de compresión libre	$1.30 \phi_y F_{cy}$	$\frac{B_{br} - 1.3 F_{cy} \frac{\phi_y}{\phi_y}}{3.5 D_{br}}$	$\phi_y \left[B_{br} - 3.5 D_{br} \frac{h}{t} \right]$	$\frac{C_{br}}{3.5}$	$\frac{\phi_y \pi^2 E}{3.5 (h/t)^2}$
	Componentes planos apoyados en ambos bordes	$1.30 \phi_y F_{cy}$	$\frac{B_{br} - 1.3 F_{cy} \frac{\phi_y}{\phi_y}}{m D_{br}}$	$\phi_y \left[B_{br} - m D_{br} \frac{h}{t} \right]$	$\frac{k_1 B_{br}}{m D_{br}}$	$\frac{\phi_y k_1 \sqrt{B_{br} E}}{m h/t}$

ANEXO 6: CONSTANTES DE PANDEO INELÁSTICO

Tabla 3.7 Tabla de constantes de pandeo inelástico para compresión en placas dependiendo del tratamiento [kg/cm²]

Tratamiento	Ordenada al origen	Pendiente	Intersección
-O, -H, -T1, -T2, -T3 o -T4	$B_p = F_{cy} \left[1 + \frac{(F_{cy})^{1/3}}{31.4} \right]$	$D_p = \frac{B_p}{20} \left(\frac{6B_p}{E} \right)^{1/2}$	$C_p = \frac{2B_p}{3D_p}$
-T5, -T6, -T7, -T8 o -T9	$B_p = F_{cy} \left[1 + \frac{(F_{cy})^{1/3}}{47.1} \right]$	$D_p = \frac{B_p}{10} \left(\frac{B_p}{E} \right)^{1/2}$	$C_p = 0.41 \frac{B_p}{D_p}$

ANEXO 7: CONSTANTE k1

Table 3.3-3
FORMULAS FOR BUCKLING CONSTANTS FOR PRODUCTS WHOSE TEMPER DESIGNATION BEGINS WITH -O, -H, -T1, -T2, -T3, OR -T4

Type of Member and Stress	Intercept ksi	Intercept MPa	Slope	Intersection
Compression in Columns and Beam Flanges	$B_c = F_{cy} \left[1 + \frac{(F_{cy})^{1/2}}{1000} \right]$	$B_c = F_{cy} \left[1 + \frac{(F_{cy})^{1/2}}{6900} \right]$	$D_c = \frac{B_c}{20} \left(\frac{6B_c}{E} \right)^{1/2}$	$C_c = \frac{2B_c}{3D_c}$
Axial Compression in Flat Elements	$B_p = F_{cy} \left[1 + \frac{(F_{cy})^{1/3}}{7.6} \right]$	$B_p = F_{cy} \left[1 + \frac{(F_{cy})^{1/3}}{14.5} \right]$	$D_p = \frac{B_p}{20} \left(\frac{6B_p}{E} \right)^{1/2}$	$C_p = \frac{2B_p}{3D_p}$
Axial Compression in Curved Elements	$B_t = F_{cy} \left[1 + \frac{(F_{cy})^{1/5}}{5.8} \right]$	$B_t = F_{cy} \left[1 + \frac{(F_{cy})^{1/5}}{8.5} \right]$	$D_t = \frac{B_t}{3.7} \left(\frac{B_t}{E} \right)^{1/3}$	C_t^*
Bending Compression in Flat Elements	$B_{br} = 1.3F_{cy} \left[1 + \frac{(F_{cy})^{1/3}}{7} \right]$	$B_{br} = 1.3F_{cy} \left[1 + \frac{(F_{cy})^{1/3}}{13.3} \right]$	$D_{br} = \frac{B_{br}}{20} \left(\frac{6B_{br}}{E} \right)^{1/2}$	$C_{br} = \frac{2B_{br}}{3D_{br}}$
Bending Compression in Curved Elements	$B_{tb} = 1.5F_y \left[1 + \frac{(F_y)^{1/5}}{5.8} \right]$	$B_{tb} = 1.5F_y \left[1 + \frac{(F_y)^{1/5}}{8.5} \right]$	$D_{tb} = \frac{B_{tb}}{2.7} \left(\frac{B_{tb}}{E} \right)^{1/3}$	$C_{tb} = \left(\frac{B_{tb} - B_t}{D_{tb} - D_t} \right)^2$
Shear in Flat Elements	$B_s = \frac{F_{ty}}{\sqrt{3}} \left[1 + \frac{(F_{ty}/\sqrt{3})^{1/3}}{6.2} \right]$	$B_s = \frac{F_{ty}}{\sqrt{3}} \left[1 + \frac{(F_{ty}/\sqrt{3})^{1/3}}{11.8} \right]$	$D_s = \frac{B_s}{20} \left(\frac{6B_s}{E} \right)^{1/2}$	$C_s = \frac{2B_s}{3D_s}$
Ultimate Strength of Flat Elements in Compression or Bending	$k_1 = 0.50, \quad k_2 = 2.04$			

