



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

AUTORES:

**ECHEVERRÍA VILLAFUERTE ANDRÉS SEBASTIÁN
SUÁREZ QUEZADA JAYRO AGUSTÍN**

**TEMA: “DISEÑO ANÁLISIS Y CONSTRUCCIÓN DE UN
CHASÍS Y CARENADO DE UN PROTOTIPO DE
MOTOCICLETA PARA LA COMPETENCIA MOTOSTUDENT
2013-2014”**

**DIRECTOR: ING. CASTRO JUAN
CODIRECTOR: ING. MENA STALIN**

LATACUNGA, DICIEMBRE 2014

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO

Ing. Castro Clavijo Juan (DIRECTOR)

Ing. Mena Stalin (CODIRECTOR)

CERTIFICAN

Que el trabajo titulado “DISEÑO, ANÁLISIS Y CONSTRUCCIÓN DE UN CHASIS Y CARENADO DE UN PROTOTIPO DE MOTOCICLETA PARA LA COMPETENCIA MOTOSTUDENT 2013-2014” realizado por ECHEVERRÍA VILLAFUERTE ANDRÉS SEBASTIÁN y SUÁREZ QUEZADA JAYRO AGUSTÍN, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que contribuirá a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, SI recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a los señores: por ECHEVERRÍA VILLAFUERTE ANDRÉS SEBASTIÁN y SUÁREZ QUEZADA JAYRO AGUSTÍN, que lo entreguen al ING. CASTRO CLAVIJO JUAN, en su calidad de Director de la Carrera de Ingeniería Automotriz.

Latacunga, Diciembre del 2014

Ing. Castro Juan
DIRECTOR

Ing. Mena Stalin
CODIRECTOR

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

NOSOTROS: ECHEVERRÍA VILLAFUERTE ANDRÉS SEBASTIÁN
SUÁREZ QUEZADA JAYRO AGUSTÍN

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado: “DISEÑO, ANÁLISIS Y CONSTRUCCIÓN DE UN CHASIS Y CARENADO DE UN PROTOTIPO DE MOTOCICLETA PARA LA COMPETENCIA MOTOSTUDENT 2013-2014” realizado por ECHEVERRÍA VILLAFUERTE ANDRÉS SEBASTIÁN y SUÁREZ QUEZADA JAYRO AGUSTÍN, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que contribuirá a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional. Si recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a los señores: ECHEVERRÍA VILLAFUERTE ANDRÉS SEBASTIÁN y SUÁREZ QUEZADA JAYRO AGUSTÍN, que lo entreguen al ING. CASTRO CLAVIJO JUAN, en su calidad de Director de Carrera de Ingeniería Automotriz.

Latacunga, Diciembre del 2014

Ing. Castro Juan
DIRECTOR

Ing. Mena Stalin
CODIRECTOR

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

NOSOTROS: ECHEVERRÍA VILLAFUERTE ANDRÉS SEBASTIÁN
SUÁREZ QUEZADA JAYRO AGUSTÍN

Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución, del trabajo: “DISEÑO, ANÁLISIS Y CONSTRUCCIÓN DE UN CHASIS Y CARENADO DE UN PROTOTIPO DE MOTOCICLETA PARA LA COMPETENCIA MOTOSTUDENT 2013-2014” cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva Responsabilidad y autoría.

Latacunga, Diciembre del 2014

Echeverría Andrés
C.C. 171642929-3

Suárez Jayro
C.C. 171642929-3

DEDICATORIA

Cada una de las palabras, del esfuerzo, de los días y noches que constituyeron mi proceso de formación profesional se lo dedico a mi madre María Soledad Villafuerte Barba, porque solamente a través de su infinita fortaleza y amor soy capaz de entregar este proyecto y me presento como una persona completamente dispuesta a trabajar por el futuro de este país.

Andrés Echeverría

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi Dios quién supo guiarme por el buen camino siempre, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

Para mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos y alcanzarlos.

A mis hermanas Karina y Michelle por estar siempre presentes, acompañándome para poderme realizar.

A mi futura esposa Johanna Monar quien ha sido y es mi fuente de inspiración, motivación, admiración y felicidad.

Jayro Suárez

AGRADECIMIENTO

A Dios y su presencia reflejada permanentemente en toda mi familia que me ha apoyado durante toda la carrera y principalmente durante el desarrollo de este proyecto.

A mi Vero Andrade por su apoyo absolutamente incondicional, por la incuantificable fuerza que me entregó desde el inicio hasta los días más fuertes de la competencia. Gracias por estar siempre a mi lado.

Al ingeniero Pablo Iturralde que me enseñó el camino y que además me enseñó la importancia de los sueños imposibles

Al ingeniero Luis Mena que a pesar de todos los obstáculos que encontramos siempre creyó en mí y me brindó su apoyo incondicional mucho antes de iniciar el proyecto de manera completamente desinteresada.

Al grupo de técnicos del Centro de Producción de La Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE por su apoyo, su enseñanza y su gran colaboración.

A mi gran amigo Jayro por su apoyo durante toda la carrera.

Al equipo que me acompañó desde el principio.

A mi Laurita.

Andrés Echeverría

AGRADECIMIENTO

A Agustín Suárez Y Delia Quezada por los primeros pasos inculcados, por enseñarme a cumplir las primeras metas de mi vida, por enseñarme a ser un visionario, a pensar en grande, por sus consejos, sabiduría, fuerza y apoyo incondicional y porque me han llevado a ser el futuro de mi patria.

A Sebastián Echeverría, por ser el hermano que jamás tuve, por cada momento que compartimos a lo largo de nuestra vida y por los muchos que están por venir.

A Johanna Monar mi futura esposa por incentivar me a alcanzar las primeras metas de mi vida, a sacar todo lo mejor de mí y ayudarme a crecer como ser humano.

A Diego Pazmiño por haber estado siempre pendiente del proyecto de tesis.

Jayro Suárez

RESUMEN

El presente tema de proyecto de tesis describe el proceso completo de diseño de prototipos con tecnología y recursos ecuatorianos lo que implica tomar como punto de partida la determinación de requerimientos dinámicos de una motocicleta de alto desempeño, los criterios de selección de materiales disponibles en el mercado local, la geometría de cada uno de los elementos que componen el chasis en función de dichos materiales y los procesos de manufactura considerando siempre el control de costos del producto final. Se hace énfasis en el uso de recursos computacionales de diseño utilizando el software SolidWorks que permite obtener proyecciones rápidas de las distintas propuestas de diseño tanto en análisis geométrico, de movimiento, esfuerzos y flujo aerodinámico asegurando la determinación de los mejores diseños antes de pasar al proceso de fabricación. Demostramos nuestros métodos de fabricación artesanal de prototipos con el nivel de calidad necesarios para lograr la aprobación de la motocicleta en la competencia y así ser capaz de correr en un circuito de carreras donde también se realizan eventos de Moto GP. Con todos estos elementos dejamos un antecedente útil para cualquier estudiante o equipo que decida participar en competencias similares así como también para cualquier profesional que decida realizar prototipos de motocicletas.

Palabras clave: prototipo de motocicleta, Motostudent, tecnología ecuatoriana, construcción artesanal.

ABSTRACT

This thesis project topic describes the complete process of prototyping with Ecuadorian technology and resources which needs to take as a starting point determine dynamic requirements of a high performance motorcycle, the criteria for selection of materials available on the local market, the geometry of each element of the chassis according to the materials and manufacturing processes always considering control costs of the final product. Emphasis is placed on the use of computational design resources using SolidWorks software to get quick projections of different design proposals of geometric analysis, motion, forces and aerodynamic flow ensuring the determination of the best designs before proceeding to process manufacturing. We demonstrate our methods using traditional prototyping with the level of quality required to obtain approval of the motorcycle competition and thus be able to take a part in a race where Moto GP events are also held. With all these elements leave a useful background for any student or team that decides to participate in similar competitions as well as for any professional who decides to prototype motorcycles.

