



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: INVESTIGACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE UN BASTIDOR
DE MOTOCICLETA PARA UN MOTOR DE 250CC MEDIANTE
SOFTWARE DEDICADO PARA LA “V COMPETENCIA
INTERNACIONAL MOTOSTUDENT”**

**AUTORES: ORTIZ TIPAN, BYRON DANILO
ORTIZ ARDILA, ROBERTH ISMAEL**

DIRECTOR: ING. TORRES MUÑOZ, GUIDO RAFAEL

LATACUNGA

2019



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “INVESTIGACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE UN BASTIDOR DE MOTOCICLETA PARA UN MOTOR DE 250CC MEDIANTE SOFTWARE DEDICADO PARA LA “V COMPETENCIA INTERNACIONAL MOTOSTUDENT” fue realizado por los señores ORTIZ TIPAN BYRON DANILO y ORTIZ ARDILA ROBERTH ISMAEL, el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a los señores ORTIZ TIPAN BYRON DANILO y ORTIZ ARDILA ROBERTH ISMAEL para que lo sustenten públicamente.

Latacunga, 18 de Enero del 2019

Firma:

Ing. Torres Muñoz Guido Rafael

C.C.:1801624352



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

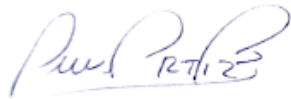
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, ORTIZ TIPAN BYRON DANILO con CC: 172208893-5 y ORTIZ ARDILA ROBERTH ISMAEL con CC: 171857974-9, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: “INVESTIGACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE UN BASTIDOR DE MOTOCICLETA PARA UN MOTOR DE 250CC MEDIANTE SOFTWARE DEDICADO PARA LA “V COMPETENCIA INTERNACIONAL MOTOSTUDENT” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Latacunga, 18 de Enero del 2019

Firma:



Ortiz Tipan Byron Danilo
C.C.: 172208893-5

Firma:



Ortiz Ardila Roberth Ismael
C.C.: 171857974-9



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Nosotros, ORTIZ TIPAN BYRON DANILO y ORTIZ ARDILA ROBERTH ISMAEL, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación: “INVESTIGACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE UN BASTIDOR DE MOTOCICLETA PARA UN MOTOR DE 250CC MEDIANTE SOFTWARE DEDICADO PARA LA “V COMPETENCIA INTERNACIONAL MOTOSTUDENT”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

Latacunga, 18 de Enero del 2019

Firma:

Ortiz Tipan Byron Danilo
C.C.: 172208893-5

Firma:

Ortiz Ardila Roberth Ismael
C.C.: 171857974-9

DEDICATORIA

A Dios y a la Virgen del Cisne, Mi Churonita, por las bendiciones y cuidados recibidos a lo largo de este camino, que estuvo lleno de pruebas y dificultades, de las que, con su protección, pude seguir adelante y no dejarme vencer.

A las personas más importantes en mi vida, mis padres, Ortiz Robert y Ardila Gloria, por el apoyo incondicional en todo momento. Mi padre que me enseñó que lo más importante es el respeto, la honestidad y que cuando se hace algo, se debe hacer bien. Mi madre, siempre cariñosa, y que en toda situación, tuvo una palabra de aliento para seguir firme.

A mis hermanos, Jonathan, que se convirtió en mi ejemplo a seguir en todo momento, siendo una persona fuerte, que supero cada obstáculo que la vida le puso, y que siempre sabía como hacerme sentir mejor; Karen, que estuvo ahí para mí sin importar la circunstancias, ayudándome cuando necesitaba de ella, de sus conocimientos y alegría, y Josué, quien es mi motivación para seguir, siendo ejemplo para él, y que siempre, luego de una larga jornada de estudios, me recibía con un gran abrazo, haciendo que me sienta bienvenido y seguro en casa.

A mis amigos Ortega Alexander, Ramos Christopher, Cabrera Milton, Arias Byron y Shingón Johnny, por la amistad compartida a lo largo de toda esta vida universitaria, donde compartimos momentos de alegría y tristeza, triunfos y derrotas, y nadie más que ellos saben del sacrificio y dedicación que pusimos de parte para que hoy, todos estemos alcanzando esta meta.

Y a mis abuelos, Ortiz Telmo, Ortiz Victoria y Granda Raquel, por todas las bendiciones que día a día me dieron.

Roberth Ortiz

DEDICATORIA

Mi proyecto lo dedico a mi madre quien fue el motor para seguir con mis investigaciones; por darme una carrera que va a servir en mi futuro, por creer en la capacidad que lo tengo, por más difícil que haya sido siempre ha estado conmigo, a una persona especial quien llego a ser parte fundamental de cada uno de mis días en la universidad convirtiéndose en mi motivación.

A mis compañeros con quienes hemos compartido los estudios, a mis amigos y familiares cercanos y lejanos ellos también han apoyado sin esperar nada a cambio, más bien compartieron sus conocimientos, sus alegrías y tristezas durante estos cinco años de estudio hasta que he llegado a culminar mi sueño “Se tan grande como son tus sueños”.

Byron Ortiz

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a La Virgen del Cisne, por la salud que me dieron para realizar con éxito este proyecto.

A mis padres, Ortiz Robert y Ardila Gloria, por todo el esfuerzo, sacrificio y dedicación, quienes han realizado el trabajo más arduo para brindarme lo que necesitaba con el fin de que el proyecto siga firme y finalice con los más grandes resultados, así como mis estudios superiores.

Agradezco al Sr. Arcos Silvio y a la Sra. Ortiz Consuelo, por el apoyo recibido en varias ocasiones, para continuar a paso firme en mis estudios y en la culminación de esta investigación.

De la misma manera al Sr. Ortiz Henry, mis más grandes agradecimientos, por las gestiones realizadas y el tiempo invertido, que cuando nos encontramos en una situación complicada, nos brindó sus conocimientos para que el proyecto surgiera y cumpliera con su objetivo.

A mis amigos y compañeros, Ortega Alexander y Ramos Cristopher, por el compromiso, por la confianza y por la ayuda mutua a lo largo de estos 18 meses que empleamos para sacar adelante el proyecto.

Y a todas las personas que, en algún momento de mi etapa universitaria, me dieron un apoyo, para avanzar con dedicación y entusiasmo, hasta conseguir el objetivo trazado.

Roberth Ortiz

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a dios y a la divina virgen del Cisne, por guiarme en el transcurso de la vida estudiantil, cada día que he pasado ha sido una experiencia para cambiar como ser humano y seguir con la meta propuesta.

A mi madre que de una u otra manera ha estado pendiente para apoyarme incondicionalmente en los momentos más indicados, de igual manera ha sabido inculcar valores en mi vida diaria.

Byron Ortiz

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÀTULA	
CERTIFICACIÓN	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
ÍNDICE DE ECUACIONES	xxi
RESUMEN	xxiii
ABSTRACT	xxiv

CAPÍTULO I

MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.	Antecedentes.....	1
1.2.	Planteamiento del problema	2
1.3.	Descripción resumida del proyecto.....	3
1.4.	Justificación e importancia	4
1.5.	Proyectos relacionados y/o complementarios	5
1.6.	Objetivos	5
1.6.1.	Objetivo general	5
1.6.2.	Objetivos específicos.....	5
1.7.	Metas del proyecto	6
1.8.	Hipótesis.....	6
1.9.	Variables de la investigación	7

1.9.1. Variable independiente	7
1.9.2. Variables dependientes	8
1.10. Metodología de desarrollo del proyecto	9
1.10.1. Método inductivo	9
1.10.2. Método deductivo	9
1.10.3. Método de matematización.....	9
1.10.4. Método analítico	9
1.10.5. Método experimental	9

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Introducción	11
2.2. Reglamento MotoStudent	11
2.2.1. Fases MotoStudent.....	11
2.3. Bastidores	12
2.3.1. Historia	12
2.3.2. Tipos de bastidores	20
2.4. Consideraciones geométricas.....	29
2.4.1. Avance.....	30
2.4.2. Lanzamiento	32
2.4.3. Distancia entre ejes	34
2.5. Antropometría	35
2.5.1. Definición.....	35
2.5.2. Antropometría estática y dinámica.....	36
2.5.3. Equipos de medida	38
2.5.4. Percentiles de la población ecuatoriana	39
2.6. Esfuerzos estáticos.....	41
2.6.1. Esfuerzos de torsión.....	41
2.6.2. Esfuerzo cortante.....	41
2.6.3. Esfuerzo de tensión	43

		x
2.6.4.	Esfuerzos principales.....	43
2.6.5	Esfuerzos efectivo de Von Misses	44
2.6.6	Factor de diseño	44
2.7.	Fuerzas dinámicas.....	45
2.7.1.	Fuerza de aceleración	45
2.7.2.	Aceleración por tracción	45
2.7.3.	Fuerza de frenado	46
2.7.4.	Fuerza lateral.....	49
2.8.	Ensayos de materiales	49
2.8.1.	Selección de materiales.....	49
2.8.2.	Acero	50
2.8.3.	Aluminio.....	50
2.8.4.	Titanio.....	51
2.8.5.	Fibra de carbono.....	51

CAPÍTULO III

DISEÑO DEL BASTIDOR

3.1.	Consideraciones generales de diseño.....	52
3.2.	Diseño geométrico.....	53
3.2.1.	Parámetros geométricos.....	53
3.3.	Modelamiento del bastidor.....	54
3.3.1.	Diseño conceptual del chasis	54
3.4.	Análisis matemáticos iniciales	57
3.4.1.	Cargas muertas	57
3.4.2.	Cargas vivas	58
3.4.3.	Peso total de la motocicleta.....	59
3.4.4.	Distancias de la motocicleta respecto al centro de gravedad	60
3.4.5.	Cálculos de la fuerza total de aplicación en la motocicleta.....	61
3.4.5.	Porcentaje de aplicación de las fuerzas y peso de la motocicleta a los ejes	62
3.4.6.	Fuerzas de aplicación a los ejes.....	64

	xi
3.4.7. Centro de gravedad	66
3.5. Análisis del comportamiento del bastidor	68
3.5.1. Análisis de aceleración máxima	68
3.5.2. Cálculos en frenada máxima	74
3.5.3. Cálculos de fuerza lateral	78
3.5.4. Fuerzas aplicadas a la horquilla de dirección	79
3.5.5. Fuerzas aplicadas por el peso del motor	82
3.5.6. Fuerzas generadas por la suspensión trasera.....	88
3.6. Verificación de modelado y representación realística.....	91
3.7. Simulación y análisis estructural.....	93
3.7.1. Creación de la malla	93
3.7.2. Puntos de anclaje	93
3.7.3. Análisis estático.....	94
3.7.4. Análisis en aceleración	97
3.7.5. Análisis en frenado	99

CAPÍTULO IV

PROCESO DE FABRICACIÓN

4.1. Normas de manufactura y seguridad.....	102
4.2. Mesa de construcción de motocicleta.....	108
4.2.1. Proceso de remoción del material	108
4.2.2. Construcción de la pipeta o eje de suspensión	113
4.2.3. Proceso de deformación del material	116
4.2.4. Proceso de acabado.....	119
4.2.5. Proceso de ensamblaje de la motocicleta	123

CAPÍTULO V

PRUEBAS Y ANÁLISIS DEL BASTIDOR

5.1. Verificación de medidas estructurales	129
--	-----

	xii
5.1.1. Verificación de la distancia entre ejes	129
5.1.2. Verificación del avance.....	129
5.1.3. Verificación del ángulo de lanzamiento	130
5.2. Ergonomía	131
5.3. Pruebas estáticas	133
5.3.1. Carga vertical y horizontal	133
5.3.2. Aprobación	136
5.4. Pruebas dinámicas	137
5.4.1. Aceleración.....	137
5.4.2. Frenado	139
5.4.3. Maniobrabilidad	140
5.4.4. Aprobación	141

CAPÍTULO VI

MARCO ADMINISTRATIVO

6.1. Recursos	142
6.1.1. Recursos humanos.....	142
6.1.2. Recursos tecnológicos	143
6.1.3. Recursos materiales.....	143
6.2. Presupuesto	144
6.2.1. Determinación de costos	144
6.2.2. Resumen de horas de trabajo	147
6.2.3. Costos totales.....	148
6.3. Plan de negocio	155
6.3.1. Definición del negocio	155
6.3.2. Filosofía corporativa	155
6.3.3. Misión de la empresa	156
6.3.4. Visión de la empresa.....	156
6.3.5. Principios de la empresa	156
6.3.6. Valores de la empresa.....	157

	xiii
6.3.7. Análisis FODA	158
6.3.8. Estrategias.....	159
6.3.9. Organigrama estructural	161
6.3.10. Organigrama funcional	161
6.3.11. Perspectiva de los clientes	163
6.3.12. Perspectiva de los procesos	163
6.3.13. Perspectiva de aprendizaje y crecimiento	164
6.3.14. Cadena de valor	165
6.3.15. Marketing.....	166
6.4. Cronograma	171

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones	172
7.2. Recomendaciones	173

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	175
--	------------

ANEXOS.....	176
--------------------	------------

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de la variable independiente.....	7
Tabla 2 Operacionalización de la variable dependiente (Optimización del material)	8
Tabla 3 Metodología, instrumentación y laboratorios donde se llevará a cabo.....	10
Tabla 4 Medidas antropométricas.....	40
Tabla 5 Características de las Motocicletas.....	52
Tabla 6 Valoraciones	55
Tabla 7 Característica de los materiales y valoración	55
Tabla 8 Características del chasis tubular y doble viga	56
Tabla 9 Valoración de los tipos de chasis: tubular y doble viga	56
Tabla 10 Masa de las cargas muertas	57
Tabla 11 Masa de las cargas vivas.....	58
Tabla 12 Masa total de la motocicleta.....	60
Tabla 13 Distancia del centro de gravedad.....	61
Tabla 14 Registro de velocidad y tiempo	68
Tabla 15 Resultados del análisis de aceleración	72
Tabla 16 Registro de la prueba de frenado.....	75
Tabla 17 Resultados del análisis de frenado.....	78
Tabla 18 Fuerzas en la pipa en estado estático.....	81
Tabla 19 Fuerzas en la pipa en aceleración.....	82
Tabla 20 Fuerza en la pipa en frenado	82
Tabla 21 Fuerzas estáticas de la suspensión	89
Tabla 22 Fuerzas en aceleración de la suspensión	90
Tabla 23 Fuerza en frenado de la suspensión	90
Tabla 24 Hoja de construcción del chasis.....	103
Tabla 25 Prueba de Ergonomía	132
Tabla 26 Resultados de la Prueba Ergonómica	133
Tabla 27 Resultados de la prueba de aceleración en la pista Motorland.....	138
Tabla 28 Resultados de la prueba de frenado en la pista Motorland	139
Tabla 29 Resultados de la prueba de maniobrabilidad en la pista de Motorland	141

Tabla 30 <i>Recurso humano</i>	142
Tabla 31 <i>Recursos tecnológicos</i>	143
Tabla 32 <i>Recursos materiales</i>	143
Tabla 33 <i>Costos de fabricación</i>	145
Tabla 34 <i>Resumen de horas de trabajo</i>	147
Tabla 35 <i>Costos totales</i>	148
Tabla 36 <i>Costo de producción subsistema chasis materia prima directa</i>	149
Tabla 37 <i>Costo de producción subsistema chasis mano de obra directa</i>	150
Tabla 38 <i>Costo de producción subsistema chasis costos indirectos de fabricación ...</i>	151
Tabla 39 <i>Costo del sistema de estructura subchasis</i>	152
Tabla 40 <i>Costo de producción subsistema subchasis mano de obra directa</i>	153
Tabla 41 <i>Costo de producción subsistema subchasis costos indirectos</i>	154
Tabla 42 <i>Análisis FODA</i>	159
Tabla 43 <i>Estrategias</i>	160
Tabla 44 <i>Ficha técnica</i>	167
Tabla 45 <i>Estrategias y acciones</i>	170
Tabla 46 <i>Cronograma</i>	171

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol de planteamiento de los problemas.....	2
Figura 2. Moto S. H. Roper	13
Figura 3. Primera moto fabricada Daimler	13
Figura 4. Chasis Werner	14
Figura 5. Chasis Scott	15
Figura 6. Chasis Mars.....	15
Figura 7. Chasis Bmw R-32.....	16
Figura 8. Chasis Zundapp.....	16
Figura 9. Chasis HRD.....	17
Figura 10. Chasis Norton Manx	17
Figura 11. Chasis Honda	18
Figura 12. Chasis Ossa	18
Figura 13. Chasis Norton Challenge.....	19
Figura 14. Chasis Cobas	19
Figura 15. Chasis Yamaha	20
Figura 16. Partes de un chasis	21
Figura 17. Chasis de simple cuna interrumpida.....	21
Figura 18. Chasis cuna simple desdoblada	22
Figura 19. Chasis doble cuna	22
Figura 20. Chasis doble viga Yamaha R6	23
Figura 21. Chasis doble viga perimetral cerrado	24
Figura 22. Chasis monocasco	25
Figura 23. Chasis monoviga	26
Figura 24. Chasis Omega.....	26
Figura 25. Chasis multitubular	27
Figura 26. Chasis multitubular de tubos rectos.....	28
Figura 27. Chasis con el motor como elemento estructural.....	28
Figura 28. Geometría de la motocicleta.....	29

Figura 29. Avance positivo.....	30
Figura 30. Ángulo de deriva trasero y delantero	31
Figura 31. Variación de avance	32
Figura 32. Lanzamiento	33
Figura 33. Tipo de ángulos de lanzamiento	34
Figura 34. Distancia entre ejes	34
Figura 35. Giro de la moto	35
Figura 36. Principales medidas antropométricas	36
Figura 37. Fórmula esfuerzo cortante	42
Figura 38. Eclipse de falla.....	44
Figura 39. Equilibrio de fuerzas en tracción.....	46
Figura 40. Equilibrio de fuerzas de frenado	47
Figura 41. Geometría de una motocicleta.....	53
Figura 42. Distancia entre ejes y al centro de gravedad.....	62
Figura 43. Fuerza en el eje posterior	64
Figura 44. Fuerza en el eje delantero	65
Figura 45. Centro de gravedad	66
Figura 46. Mejor aceleración	68
Figura 47. Fuerzas que intervienen en la aceleración	70
Figura 48. Fuerzas limitadas por el motor.....	72
Figura 49. Prueba de frenado	75
Figura 50. Fuerzas que actúan en el frenado	76
Figura 51. Fuerzas en la pipa de dirección	79
Figura 52. Fuerzas en la suspensión delantera	80
Figura 53. Fuerzas estáticas del motor.....	82
Figura 54. Fuerzas en aceleración en el motor.....	84
Figura 55. Fuerzas en frenado del motor.....	86
Figura 56. Boceto y medidas del chasis	91
Figura 57. Croquis 3D del chasis.....	92
Figura 58. Modelado 3D del chasis	92
Figura 59. Mallado del chasis	93

Figura 60. Puntos de anclajes	94
Figura 61. Fuerzas en el chasis.....	94
Figura 62. Esfuerzo de Von Misses	95
Figura 63. Deformación del chasis	95
Figura 64. Factor de diseño	96
Figura 65. Fuerzas en aceleración	97
Figura 66. Esfuerzos en aceleración	97
Figura 67. Deformación total en aceleración	98
Figura 68. Factor de diseño	99
Figura 69. Fuerzas en aceleración	99
Figura 70. Esfuerzos en frenado.....	100
Figura 71. Deformación en frenado	100
Figura 72. Factor de diseño en frenado.....	101
Figura 73. Mesa de construcción de motocicletas	108
Figura 74. Diagrama de flujo proceso de remoción de material.....	109
Figura 75. Placas de unión entre el chasis y subchasis	110
Figura 76. Corte a 45° para fijación de estructura principal	111
Figura 77. Corte de tubo recto para las bases del motor	112
Figura 78. Acople del tubo fresado para base del motor	112
Figura 79. Diagrama de flujo de creación de pipeta o eje de suspensión.....	113
Figura 80. Mecanizado de pipeta.....	114
Figura 81. Pipeta para la inserción de rodamientos.....	115
Figura 82. Pipeta terminada con los rodamientos puestos	115
Figura 83. Diagrama de flujo del proceso de deformación del material	116
Figura 84. Fijación de tubos principales y montaje del motor	117
Figura 85. Bases del motor ensanchadas por deformación a presión	118
Figura 86. Armado completo del chasis y subchasis	118
Figura 87. Proceso de acabado.....	119
Figura 88. Sueldas pulidas del chasis	120
Figura 89. Sueldas pulidas del subchasis.....	121
Figura 90. Cobertura de la pipeta con masquin	122

Figura 91. Acoplamiento de lija en máquina dremel	122
Figura 92. Secado de primera capa de fondo.....	123
Figura 93. Diagrama de flujo del proceso de ensamblaje de la motocicleta	124
Figura 94. Colocación de basculante.....	125
Figura 95. Montaje de horquilla respecto al chasis.....	126
Figura 96. Montaje de bases del motor	126
Figura 97. Acople de carenado y asiento	127
Figura 98. Colocación de accesorios como radiador y sliders	128
Figura 99. Verificación de la distancia entre ejes.....	129
Figura 100. Verificación del avance.....	130
Figura 101. Verificación del ángulo de lanzamiento	130
Figura 102. Esquema de aplicación de cargas	134
Figura 103. Adhesivo de verificación estática.....	134
Figura 104. Anclaje de la motocicleta al banco.....	135
Figura 105. Colocación de protección en el asiento	135
Figura 106. Aplicación de carga vertical y horizontal.....	136
Figura 107. Resultado de la prueba estática	136
Figura 108. Adhesivo de verificación dinámica.....	137
Figura 109. Descripción gráfica de la prueba de aceleración	138
Figura 110. Prueba de aceleración en pista Motorland	138
Figura 111. Descripción gráfica de la prueba de frenado	139
Figura 112. Prueba de frenado en pista de Motorland.....	140
Figura 113. Descripción de la prueba de maniobrabilidad	140
Figura 114. Prueba de maniobrabilidad en la pista Motorland.....	141
Figura 115. Adhesivo de verificación dinámica.....	141
Figura 116. Sistemas de la motocicleta	144
Figura 117. Principios de la empresa	157
Figura 118. Valores de la empresa.....	158
Figura 119. Organigrama estructural	161
Figura 120. Organigrama funcional	162
Figura 121. Objetivos de la perspectiva de los clientes	163

	xx
Figura 122. Objetivos de la perspectiva de los procesos.....	164
Figura 123. Áreas de la perspectiva de aprendizaje y crecimiento.....	164
Figura 124. Objetivos de la perspectiva de aprendizaje y crecimiento	165
Figura 125. Cadena de valor de MAC-ESPE.....	165
Figura 126. Marca del prototipo	166
Figura 127. Eslogan.....	166
Figura 128. Sistemas de distribución.....	167
Figura 129. Especificaciones del embalaje.....	168

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Esfuerzo cortante torsional	41
Ecuación 2. Esfuerzo cortante torsional	41
Ecuación 3. Esfuerzos cortantes en vigas de flexión	42
Ecuación 4. Primer momento al eje centroidal	42
Ecuación 5. Esfuerzo directo de tensión	43
Ecuación 6. Esfuerzos principales.....	43
Ecuación 7. Esfuerzos efectivos de Von Misses	44
Ecuación 8. Factor de seguridad.....	44
Ecuación 9. Velocidad en MRUV	45
Ecuación 10. Aceleración por tracción	45
Ecuación 11. Fuerza de aceleración	46
Ecuación 12. Sumatoria de fuerzas en x.....	47
Ecuación 13. Sumatoria de fuerzas en y.....	47
Ecuación 14. Momentos respecto al centro de gravedad.....	48
Ecuación 15. Ecuaciones de carga dinámica trasera.....	48
Ecuación 16. Fuerza de frenado máxima	48
Ecuación 17. Fuerza centrípeta.....	49
Ecuación 18. Fuerza de la carga muerta.....	58
Ecuación 19. Fuerza de la carga viva	59
Ecuación 20. Ecuación de Peso.....	60
Ecuación 21. Fuerza total.....	61
Ecuación 22. Porcentaje de aplicación al eje delantero	62
Ecuación 23. Porcentaje de aplicación al eje delantero	63
Ecuación 24. Fuerza en el eje posterior	64
Ecuación 25. Fuerza en el eje delantero	66
Ecuación 26. Ubicación del centro de gravedad	67
Ecuación 27. Altura del centro de gravedad.....	67
Ecuación 28. Fuerza de aceleración	73

xxii

Ecuación 29. Velocidad angular del motor 73

Ecuación 30. Velocidad lineal de la motocicleta..... 73

Ecuación 31. Fuerza aerodinámica 74

Ecuación 32. Momento en el punto C 80

Ecuación 33. Fuerza en el punto C 80

Ecuación 34. Distribución de fuerzas 83

Ecuación 35. Sumatoria de fuerzas..... 83

Ecuación 36. Distribución de masas 85

Ecuación 37. Sumatoria de Fuerzas 85

Ecuación 38. Tamaño de la muestra 131

RESUMEN

El presente trabajo de titulación propuso como objetivo de investigación el diseño, análisis y construcción de un bastidor de motocicleta enfocado a un motor de 250 cc para la participación en la “V edición de la competencia Internacional MOTOSTUDENT 2018”, efectuada en la pista de Motorland en la ciudad de Alcañiz-España. Se inició con la recopilación de información en varias fuentes bibliográficas con el fin de abarcar las diferentes opciones de tipos de bastidores implementados en motocicletas de competencia, y datos técnicos que permitan realizar un diseño óptimo para su posterior construcción. Después de determinar el tipo de bastidor para ser construido, se procede a realizar cálculos matemáticos, que permitan obtener las fuerzas que soportará la estructura cuando sea evaluada en diferentes situaciones de esfuerzo. Con los valores obtenidos y la utilización de software dedicado CAD-CAE, se modela y simula el comportamiento del elemento diseñado. Este proceso permite establecer cifras del esfuerzo de Von Mises, deformación total y factor de seguridad, con los que se comprueba la eficiencia de la estructura para proceder a su fabricación. Se continúa con la fabricación, siguiendo una hoja de procesos y se ensambla con el resto de elementos del prototipo. Finalmente se efectúan pruebas estáticas para verificar la rigidez y pruebas dinámicas de aceleración, frenado y maniobrabilidad, con el objetivo de validar su rendimiento en pista, las mismas que serán controladas por el reglamento de la competencia. Estas pruebas se llevaran a cabo en el área de control técnico y en la pista del circuito Motorland, respectivamente.

Palabras Claves:

- **BASTIDOR**
- **COMPETENCIA MOTO STUDENT**
- **MOTOCICLETA DE COMPETENCIA**

ABSTRACT

The present work of titulación proposes like objective of investigation the design, analysis and construction of a frame of motorcycle focused to a motor of 250 cc for the participation in the "V edition of the international competition MOTOSTUDENT 2018" carried out in the track of Motorland in the city of Alcañiz-Spain. It began with the collection of information in bibliographic sources in order to cover the different options of types of racks implemented in competition motorcycles, and technical data that allow an optimal design for its subsequent construction. After determining the type of frame to be used, mathematical calculations are carried out to obtain the forces that the structure will support when it is evaluated in different stress situations. With the values obtained and the use of dedicated CAD-CAE software, the behavior of the designed element is modeled and simulated. This process allows to establish figures of the effort of Von Mises, total deformation and factor of security, with which the efficiency of the structure is verified to proceed to its manufacture. It continues with the manufacture, following a process sheet and is assembled with the rest of the elements of the prototype. Finally, static tests are carried out to verify the rigidity and dynamic tests of acceleration, braking and maneuverability in order to validate their performance on the track, all controlled by the competition regulations. These tests are carried out in the technical control area and on the track of the Motorland circuit, respectively.

Key Words:

- **FRAME**
- **MOTO STUDENT COMPETITION**
- **COMPETITION MOTORCYCLE**

CAPÍTULO I

MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Antecedentes

Echeverría (2014) plantea que el tema del proyecto de tesis presentado hace una descripción del proceso de prototipos utilizando recursos del Ecuador y tecnología, teniendo en consideración el uso de los requerimientos dinámicos de una motocicleta de alto desempeño, los criterios para seleccionar el material que está disponible en el mercado local, la geometría de todos los componentes el chasis respecto a dicho material y el proceso de fabricación, teniendo presente el control de los costos del producto terminado. Enfatizando además la utilización de recursos de computación con un software especializado para la obtención del modelo de las propuestas del diseño, considerando la geometría, el flujo aerodinámico, los esfuerzos y los movimientos, que proporcione un diseño óptimo para comenzar la construcción del prototipo.

Además, se consideran los métodos de producción artesanal de prototipos con la calidad necesaria para obtener la aprobación de la motocicleta en la competencia y participar en eventos de Moto GP, corriendo en un circuito de carreras. Esto enmarcaría un precedente para los estudiantes que aspiren tener participación en competencias similares, así como profesionales especializados que deseen fabricar prototipos de motocicletas.

Dorado (2013), refiere en la investigación que realizó, que el diseño de chasis, subchasis para ser integrados al motor, inicia considerando la evolución y tipos de bastidores que han existido en la historia de la fabricación de las motocicletas, evaluando el desempeño y funcionamiento antes los distintos requerimientos. Con esta antesala se presentan distintas propuestas de diseño de chasis, haciendo un recorrido por la historia hasta llegar a un chasis final, después de las respectivas mejoras, que cumpla con las exigencias reglamentarias para participar en la competencia, con un proceso riguroso similar en el subchasis y la placa que realiza la unión del chasis al motor. Haciendo los

cálculos respectivos y la selección de los componentes más aptos para realizar la consolidación del diseño en conjunto.

1.2. Planteamiento del problema



Figura 1. Árbol de planteamiento de los problemas

La figura 1 describe las problemáticas y soluciones que se desarrollará mediante este proyecto de investigación: sobre el comportamiento de un bastidor de motocicleta para un motor de 250cc mediante software dedicado para la "V Competencia Internacional Motostudent".

El avance tecnológico en el área de motociclismo ha ido desarrollando nuevos procesos de modelado y construcción relacionado con la Ingeniería de Mecánica, con este contexto es necesario reducir el peso del bastidor el cual influye en el rendimiento de la moto en las carreras de GP, a través del manejo de procesos de modelado y construcción, para optimizar el diseño del bastidor con materiales de mayor fiabilidad, de

esta manera visualizar un incremento en el rendimiento de la motocicleta de carreras de GP.

Con este propósito se realizarán modelamiento del bastidor, cálculos, manejo de propiedades de materiales, software dedicado para pruebas estáticas y dinámicas, verificando a través de pruebas de potencia y torque en un dinamómetro, basándose en el cumplimiento del reglamento de la “V Competencia Internacional Motostudent”, lo que permitirá una mejor relación con universidades a nivel internacional para el intercambio de conocimiento.

1.3. Descripción resumida del proyecto

Se analizará el reglamento de la “V Competencia Internacional Motostudent”, percentiles y ergonomía en bases digitales de investigaciones pertinentes, web de empresas dedicadas a la producción de materiales, obteniendo la información base para desarrollar un correcto modelado.

Se investigará tipos, marcas y versiones de bastidores para la selección de un bastidor de competencia, determinando el modelo que cumpla las características de ergonomía, bajo peso, etc.

Se efectuarán el modelado del bastidor con dimensiones que estén dentro del reglamento de Motostudent, consiguiendo un bastidor fiable para una competencia de GP.

Se realizará un análisis estático y dinámico al bastidor con un software dedicado (CAD, CAE), obteniendo resultados de esfuerzos de torsión, esfuerzo de corte, esfuerzo de tensión, etc.

Se fabricará el bastidor con proceso de producción estandarizados para cumplir los requisitos del reglamento de la “V Competencia Internacional de Motostudent” y seguridad.

Se ejecutarán pruebas de potencia y torque para comparar las gráficas de una motocicleta con bastidor tradicional y con el nuevo bastidor.

Se realizará pruebas de frenado y aceleración en pista y prueba de carga vertical en un laboratorio de metalografía, para determinar la resistencia de los materiales.

Se efectuará pruebas en pista con la motocicleta con parámetros establecidos en el reglamento carga para cumplir los requisitos establecidos por Motostudent 2018.

1.4. Justificación e importancia

La competencia internacional Motostudent se lleva a cabo en el circuito de MotorLand Aragón-España, en la cual reúne a equipos de universidades de todo el mundo y por el lapso de 3 semestres se ponen a prueba los conocimientos de los estudiantes en el diseño y construcción de un prototipo de motocicleta de velocidad que deberá cumplir con normas establecidas y al final cumplir con las fases MS1 y MS2 donde se podrá evidenciar cual fue el mejor diseño. Esta competencia es una oportunidad para lograr un intercambio de ideas y conocimientos, con la interacción dinámica con los diferentes equipos participantes, tomando de cada uno de ellos los mejores resultados que obtuvieron en el proceso de elaboración de los prototipos, ya que se vivirá un ambiente social y técnico.

Este proyecto será un aporte a la industria nacional de motocicletas para mejorar los diseños y procesos de fabricación con la aplicación de normas internacionales que permitirán cumplir con parámetros de diseños de alta tecnología, modernos y novedosos ya que a nivel nacional se carece de normas que regulen la construcción de motocicletas.

El modelamiento del bastidor en el software dedicado será realizado bajo estándares y normas internacionales que cumplirán con los requerimientos de la competición para obtener un bastidor fiable y resistente a cualquier prueba a la cual será sometido.

Los cálculos del bastidor serán realizados en el software dedicado y nos permitirá determinar el comportamiento del mismo para tener una visión más amplia de su fiabilidad y resistencia antes de ser construida y ser montada con todos los componentes de la motocicleta y ser llevada a las pruebas en pista.

La fabricación del bastidor al igual que su diseño cumplirá con normas internacionales de procedimientos de construcción para obtener un resultado final de construcción que sea capaz de resistir a todas las pruebas que será sometido.

Las pruebas en pista a las cuales será sometida permitirán comprobar el comportamiento final del bastidor ya montado con todos los demás componentes de la

motocicleta con pruebas de frenado y aceleración para tener una medición de la aerodinámica, estabilidad, maniobrabilidad, resistencia, etc., de la motocicleta.

1.5. Proyectos relacionados y/o complementarios

- Diseño análisis y construcción de un chasis y carenado de un prototipo de motocicleta para la competencia motostudent 2013-2014” (Andrés Echeverría).
- Diseño, modelización y fabricación de un chasis para una motocicleta de competición (Óscar González).

Estos proyectos son ejecutados con diseños y dimensiones de los materiales distintos a nuestro proyecto que se desarrollará con un material de menos densidad.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

- Investigar el comportamiento de un bastidor de motocicleta para un motor de 250cc mediante software dedicado para la “V Competencia Internacional Motostudent”.

1.6.2. Objetivos específicos

- Investigar normas y tipos de bastidores en bases digitales estableciendo los parámetros de diseño del bastidor.
- Modelar un bastidor en software dedicado (CAD, CAE) que permita la participación en la “V Competencia Internacional Motostudent”.
- Analizar el bastidor mediante cálculos y modelos matemáticos que cumplan funciones estructurales de diseño.
- Analizar bastidor con pruebas estáticas y dinámicas en software dedicado (CAD, CAE) que validen el comportamiento.

- Construir el bastidor utilizando normas estándares mejorando el comportamiento en condiciones físicas en una competencia.
- Validar el comportamiento del bastidor realizando pruebas estáticas y pruebas dinámicas para determinar su fiabilidad en tiempo real.

1.7. Metas del proyecto

- Investigación bibliográfica se realizará en artículos científicos indexados disponiendo de una base de: diferentes bastidores, percentiles nacionales, etc.; lo que permitirá el cumplimiento del reglamento de la “V Competencia Internacional Motostudent”
- Modelamiento de un bastidor que mejore las propiedades mecánicas, con materiales nacionales existentes en el país de acuerdo a la norma NEC satisfaciendo las necesidades de motociclistas que compiten en las carreras de GP.
- Construcción del bastidor el cual va a estar tutelado por el reglamento de la “V Competencia Internacional Motostudent” y a estándares internacionales de Moto 3.
- Análisis del bastidor en software dedicado con una prueba estática hasta 3000N y una prueba dinámica de frenado de 3g que permita la participación del bastidor en la competencia.
- Certificación del bastidor con pruebas en pista con una velocidad de máxima de 150-200km/h y una velocidad de frenado de 50km/h.

1.8. Hipótesis

¿La investigación del comportamiento de un bastidor de motocicleta para un motor de 250cc permitirá cumplir con el reglamento para la participación del bastidor en la “V Competencia Internacional Motostudent”?

1.9. Variables de la investigación

1.9.1. Variable independiente

Tabla 1

Operacionalización de la variable independiente

Concepto	Categorías	Indicadores	Ítems	Técnica	Instrumentos
El modelamiento del bastidor se validará con cálculos, manejo de propiedades de materiales, posteriormente en un software dedicado se realizará pruebas dinámicas y estáticas, verificando a través de pruebas de potencia y torque en un dinamómetro.	Mecánico	Esfuerzo de torsión	N.m ²	Experimental Prueba de laboratorio	Protocolo de prueba
		Esfuerzo de corte	N.m ²	Experimental Prueba de laboratorio	Protocolo de prueba
		Esfuerzo de tensión	N.m ²	Experimental Prueba de laboratorio	Protocolo de prueba
		Fuerza vertical	Newton	Experimental Prueba de laboratorio	Protocolo de prueba

1.9.2. Variables dependientes

Tabla 2

Operacionalización de la variable dependiente (Optimización del material)

Concepto	Categorías	Indicadores	Ítem	Técnica	Instrumentos
Para la realización de un bastidor se carece de una normalización estándar	Mecánico	Carga máxima	N.	Experimental Prueba de laboratorio Medición	Protocolo de prueba
		Resistencia a la rotura	Kg/m ²	Experimental Prueba de laboratorio Medición	Protocolo de prueba
		Tensión a la fluencia	Kg/m ²	Experimental Prueba de laboratorio Medición	Protocolo de prueba
	Dinámica	Velocidad	<i>RPM</i>	Experimental Prueba de laboratorio Medición	Protocolo de prueba

1.10. Metodología de desarrollo del proyecto

1.10.1. Método inductivo

Este método permitirá realizar un estudio y comparación de los diferentes tipos de bastidores de motocicletas de competición obteniendo los parámetros iniciales para el diseño, con la finalidad de llegar a conclusiones generales.

1.10.2. Método deductivo

Por medio de este método se aplicará los parámetros obtenidos para realizar el estudio de un nuevo diseño de un bastidor para moto de competición que será puesto a pruebas para investigar su comportamiento.

1.10.3. Método de matematización

En este método se realizarán los cálculos de diseño estructural obteniendo funciones y ecuaciones de modelos matemáticos que nos permitirán llevar a cabo el modelamiento del bastidor en el software dedicado.

1.10.4. Método analítico

Por medio de este método se realizará el modelamiento y la simulación del bastidor en el software dedicado, aplicando parámetros obtenidos y basándose en normas de diseño y reglamento de la competición para su posterior construcción.

1.10.5. Método experimental

Por medio de este método se realizará distintas pruebas al bastidor modelado tanto en el software dedicado, así como pruebas en banco y pista interpretando los resultados adquiridos.

Tabla 3*Metodología, instrumentación y laboratorios donde se llevará a cabo.*

Táctica/Método	Descripción	Equipo	Laboratorio
Método Inductivo	Este método permitirá realizar un estudio y comparación de los diferentes tipos de bastidores de motocicletas de competición obteniendo los parámetros iniciales para el diseño, con la finalidad de llegar a conclusiones generales.	Software dedicado Laptop	Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE"
Método Deductivo	Por medio de este método se aplicará los parámetros obtenidos para realizar el estudio de un nuevo diseño de un bastidor para moto de competición que será puesto a pruebas para investigar su comportamiento.	Laptop Software dedicado	Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE"
Método de Matematización	En este método se realizarán los cálculos de diseño estructural obteniendo funciones y ecuaciones de modelos matemáticos que nos permitirán llevar a cabo el modelamiento del bastidor en el software dedicado.	Laptop Software dedicado	Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE"
Método Analítico	Por medio de este método se realizará el modelamiento y la simulación del bastidor en el software dedicado, aplicando parámetros obtenidos y basándose en normas de diseño y reglamento de la competición para su posterior construcción.	Laptop Software dedicado	Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE"
Método experimental	Por medio de este método se realizará distintas pruebas al bastidor modelado tanto en el software dedicado, así como pruebas en banco y pista interpretando los resultados adquiridos.	Prensa hidráulica Laptop Software dedicado	Laboratorio de Metalografía

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Introducción

La Competición Internacional MotoStudent, promovida por la Fundación Moto Engineering Foundation y TechnoPark MotorLand, es un desafío entre equipos universitarios de todo el mundo.

Lo que permite a los estudiantes iniciar un plan de negocio en el área industrial, por medio de un proyecto donde se realiza un diseño, desarrollo y construcción de un prototipo de motocicleta de competición guiado por las normas FIM Moto3 en un período de tres semestres.

Este trabajo luego de culminado pasa por un proceso evaluativo de un comité y un jurado conformado por especialistas de distintos ámbitos a nivel industrial, cerrando con un evento final en el Circuito FIM Internacional de MotorLand Aragón.

Esta competencia es un reto a la creatividad y habilidades de los estudiantes para crear innovaciones, poniendo en práctica el conocimiento y las capacidades como futuros profesionales en el área de ingeniería y técnicos especializados, contra equipos de otros países, cumpliendo los plazos y las normas establecidas. (MotoStudent, 2017)

2.2. Reglamento MotoStudent

2.2.1. Fases MotoStudent

Fase MS1: Proyecto industrial

La fase MS1 consiste en la demostración y la explicación del prototipo elaborado por los equipos que participan, además del proyecto de industrialización para la respectiva producción.

Todas las pautas para ejecutar esta fase se describen en el Reglamento de la competición, en la sección F. (MotoStudent, 2017)

Fase MS2: Pruebas dinámicas

Esta fase solo es posible si es superada la anterior con un 40% como mínimo sobre la puntuación total.