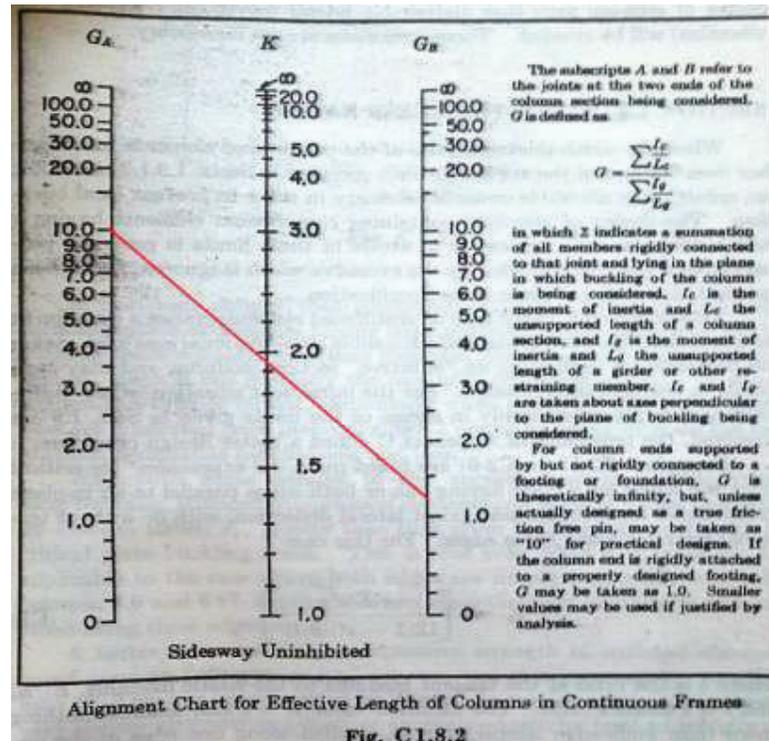
*C_t shall be determined using a plot of curves of limit state stress based on elastic and inelastic buckling or by trial and error solution.

ANEXO 8: APENDICE D

Apéndice D

Aleación	Producto	B _{br} [kg/cm ²]	D _{br} [kg/cm ²]	C _{br}	Bs [kg/cm ²]	Ds [kg/cm ²]	Cs
2014-T6	Lámina	8356.475	106.858	52.135	3868.206	27.478	57.717
-T651	Placa	8241.107	104.652	52.498	3920.933	28.042	57.328
-T6, T6510, T6511	Extrusiones	7325.669	87.709	55.682	3501.181	23.662	60.667
-T6, T651	Barra y Varilla terminada en frío, Tubo estirado	7439.353	89.758	55.255	3658.030	25.269	59.352
Alclad							
2014-T6	Lámina	7896.238	98.613	53.382	3658.030	25.388	59.075
-T6	Lámina	8241.107	105.143	52.253	3815.552	27.045	57.843
-T651	Placa	7896.238	98.613	53.382	3815.552	27.045	57.843
6005-T5	Extrusiones	4668.443	46.380	67.104	2223.128	12.444	73.244
6061-T6, T651	Lámina y placa	4668.443	46.380	67.104	2223.128	12.444	73.244
-T6, T6510, T6511	Extrusiones	4668.443	46.380	67.104	2223.128	12.444	73.244
-T6, T651	Barra y Varilla acabados en frío	4668.443	46.380	67.104	2223.128	12.444	73.244
-T6	Tubo Estirado	4668.443	46.380	67.104	2223.128	12.444	73.244
-T6	Tubería	4668.443	46.380	67.104	2223.128	12.444	73.244
6063-T5	Extrusiones	1983.531	12.845	102.947	963.641	3.551	111.249
-T52	Extrusiones	1983.531	12.845	102.947	963.641	3.551	111.249
-T5	Extrusiones	1885.647	11.906	105.585	917.105	3.297	114.037
-T6	Extrusiones y tuberías	3192.362	26.227	81.148	1534.194	7.134	88.169
6066-T6, T6510, T6511	Extrusiones	6201.239	71.006	58.223	2932.141	18.850	63.777
6070-T6, T62	Extrusiones	6201.239	71.006	58.223	2932.141	18.850	63.777
6105-T5	Extrusiones	4668.443	46.380	67.104	2223.128	12.444	73.244
6351-T5	Extrusiones	4668.443	46.380	67.104	2223.128	12.444	73.244
6351-T6	Extrusiones	4992.495	51.292	64.889	2373.500	13.728	70.886
6463-T6	Extrusiones	3192.362	26.227	81.148	1534.194	7.134	88.169
7005-T53	Extrusiones	5868.519	64.092	61.043	2880.907	17.999	65.623