Key words: motorcycle prototype, Motostudent, Ecuadorian technology, handmade construction.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICADO.....	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
ÍNDICE DE CONTENIDOS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
ÍNDICE DE TABLAS	xix
PRESENTACIÓN.....	xxi
CAPÍTULO I.....	1
1. EL PROBLEMA.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2. ANTECEDENTES	1
1.3. OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO	3
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO	3
1.5. ÁREA DE INFLUENCIA	4
1.6. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	4
1.7. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	5
1.7.1. Variable Independiente	5
1.7.2. Variable dependiente	5
1.7.3. Operacionalización de variables	6
CAPÍTULO II.....	7
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Reglamento técnico.....	7
2.1.1. Chasis	7
2.1.2. Homologación del chasis	8
2.1.3. Materiales.....	8
2.1.4. Suspensión	8

2.1.5.	Carenado	9
2.2.	Principios Fundamentales De Las Motocicletas	10
2.2.1.	Generalidades Chasis	10
2.2.2.	Evolución, historia y Tipos de chasis.....	11
2.2.3.	Chasis tubular	14
2.2.4.	Chasis con el motor como elemento estructural	18
2.2.5.	Chasis de espina central	21
2.2.6.	Chasis monocasco	23
2.2.7.	Chasis doble viga	25
2.3.	Bastidor	27
2.4.	Suspensión	27
2.4.1.	Historia de la suspensión	28
2.5.	Carenado	28
	CAPÍTULO III.....	31
3.	PROCESO DE DISEÑO.....	31
3.1.	CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO	31
3.2.	CRITERIOS MATEMÁTICOS	32
3.3.	DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS	37
3.3.1.	Bastidor	37
3.3.2.	Sub bastidor	39
3.3.3.	Basculante	40
3.3.4.	Balancín de suspensión	42
3.3.5.	Carenado	44
a)	ANÁLISIS AERODINÁMICO	45
3.3.6.	Manzana de tracción	51
3.3.7.	Catarina.....	52
3.3.8.	Timón y manubrio.....	52
3.3.9.	Mangueras hidráulicas:	53
3.3.10.	Tija superior	53
3.3.11.	Tanque de combustible	54
3.3.12.	Soporte de freno delantero.....	55
3.3.13.	Soporte del freno trasero.....	56

CAPÍTULO IV.....	57
4. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLADO	57
4.1. Normas básicas de seguridad.....	57
4.2. Selección del material	58
4.3. Construcción del chasis	59
4.4. Soporte de la horquilla	65
4.5. Triangulación.....	71
4.6. Basculante	73
4.7. Enllantaje	74
4.8. Construcción caucho del embrague de tracción	75
4.9. Sub-bastidor.....	76
4.10. Amortiguación	77
4.11. Construcción del carenado.....	79
CAPÍTULO V.....	84
5. PRUEBAS	84
5.1. Pruebas estáticas.....	84
5.1.1. Ergonomía.....	84
5.1.2. Verificación estática de seguridad.....	86
5.1.3. Verificación de seguridad en banco	87
5.1.4. Pruebas en pista	88
5.1.5. Distancia de frenado	88
5.1.6. Maniobrabilidad.....	91
5.1.7. Aceleración	93
5.1.8. Prueba de mecánica para equipos.....	94
5.1.9. Velocidad máxima	96
5.1.10. Pole position.....	97
5.1.11. Vuelta rápida en carrera.....	98
CAPÍTULO VI.....	100
6. MARCO ADMINISTRATIVO	100
6.1 RECURSOS.....	100
6.1.1 RECURSOS HUMANOS.....	100
6.1.2 RECURSOS TECNOLÓGICOS	100

6.1.3	RECURSOS MATERIALES	101
6.2	PRESUPUESTO	101
6.3	CRONOGRAMA.....	102
	CONCLUSIONES	103
	RECOMENDACIONES.....	105
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	107
	ANEXOS	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Logotipos de MotoStudent y de Moto Engineering Foundation	2
Figura 2	Equipos participantes en la segunda edición de MotoStudent.	3
Figura 3	Guardabarros delantero-dimensiones.....	10
Figura 4	Primera moto fabricada: Daimler, 1885.	11
Figura 5	Partes típicas de un chasis.	12
Figura 6.	Chasis tipo diamante de la primera Honda fabricada.	14
Figura 7.	Chasis cuna simple.....	15
Figura 8.	Chasis de doble cuna.	16
Figura 9.	Chasis Cotton (García R. , 2012).....	17
Figura 10.	Chasis Featherbed de Norton.....	18
Figura 11.	Chasis tubular de Ducati.....	18
Figura 12.	Esquema de chasis con el motor como elemento estructural.	19
Figura 13.	Chasis con motor como elemento estructural.....	19
Figura 14.	Ducati Desmosedici MotoGP.....	20
Figura 15.	BMW HP2 Sport.	21
Figura 16.	Chasis espina central.....	22
Figura 17.	Chasis espina central con bifurcación en la parte trasera.....	22
Figura 18.	Chasis en espina central. Honda CBF 600S.....	23
Figura 19.	Chasis monocasco Ossa 250.	24
Figura 20.	Chasis monocasco de Ducati 1199 Panigale.....	24
Figura 21.	Chasis doble viga “Deltabox”.....	25
Figura 22.	Unión de chasis y el subchasis.....	26
Figura 23.	Chasis doble viga. Laglisse Moto.	27
Figura 24.	Recorrido interior del aire en varias motocicletas Suzuki.....	29
Figura 25	Cálculo de altura del centro de gravedad	33
Figura 26.	Modelación del bastidor	38
Figura 27.	Simulación de tensiones con carga frontal	39
Figura 28.	Simulación de desplazamientos con carga frontal.....	39
Figura 29.	Simulación de tensiones con carga posterior	40
Figura 30.	Modelación del basculante	41

Figura 31.	Esfuerzos en el basculante.....	41
Figura 32.	Deformaciones en el basculante.....	42
Figura 33.	Esfuerzos en el balancín de la suspensión.....	42
Figura 34.	Desplazamientos en el balancín de la suspensión	44
Figura 35.	Carenado.....	45
Figura 36.	Flujo de aire frontal	46
Figura 37.	Flujo de aire que ingresa por el costado.....	47
Figura 38.	Flujo de aire en un costado.....	47
Figura 39.	Vista superior del flujo de aire.....	48
Figura 40.	Vista isométrica del flujo de aire	48
Figura 41.	Vista lateral del flujo de aire.....	49
Figura 42.	Aerodinámica de la moto con piloto.....	50
Figura 43.	Vista superior del flujo de aire.....	50
Figura 44.	Vista posterior del flujo de aire.....	51
Figura 45.	Manzana de tracción.....	51
Figura 46.	Vista frontal de una Catarina	52
Figura 47.	Timón y manubrio	53
Figura 48.	Mangueras hidráulicas.....	53
Figura 49.	Tija superior	54
Figura 50.	Tanque de almacenamiento del combustible.....	55
Figura 51.	Soporte delantero del freno	55
Figura 52.	Soporte trasero del freno	56
Figura 53.	Señalamiento del tubo	60
Figura 54.	Corte del tubo	60
Figura 55.	Llenado del tubo con arena	61
Figura 56.	Posición del tubo en la matriz semicircular	62
Figura 57.	Otra vista del tubo en la matriz semicircular	62
Figura 58.	Doblado de tubos terminado.....	63
Figura 59.	Control de las dimensiones y de la recuperación elástica	63
Figura 60.	Control de las dimensiones.....	64
Figura 61.	Vista previa del tanque de combustible	64
Figura 62.	Mecanizado del soporte de la horquilla.....	65