Las pautas que hacen referencia a esta fase se encuentran en la sección G del Reglamento correspondiente. (MotoStudent, 2017)

2.3. Bastidores

2.3.1. Historia

Historia de la motocicleta

Louis-Barbilla Perreaux fue el creador oficial de la moto, con patente registrada por primera vez en el año 1968, con modificaciones hasta 1885, este primer prototipo funcionaba a vapor, no circuló de forma autónoma, se fijaba en un eje vertical y redondo, con todo el trabajo de poner en funcionamiento el motor. El nombre de motocicleta fue utilizado en 1897 por los hermanos fabricantes Eugène y Michel Werner, que estaban instalados en Levallois-Perret, luego se volvió genérico. (Canarias en moto, 2011)

Se considera la primera motocicleta con un motor a vapor la creada por el estadounidense Sylvester Howard Roper (1823-1896), quien inventó en 1867 un motor de cilindros a vapor (Ver figura 2), que era accionado por carbón. (Canarias en moto, 2011)

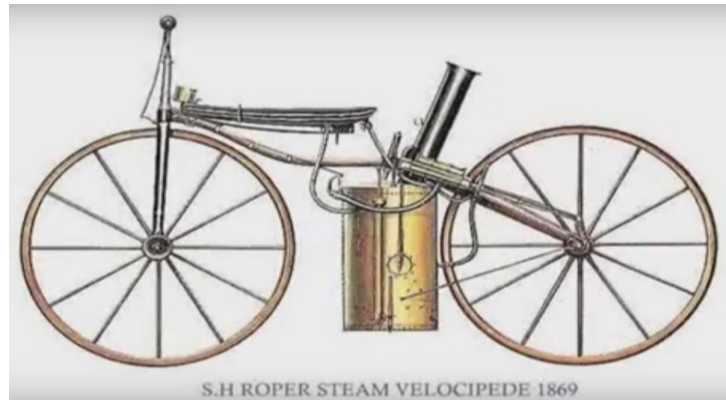


Figura 2. Moto S. H. Roper
Fuente: (Canarias en moto, 2011)

En 1885, Wilhelm Maybach y Gottlieb Daimler hicieron la construcción de una moto con un motor de combustión interna, con el cuadro y las ruedas de madera, como se observa en la figura 3. El motor desarrollaba 0,5 caballos y con una velocidad de 18km/h. (Canarias en moto, 2011)



Figura 3. Primera moto fabricada Daimler
Fuente: (Escobar, 2012)

El ingeniero Nikolaus August Otto inventó en 1876 el primer motor de combustión interna de cuatro tiempos, y lo denominó “motor de ciclo Otto”, que al ser culminado fue utilizado por su antiguo empleado Gottlieb Daimler, para la creación de la primera motocicleta de la historia, según los historiadores. (Canarias en moto, 2011).

Historia de los bastidores

Arias Paz (2003), afirma que la motocicleta está conformada por una serie de mecanismos, que cumplen funciones específicas.

El chasis tiene como función dar soporte y sostener las partes que forman la motocicleta. El chasis soporta el motor, las ruedas, la suspensión y hasta al piloto. En un inicio los chasis de las motocicletas se basaron en los chasis de bicicletas. Se construyen con tubos metálicos en los que se monta el motor entre las ruedas y encima de él, el piloto. (Arias-Paz, 2003)

Arias-Paz (2003), en su investigación dice que “la importancia de la rigidez del bastidor ha sido fundamental para el desarrollo de la moto, pero también el conseguir armonizar esta rigidez con un peso contenido que permitiera unas mínimas prestaciones y un buen comportamiento dinámico.” (pág. 543)

Haciendo un repaso histórico de los bastidores se puede observar los distintos pasos evolutivos que han sufrido con el pasar de los años.

La motocicleta de los hermanos *Werner* de 1901, la que podemos ver en la figura 4, se puede decir que es la primera motocicleta con un chasis precursor de los modernos. Esta motocicleta se basa en un bastidor de bicicleta A, que monta en su parte central B el motor y para la dirección toma la horquilla C. (Arias-Paz, 2003)

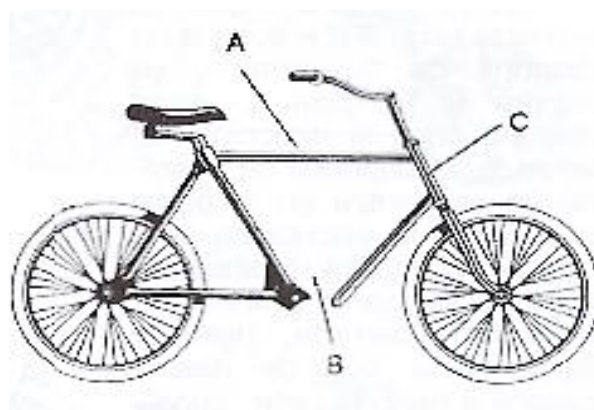


Figura 4. Chasis Werner
Fuente: (Arias-Paz, 2003)

La Scott de 1909 en la figura 5, define un bastidor A que está abierto por abajo, en el que el motor realiza una importante función portante. La suspensión delantera B ya forma parte de la motocicleta, a pesar de que la rueda posterior aún conserva un soporte fijo C. En la parte inferior D se monta el motor. (Arias-Paz, 2003)

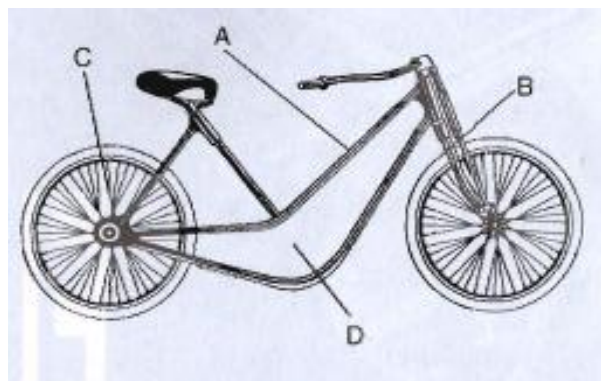


Figura 5. Chasis Scott
Fuente: (Arias-Paz, 2003)

La figura 6 describe la Mars de 1920, se sustituye por una chapa estampada A los tubos de sección cerrada. En este chasis, se realiza la unión directa la rueda posterior B con el soporte de la suspensión delantera C. (Arias-Paz, 2003).



Figura 6. Chasis Mars
Fuente: (Arias-Paz, 2003)

La BMW R-32 de 1923, en la figura 7, desafía con ligereza el sistema de transmisión A, como parte resistente, cuando utiliza nuevamente el tubo de acero B. Otra vez el motor

ubicado en la parte C tiene cumple con la función de dar resistencia al chasis. (Arias-Paz, 2003)

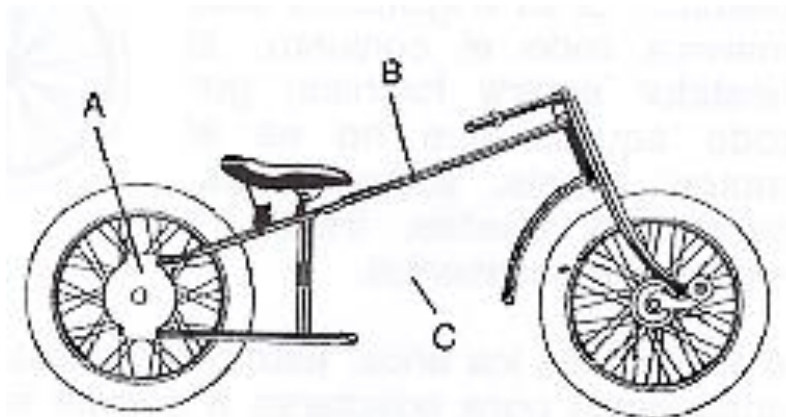


Figura 7. Chasis Bmw R-32

Fuente: (Arias-Paz, 2003)

La Zundapp K 800 de 1934, en la figura 8, la chapa A es doblada y cortada a base de nuevos procesos, y su estructura es aún más dura y rígida. El bastidor llega hasta el soporte de la rueda trasera B. (Arias-Paz, 2003)

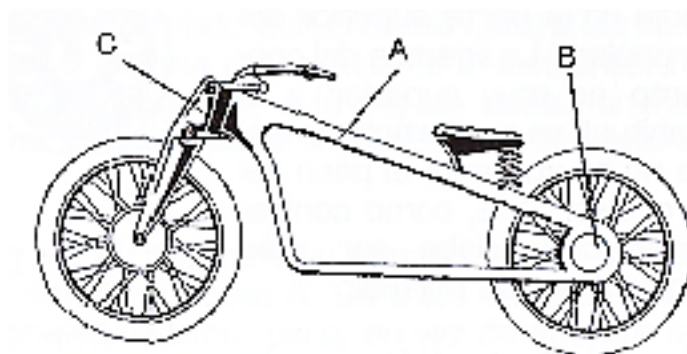


Figura 8. Chasis Zundapp

Fuente: (Arias-Paz, 2003)

La Vincent HRD Rapid de 1939, en la figura 9 está conformada de un bastidor nuevo A, el motor instalado en la posición B cumple una función muy importante, la suspensión

posterior está sujeta directamente mediante el tirante C a la parte trasera del motor.
(Arias-Paz, 2003)

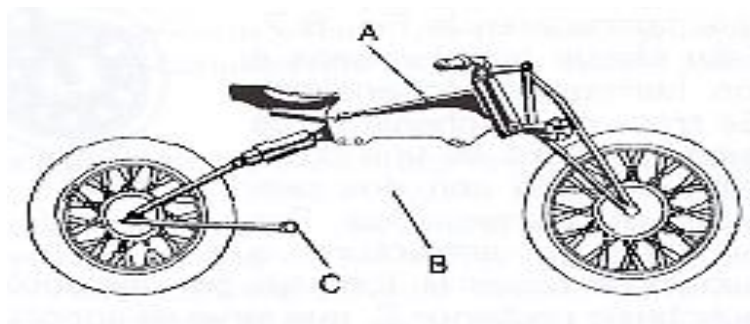


Figura 9. Chasis HRD

Fuente: (Arias-Paz, 2003)

En la figura 10, aparece la Norton Manx del año 1950. Consiste en un chasis A, de tipo doble cuna de tubo de acero con dos partes bien identificadas. Por una parte, formada por la doble cuna cerrada, una estructura B que porta el motor, y por otro, un subchasis trasero C, que sirve de anclaje para la suspensión posterior, que está formada por un sistema de basculante articulado y amortiguadores, y apoyo para el piloto. (Arias-Paz, 2003)

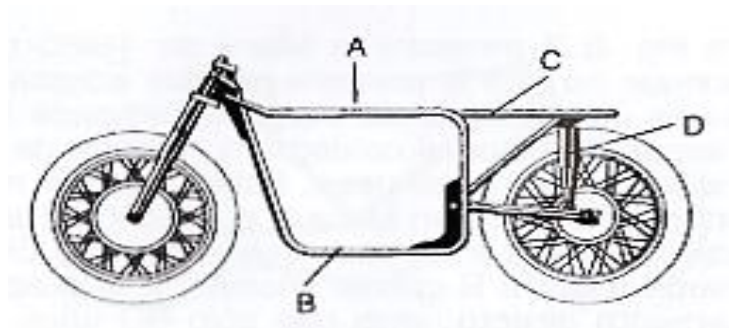


Figura 10. Chasis Norton Manx

Fuente: (Arias-Paz, 2003)

En la Honda CR72 de 1963 de la figura 11, se vuelve a utilizar como parte estructural el motor, en la que el chasis A pasa por la parte de arriba al motor, pero mantiene en su

estructura, el soporte de la suspensión delantera B, como el de la horquilla delantera C y el basculante posterior D. (Arias-Paz, 2003)

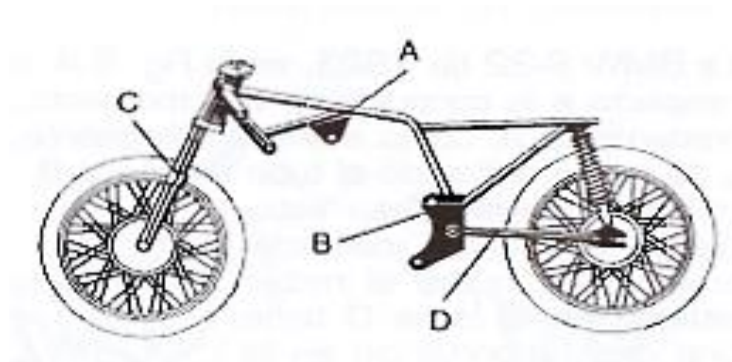


Figura 11. Chasis Honda

Fuente: (Arias-Paz, 2003)

El chasis de la Ossa de competición de la década de los 60, de la figura 12, que contiene en la parte media el depósito de combustible A. El chasis B al estar formado en su mayoría por una estructura cerrada es muy rígido, ya que, a excepción de la parte de sujeción del basculante posterior C, está completamente cerrado. Se llama monocasco a este tipo de estructura. (Arias-Paz, 2003)

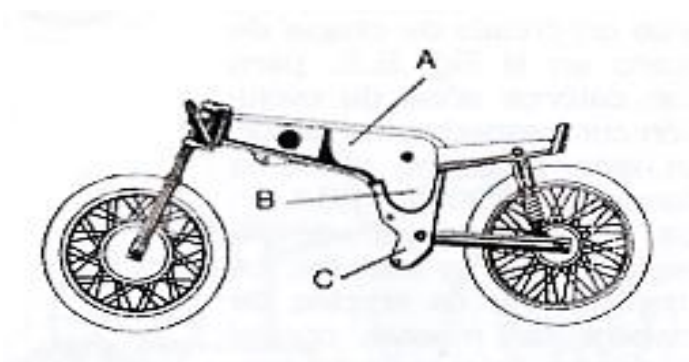


Figura 12. Chasis Ossa

Fuente: (Arias-Paz, 2003)

La Norton Challenge de la figura 13, enseña un chasis del tipo que se ha llamado “multitubular”, indicado como A. Este es de una modificación de los bastidores normales de tubo que soporta el motor por la parte de arriba con varios tubos de sección recta B,

de manera que los tubos no trabajen a esfuerzos de flexión. De esta forma, sin que exista un aumento de peso, la rigidez de la estructura es considerablemente mayor. (Arias-Paz, 2003)

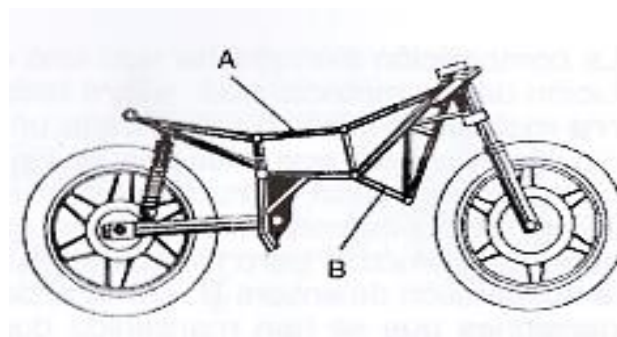


Figura 13. Chasis Norton Challenge

Fuente: (Arias-Paz, 2003)

A inicios de la década de los 80, empezó la evolución de la estructura y forma de chasis, como aparece en la figura 14, la estructura que llegaría a llamarse con el paso del tiempo “doble viga”, fue presentada por Yamaha y Antonio Cobas, un pequeño constructor de motos de carreras. En este caso se forma una estructura A, que presenta una aleación ligera, que une de forma directa la pipa de sujeción de la suspensión delantera B con el eje del basculante C. (Arias-Paz, 2003)

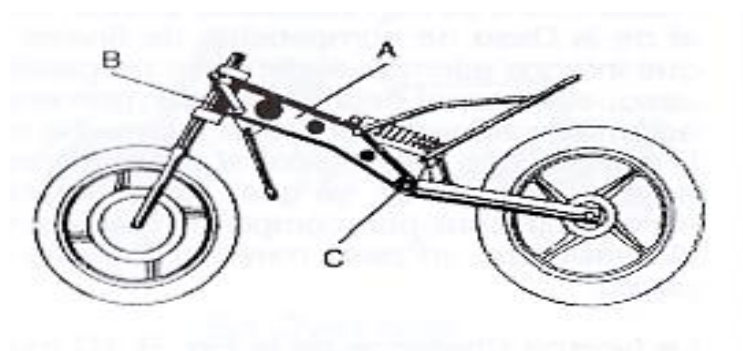


Figura 14. Chasis Cobas

Fuente: (Arias-Paz, 2003)

Por último, la Yamaha GTS contiene un bastidor de última generación, como se puede ver en la figura 15, en cuyo caso, se describe un nuevo sistema de suspensión A que

reemplaza la clásica suspensión delantera por horquilla, el bastidor forma una estructura B que abarca el motor y este ya no necesita empezar en la parte superior, que por medio de vigas gruesas de aleación ligera une los puntos de sujeción de las suspensiones delantera y trasera, C y D, respectivamente. (Arias-Paz, 2003)

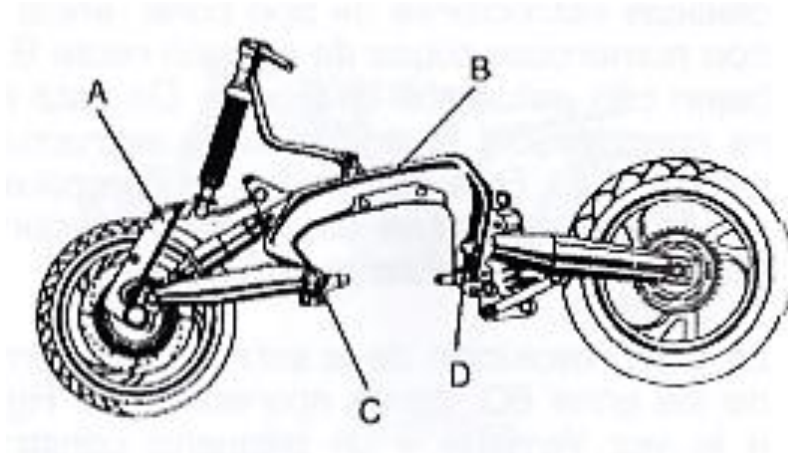


Figura 15. Chasis Yamaha
Fuente: (Arias-Paz, 2003)

2.3.2. Tipos de bastidores

Como se aprecia en la figura 16, el diseño general de un chasis es inevitablemente el mismo en todas. Por un lado, tenemos el punto de soporte de la suspensión delantera A. Y por otro lado tenemos el punto de soporte de la suspensión que suele ser el eje del basculante, debe combinarse con un anclaje para el o los amortiguadores posteriores C, y también, si es que posee, los anclajes de las bieletas de la suspensión posterior D. (Arias-Paz, 2003)

En el chasis, otras partes que se debe tomar en cuenta son los anclajes para el motor F, para que no les afecte las vibraciones o el peso deben ser lo suficientemente fuertes. También la estructura G será la encargada de servir de apoyo para el piloto y los diversos elementos accesorios como el depósito de gasolina y la carrocería en general. Si se añade el basculante trasero H como una parte de chasis, hay que recalcar que este elemento debe ser muy resistente ya que está sometido a grandes esfuerzos. (Arias-Paz, 2003)

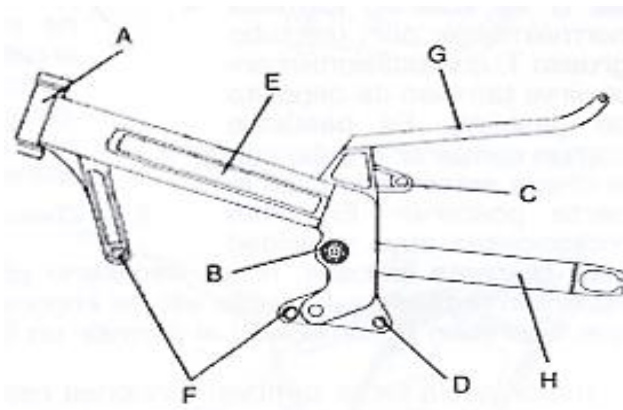


Figura 16. Partes de un chasis
Fuente: (Arias-Paz, 2003)

Chasis de simple cuna

Los chasis de simple cuna pueden ser completos o cortar su parte inferior y utilizar el motor como parte estructural. Otra variación la formación de una cuna simple, que se desdoblan a la altura del motor. En estos tiempos los bastidores de simple cuna son interrumpidos como el de la figura 17, o bien desdoblados como el de la figura 18, haciendo que los de cunas simples cerrado desaparecieran. (Arias-Paz, 2003)

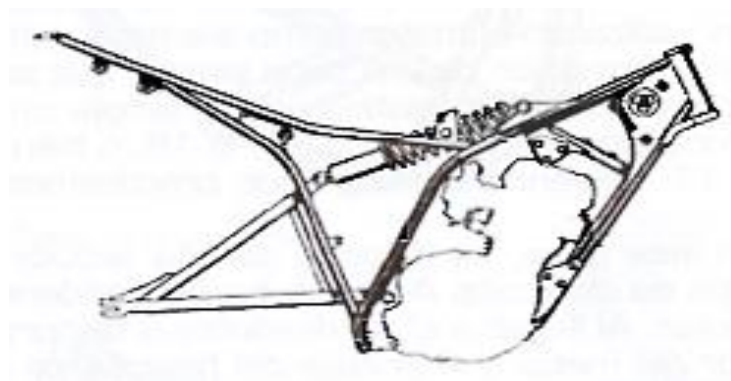


Figura 17. Chasis de simple cuna interrumpida
Fuente: (Arias-Paz, 2003)

En este caso, en la pipa de dirección A, se tiene una sección normalmente reforzada y un tubo descendente T hacia la parte frontal del motor, que se desdobla o se corta al llegar a él. Por otro lado, la parte baja del motor y el soporte del basculante B se sujetan

por medio de tubos R que, saliendo desde la pipa, esquivan el motor por la parte de arriba y descienden hacia ellas. Por su parte, el pasaje y el soporte de la suspensión posterior son anclados por una subestructura trasera unida a la principal, ya sea mediante suelta o por tornillos S. (Arias-Paz, 2003)

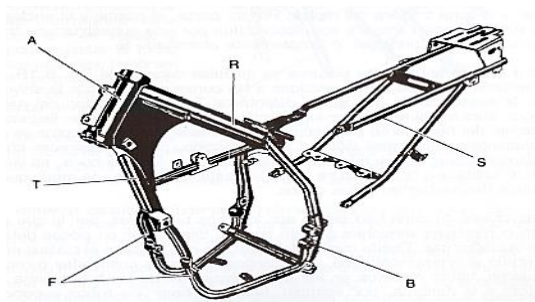


Figura 18. Chasis cuna simple desdoblada
Fuente: (Arias-Paz, 2003)

Chasis doble cuna

El chasis de doble cuna, como se puede ver en la figura 19, es un avance al chasis de cunas simples, que conserva características similares, con la excepción de la presencia de dos tubos delanteros T, que abarcan al motor por los laterales de su parte inferior, llegando por separado al soporte del basculante. En ocasiones en el que el motor es muy grande y el chasis impide su desmontaje, pueden realizarse chasis desmontables, en los que una de las secciones S de la cuna, esta atornillada, de manera que se puede desarmar. (Arias-Paz, 2003)

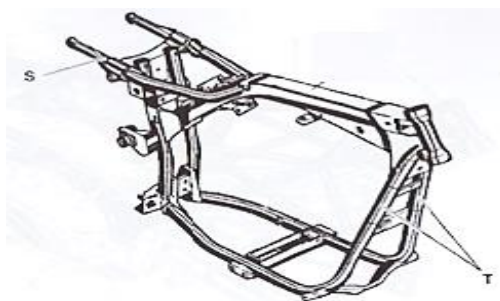


Figura 19. Chasis doble cuna
Fuente: (Arias-Paz, 2003)

Chasis doble viga perimetral

Como se aprecia en la figura 20, este tipo de chasis, en motos deportivas, es el más utilizado. La estructura está definida por su nombre, compuesta por dos vigas una en cada lateral del motor, que salen del soporte de la dirección y acaban en el anclaje del basculante. Las vigas poseen soportes inferiores para montar el motor. Están sabien ser por lo general de aleaciones de aluminio. (Casajús, 2012)

Casajús (2012), considera que existe la posibilidad de incorporar aberturas en las vigas que permita el paso de aire hacia la admisión.

Este tipo de chasis pueden ser fabricados combinando varios métodos o por extrusión, laminación o fundición.

Las zonas que tienden a sufrir esfuerzos mayores son el cabezal de dirección y la zona de anclaje del basculante, por ello generalmente son fabricadas mediante fundición. (Casajús, 2012)



Figura 20. Chasis doble viga Yamaha R6
Fuente: (Casajús, 2012)

Chasis doble viga perimetral cerrado

Casajús (2012), lo describe como “una variante del chasis de doble viga y que apareció anteriormente” (p. 3).

En este caso, además de poseer las dos vigas que abrazan al motor por los laterales en su parte superior, salen dos tubos más del cabezal de dirección hacia la parte de abajo del motor y al basculante, con sección menor que las de la doble viga y haciendo de cuna, como se aprecia en la figura 21. (Casajús, 2012)

Es utilizado en motocicletas deportivas de la década de los 90, como la Suzuki GS 500 (1989-2007), la Kawasaki ZXR 750 (1990) y la Suzuki GSX R 750 (1993). (Casajús, 2012)

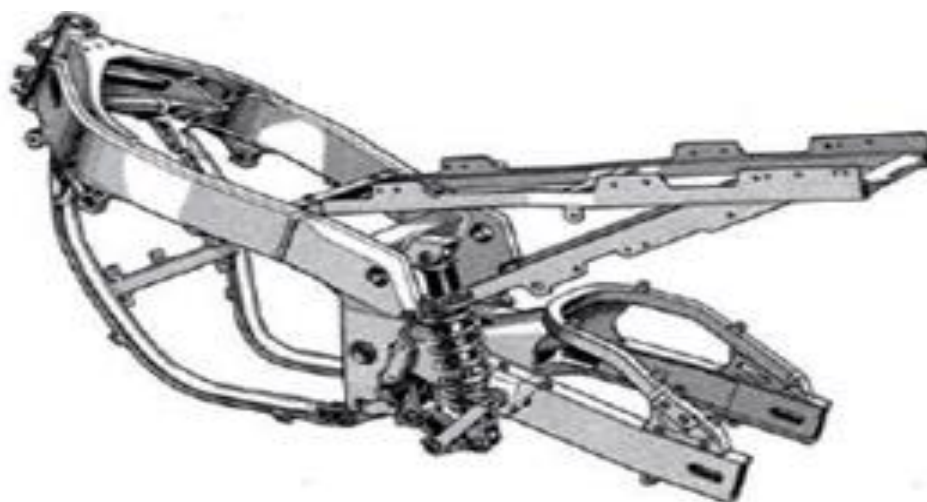


Figura 21. Chasis doble viga perimetral cerrado

Fuente: (Casajús, 2012)

Chasis monocasco

El chasis monocasco autoportante, que se describe en la figura 22, es el que realiza las funciones de chasis y de carrocería al mismo tiempo. Durante varios años este es el tipo de chasis utilizado por Vespa. Es una técnica que se emplea mayormente en los diseños del automóvil (carrocería autoportante). (Casajús, 2012)

A pesar de ser un chasis muy poco utilizado en modelos de motocicletas, es empleado en motos deportivas como la Kawasaki ZX12R (2005) y la ZZR 1400, que está fundido en aleación de aluminio, en el que la caja de admisión-airbox conforma parte del chasis. (Casajús, 2012)



Figura 22. Chasis monocasco

Fuente: (Casajús, 2012)

Chasis monoviga o de espina central

En este tipo de chasis, que es considerado tubular, el tubo va por la parte superior, tomando protagonismo, teniendo mayores medidas y termina siendo una viga (ver figura 23). El motor queda suspendido bajo la estructura tubular o espina central del chasis y ya no es rodeado por la parte inferior por la cuna. (Casajús, 2012)

Según Casajús (2012), “esta monoviga dispone de unos soportes laterales para permitir anclar al motor” (p. 4).

En este chasis se encuentran los modelos de la Honda CB 900 F Hornet o la Triumph Trophy 900 (1997). (Casajús, 2012)



Figura 23. Chasis monoviga
Fuente: (Casajús, 2012)

Chasis tipo omega

Es un chasis muy poco común, modelos de motocicletas que poseían este tipo de chasis eran la Yamaha GTS o la Bimota Tesi, como se ve en la figura 24. Llamado así por su similitud con la letra final del alfabeto griego. La horquilla delantera tiene una forma más parecida a un basculante, aunque permitiendo el giro para cambiar de dirección (basculante monobrazo en el caso de la Yamaha GTS). (Casajús, 2012)



Figura 24. Chasis Omega
Fuente: (Casajús, 2012)

Chasis Multitubular

Está compuesto por dos vigas en cada lado del motor, que permiten la unión de la zona del eje del basculante trasero con el cabezal de dirección, con un entramado de tubos rectos y cortos. (Casajús, 2012)

Con el objetivo de darle rigidez al chasis, los tubos cortos son de acero al cromo molibdeno y de secciones circulares, diseñados para trabajar solo a compresión o a tracción. (Casajús, 2012)

Normalmente son descartados los tubos inferiores y el motor se sujeta por la culata. Existen diversas modificaciones especiales en los que en la parte superior existe un único tubo muy grueso, pero lo más común es tener una estructura superior de tubos T (Ver figura 25), que une la pipa de la dirección A y en ocasiones el soporte del basculante, que puede estar también unido al motor. La estructura que cumple con soportar al piloto S, se une en la estructura principal. (Arias-Paz, 2003)

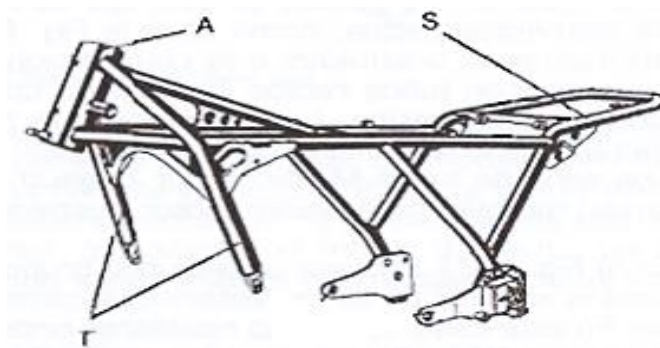


Figura 25. Chasis multitubular

Fuente: (Arias-Paz, 2003)

Los bastidores multitubulares de elementos rectos, son una importante variedad de este tipo, como el de la figura 26. En este tipo de chasis, la estructura es conformada solo por tubos rectos T, de manera que solo estén sometidos a tracción o compresión y son básicamente enfocados a la competición. La distribución más común es una pieza extensa que une a la pipa de dirección con el eje del basculante L de manera directa, y una serie de tubos M, de menor longitud, que afirman esta función y sirven también para sujetar el motor, suspensión posterior y pasaje. (Arias-Paz, 2003)

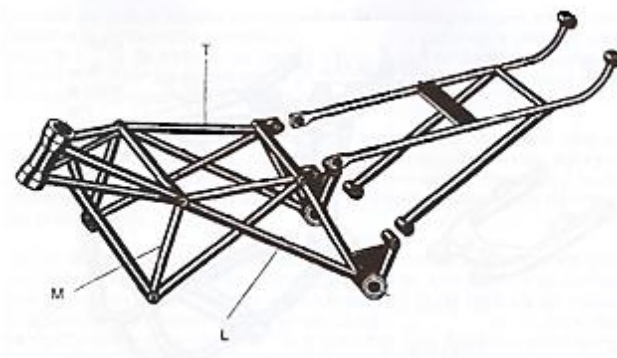


Figura 26. Chasis multitubular de tubos rectos
Fuente: (Arias-Paz, 2003)

Chasis con el motor como elemento estructural

Uno de los primeros ejemplos para utilizar el motor como un componente integral del chasis es la P&M según lo describe Foale (2003). En esta moto los cilindros del motor estaban ubicados muy altos y hacían las veces de chasis. Gracias a los pernos que iban desde la culata hasta el cárter las tensiones que podía soportar el cilindro y la culata se veían reducidos.

El éxito más grande de la Vicent, fue después de la segunda guerra mundial, con motores bicilíndricos en V, y un chasis de espina central de sección rectangular hecha de chapa soldada, que a la vez era utilizado como depósito de aceite con 3,5 litros de capacidad, y que estaba atornillado a la pipa de dirección y a las dos culatas, como se aprecia en la figura 27. El basculante posterior estaba triangulado y su eje se ubicaba detrás de la caja de cambios, mientras los amortiguadores se sujetaban en la parte posterior de la espina. (Foale, 2003)

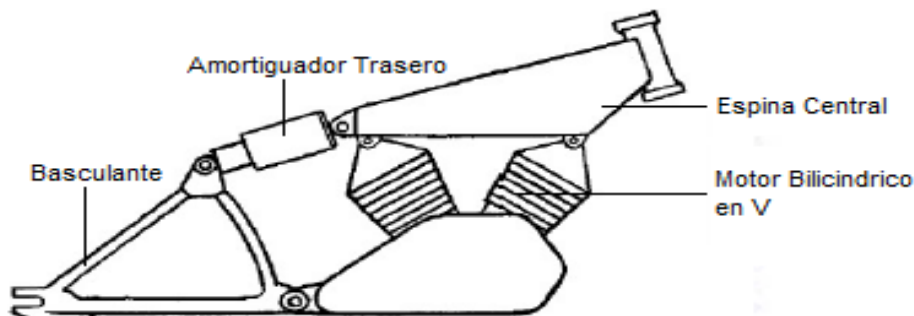


Figura 27. Chasis con el motor como elemento estructural
Fuente: (Foale, 2003)

2.4. Consideraciones geométricas

La geometría es parte fundamental desde la seguridad de marcha en el diseño de motocicletas. Predomina la geometría del chasis, con medidas y ángulos determinados entregados por el fabricante que influyen de manera directa en que la motocicleta tenga un rendimiento correcto, que, a diferente velocidad y circunstancia, ya sea en línea recta o en curva, presente estabilidad.

En la figura 28 se describen los elementos básicos en la geometría de una moto. (Foale, 2003)

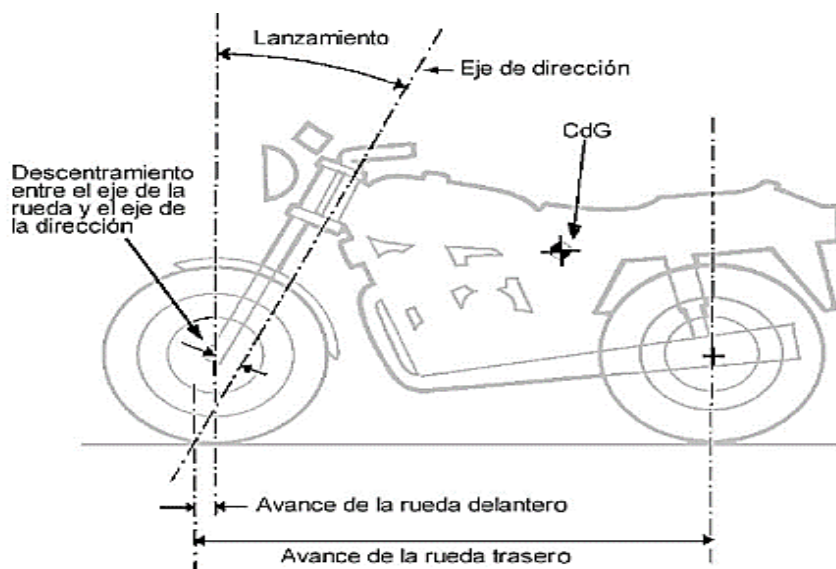


Figura 28. Geometría de la motocicleta

Fuente: (Foale, 2003)

Dentro de esta figura 28 podemos ver:

- La línea sobre la cual gira el sistema de dirección es el eje de dirección.
- La inclinación hacia atrás que posee el eje de dirección es el lanzamiento.
- La distancia existente al nivel del suelo entre el centro de la huella de contacto del neumático y el punto en el cual el eje de dirección interseca con el suelo es el avance.

- Siendo CdG el centro de gravedad, en los propósitos interseca con el combinado de la moto y el piloto.

2.4.1. Avance

La función primordial que posee el avance es de proveer una cierta estabilidad direccional y también es de mucha importancia en el comienzo de la etapa de inclinación de la motocicleta al entrar en una curva. Podemos observar que tanto el neumático delantero como el posterior toca el suelo por detrás del punto donde el eje de dirección lo toca, esto conlleva a un efecto de auto centrado en ambas ruedas. (Foale, 2003)

Para crear un efecto alrededor del eje de dirección que tiende a ubicar a la rueda recta otra vez, dando cierto grado de estabilidad en línea recta, se unen el avance positivo y la fuerza lateral debida al ángulo de deriva (ángulo que existe entre el plano del neumático y la dirección de la tangente a la curva), como se describe en la figura 29. (Foale, 2003)

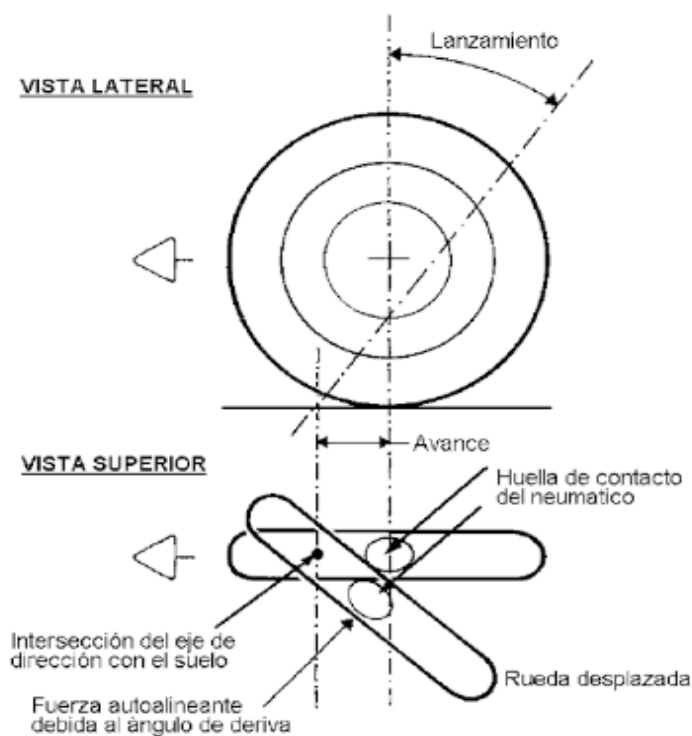


Figura 29. Avance positivo

Fuente: (Foale, 2003)

Foale (2003), refiere que el avance positivo automáticamente contrarresta el giro, si la dirección lo hace motivado a algo (por ejemplo, el mal estado del firme.), para proporcionar estabilidad direccional.

La moto pierde estabilidad direccional si la huella de contacto se encontrara por delante del eje de dirección (avance negativo), reforzando la perturbación original. (Foale, 2003)

Se observa que el avance de la rueda posterior (1300-1500mm) es mucho mayor que el avance positivo de la rueda delantera (50-100 mm) y con esto se puede creer que el avance posterior tiene mayor importancia que el delantero, cuando de verdad es, al contrario. (Foale, 2003).

En la figura 30, se observa que la huella de contacto de contacto esta desplazada lateralmente la misma distancia, 12mm. La rueda delantera estará girada entre 7 y 10 grados alrededor del eje de dirección; esto hace que el ángulo de deriva se incremente en la misma medida produciendo una fuerza lateral que tiene en contra solamente la inercia de la rueda delantera y la horquilla para volver a girar la rueda a su posición de línea recta. De todas formas, el ángulo de deriva de la rueda trasera será mucho menor, aproximadamente 0,5 grados. (Foale, 2003)

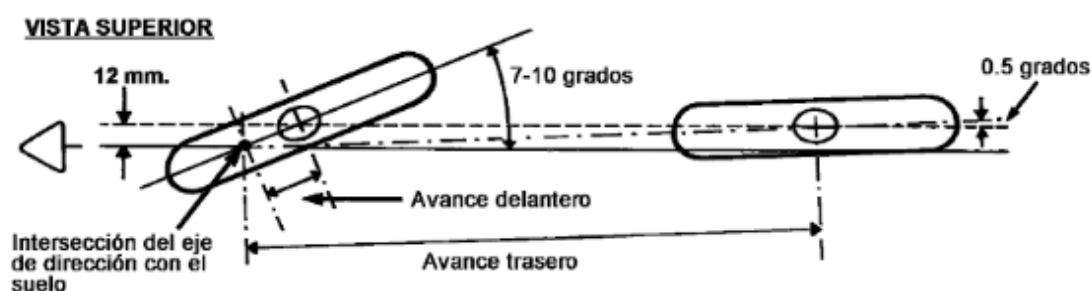


Figura 30. Ángulo de deriva trasero y delantero
Fuente: (Foale, 2003)

En la figura 31 se observa la variación para una motocicleta del avance frente a los ángulos de inclinación y de giro del manillar.

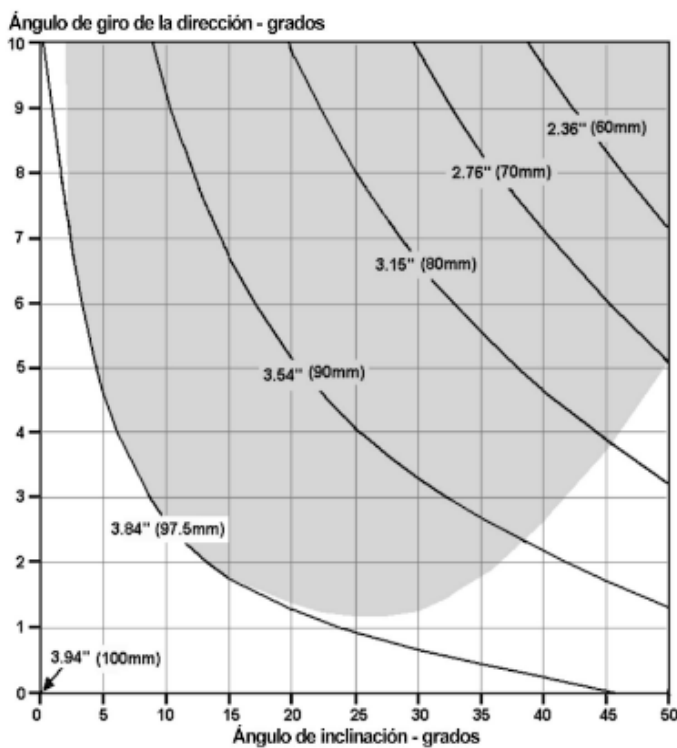


Figura 31. Variación de avance

Fuente: (Foale, 2003)

Lo importante:

- Un avance mayor proporciona un momento mayor, pero resta agilidad.
- Un avance pequeño proporciona un momento menor, pero la moto será muy ágil.