ANEXO 9: NORMOGRAMA



ANEXO 10: ESFUERZOS PERMISIBLES

Main and Secondary Members Kl/r not over 120						Main Members ^b Kl/r 121 to 200				Secondary Members ^{a,b} l/r 121 to 200			
$\frac{Kl}{r}$	F_o (ksi)	$\frac{Kl}{r}$	F_o (ksi)	$\frac{Kl}{r}$	F_o (ksi)	$\frac{Kl}{r}$	F_o (ksi)	$\frac{Kl}{r}$	F_o (ksi)	$\frac{l}{r}$	F_{ax} (ksi)	$\frac{l}{r}$	F_{ax} (ksi)
1	29.94	41	25.69	81	18.81	121	10.20	161	5.76	121	10.25	161	7.25
2	29.87	42	25.55	82	18.61	122	10.03	162	5.69	122	10.13	162	7.20
3	29.80	43	25.40	83	18.41	123	9.87	163	5.62	123	10.02	163	7.16
4	29.73	44	25.26	84	18.20	124	9.71	164	5.55	124	9.91	164	7.12
5	29.66	45	25.11	85	17.99	125	9.56	165	5.49	125	9.80	165	7.08
6	29.58	46	24.96	86	17.79	126	9.41	166	5.42	126	9.70	166	7.04
7	29.50	47	24.81	87	17.58	127	9.26	167	5.35	127	9.59	167	7.00
8	29.42	48	24.66	88	17.37	128	9.11	168	5.29	128	9.49	168	6.96
9	29.34	49	24.51	89	17.15	129	8.97	169	5.23	129	9.40	169	6.93
10	29.26	50	24.35	90	16.94	130	8.84	170	5.17	130	9.30	170	6.89
11	29.17	51	24.19	91	16.72	131	8.70	171	5.11	131	9.21	171	6.85
12	29.08	52	24.04	92	16.50	132	8.57	172	5.05	132	9.12	172	6.82
13	28.99	53	23.88	93	16.29	133	8.44	173	4.99	133	9.03	173	6.79
14	28.90	54	23.72	94	16.06	134	8.32	174	4.93	134	8.94	174	6.76
15	28.80	55	23.55	95	15.84	135	8.19	175	4.88	135	8.86	175	6.73
16	28.71	56	23.39	96	15.62	136	8.07	176	4.82	136	8.78	176	6.70
17	28.61	57	23.22	97	15.39	137	7.96	177	4.77	137	8.70	177	6.67
18	28.51	58	23.06	98	15.17	138	7.84	178	4.71	138	8.62	178	6.64
19	28.40	59	22.89	99	14.94	139	7.73	179	4.66	139	8.54	179	6.61
20	28.30	60	22.72	100	14.71	140	7.62	180	4.61	140	8.47	180	6.58
21	28.19	61	22.55	101	14.47	141	7.51	181	4.56	141	8.39	181	6.56
22	28.08	62	22.37	102	14.24	142	7.41	182	4.51	142	8.32	182	6.53
23	27.97	63	22.20	103	14.00	143	7.30	183	4.46	143	8.25	183	6.51
24	27.86	64	22.02	104	13.77	144	7.20	184	4.41	144	8.18	184	6.49
25	27.75	65	21.85	105	13.53	145	7.10	185	4.36	145	8.12	185	6.46
26	27.63	66	21.67	106	13.29	146	7.01	186	4.32	146	8.05	186	6.44
27	27.52	67	21.49	107	13.04	147	6.91	187	4.27	147	7.99	187	6.42
28	27.40	68	21.31	108	12.80	148	6.82	188	4.23	148	7.93	188	6.40
29	27.28	69	21.12	109	12.57	149	6.73	189	4.18	149	7.87	189	6.38
30	27.15	70	20.94	110	12.34	150	6.64	190	4.14	150	7.81	190	6.36
31	27.03	71	20.75	111	12.12	151	6.55	191	4.09	151	7.75	191	6.35
32	26.90	72	20.56	112	11.90	152	6.46	192	4.05	152	7.69	192	6.33
33	26.77	73	20.38	113	11.69	153	6.38	193	4.01	153	7.64	193	6.31
34	26.64	74	20.19	114	11.49	154	6.30	194	3.97	154	7.59	194	6.30
35	26.51	75	19.99	115	11.29	155	6.22	195	3.93	155	7.53	195	6.28
36	26.38	76	19.80	116	11.10	156	6.14	196	3.89	156	7.48	196	6.27
37	26.25	77	19.61	117	10.91	157	6.06	197	3.85	157	7.43	197	6.26
38	26.11	78	19.41	118	10.72	158	5.98	198	3.81	158	7.39	198	6.24
39	25.97	79	19.21	119	10.55	159	5.91	199	3.77	159	7.34	199	6.23
40	25.82	80	19.01	120	10.37	160	5.83	200	3.73	160	7.29	200	6.22

* K taken as 1.0 for secondary members.
^b Values also applicable for steel of any yield stress ≥ 39 ksi.
 Note: $C_r = 107.0$

$F_y = 50 \text{ ksi}$

ANEXO 11: COEFICIENTE Ka

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{utr} kpsi	S_{utr} MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

De C. J. Noll y C. Lipson, "Allowable Working Stresses", en *Society for Experimental Stress Analysis*, vol. 3. núm. 2, 1946, p. 29. Reproducida por O. J. Horgler (ed.), *Metals Engineering Design ASME Handbook*, McGraw-Hill, Nueva York. Copyright © 1953 por The McGraw-Hill Companies, Inc. Reproducido con autorización.