Figura 63.	Soporte de la horquilla terminado	66
Figura 64.	Ubicación del primer par de tubos doblados.....	68
Figura 65.	Ubicación del eje de dirección con el ángulo caster	69
Figura 66.	Ubicación del tercer tubo y verificación del ángulo	69
Figura 67.	Uso de escuadra para el control geométrico	70
Figura 68.	Verificación del paralelismo de los tubos	70
Figura 69.	Soldadura de los cuatro tubos doblados.....	70
Figura 70.	Preparación de tubos para triangulación	71
Figura 71.	Triangulación completa del bastidor	71
Figura 72.	Otro ángulo de la triangulación del bastidor.....	72
Figura 73.	Vista frontal del bastidor con el tanque de combustible	72
Figura 74.	Ubicación de tubos de soporte del motor (doble cuna).....	73
Figura 75.	Ubicación de los soportes del basculante.....	73
Figura 76.	Vista previa de la unión basculante-bastidor	74
Figura 77.	Desmontaje del conjunto	75
Figura 78.	Verificación del aro de la llanta	75
Figura 79.	Cauchos insertados en la llanta.....	76
Figura 80.	Vista previa de la iniciación de la soldadura	76
Figura 81.	Soldado del sub-bastidor	77
Figura 82.	Montaje del amortiguador en el bastidor y basculante.....	77
Figura 83.	Ensamble del sub-bastidor (soporte del asiento).....	78
Figura 84.	Otra vista del conjunto bastidor, basculante, llanta, sillín.....	78
Figura 85.	Vista previa del lateral trasero del carenado.....	79
Figura 86.	Vista previa del panel lateral del carenado	79
Figura 87.	Aplicación de la manta de fibra de vidrio sobre el molde	80
Figura 88.	Aplicación de la mezcla de gel-coat sobre la fibra de vidrio....	81
Figura 89.	Molde de cartón unido a la fibra de vidrio	81
Figura 90.	Frontal en fibra de vidrio antes de lijar y pulir	82
Figura 91.	Panel lateral en fibra de vidrio antes de lijar y pulir.....	82
Figura 92.	Lijado y pulido del carenado	83
Figura 93.	Ensamble del carenado previo a recibir pintura	83
Figura 94.	Revisión de los jueces	84

Figura 95.	Ángulos de espalda con la vertical y de flexión de rodillas	85
Figura 96.	Ángulos de ergonomía.....	86
Figura 97.	Revisión de seguridad	87
Figura 98.	Descripción gráfica de la prueba.	87
Figura 99.	Banco de carga.....	88
Figura 100.	Descripción gráfica de la prueba.	90
Figura 101.	Pruebas de maniobrabilidad	91
Figura 102.	Dimensiones y geometría del circuito.	92
Figura 103.	Descripción gráfica de la prueba.	94
Figura 104.	Salida a carreras.....	94
Figura 105.	Orientación en el montaje y desmontaje del carenado.	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Variables para el prototipo de motocicleta	6
Tabla 2	Variables para el diseño y construcción del chasis y carenado	6
Tabla 3	Fuerzas generadas en la mascarilla	46
Tabla 4	Resumen de fuerzas en el costado.....	46
Tabla 5	Fuerzas que se generan sin el piloto	49
Tabla 6	Fuerzas que se generan sin el piloto	49
Tabla 7	Criterios de calificación	58
Tabla 8	Criterios para la elección del material	58
Tabla 9	Ponderaciones de las diferentes partes estructurales.....	59
Tabla 10	Penalizaciones.....	90
Tabla 11	Datos obtenidos	90
Tabla 12	Penalizaciones por mala maniobrabilidad.....	91
Tabla 13	Datos obtenidos en la prueba	94
Tabla 14	Datos obtenidos en la prueba	96
Tabla 15	Datos obtenidos en la prueba	98
Tabla 16	Datos obtenidos en la prueba	99
Tabla 17	Presupuesto.....	101
Tabla 18	Distribución de costos de la motocicleta	102
Tabla 19	Cronograma de actividades	102

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1	Ubicación del centro de gravedad	32
Ecuación 2	Altura del centro de gravedad.....	33
Ecuación 3	Tiempo de frenada	34
Ecuación 4	Energía de frenado	34
Ecuación 5	Distancia de frenado.....	34
Ecuación 6	Fuerza de frenado	34
Ecuación 7	Fuerza de frenado	34
Ecuación 8	Porcentaje de distribución de pesos	35
Ecuación 9	Cálculo de transferencia de pesos.....	35
Ecuación 10	Fuerza de compresión de la horquilla.....	35
Ecuación 11	Fuerza que dobla la horquilla	36
Ecuación 12	Fuerza de compresión de la horquilla al frenar.....	36
Ecuación 13	Fuerza que dobla la horquilla al frenar	36
Ecuación 14	Área frontal	36
Ecuación 15	Coeficiente aerodinámico	37
Ecuación 16	Coeficiente aerodinámico con el piloto	37
Ecuación 17	Distancia de Frenado	89

PRESENTACIÓN

El proyecto “DISEÑO, ANÁLISIS Y CONSTRUCCIÓN DE UN CHASIS Y CARENADO DE UN PROTOTIPO DE MOTOCICLETA PARA LA COMPETENCIA MOTOSTUDENT 2013-2014.” Recopila todos los conocimientos que a lo largo de la carrera se adquirieron.

En este proyecto nos propusimos demostrar que nuestros métodos de diseño y fabricación son del nivel de calidad y competitividad lo suficientemente altos para lograr la aprobación de la motocicleta en la competencia y para lograr ser parte de los quipos clasificados para correr en el circuito de carreras MotorLand en Aragón – España.

Dentro del Capítulo 1 analizaremos los requerimientos técnicos exigidos en la competencia.

Dentro del Capítulo 2 se da a conocer el marco teórico empleado en el desarrollo de la presente investigación.

Dentro del Capítulo 3 se expone el planteamiento de las hipótesis y la operatividad de todas y cada una de las variables, sean estas independientes o dependientes.

Dentro del Capítulo 4 se detalla el diseño y construcción de la motocicleta, donde se realiza el análisis para la respectiva selección de materiales.

Dentro del Capítulo 5 se realizó las diferentes pruebas de calidad y desempeño para lograr la clasificación de la motocicleta a las pruebas dinámicas.

Dentro del capítulo 6 se presenta el marco administrativo que se utilizó para la fabricación, calificación y construcción de la motocicleta.

CAPÍTULO I

1. EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La industria ecuatoriana de motocicletas se ha enfocado a la comercialización de productos importados y al ensamblaje de kits con un mínimo aporte de fabricación nacional.

Al no existir ninguna referencia sobre el diseño y construcción de motocicletas, consideramos que desarrollar un prototipo de carreras que logre satisfacer las exigencias de competencias internacionales, es un punto de partida tanto como para el desarrollo de nuevos prototipos así como también para el comienzo de una industria que tenga un alto porcentaje de materiales y producción ecuatoriana, que pueda satisfacer las necesidades de movilidad y que aporte al proyecto gubernamental de industrialización.

1.2. ANTECEDENTES

MOTO ENGINEERING FOUNDATION promueve la competición MOTOSTUDENT, un desafío entre equipos de estudiantes universitarios de Europa y de todo el mundo. El objetivo es diseñar, fabricar y evaluar un prototipo de moto de competición con una cilindrada de 250cc y cuatro tiempos, la cual será puesta a prueba y valorada en una prueba final en el circuito de MotorLand Aragón. La competencia en sí misma representa un desafío para los estudiantes. Donde tendrán que poner a prueba su creatividad y sus habilidades para innovar aplicando directamente sus capacidades como ingenieros contra otros equipos universitarios de todo el mundo durante un período de tres semestres.



Figura 1 Logotipos de MotoStudent y de Moto Engineering Foundation

Fuente: Motostudent

Se pide a los equipos que jueguen el papel de una firma de motos, por lo que tendrán que diseñar, fabricar y evaluar un prototipo de moto de competición destinado al público no profesional, de fin de semana y el mercado de competición. Los equipos tendrán que ponerse en la situación de vender su producto al “publico general”, como si de una fábrica de motos se tratara como en cualquier otro proyecto industrial. Por ello el desafío no es sólo un proyecto de ingeniería, sino la creación de un modelo empresarial también.