2.4.2. Lanzamiento

Llamado también ángulo de dirección o de avance (Θ), está conformado por la vertical con el eje de la dirección. (Ver figura 32)

Este ángulo es relevante en combinación con otros elementos, pues determina la disposición de la motocicleta para tener inclinación a la hora de tomar curvas. Además,

están presentes en motocicletas de un mismo segmento. Ocurre que para un mismo avance este ángulo de dirección menor concede mayor facilidad para realizar el giro.

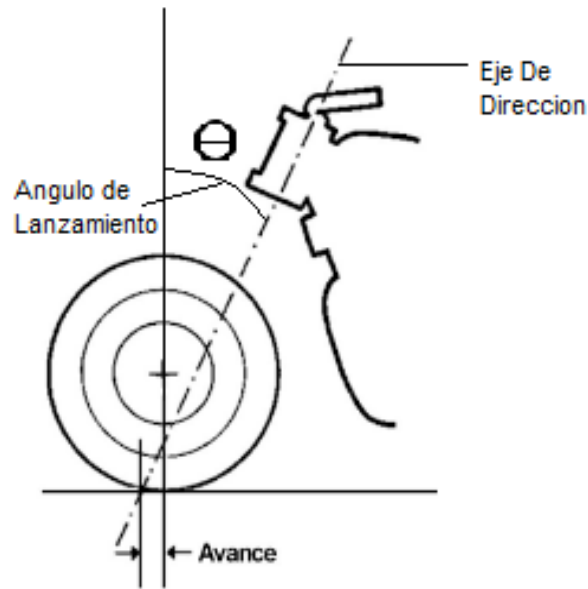


Figura 32. Lanzamiento
Fuente: (Foale, 2003)

Este ángulo tiene una variación entre 22 y 30 grados en motocicletas convencionales, aunque pueden existir casos especiales como ocurre con la chopper. Pero pierde la relevancia en sistemas como el telelever de BMW, monobrazos delanteros o suspensiones de paralelogramo.

Existen tres posibilidades de ángulo de lanzamiento, como se puede observar en la figura 33.

- Izquierda: Sistema convencional.
- Centro: Ángulo de lanzamiento cuando no existe decalaje.
- Derecha: Ángulo de lanzamiento de cero grados, que proporciona un decalaje negativo.

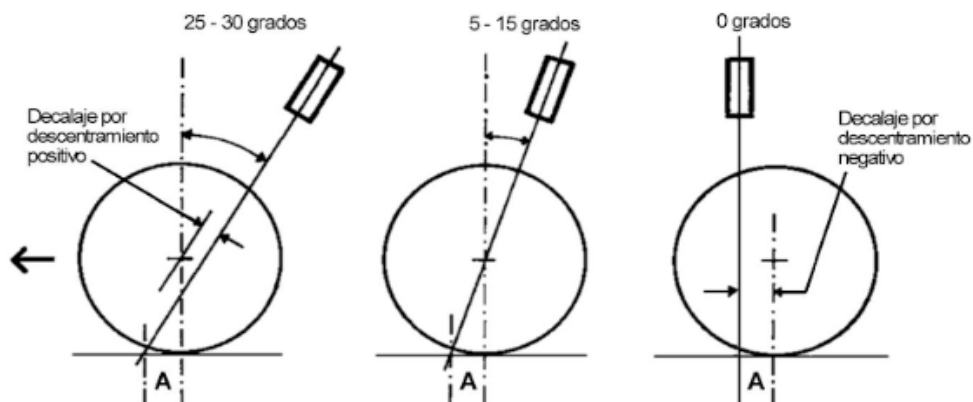


Figura 33. Tipo de ángulos de lanzamiento
Fuente: (Foale, 2003)

2.4.3. Distancia entre ejes

Tiene que ver con la distancia que existe entre los ejes de las ruedas cuando la motocicleta está en reposo. (Ver figura 34).

Generando ciertas consecuencias, existe mayor estabilidad direccional cuando la distancia es mayor, ocasionando mayor esfuerzo al momento de realizar las curvas. (Foale, 2003)

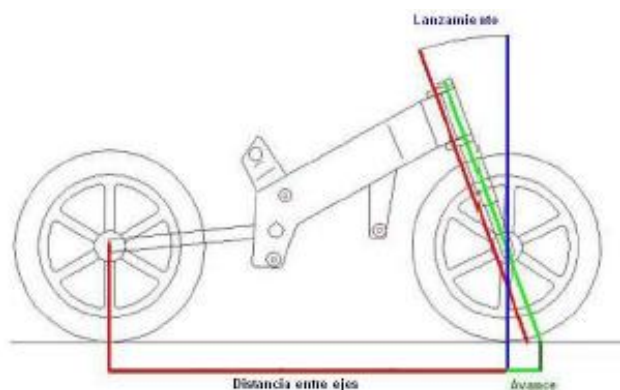


Figura 34. Distancia entre ejes
Fuente: (Arias-Paz, 2003)

La figura 35 describe la necesidad de un giro mayor de la rueda delantera hacia el interior de la curva, cuando la motocicleta posee una gran distancia entre los ejes.

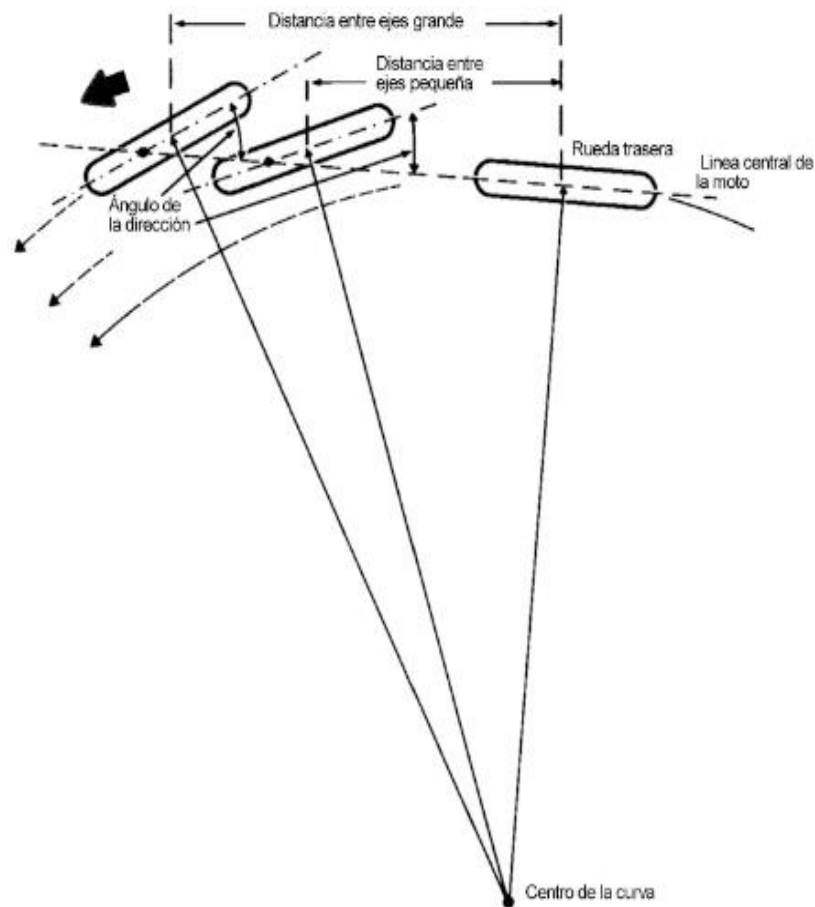


Figura 35. Giro de la moto
Fuente: (Foale, 2003)

Lo relevante:

- Existe gran estabilidad en recta cuando hay mayor distancia entre ejes.
- Existe poca estabilidad en recta cuando hay una distancia corta entre ejes.

2.5. Antropometría

2.5.1. Definición

El término según Valero (2014) proviene del griego anthropos (hombre) y metrikos (medida), consiste en el estudio cuantitativo de los rasgos físicos del hombre.

En la antigüedad los egipcios para conocer las proporciones y las medidas del cuerpo humano utilizaban una fórmula fija, cumpliendo con normas estrictas. (Valero, 2014)

2.5.2. Antropometría estática y dinámica

La antropometría, en la cual el objeto de medición son las dimensiones estáticas, se denomina antropometría estática o estructural, es decir, aquellas que se registran con el cuerpo en una posición inmóvil y especificada, como se ve en la figura 36. Sin embargo, ser humano se encuentra normalmente en movimiento, a partir de esto es que se produce la antropometría dinámica o funcional, cuyo objetivo es medir las dimensiones dinámicas, que son aquellas medidas efectuadas a partir del movimiento relacionado a ciertas actividades. (Valero, 2014)

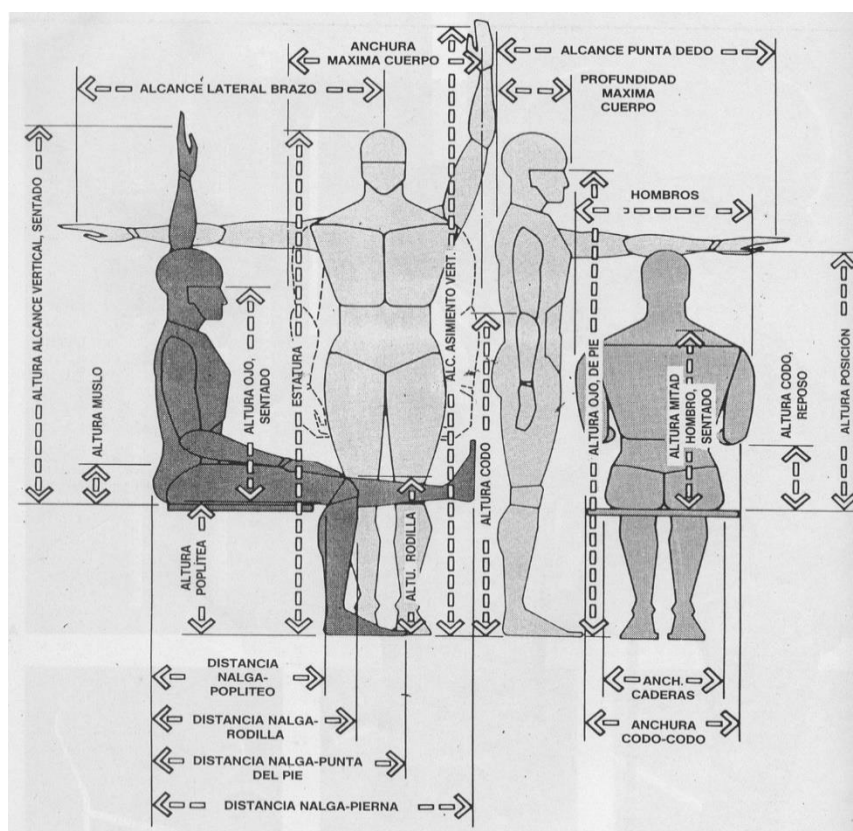


Figura 36. Principales medidas antropométricas

Fuente: (Valero, 2014)

Es importante conocer las dimensiones estáticas, del mobiliario y herramientas para el diseño de los puestos de trabajo, porque permite fijar las distancias oportunas entre el cuerpo y el entorno. Las dimensiones estructurales de los distintos segmentos del cuerpo son tomadas de las personas estando en posturas estáticas, que se normalizan sentado o de pie. (Valero, 2014)

De acuerdo a lo que se esté diseñando, del cuerpo humano pueden adquirirse gran número de datos antropométricos estáticos diferentes que pueden ser necesarios. En la figura 36 se pueden observar algunas de las medidas antropométricas más comunes en el diseño ergonómico de los puestos de trabajo. (Valero, 2014)

Las dimensiones que se registran a partir de las posiciones de trabajo resultantes del movimiento debido a trabajos especificados, son las dimensiones dinámicas o funcionales. Para esto se tiene en cuenta el análisis de las articulaciones que proporciona conocer la función y los posibles movimientos de las mismas, para hacer una valoración de la capacidad de la dinámica articular. (Valero, 2014)

Valero (2014) afirma que las variables antropométricas son medidas lineales:

- Altura, tiene que ver con la distancia vinculada desde un punto referencial con la persona en una postura tipificada.
- Longitudes, que involucra la distancia entre dos puntos referenciales diferentes.
- Curvas o arcos, implica la distancia existente sobre la superficie del cuerpo entre dos puntos referenciales.
- Perímetro, tiene que ver con las medidas de curvas cerradas.
- Además, se puede hacer medición del espesor de los pliegues de la piel o por inmersión del agua calcular los volúmenes.

Algunas de las variables antropométricas son las siguientes:

- Alcance hacia adelante (hasta el puño, con el sujeto de pie, erguido, contra una pared).

- Estatura (distancia vertical del suelo al verter).
- Altura de los hombros (del suelo al acromion).
- Altura de la punta de los dedos.
- Anchura de los hombros (anchura biacromial).
- Anchura de la cadera, de pie (distancia entre caderas).
- Altura sentada (desde el asiento hasta el vértex).
- Altura de los ojos, sentado (desde el asiento hasta el vértice interior del ojo).
- Altura de los hombros, sentado (del asiento al acromion).
- Altura de las rodillas (desde el apoyo de los pies hasta la superficie superior del muslo).
- Longitud de la parte inferior de la pierna (altura de la superficie de asiento).
- Longitud del antebrazo (de la parte posterior del codo doblado aleje del puño).
- Profundidad del cuerpo, sentado (profundidad del asiento).
- Longitud de rodilla-nalga (desde la rótula hasta el punto más posterior de la nalga).
- Distancia entre codos (distancia entre las superficies laterales de ambos codos).
- Anchura de cadera, sentado (anchura del asiento).
- Anchura del pie.

2.5.3. Equipos de medida

De acuerdo a Valero (2014), se hace uso de diferentes implementos de acuerdo a lo que se desea medir, entre los que se utilizan más se encuentran: la cinta antropométrica, el goniómetro, el antropómetro, calibres y pie de rey, entre otros.

Valero (2014), hace referencia a que el antropómetro es una escala de medición con dos ramas, la que está fija y la que se mueve, es utilizado para realizar la medición de dimensiones lineales, mide diámetros haciendo los acoples reglamentarios. Otro instrumento que tiene características similares es el calibre o pie de rey, pero se utiliza para medir dimensiones pequeñas como espesor, grosor, distancias entre puntos. Haciendo acoples con otras piezas se puede hacer la medición de profundidades y

dimensiones internas. Para hacer la medición de panículo adiposo se utiliza el compás de pliegues cutáneos (plicómetro).

2.5.4. Percentiles de la población ecuatoriana

- **Estandarización:**

Permite el entrenamiento para usar técnicas e instrumentos, que faciliten la utilización de criterios uniformes para la recolección de información que permita la reducción de los errores en el proceso (NIEER, 2016)

Este proceso permite la optimización de las mediciones, a través de un entrenamiento que mediante la repetición logre minimizar o desaparecer los errores sistemáticos al realizar la medición. (NIEER, 2016)

- **Capacidad máxima:**

Es el valor mayor alcanzado en centímetros o kilogramos obtenido en un instrumento, ajustado a la medición que se necesite. En la selección del equipo, se debe considerar que las características cumplan con los criterios de evaluación. (NIEER, 2016)

- **Precisión:**

Conocida también como sensibilidad, “es la máxima desagregación de la escala de medición del equipo”. (NIEER, 2016, pág. 2)

- **Tamaño de la superficie de medición:**

Está vinculado con las dimensiones máximas de los individuos que van a recibir la medición. Para garantizar que las mediciones sean confiables, el individuo debe colocarse de forma cómoda en la plataforma de la balanza, que minimiza las dificultades y los errores en la manipulación del instrumento. (NIEER, 2016)

- **Funcionalidad y transporte:**

Hay que tener en consideración que los equipos cumplan con las características reglamentarias y estén aptos para adaptarse a las condiciones laborales, en especial, los utilizados en campos difíciles por los escenarios que presentan. (NIEER, 2016)

En la tabla 4 se realiza la presentación de las medidas antropométricas del cuerpo humano que son necesarios para realizar el diseño de un puesto de trabajo. Estas medidas son del hombre promedio ecuatoriano. Estas medidas están valoradas en un percentil 50, lo que quiere decir que una persona que está dentro de este percentil mide lo mismo que el 50% de las personas de su misma edad y género.

Tabla 4
Medidas antropométricas

No.	Medidas antropométricas de hombres	50o (cm)
1	Altura normal	172.39
2	Altura posición sentado normal	89.91
3	Altura posición sentado relajado	88.09
4	Altura de la rodilla	52.39
5	Altura a la poplítea	41.45
6	Altura del codo en posición sentado	23.22
7	Grosor del muslo	13.20
8	Longitud glúteo - rodilla	57.11
9	Longitud glúteo – poplítea	46.36
10	Longitud codo a codo posición sentado	44.70
11	Ancho de caderas posición sentado	35.62
12	Longitud hombro – codo	36.32
13	Longitud codo - mano	46.08

Fuente: (Lema, 2013).

2.6. Esfuerzos estáticos

2.6.1. Esfuerzos de torsión

Mott (2006) dice que el estudio de esfuerzos de torsión en un eje redondo macizo es sometido a un par de torsión, sufriendo la superficie externa la máxima deformación cortante unitaria y, por consiguiente, el máximo esfuerzo cortante torsional.

$$\tau_{max} = \frac{Tc}{J}$$

Ecuación 1. Esfuerzo cortante torsional

Fuente: (Mott, 2006)

Donde

c = radio de la superficie externa

J = momento polar de inercia.

Para calcular T se determina la siguiente ecuación

$$\tau_{max} = \frac{P}{n}$$

Ecuación 2. Esfuerzo cortante torsional

Fuente: (Mott, 2006)

Donde:

P = Potencia

n = Velocidad de giro

2.6.2. Esfuerzo cortante

Shigley (2008) plantea que la mayoría de las vigas presentan momentos flexionantes y fuerzas cortantes. Pero existen momentos en que se presentan vigas con fuerza cortante igual a cero, es decir, que están sujetas a una flexión pura.

$$\tau = \frac{VQ}{Ib}$$

Ecuación 3. Esfuerzos cortantes en vigas de flexión

Fuente:(Shigley, 2008)

Donde:

V = Fuerza cortante máxima [N]

Q = Primer momento con respecto al eje centroidal del área de sección [m³]

I = Momento de inercia de la sección transversal de la viga [m⁴]

b = Espesor del perfil donde se va a calcular el esfuerzo cortante [m]

Para calcular Q se determina la siguiente ecuación.

$$Q = A_p * \bar{y}$$

Ecuación 4. Primer momento al eje centroidal

Fuente: (Mott, 2006)

Donde:

A_p = Área de la sección superior donde se coloca el esfuerzo [m²]

\bar{y} = Distancia del eje neutro de la sección al centroide de A_p [m]

En la figura 37 se observa las fórmulas de esfuerzos cortantes de acuerdo al tipo de viga que se quiera analizar.





Forma de la viga	Fórmula	Forma de la viga	Fórmula
 Rectangular	$\tau_{\text{máx}} = \frac{3V}{2A}$	 Circular hueca con pared delgada	$\tau_{\text{máx}} = \frac{2V}{A}$
 Circular	$\tau_{\text{máx}} = \frac{4V}{3A}$	 Viga I estructural (con pared delgada)	$\tau_{\text{máx}} = \frac{V}{A_{\text{Alma}}}$

Figura 37. Fórmula esfuerzo cortante

Fuente:(Shigley, 2008)

2.6.3. Esfuerzo de tensión

Mott (2006) lo define como la resistencia interna que brinda una carga externa aplicada contra una unidad de área de un material.

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Ecuación 5. Esfuerzo directo de tensión

Fuente: (Mott, 2006)

Donde

$F = \text{Fuerza [N]}$

$A = \text{Area [m}^2\text{]}$

2.6.4. Esfuerzos principales

Norton (2011) plantea que según la dirección del sistema de coordenadas seleccionado tendrán una variación los esfuerzos normales y cortantes. Siempre habrá planos sobre los cuales los elementos de esfuerzo cortante sean iguales a cero. Los esfuerzos principales son los esfuerzos normales que actúan sobre los planos.

$$\sigma_a, \sigma_b = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_c = 0$$

Ecuación 6. Esfuerzos principales

Fuente: (Norton, 2011)

Donde:

$\sigma_x = \text{Esfuerzo normal aplicado en el eje x [Pa]}$

$\sigma_y = \text{Esfuerzo normal aplicado en el eje y [Pa]}$

$\tau_{xy} = \text{Esfuerzo cortante en la direccion xy [Pa]}$

2.6.5 Esfuerzos efectivo de Von Misses

Norton (2011) lo define como el esfuerzo de tensión uniaxial que genera la misma energía de distorsión que la combinación real de los esfuerzos aplicados.

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2}$$

Ecuación 7. Esfuerzos efectivos de Von Misses

Fuente: (Norton, 2011)

2.6.6 Factor de diseño

Es conveniente la inclusión del factor de seguridad N en los cálculos, para efectos del diseño, de manera que sea seguro el estado de esfuerzos dentro de la elipse de falla esfuerzo que se describe en la figura 38. (Norton, 2011)

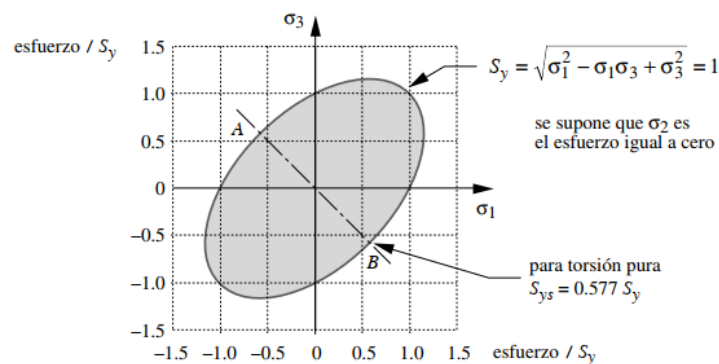


Figura 38. Eclipse de falla

Fuente: (Norton, 2011)

$$N = \frac{S_Y}{\sigma'}$$

Ecuación 8. Factor de seguridad

Fuente: (Norton, 2011)

2.7. Fuerzas dinámicas

2.7.1. Fuerza de aceleración

Johnston (2010), plantea que cuando una partícula se encuentra en movimiento rectilíneo se mueve a lo largo de una línea recta. En cualquier instante dado t , la partícula ocupará cierta posición sobre la línea recta.

El movimiento rectilíneo uniformemente acelerado es otro tipo común de movimiento. En éste, la aceleración a de la partícula es constante. (Johnston, 2010)

$$v = v_o + a * t$$

Ecuación 9. Velocidad en MRUV

Fuente: (Johnston, 2010)

Donde:

$v =$ Velocidad de un cuerpo en un instante dado $\left[\frac{m}{s}\right]$

$v_o =$ Velocidad inicial $\left[\frac{m}{s}\right]$

$a =$ Aceleración $\left[\frac{m}{s^2}\right]$

$t =$ El intervalo de tiempo estudiado [s]

2.7.2. Aceleración por tracción

Se tiene la consideración la aceleración de la motocicleta despreciando la fuerza de rodadura, la fuerza de aceleración viene dada por la siguiente formula.

$$S = m * x'' + F_D$$

Ecuación 10. Aceleración por tracción

Fuente: (Ruiz Lara, 2012)

Donde:

S = Fuerza de aceleración

F_D = Fuerza Aerodinámica que se opone al avance

m = masa equivalente

Asumiendo que el motor proporciona la potencia adecuada, la fuerza de aceleración debe ser menor o al menos igual al producto del coeficiente de adherencia y la carga vertical N . (Ruiz Lara, 2012)

$$S \leq \mu_p * N_r$$

Ecuación 11. Fuerza de aceleración

Fuente: (Ruiz Lara, 2012)

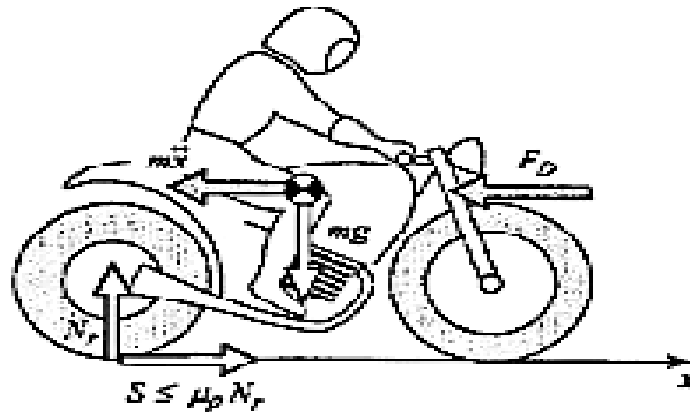


Figura 39. Equilibrio de fuerzas en tracción

Fuente: (Ruiz Lara, 2012)

2.7.3. Fuerza de frenado

Para evaluar el rol del freno trasero bajo limitante de deslizamiento se debe tener en cuenta algunos aspectos. Durante la desaceleración la carga en la rueda delantera aumenta, mientras la carga de la rueda trasera disminuye, por lo que se deduce que ocurre una transferencia de cargas desde la rueda trasera a la rueda delantera. Si consideramos la motocicleta en fase de frenada y aplicamos las leyes de Newton,

podemos calcular la transferencia de carga de la rueda trasera a la delantera. (Ruiz Lara, 2012)

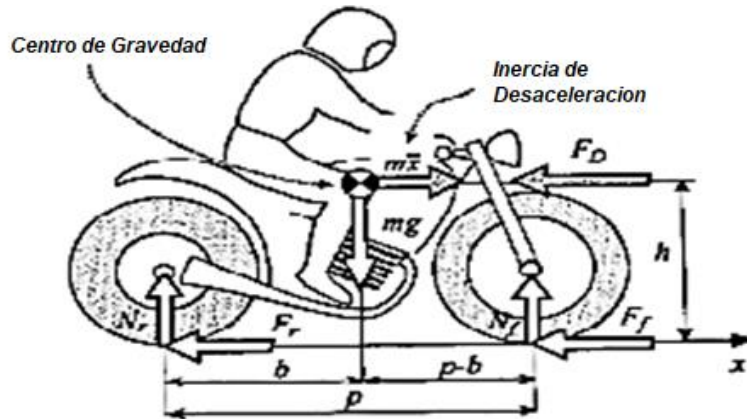


Figura 40. Equilibrio de fuerzas de frenado
Fuente: (Ruiz Lara, 2012)

Se tienen tres ecuaciones debidas a al equilibrio de las fuerzas horizontales y verticales y al equilibrio de momentos alrededor del centro de gravedad: (Ruiz Lara, 2012)

$$\sum F_x = 0$$

$$m * x'' - F_f - F_r = 0$$

Ecuación 12. Sumatoria de fuerzas en x
Fuente: (Ruiz Lara, 2012)

Donde:

F_f = fuerza frontal

F_r = fuerza posterior

$$\sum F_y = 0$$

$$m * g - N_f - N_r = 0$$

Ecuación 13. Sumatoria de fuerzas en y
Fuente: (Ruiz Lara, 2012)

$$\sum M_{CG} = 0$$

$$-F * h - N_r * b + N_f * (p - b) = 0$$

Ecuación 14. Momentos respecto al centro de gravedad
Fuente: (Ruiz Lara, 2012)

La carga dinámica trasera sin embargo será la diferencia entre la carga estática y la transferencia de carga. Fuente: (Ruiz Lara, 2012, pág. 70)

$$N_f = m * g * \frac{b}{p} + F * \frac{h}{p}$$

$$N_r = m * g * \frac{p - b}{p} - F * \frac{h}{p}$$

Ecuación 15. Ecuaciones de carga dinámica trasera
Fuente: (Ruiz Lara, 2012)

Se observa como la transferencia de carga Fh/p es proporcional la fuerza de frenado total y la altura del centro de gravedad, y es inversamente proporcional a la batalla. Para evitar que el neumático deslice en la frenada, la fuerza que se aplique en la frenada no debe exceder el producto de la carga dinámica que actúa en el neumático multiplicado por el coeficiente de adherencia. Este producto representa la frenada máxima aplicable en el neumático, que será la fuerza de frenada en el límite de empezar a deslizar. (Ruiz Lara, 2012)

$$F = F_f - F_r$$

$$F = u * (N_f - N_r)$$

$$F = u * m * g$$

Ecuación 16. Fuerza de frenado máxima
Fuente: (Ruiz Lara, 2012)

2.7.4 Fuerza lateral

Las motocicletas están expuestas a diferentes tipos de curvas, “donde cualquier movimiento en un camino curvo, se representa como un movimiento acelerado, por lo cual requiere de una fuerza dirigida al centro de curvatura o más conocida como fuerza centrípeta” para ello tenemos. (Coronado, 2015)

$$F_c = m * \frac{v^2}{r}$$

Ecuación 17. Fuerza centrípeta

Fuente: (Coronado, 2015)

Donde:

$m = \text{Masa del Cuerpo [Kg]}$

$m = \text{Velocidad } \left[\frac{m}{s^2} \right]$

$r = \text{Radio de curvatura [m]}$

2.8. Ensayos de materiales

2.8.1. Selección de materiales

Para seleccionar el material Mott (2006), plantea que se debe tener claridad de los requisitos y funciones del diseño del producto y del elemento particular. Entonces, el diseñador debe considerar interrelaciones como las siguientes.

- Las funciones del componente.
- La forma del componente.
- El material con el cual se debe fabricar el componente.
- El proceso de manufactura usado para producir el componente.

Se deben detallar los requisitos generales de funcionamiento del componente. Ellos se incluyen, por ejemplo.

- La naturaleza de las fuerzas aplicadas al componente.
- Los tipos y magnitudes de los esfuerzos creados por la fuerza aplicada.
- La deformación admisible del componente en sus puntos críticos.
- Las conexiones con otros componentes del producto.
- El ambiente en el que debe funcionar el componente.
- El tamaño físico y el peso del componente.
- Factores estéticos que se esperan del componente y del producto en general.
- Las metas de costos del producto en su totalidad, y del componente particular.
- Anticipar los procesos de manufactura disponibles.

Una vez que se haya tomado en cuenta las consideraciones anteriores se procede a la investigación de los materiales que se usan para construir un bastidor. (Mott, 2006)

2.8.2. Acero

Consiste en mezclar carbono por debajo del 2% con hierro. Cuando el porcentaje de carbono supera el 2%, en la fundición surge hierro simple o hierro dulce. La diferencia radica en que los aceros son fáciles de deformar en caliente por la ductilidad, bien sea por laminación, extrusión o forja, mientras que cuando se funden, la fabricación es a través del moldeo. Por ello se conoce el acero como hierro forjable y a la fundición hierro colado, por las distintas técnicas de procesar el material. (García, 2012)

2.8.3. Aluminio

Es un metal, con aspecto gris plateado, que es ligero y blando, pero con resistencia. Tiene una densidad aproximada a la de un tercio de la del cobre o el acero, es dúctil, flexible y apto para la fundición y el mecanizado. (García, 2012)

El elevado calor de oxidación permite que se forme de manera rápida al aire una capa fina de óxido impermeable superficial y adherente, que permite que se detenga el proceso de oxidación, haciéndolo duradero y resistente a la corrosión. (García, 2012)

Las mezclas de aluminio más acordes para realizar soldaduras son con el manganeso o con el magnesio. La más utilizada es la Al-ZnMg, que amerita un delicado proceso de soldadura, aunque posee una recuperación de la zona térmicamente alterada del 90%. (García, 2012)

2.8.4. Titanio

Es un metal fuerte, ligero, con aspecto blanco metalizado y brillante, de baja densidad, cuando está puro. Es resistente a la corrosión. Sus propiedades mecánicas son muy buenas y al compararlo con metales con características similares tiene como ventaja que es relativamente ligero. (García, 2012)

Dejó de ser un metal utilizado solo en el área aeronáutica, desde hace algunos años comenzó a tener uso en chasis. Con variaciones importantes en las mezclas utilizadas en el pasado con respecto a las actuales. En los inicios comenzaron a fabricar chasis tubulares utilizando el titanio, que fluctuaban mucho porque el tamaño coincidía con el de los tubos de acero, y el titanio posee la mitad del módulo. Los intentos iniciales fueron un fracaso debido al alto costo, además de los procesos de construcción muy rudimentarios. (García, 2012)

2.8.5. Fibra de carbono

Es un material combinado de plástico reforzado con fibras de carbono o con grafito. Es fuerte, ligero y muy costoso. Los plásticos normalmente utilizados son el epoxy, el vinilester o el poliéster, siendo el primero el de mayor uso. La fibra de carbono posee una densidad de 1.750 kg/m³. Tiene baja conductividad térmica y es conductor eléctrico. Cuando se calienta se hace más corto y grueso el filamento de carbono. (García, 2012)

CAPÍTULO III

DISEÑO DEL BASTIDOR

3.1. Consideraciones generales de diseño

Bajo las consideraciones de aceleración y frenado se establecen los siguientes parámetros: distancias entre ejes, altura del centro de gravedad, peso de la motocicleta y peso del piloto, detallados en la tabla 5.

Tabla 5
Características de las Motocicletas

Parámetros		
Moto GP: YAMAHA YZR – M1	Moto 2: Honda RC213V	Deportiva: KTM DUKE
		
Características		
Distancia entre ejes: 1.405 m	Distancia entre ejes: 1.220 m	Distancia entre ejes: 1.361 m
Peso de la moto: 87 Kg	Peso de la motocicleta: 79 kg	Peso de la motocicleta: 125 Kg
Peso del piloto: 70 Kg	Peso del piloto: 70 kg	Peso del piloto: 70 Kg
Centro de gravedad: 0.85m	Centro de gravedad: 0.79	Centro de gravedad: 0.81m
Motor: 1000cc	Motor: 250cc	Motor: 200cc

CONCLUSIÓN: Tomando en cuenta su estructura, así como su amplia fiabilidad y eficiencia en motocicletas de competición, de acuerdo a Tony Foale una motocicleta con una menor distancias entre ejes tiene mayor maniobrabilidad. Se escoge las características de moto 2 porque se va a partir de una moto deportiva con preparación específica para competencia.

3.2. Diseño geométrico

Las consideraciones geométricas en la estructura tienen como respuesta un cambio en el comportamiento y rendimiento de la motocicleta, por ese motivo se va a estudiar los factores que inciden en estos cambios, ya que cada aspecto geométrico depende del otro, por esta razón, los factores geométricos son: avance, distancia entre ejes y ángulo de lanzamiento. (Figura 41).

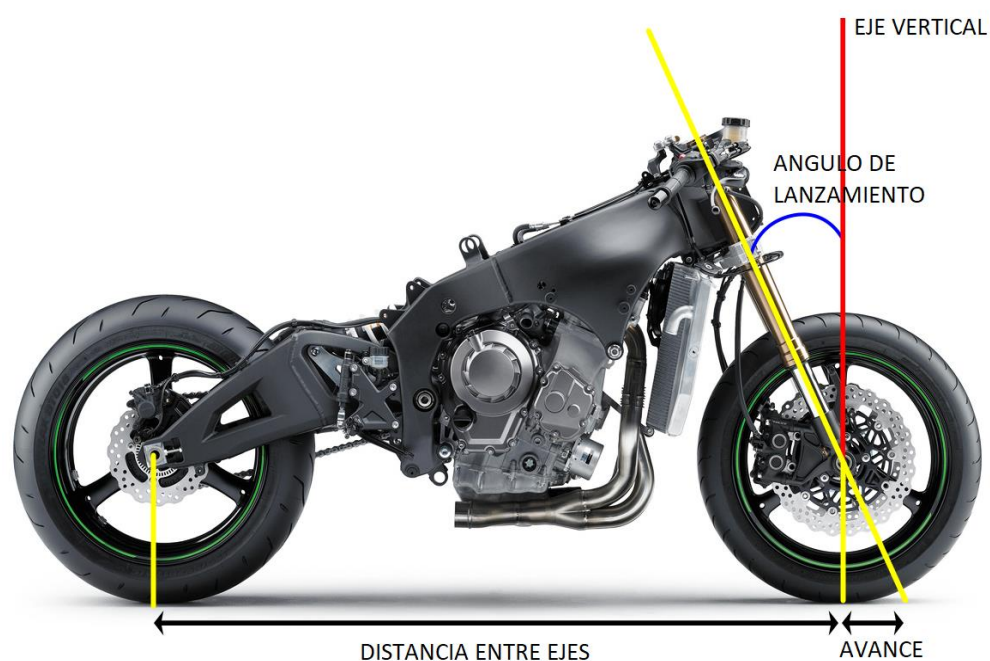


Figura 41. Geometría de una motocicleta

3.2.1. Parámetros geométricos

Avance

Es la distancia que existe entre la huella del neumático y el eje de la dirección medida a ras del suelo, de tal manera que da estabilidad direccional al tomar una curva. El avance en motocicletas de competencia de acuerdo a Foale (2003), posee una distancia entre 50 mm y 100 mm, el prototipo posee un avance de 60 mm.

Distancia entre ejes

Es la distancia entre centros de las ruedas delantera y posterior, mientras menor sea la distancia del eje delantero al eje trasero, existe una mejor maniobrabilidad de la motocicleta en las curvas. Considerando que según Tony Foale (2003), la distancia entre ejes para motocicletas de competencia está entre los 1270 mm y 1400 mm. La distancia entre ejes del prototipo es de 1330mm, con un rango de regulación de cadena de 40mm.

Angulo de lanzamiento

El ángulo que se forma entre la pipa de la dirección y la normal de la rueda es llamado lanzamiento. De acuerdo a Tony Foale en motocicletas deportivas y de competición es habitual un ángulo que varía entre 20 y 23 grados, para lo cual se propone un ángulo de lanzamiento de 23 grados en este prototipo.

3.3. Modelamiento del bastidor

El modelamiento del bastidor será parte importante para un buen desempeño de la motocicleta, ya que de un diseño óptimo del bastidor dependerán las características de la motocicleta en pista.

3.3.1. Diseño conceptual del chasis

Después de haber investigado sobre los tipos de chasis existentes y sus características y prestaciones, se procederá a la selección del tipo y material en el cual será fabricado nuestro prototipo, tomando en cuenta las necesidades y requerimientos para llegar a nuestro objetivo.

Para la selección del tipo de chasis y el material se realiza una matriz de selección, en la cual se comparan diferentes características para conocer cual cumple con los requerimientos necesarios. La puntuación para cada característica estará evaluada como se describe en la tabla 6.

Tabla 6
Valoraciones

Valoración	Puntuación
Buena	3
Regular	2
Mala	1

En la selección del material se pondrá a consideración los siguientes: acero, aluminio, titanio y fibra de carbono. A estos materiales se los valorara de acuerdo a sus características: peso, rigidez, resistencia, costo y accesibilidad. Estos serán evaluados en la Tabla 7.



Tabla 7
Característica de los materiales y valoración

Material	Peso	Rigidez	Resistencia	Costo	Accesibilidad	Puntuación
Acero	1	3	3	3	3	13
Aluminio	3	2	3	1	1	10
Titanio	2	3	3	1	1	10
Fibra de carbono	3	1	2	1	2	9

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 7, donde se realizó el respectivo análisis a los materiales presentados como opciones, se determinó que el material a usar será el acero, el cual logro una puntuación de 13p. El acero presenta una gran dureza, resistencia y rigidez, características que son básicas para el diseño del chasis. Además, el acero, a diferencia de los otros materiales, en la industria nacional tiene un costo bajo y no se dificulta su adquisición. La única desventaja de este material es el peso, ya que posee mayor peso en relación a los materiales analizados. Para contrarrestar esta desventaja se tendrá que realizar un diseño optimizado del chasis, el cual permita un menor uso de material.

Una vez determinado el material de fabricación, procederemos con la elección del tipo de chasis, en el cual se pondrán como opciones el chasis tubular y el chasis de doble viga. La tabla 8 consta con las características, ventajas y desventajas de cada tipo de chasis.

Tabla 8*Características del chasis tubular y doble viga*

Chasis			
Opción 1: Tubular		Opción 2: Doble viga	
			
Características			
Formado por la unión de tubos Forman una red de largueros y travesaños alrededor del motor Fabricado con tubos de acero		Formado por dos vigas. Las vigas abrazan perimetralmente al motor. Suelen ser forjados en Aluminio y aleaciones.	
Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
Fácil construcción y accesibilidad de materiales. Presenta una buena rigidez Costo de fabricación bajo	Presentan un peso elevado que disminuye la eficiencia de la moto	Tiene un menor peso. Presenta una buena rigidez	Dificultad al momento de su construcción. Costo de fabricación muy elevado

A estos 2 tipos de chasis seleccionados se los evaluó de acuerdo a sus características: rigidez, deformación, peso, fabricación y costo. Esta valoración se presenta en la tabla 9.

Tabla 9*Valoración de los tipos de chasis: tubular y doble viga*

Chasis	Rigidez	Deformación	Peso	Fabricación	Costo	Puntuación
Tubular	3	3	2	3	2	13
Doble viga	3	3	3	2	1	12

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 9, donde se realizó el análisis de los dos de chasis, se determinó que se va a utilizar el de tipo tubular para el diseño de nuestra motocicleta. Este tipo de chasis cuenta con una gran eficacia y fiabilidad, ya que, debido

a su rigidez y resistencia, cumple con los requerimientos de un chasis de motocicleta de competición.

3.4. Análisis matemáticos iniciales

Para iniciar el análisis del bastidor, se establece parámetros principales como son: el peso y la geometría de la motocicleta.

En este apartado se va a establecer los parámetros y fuerzas para realizar los cálculos de esfuerzos de corte y tensión que van a ser aplicados en la motocicleta en distintas situaciones a las cuales será sometida como: aceleración, frenado y paso por curva, obteniendo datos que van a tener un aspecto decisivo en el prototipo para su posterior desarrollo.