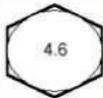
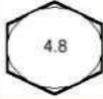
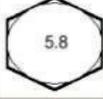
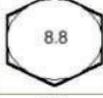
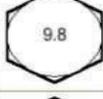
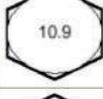
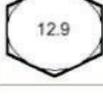
ANEXO 12: PROPIEDADES DE LOS ACEROS

Tabla A-20

Resistencias mínimas determinísticas a la tensión y a la fluencia ASTM de algunos aceros laminados en caliente (HR) y estirados en frío (CD) [Las resistencias listadas son valores ASTM mínimos estimados en el intervalo de tamaños de 18 a 32 mm ($\frac{3}{4}$ a $1\frac{1}{4}$ pulg.). Estas resistencias resultan adecuadas para usarse con el factor de diseño definido en la sección 1-10, a condición que los materiales se ajusten a los requisitos ASTM A6 o A568 o que se requieran en las especificaciones de compra. Recuerde que un sistema de numeración no es una especificación] Fuente: 1986 SAE Handbook, p. 2.15.

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS núm.	SAE y/o AISI núm.	Procesamiento	Resistencia a la tensión, MPa (kpsi)	Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi)	Elongación en 2 pulg. %	Reducción en área, %	Dureza Brinell
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

ANEXO 13: PROPIEDADES MECÁNICAS DE PERNOS

Propiedades mecánicas de elementos roscados de clase métrica					
Clase	Rango del diámetro	Carga de prueba [MPa]	Esfuerzo de ruptura [MPa]	Material	Marcado de la cabeza
4.6	M5 - M36	225	400	Acero de bajo carbono ó acero al carbono	
4.8	M1.6 - M16	310	420	Acero de bajo carbono ó acero al carbono	
5.8	M5 - M24	380	520	Acero de bajo carbono ó acero al carbono	
8.8	M16 - M36	600	830	Acero al carbono, Templado y Revenido	
9.8	M1.6 - M16	650	900	Acero al carbono, Templado y Revenido	
10.9	M5 - M36	830	1040	Acero de bajo carbono martensítico, Templado y Revenido	
12.9	M1.6 - M36	970	1220	Acero aleado, Templado y Revenido	

ANEXO 14: DIÁMETROS Y ÁREAS DE ROSCAS MÉTRICAS

Tabla 8-1 DIÁMETROS Y ÁREAS DE ROSCAS MÉTRICAS DE PASO FINO Y DE PASO BASTO (TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN EN MILÍMETROS)*

Diámetro mayor nominal, d	Serie de paso basto			Serie de paso fino		
	Paso p	Área de esfuerzo de tensión, A_t	Área al diámetro menor, A_s	Paso p	Área de esfuerzo de tensión, A_t	Área al diámetro menor, A_s
1.6	0.35	1.27	1.07			
2	0.4	2.07	1.79			
2.5	0.45	3.39	2.98			
3	0.5	5.03	4.47			
3.5	0.6	6.78	6.00			
4	0.7	8.78	7.75			
5	0.8	14.2	12.7			
6	1	20.1	17.9			
8	1.25	36.6	32.8	1	39.2	36.0
10	1.5	58.0	52.3	1.25	61.2	56.3
12	1.75	84.3	76.3	1.25	92.1	86.0
14	2	115	104	1.5	125	116
16	2	157	144	1.5	167	157
20	2.5	245	225	1.5	272	239
24	3	353	324	2	384	365
30	3.5	561	519	2	621	596
36	4	817	759	2	915	884
42	4.5	1120	1050	2	1260	1230
48	5	1470	1380	2	1670	1630
56	5.5	2030	1910	2	2300	2250
64	6	2680	2520	2	3030	2980
72	6	3460	3280	2	3860	3800
80	6	4340	4140	1.5	4850	4800
90	6	5390	5360	2	6100	6020
100	6	6990	6740	2	7560	7470
110				2	9180	9080

* Las ecuaciones y datos utilizados para desarrollar esta tabla se han obtenido de ANSI B1.1-1974 y B 18.3.1-1978. El diámetro menor se determinó con la ecuación $d_m = d - 1.226\ 869p$ y el diámetro de paso, de $d_m = d - 0.649\ 519p$. El valor medio del diámetro de paso y el diámetro menor se utiliza para calcular el área de esfuerzo de tensión.

ANEXO 15: FACTOR DE SEGURIDAD PARA CABLES

APLICACIÓN	n
Tensores o vientos	3,5
Equipo diverso de elevación	5
Cables de tracción (grúas)	6
Polipastos pequeños	7
Grúas de colada	8