Aspectos como aceleración, frenada, manejabilidad y durabilidad serán evaluados durante el evento MotoStudent en el circuito de MotorLand Aragón. Otros factores en el diseño a tener en cuenta son: fabricación, aspectos económicos, ergonómicos, estéticos, mantenimiento, innovación en el diseño y fiabilidad.

- Los prototipos serán sometidos a pruebas en banco y deberán cumplir con los requerimientos mínimos de frenada, resistencia de chasis, etc.
- Se llevará a cabo un test final para evaluar la calidad de la conducción del prototipo en la pista principal. Para la prueba final las motos desarrollan una carrera en el circuito de MotorLand Aragón, España.

Cada proyecto será evaluado frente a los otros proyectos competidores para determinar la mejor moto.”¹

¹III Edición MotoStudent 2013-2014



Figura 2 Equipos participantes en la segunda edición de MotoStudent.

Fuente: Motostudent

1.3. OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO

Diseñar, analizar y construir un chasis y carenado de un prototipo de motocicleta de competición, así como su desarrollo y posterior fabricación. Concretamente se trata de una motocicleta de 250 c.c. y 4 Tiempos, que posteriormente participará en el circuito de MotorLand (Madrid) en la “III Competición Internacional MotoStudent 2013-2014”.

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO

- ✓ Diseñar y construir un bastidor con recursos nacionales con una forma optimizada y liviana resistente a todas las cargas y exigencias del prototipo.
- ✓ Diseñar e implementar un sistema de suspensión delantera y trasera de alto desempeño que satisfaga los requerimientos de aceleración, frenado y transferencia de masas de un circuito de carreras.
- ✓ Diseñar y construir un carenado de alta eficiencia aerodinámica.

- ✓ Fabricar un prototipo que cumpla con el reglamento proporcionado por los organizadores de la competencia MotoStudent 2013-2014.

1.5. ÁREA DE INFLUENCIA

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

El desarrollo de este proyecto tendrá impacto en el área de diseño mecánico, análisis computacional y sistemas automotrices, con la finalidad de conocer el proceso en el diseño y construcción de un chasis y carenado de motocicleta de carreras.

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE

En la provincia de Cotopaxi, ciudad Latacunga, representemos internacionalmente a la Universidad de Las Fuerzas Armadas – ESPE en la competencia MOTOSTUDENT 2013-2014.

1.6. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

El motociclismo exige al máximo la disciplina, conocimiento técnico, trabajo, talento y fuerza de los equipos que lo practican; desde sus inicios ha sido símbolo de patriotismo e identidad para cada uno de los países que han incursionado en este deporte.

El hecho de que el proyecto propuesto ESPE MOTOSTUDENT se desarrolle completamente por especialistas ecuatorianos nos ofrece la firme convicción de que es posible desarrollar la industria y el deporte a nivel nacional tomando como punto de partida la competencia MOTOSTUDENT, en donde finalmente el talento de nuestros diseñadores y pilotos competirá a nivel internacional.

1.5 HIPÓTESIS

Es posible utilizar materiales y tecnología ecuatoriana para construir una motocicleta de 250 c.c. y 4 Tiempos, que posteriormente participará en el circuito de MotorLand (Madrid) en la “III Competición Internacional MotoStudent 2013-2014”.

1.7. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

1.7.1. Variable Independiente

Prototipo de motocicleta de competición

1.7.2. Variable dependiente

Diseño y construcción del chasis y carenado

1.7.3. Operacionalización de variables

Tabla 1

Variables para el prototipo de motocicleta

CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADOR	PREGUNTAS
Prototipo de motocicleta	Académica	Elementos que componen una motocicleta de competición	¿Cómo está constituida una motocicleta de carreras?
	Tecnológica	Cumplimiento del reglamento	¿Qué requerimientos exige el reglamento de la competencia?
		Costos de producción	¿Es factible el desarrollo del prototipo?

Elaborado por: Autores

Tabla 2

Variables para el diseño y construcción del chasis y carenado

CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADOR	PREGUNTAS
Diseño y construcción del chasis y carenado	Académica	Materiales	¿Qué materiales se utilizarán en el prototipo?
		Requerimientos estructurales, dinámicos, aerodinámicos	¿Los materiales y diseños cumplen con las exigencias del prototipo?
	Tecnológica	Geometría y diseño	¿Los diseños y geometrías son satisfactorios para la competencia?
		Competitividad	¿Es una apta y competitiva para la competencia?

Elaborado por: Autores

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Reglamento técnico²

El objetivo de este reglamento es el de estandarizar y acotar la gran variedad de posibilidades que existe en la construcción de un prototipo de moto de competición. De este modo todos los proyectos presentados por las diferentes universidades inscritas en la competición se ajustarán a una línea de trabajo común, posibilitando una competencia objetiva entre los participantes. Dicho reglamento al completo se presentará en el Anexo 1: Reglamento técnico MotoStudent 2013-2014.

Por todo ello, el primer paso para comenzar este proyecto será la lectura y análisis detallado de dicho documento, buscando aquellos apartados relacionados con el chasis, suspensión y carenado que puedan influir en su realización, para ser consciente y entender qué es lo que se puede y no se puede hacer respecto al diseño de éste.

Considerando las siguientes restricciones establecidas por la organización que afectan directamente a la elaboración de este proyecto.

2.1.1. Chasis

El diseño, el proceso y el material utilizado para la fabricación del bastidor es libre excepto en las siguientes consideraciones:

- a) No está permitido fabricar el chasis en titanio ni en aleaciones de titanio.

² Reglamento Técnico Motostudent 2013 - 2014

- b) El bastidor definitivo a presentar en la competición deberá haber superado el proceso de homologación por parte de la organización.
- c) No se permite el uso de un chasis comercial ni tan siquiera una unidad modificada. Debe de tratarse de un chasis prototipo de fabricación propia.

2.1.2. Homologación del chasis

La organización se reserva el derecho de verificar el chasis mediante una prueba previa a la competición. Se presentará previo a la competición un estudio teórico de cargas sobre el chasis.

La prueba se realizará en un potro de ensayo. Se aplicarán una carga horizontal progresiva sobre la pipa de la dirección de 275 kg en dirección longitudinal (dirección de marcha) a la motocicleta y vertical de 200 kg sobre el soporte trasero (subchasis).

Estas cargas se aplicarán sucesivamente 5 veces consecutivas y se verificará que la medida es repetitiva en cuanto a deformación con un error entre medidas inferior a un 10% y que no aparezca ningún tipo de fallo o fisura ni en los componentes ni en los elementos de unión.

2.1.3. Materiales

No está permitido fabricar el chasis en titanio, ni aleaciones de titanio.

2.1.4. Suspensión

- a) Están prohibidos aquellos sistemas de suspensión activos o semi-activos y/o controles electrónicos de cualquier aspecto de la suspensión, incluyendo aquellos que controlan la regulación de altura.
- b) Los reglajes de suspensión y sistemas de amortiguadores de dirección sólo pueden ser utilizados de manera manual y mediante ajustes mecánicos/hidráulicos.
- c) Los sistemas de suspensión serán convencionales de tipo mecánico. Los muelles deberán estar hechos de aleaciones de acero.

2.1.5. Carenado

- a) El carenado inferior debe estar fabricado para contener, en caso de incidente en el motor, al menos la totalidad de aceite y del líquido de refrigeración del motor (mínimo 25 litros).
- b) Todos los acabados del carenado han de ser redondeados. Radio mínimo 1mm.
- c) El carenado no podrá cubrir lateralmente al piloto a excepción de los antebrazos (esta excepción solamente en posición de mínima resistencia aerodinámica del piloto).
- d) La llanta posterior no se podrá cubrir en más de 180°.
- e) No es obligatorio el uso de guardabarros y protector de cadena.
- f) El guardabarros delantero no podrá cubrir más de 135° de la circunferencia del neumático medio desde la parte posterior del neumático con origen del ángulo en la horizontal que por el eje de rueda.