Dentro del peso total se encuentra las cargas vivas y las cargas muertas las cuales vamos a determinar a continuación para empezar el análisis estático del bastidor.

3.4.1. Cargas muertas

Respecto al diseño realizado las cargas muertas son aquellas que no varían su masa y se detallan en la tabla 10, especificando la masa de cada una, para su posterior cálculo.

Tabla 10
Masa de las cargas muertas

Componentes	Valor (Kg)
Bastidor	37.00
Basculante	21.40
Carenado	6.00
Sistema de frenos	5.00
Motor de combustión interna	35.00
Suspensión delantera	25.00
Suspensión posterior	5.00
Sistema eléctrico	8.00
Accesorios	15.00
Total	131.40

Fuerza generada por la carga muerta

Para el cálculo de la fuerza generada por las cargas muertas presente en la motocicleta se utiliza la ecuación 18.

$$F_{cm} = m_{cm} * a$$

Ecuación 18. Fuerza de la carga muerta

Donde:

F_{cm} = fuerza de carga muerta

m_{cm} = Masa de carga muerta

a = aceleracion gravitacional

Datos:

$m_{cm} = 131.4Kg$ (Valor obtenido en la tabla 10)

$a = 9.81 m/s^2$

Reemplazando los datos en la ecuación 18:

$$F_{cm} = 131.4 * 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$F_{cm} = 1289.03N$$

3.4.2. Cargas vivas

Son todas las fuerzas presentes en la motocicleta que son variables en su masa y cambian de posición, las cuales se detallan en la tabla 11.

Tabla 11
Masa de las cargas vivas

Dato	Valor (kg)
Masa del piloto	70
Masa combustible	5
Total	75

Fuerza generada por la carga viva

Para el cálculo de la fuerza generada por las cargas vivas presente en la motocicleta se utiliza la ecuación 19.

$$F_{cv} = m_{cv} * a$$

Ecuación 19. Fuerza de la carga viva

Donde:

F_{cv} = fuerza de carga viva

m_{cv} = Masa de carga viva

a = aceleración gravitacional

Datos:

$m_{cv} = 75kg$ (Valor obtenido en la tabla 11)

$$a = 9.81 \frac{m}{s^2}$$

Reemplazando los datos en la ecuación 19:

$$F_{cv} = 75kg * 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$F_{cv} = 735.75N$$

3.4.3. Peso total de la motocicleta

En la tabla 12 se detalla la sumatorio total de las masas de las cargas vivas y las cargas muertas para obtener la masa total de la motocicleta.

Tabla 12*Masa total de la motocicleta*

Dato	Valor (kg)
Masa motocicleta	131.4
Masa piloto	70.0
Masa combustible	5.0
Masa total	206.4

Para calcular el peso total de la motocicleta se utiliza la ecuación 20.

$$W = m_t * g$$

Ecuación 20. Ecuación de Peso

Donde:

$W = \text{peso}$

$m_t = \text{masa total}$

$g = \text{gravedad}$

Datos:

$m_t = 206.4 \text{Kg}$ (Valor obtenido en la tabla 12)

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$

Reemplazando los datos en la ecuación 20:

$$W = 206.4 \text{kg} \times (9.81 \text{ m/s}^2)$$

$$W = 2024.78 \text{ N}$$

3.4.4. Distancias de la motocicleta respecto al centro de gravedad

Las distancias del centro de gravedad hacia los ejes de la motocicleta, que se pueden observar en la tabla 13, fueron obtenidos mediante software.

Tabla 13*Distancia del centro de gravedad*

Longitudes	Valor (mm)
Distancia entre ejes	1330
Distancia entre el CG al eje posterior	724
Distancia entre el CG al eje delantero	606

3.4.5. Cálculos de la fuerza total de aplicación en la motocicleta

Se efectúa la sumatoria de fuerzas de cargas vivas como de cargas muertas para obtener una fuerza total, luego se determina el porcentaje de aplicación de fuerzas de acuerdo la distancia entre ejes.

$$F_T = F_{cv} + F_{cm}$$

Ecuación 21. Fuerza total

Donde:

 $F_T = \text{Fuerza total}$ $F_{cv} = \text{fuerza de carga viva}$ $F_{cm} = \text{fuerza de carga muerta}$

Datos:

 $F_{cm} = 1289.03N$ (Valor obtenido con la ecuación 18) $F_{cv} = 735.75N$ (Valor obtenido con la ecuación 19)

Reemplazando los datos en la ecuación 21:

 $F_T = 735.75N + 1289.03N$ $F_T = 2024.74N$

3.4.5. Porcentaje de aplicación de las fuerzas y peso de la motocicleta a los ejes

Se debe realizar el cálculo de en qué porcentaje se dividirá las fuerzas y el peso total de la motocicleta hacia los dos ejes, delantero y posterior.

Cálculo del porcentaje de aplicación del eje delantero

En este apartado se procederá a calcular el porcentaje de aplicación que tendrá el peso de la motocicleta sobre el eje delantero.

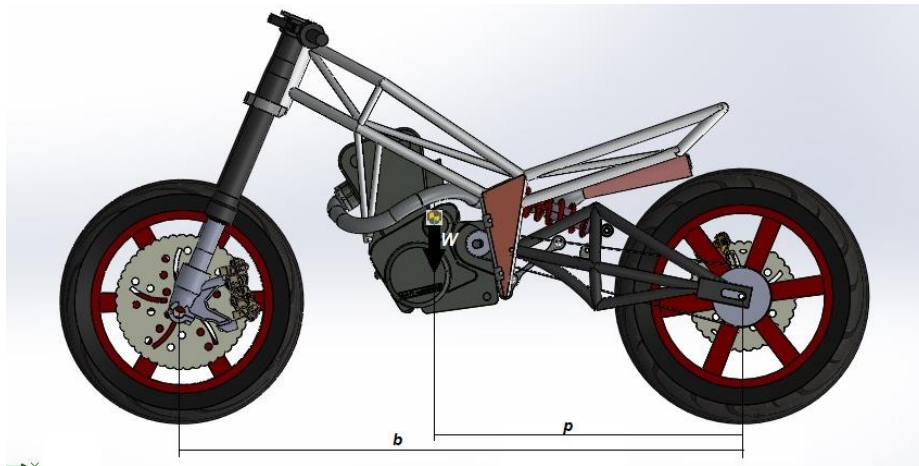


Figura 42 Distancia entre ejes y al centro de gravedad

El porcentaje de aplicación al eje delantero se calculará mediante la ecuación 22.

$$\%R_f = \frac{b}{p} * 100\%$$

Ecuación 22. Porcentaje de aplicación al eje delantero

Donde:

$\%R_f$ = porcentaje de aplicación de fuerza delantera.

b = Distancia del CG al eje delantero con peso (mm)

p = Distancias entre ejes (mm)

Datos:

$b = 724 \text{ mm}$ (Valor obtenido en la tabla 13)

$p = 1330 \text{ mm}$ (Valor obtenido en la tabla 13)

Reemplazando los datos en la ecuación 22:

$$\%R_f = \frac{724 \text{ mm}}{1330 \text{ mm}} * 100\%$$

$$\%R_f = 54.367 \%$$

Cálculo del porcentaje de aplicación del eje posterior

En este apartado se procederá a calcular el porcentaje de aplicación que tendrá el peso de la motocicleta sobre el eje trasero.

El porcentaje de aplicación al eje delantero se calculará mediante la ecuación 23.

$$\%R_p = \frac{p - b}{p} * 100\%$$

Ecuación 23. Porcentaje de aplicación al eje delantero

Donde:

$\%R_p =$ porcentaje de aplicación de fuerza posterior.

$b =$ Distancia del CG al eje delantero con peso (mm)

$p =$ Distancias entre ejes (mm)

Datos:

$b = 724 \text{ mm}$ (Valor obtenido en la tabla 13)

$p = 1330 \text{ mm}$ (Valor obtenido en la tabla 13)

Reemplazando datos:

$$\%R_p = \frac{1330 \text{ mm} - 724 \text{ mm}}{1330 \text{ mm}} * 100\%$$

$$\%R_p = 45.633 \%$$

3.4.6. Fuerzas de aplicación a los ejes

Con los valores obtenidos del porcentaje de aplicación a cada eje, ahora se procede a calcular el valor de las fuerzas aplicado a cada eje.

Cálculo de la fuerza de aplicación del eje posterior

Con el porcentaje de aplicación en el eje posterior, ahora se calcula la fuerza de aplicación a este eje. (Figura 43).

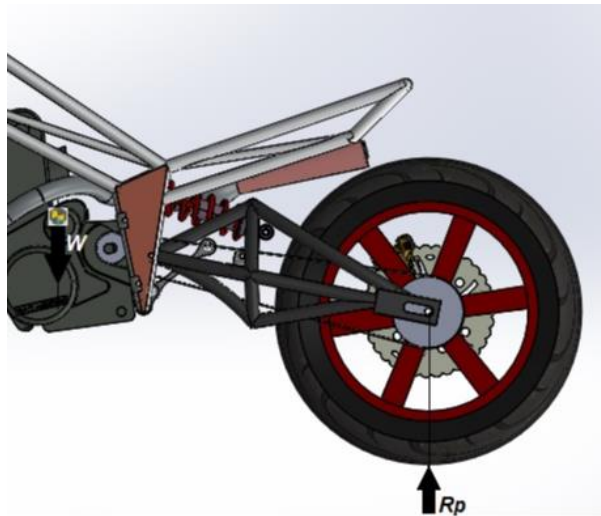


Figura 43. Fuerza en el eje posterior

Para calcular la fuerza posterior se usará la ecuación 24.

$$R_p = \frac{\%R_p * W}{100\%}$$

Ecuación 24. Fuerza en el eje posterior

Donde:

$\%R_p = \text{Porcentaje de aplicacion de fuerza posterior.}$

$W = \text{Peso total}$

Datos:

$\%R_p = 45.633\%$ (Valor obtenido con la ecuación 23)

$W = 2024,78$ (Valor obtenido con la ecuación 20)

Reemplazando los datos en la ecuación 24.

$$R_p = \frac{45.633\% * 2024.78N}{100\%}$$

$$R_p = 923.96N$$

Cálculo de la fuerza de aplicación del eje delantero

Con el porcentaje de aplicación en el eje delantero, ahora se calcula la fuerza de aplicación a este eje. (Figura 44)



Figura 44. Fuerza en el eje delantero

Para calcular la fuerza posterior se usará la ecuación 25.

$$R_f = \frac{\%R_f * W}{100\%}$$

Ecuación 25. Fuerza en el eje delantero

Donde:

$\%R_f$ = Porcentaje de aplicacion de fuerza delantero.

W = Peso total

Datos:

$\%R_f$ = 54.36% (Valor obtenido con la ecuación 22)

W = 2024,78 N (Valor obtenido con la ecuación 20)

Reemplazando los datos en la ecuación 25:

$$R_f = \frac{54.36\% * 2024.78N}{100\%}$$

$$R_f = 1100.82N$$

3.4.7. Centro de gravedad

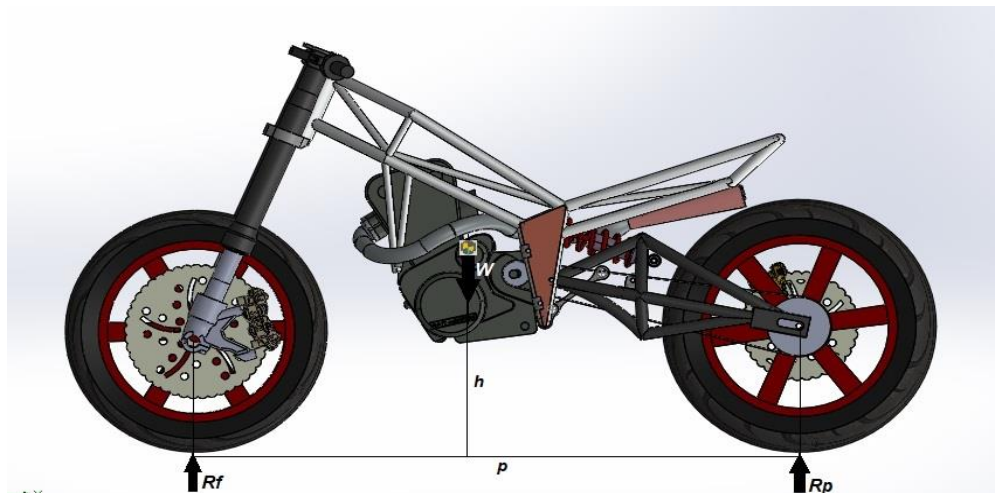


Figura 45. Centro de gravedad

El centro de gravedad (figura 45) será calculado con las siguientes fórmulas:

Distancia en X:

$$x = \frac{R_p * p}{R_p + R_f}$$

Ecuación 26. Ubicación del centro de gravedad

Fuente: (Bradley, 1996)

Donde:

x = distancia del eje delantero al centro de gravedad

R_p = Fuerza normal en la rueda trasera

R_f = Fuerza normal en la rueda delantera

p = distancia entre ejes

Reemplazando datos:

$$x = \frac{923.96 N * 1,330m}{923.96N + 1100.82N}$$

$$x = 0.606m$$

Distancia en Y:

$$y = \frac{R_p * h}{(R_p + R_f) * \sin(\emptyset) * \tan(\emptyset)} - \frac{x}{\tan(\emptyset)} + r_f + \frac{x * (r_p * r_f)}{p}$$

Ecuación 27. Altura del centro de gravedad

Fuente: (Cossalter, 2006)

Donde:

h = altura de la rueda posterior

r_p = radio de la rueda trasera

r_f = radio de la rueda delantera

\emptyset = angulo de desfase entre ejes

Reemplazando datos en la ecuación 27:

$$y = \frac{923.96 N * 0.20m}{(923.96 N + 1100.82N) * \sin(0.15) * \tan(0.15)} - \frac{0.606m}{\tan(0.15)} + 0.5m$$

$$+ \frac{0.606m * (0.5m * 0.5m)}{1.328m}$$

$$y = 0.50m$$

3.5. Análisis del comportamiento del bastidor

3.5.1. Análisis de aceleración máxima

Durante la aceleración, existe una interacción entre las cargas muertas y las cargas vivas calculadas anteriormente.

El piloto tratará de recorrer los 150m de pista en el mínimo tiempo posible (máxima aceleración).



Figura 46. Mejor aceleración
Fuente: (MotoStudent, 2017)

Tabla 14
Registro de velocidad y tiempo

Nº Prueba	Velocidad (km/h)	Tiempo	
		s	h
1	87	9.3	0.155
2	83	9.5	0.158
3	84	8.1	0.135
4	84	8.4	0.141
5	85	7.9	0.132
Promedio	84.6	8.65	0.144

En la tabla 14 se registran los valores obtenidos en la prueba de aceleración.

Mediante la ecuación 9 de la velocidad en MRUV se puede calcular la aceleración de la motocicleta.

$$v = v_o + a * t \text{ (Ecuación 9)}$$

Donde:

$v =$ Velocidad final

$v_o =$ Velocidad inicial

$a =$ aceleración

$t =$ tiempo

Datos

$$v = 84.6 \frac{km}{h} = 23.5 \frac{m}{s}$$

$$v_o = 0m/s$$

Despejando de la ecuación 9, la aceleración (a) y se reemplaza los datos.

$$a = \frac{v - v_o}{t}$$

$$a = \frac{23.5 \frac{m}{s} - 0 \frac{m}{s}}{8,65 s}$$

$$a = 2.71 \frac{m}{s^2}$$

Análisis de las fuerzas que intervienen en la aceleración

Realizando un análisis se puede determinar que las fuerzas que intervienen en la aceleración de la motocicleta, como se puede apreciar en la figura 47, las cuales son los siguientes:

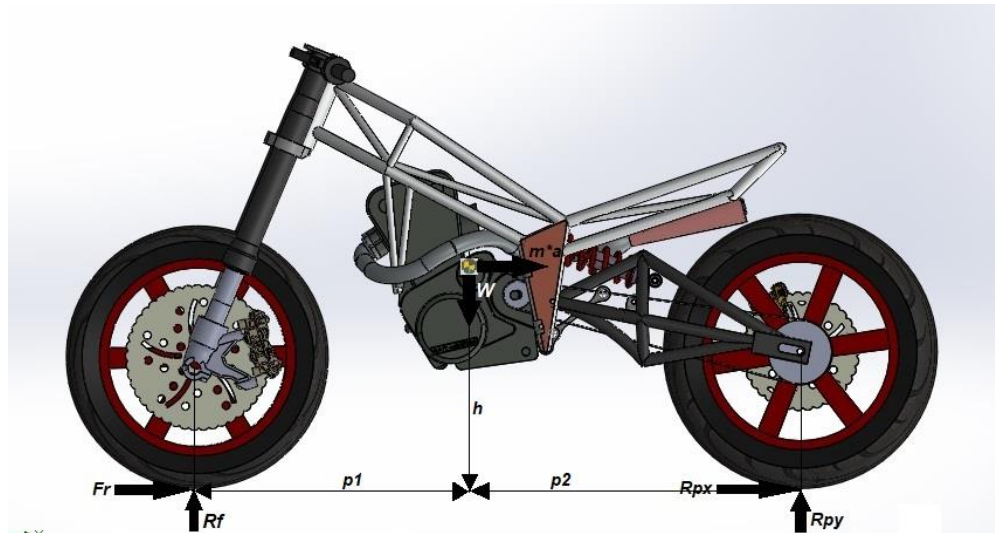


Figura 47. Fuerzas que intervienen en la aceleración

m = Masa total de la motocicleta

g = Gravedad

a = Aceleración

p = distancia entre ejes

p_1 = Distancia al centro de gravedad desde el eje delantero

p_2 = Distancia al centro de gravedad desde el eje posterior

h = Altura del centro de gravedad con respecto al suelo

R_f = Reacción parte frontal de la moto

R_p = Reacción parte posterior de la moto

Sumatoria de momentos en R_p

$$\sum MR_p = 0$$

$$-R_{fy}(p) + (m * g * p_2) - (m * a * h) = 0$$

$$R_{fy} = \frac{(m * g * p_2) - (m * a * h)}{p}$$

$$R_{fy} = \frac{(206.4\text{kg} * 9.92\text{m/s}^2 * 0.724\text{m}) - (206.4\text{kg} * 2.71\text{m/s}^2 * 0.2\text{m})}{1.330\text{m}}$$

$$R_{fy} = 1014.85\text{N}$$

Sumatoria de fuerzas en y

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{fy} + R_{py} - (m * g) = 0$$

$$R_{py} = (m * g) - R_{fy}$$

$$R_{py} = \left(206.4kg * \frac{9.92m}{s^2} \right) - 1014.85N$$

$$R_{py} = 1009.94N$$

Aplicando la segunda ley de Newton

$$R_{px} = (m * a)$$

$$R_{px} = \left(206.5kg * \frac{2.71m}{s^2} \right)$$

$$R_{px} = 560.74N$$

Se calcula la fuerza de rozamiento con la ecuación 28.

$$F_r = R_{fy} * \mu$$

Fuerza de rozamiento

Según Robinson el coeficiente de rozamiento es $\mu = 1$ para neumático deportivo en pista seca.

Reemplazando datos en la ecuación 28.

$$F_r = 1014.85N * 1$$

$$F_r = 1014.85N$$

En la tabla 15, se registran los resultados obtenidos del análisis de aceleración máxima.

Tabla 15
Resultados del análisis de aceleración

Fuerza	Valor	Unidad
R_{fy}	1014.85	N
R_{px}	1009.94	N
R_{py}	560.74	N
F_r	1014.85	N

Análisis en aceleración limitada por el motor

En la figura 48 se puede observar las fuerzas que intervienen en la motocicleta al realizar un análisis a la aceleración limitada por el motor.

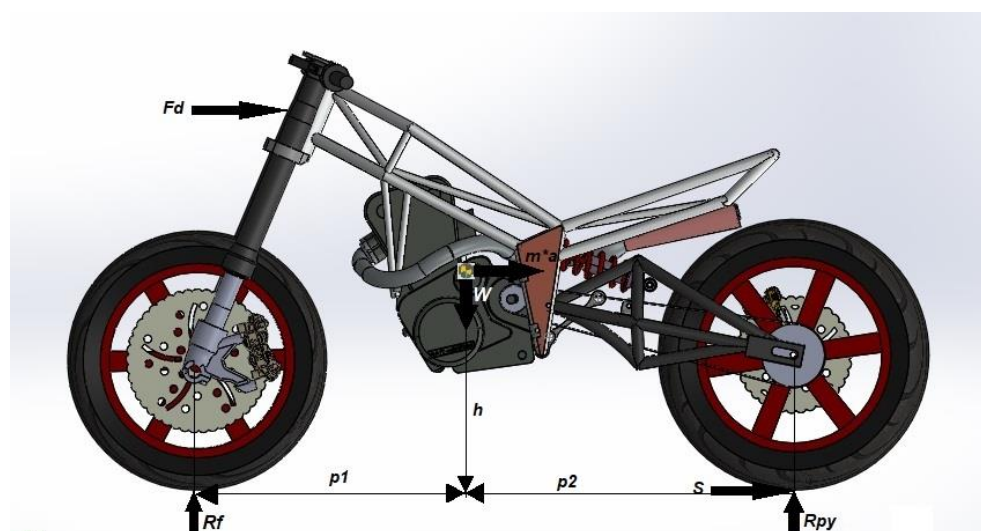


Figura 48. Fuerzas limitadas por el motor

Para calcular las fuerzas presentes en la motocicleta limitada por el motor se utilizará la ecuación 10.

$$S = Fd + m * a \text{ (Ecuación 10)}$$

La fuerza de aceleración estará dada por la ecuación 28.

$$S = T * \left(\frac{W_m}{V}\right)$$

Ecuación 28. Fuerza de aceleración

Donde

S = Fuerza de Aceleración

T = Par motor

W_m = Velocidad Angular del Motor

V = Velocidad Lineal

La velocidad angular del motor está dada por la ecuación 29.

$$W_m = Nrev * \frac{2\pi}{60}$$

Ecuación 29. Velocidad angular del motor

Además, la velocidad lineal de la motocicleta está dada por la ecuación 30.

$$V = \frac{P * Nrev}{Rt}$$

Ecuación 30. Velocidad lineal de la motocicleta

Donde:

$Nrev$ = Numero de revoluciones

P = Perimetro de la rueda

R_t = Relacion de Trasmicion

Datos:

$T = 24N$

$Nrev = 7250 \text{ rpm}$

$P = 1.77 \text{ m}$

$Rt1 = 2.32$

$Rt2 = 3$

Reemplazando los datos en las ecuaciones 28, 29 y 30.

$$W_m = 7250 \text{ rev/min} * \frac{2\pi}{60}$$

$$W_m = 759.22 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$V = \frac{1.77\text{m} * \frac{7250\text{rpm}}{60\text{s}}}{2.32 * 3}$$

$$V = 30.80 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$S = 24N * \left(\frac{759.22 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}{30.80 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \right)$$

$$S = 591.50 \text{ N}$$

De la ecuación 10, se despeja la fuerza aerodinámica (Fd)

$$S = Fd + m * a \text{ (**Ecuación 10**)}$$

$$Fd = S - m * a$$

Ecuación 31. Fuerza aerodinámica

Reemplazando datos obtenidos en la ecuación 31.

$$Fd = 591.50 \text{ N} - 481.88\text{kg} * 2,31 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$Fd = 521.64\text{N}$$

3.5.2. Cálculos en frenada máxima

Para la prueba de frenado se evalúa la distancia necesaria para detener la motocicleta por completo a partir de una velocidad mínima de 80 km/hora, como se puede apreciar en la figura 49.

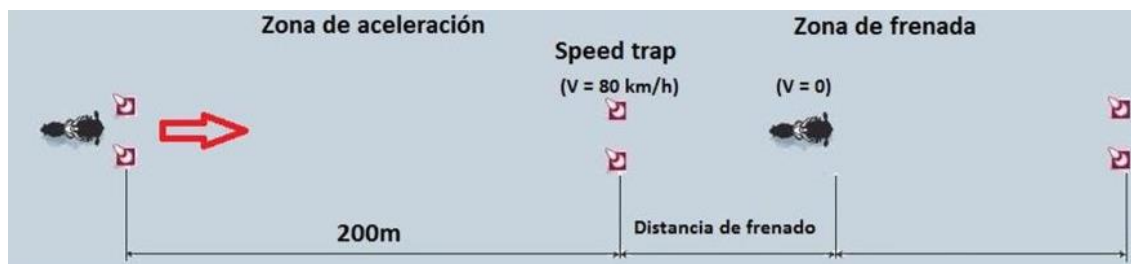


Figura 49. Prueba de frenado

Tabla 16

Registro de la prueba de frenado

Nº Prueba	Velocidad (km/h)	Distancia (m)	Tiempo (s)
1	89.0	25.0	2.37
2	91.0	23.0	2.22
3	87.0	21.6	2.20
4	88.0	21.4	2.10
5	89.0	21.5	2.20
Promedio	88.8	22.5	2.21

En la tabla 16 se registraron los valores obtenidos en la prueba de frenado. Utilizando la ecuación 9 de velocidad en MRUV se calcula la desaceleración de la moto.

$$v = v_0 + a * t \text{ (Ecuación 9)}$$

Donde:

v = Velocidad final

v_0 = Velocidad inicial

a = aceleración

t = tiempo

Datos

$$v_0 = 88.8 \frac{km}{h} = 24.67 \frac{m}{s}$$

$$v = 0 \frac{m}{s}$$

De la ecuación 9 se despeja la aceleración, en este caso será negativa ya que es de frenado, y se reemplaza datos.

$$a = \frac{v - v_0}{t}$$

$$a = \frac{0 \frac{m}{s} - 25.67 \frac{m}{s}}{2,21 s}$$

$$a = -11.16 \frac{m}{s^2}$$

Fuerzas que intervienen en el frenado

Para realizar una determinación de las fuerzas que actúan en el frenado de la moto se analiza tomando en cuenta los aspectos referidos en la figura 50.

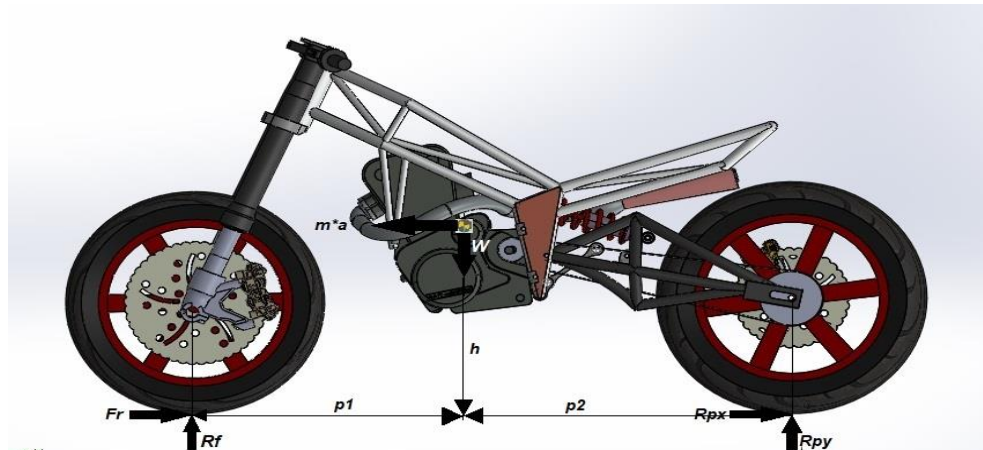


Figura 50. Fuerzas que actúan en el frenado

m = Masa total de la motocicleta

g = Gravedad

a = Aceleración

p = distancia entre ejes

p_1 = Distancia al centro de gravedad desde el eje delantero

p_2 = Distancia al centro de gravedad desde el eje posterior

h = Altura del centro de gravedad con respecto al suelo

R_f = Reacción parte frontal de la moto

R_p = Reacción parte posterior de la moto

F_r = Reacción parte frontal de la moto

Sumatoria de momentos en la rueda delantera

$$\sum MR_f = 0$$

$$R_{py}(p) - (m * g * p1) + (m * a * h) = 0$$

$$R_{py} = \frac{-(m * a * h) + (m * g * p1)}{p}$$

$$R_{py} = \frac{-(206.4kg * 11.16m/s^2 * 0.2m) + (206.4kg * 9.82m/s^2 * 0.608m)}{1,330m}$$

$$R_{py} = 579.19N$$

Sumatoria de fuerzas en y

$$\sum Fy = 0$$

$$R_{fy} + R_{py} - (m * g) = 0$$

$$R_{fy} = (m * g) - R_{py}$$

$$R_{fy} = \left(206.4kg * \frac{9.82m}{s^2}\right) - 579.19N$$

$$R_{fy} = 1445.60N$$

Según Itallika (2018), para un correcto frenado la presión en el freno posterior debe de ser del 30% y en el freno delantero del 70%.

Aplicando la segunda ley de Newton

$$R_{px} = 0.3 * (m * a)$$

$$R_{px} = \left(206.5kg * \frac{11.16m}{s^2}\right)$$

$$R_{px} = 691.14N$$

Sumatoria de fuerzas en x

$$\sum F_x = 0$$

$$-R_{fx} - R_{px} + (m * g) = 0$$

$$R_{fx} = (m * g) - R_{px}$$

$$R_{fx} = \left(206.4kg * \frac{9.82m}{s^2} \right) - 691.14N$$

$$R_{fx} = 1612,59N$$

Con la aplicación de la ecuación 28, se obtiene la fuerza de rozamiento.

$$F_r = R_{Fy} * \mu \text{ (Ecuación 28)}$$

$$F_r = 1445.60N * 1$$

$$F_r = 1445.60N$$

Se hace un registro de los resultados arrojados del análisis de frenada máxima en la tabla 17.

Tabla 17

Resultados del análisis de frenado

Fuerza	Valor	Unidad
R_{fy}	1445.60	N
R_{py}	579.17	N
R_{px}	691.14	N
F_r	1445.60	N

3.5.3. Cálculos de fuerza lateral

Para calcular la fuerza lateral se empleará la ecuación 17.

$$F_c = m * \frac{v^2}{r} \text{ (Ecuación 17)}$$

Donde

$m = \text{Masa del Cuerpo [Kg]}$

$v = \text{Velocidad } \left[\frac{m}{s^2} \right]$

$r = \text{Radio de curvatura [m]}$

Reemplazando datos en la ecuación 17.

$$F_c = 206,4kg * \frac{(25m/s)^2}{75m}$$

$$F_c = 1720N$$

3.5.4. Fuerzas aplicadas a la horquilla de dirección

Realizando un análisis se determinó las fuerzas que intervienen en la pipa de dirección, como se puede observar en la figura 51, las cuales son las siguientes:

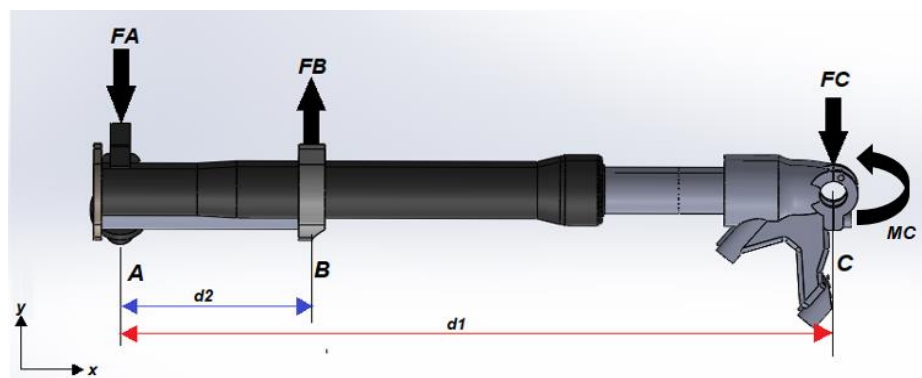


Figura 51. Fuerzas en la pipa de dirección

La figura 52, describe todas las fuerzas que se aplican en la suspensión delantera.

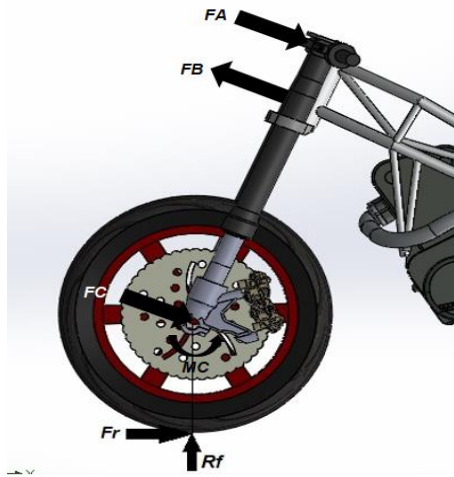


Figura 52. Fuerzas en la suspensión delantera

F_r = Fuerza de Rozamiento

R_f = Reaccion en la rueda Frontal

F_A = Fuerza en A de la pipa de dirección

F_B = Fuerza en B de la pipa de dirección

F_C = Fuerza en C de la pipa de dirección

d_1 = distancia de la suspensión

d_2 = distancia de la pipa de dirección

M_C = momento en C

El momento en C está dado por la fuerza de rozamiento y el radio de la rueda.

$$M_C = (F_r * r)$$

Ecuación 32. Momento en el punto C

La fuerza en el punto C está dada por la reacción en la rueda delantera y el seno del ángulo de lanzamiento

$$F_C = R_f * \text{Sin}[\theta]$$

Ecuación 33. Fuerza en el punto C

Sumatoria de momentos en B.

$$\sum MB = 0$$

$$-M_C - F_C(d_1 - d_2) + F_A(d_2) = 0 \quad (1)$$

Sumatoria de fuerzas en y

$$\sum Fy = 0$$

$$-F_C + F_B - F_A = 0 \quad (2)$$

Se despeja de la ecuación (2) fuerza en el punto A. (F_A)

$$F_A = -F_C + F_B \quad (3)$$

Se reemplaza la ecuación (3) en la ecuación (1), y se despeja F_B

$$-M_C - F_C(d_1 - d_2) + (F_B - F_C)(d_2) = 0$$

$$-M_C - F_C(d_1 - d_2) + F_B d_2 - F_C d_2 = 0$$

$$F_B = \frac{M_C + F_C(d_1 - d_2) + F_C d_2}{d_2}$$

La tabla 18 describe los restados del análisis de las fuerzas y momento que se aplican en la suspensión delantera y la pipa de dirección en un estado estático.

Tabla 18

Fuerzas en la pipa en estado estático

Fuerza	Valor	Unidad
F_A	2424.23	N
F_B	2854.96	N
F_C	430.12	N
M_C	248.70	Nm

La tabla 19 describe los restados del análisis de las fuerzas y momento que se aplican en la suspensión delantera y la pipa de dirección en aceleración.

Tabla 19*Fuerzas en la pipa en aceleración*

Fuerza	Valor	Unidad
F_A	2235.45	N
F_B	2631.99	N
F_C	396.53	N
M_C	229.28	Nm

La tabla 20 describe los resultados del análisis de las fuerzas y momento que se aplican en la suspensión delantera y la pipa de dirección en frenado.

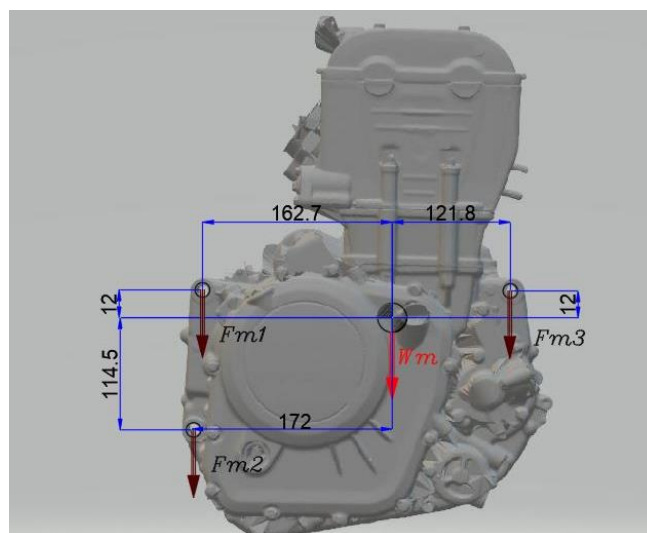
Tabla 20*Fuerza en la pipa en frenado*

Fuerza	Valor	Unidad
F_A	3184.29	N
F_B	3749.13	N
F_C	564.84	N
M_C	326.59	Nm

3.5.5. Fuerzas aplicadas por el peso del motor

Estático

De acuerdo al análisis se determina las fuerzas que intervienen en los anclajes debido al peso del chasis. (Figura 53)

**Figura 53.** Fuerzas estáticas del motor

F_{m1} = Fuerza en el anclaje 1 del motor

F_{m2} = Fuerza en el anclaje 2 del motor

F_{m3} = Fuerza en el anclaje 3 del motor

W_m = Peso del Motor

\vec{r}_1 = distancia a la fuerza 1

\vec{r}_2 = distancia a la fuerza 2

\vec{r}_3 = distancia a la fuerza 3

Se realiza la distribución de fuerzas de acuerdo al centro de gravedad del motor hacia los puntos de anclaje.

$$\vec{W}_m = \frac{F_{m1}(\vec{r}_1) + F_{m2}(\vec{r}_2) + F_{m3}(\vec{r}_3)}{W_m}$$

Ecuación 34. Distribución de fuerzas

$$W_m = F_{m1} + F_{m2} + F_{m3}$$

Ecuación 35. Sumatoria de fuerzas

Análisis vectorial de fuerzas:

$$\vec{W}_m = W_m(i + j)$$

$$\vec{r}_{xy} = r_x i + r_y j$$

Resolviendo:

$$W_m(i + j) = \frac{F_{m1}(r_{1x}i + r_{1y}j) + F_{m2}(r_{2x}i + r_{2y}j) + F_{m3}(r_{3x}i + r_{3y}j)}{W_m}$$

Reemplazando datos:

$$W_m(0i + 0j) = \frac{F_{m1}(-162.7i + 12j) + F_{m2}(-172i - 114.5j) + F_{m3}(121.8i + 12j)}{32kg * 9.8m/s^2}$$

Se procede a igualar las componentes “i” y “j”

$$i \rightarrow 0 = -162.7F_{m1} - 172F_{m2} + 121.8F_{m3}$$

$$j \rightarrow 0 = 12F_{m1} - 114.5F_{m2} + 12F_{m3}$$

Entonces se tienen 3 ecuaciones con 3 incógnitas

$$-162.7F_{m1} - 172F_{m2} + 121.8F_{m3} = 0 \quad (1)$$

$$12F_{m1} - 114.5F_{m2} + 12F_{m3} = 0 \quad (2)$$

$$F_{m1} + F_{m2} + F_{m3} = 313.6 \text{ N} \quad (3)$$

Solución.

$$F_{m1} = 103.54 \text{ N}$$

$$F_{m2} = 29.75 \text{ N}$$

$$F_{m3} = 180.31 \text{ N}$$

Dinámico: aceleración

De acuerdo al análisis se determina las fuerzas que intervienen en los anclajes debido al peso del chasis. (Figura 54).

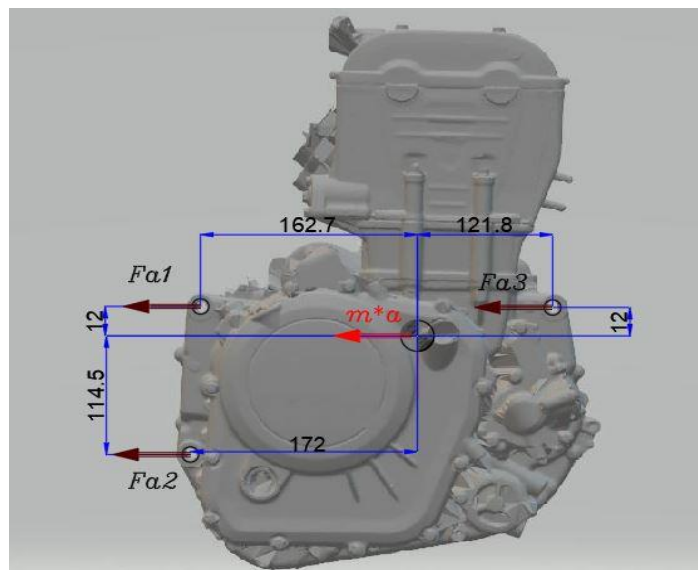


Figura 54. Fuerzas en aceleración en el motor

F_{a1} = Fuerza en el anclaje 1 del motor

F_{a2} = Fuerza en el anclaje 2 del motor

F_{a3} = Fuerza en el anclaje 3 del motor

m = Masa del Motor

a = aceleracion de la motocicleta

\vec{r}_1 = distancia a la fuerza 1

\vec{r}_2 = distancia a la fuerza 2

\vec{r}_3 = distancia a la fuerza 3

Se realiza la distribución de fuerzas de acuerdo al centro de gravedad del motor hacia los puntos de anclaje.

$$\overline{m * a} = \frac{F_{a1}(\vec{r}_1) + F_{a2}(\vec{r}_2) + F_{a3}(\vec{r}_3)}{m * a}$$

Ecuación 36. Distribución de masas

$$m * a = F_{a1} + F_{a2} + F_{a3}$$

Ecuación 37. Sumatoria de Fuerzas

Análisis vectorial

$$\overline{m * a} = m * a(i + j)$$

$$\vec{r}_{xy} = r_x i + r_y j$$

Resolviendo

$$(m * a)(i + j) = \frac{F_{a1}(r_{1x}i + r_{1y}j) + F_{a2}(r_{2x}i + r_{2y}j) + F_{a3}(r_{3x}i + r_{3y}j)}{m * a}$$

Reemplazando datos:

$$(m * a)(0i + 0j) = \frac{F_{a1}(-162.7i + 12j) + F_{a2}(-172i - 114.5j) + F_{a3}(121.8i + 12j)}{32kg * 2.71m/s^2}$$

Se procede a igualar las componentes "i" y "j"

$$i \rightarrow 0 = -162.7F_{a1} - 172F_{a2} + 121.8F_{a3}$$

$$j \rightarrow 0 = 12F_{a1} - 114.5F_{a2} + 12F_{a3}$$

Entonces se tienen 3 ecuaciones con 3 incógnitas

$$-162.7F_{a1} - 172F_{a2} + 121.8F_{a3} = 0 \quad (1)$$

$$12F_{a1} - 114.5F_{a2} + 12F_{a3} = 0 \quad (2)$$

$$F_{a1} + F_{a2} + F_{a3} = 86.72 \text{ N} \quad (3)$$

Solución

$$F_{a1} = 28.63 \text{ N}$$

$$F_{a2} = 8.23 \text{ N}$$

$$F_{a3} = 49.86 \text{ N}$$

Dinámico: frenado

De acuerdo al análisis se determina las fuerzas que intervienen en los anclajes debido al peso del chasis. (Figura 55).