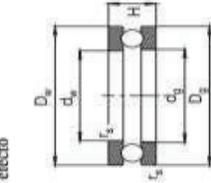
ANEXO 16: RESISTENCIA NOMINAL A LA ROTURA DE CABLES

Diámetro del cable D_r [cm]	Cable metálico 6x7			Cable metálico 6x19			Cable metálico 6x19	
	$w=0.35 D_r^2$ [Kg/m] $D_s \text{ min}=42D_r$ [cm] $D_s \text{ deseable}=72D_r$ [cm]			$w=0.37 D_r^2$ [Kg/m] $D_s \text{ min}=30D_r$ [cm] $D_s \text{ deseable}=45D_r$ [cm]			$w=0.35 D_r^2$ [Kg/m] $D_s \text{ min}=18D_r$ [cm] $D_s \text{ deseable}=27D_r$ [cm]	
	$D_w=0.111 D_r$ [cm] $A_m=0.38 D_r^2$ [cm ²] $E_r \approx 914000 D_r$ [Kg/cm ²]			$D_w=0.067 D_r$ [cm] $A_m=0.4 D_r^2$ [cm ²] $E_r \approx 914000 D_r$ [Kg/cm ²] IRWC: $w=0.405 D_r^2$ [Kg/m]			$D_w=0.0048 D_r$ [cm] $A_m=0.4 D_r^2$ [cm ²] $E_r \approx 843700 D_r$ [Kg/cm ²] IRWC: $w=0.394 D_r^2$ [Kg/m]	
RESISTENCIA NOMINAL A LA ROTURA EN TONELADAS METRICAS F_u								
	I.P.S.	P.S.	M.P.S.	I.P.S.	P.S.	M.P.S.	I.P.S.	P.S.
0.63	2.39	2.08	1.81	2.48	2.16	1.87	2.35	2.04
0.79	3.71	3.22	2.81	3.86	3.36	2.92	3.65	3.17
0.95	5.31	4.62	4.01	5.53	4.81	4.18	5.24	4.56
1.11	7.19	6.25	5.44	7.5	6.52	5.66	7.09	6.16
1.27	9.10	8.12	7.06	9.71	8.47	7.37	9.25	8.03
1.43	11.79	10.25	8.90	12.24	10.71	9.25	11.70	10.15
1.59	14.42	12.61	10.88	15.16	13.14	11.42	14.32	12.42
1.90	20.59	17.96	15.60	21.59	18.77	16.32	20.47	17.78
2.22	27.85	24.22	21.05	29.20	25.40	22.1	27.7	24.1
2.54	36.01	31.29	27.21	37.90	33.01	28.6	36.1	31.3
2.86	45.17	39.28	34.20	47.71	41.45	36.1	45.4	39.4
3.17	55.3	48.0	41.7	58.6	51.1	44.3	55.7	48.5
3.49	66.3	57.6	50.1	70.4	62.2	53.3	67.2	58.5
3.81	78.1	68.0	59.1	83.4	72.5	63.1	79.6	69.2
4.13				97.1	84.6	73.6	93.4	80.9
4.44				112.4	98.0	84.9	107.9	93.5
4.76				127.9	111.6	97.0	123.2	107.0
5.08				145.1	126.1	109.8	139.7	121.5
5.40				162.3	141.4		156.9	136.0
5.71				181.4	157.8		175.0	152.3
6.35				221.3	192.2		214.0	185.9
698				264.8	230.2		257.6	224.0

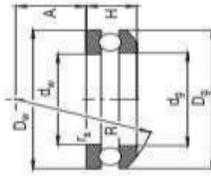
ANEXO 17: RODAMIENTOS FAG AXIAL DE BOLAS

Rodamientos FAG axiales de bolas de simple efecto

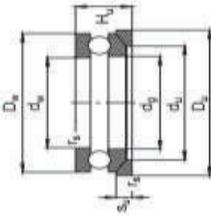
Los rodamientos pueden alcanzar una duración de vida ilimitada, si $C_e/P_e \leq 8$, ver Pág.41.



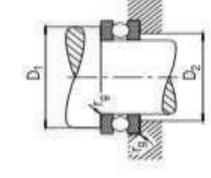
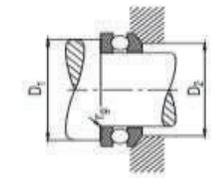
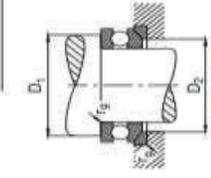
511, 512, 513, 514