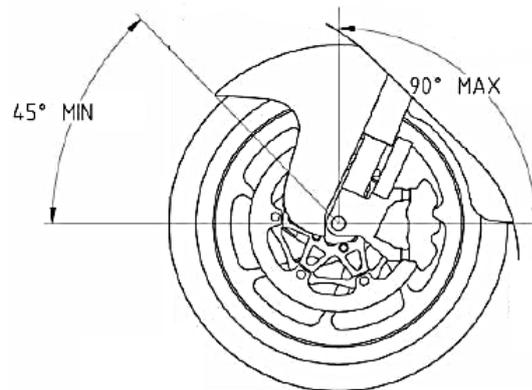


Figura 3 Guardabarros delantero-dimensiones.

Fuente: Reglamento Técnico Motostudent 2013-2014

- g) El carenado inferior o quilla deberá incluir un agujero de 25mm de diámetro, situado en el punto más bajo del mismo. Este agujero debe permanecer cerrado mediante un tapón en caso de pista seca y debe abrirse únicamente en caso de lluvia.
- h) Todos los tapones de vaciado y de llenado deben estar precintados con alambre. Este precintaje será efectuado por los propios miembros del equipo, y será punto a comprobar en las verificaciones técnicas.
- i) Es obligatorio el uso de topes de nylon para proteger la motocicleta en caso de caída. También se permite el uso de protectores de fibra para chasis y cárter de moto.

2.2. Principios Fundamentales De Las Motocicletas

2.2.1. Generalidades Chasis

El chasis de una moto es el lugar principal donde se ubicará los diferentes sistemas que conformarán la moto y por supuesto el piloto. La estructura principal del chasis se denomina bastidor y consta de una zona donde irá anclada la suspensión delantera llamada pipa de dirección y la parte trasera denominada eje basculante, siendo estas zonas donde se concentrarán grandes esfuerzos, por lo que deben ser zonas que resistan

altos niveles de esfuerzo y rigidez, siendo capaz de absorber todas las cargas alimentadas en este sin desviarse. (Arias-Paz, 2005)

2.2.2. Evolución, historia y Tipos de chasis

Las soluciones constructivas de chasis que se han propuesto a lo largo de la historia de la motocicleta son muy diversas. Tras la invención de ésta en el siglo XIX (Daimler, 1885) han ido evolucionando a pasos agigantados, desde prácticamente el chasis de una bicicleta a los modernos chasis contruidos íntegramente de fibra de carbono.

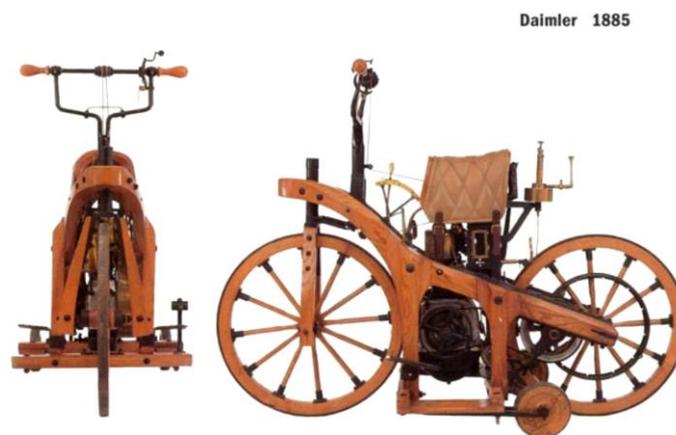


Figura 4 Primera moto fabricada: Daimler, 1885.

Fuente: (NeoAuto, 2012)

Existen numerosos chasis que significaron una auténtica revolución en su época, pero hay una fecha por encima de todas que supuso un punto de inflexión a principios de los años 80. “El ingeniero español Antonio Cobas presentó una revolución en el mundo del motociclismo: el chasis de doble viga en aluminio. En 1982 fundó su propia marca –JJ Cobas– y en 1984 logró su primera victoria en una carrera del mundial de motociclismo con Sito Pons como piloto”³. Esto era solo un precedente de los logros que conseguiría en los años siguientes, entre ellos varios títulos mundiales con el también español Alex Crivillé al frente. Más tarde, la totalidad de los equipos

³ (Egli Motorradtechnik AG)

participantes en el mundial de motociclismo adoptarían esta forma de chasis como la idónea para sus motocicletas. (García R. , 2012)

Así fue como a partir de finales de los años 80 el mercado de motocicletas deportivas, tanto para calle como para circuito, quedaría dividido principalmente en dos tipos de chasis: el chasis de doble viga en aluminio (principalmente en fabricantes japoneses) y el chasis tubular de acero (normalmente en fabricantes italianos como Ducati o MvAgusta). Por todo ello, se podría decir que tan sólo existen dos soluciones realmente eficientes y viables económicamente para el proyecto de un chasis de una motocicleta deportiva (de competición o de carretera): el chasis de doble viga en aluminio y el chasis multitubular de acero. (García R. , 2012)

Sin embargo, la variedad en cuanto a tipos de chasis es mucho más amplia, existiendo a lo largo de la historia numerosas opciones disponibles, como veremos a continuación. No obstante, antes de enumerar y clasificar los diferentes tipos de chasis es conveniente señalar las partes y elementos que lo componen habitualmente y su posición en el conjunto, así como describir su función brevemente.

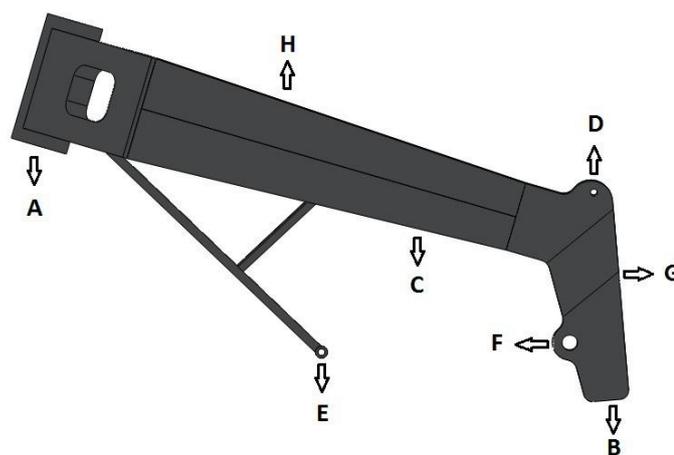


Figura 5 Partes típicas de un chasis.

Fuente: (Arias-Paz, 2005)

El ejemplo usado es un chasis de doble viga, sin embargo los elementos que lo constituyen son prácticamente idénticos en los otros tipos de chasis. Por tanto este ejemplo es extensible al resto de modelos. Primeramente se puede observar en la figura de arriba la zona donde irá anclada la suspensión delantera. Al ser ésta en la mayoría de los casos horquillas telescópicas, se le denominará pipa de dirección (A). Será una pieza de fundición de aluminio cuyo agujero para insertar los cojinetes y toda la sujeción del eje de dirección se mecanizará para asegurar unas tolerancias necesarias, garantizando que el conjunto de dirección funcione según lo previsto. “El hecho de que sea éste el lugar de ubicación de las horquillas hace que sea el punto más alto del chasis. En el otro extremo del chasis se ubican las pletinas (B) de las que partirán las estriberas. La pipa de dirección y las pletinas están unidas por las vigas (C). Se trata de perfiles de aluminio extruido y posteriormente mecanizado y soldado, pudiendo ser en el resto de modelos un conjunto de tubos soldados, una espina central, chapas o el propio motor el que una un extremo y otro del chasis. En la parte superior de las pletinas se encuentra el anclaje para el subchasis (D), siendo su colocación variable en el espacio. El subchasis será el elemento que sujete al piloto. El punto (E) será la sujeción delantera del motor y el punto (F) la sujeción trasera del motor y del eje del basculante, siendo por tanto dos de los puntos más críticos del chasis, por lo que deberán ser lo más rígidos posibles para evitar verse afectados por vibraciones. El amortiguador trasero irá anclado al chasis y al basculante, normalmente por un sistema de bieletas unidas a unos tubos (G) que irán soldados entre las dos pletinas. Por último, en ocasiones, se colocarán unas barras o tubos rigidizadores (H) entre las dos vigas con el fin de aportar mayor rigidez torsional al conjunto. (Arias-Paz, 2005)”⁴

Una vez conocidas todas las partes y elementos característicos de un chasis, pasaremos a enumerar y describir cada uno de los tipos existentes, además de realizar una breve reseña histórica de su evolución.