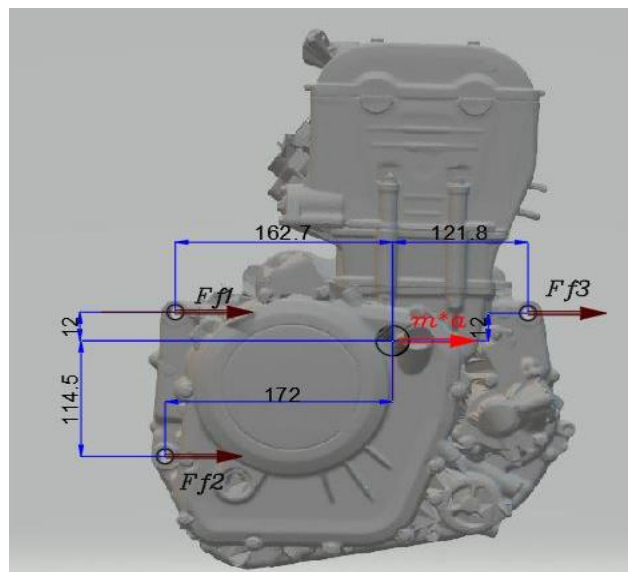


Figura 55. Fuerzas en frenado del motor

F_{f1} = Fuerza en el anclaje 1 del motor

F_{f2} = Fuerza en el anclaje 2 del motor

F_{f3} = Fuerza en el anclaje 3 del motor

m = Masa del Motor

a = desaceleracion de la motocicleta

\vec{r}_1 = distancia a la fuerza 1

\vec{r}_2 = distancia a la fuerza 2

\vec{r}_3 = distancia a la fuerza 3

Se realiza la distribución de fuerzas de acuerdo al centro de gravedad del motor hacia los puntos de anclaje.

$$\overline{m * a} = \frac{F_{f1}(\vec{r}_1) + F_{f2}(\vec{r}_2) + F_{f3}(\vec{r}_3)}{m * a}$$

Ecuación 36

$$m * a = F_{f1} + F_{f2} + F_{f3}$$

Ecuación 37

Análisis vectorial.

$$\overline{m * a} = m * a(i + j)$$

$$\vec{r}_{xy} = r_x i + r_y j$$

Resolviendo

$$(m * a)(i + j) = \frac{F_{f1}(r_{1x}i + r_{1y}j) + F_{f2}(r_{2x}i + r_{2y}j) + F_{f3}(r_{3x}i + r_{3y}j)}{m * a}$$

Reemplazando datos:

$$(m * a)(0i + 0j) = \frac{F_{f1}(-162.7i + 12j) + F_{f2}(-172i - 114.5j) + F_{f3}(121.8i + 12j)}{32kg * 11.16m/s^2}$$

Se procede a igualar las componentes “i” y “j”

$$i \rightarrow 0 = -162.7F_{f1} - 172F_{f2} + 121.8F_{f3}$$

$$j \rightarrow 0 = 12F_{f1} - 114.5F_{f2} + 12F_{f3}$$

Entonces se tienen 3 ecuaciones con 3 incógnitas

$$-162.7F_{f1} - 172F_{f2} + 121.8F_{f3} = 0$$

$$12F_{f1} - 114.5F_{f2} + 12F_{f3} = 0$$

$$F_{f1} + F_{f2} + F_{f3} = 357.12 \text{ N}$$

Solución

$$F_{f1} = 117.91 \text{ N}$$

$$F_{f2} = 33.88 \text{ N}$$

$$F_{f3} = 205.33 \text{ N}$$

3.5.6. Fuerzas generadas por la suspensión trasera

Se calcula los componentes (x;y) de las fuerzas aplicadas por las suspensión trasera al chasis.

Fuerza generada por el amortiguador:

$$F_{sax} = F_{sa} * \cos(\varphi)$$

$$F_{say} = F_{sa} * \text{sen}(\varphi)$$

Fuerza generada por la varilla articulada

$$F_{sbx} = F_{sb} * \cos(\omega)$$

$$F_{sby} = F_{sb} * \text{sen}(\omega)$$

Donde:

F_{sa} = Fuerza de la suspensión por el amortiguador

F_{sb} = Fuerza de la suspensión por la varilla articulada

$\varphi = \text{Angulo de inclinacion del amortiguador}$

$\omega = \text{Angulo de inclinacion de la varilla articulada}$

Análisis estático

Los datos de la tabla 21, son los valores de las fuerzas generadas por la suspensión trasera y basculante de la motocicleta en estado estático.

Tabla 21

Fuerzas estáticas de la suspensión

Fuerza	Valor	Unidad
F_{sa}	473.00	N
F_{sb}	-776.40	N
φ	18.28	°
ω	32.50	°

Fuente: (Ortega & Ramos)

Reemplazando datos:

$$F_{sax} = 473 * \cos(18.28)$$

$$F_{sax} = 449.13N(-)$$

$$F_{say} = 473 * \text{sen}(18.28)$$

$$F_{say} = 148.36N$$

$$F_{sbx} = 776 * \cos(32.5)$$

$$F_{sbx} = 654.47N$$

$$F_{sby} = 776 * \text{sen}(32.5)$$

$$F_{sby} = 416.94N$$

Análisis dinámico: aceleración

Los datos de la tabla 22, son los valores de las fuerzas generadas por la suspensión trasera y basculante de la motocicleta en aceleración.

Tabla 22*Fuerzas en aceleración de la suspensión*

Fuerza	Valor	Unidad
F_{Sa}	962.30	N
F_{Sb}	1391.78	N
φ	16.86	°
ω	33.00	°

Fuente: (Ortega & Ramos)

Reemplazando datos:

$$F_{Sax} = 962.3 * \cos(16.86)$$

$$F_{Sax} = 920.94N$$

$$F_{Say} = 962.3 * \sin(16.86)$$

$$F_{Say} = 279.10N$$

$$F_{Sbx} = 1391.78 * \cos(33)$$

$$F_{Sbx} = 1166.41N$$

$$F_{Sby} = 1391.78 * \sin(33)$$

$$F_{Sby} = 757.47N$$

Análisis dinámico: frenado

Los datos de la tabla 23, son los valores de las fuerzas generadas por la suspensión trasera y basculante de la motocicleta en frenado.

Tabla 23*Fuerza en frenado de la suspensión*

Fuerza	Valor	Unidad
F_{Sa}	962.30	N
F_{Sb}	1391.78	N
φ	16.86	°
ω	33.00	°

Fuente: (Ortega & Ramos)

Reemplazando datos:

$$F_{Sax} = 962.3 * \cos(16.86)$$

$$F_{sax} = 920.94N$$

$$F_{say} = 962.3 * \text{sen}(16.86)$$

$$F_{say} = 279.10N$$

$$F_{sbx} = 1391.78 * \text{cos}(33)$$

$$F_{sbx} = 1166.41N$$

$$F_{sby} = 1391.78 * \text{sen}(33)$$

$$F_{sby} = 757.47N$$

3.6 Verificación de modelado y representación realística

Con las medidas y datos obtenidos, se realiza el boceto inicial en 2d del chasis para proceder a su modelado con la utilización de programas CAD. Se tiene en cuenta las medidas de distancia entre ejes y ángulo de lanzamiento, los cuales son 1330mm y 23° respectivamente. También se ha realizado un boceto preliminar del basculante.

En la figura 56 se puede apreciar las medidas del boceto inicial del chasis.

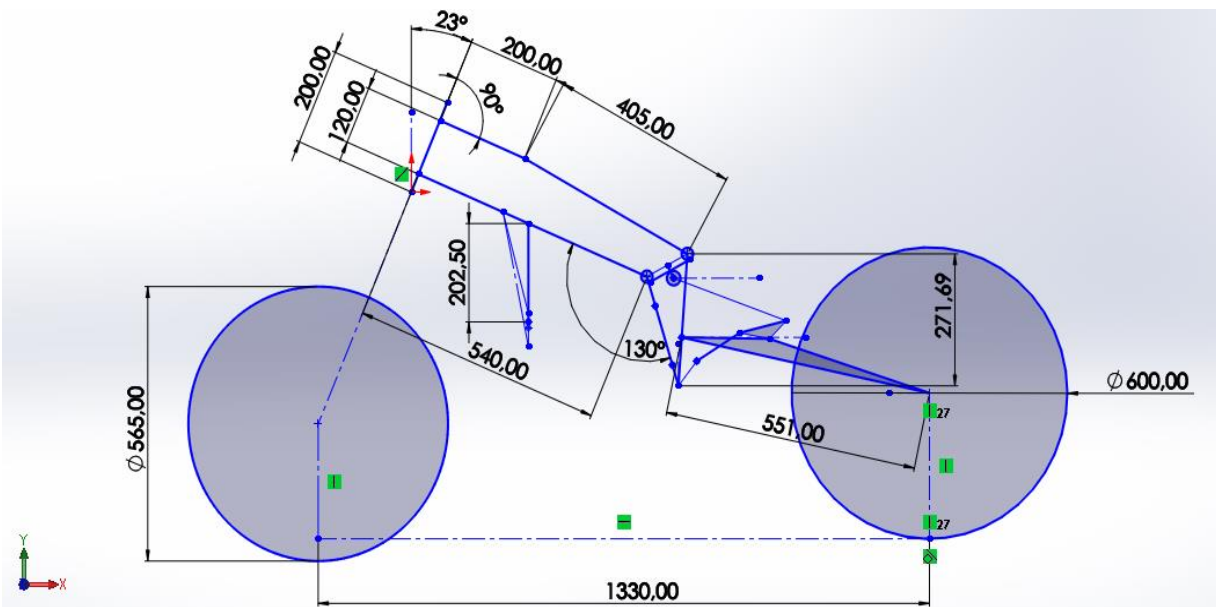


Figura 56. Boceto y medidas del chasis

Se realiza el croquis en 3d del chasis, figura 57. A partir del mismo se realiza la representación realista del chasis.

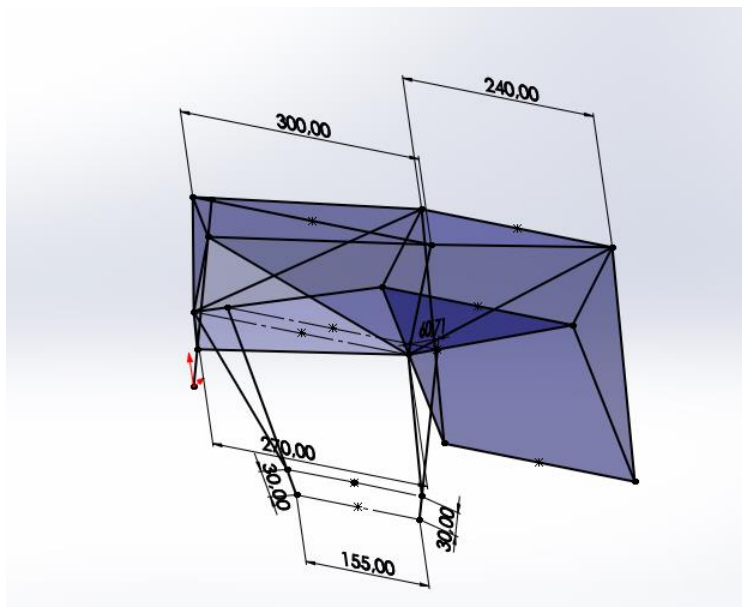


Figura 57. Croquis 3D del chasis

La figura 58 describe el modelado 3D del chasis que se obtuvo después de los cálculos realizados, con el cual se procederá a la simulación y análisis estructural.

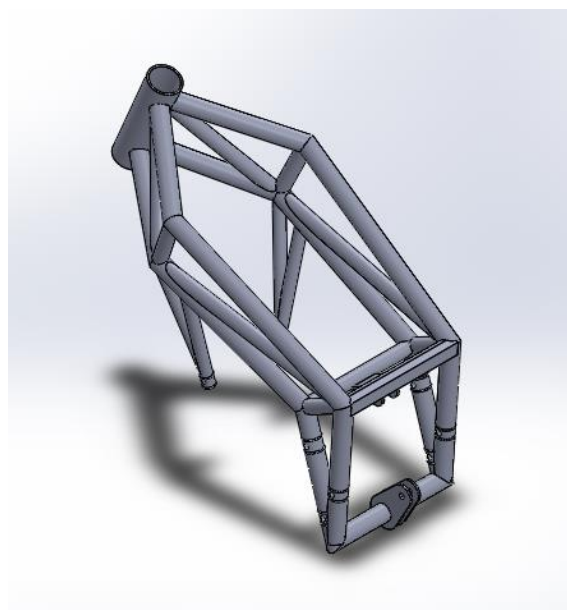


Figura 58. Modelado 3D del chasis

3.7 Simulación y análisis estructural

A partir de los datos obtenidos en los puntos 3.1 al 3.6, se realiza la simulación y análisis estructural del chasis mediante la utilización de programas CAE, en los cuales, con el modelado del chasis se procede a cargar todas las fuerzas presentes en los análisis estáticos y dinámicos.

3.7.1. Creación de la malla

Se realiza el mallado al ensamble del chasis con el subchasis con la ayuda de programas CAE. En la figura 59, se describe el mallado de tipo tetraédrico.

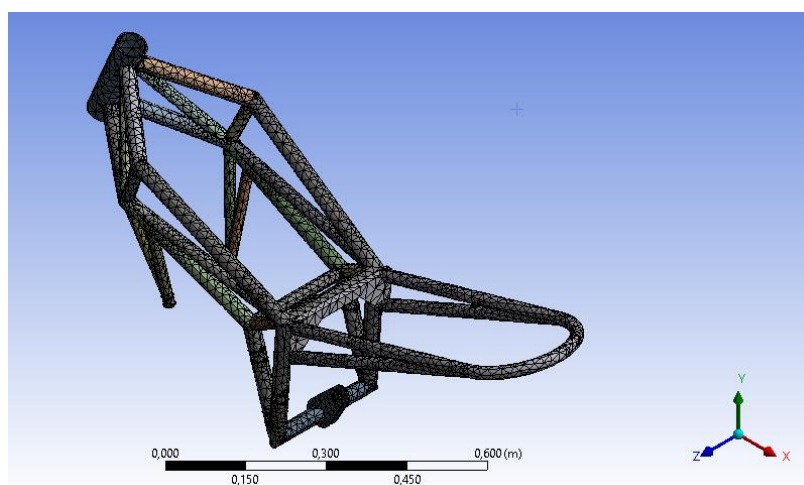


Figura 59. Mallado del chasis

3.7.2. Puntos de anclaje

Una vez realizado el mallado del chasis, procedemos a colocar los puntos de anclaje en el chasis, como se describe en la figura 60, los cuales están en la pipa de dirección (A) y en el anclaje del basculante al chasis (B).

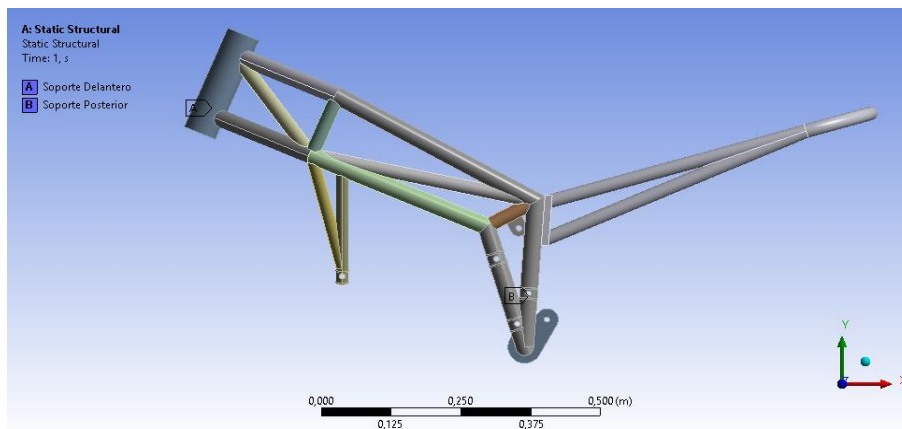


Figura 60. Puntos de anclajes

3.7.3. Análisis estático

Colocación de fuerzas

Con los datos obtenidos en los cálculos, se colocan las fuerzas que generan el peso del motor, las fuerzas de la suspensión posterior y la fuerza del peso del piloto, en los distintos puntos donde estas actúan, como describe la figura 61.

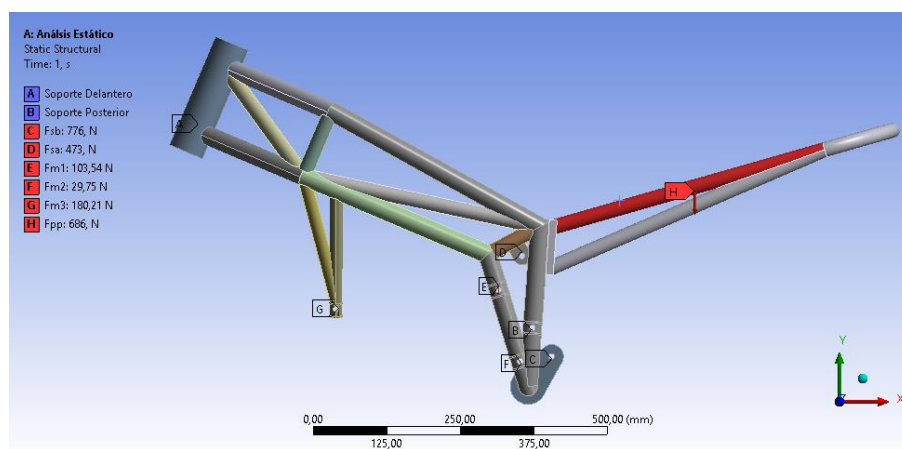


Figura 61. Fuerzas en el chasis

Análisis de Von Mises

Se puede apreciar en la figura 62, el valor de esfuerzo máximo, que es de 35,625 MPa, y el valor de esfuerzo mínimo, que es de 3.95 MPa, al cual estará sometido el chasis durante el análisis estático. Además, se aprecia que el valor máximo de esfuerzo es menor al valor de fluencia del material, que es de 250 MPa.

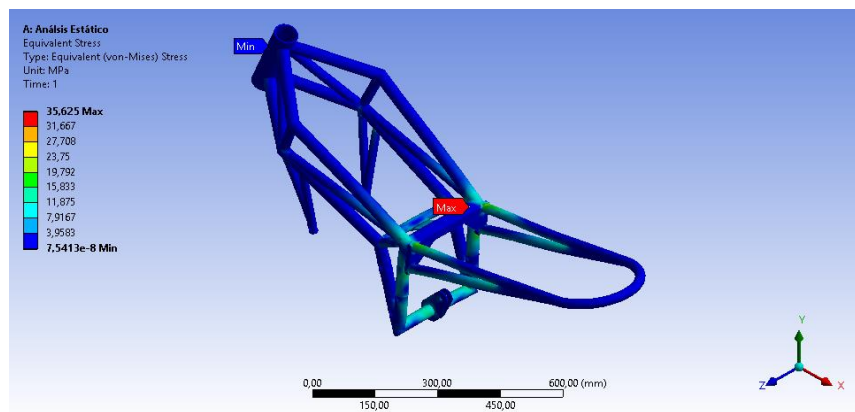


Figura 62. Esfuerzo de Von Mises

Deformación total

La máxima deformación del diseño se presenta en el subchasis, con un valor de 0.31mm, como se observa en la figura 63. Se aprecia que en el diseño del chasis no se produce una deformación, por lo cual se verifica el correcto diseño.

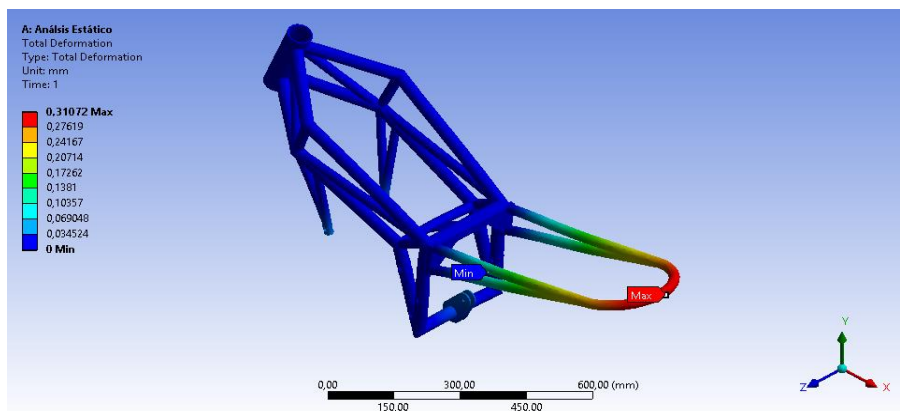


Figura 63. Deformación del chasis

Factor de seguridad

Realizado el estudio, se observa que el factor de diseño tiene un valor máximo de 15 y un valor mínimo de 7.01, como describe la figura 64.

Se verifica también el factor de diseño con la ecuación 8.

$$N = \frac{S_y}{\sigma'} \quad (\text{Ecuación 8})$$

Donde:

$$S_y = 250MPa$$

$$\sigma' = 35.625Mpa$$

Reemplazando datos en la ecuación 8.

$$N = \frac{250MPa}{35.625MPa}$$

$$N = 7.017$$

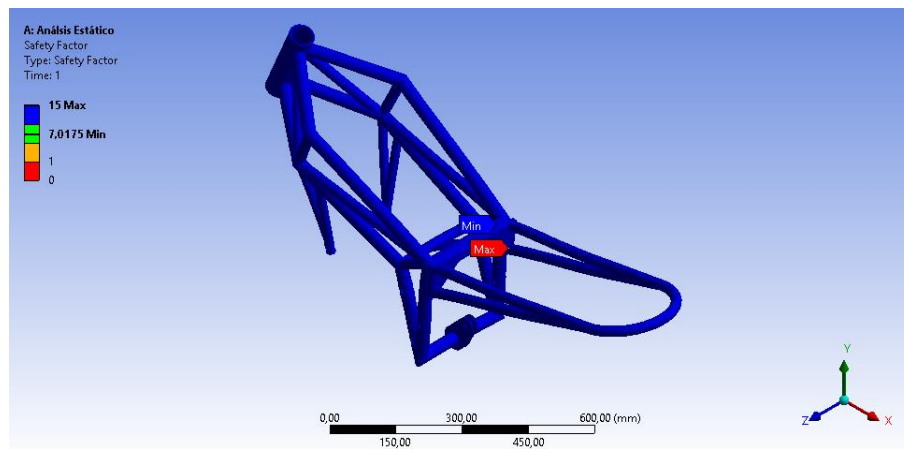


Figura 64. Factor de diseño

3.7.4. Análisis en aceleración

Colocación de fuerzas

Con los datos obtenidos en los cálculos, se colocan las fuerzas que generan el peso del motor, las fuerzas de la suspensión posterior y la fuerza del peso del piloto, en los distintos puntos donde estas actúan, todos estos en aceleración, como describe la figura 65.

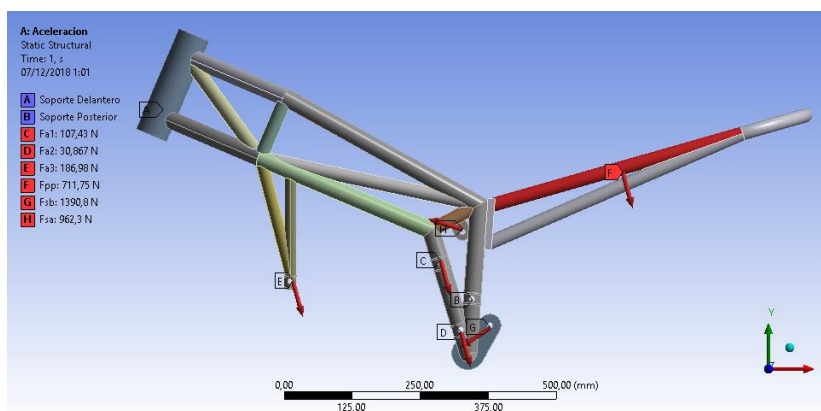


Figura 65. Fuerzas en aceleración

Análisis de Von Mises

Se puede apreciar en la figura 66, el valor de esfuerzo máximo, que es de 60.35 MPa, y el valor de esfuerzo mínimo, que es de 6.70 MPa, al cual estará sometido el chasis durante el análisis dinámico de aceleración. Además, se aprecia que el valor máximo de esfuerzo es menor al valor de fluencia del material, que es de 250 MPa.

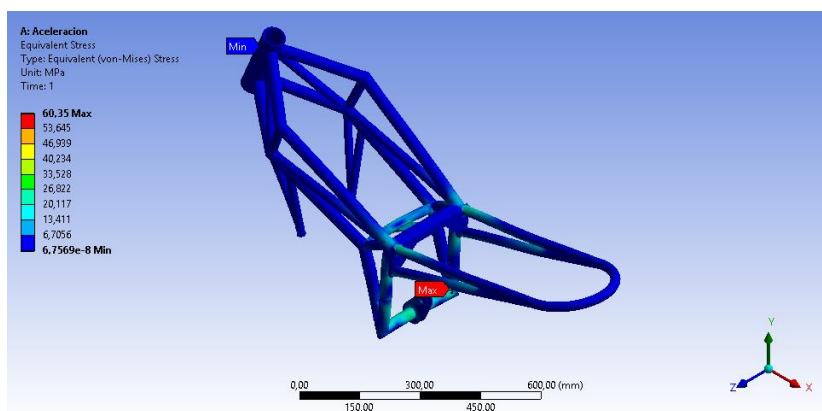


Figura 66. Esfuerzos en aceleración

Deformación total

La máxima deformación del diseño se presenta en el subchasis, con un valor de 0.34mm, como se observa en la figura 67. Se aprecia que en el diseño del chasis no se produce una deformación en el análisis dinámico de aceleración, por lo cual se verifica el correcto diseño.

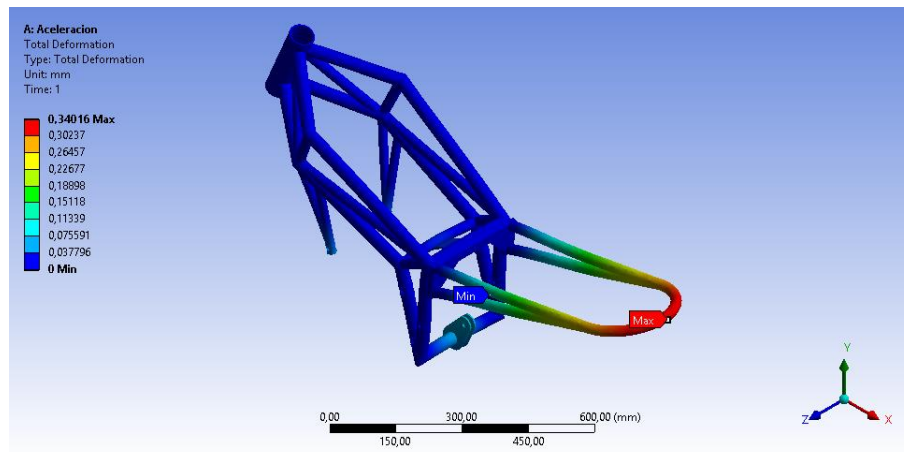


Figura 67. Deformación total en aceleración

Factor de diseño

Realizado el estudio, se observa que el factor de diseño tiene un valor máximo de 15 y un valor mínimo de 4.14, como describe la figura 68.

Se verifica también el factor de diseño con la ecuación 8.

$$N = \frac{S_y}{\sigma'} \quad (\text{Ecuación 8})$$

Donde:

$$S_y = 250\text{MPa}$$

$$\sigma' = 60.35\text{Mpa}$$

Reemplazando datos en la ecuación 8.

$$N = \frac{250MPa}{60.35MPa}$$

$$N = 4.14$$

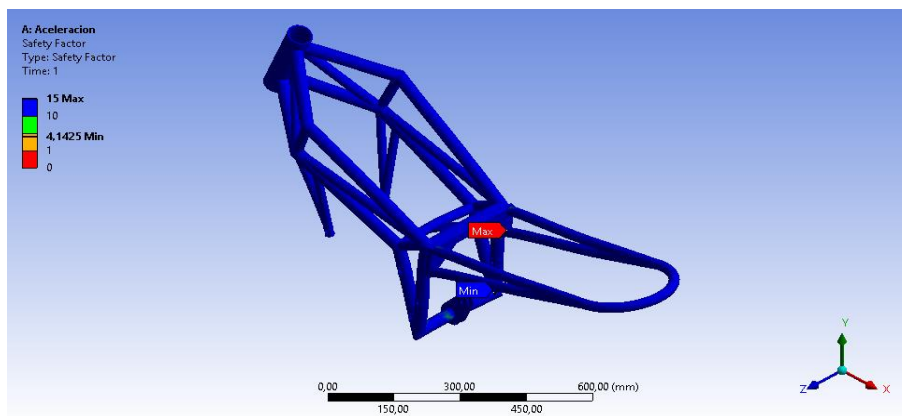


Figura 68. Factor de diseño

3.7.5. Análisis en frenado

Colocación de fuerzas

Con los datos obtenidos en los cálculos, se colocan las fuerzas que generan el peso del motor, las fuerzas de la suspensión posterior y la fuerza del peso del piloto, en los distintos puntos donde estas actúan, todos estos en frenado, como describe la figura 69.

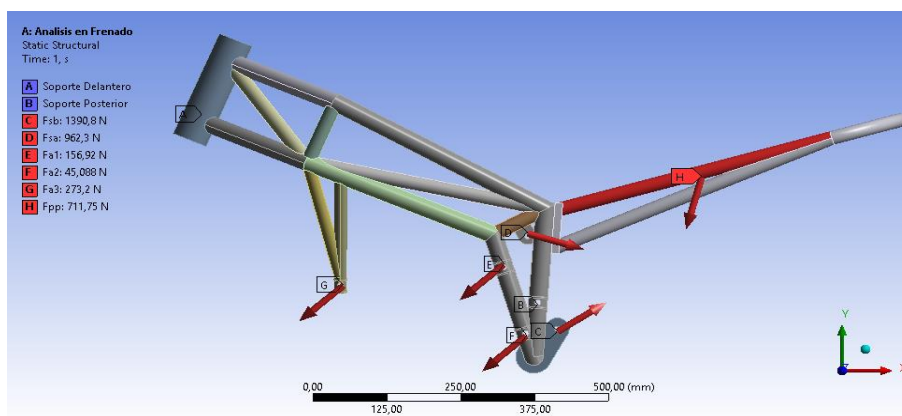


Figura 69. Fuerzas en aceleración

Análisis de Von Mises

Se puede apreciar en la figura 70, el valor de esfuerzo máximo, que es de 61.32 MPa, y el valor de esfuerzo mínimo, que es de 6.81 MPa, al cual estará sometido el chasis durante el análisis dinámico de frenado. Además, se aprecia que el valor máximo de esfuerzo es menor al valor de fluencia del material, que es de 250 MPa.

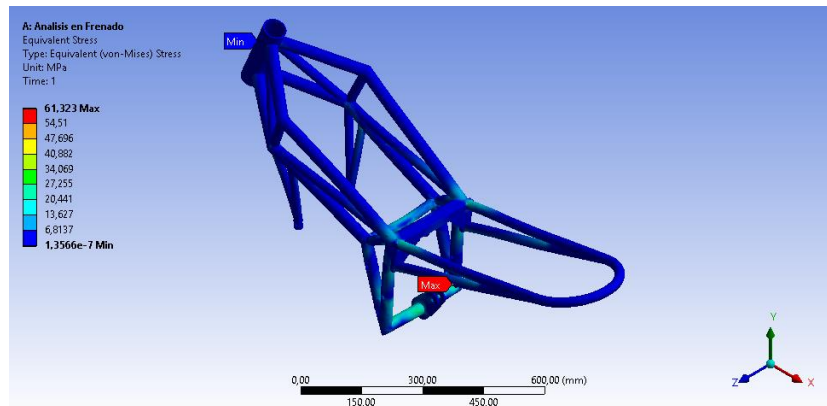


Figura 70. Esfuerzos en frenado

Deformación total

La máxima deformación del diseño se presenta en el subchasis, con un valor de 0.30mm, como se observa en la figura 71. Se aprecia que en el diseño del chasis no se produce una deformación en el análisis dinámico de frenado, por lo cual se verifica el correcto diseño.

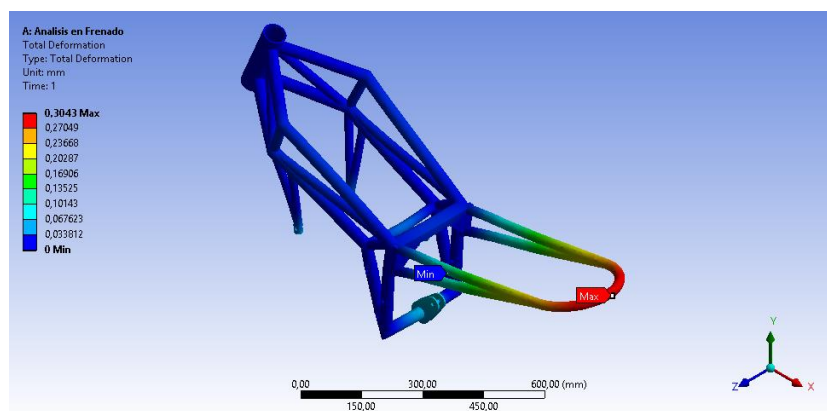


Figura 71. Deformación en frenado

Factor de diseño

Realizado el estudio, se observa que el factor de diseño tiene un valor máximo de 15 y un valor mínimo de 4.07, como describe la figura 72.

Se verifica también el factor de diseño con la ecuación 8.

$$N = \frac{S_y}{\sigma'} \quad (\text{Ecuación 8})$$

Donde:

$$S_y = 250MPa$$

$$\sigma' = 61.32MPa$$

Reemplazando datos en la ecuación 8.

$$N = \frac{250MPa}{61.32MPa}$$

$$N = 4.07$$

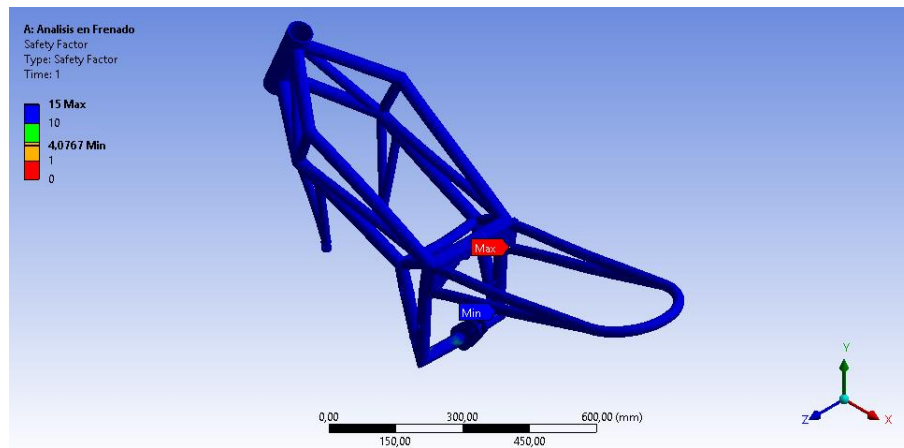


Figura 72. Factor de diseño en frenado

CAPÍTULO IV

PROCESO DE FABRICACIÓN

4.1. Normas de manufactura y seguridad

La necesidad de cumplir con las normas que se exigen garantiza la seguridad, la salud, la preservación del medio ambiente y la protección de los usuarios. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2017)

En el proceso de fabricación se consideraron las normas establecidas por el Reglamento de la Competición Internacional MotoStudent V Edición (2017), además de la especificaciones de medición y evaluación de INEN 1006 y el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 136 (IR) “Motocicletas”.

Con el fin de optimizar cada uno de los procesos, se realiza una hoja de asignación para la construcción, como se observa en la tabla 24, que detalla las operaciones, las herramientas y equipos necesarios para la fabricación de la motocicleta.

Tabla 24*Hoja de construcción del chasis*

Nombre: MAC - ESPE MotoStudent	Ing. Industrial: Bryan Ortiz Roberth Ortiz	Fecha Inicio:			01/04/18				
Lugar: Ecuador	Recepción de material y partes	Fecha de aprobación:			04/07/18				
N°	1	Aprobación de calidad del cliente:			SI				
Materia prima	Descripción de la operación o proceso	Máquina o equipo de factura	Métodos			Método de control	Plan de reacción	Aprobación	
			Especificaciones de medición y evaluación	Muestra				SI	NO
				Tamaño	Frecuencia				
Tubo redondo estructural negro reforzado ASTM A500 1/2 Inch x 1mm	Corte	Amoladora y Tronzadora	Planos de diseño			Visual	Devolución	X	
	Medición	Flexómetro/ Calibrador	Planos de diseño	1	Cada día	Cuantitativo	Devolución	X	
Tubo redondo estructural negro reforzado ASTM A500 3/4 Inch x 1,5mm	Corte	Amoladora y Tronzadora	Planos de diseño			Visual	Devolución	X	
	Medición	Flexómetro/ Calibrador	Planos de diseño			Cuantitativo	Devolución	X	
	Medición	Flexómetro/ Calibrador	Planos de diseño	1	Cada día	Cuantitativo	Devolución	X	
	Medición	Flexómetro/ Calibrador	Planos de diseño			Cuantitativo	Devolución	X	

Tabla 24
Hoja de construcción del chasis (Continuación)

Materia prima	Descripción de la operación o proceso	Máquina o equipo de factura	Métodos		Método de control	Plan de reacción	Aprobación		
			Especificaciones de medición y evaluación	Muestra			SI	NO	
				Tamaño					Frecuencia
Tubo redondo estructural negro reforzado ASTM A500 1 1/2 Inch x 1,5mm	Corte	Amoladora y Tronzadora	Planos de diseño		Visual	Devolución	X		
	Medición	Flexómetro/ Calibrador	Planos de diseño	1	Cada día	Cuantitativo	Devolución	X	
Tubo rectangular estructurado negro reforzado ASTM A500 1,5 mm x 251 mm x 50 mm	Corte	Amoladora y Tronzadora	Planos de diseño		Visual	Devolución	X		
	Medición	Flexómetro/ Calibrador	Planos de diseño	1	Cada día	Cuantitativo	Devolución	X	
Plancha de acero ASTM A36 100mm	Corte	Oxicorte	Planos de diseño		Visual	Devolución	X		
	Taladrado	Taladradora	Planos de diseño	1	Cada día	Visual	Devolución	X	
	Medición	Flexómetro/ Calibrador	Planos de diseño			Cuantitativo	Devolución	X	

Tabla 24
Hoja de construcción del chasis (Continuación)

Materia prima	Descripción de la operación o proceso	Máquina o equipo de factura	Métodos			Método de control	Plan de reacción	Aprobación	
			Especificaciones de medición y evaluación	Muestra				SI	NO
				Tamaño	Frecuencia				
Tubo de acero inoxidable	Corte	Amoladora y Tronzadora	Planos de diseño	1	Cada día	Visual	Devolución	X	
	Medición	Flexómetro/ Calibrador	Planos de diseño			Cuantitativo	Devolución	X	
Aluminio AW 7021	Mecanizado	CNC	Planos de diseño	1	Cada día	Visual	Devolución	X	
	Medición	Flexómetro/ Calibrador	Planos de diseño			Cuantitativo	Devolución	X	
Plancha de tol	Corte	Oxicorte	Planos de diseño	1	Cada día	Visual	Devolución	X	
	Medición	Flexómetro/ Calibrador	Planos de diseño			Cuantitativo	Devolución	X	

Tabla 24*Hoja de construcción del chasis (Continuación)*

Nombre: MAC - ESPE MotoStudent	Ing. Industrial: Bryan Ortiz Roberth Ortiz	Fecha Inicio:	01/04/18						
Lugar:	Recepción de	Fecha de aprobación:	04/07/18						
N°	1	Aprobación de calidad del cliente:	SI						
Sistema/ Elemento	Descripción de la operación o proceso	Máquina o equipo de factura	Métodos			Método de control	Plan de reacción	Aprobación	
			Especificaciones de medición y evaluación	Muestra				SI	NO
Chasis	Doblado	Dobladora hidráulica	ASTM E240	1	Cada día	Visual	Devolución	X	
	Soldadura	TIG	AWS D1.1. 2000			Visual	Devolución	X	
	Medición de dimensiones	Flexómetro/Calibrador	Planos de diseño			Visual	Devolución	X	
Subchasis	Doblado	Dobladora hidráulica	ASTM E240	1	Cada día	Visual	Devolución	X	
	Soldadura	TIG	AWS D1.1. 2000			Visual	Devolución	X	
	Medición de dimensiones	Flexómetro/Calibrador	Planos de diseño			Experimental	Devolución	X	
Basculante	Doblado	Dobladora hidráulica	ASTM E240	1	Cada día	Visual	Devolución	X	
	Soldadura	TIG	AWS D1.1. 2000			Visual	Devolución	X	
	Medición de dimensiones	Flexómetro/Calibrador	Planos de diseño			Experimental	Devolución	X	

Tabla 24*Hoja de construcción del chasis (Continuación)*

Nombre: MAC - ESPE MotoStudent	Ing. Industrial: Bryan Ortiz Roberth Ortiz	Fecha Inicio:	01/04/18						
Lugar:	Recepción de	Fecha de aprobación:	04/07/18						
N°	1	Aprobación de calidad del cliente:	SI						
Sistema/ Elemento	Descripción de la operación o proceso	Máquina o equipo de factura	Especificaciones de medición y evaluación	Métodos		Método de control	Plan de reacción	Aprobación	
				Muestra				SI	NO
				Tamaño	Frecuencia				
Suspensión trasera	Corte	Amoladora y Tronzadora	Planos de diseño	1	Cada día	Visual	Devolución	X	
	Medición	Flexómetro/Calibrador	Planos de diseño			Cuantitativo	Devolución	X	
Suspensión delantera	Corte	Amoladora y Tronzadora	Planos de diseño	1	Cada día	Visual	Devolución	X	
	Medición	Flexómetro/Calibrador	Planos de diseño			Cuantitativo	Devolución	X	
Tubo de escape	Doblado	Dobladora Hidráulica	ASTM E240	1	Cada día	Visual	Devolución	X	
	Soldadura	TIG	AWS D1.1. 2000			Cuantitativo	Devolución	X	
Carenado	Amoldado		Planos de diseño	1	Cada día	Visual	Devolución	X	
	Medición de dimensiones	Flexómetro/Calibrador	Planos de diseño			Visual	Devolución	X	
Tomas de aire	Amoldado		Planos de diseño	1	Cada día	Visual	Devolución	X	
	Pintura	Cabina de Pintura	INEN 1006			Cuantitativo	Devolución	X	

4.2. Mesa de construcción de motocicleta

Para iniciar la construcción de la motocicleta se necesita tener una mesa especializada como se describe en la figura 73, en la cual se van poner los distintos materiales para la fabricación del chasis, subchasis y basculante, teniendo como resultado un excelente armado, con una distancia entre ejes de 1350 mm y un ángulo de avance de 23° óptimo para motocicletas de competencias.