532, 533
Ano de alojamiento estático



5109, 5108, 5309, 5308
Ano de alojamiento y contraplaca U2, U3



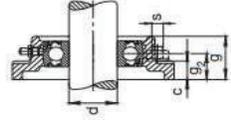
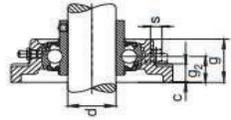
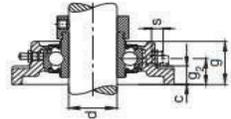
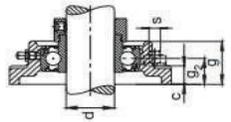
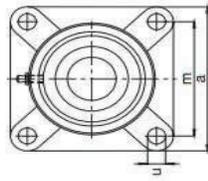
Eje	Dimensiones										Peso m	Rodamiento	Contra-placa	Denominación abreviada	Coeficiente de carga mínimo M		Velocidad límite n	Medidas auxiliares						
	d_e	d_w	D_w	D_2	H	f_s	f_e	R	A	d_w					D_w	H_u		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
35	35	37	52	52	12	0,6										17,6	37,5	0,01	5300	5107	FAG	45	42	0,6
	35	37	62	62	18	1										36,5	67	0,028	4000	5107	FAG	51	48	1
	35	37	62	62	19,9	1	-50	24	48	65	7	22				35,5	67	0,028	4000	5307	U207	51	48	1
	35	37	68	68	24	1										50	68	0,05	3600	5107	FAG	55	48	1
	35	37	68	68	25,6	1	-56	24	52	72	7,5	28				50	68	0,05	3600	5307	U207	55	52	1
	35	37	80	80	32	1,1										86,5	156	0,13	3000	5107	FAG	62	53	1
40	40	42	60	60	13	0,6										23,2	50	0,016	4500	5108	FAG	52	48	0,6
	40	42	68	68	19	1										46,5	68	0,05	3800	5108	FAG	57	51	1
	40	42	68	68	20,3	1	-56	28,5	55	72	7	23				46,5	68	0,05	3800	5308	U208	57	55	1
	40	42	78	78	28	1										61	112	0,08	3200	5108	FAG	63	55	1
	40	42	78	78	28,5	1	-64	28	60	82	8,5	31				61	112	0,08	3200	5308	U208	63	60	1
	40	42	90	90	36	1,1										112	204	0,22	2400	5108	FAG	70	60	1
45	45	47	65	65	14	0,6										24,5	57	0,022	4500	5109	FAG	57	53	0,6
	45	47	73	73	20	1										39	80	0,043	3600	5109	FAG	62	56	1
	45	47	73	73	21,3	1	-56	26	60	76	7,5	24				39	80	0,043	3600	5309	U209	62	60	1
	45	47	85	85	28	1										75	140	0,12	3000	5109	FAG	69	61	1
	45	47	85	85	30,1	1	-64	25	65	90	10	30				75	140	0,12	3000	5309	U209	69	65	1
	45	47	100	100	39	1,1										129	245	0,32	2200	5109	FAG	78	67	1

ANEXO 18: SOPORTES FAG

Unidades FAG de rodamientos S

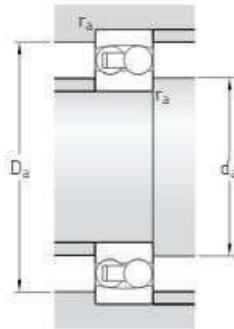
Series F162, F362, F562, F762...2RSR

Soporte brida de fundición gris



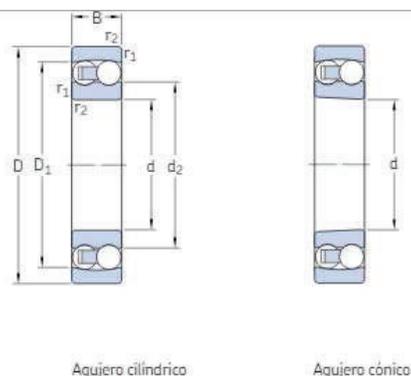
Eje	Dimensiones		Torillos de fijación				Denominación abreviada		Soporte	Peso Unidad de rodamiento S kg					
	d	mm	á	c	g	m	u	s			mm	in	max	min	mm
1 1/2	38.1	129	15	39	24	101.5	13	15	M12	1/2			F16208.108	F208	2.31
	38.1	129	15	39	24	101.5	13	15	M12	1/2			F36208.108	F208	2.53
	38.1	129	15	39	24	101.5	13	15	M12	1/2			F56208.108	F208	2.29
1 9/16	39.688	129	15	39	24	101.5	13	15	M12	1/2			F16208.109	F208	2.28
	39.688	129	15	39	24	101.5	13	15	M12	1/2			F36208.109	F208	2.5
	39.688	129	15	39	24	101.5	13	15	M12	1/2			F56208.109	F208	2.26
40	40	129	15	39	24	101.5	13	15	M12	1/2			F16208	F208	2.28
	40	129	15	39	24	101.5	13	15	M12	1/2			F36208	F208	2.49
	40	129	15	39	24	101.5	13	15	M12	1/2			F56208	F208	2.26
	40	129	15	39	24	101.5	13	15	M12	1/2			F76208.2RSR	F208	2.02
	41.275	135	16	40	24	105	15	17	M14	9/16			F16209.110	F209	2.74
	41.275	135	16	40	24	105	15	17	M14	9/16			F56209.110	F209	2.84
1 11/16	42.863	135	16	40	24	105	15	17	M14	9/16			F16209.111	F209	2.72
	42.863	135	16	40	24	105	15	17	M14	9/16			F36209.111	F209	2.83
	42.863	135	16	40	24	105	15	17	M14	9/16			F56209.111	F209	2.8
1 3/4	44.45	135	16	40	24	105	15	17	M14	9/16			F16209.112	F209	2.69
	44.45	135	16	40	24	105	15	17	M14	9/16			F36209.112	F209	2.99
	44.45	135	16	40	24	105	15	17	M14	9/16			F56209.112	F209	2.77
45	45	135	16	40	24	105	15	17	M14	9/16			F16209	F209	2.88
	45	135	16	40	24	105	15	17	M14	9/16			F36209	F209	2.88
	45	135	16	40	24	105	15	17	M14	9/16			F56209	F209	2.76
45	45	135	16	40	24	105	15	17	M14	9/16			F76209.2RSR	F209	2.41