⁴ (Foale, 2003)

2.2.3. Chasis tubular

Las primeras motocicletas eran prácticamente bicicletas dotadas de un pequeño motor que se anclaba en diversas ubicaciones, por lo que éste fue el tipo de chasis que se adoptaba, especialmente en la época en que los pedales también se empleaban como ayuda ocasional al motor. Hasta que la suspensión trasera comenzó a usarse de forma generalizada décadas más tarde, la gran mayoría de chasis eran de tipo diamante. Esto no es de extrañar ya que este tipo de chasis eran muy largos en sentido vertical, y esto resultaba ideal para alojar los motores monocilíndricos populares en aquella época. En estas motocicletas el empleo de una pipa de dirección inclinada resultaba lo correcto para proporcionar el avance necesario a la rueda delantera para que la moto fuera estable en línea recta. (Luz, 2010)



Figura 6. Chasis tipo diamante de la primera Honda fabricada.

Fuente: (Luz, 2010)

Durante muchos años, los anteriores y posteriores a la primera guerra mundial, los fabricantes se decantaron de forma abrumadora por este tipo de chasis. “Una variante temprana fue el chasis tipo “single-loop”, en el cual el tubo frontal y el tubo del sillín estaban formados por un único tubo doblado

que continuaba pasando por debajo del motor. Ambos chasis fueron mejorados con el chasis de cuna simple. (Cosentino Engineering, 2011)⁵

En este chasis, los extremos inferiores del tubo frontal y del tubo del sillín estaban separados y conectados de forma rígida por una cuna que abrazaba el motor.

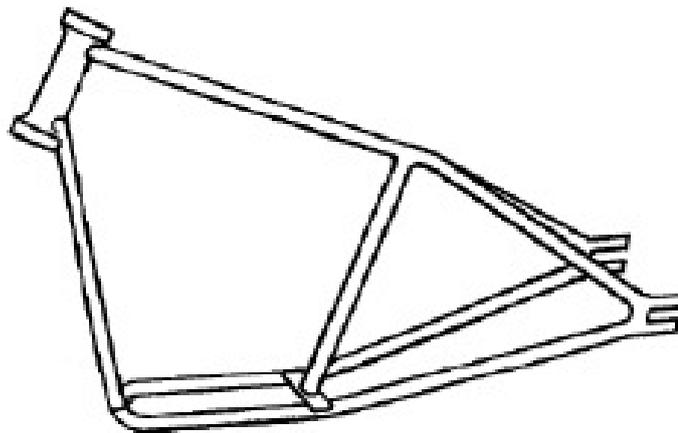


Figura 7. Chasis cuna simple.

Fuente: (Cosentino Engineering, 2011)

El siguiente paso fue el chasis de cuna doble, en el que los tubos de la cuna continuaban hacia arriba, hasta llegar a la pipa de dirección, mientras que por detrás también continuaban hasta el eje de la rueda trasera.

⁵ (Luis, 2011) Dinámica de la motocicleta 2012



Figura 8. Chasis de doble cuna.

Fuente: (Moto reciclo)

Como se puede observar, la rigidez a torsión y flexión no era un parámetro importante en los primeros chasis, ya que no se tenía prácticamente en cuenta a la hora del diseño. Sin embargo, el comienzo de la Guerra hizo que se produjesen algunos esfuerzos importantes por mejorar esta rigidez a torsión y flexión de los chasis, a base de triangular la estructura. “El chasis de la Cotton fue un claro ejemplo de triangulación consiguiendo una excelente estabilidad. (Moto reciclo)

Este tipo de chasis podía conseguir una eficiencia estructural extremadamente elevada, sin embargo nunca encontró el respaldo de los grandes fabricantes de motos. Esto podría estar debido a que, por el tamaño de los motores, se necesitaría una estructura demasiado ancha y de geometría complicada. Además estos tubos largos y de pequeño diámetro tenían el problema de que el motor provocaba que entraran en resonancia,

haciendo necesario reducir su longitud o aumentar su diámetro. (García R. , 2012)⁶

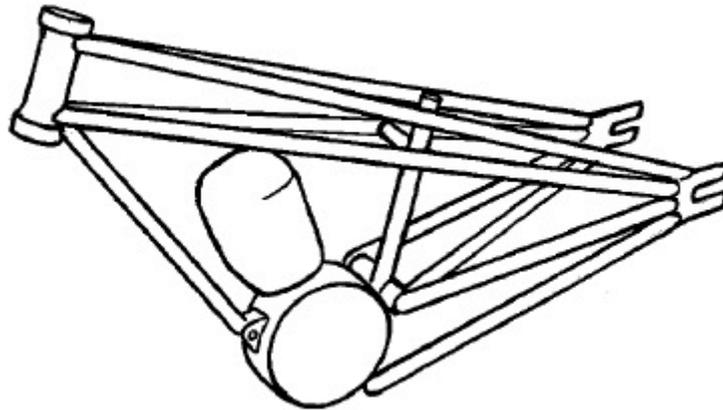


Figura 9. Chasis Cotton (García R. , 2012)

Fuente: (Moto reciclo)

En 1949 comenzó una nueva revolución cuando las Norton de carreras empezaron a utilizar el chasis “featherbed” diseñado por los hermanos McCandless, para muchos considerado hoy en día el mejor chasis de la historia. Incluso hoy, medio siglo después, muchos diseños actuales todavía muestran una descendencia directa de este diseño. El diseño general consiguió un reparto de pesos bastante bueno y un centro de gravedad relativamente bajo teniendo en cuenta la posición vertical del cilindro. La horquilla telescópica fue una de las más robustas de la época, y la geometría de dirección proporcionaba un tacto suave y preciso. Este chasis supuso una revolución en el mundo de la competición equiparable a la que más tarde supondría el chasis doble viga de Antonio Cobas.

⁶ (Bradley, 1996) the racing motorcycle 1996



Figura 10. Chasis Featherbed de Norton.

Fuente: (García R. , 2012)

En la actualidad, el uso de chasis tubulares prácticamente ha desaparecido en el mundo de la alta competición. Sin embargo, se sigue conservando su uso en motos para circulación por carretera. “Algunos ejemplos de esto son KTM o Ducati, cuyos principales modelos comerciales y de competición (exceptuando la categoría de MotoGP) se fabrican con chasis tubular de acero.⁷”



Figura 11. Chasis tubular de Ducati.

Fuente: (Florez)

Por lo general, el acero ha sido el material más utilizado en la fabricación de chasis tubulares aunque también es común el uso de titanio y aluminio.