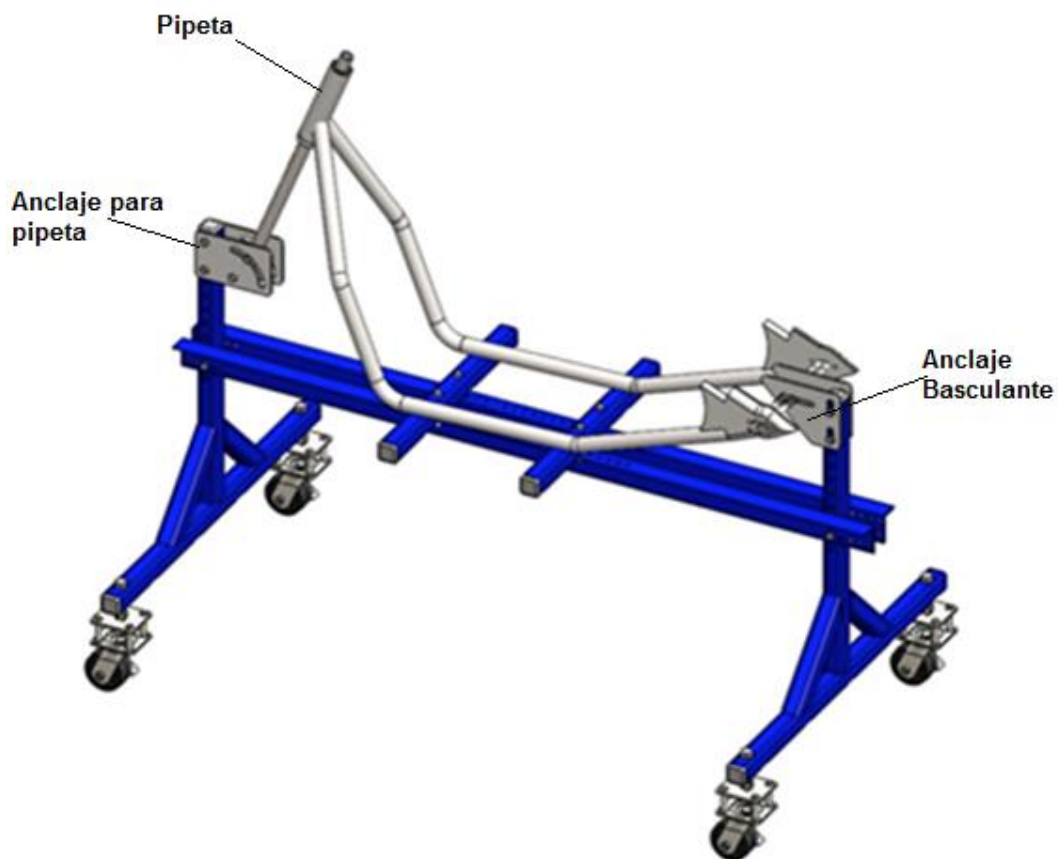


Figura 73. Mesa de construcción de motocicletas

4.2.1. Proceso de remoción del material

En la construcción de la motocicleta se utilizó la operación de remoción de material creando un diagrama de flujo de acuerdo a la figura 74, donde se detalla las operaciones

a realizar para remover el material sobrante de los tubos ASTM A36, de tal manera que se obtenga la forma deseada y pueda acoplarse con el resto de materiales.

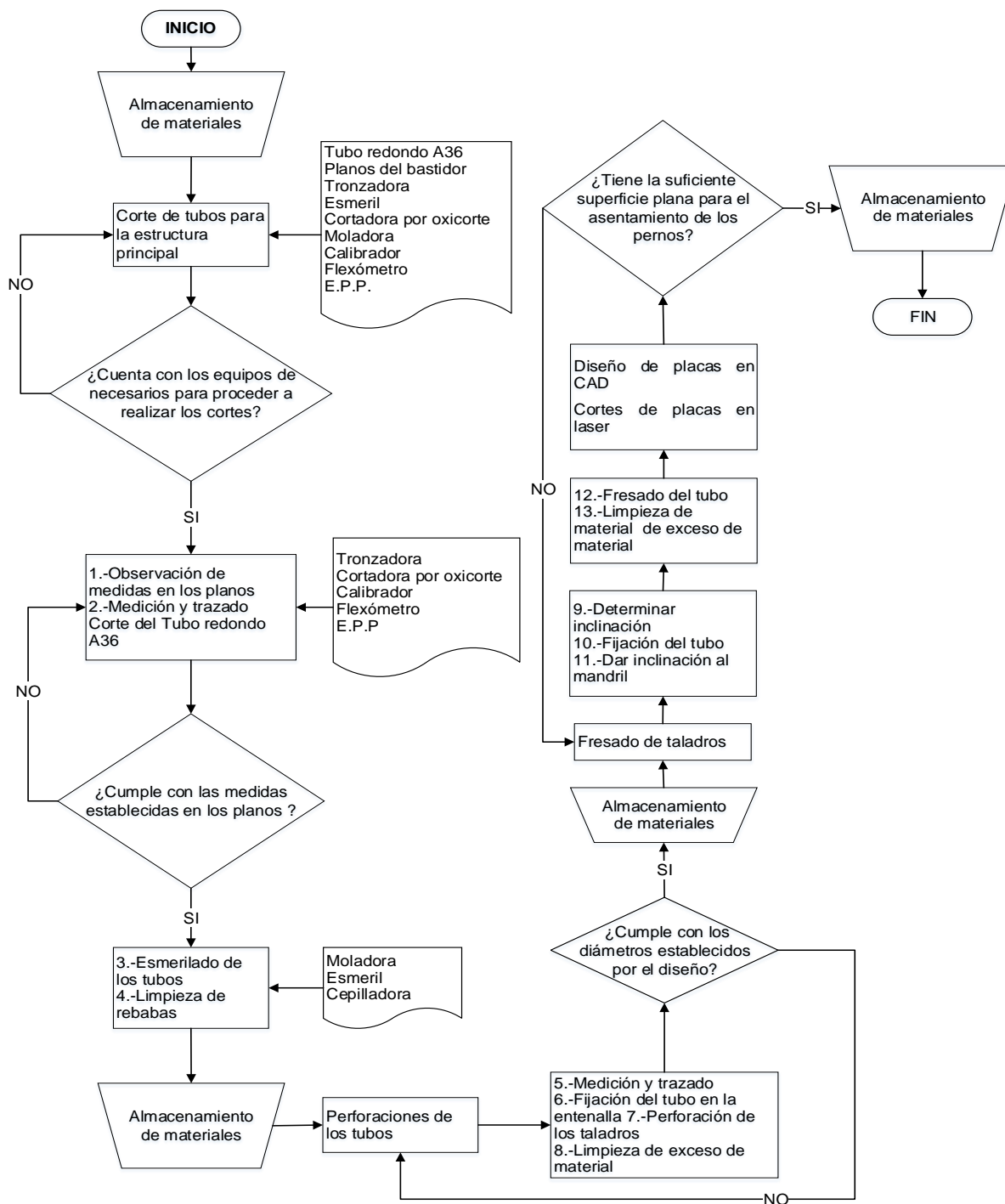


Figura 74. Diagrama de flujo proceso de remoción de material

El propósito de esta motocicleta es que sea desarmable, por ello se dividió el chasis y el subchasis (cola), y se crearon unas placas cortadas mediante biselado láser como se describe en la figura 75, que permitirán que se unan y sujeten los dos componentes con pernos M10 y tuerca de presión.



Figura 75. Placas de unión entre el chasis y subchasis

Corte a 45°

Se realiza el corte de 45° de tubos ASTM A36 de 1" ½ como describe la figura 76, se realiza un corte lateral mediante una la amoladora, un corte lateral, luego con el esmeril se eliminaron las rebabas para que se puedan fijar uno de los tubos de la estructura principal. Además, se señala a 150 mm del extremo derecho del tubo para tener la referencia del punto de apoyo de la suspensión posterior.



Figura 76. Corte a 45° para fijación de estructura principal

Perforación de 10 mm de diámetro

Se realizan las perforaciones de 10 mm con taladro de pedestal que a futuro servirán como eje y para sujetar los componentes de la motocicleta (motor, basculante, suspensión) como se describe en la figura 77. Para la ejecución de este proceso se fijó el tubo en la base del taladro en posición perpendicular al husillo del taladro, de acuerdo a los planos se elaboraron dos perforaciones a 50 mm del extremo derecho como del extremo izquierdo.



Figura 77. Corte de tubo recto para las bases del motor

Fresado

El fresado de las perforaciones de 10 mm se realiza para que las cabezas de los pernos tengan mayor contacto con el tubo redondo ASTM A36, lo que permite una sujeción concéntrica entre las bases del motor y el tubo redondo como se describe en la figura 78.



Figura 78. Acople del tubo fresado para base del motor

4.2.2. Construcción de la pipeta o eje de suspensión

Para el proceso de construcción de la pipeta se realiza un diagrama de flujo como describe en la figura 79, que detalla cada una de las operaciones a realizar para la construcción de la misma.

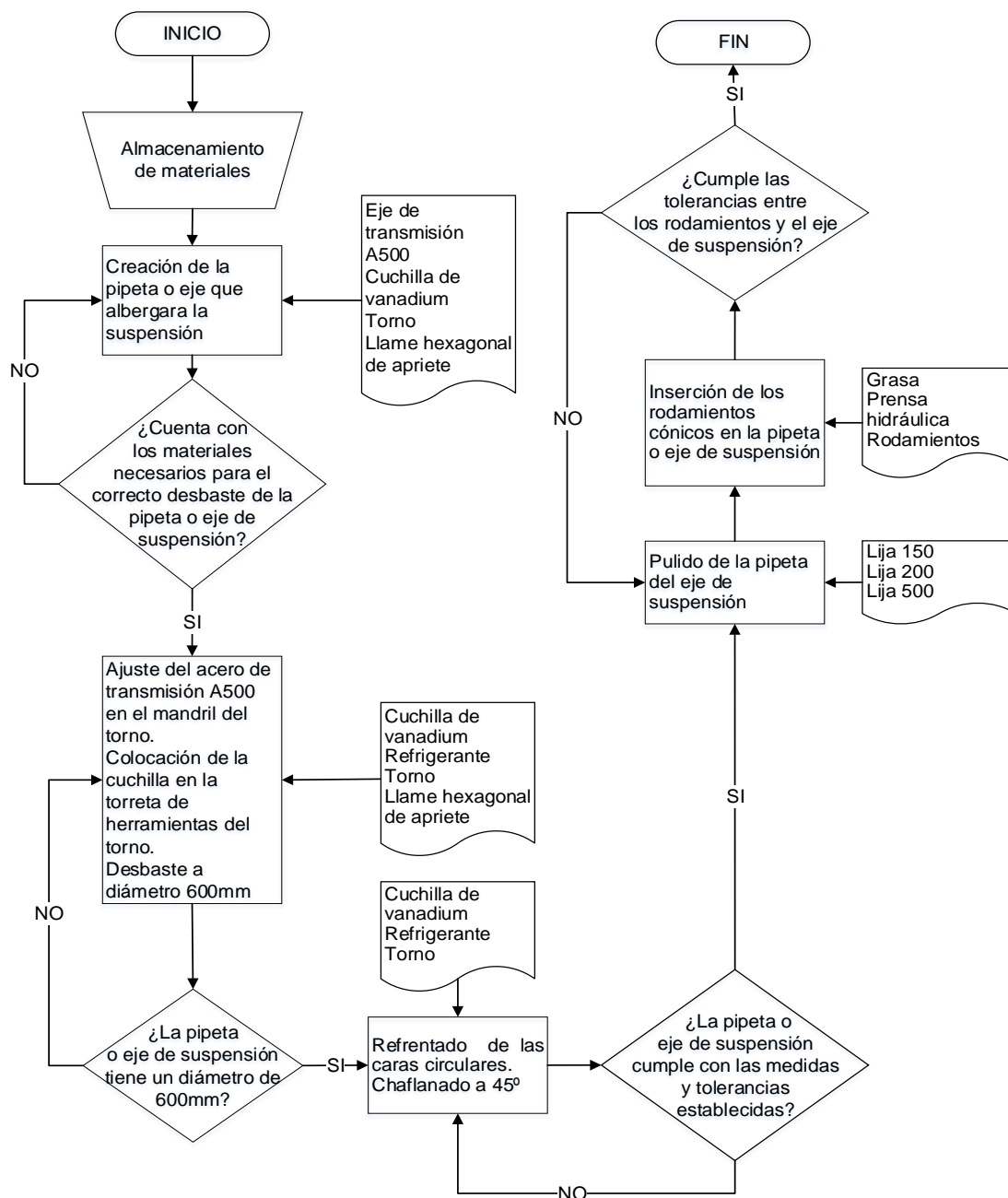


Figura 79. Diagrama de flujo de creación de pipeta o eje de suspensión

Construcción de pipeta

La construcción de la pipeta donde sujetaran la suspensión delantera conjuntamente con las barras telescópicas, las cuales van a soportar las cargas de frenado, cargas vivas y cargas muertas, de acuerdo a los cálculos realizados y mejor desempeño con este tipo de cargas, se elige un eje de transmisión A500, que se mecanizó mediante el torno como describe en la figura 80, el cual se refrento la pipeta e hicieron las bases para los rodamientos cónicos de acuerdo a la figura 81.



Figura 80. Mecanizado de pipeta



Figura 81. Pipeta para la inserción de rodamientos

Inserción de rodamientos

Mecanizado el interior y exterior de la pipeta se procede a insertar las pistas de los rodamientos cónicos los cuales serán el eje de la suspensión delantera como se describe en la figura 82.



Figura 82. Pipeta terminada con los rodamientos puestos

4.2.3. Proceso de deformación del material

En la construcción de la motocicleta se deformó los tubos ASTM A36 de 1 1/2” mediante el uso de la baroladora para la creación de la estructura principal del bastidor de acuerdo a la figura 83.

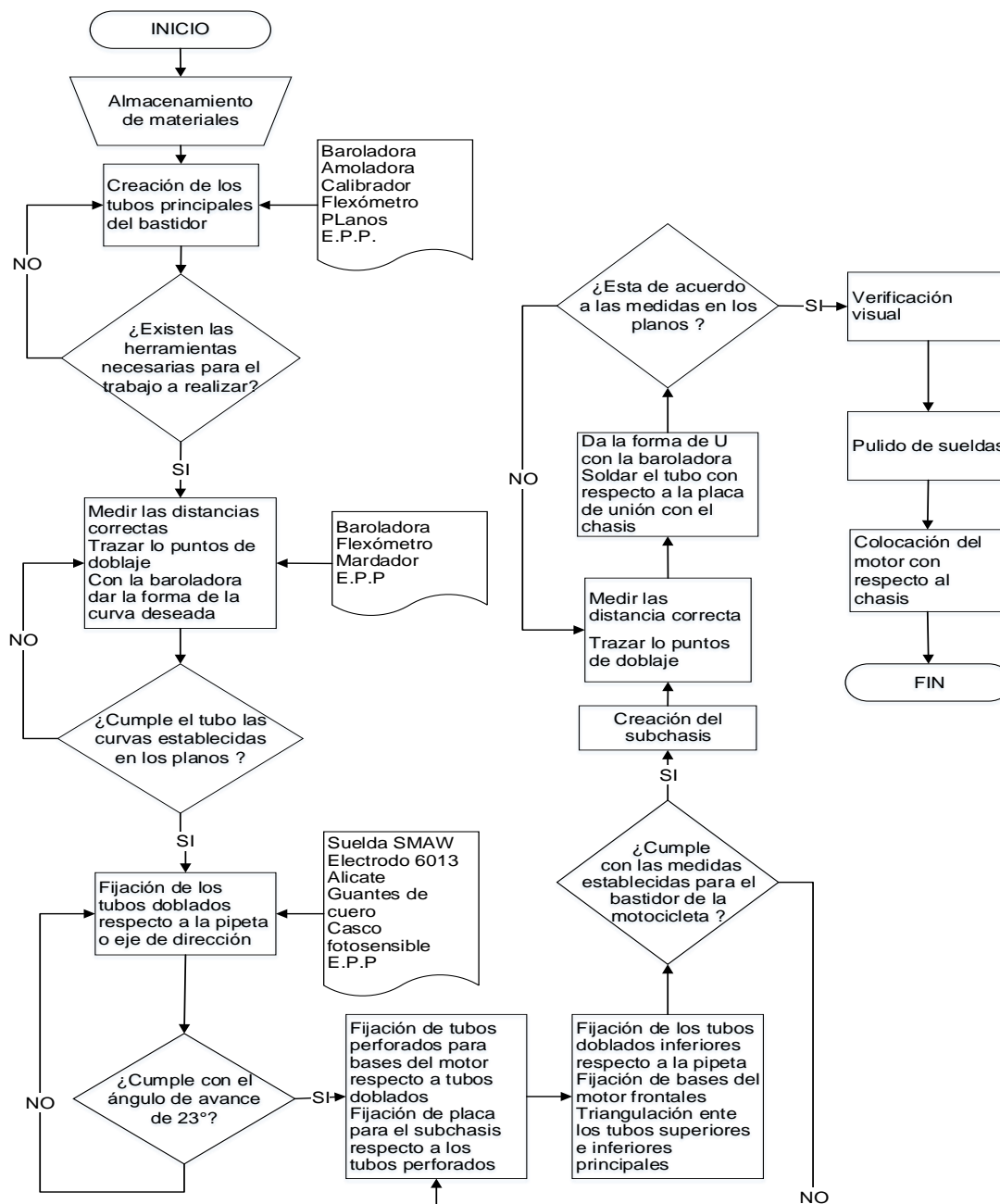


Figura 83. Diagrama de flujo del proceso de deformación del material

Fijación de los tubos ASTM, A36

Se ejecuta la fijación de los tubos ASTM A36 de 1" ½ (principales del chasis) con respecto a la pipeta o eje de suspensión, se tiene que considerar un ángulo de 23° respecto al eje de las Y, para la fijación se utilizó un proceso de soldadura por arco eléctrico con electrodo AGA 6013 de acabados, estos tubos posteriormente serán las bases que sostendrán al motor como se describe en la figura 84.



Figura 84. Fijación de tubos principales y montaje del motor

Ensanchado de los tubos ASTM A36

En la figura 85 se describe la deformación de los tubos ASTM A36 de 1" ½ para ser insertados a presión en los tubos sólidos A500, donde van enganchadas las bases del motor, con el fin de evitar futuras deformaciones en los orificios de estas y en el chasis por los esfuerzos combinados a soportar.

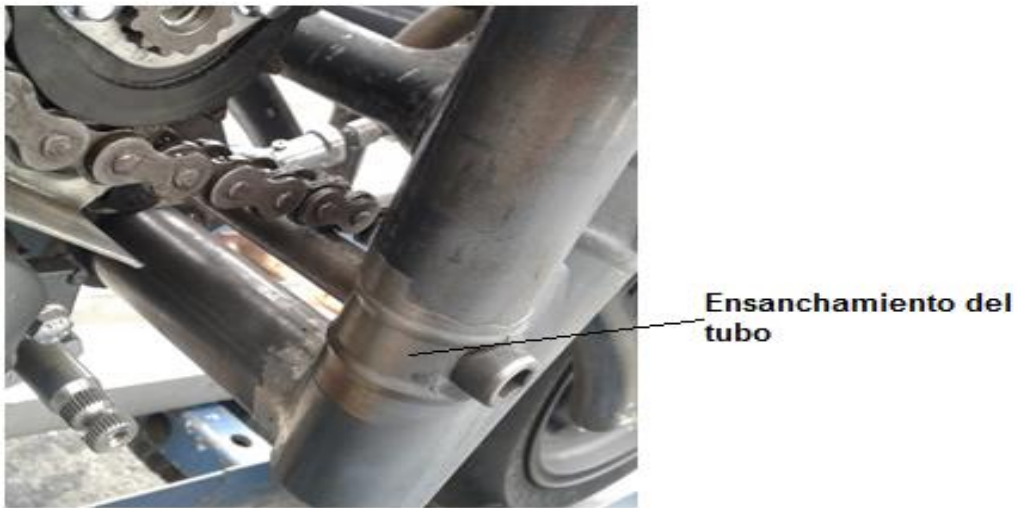


Figura 85. Bases del motor ensanchadas por deformación a presión

Creación del subchasis

La creación del subchasis, es necesario realizar la deformación del tubo en U para lo cual se utiliza la baroladora, el mismo que es acoplado con las platinas que servirán para unir el subchasis con el chasis y finalmente se procederá al armado a la estructura de la motocicleta, como se describe en la figura 86.



Figura 86. Armado completo del chasis y subchasis

4.2.4. Proceso de acabado

Con el fin de optimizar los tiempos de manufactura se realiza un diagrama de flujo que permite la identificación de cada una de las actividades que se realiza en el proceso de acabado de la estructura de acuerdo a la figura 87.

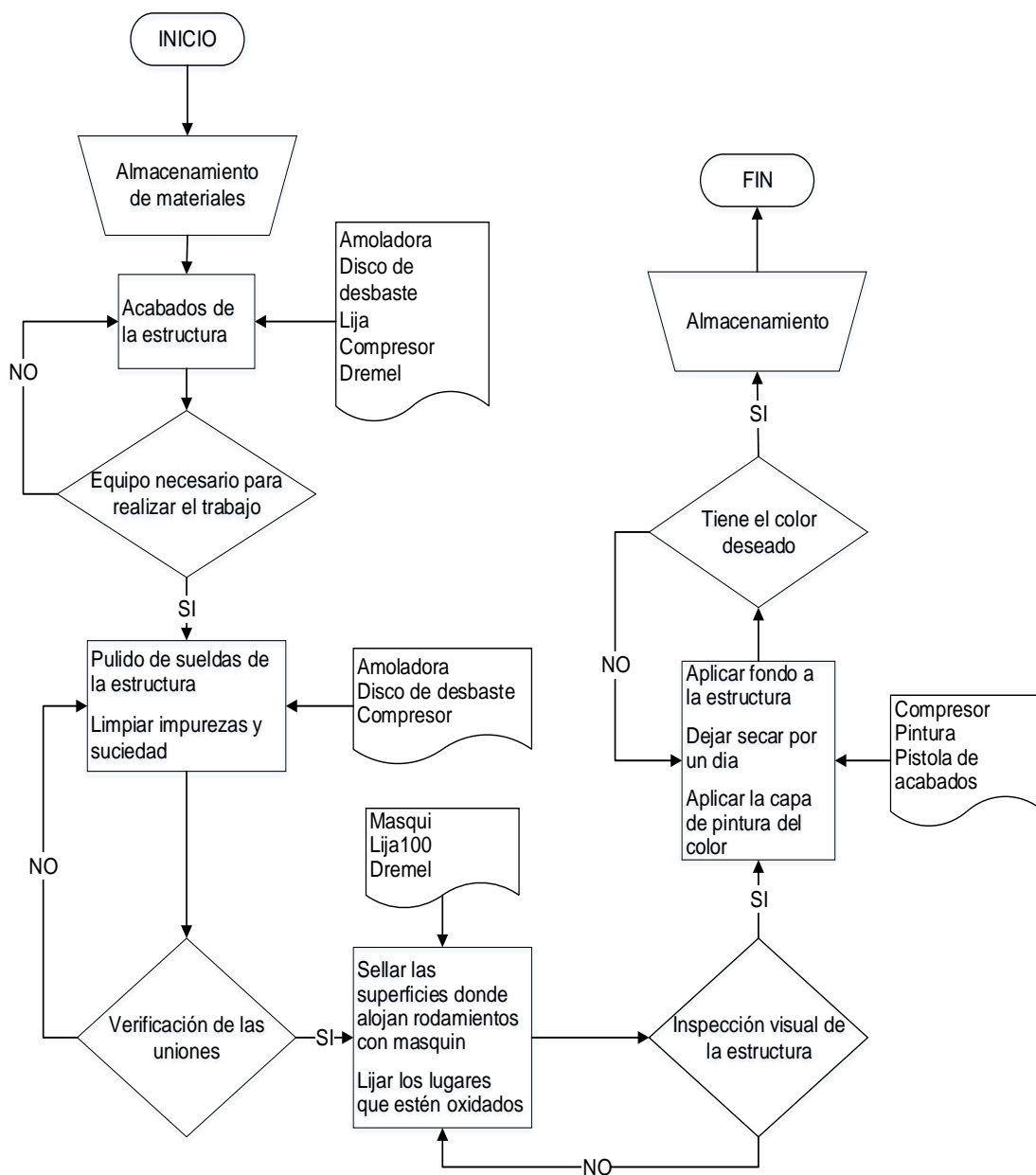


Figura 87. Proceso de acabado

Pulido

El pulido de las soldas tanto del chasis como del subchasis, se realiza en las uniones de la estructura para eliminar escoria o rebabas que se produjo al soldar los tubos ASTM A36 que forman la estructura completa, como se describen en las figuras 88 y 89.



Figura 88. Soldas pulidas del chasis



Pulido de sueldas

Figura 89. Sueldas pulidas del subchasis

Proceso de pintado

Para el proceso de pintado se establece los siguientes pasos:

- Cobertura de pistas de rodamientos.
- Lijado de la estructura
- Pintado y pulido del chasis

Cobertura de pistas de rodamientos

Se observa en la figura 90 la cobertura con masquin que se le realizó a la pipeta (1) donde se van a alojar los rodamientos, de igual manera en las superficies donde ingresarán los pernos para sostener el motor y demás componentes.



Figura 90. Cobertura de la pipeta con masquin

Lijado de la estructura

Se acopla en una máquina dremel la lija, para utilizarla en las superficies donde se encuentren restos de óxido, para después aplicar disolvente y eliminar por completo la suciedad e impurezas como se describe en la figura 91.



Figura 91. Acoplamiento de lija en máquina dremel

Proceso de pintura

Se realiza la primera capa de pintura de fondo en toda la estructura de la motocicleta como se describe en la figura 92, que se deja secar durante un día completo, luego se procede a pintar la segunda capa con el color deseado (tomate) y se espera de 20 a 25 minutos después de cada pasada. Finalmente se deja secar la estructura en un lugar aislado para que no se peguen partículas de polvo a la pintura.



Figura 92. Secado de primera capa de fondo

4.2.5. Proceso de ensamblaje de la motocicleta

El proceso de ensamblaje de la motocicleta se realizará de acuerdo al diagrama de procesos desarrollado como se describe en la figura 93.

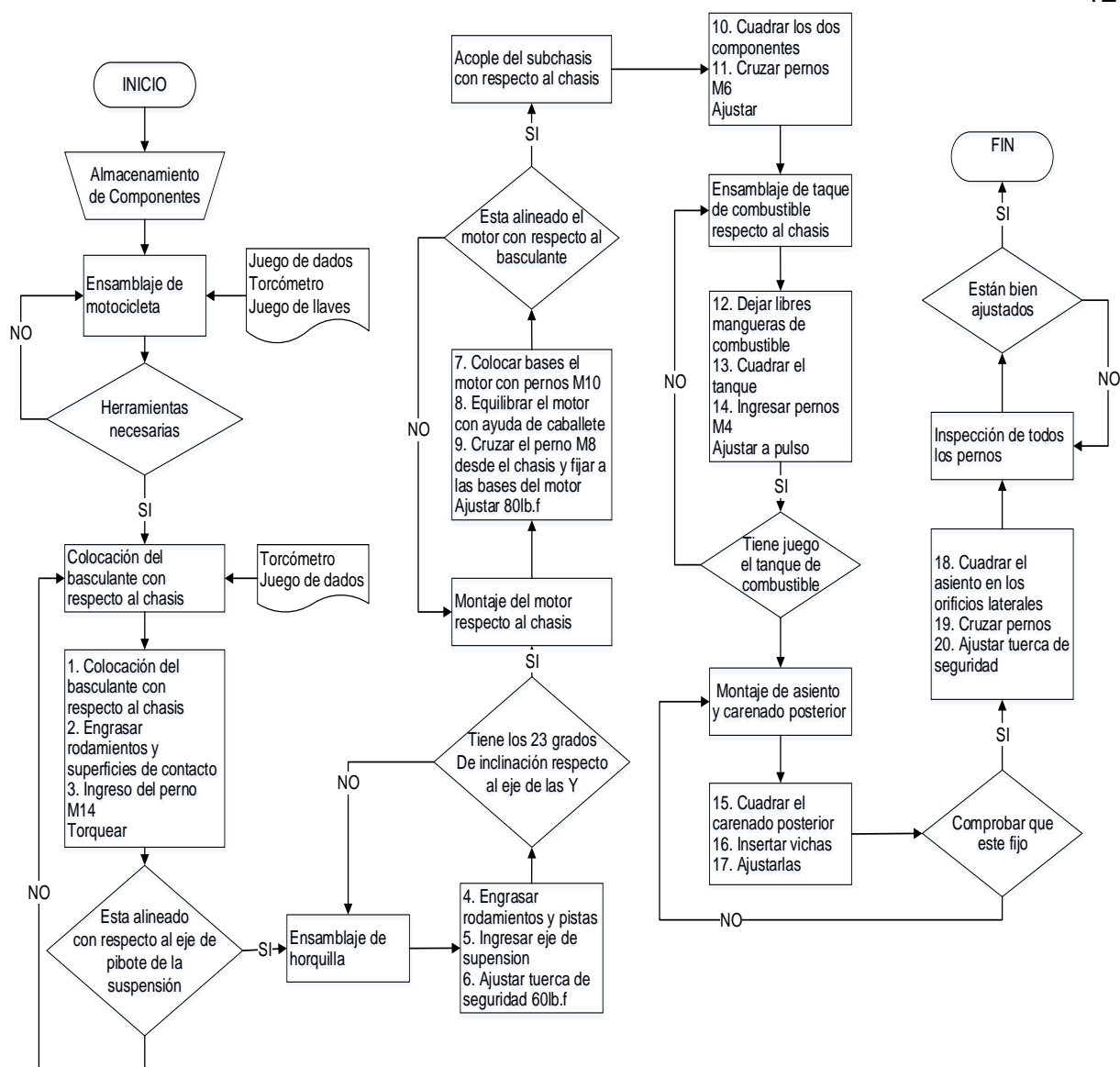


Figura 93. Diagrama de flujo del proceso de ensamblaje de la motocicleta

Se coloca el basculante con respecto al chasis de acuerdo a la figura 94, colocar grasa en los rodamientos y pernos, centrar el eje del basculante respecto a los orificios de anclaje del chasis, montar la placa que sostendrá el freno, se procede a ingresar el perno M14 (1) entre la placa, el chasis y el basculante con el torcómetro aplicamos una fuerza de 300lb.f (2) de acuerdo a la recomendación de Tony Foale.



Figura 94. Colocación de basculante

Ensamblaje de la pipeta con respecto a la suspensión delantera como se describe la figura 95, engrasar la pipeta o eje de la suspensión conjuntamente con los rodamientos cónicos NSK 233/2261, ingresar la horquilla de la suspensión en la pipeta, ajustar la tuerca de seguridad con un torcómetro aplicando 500lb.f que ayudara a evitar oscilaciones en pista.



Figura 95. Montaje de horquilla respecto al chasis

Montaje de las bases del motor respecto al chasis, de acuerdo a la figura 96, con el motor en el exterior en una mesa, se colocan los pernos M11 (1) con grasa, con respecto a las bases del motor, con la ayuda de una caballete se lo mantiene equilibrado mientras con se pone los pernos M13 se cruzan para que sujete las bases del motor al chasis ajustar con un torcómetro 250 lb.f (2)

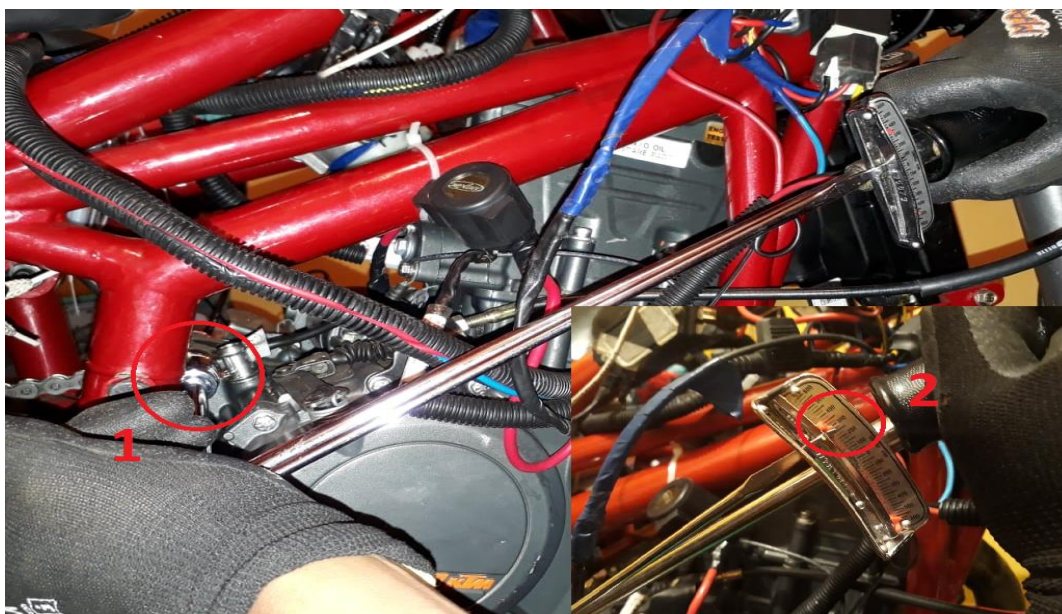


Figura 96. Montaje de bases del motor

En la figura 97 se observa el acoplamiento de asiento y carenado posterior con respecto al subchasis, este tiene dos orificios de anclaje posteriores los cuales van con pernos M4(1) y tuerca de seguridad ajustada con el torcómetro a 100 Lb.f para la fijación del asiento, para el carenado va puesto con vinchas (3) al chasis.



Figura 97. Acople de carenado y asiento

Acoplamiento de los sliders (1) y radiador de acuerdo a la figura 98 en la base frontal del tubo principal se sujeta con dos pernos el radiador con un torque de 100 lb. (3) mientras los sliders van con una tuerca numero 17(4) con un torque de 150 lb.f (5).



Figura 98. Colocación de accesorios como radiador y slaiders

CAPÍTULO V

PRUEBAS Y ANÁLISIS DEL BASTIDOR

5.1. Verificación de medidas estructurales

Las tres medidas a verificar en el prototipo de motocicleta son: distancia entre ejes, avance y ángulo de lanzamiento.

5.1.1. Verificación de la distancia entre ejes

La distancia entre ejes del prototipo de motocicleta es de 1330mm. Esta distancia es medida del centro del eje delantero hasta el centro del eje posterior.

En la figura 99, se realiza la verificación de esta medida, la misma está correcta, dando los 1330 mm que se diseñó, con una tolerancia de 40mm, para la regulación de la cadena.



Figura 99. Verificación de la distancia entre ejes

5.1.2. Verificación del avance

El avance del prototipo de motocicleta es de 60 mm. Esta distancia es medida desde el centro del eje delantero hasta el punto de apoyo de la rueda delantera, como se observa en la figura 100, dando una medida correcta.



Figura 100. Verificación del avance

5.1.3. Verificación del ángulo de lanzamiento

El ángulo de lanzamiento del prototipo de motocicleta es de 23° , el mismo que se forma con la vertical del eje delantero y la inclinación de la suspensión delantera, como se observa en la figura 101, el cual es correcto.

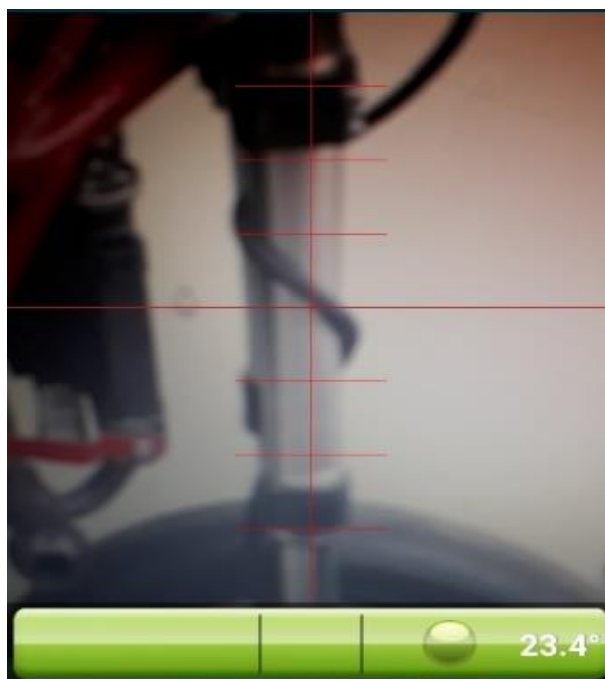


Figura 101. Verificación del ángulo de lanzamiento

5.2. Ergonomía

La prueba de ergonomía se realizó con la norma INEN 2557 “seguridad en Motocicletas”, donde nos proporciona el proceso de verificación. Para determinar el tamaño de la muestra se aplicó el método de “muestreo de aleatorio simple”, donde el tamaño de la población, según Martínez 2004, viene determinado de manera alternativa, siendo el número 100 elegido como referencia. La muestra se calcula con la ecuación 38.

$$n = \frac{k^2 * p * q * N}{(e^2 * (N - 1)) + k^2 * p * q}$$

Ecuación 38. Tamaño de la muestra

Donde:

k = nivel de confianza

e = error muestral

p = individuos de las mismas características

q = individuos de diferentes características

N = tamaño de la población

n = tamaño de la muestra

Para obtener el tamaño de la muestra un $k = 1.28$, el cual nos da una confianza de un 80%, un error muestral de $e = 20\%$ y un $p = 0,5$.

$$n = \frac{1.28^2 * 0.5 * 0.5 * 100}{(20^2 * (100 - 1)) + 1.28^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = 9$$

Se selecciona un grupo de 9 personas que poseen datos diferentes de peso y altura, para verificar características de la motocicleta, como son: acceso a los mandos delanteros, accesos a los mandos posteriores, asiento, maniobrabilidad y comodidad de manejo.

En la tabla 25, se muestra el análisis ergonómico, en el cual se califica con: 3 buena, 2 regular y 1 mala, la experiencia que tuvieron las personas a las características de la moto, anteriormente señaladas.

Tabla 25
Prueba de Ergonomía

Prueba de Ergonomía								
Nº	Nombre	Altura (m)	Peso (kg)	Mandos delanteros	Mandos posteriores	Maniobrabilidad	Asiento	Comodidad de manejo
1	Ortega Alexander	1.67	62	3	2	3	1	3
2	Ramos Cristopher	1.67	60	2	2	3	2	2
3	Ortiz Roberth	1.68	58	3	2	3	1	2
4	Ortiz Byron	1.88	64	3	3	3	2	3
5	Ortiz Jonathan	1.70	62	3	2	3	2	3

De acuerdo al análisis ergonómico que se realizó, el prototipo de motocicleta, está diseñado de manera que cumpla con la ergonomía del percentil ecuatoriano, 172cm de altura y 70 kg de peso, de acuerdo a Lema (2013).

Los resultados obtienen la siguiente cuantificación: de 0 a 9 mala, de 10 a 18 buena y de 19 a 27 excelentes.

Tabla 26
Resultados de la Prueba Ergonómica

Característica	Puntuación
Mandos delanteros	25
Mandos posteriores	23
Maniobrabilidad	25
Asiento	25
Comodidad de manejo	24

Con el análisis ergonómico implementado al prototipo de motocicleta, se puede obtener que la aceptación de las características presentadas de la misma, tiene un buen diseño, como se aprecia en la tabla 26.

5.3. Pruebas estáticas

El prototipo de motocicleta es sometido a pruebas estáticas en un banco de ensayo de esfuerzos.

Las verificaciones de seguridad en banco se llevarán a cabo en el Technical Control Área.

5.3.1. Carga vertical y horizontal

Las fuerzas son aplicadas de forma alternativa y progresiva, como muestra la figura 102, comprobando que no exista contacto entre las partes. Al quitar las fuerzas se comprueba que la motocicleta no sufrió deformaciones en su estructura.

- Carga horizontal progresiva en rueda delantera, hasta alcanzar 300 kg.
- Carga vertical progresiva sobre el asiento, hasta alcanzar 250 kg.