ANEXO 19: RODAMIENTOS DE BOLAS A RÓTULA SKF



Dimensiones				Dimensiones de acuerdos y resales			Factores de cálculo			
d	d ₂	D ₁	r _{1,2} min	d _a min	D _a max	r _a max	e	Y ₁	Y ₂	Y ₀
mm										
30	40,1	53	1	35,6	56,4	1	0,25	2,5	3,9	2,5
	38,8	55	1	35,6	56,4	1	0,33	1,9	3	2
	44,9	60,9	1,1	37	65	1	0,25	2,5	3,9	2,5
	41,7	60,9	1,1	37	65	1	0,44	1,4	2,2	1,4
35	47	62,3	1,1	42	65	1	0,23	2,7	4,2	2,8
	45,3	64,2	1,1	42	65	1	0,31	2	3,1	2,2
	51,5	69,5	1,5	44	71	1,5	0,25	2,5	3,9	2,5
	46,5	68,4	1,5	44	71	1,5	0,46	1,35	2,1	1,4
40	53,6	68,8	1,1	47	73	1	0,22	2,9	4,5	2,8
	52,4	71,6	1,1	47	73	1	0,28	2,2	3,5	2,5
	61,5	81,5	1,5	49	81	1,5	0,23	2,7	4,2	2,8
	53,7	79,2	1,5	49	81	1,5	0,40	1,6	2,4	1,6
45	57,5	73,7	1,1	52	78	1	0,21	3	4,6	3,2
	55,3	74,6	1,1	52	78	1	0,26	2,4	3,7	2,5
	67,7	89,5	1,5	54	91	1,5	0,23	2,7	4,2	2,8
	60,1	87,4	1,5	54	91	1,5	0,33	1,9	3	2
50	61,7	79,5	1,1	57	83	1	0,21	3	4,6	3,2
	61,5	81,5	1,1	57	83	1	0,23	2,7	4,2	2,8
	70,3	95	2	61	99	2	0,24	2,6	4,1	2,8
	65,8	94,4	2	61	99	2	0,43	1,5	2,3	1,6
55	70,1	88,4	1,5	64	91	1,5	0,19	3,3	5,1	3,6
	67,7	89,5	1,5	64	91	1,5	0,23	2,7	4,2	2,8
	77,7	104	2	66	109	2	0,23	2,7	4,2	2,8
	72	103	2	66	109	2	0,40	1,6	2,4	1,6

ANEXO 20: CAPACIDAD DE CARGA RODAMIENTOS DE BOLAS A RÓTULA SKF



Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades		Masa	Designaciones	
d	D	B	dinámica C	estática C ₀	P _u	Velocidad de referencia	Velocidad límite		Rodamiento con agujero cilíndrico	agujero cónico
mm			kN		kN	rpm		kg	-	
30	62	16	15,6	4,65	0,24	24 000	15 000	0,22	1206 ETN9	1206 EKTN9
	62	20	23,8	6,7	0,35	22 000	15 000	0,26	2206 ETN9	2206 EKTN9
	72	19	22,5	6,8	0,36	19 000	13 000	0,39	1306 ETN9	1306 EKTN9
	72	27	31,2	8,8	0,45	18 000	13 000	0,50	2306	2306 K
35	72	17	19	6	0,31	20 000	13 000	0,32	1207 ETN9	1207 EKTN9
	72	23	30,7	8,8	0,46	18 000	12 000	0,40	2207 ETN9	2207 EKTN9
	80	21	26,5	8,5	0,43	16 000	11 000	0,51	1307 ETN9	1307 EKTN9
	80	31	39,7	11,2	0,59	16 000	12 000	0,68	2307 ETN9	2307 EKTN9
40	80	18	19,9	6,95	0,36	18 000	11 000	0,42	1208 ETN9	1208 EKTN9
	80	23	31,9	10	0,51	16 000	11 000	0,51	2208 ETN9	2208 EKTN9
	90	23	33,8	11,2	0,57	14 000	9 500	0,68	1308 ETN9	1308 EKTN9
	90	33	54	16	0,82	14 000	10 000	0,93	2308 ETN9	2308 EKTN9
45	85	19	22,9	7,8	0,40	17 000	11 000	0,47	1209 ETN9	1209 EKTN9
	85	23	32,5	10,6	0,54	15 000	10 000	0,55	2209 ETN9	2209 EKTN9
	100	25	39	13,4	0,70	12 000	8 500	0,96	1309 ETN9	1309 EKTN9
	100	36	63,7	19,3	1	13 000	9 000	1,25	2309 ETN9	2309 EKTN9
50	90	20	26,5	9,15	0,48	16 000	10 000	0,53	1210 ETN9	1210 EKTN9
	90	23	33,8	11,2	0,57	14 000	9 500	0,60	2210 ETN9	2210 EKTN9
	110	27	43,6	14	0,72	12 000	8 000	1,20	1310 ETN9	1310 EKTN9
	110	40	63,7	20	1,04	14 000	9 500	1,65	2310	2310 K
55	100	21	27,6	10,6	0,54	14 000	9 000	0,71	1211 ETN9	1211 EKTN9
	100	25	39	13,4	0,70	12 000	8 500	0,81	2211 ETN9	2211 EKTN9
	120	29	50,7	18	0,92	11 000	7 500	1,60	1311 ETN9	1311 EKTN9
	120	43	76,1	24	1,25	11 000	7 500	2,10	2311	2311 K

ANEXO 21: SOPORTES DE BRIDA SKF

Soportes de brida I-1200(00)

Los soportes de brida de la serie I-1200(00) (→ fig. 9) suelen utilizarse para aplicaciones menos exigentes. Son adecuados para los rodamientos de bolas a rótula con aro interior prolongado de la serie 112 para diámetros de eje de entre 20 y 60 mm.