2.2.4. Chasis con el motor como elemento estructural

⁷ (Arias-Paz, 2005)

La utilización del motor como parte estructural del chasis da lugar a una nueva generación de chasis. Este tipo de chasis surgen con el objetivo de aprovechar la capacidad portante del motor, incluyéndolo como un elemento más del chasis, el cual unirá la pipa de dirección con el eje trasero del basculante. (Egli Motorradtechnik AG)

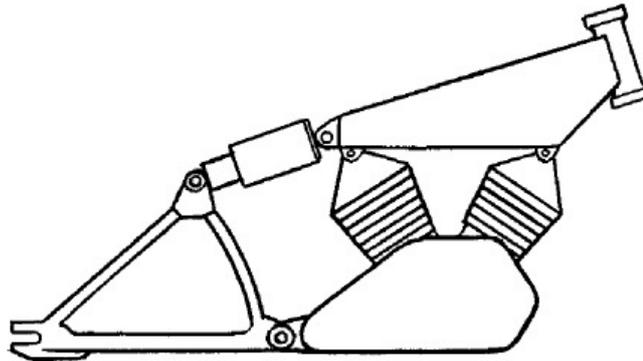


Figura 12. Esquema de chasis con el motor como elemento estructural (Cosentino Engineering, 2011)

Fuente: (García R. , 2012)

Uno de los primeros ejemplos es la P&M (posteriormente denominada Panther) cuyos cilindros estaban situados muy altos, haciendo las veces de chasis. Después de la segunda Guerra Mundial, todavía alcanzaron mayor celebridad y éxitos las Vincent, dotados de un chasis de espina central de sección rectangular hecha de chapa soldada, que servía a la vez como depósito de aceite. (Egli Motorradtechnik AG)



Figura 13. Chasis con motor como elemento estructural.

Fuente: (Egli Motorradtechnik AG)

La utilización de grandes motores con valores de alta rigidez ha dado lugar a la aparición de diferentes tipos de chasis. Un ejemplo de la utilización de este tipo de chasis en la actualidad es la antigua Ducati de MotoGP. Este chasis está fabricado en fibra de carbono, conectando la pipa con el motor y el eje del basculante está directamente en el cárter.



Figura 14. Ducati Desmosedici MotoGP.

Fuente: (Simple Machines LLC, 2011)

El uso de este tipo de chasis no va necesariamente ligado al mundo de la competición, sino que también es posible encontrarlos en la calle. Los modelos actuales de BMW con motor boxer son un ejemplo de lo que se puede lograr cuando el conjunto motriz se diseña desde el principio para actuar también como la estructura principal de la motocicleta. (XIAN FAST EAST IMPORT&EXPORT CO. LTD., 2008)



Figura 15. BMW HP2 Sport.

Fuente: (XIAN FAST EAST IMPORT&EXPORT CO. LTD., 2008)

Por lo tanto, se puede observar que ésta es la forma más eficiente de construir una moto cuando ésta tenga un motor grande. Utilizando la rigidez del motor para unir la pipa de dirección con el eje del basculante.

2.2.5. Chasis de espina central

Una solución completamente diferente para mejorar la resistencia a torsión y flexión del chasis consistió en el uso de tubos de gran diámetro que unían la pipa de dirección con el eje trasero atravesando longitudinalmente la motocicleta, siendo estos tubos el elemento principal del chasis. De esta forma se consiguió diseñar chasis con una gran resistencia, a la vez que simples. El tubo en cuestión podía ser de diferentes formas geométricas (cuadrado, rectangular, circular, en forma de T,...) sin embargo el uso de tubos circulares ofrecía los mejores resultados, al ser el que mayor resistencia a torsión presentaba.



Figura 16. Chasis espina central.

Fuente: (Moore, 2013)

El problema radicaba en que estos tubos, evidentemente, no podían unir directamente la pipa de dirección con el eje de la rueda trasera. Por ello, el tubo debía bifurcarse en la parte trasera, quedando la parte abierta del tubo en la zona interna.

Esta zona abierta era posteriormente tapada con chapa en forma de U, volviendo a dotar de rigidez al chasis. Este problema desapareció con la instauración de los basculantes, haciendo que no fuera necesaria la bifurcación del tubo.



Figura 17. Chasis espina central con bifurcación en la parte trasera.

Fuente: (TWO STROKES, 2008)

Otro quebradero de cabeza fue el hecho de que hacer con la conexión directa de la pipa con el eje del basculante a través de un tubo recto era una tarea prácticamente imposible, ni tan si quiera con motores pequeños

horizontales. Es por ello que se comenzó a dividir el tubo (también denominado viga) en dos, llegando a los modelos de chasis de doble viga, tratados en siguientes apartados. Actualmente este tipo de chasis prácticamente solo se puede encontrar en scooters o motocicletas tipo “custom”. En el resto ha quedado en desuso. Tan solo algunos modelos aislados presentan espina central, como por ejemplo la Honda CBF 600S. (Arpem Networks SL, 2014)



Figura 18. Chasis en espina central. Honda CBF 600S.

Fuente: (Arpem Networks SL, 2014)

2.2.6. Chasis monocasco

La dificultad para fabricar este chasis y los problemas de espacio que conllevan han hecho que este tipo de chasis tenga una escasa utilización a lo largo de la historia. Un chasis pensado para la competición debe cumplir una serie de premisas indispensables, entre las que se encuentra la facilidad de acceso para la comprobación y cambio de reglajes. Este tipo de chasis consigue su rigidez estructural mediante una “coraza” completamente aerodinámica y unos refuerzos transversales. Es por ello que generalmente se considera que un chasis es monocasco si el carenado de la motocicleta es también un elemento que proporciona rigidez al conjunto. Sin embargo, a pesar del escaso éxito y utilización que han tenido estos chasis, existen

algunos modelos de motocicletas diseñadas con este tipo de chasis que supusieron una revolución en el mundo de las motos. El ejemplo más significativo se produjo precisamente en España a manos del ingeniero Eduardo Giró, el cual diseñó la Ossa 250 Monocasco que posteriormente pilotaría el malogrado Santi Herrero. Este chasis monocasco se fabricó con Magnesio, consiguiendo una rigidez desconocida hasta entonces con apenas 7.4kg de peso.



Figura 19. Chasis monocasco Ossa 250.

Fuente: (Luis, 2011)

Curiosamente, Ducati ha recuperado no hace mucho el chasis monocasco, incorporándolo en su última creación, la Ducati 1199 Panigale. Este modelo está fabricado en fundición de aluminio, es corto, resistente y además hace la función de airbox.



Figura 20. Chasis monocasco de Ducati 1199 Panigale.

Fuente: (PLUSMOTO)

2.2.7. Chasis doble viga

Se trata del tipo de chasis más utilizado en todo el mundo, debido a que proporciona, sin dudas, los mejores resultados. Diseñado originalmente por el ingeniero español Antonio Cobas, supuso una revolución que hoy en día es usada para las motocicletas deportivas más potentes y de competición. Se basa en la idea de este ingeniero de conectar la pipa de dirección con la suspensión trasera lo más directamente posible, además de situar el motor "colgante". Antonio Cobas lo denominó el chasis "Deltabox". (García J. D., 2011)



Figura 21. Chasis doble viga "Deltabox".

Fuente: (García J. D., 2011)

El diseño consiste en dos vigas, normalmente de aluminio, situadas a ambos lados del motor, uniendo la pipa de dirección con el eje del basculante, es decir, podría verse como un chasis de espina central desdoblado. En prácticamente todos los casos, la pipa de dirección, los alojamientos del eje del basculante y los soportes traseros del motor son de fundición y están soldados a las vigas laterales. Muy a menudo, aunque no siempre, el subchasis va atornillado al chasis principal.



Figura 22. Unión de chasis y el subchasis.

Fuente: (Yamaha Motor Global, 2002)

Lo curioso es que estructuralmente no es un chasis especialmente bueno, e incluso utilizando aluminio, el peso final no es excesivamente ligero, siendo superior al de otros tipos de chasis. Sin embargo, la eficiencia estructural no lo es todo, por lo que, la enorme ventaja de espacio que proporcionan estos chasis hace que puedan alojar sin problemas los modernos motores de gran capacidad. Además si se centra la atención en el mundo de la competición (como será el caso) este tipo de chasis permite, como ya se ha comentado anteriormente, un fácil acceso al motor con el fin de poder trabajar con comodidad sobre el motor, carburador, bujías, etc. (Arpem Networks SL, 2009)

Por otro lado, la desaparición de tubos o material que rodeaba al motor por debajo y por delante supone la disponibilidad de un espacio muy útil para albergar los sistemas de refrigeración y escape. Esto ha sido uno de los factores que han colocado a los chasis de doble viga por encima del resto, haciendo que actualmente casi la totalidad de los equipos de la máxima competición mundial monten chasis de doble viga.