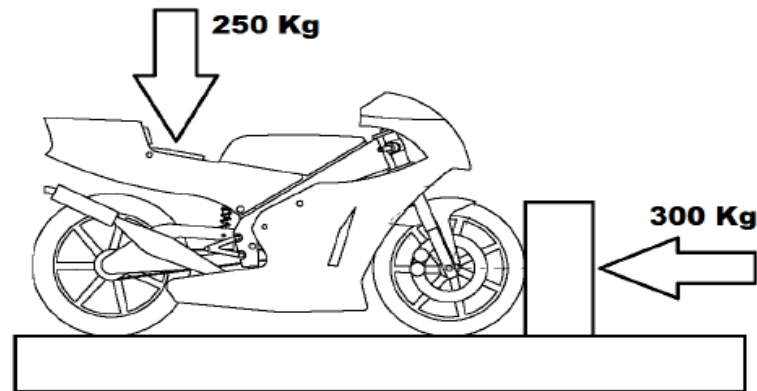


Figura 102. Esquema de aplicación de cargas
Fuente: (MotoStudent, 2017)

Si la motocicleta aprueba las verificaciones estáticas, será marcada con el adhesivo correspondiente, como se ve en la figura 103.



Figura 103. Adhesivo de verificación estática
Fuente: (MotoStudent, 2017)

Procedimiento de la prueba

Se procede a colocar la motocicleta en el banco de pruebas, asegurándola por la llanta posterior, como muestra la figura 104.



Figura 104. Anclaje de la motocicleta al banco

Se ubica una protección en el asiento de la motocicleta para aplicar la fuerza vertical, como muestra la figura 105.



Figura 105. Colocación de protección en el asiento

La figura 106 muestra la realización de la prueba estática, con cargas vertical y horizontal, aplicando una fuerza de 250kg y 300kg respectivamente.



Figura 106. Aplicación de carga vertical y horizontal

5.3.2. Aprobación

Una vez realizada la prueba, se verifica en la motocicleta si existen deformaciones en su estructura, chasis y subchasis, en caso de no existir se procede a su certificación abalada por el adhesivo, color amarillo, de aprobación de la prueba de carga vertical y horizontal, Figura 107. (Prueba Estática).



Figura 107. Resultado de la prueba estática

Esta prueba fue realizada en el área de verificación técnica de la pista de Motorland-Aragon, por personal de la competencia MotoStudent,

5.4. Pruebas dinámicas

Las pruebas dinámicas son realizadas con la finalidad de comprobar el correcto funcionamiento y rendimiento de la motocicleta en pista. Dichas pruebas se realizan en un circuito cerrado y controlado, en las Instalaciones del circuito Internacional de Motorland en Aragon-España.

Si la motocicleta aprueba las verificaciones dinámicas, será marcada con el adhesivo correspondiente, como se ve en la figura 108.



Figura 108. Adhesivo de verificación dinámica
Fuente: (MotoStudent, 2017)

Las pruebas dinámicas que se realizan son: Aceleración, frenado y maniobrabilidad.

5.4.1. Aceleración

Esta prueba se realiza para verificar la aceleración máxima de la motocicleta, la prueba se lleva a cabo a lo largo de una recta de 350 m de longitud total. De esta distancia, se tiene una longitud de 150 m para que la motocicleta alcance su máxima velocidad en el menor tiempo posible. A partir de este punto, el piloto dispone de una distancia de 200 m para desacelerar la motocicleta, de tal manera que se registre los datos obtenidos en la tabla 27. En la figura 109, se puede apreciar la descripción grafica de la prueba. Toda esta prueba está controlada por el reglamento de la competencia.

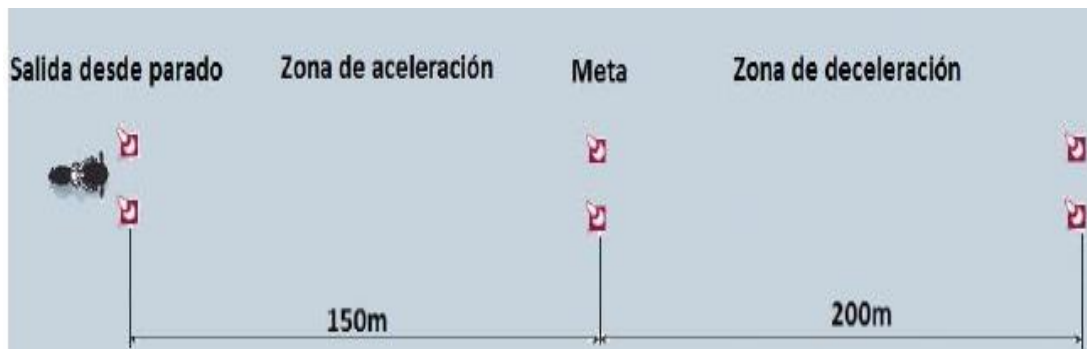


Figura 109. Descripción gráfica de la prueba de aceleración
Fuente: (MotoStudent, 2017)

Dando como resultado los datos registrados en la tabla 27.

Tabla 27

Resultados de la prueba de aceleración en la pista Motorland

PRUEBA DE ACELERACION				
Nº de Prueba	Tiempo (s)	Velocidad Final (km/h)	Velocidad Final (m/s)	Aceleración (m/s ²)
Round 1	9.32	89	24.72	2.65
Round 2	8.57	93	25.83	3.04
Promedio	8.95	91	25.27	2.82

En la figura 110, se puede apreciar la realización de la prueba en la pista de Motorland.



Figura 110. Prueba de aceleración en pista Motorland

5.4.2. Frenado

La prueba de frenado consiste en una verificación de la distancia necesaria para detener la motocicleta por completo a partir de una velocidad mínima de 80km/h.

La prueba se realiza a lo largo de una recta de 350m de longitud total. De esta distancia, se tendrá una longitud de 200m para que la motocicleta alcance la velocidad mínima necesaria. A partir de este punto, el piloto contara con una distancia de 150m para detener la motocicleta por completo en la menor distancia posible. En la figura 111, se puede apreciar la descripción grafica de la prueba.

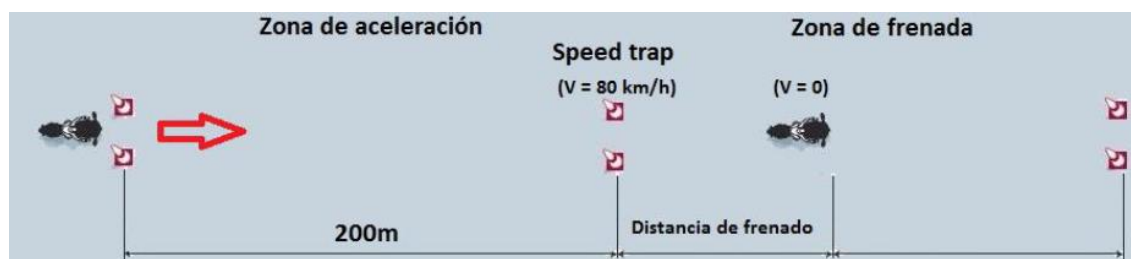


Figura 111. Descripción gráfica de la prueba de frenado
Fuente: (MotoStudent, 2017)

Dando como resultados los datos registrados en la tabla 28.

Tabla 28

Resultados de la prueba de frenado en la pista Motorland

Prueba de frenado		
Nº de prueba	Velocidad (km/h)	Distancia de frenado (m)
Round 1	85	45
Round 2	83	43
Total	84	44

En la figura 112, se puede apreciar la realización de la prueba en la pista de Motorland.

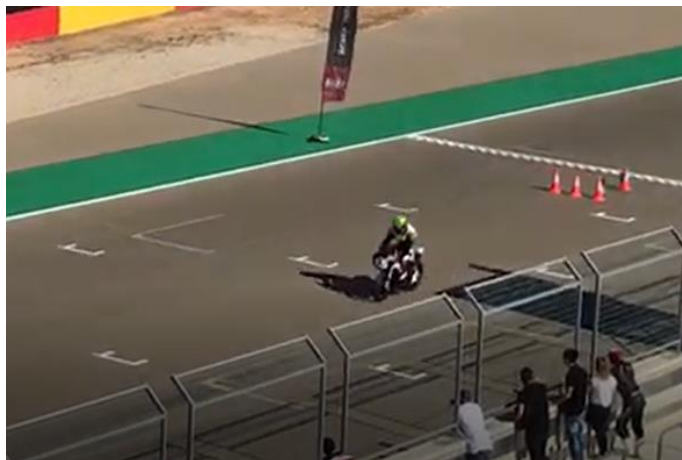


Figura 112. Prueba de frenado en pista de Motorland

5.4.3. Maniobrabilidad

Esta prueba se realiza para verificar la maniobrabilidad de la motocicleta, la misma tiene que desplazarse en un circuito delimitado por conos en el menor tiempo posible. La descripción grafica de la prueba se puede apreciar en la figura 113.

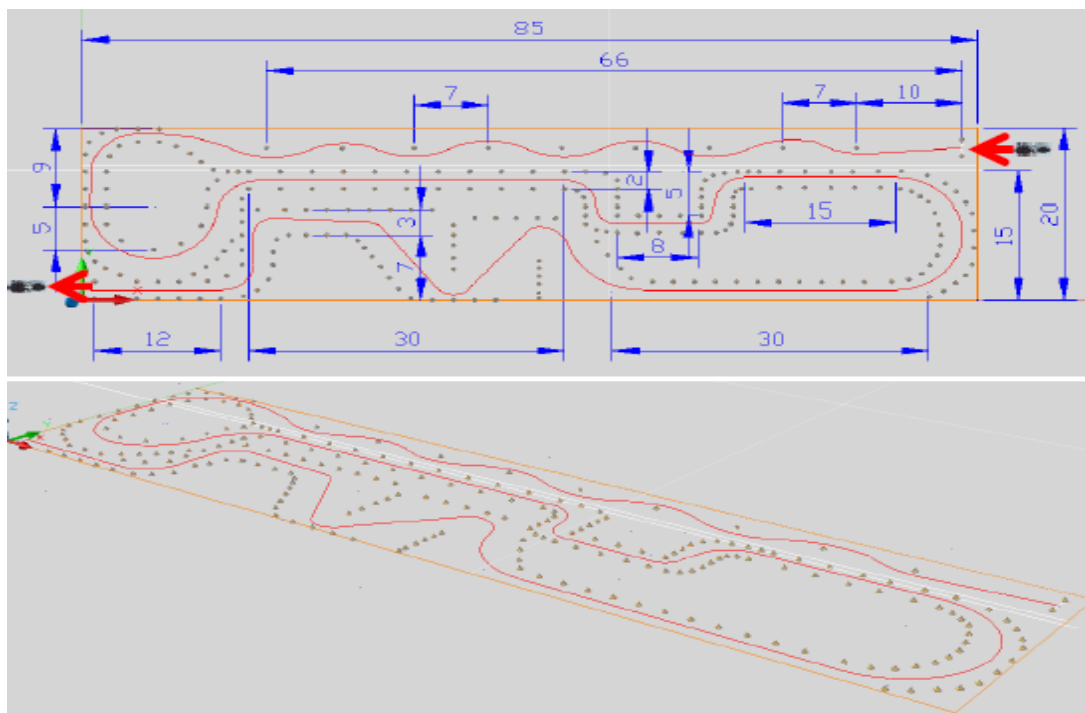


Figura 113. Descripción de la prueba de maniobrabilidad

Dando como resultados los datos registrados en la tabla 29.

Tabla 29

Resultados de la prueba de maniobrabilidad en la pista de Motorland

Prueba de maniobrabilidad	
Nº de prueba	Tiempo (s)
Round 1	43.09
Round 2	41.85
Total	42.47

En la figura 114, se puede apreciar la realización de la prueba en la pista de Motorland.



Figura 114. Prueba de maniobrabilidad en la pista Motorland

5.4.4. Aprobación

Una vez realizada las diferentes pruebas, como: aceleración, frenado y maniobrabilidad, los jueces pertinentes, basándose en el reglamento de la competencia, cercioran las pruebas como superadas, en nuestro caso, y se procede a su certificación abalada por el adhesivo, color verde, de aprobación de las pruebas dinámicas, como muestra figura 115.



Figura 115. Adhesivo de verificación dinámica

CAPÍTULO VI

MARCO ADMINISTRATIVO

6.1. Recursos

Para el proceso de fabricación de la motocicleta fue necesario utilizar recursos humanos, tecnológicos y materiales, los mismos se considerarán a continuación.

6.1.1. Recursos humanos

El recurso humano que se encargó del trabajo en los distintos sistemas y partes de la motocicleta se describe en la tabla 30.

Tabla 30*Recurso humano*

Recurso humano	
Partes / Sistemas	Responsables
Chasis	Byron Ortiz
	Roberth Ortiz
Carenado	Alejandro Valle
Sistema Electrónico	Jeferson Veloz
Innovación Suspensión delantera	Carlos Herrera
	Juan Castro
Basculante	Alexander Ortega
	Cristopher Ramos
Sistema Motor	Ruth Meneses
	Adrián Cajas
Escape	Francisco Barahona
	Josué Barros

6.1.2. Recursos tecnológicos

Los recursos en el área tecnológica utilizados en la empresa MAC-ESPE se reflejan en la tabla 31.

Tabla 31

Recursos tecnológicos

Recursos tecnológicos	
Esmeril	Juego de llaves mixtas
Fresadora	Taladro de pedestal
Torno	Cortadora
Prensa	Dobladora
Tronzadora	Pistola de pintura
Dremel	Juego de hexagonales
Suelda Smaw	Juego de dados de mando media
Pulidora	Desarmadores
Amoladora	Torcómetro
Compresor	Calibrador pie de rey

6.1.3. Recursos materiales

La empresa MAC-ESPE utilizó recursos materiales en la elaboración de la motocicleta, los mismos se reflejan en la tabla 32.

Tabla 32

Recursos materiales

Recursos materiales	
Acero ASTM A 36 1"1/2	Perno M12 y tuerca hexagonal
Acero ASTM A 36 1"	Perno M10 y tuerca hexagonal
Eje de transmisión A500	Perno M11
Pintura sintética de acabados	Perno M6
Tiner	Perno M22
Rodamientos KOYO 1324	

6.2. Presupuesto

La empresa MAC-ESPE realizó un cálculo del costo de la motocicleta de acuerdo a los sistemas de fabricación necesario en la misma. Los mismos serán reportados en este apartado.

6.2.1. Determinación de costos

Antes de presentar los costos de la producción, en el diagrama que se encuentra en la figura 116 se describen los distintos sistemas en los que se encuentra dividida la motocicleta.

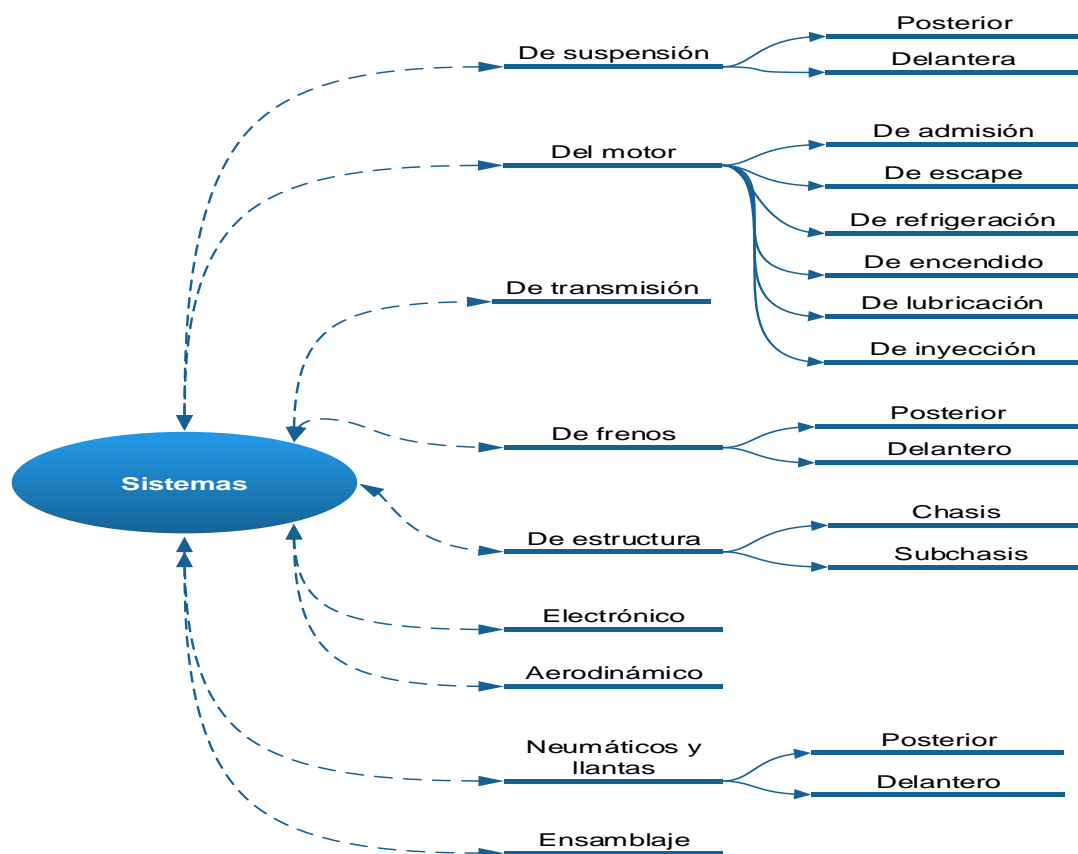


Figura 116. Sistemas de la motocicleta

Valoración

Para realizar la valoración de los costos se utilizó Microsoft Office Excel, reflejando el proceso contable con respecto a la fabricación del prototipo de carrera, que se expresan en la tabla 33, considerando los siguientes aspectos:

- Mano de obra
- Materiales
- Componentes
- Servicios

Tabla 33
Costos de fabricación


 Costes de fabricación 	
Concepto	Costo \$ Unidad
Mano de obra	
Oficial 3a mecánica/peón/mecanizado/mantenimiento	11 hora
Oficial 2a mecánica/mecanizado/mantenimiento	14 hora
Oficial 1a mecánica (E) /mecanizado/ mantenimiento	18 hora
Administrativo/a	15 hora
Ingeniero Industrial/Técnico	24 hora
Gerencia	28 hora
Materiales	
Acero	2 Kg
Acero inoxidable	4 Kg
Aluminio	5 Kg
Fibra de carbono + resina	150 Kg
Fibra de vidrio + resina	75 Kg
Pintura	13 Kg
Componentes	
PETROL - Motor básico (sin incluir escape, admisión y electrónica)	950 unidad
PETROL - Cuerpo inyector / Carburador	72 unidad
PETROL - ECU (Centralita)	110 unidad
ELECTRIC- Motor básico	950 unidad
ELECTRIC- Controlador	1000 unidad
ELECTRIC- Celda de batería 40 A. h.	65 unidad
ELECTRIC- Transformador	90 unidad
Neumático delantero	60 unidad
Neumático trasero	80 unidad

Tabla 33
Costos de fabricación (Continuación)

 Costes de fabricación 	
Concepto	Coste \$ Unidad
Componentes	
Pinza de freno delantera	90 unidad
Pinza de freno trasera	75 unidad
Disco de freno delantero	86 unidad
Disco de freno trasero	70 unidad
Pastilla de freno delantera	24 unidad
Pastilla de freno trasera	18 unidad
Llanta delantera	78 unidad
Llanta trasera	85 unidad
Puño rápido	28 unidad
Empuñadura izquierda	12 unidad
Amortiguador trasero + muelle	102 unidad
Cadena de transmisión	65 unidad
Cúpula	27 unidad
Servicios	
Suministro eléctrico	0,127 Kwh
Agua	0,0017 litro
Basura	10,56 mes
Limpieza	0,69 m ²

Fuente: (MotoStudent, 2017)

6.2.2. Resumen de horas de trabajo

La mano de obra utilizada en la elaboración de la motocicleta invirtió un tiempo determinado para cada proceso, en la tabla 34 se hace un resumen de las horas de trabajo implementadas por sistemas.

De acuerdo, al análisis realizado en la tesis de costos del equipo MAC-ESPE, se obtienen los tiempos que tardan cada operador en el proceso de construcción de los sistemas, en el cual se asevera que el costo total de mano de obra vs tiempo es de \$ 131,39.

Tabla 34
Resumen de horas de trabajo

Sistemas	Tiempo empleado en cada proceso (minutos)			Costo de MO por cada operario (minutos)			Total por subsistema	Total Mano de obra					
	Ing. Industrial	Oficial 1a	Oficial 2a	Oficial 3a	Ing. Industrial	Oficial 1a		Oficial 2a	Oficial 3a	Ing. Industrial	Oficial 1a	Oficial 2a	Oficial 3a
De Suspensión		0	85	108		\$0,37	\$0,29	\$0,23	\$49,10	\$0,00	\$0,00	\$24,54	\$24,56
Motor		22	0,00	103,80		\$0,37	\$0,29	\$0,23	\$31,71	\$0,00	\$8,17	\$0,00	\$23,55
De Transmisión		5	0	0		\$0,37	\$0,29	\$0,23	\$1,86	\$0,00	\$1,86	\$0,00	\$0,00
De Frenos		14	0	0		\$0,37	\$0,29	\$0,23	\$5,20	\$0,00	\$5,20	\$0,00	\$0,00
De Estructura		20	188	135		\$0,37	\$0,29	\$0,23	\$92,33	\$0,00	\$7,42	\$54,27	\$30,63
Electrónico		0	112	0		\$0,37	\$0,29	\$0,23	\$32,33	\$0,00	\$0,00	\$32,33	\$0,00
Aerodinámico		0	0	108		\$0,37	\$0,29	\$0,23	\$24,50	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$24,50
Neumáticos y Llantas		0	0	50		\$0,37	\$0,29	\$0,23	\$11,34	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$11,34
De Ensamblaje	90	293	0	0	0,488	\$0,37	\$0,29	\$0,23	\$152,70	\$43,95	\$108,75	\$0,00	\$0,00
Total costo de la motocicleta	90	354	385	505,13	0,488	\$0,37	\$0,29	\$0,23	\$401,06	\$43,95	\$131,39	\$111,14	\$114,58

6.2.3. Costos totales

MAC-ESPE establece realizar un registro, acumulado y control de los costos en la elaboración del prototipo, generando que la empresa pueda claramente identificar las responsabilidades y costos de cada uno. De manera detallada se mostrarán los costos reales de cada sistema de la motocicleta en la tabla 35. De acuerdo, a la información acumulada se puede observar que el costo total de la motocicleta es de \$ 5.158,50 siendo un precio competitivo en el mercado nacional con el que se puede llamar la atención de inversionistas.

Tabla 35
Costos totales

Sistemas	Materia prima	Mano de obra	Costos	Total	%
De suspensión	\$699,89	\$49,10	\$105,67	\$854,66	16,57%
Motor	\$649,55	\$31,71	\$33,68	\$714,94	13,86%
De transmisión	\$129,99	\$1,86	\$0,01	\$131,86	2,56%
De frenos	\$407,85	\$5,20	\$0,03	\$413,08	8,01%
De estructura	\$141,77	\$92,33	\$167,55	\$401,64	7,79%
Electrónico	\$189,30	\$32,33	\$16,15	\$237,78	4,61%
Aerodinámico	\$432,41	\$24,50	\$14,89	\$471,80	9,15%
Neumáticos y llantas	\$413,87	\$11,34	\$25,53	\$450,75	8,74%
Ensamblaje de la moto	\$1.288,65	\$152,70	\$40,65	\$1.482,00	28,73%
Total coste de producción motocicleta	\$4.353,28	\$401,06	\$404,16	\$5.158,50	100%

El sistema de estructura está compuesto por chasis y subchasis que son los elementos que se especifican en esta investigación, por ello en tabla 36, se muestra el costo de producción del subsistema de chasis, reportando información de la materia prima directa, mano de obra directa y los costos indirectos de fabricación. El costo de producción en cuanto a la materia prima directa, con lo que podemos aseverar que el gasto total de materiales y la pintura del chasis es de \$ 118,70 de acuerdo al diseño realizado.

Tabla 36*Costo de producción subsistema chasis materia prima directa*

MAC ESPE													
Costes de producción del Sub-sistema de Chasis													
Cliente: Motostudent Race						Fecha de inicio: 01/04/2018							
Modelo: MAC - ESPE						Fecha fin: 04/04/2018							
Cantidad: 1						Fecha de entrega: 05/04/2018							
Materia prima directa													
Componente	Código	Descripción	Detalle	Costo unit	Cantidad	Unidad de medida	Diámetro	Espesor	Longitud	Altura	Ancho	Peso	Costo total
	TRGSCH001	Tubo redondo estructural negro reforzado	ASTM A500	6,45	4,5	Metro	1 Inch	1,5 mm	1,5 mm			4 Kg	\$29,03
	TRPSCH002	Tubo redondo estructural negro reforzado	ASTM A500	13	1			0,75 mm	1,5 mm				\$13,00
	PASCH003	Placas de acero	ASTM A36	2,44	1	kg		2,5 mm					\$2,44
	CASCH004	Cubo de acero	ASTM A36	2,44	2		60mm	60 mm	225 mm				\$4,88
	PCH005	Pintura		13,87	5	kg							\$69,35
Total												\$118,70	

La tabla 37 muestra el control de costo de producción en cuanto a la mano de obra directa utilizada en cada uno de los procesos realizados para la fabricación de la motocicleta teniendo un total de \$ 86,57 de mano de obra de acuerdo al tiempo invertido.

Tabla 37*Costo de producción subsistema chasis mano de obra directa*

MAC ESPE											
Costes de producción del Sub-sistema de Chasis											
Cliente: Motostudent Race					Fecha de inicio: 01/04/2018						
Modelo: MAC - ESPE					Fecha fin: 04/04/2018						
Cantidad: 1					Fecha de entrega: 05/04/2018						
Mano de obra directa											
Elemento	Cursograma N° de operación	Proceso	Descripción	Observación	Tiempo empleado en cada proceso			Costo de MOD por cada operario (Unidad de medida en minutos)			Costo total
					Oficial 1a	Oficial 2a	Oficial 3a	Oficial 1a	Oficial 2a	Oficial 3a	
	1		Medición y Trazado				9,8	\$0,37	\$0,29	\$0,23	\$2,22
	2		Corte Material				11,25	\$0,37	\$0,29	\$0,23	\$2,55
	3		Oxicorte				16	\$0,37	\$0,29	\$0,23	\$3,63
	6		Taladrado				39	\$0,37	\$0,29	\$0,23	\$8,85
	7		Esmerilado				33	\$0,37	\$0,29	\$0,23	\$7,49
	8		Limpieza				7	\$0,37	\$0,29	\$0,23	\$1,59
	9		Union de Parte				158	\$0,37	\$0,29	\$0,23	\$45,61
	11		Mecanizado			20		\$0,37	\$0,29	\$0,23	\$7,42
	12		Pintado del chasis				25	\$0,37	\$0,29	\$0,23	\$7,22
Total minutos trabajados							20	183	116	Total MOD	\$86,57

Los costos indirectos del subsistema chasis, que implica las herramientas utilizadas en la fabricación y los servicios de aseo y suministro eléctrico necesarios para el proceso de fabricación de bastidor es de \$115,34 como lo muestra en la tabla 38.

Tabla 38

Costo de producción subsistema chasis costos indirectos de fabricación

Costos indirectos de fabricación													
Componente	Código	Herramienta	Descripción	Costo unit	Cantidad	Unidad de medida	Diámetro	Espesor	Longitud	Altura	Ancho	Peso	Costo total
	SGFL	Flexómetro,		0,15	1	Unidad							\$0,15
	SGTZ	Tronzadora		1,31	1	Unidad							\$1,31
	SGMOX	Máquina de Oxicorte		37,50	1	Unidad							\$37,50
	SGTP	Taladradora de pedestal		2,08	1	Unidad							\$2,08
	SGES	Esmeril		0,58	1	Unidad							\$0,58
	SGCA	Cepillo de Alambre		0,15	1	Unidad							\$0,15
	SGSTIG	Soldadura TIG		3,04	1	Unidad							\$3,04
	SGMCNC	Máquina CNC		50,00	1	Unidad							\$50,00
	SGCPIN	Cabina de Pintura		11,67	1	Unidad							\$11,67
		Suministro eléctrico		0,15	1,28	Kvh							\$0,19
		Limpieza		0,84	10,315	m ²							\$8,66
Total												\$115,34	
Total costo de producción (1+2+3)									\$320,61	A			

En cuanto al subsistema subchasis también se muestran las tablas que reportan el costo de producción. En la tabla 39 se determina que el costo total es de \$ 23,07 en cuanto a la materia prima directa.

Tabla 39

Costo de producción subsistema subchasis materia prima directa

MAC ESPE													
Costes de producción del Sub-sistema de Subchasis													
Cliente: Motostudent Race							Fecha de inicio: 01/04/2018						
Modelo: MAC - ESPE							Fecha fin: 04/04/2018						
Cantidad: 1							Fecha de entrega: 05/04/2018						
Materia prima directa													
Componente	Código	Descripción	Detalle	Costo unit	Cantidad	Unidad de medida	Diámetro	Espesor	Longitud	Altura	Ancho	Peso	Costo total
	TRMSCH006	Tubo redondo estructural negro reforzado	ASTM A500	7,2	1	Unidad		0,5 mm	1 mm				\$7,20
	PSSUBCH007	Pintura		15,87	1	kg							\$15,87
Total												\$23,07	

Se determina el costo de producción de la mano de obra directa utilizada en el subsistema de subchasis es de \$ 5,75, en los procesos utilizados para la fabricación de la motocicleta: medición, oxicorte, taladrado, esmerilado, limpieza y unión de partes, como se observa en la tabla 40.

Tabla 40*Costo de producción subsistema subchasis mano de obra directa*

MAC ESPE												
Costes de producción del Sub-sistema de Subchasis												
Cliente: Motostudent Race					Fecha de inicio: 01/04/2018							
Modelo: MAC - ESPE					Fecha fin: 04/07/2018							
Cantidad: 1					Fecha de entrega: 05/07/2018							
Mano de obra directa												
Elemento	Cursograma N° de operación	Proceso	Descripción	Observación	Tiempo empleado en cada proceso			Costo de MOD por cada operario (Unidad de medida en minutos)			Costo Total	
					Oficial 1a	Oficial 2a	Oficial 3a	Oficial 1a	Oficial 2a	Oficial 3a		
	1	Medición					2	\$0,37	\$0,29	\$0,23	\$0,45	
	3	Oxicorte					3	\$0,37	\$0,29	\$0,23	\$0,68	
	6	Taladrado					8	\$0,37	\$0,29	\$0,23	\$1,81	
	7	Esmerilado					5	\$0,37	\$0,29	\$0,23	\$1,13	
	8	Limpieza					1	\$0,37	\$0,29	\$0,23	\$0,23	
	9	Unión de parte					5	\$0,37	\$0,29	\$0,23	\$1,44	
	Total minutos trabajados					0	5	19	Total MOD			\$5,75

El costo indirecto en cuanto al subsistema subchasis, para al final dar el monto total del costo de producción de todo el sistema de estructura es de \$52,20 de acuerdo al desglose de la tabla 41.

Tabla 41

Costo de producción subsistema subchasis costos indirectos

Costos indirectos de fabricación													
Componente	Código	Herramientas	Descripción	Costo Unit	Cantidad	Unidad de medida	Diámetro	Espesor	Longitud	Altura	Ancho	Peso	Costo Total
	SGFL	Flexómetro		0,011	1	Unidad							\$0,01
	SGMOX	Máquina de Oxicorte		37,500	1	Unidad							\$37,50
	SGTP	Taladradora de pedestal		2,083	1	Unidad							\$2,08
	SGES	Esmeril		0,583	1	Unidad							\$0,58
	SGCA	Cepillo de Alambre		0,150	1	Unidad							\$0,15
	SGSTIG	Soldadura TIG		3,042	1	Unidad							\$3,04
	SGCPR	Calibrador pie de rey		0,142	1	Unidad							\$0,14
		Suministro eléctrico		0,15	0,18	Kvh							\$0,03
		Limpieza		0,84	10,315	m ²							\$8,66
Total													\$52,20
Total costo de producción (1+2+3)								\$81,03	B				
Total costo de producción sistema de estructura (A+B)										\$401,64			

6.3. Plan de negocio

Permite la planificación del funcionamiento y la estructura de lo que se quiere lograr en la empresa MAC-ESPE. En este apartado se presentará todos los elementos de la estructura de la misma y como se organiza la manera de presentar el producto al mercado.

6.3.1. Definición del negocio

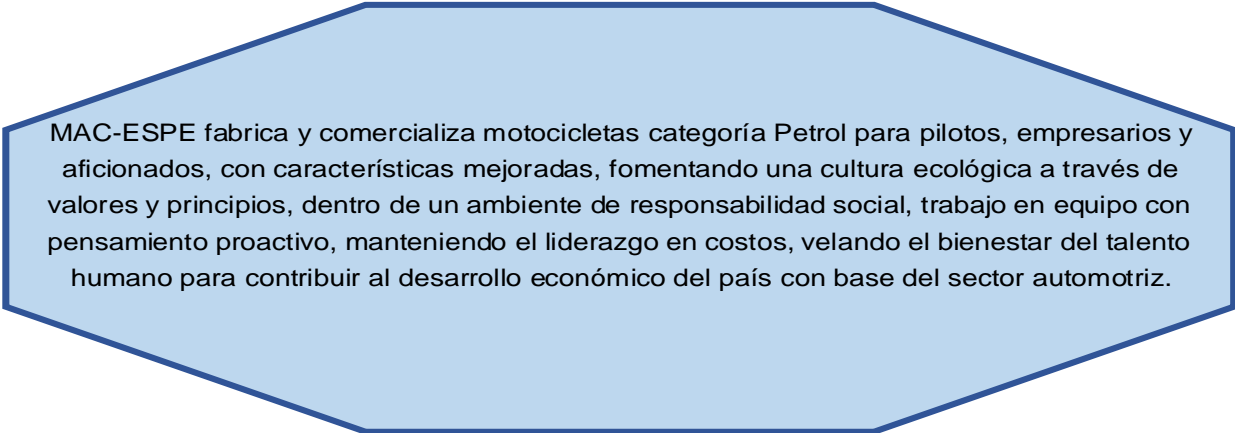
La empresa MAC-ESPE, tiene como finalidad la fabricación de motos de competencia, para todo público, en especial, para pilotos, aficionados y empresarios, con precios competitivos y además presenta mejoras en la elaboración, que permite la calidad ambiental y preservación del medio ambiente.

6.3.2. Filosofía corporativa

La empresa MAC-ESPE posee una filosofía enmarcada dentro de los valores sociales, éticos, ecológicos y ambientales que permita la identificación e involucración del personal con los objetivos a lograr. Procurando el esfuerzo, la dedicación, el trabajo, la constancia y la disciplina para el desarrollo del producto que cumpla con las ideas y ambiciones de todos los actores involucrados. Todo esto para alcanzar prestigio y reconocimiento en los servicios que realiza fortaleciendo el desarrollo y el crecimiento.

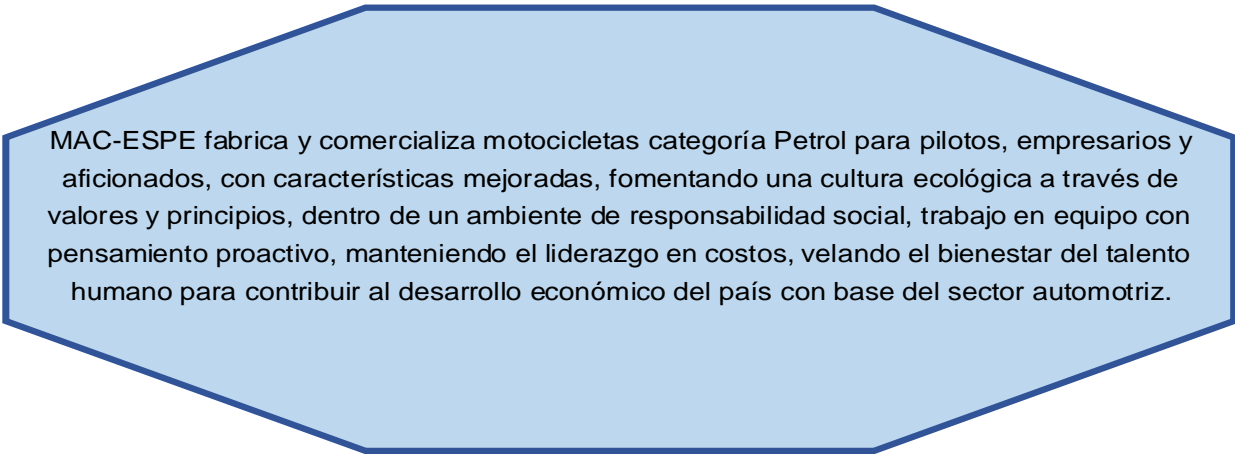
Para ello se expondrán los aspectos necesarios para el cumplimiento de la filosofía de la empresa MAC-ESPE, la visión, la misión, los principios y valores que rigen el logro de los objetivos.

6.3.3. Misión de la empresa



MAC-ESPE fabrica y comercializa motocicletas categoría Petrol para pilotos, empresarios y aficionados, con características mejoradas, fomentando una cultura ecológica a través de valores y principios, dentro de un ambiente de responsabilidad social, trabajo en equipo con pensamiento proactivo, manteniendo el liderazgo en costos, velando el bienestar del talento humano para contribuir al desarrollo económico del país con base del sector automotriz.

6.3.4. Visión de la empresa



MAC-ESPE fabrica y comercializa motocicletas categoría Petrol para pilotos, empresarios y aficionados, con características mejoradas, fomentando una cultura ecológica a través de valores y principios, dentro de un ambiente de responsabilidad social, trabajo en equipo con pensamiento proactivo, manteniendo el liderazgo en costos, velando el bienestar del talento humano para contribuir al desarrollo económico del país con base del sector automotriz.

6.3.5. Principios de la empresa

Cada empresa debe poseer principios que determinan el camino hacia el éxito y logro de los objetivos propuestos, las normas y reglas establecidas que orientan las acciones de todos los entes involucrados en el desarrollo y crecimiento de la empresa. Por ello, en el diagrama que se encuentra en la figura 117, se describen los principios que regulan a la empresa MAC-ESPE:



Figura 117. Principios de la empresa

6.3.6. Valores de la empresa

Los valores determinan la estructura y las acciones, para que todos los miembros de la organización ejerzan los roles correspondientes, garantizando mayor rendimiento, beneficio económico y el logro de las metas propuestas. En el diagrama de la figura 118 se describe los valores de la empresa MAC-ESPE:

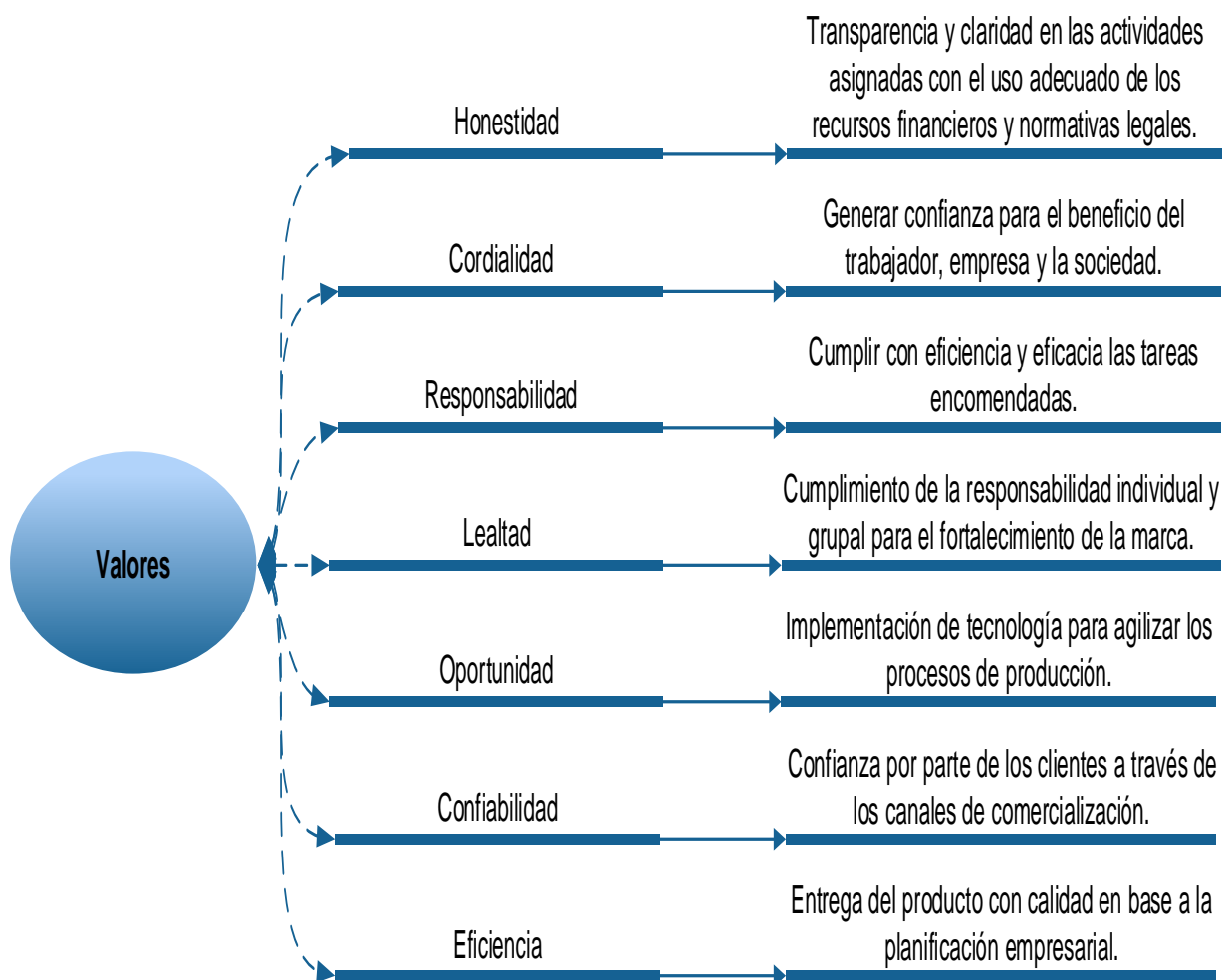


Figura 118. Valores de la empresa

6.3.7. Análisis FODA

Cada empresa posee características internas (fortalezas y debilidades) y externas (oportunidades y amenazas) que deben ser analizadas para determinar las ventajas y desventajas competitivas que posee y así generar estrategias que permitan el cumplimiento de los objetivos. El análisis de la empresa MAC-ESPE se describe en la tabla 42:

Tabla 42
Análisis FODA

Fortalezas		Oportunidades	
F1	Posición en el mercado.	O1	Acceso a nuevos nichos de mercado.
F2	Imagen de marca.	O2	Grado de madurez del sector automotriz.
F3	Capacidad de fabricación.	O3	Creciente uso de las TIC
F4	Auspicios de grandes empresas ecuatorianas.	O4	Poder de negociación de clientes o proveedores.
F5	Líneas estratégicas.	O5	Posibilidad de establecer alianzas estratégicas.
F6	Talento y habilidad para la fabricación.	O6	Resistencia a cambios tecnológicos.
F7	Publicidad en redes sociales.	O7	Líderes en ensamblaje.
F8	Posibilidades de innovación.	O8	Adquisición de materia prima propia.
Debilidades		Amenazas	
D1	Falta de financiación.	A1	Alto grado de industrialización.
D2	Grado de modernidad de las instalaciones y medios.	A2	Entrada de nuevos competidores.
D3	Canales de distribución.	A3	Barreras de entradas a mercados exteriores.
D4	Costes unitarios en relación a la competencia.	A4	Cambios en la política económica del gobierno.
D5	Disponibilidad de la materia prima.	A5	Cambios sociales o demográficos en la demanda.
D6	Experiencia en el mercado.	A6	Incremento del desempleo.
D7	Adaptabilidad a diferentes factores ambientales.	A7	Nuevas reformas de leyes que afecten al sector automotriz.
D8	Innovación en los sistemas de la moto.	A8	Variación del poder adquisitivo de la demanda.