Obturaciones

- Obturaciones de fieltro

Lubricación

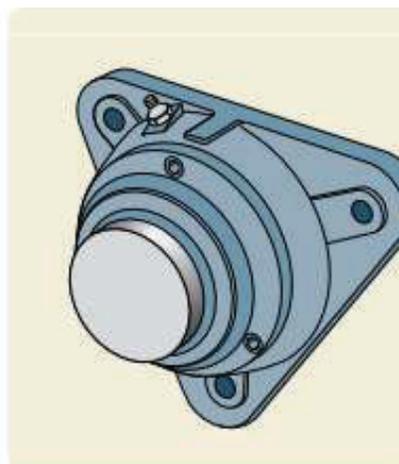
- Lubricación con grasa

Material

- Fundición gris

Información adicional

Podrá encontrar más información en el catálogo SKF "Bearing housings" o en el "Catálogo Interactivo de Ingeniería SKF" a través de la página web www.skf.com.



ANEXO 22: RODILLOS GUÍA Y RUEDAS FIJAS

Rodillos guía y ruedas fijas

de chapa de acero, versión media



Material:

Carcasa de chapa de acero. Cuerpo de la rueda de fundición de aluminio a presión, con superficie de rodadura de Extrathane.

Versión:

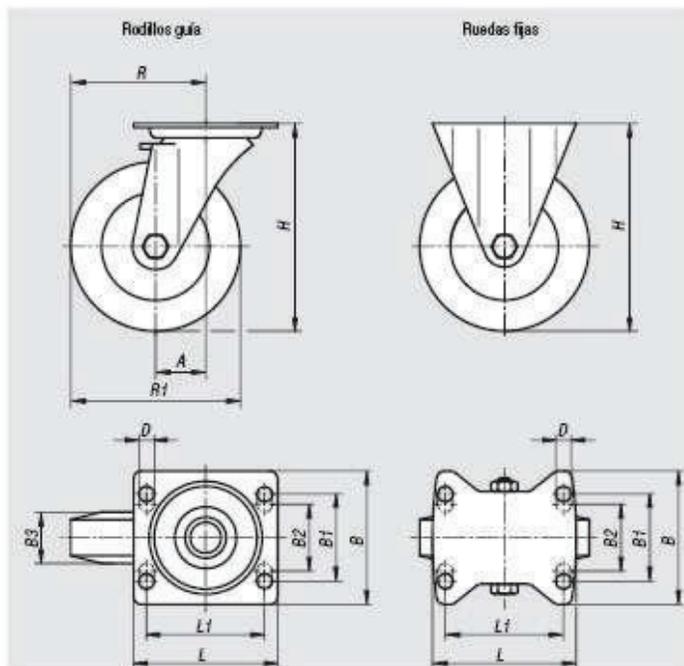
Carcasa presionada. Carcasa de los rodillos guía con rodamiento de bolas de 2 piezas en corona giratoria y protección de bola. Ruedas con rodamiento de bolas de precisión.

Ejemplo de pedido:

n/m 95028-12540

Indicación:

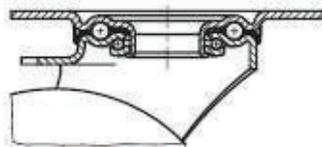
Las ruedas son resistentes a la corrosión y tienen una escasa resistencia a la rodadura. Eje de rueda atomillado.



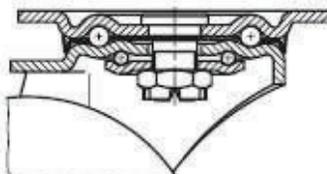
Freno sobre la rueda y freno de corona giratoria "stop-top"



Rodamiento de la corona giratoria hasta R1 = 125



Rodamiento de la corona giratoria desde R1 = 160



Referencia Rodillos guía	Referencia Ruedas fijas	Referencia Rodillos guía con „stop-top“	Rodamiento de la rueda	A	B	B1	B2	B3	L	L1	H	D	R	R1	Capacidad de carga kg
96028-10040	96028-100401	96028-100402	Rodamiento de bolas	45-	55	60	-	40	100	80	120	9	95-	100	250
96028-12540	96028-125401	96028-125402	Rodamiento de bolas	48-	55	60	-	40	100	80	155	9	110,5-	125	250
96028-16050	96028-160501	96028-160502	Rodamiento de bolas	63-	110	80	7,5	50	140	105	202	11	143-	160	550
96028-20050	96028-200501	96028-200502	Rodamiento de bolas	70-	110	80	7,5	50	140	105	245	11	170-	200	800

Anexo 23:
Hojas de Procesos

Anexo 24:

Planos