6.3.8. Estrategias

Cada empresa debe estar enfocada en los elementos que determinan el éxito de la misma, para ello se destacan las fortalezas, las debilidades, las oportunidades y las amenazas para que a través del análisis se determinen las estrategias combinadas de los factores externos e internos que permitan optimizar el funcionamiento de la organización. En la tabla 43 se reflejan las estrategias de la empresa MAC-ESPE.

Tabla 43
Estrategias

Factores externos	Oportunidades	Amenazas	Estrategias O. A.
	<ul style="list-style-type: none"> • Acceso a nuevos nichos de mercado. • Grado de madurez del sector automotriz. • Creciente uso de las TICs. • Poder de negociación de clientes o proveedores. • Posibilidad de establecer alianzas estratégicas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia a cambios tecnológicos. • Entrada de nuevos competidores. • Barreras de entradas a mercados exteriores. • Cambios en la política económica del gobierno. • Cambios sociales o demográficos en la demanda. 	<ul style="list-style-type: none"> • Restablecer líneas de negocios. • Especializaciones en el exterior. • Incrementar líneas de productos que disminuyan a la competencia. • Incrementar variedad de características. • Construir la empresa en una zona segura.
Factores internos	Fortalezas	Estrategias F. O.	Estrategias F.A.
	<ul style="list-style-type: none"> • Posición en el mercado. • Imagen de marca. • Capacidad de fabricación. • Auspicios de grandes empresas ecuatorianas. • Líneas estratégicas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Distribución intensiva. • Anuncios en diarios o internet, ferias, volantes, sorteos, entre otros. • Ampliación de la fabricación en serie. • Políticas de servicio al cliente y proveedores. • Programas de fidelización. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar planes estratégicos. • Ampliar línea de producto. • Creación de alianzas con otros países. • Gestionar sobre una sola autoridad para evitar conflictos de interés. • Aplicación de planes de contingencia.
	Debilidades	Estrategias D. O.	Estrategias D. A.
	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de financiación. • Grado de modernidad de las instalaciones y medios. • Canales de distribución. • Costes unitarios en relación a la competencia. • Disponibilidad de la materia prima. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar convenios o intermediarios. • Innovar la materia prima. • Implementación de medios electrónicos para la comercialización del producto. • Nuevos atributos a la moto. • Maximizar la oferta de la materia prima. 	<ul style="list-style-type: none"> • Proyectos de promoción para los auspiciantes. • Programa de fidelización. • Promociones, ventas cruzadas. • Maximizaciones de oferta. • Adquisición de materia prima sustitutos.
	Estrategias F. D.		
	<ul style="list-style-type: none"> • Aprovechar los convenios y alianzas, generar plan estratégico. • Realizar campaña de promociones para propiciar popularidad. • Mejorar los procesos de ensamblamiento. • Políticas de alianzas y convenios. • Mapa de la adquisición de la materia prima. 		

6.3.9. Organigrama estructural

Cada organización posee una estructura administrativa, necesaria para el funcionamiento. En la figura 119 se describe el organigrama de la representación de la empresa MAC-ESPE.

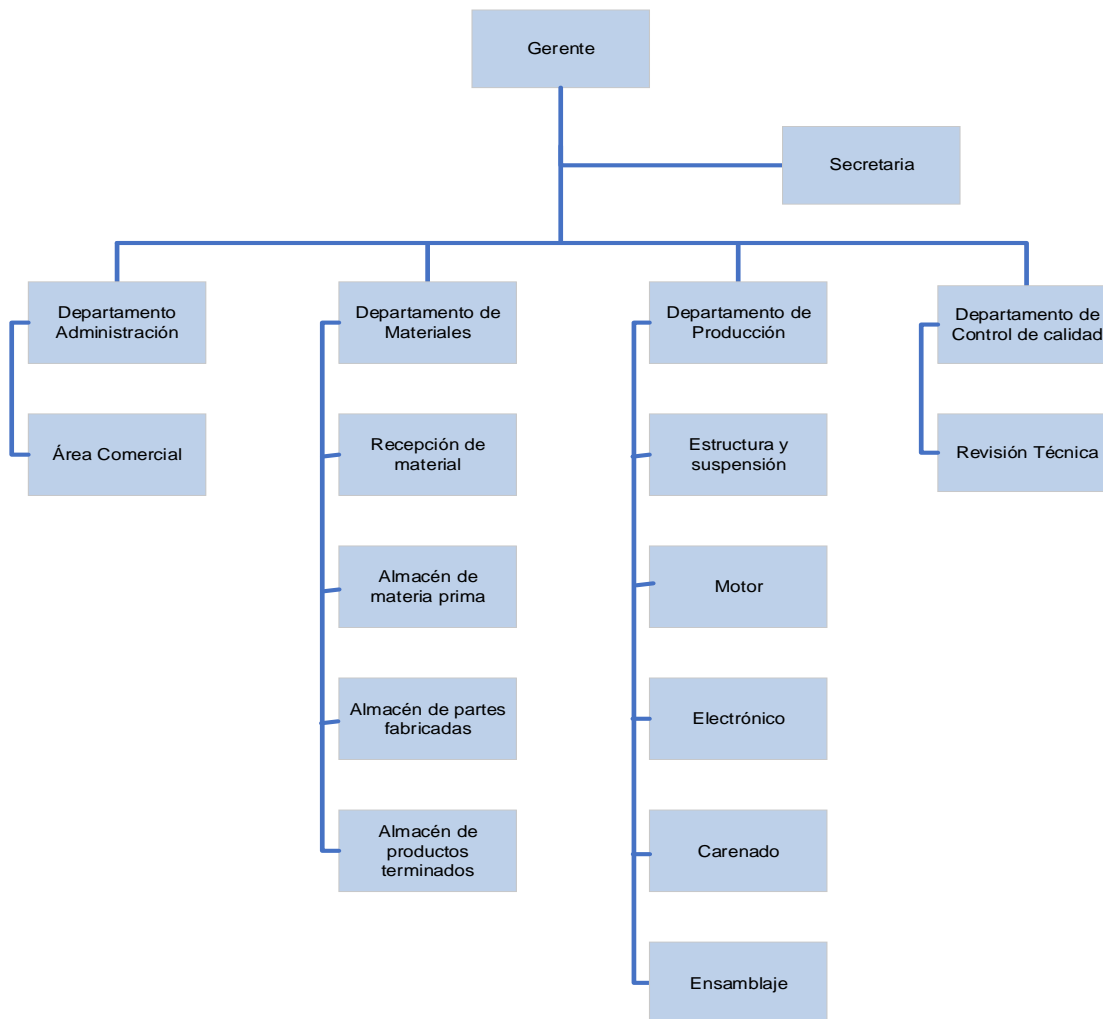


Figura 119. Organigrama estructural

6.3.10. Organigrama funcional

Para el logro de los objetivos y las metas propuestas por una organización es necesario que cada miembro cumpla con las funciones exigidas por el cargo que ocupa, la figura

120 describe el organigrama de los roles correspondientes de los miembros que componen la empresa MAC-ESPE.

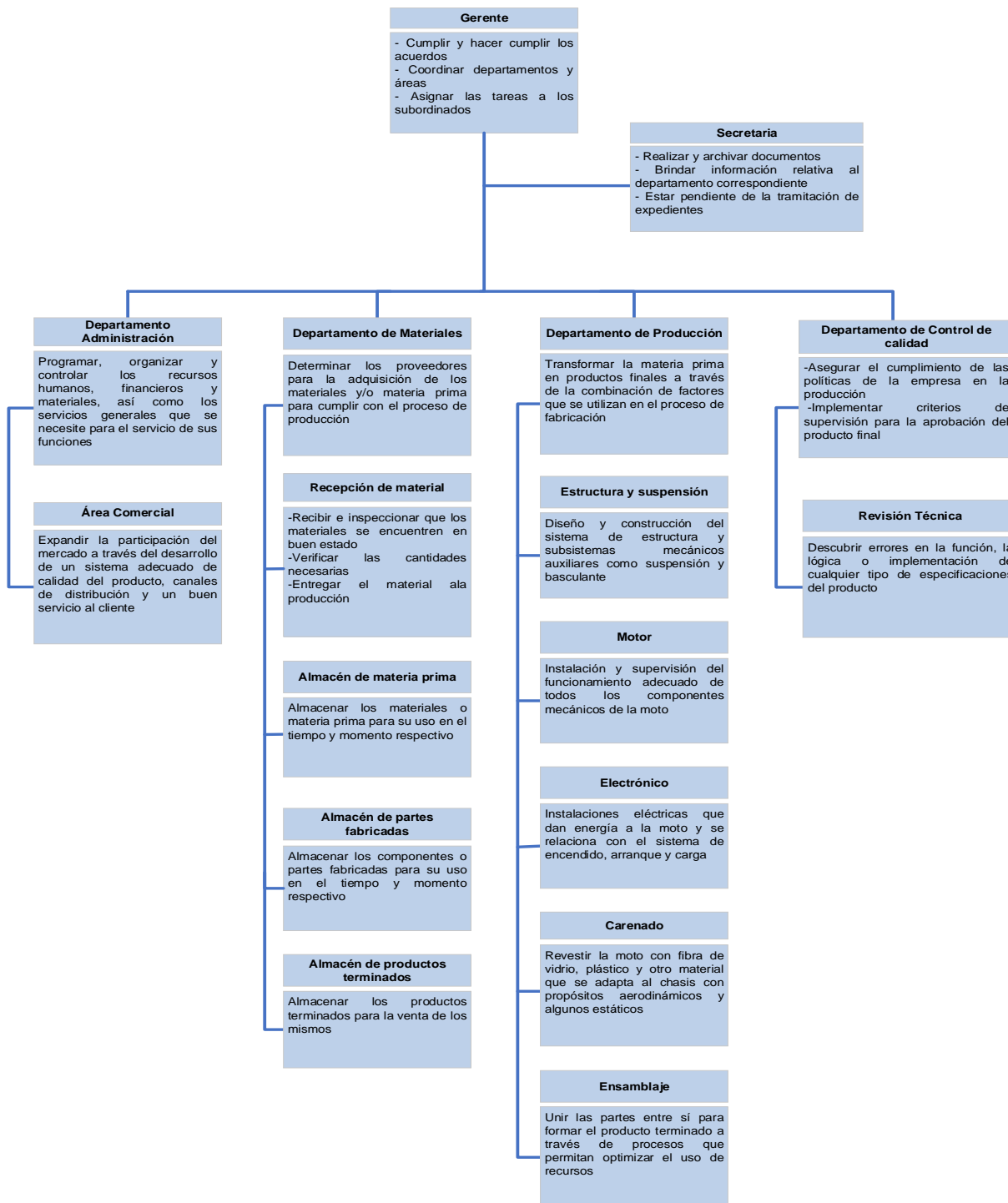


Figura 120. Organigrama funcional

6.3.11. Perspectiva de los clientes

Se realiza la identificación de los futuros clientes (pilotos, aficionados, empresarios) para lograr la satisfacción deseada y la fidelidad del cliente en la adquisición del producto. Para ello se considera la importancia en el servicio de entrega inmediata y segura, que cumpla con los objetivos que describe en el diagrama de la figura 121.

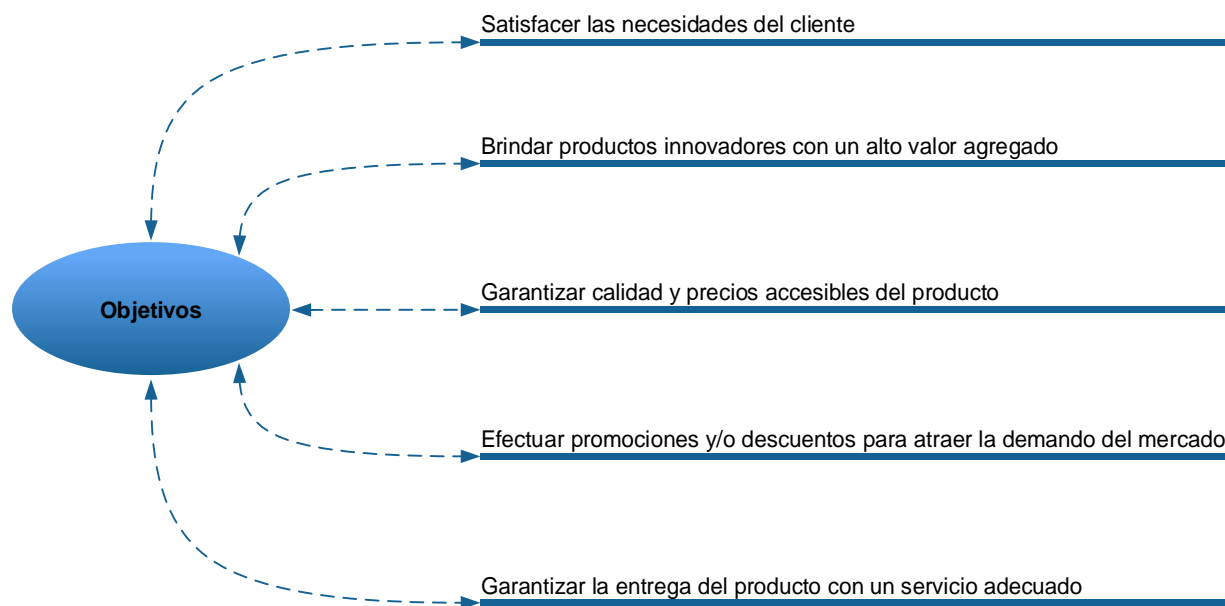


Figura 121. Objetivos de la perspectiva de los clientes

6.3.12. Perspectiva de los procesos

Para la satisfacción de los clientes se busca optimizar los procesos que generen el valor agregado del producto, que permita una propuesta financiera con costos reducidos, manteniendo la calidad y cumpliendo los objetivos propuestos, que se describen en el diagrama de la figura 122.

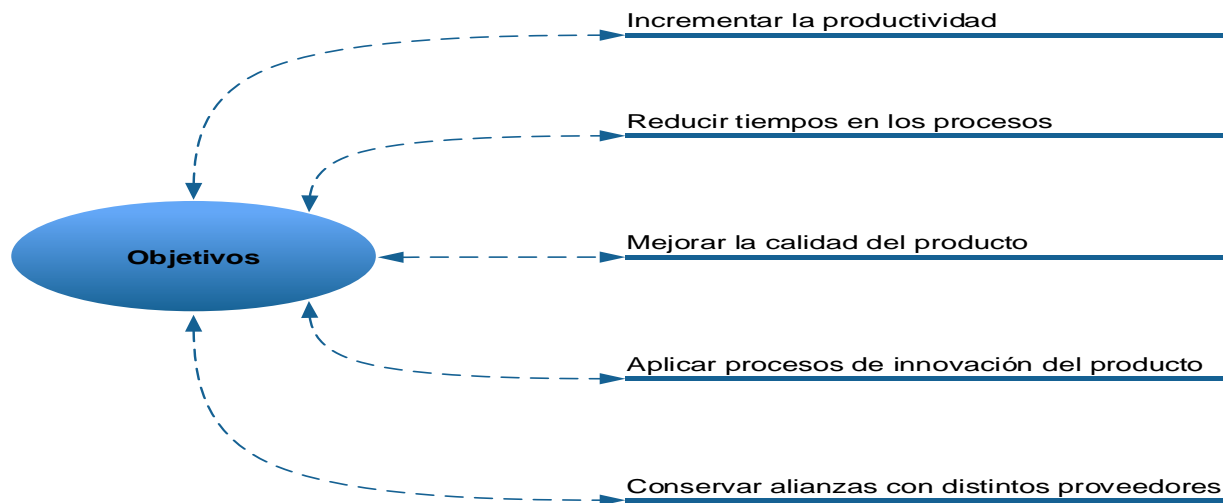


Figura 122 Objetivos de la perspectiva de los procesos

6.3.13. Perspectiva de aprendizaje y crecimiento

En la fabricación de la motocicleta se encuentran involucrados elementos de importancia como son: el recurso humano y los materiales. Estos están encaminados en tres áreas, cumpliendo con los objetivos pertinentes, como se describen en los diagramas de las figuras 123 y 124.

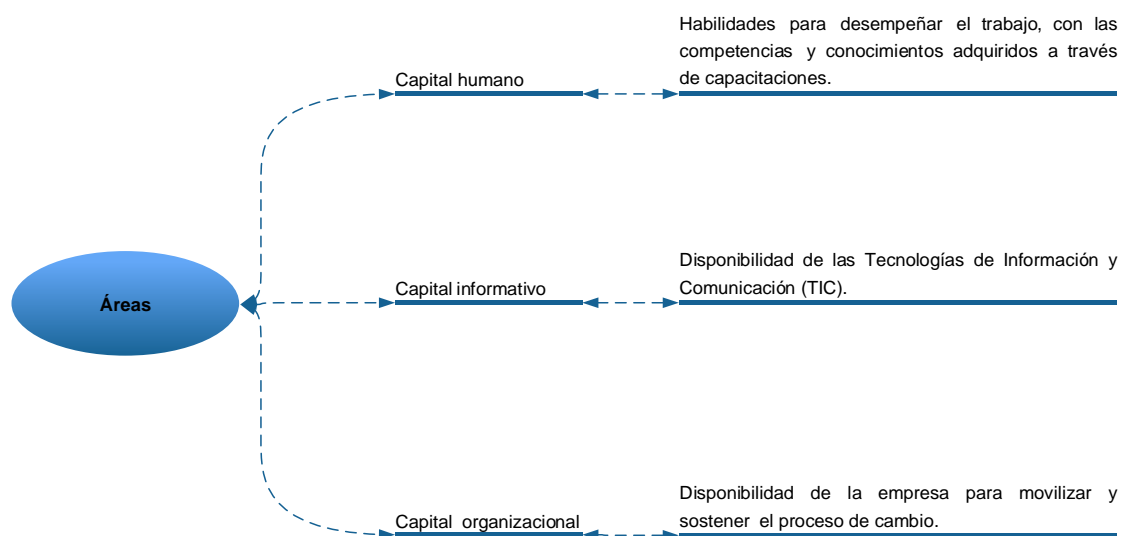


Figura 123. Áreas de la perspectiva de aprendizaje y crecimiento

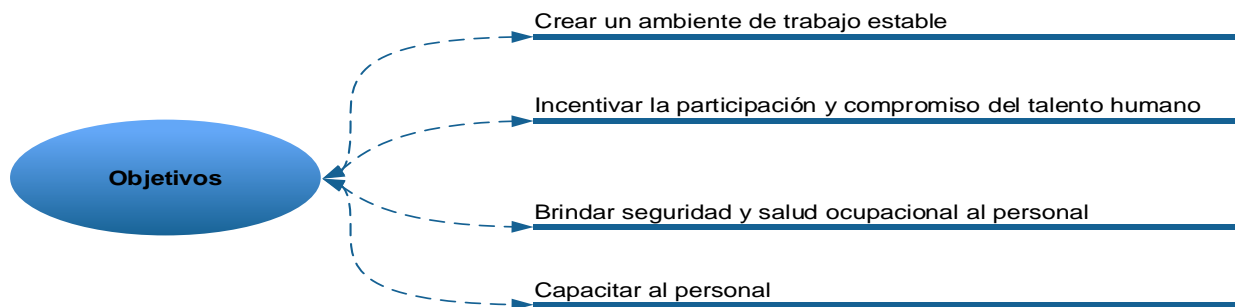


Figura 124. Objetivos de la perspectiva de aprendizaje y crecimiento

6.3.14. Cadena de valor

En la cadena de valor se describe las acciones que se desarrollan en la empresa, en las actividades primarias y de soporte necesarias para lograr el producto final. Las actividades primarias son las acciones orientadas en la fabricación física del producto y los pasos para que lleguen al comprador, por otra parte, las actividades de soporte, son el apoyo que necesita las primarias para llevar a cabo la operación, implicando todos los elementos necesarios para el logro del proceso. La cadena de valor de MAC-ESPE se describe a continuación en la figura 125.

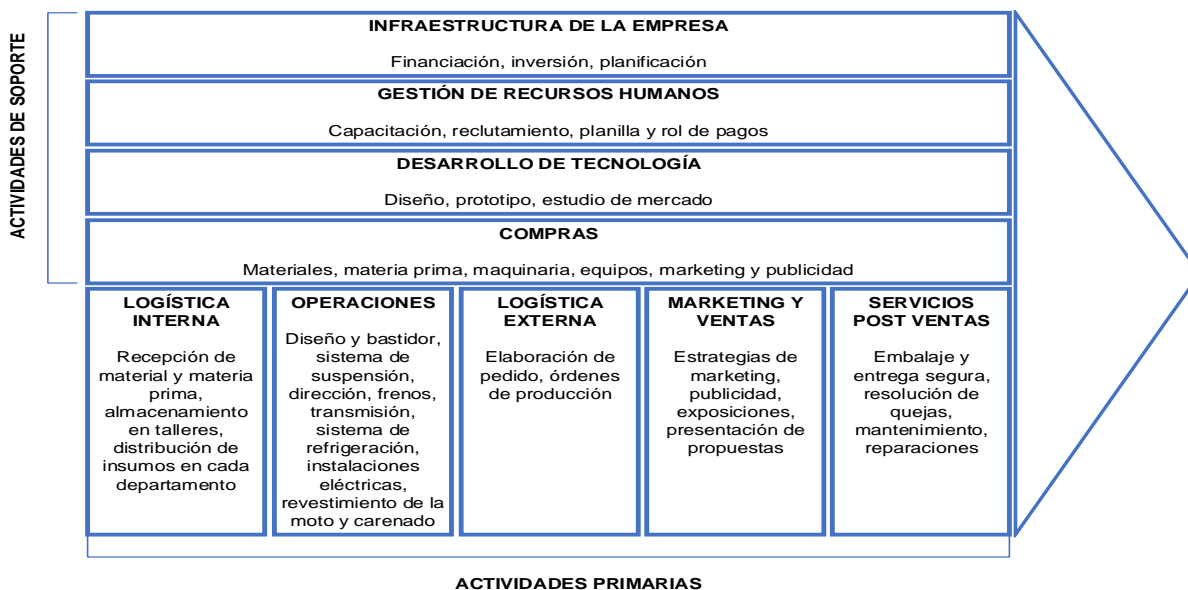


Figura 125. Cadena de valor de MAC-ESPE

6.3.15. Marketing

Cada empresa necesita desarrollar y alcanzar crecimiento en el mercado, la organización MAC-ESPE utiliza esta estrategia de marketing para el logro de los objetivos propuestos y presentar el producto al mercado que conlleve al éxito empresarial.

a. Producto

La empresa MAC-ESPE hace la presentación de un prototipo distintivo que ofrece innovaciones en el carenado, y se adapta a las preferencias del cliente de manera personalizada.

b. Marca



Figura 126. Marca del prototipo

c. Eslogan


“MAC-ESPE velocidad para tu vida”

Figura 127. Eslogan

d. Ficha técnica

Las características o especificaciones de la motocicleta se describen en la tabla 44.

Tabla 44
Ficha técnica

 STÓLIKA MOTORCYCLE	
Marca.....	MAC ESPE
Modelo.....	Stólíka
Tipo.....	Motocicleta de Competición en Pista
Versión.....	2018
País de Fabricación.....	Ecuador
Ficha técnica	
Motor.....	KTM DOHC, 4 Válvulas, Refrigerado por Agua
Cilindrada.....	250 cc
Diámetro x carrera.....	72 x 61.1 mm
Relación de Compresión.....	12.5:1
Potencia Máxima.....	30,87 HP a 9000 rpm
Torque Máximo.....	24Nm a 7250 rpm
Transmisión.....	6 velocidades
Encendido.....	Sin contacto, Control Electrónico
Inyección de combustible.....	Electrónica
Combustible.....	Gasolina sin plomo 95/98
Freno Delantero.....	Hidráulico de Disco
Freno Posterior.....	Hidráulico de Disco
Rueda Delantera.....	90/70 R17
Rueda Posterior.....	115/70 R17
Suspensión Delantera.....	Horquilla Invertida
Suspensión Posterior.....	Back Link con Regulación
Chasis.....	Tubular de Acero
Basculante.....	Tubular de Acero
Distancia entre ejes.....	1320 mm
Carenado y Mascarilla.....	Fibra Orgánica (Abacá)

e. Distribución

La empresa MAC-ESPE utiliza los sistemas de distribución que se describen en el diagrama 128, en la comercialización del producto:

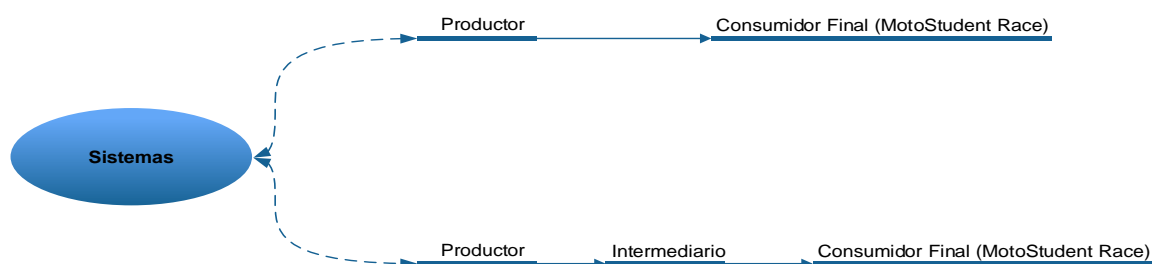


Figura 128. Sistemas de distribución

La empresa cuenta con instalaciones que brindan a los clientes entrega directa del producto y de los servicios correspondientes, para cumplir con el sistema productor al consumidor final.

Para el cumplimiento del sistema productor-intermediario-consumidor final, se establecen relaciones comerciales con los países fabricantes: China, Japón, Perú, Colombia, Argentina, India y Austria, utilizando transporte terrestre y aéreo.

f. Empaquetamiento, ensamblaje y distribución del producto

El empaquetamiento permite la protección del producto, tanto estando en almacén como a la hora de ser trasladado, utilizando plástico, cartón y cinta. El embalaje se realiza considerando las especificaciones que se describen en el organizador de texto de la figura 129.

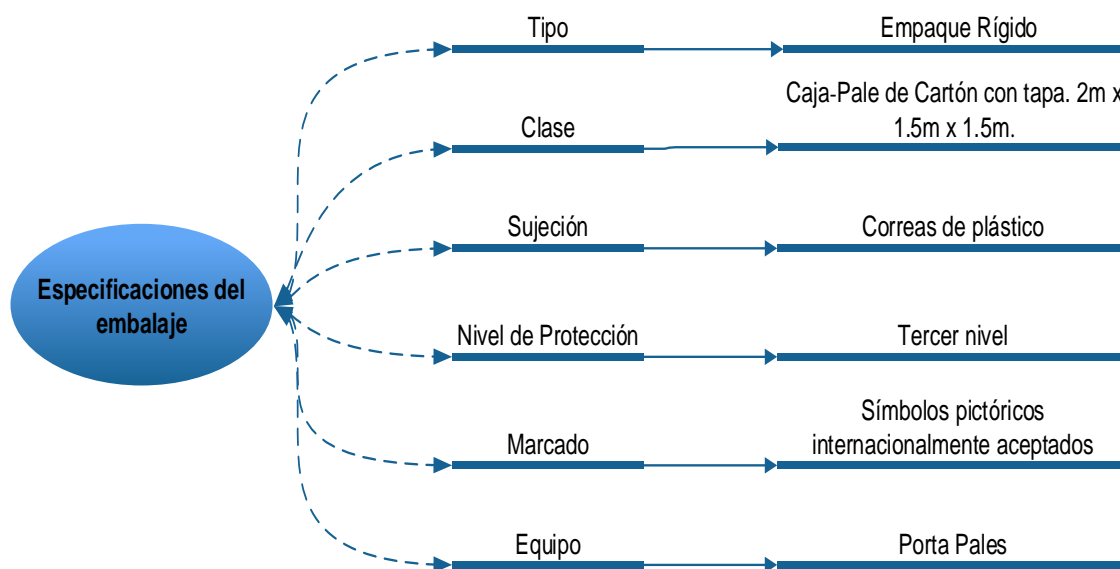


Figura 129. Especificaciones del embalaje

La distribución se hace utilizando como medio de transporte camiones que contendrán tres cajas por cada uno.

g. Servicio al cliente

Los servicios que se ofrecen a los clientes son tres:

- **Mantenimiento:** se realiza mensual durante un año.
- **Repuestos:** en la comercializadora se provee los repuestos necesarios, de no haber en el inventario de repuestos, se debe realizar una solicitud a la planta de producción.
- **Seguridad:** el producto tiene una garantía de 5000 km o un año, en caso de presentar fallas en la fabricación.

h. Promoción

La empresa tiene como herramientas de publicidad y difusión:

- **Página Web:** donde se encuentra disponible toda la información del producto y sus especificaciones, además de promociones, eventos, competencias, inscripciones, entre otros.
- **Anuncios en los periódicos y vallas publicitarias.**
- **Las redes sociales como twitter (@Mac_MotoStudent), Facebook (MAC-ESPE MotoStudent), Instagram (MAC-ESPE Team), WhatsApp (+593990303590).**

i. Estrategias y acciones

Las estrategias que se utilizan para promocionar el producto son: penetración selectiva, alta penetración, fijación de precio por descremación, publicidad, promoción, ventas, promoción comercial, distribución selectiva, presión (PUSH), canal directo. Las mismas están reflejadas en la tabla 45, con las respectivas acciones a seguir.

Tabla 45
Estrategias y acciones

Estrategias	Acciones
Producto	
Estrategia de penetración selectiva: Pre-lanzamiento de la motocicleta Stólíka a un grupo de pilotos seleccionados.	Lanzamiento de la motocicleta Stólíka a un grupo seleccionado de prescriptores pilotos.
Estrategia de alta penetración: Lanzamiento de la motocicleta Stólíka al segmento de mercado seleccionado.	Evento de lanzamiento de la motocicleta Stólíka en el evento final MotoStudent.
Precio	
Estrategia de fijación de precio por descremación: Precio alto de motocicleta Stólíka.	Fijar el precio más alto obteniendo el prestigio de imagen para los consumidores.
Promoción	
Estrategia de publicidad: Colocación de afiches y vallas publicitarias. Publicaciones de la motocicleta Stólíka en las redes sociales. Campaña de publicidad de la motocicleta Stólíka.	Colocar afiches y vallas publicitarias cerca de talleres de mecánicos y autódromos. Publicar noticias, entrevistas y eventos de la motocicleta Stólíka. Contratar una campaña publicitaria en medios de comunicación.
Estrategia de promoción: Proporcionar la información sobre la motocicleta Stólíka a los pilotos.	Por medio de la visita a pilotos entregar materia promocional especializado que contenga información técnica de la motocicleta Stólíka.
Estrategia de ventas: Visita especializada y efectiva a pilotos y aficionados.	Realizar visitas especializadas que induzcan la venta de la motocicleta Stólíka.
Estrategia de promoción comercial: Focus group con pilotos y aficionados.	Realizar focus group con diferentes pilotos y aficionados.
Plaza	
Estrategia de distribución selectiva: Selección de las cadenas de almacenes de motocicletas.	La motocicleta Stólíka será colocada en los principales almacenes de venta de motocicletas.
Estrategia de presión (PUSH): Aumento de prescriptores de la motocicleta Stólíka.	Por medio de visitas se incrementará los prescriptores.
Estrategia de canal directo: Planificación continua con distribuidores directos.	Plan de ventas e importación de la motocicleta Stólíka

6.4. Cronograma

En la tabla 46 se refleja el cronograma de las actividades que se realizaron en la investigación.

Tabla 46
Cronograma

Solicitud de tema de investigación y aprobación	5 días	mar 27/2/18	lun 5/3/18		Byron Ortiz-Roberth Ortiz	Byron Ortiz-Roberth Ortiz
Desarrollo del plan de tesis	3 días	mar 6/3/18	jue 8/3/18	1	Ing. Guido Torres - Byron Ortiz-Roberth Ortiz	Ing. Guido Torres - Byron Ortiz-Roberth Ortiz
Presentacion del plan de tesis	2 días	vie 9/3/18	lun 12/3/18	2	Ing. Guido Torres - Byron Ortiz-Roberth Ortiz	Ing. Guido Torres - Byron Ortiz-Roberth Ortiz
Recopilacion de informacion en bases digitales	30 días	mar 13/3/18	lun 23/4/18	3	Byron Ortiz-Roberth Ortiz	Byron Ortiz-Roberth Ortiz
Marco metodológico de la investigación	26 días	mar 24/4/18	mar 29/5/18	4	Ing. Guido Torres - Byron Ortiz-Roberth Ortiz	Ing. Guido Torres - Byron Ortiz-Roberth Ortiz
Adquisición del Software	3 días	mié 30/5/18	vie 1/6/18	5	Byron Ortiz-Roberth Ortiz	Byron Ortiz-Roberth Ortiz
Modelamiento del bastidor	14 días	lun 4/6/18	jue 21/6/18	6	Byron Ortiz-Roberth Ortiz	Byron Ortiz-Roberth Ortiz
Producción industrial	30 días	vie 22/6/18	jue 2/8/18	7	Ing. Guido Torres - Byron Ortiz-Roberth Ortiz	Ing. Guido Torres - Byron Ortiz-Roberth Ortiz
Pruebas en un laboratorio de metalografía	30 días	vie 3/8/18	jue 13/9/18	8	Byron Ortiz-Roberth Ortiz	Byron Ortiz-Roberth Ortiz
Pruebas en pista	15 días	vie 14/9/18	jue 4/10/18	9	Byron Ortiz-Roberth Ortiz	Byron Ortiz-Roberth Ortiz
Analisis de resultados	10 días	vie 5/10/18	jue 18/10/18	10	Byron Ortiz-Roberth Ortiz	Byron Ortiz-Roberth Ortiz
Marco Administrativo	30 días	mar 4/12/18	lun 14/1/19	11	Byron Ortiz-Roberth Ortiz	Byron Ortiz-Roberth Ortiz
Presentación del proyecto de tesis	2 días	lun 21/1/19	mar 22/1/19	12	Byron Ortiz-Roberth Ortiz	Byron Ortiz-Roberth Ortiz

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

En el análisis de la construcción del bastidor construido para la motocicleta con motor de 250cc, se emplearon los softwares dedicados (CAD, CAE), con propósito de determinar la fiabilidad en la misma, hallando los siguientes resultados:

- De acuerdo a la investigación, se establece que el bastidor de tipo Tubular cumple con las condiciones de trabajo para el correcto funcionamiento de la motocicleta, como se lo demostró en la prueba estática realizada en el área técnica de la Competencia MotoStudent.
- La modelación en el software dedicado CAD, permitió la realización del diseño del bastidor para obtener una simulación computarizada de los esfuerzos, al mismo que fue sometido, para verificar su resistencia estructural, antes de ser llevado a su proceso de fabricación.
- Con el cálculo matemático que se realizó se determinaron las fuerzas que se aplican en el bastidor, en los análisis estáticos y dinámicos. Los puntos de aplicación de las fuerzas fueron: la pipa de dirección, las sujeciones del motor y los anclajes de la suspensión posterior. Las mayores fuerzas presentadas fueron en el análisis dinámico de Frenado, obteniendo los valores de: 3749N en la Pipa de Dirección, 205.33N en la sujeción del motor y 1166N en los anclajes de la suspensión trasera.
- Los datos obtenidos en el proceso de cálculos, son ingresados en el software CAE, el mismo que sirvió para el análisis de esfuerzos de Von Mises, deformación total y factor de diseño. Se determinó que el mayor esfuerzo de Von Mises se da en el análisis de frenado, con un valor de 61.32MPa en la unión inferior del bastidor, la mayor deformación total se dio en la aceleración, con un valor de 34mm, en el

asiento del piloto. El factor de diseño obtenido para este prototipo es de 4.07, este a la vez, cumple con las garantías de seguridad porque es mayor a 1.

- Durante la construcción del bastidor se determinó que el proceso de soldadura SMAW con electrodos de acabados aporta mayor resistencia a las vibraciones producidas por el motor entre las uniones de los tubos ASTM- A500 en comparación al procedimiento de suelda MIG, debido a la cantidad de material de aporte.
- La validación del bastidor se dio en el laboratorio de la pista de Motorland, Alcañiz-España, donde se realizó la prueba estructural, con la aplicación de una fuerza vertical en el asiento de 250Kg y una fuerza horizontal en la rueda delantera de 300Kg. La aprobación se puede validar con el adhesivo de color amarillo que fue colocado en bastidor para su verificación, obteniendo el puesto N° 13, en diseño, entre 46 universidades participantes.
- Las pruebas dinámicas se realizaron en la pista de Motorland en la V edición de la Competencia Motostudent, la misma que fue aprobada con la colocación del adhesivo de color verde en el bastidor; obteniendo en la prueba de aceleración un resultado de 2.82 m/s² y en la prueba de frenado consiguió detenerse en una distancia de 44 m. Con esto se determinó que el bastidor tiene un diseño eficiente para la aceleración y frenado.
- Una vez realizadas todas las pruebas a la motocicleta, el equipo Ecuatoriano "MAC-ESPE" obtuvo el puesto N° 23, entre 46 universidades participantes a nivel mundial, en la V edición de la competencia Internacional Motostudent 2017-2018", demostrando que la motocicleta diseñada cumple con estándares internacionales.

7.2. Recomendaciones

- Es recomendable a las generaciones posteriores que vayan a construir un bastidor, deben emplear aleaciones de aluminio, con la finalidad de reducir el peso de la motocicleta.

- Construir un mecanismo en el bastidor para acoplar un asiento regulable el cual brindará una ergonomía adecuada de acuerdo a la estatura del piloto.
- Construir un chasis desarmable para poder trasladarle con facilidad hacia las pistas de competencia a nivel nacional e internacional.
- Realizar un plan de auspicios para que haya conocimiento en la industria de la participación de los estudiantes en competencias internacionales.
- Realizar un plan de auspicios para que haya conocimiento en la industria de la participación de los estudiantes en competencias internacionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias-Paz, M. (2003). *Mecánica de Motocicletas*. Madrid: Dossat.
- Canarias en moto. (21 de Agosto de 2011). *La historia de la motocicleta*. Recuperado el 29 de Noviembre de 2018, de www.canariasenmoto.com: <http://www.canariasenmoto.com/noticias/la-historia-de-la-motocicleta-un-resumen-en-imagenes.html>
- Casajús, L. (30 de Marzo de 2012). Tipos de chasis de motocicleta. *Revista Técnica*, 51(1), 1-4.
- Escobar, N. (28 de Agosto de 2012). *Historia de la Motocicleta*. Recuperado el 29 de Noviembre de 2018, de juanchoferia.blogspot.com: <http://juanchoferia.blogspot.com/>
- García, L. (2012). *Diseño y estudio de modificación de chasis y basculante de una motocicleta*. Panplona.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2017). *Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 136 "Motocicletas"*. Quito: Subsecretaria de la calidad. Recuperado el 29 de Noviembre de 2018, de <http://181.112.149.204/buzon/reglamentos/RTE-136-1R.pdf>
- Johnston, B. (2010). *Mecánica Vectorial para Ingenieros - Dinámica*. México D.F.: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA.
- MotoStudent. (2017). *Reglamento de la Competición Internacional MotoStudent V Edición*. Aragon: Moto Engineering Fundation.
- Mott, R. (2006). *Diseño de Elementos de Máquinas*. México D.F.: PEARSON EDUCACION.
- NIEER. (2016). *Protocolo para la toma y registro de medidas antropométricas*. Protocolo, Universidad de los Andes, Facultad de Economía, Latacunga. Recuperado el 29 de Noviembre de 2018, de <http://nieer.org/wp-content/uploads/2016/10/2010.NIEER-Manual-Antropometria.pdf>
- Norton, R. (2011). *Diseño de máquinas*. México D.F.: Pearson Educación.
- Ruiz Lara, M. Á. (2012). *Diseño, cálculo y dimensionamiento del chasis, basculante y sistema de suspensión trasera de una motocicleta de competición*. España.
- Valero, E. (2014). *Antropometría*. Madrid.

ANEXOS



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores: **ROBERTH ISMAEL ORTIZ ARDILA** y **BYRON DANILO ORTIZ TIPAN**

En la ciudad de Latacunga, a los 18 días del mes de enero del 2019.

Aprobado por:



ING. GUIDO TORRES
DIRECTOR DEL PROYECTO



ING. DANILO ZAMBRANO
DIRECTOR DE CARRERA



ABG. DARWIN ALBÁN YÁÑEZ
SECRETARIO ACADÉMICO