Figura 23. Chasis doble viga. Laglisse Moto.

Fuente: (Arpem Networks SL, 2009)

2.3. Bastidor

Principalmente el bastidor debe estar sometido a grandes cargas, por lo que debe resistir los esfuerzos de torsión y flexión de forma en que se pueda mantener una dirección precisa, a pesar de ciertas cargas que se presentan en los caminos, como irregularidades en los caminos, los frenados realizados y también las curvas. El chasis no es un marco de metal (conocido como bastidor) sobre el cual se colocan otras piezas que conforman el chasis propiamente dicho, sino un sistema que soporte el peso de todo el vehículo.

2.4. Suspensión

La suspensión principalmente tiene el trabajo de mantener las ruedas en contacto con la moto, impartir comodidad para la conducción en cualquier circunstancia, aislar la moto de los impactos del camino y otorgar la mayor adherencia con la superficie por donde está circulando para poder transmitir toda la potencia y torque.

2.4.1. Historia de la suspensión

Hoy día todas las motocicletas están dotadas de suspensiones, con el fin de mantener las ruedas en contacto con el suelo el máximo tiempo posible al paso por irregularidades, asegurando la estabilidad y aumentar el confort de marcha. La suspensión originalmente era de paralelogramo, en la parte delantera, y atrás se carecía de ella.

A partir de la competición se desarrolló la horquilla telescópica patentada por BMW y se introdujo la suspensión trasera, primero de deslizamiento paralelo y luego basculante.

Actualmente, la parte trasera sigue siendo basculante, pero los amortiguadores pueden tener diferentes posiciones, incluso ser solo uno, esto depende directamente del diseño de quien construye la motocicleta.

2.5. Carenado

La carrocería de las motocicletas ha estado formada durante décadas únicamente por los elementos externos que servían para una función específica: depósito de gasolina, sillín y placas laterales.

A medida que el tiempo transcurría, la influencia aerodinámica ha forzado a estudiar formas con unos valores de coeficientes aerodinámicos más ventajosos que disminuyeran la resistencia, y proporcionaran por tanto una mayor velocidad con la misma potencia. (Arias-Paz, 2005)

Es la interacción entre el piloto, la moto y el aire a través del cual está circulando, permitiendo determinar las condiciones en las que esta interacción presente la menor resistencia posible al movimiento y sean favorables para las motocicletas.

El aire tiene un flujo externo al vehículo que actúa sobre las superficies exteriores de este, creando resistencias causadas por zonas de presión, depresión y rozamiento.

La resistencia aerodinámica ha sido objeto de estudio, ya que los fabricantes con la finalidad de reducir las resistencias al movimiento, diseñan motos cada vez más aerodinámicas, se considerarán fundamentalmente dos propiedades del aire: densidad y viscosidad.

La viscosidad se origina por el rozamiento entre las partículas de aire y las superficies de contacto, originando un gradiente de velocidad.

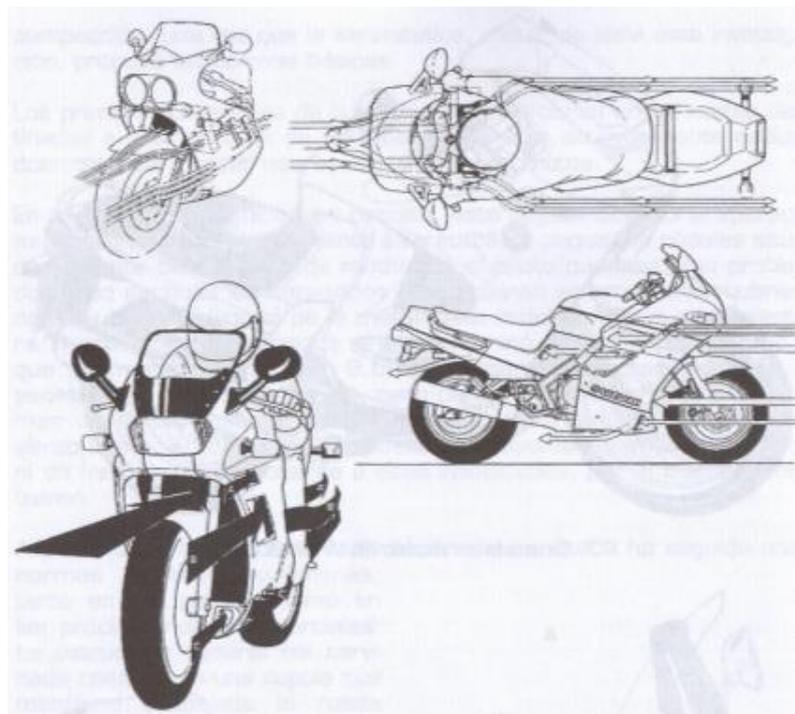


Figura 24. Recorrido interior del aire en varias motocicletas Suzuki.

Fuente: (Arias-Paz, 2005)

De acuerdo a los materiales más comúnmente usados, se tiene a la fibra de vidrio, la misma que tiene como rasgos distintivos su fragilidad, transparencia y también su alta dureza. Siempre y cuando se lo encuentre en un estado de fundición, entonces podrá ser maleable o manuable. En lo

que respecta a su constitución, se trata de un material compuesto por sílice –la arena y el cuarzo poseen vidrio en su composición, por la cal y por el carbonato de sodio.

Otro material usado con frecuencia es la fibra de carbono, ésta es mucho más costosa que la fibra de vidrio, ya que sus propiedades son excelentes en cuanto a peso, maleabilidad y resistencia ante cargas.

CAPÍTULO III

3. PROCESO DE DISEÑO

3.1. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

El enfoque de diseño de la motocicleta se centró en varios aspectos fundamentales dentro de los cuales están:

- **Materiales accesibles:** Es importante desarrollar un producto en el que se puedan explotar los recursos locales para impulsar de esa forma la economía local creando un proyecto integrador que involucre a la mayor cantidad de actores beneficiarios del mismo y evitar la necesidad de dependencia de importaciones lo que reduce los costes y permite un menor tiempo para la producción de partes y repuestos.
- **Seguridad de diseño:** Al enfocarse a conductores no profesionales, se considera que al competir contra marcas completamente establecidas en el mercado, uno de los principales factores que nos vuelve competitivos para promocionar nuestro producto, es la seguridad de todas y cada una de las partes fabricadas. Construimos piezas completamente planificadas con ayuda de herramientas computarizadas de diseño, análisis matemático, control de calidad y prueba final del producto.
- **Diseño:** Al existir una oferta tan grande de motocicletas, nuestra empresa ha desarrollado un diseño completamente innovador que mezcla características tradicionales de motos de carreras con elementos propios y originales obteniendo un producto de curvas suaves y armónicas, mimetizadas con la fuerza y la potencia de un

potente motor y un sonido adictivo para cualquier amante del arte y la velocidad.

- **Costos:** Nuestro producto se pensó y desarrolló con la idea de convertirse en la primera opción de un consumidor que desee iniciarse en el mundo de las carreras, un consumidor que está dispuesto a invertir en su pasión pero que obviamente va a controlar su gasto. Ofrecemos un producto económico, completamente accesible inclusive para el mercado latinoamericano lo que nos permite asegurar la comercialización de todos nuestros prototipos.
- **Innovación:** Hemos desarrollado aspectos innovadores que nos acercan a los gustos de consumidores jóvenes amantes de la tecnología así como también a consumidores experimentados amantes de la mecánica.

3.2. CRITERIOS MATEMÁTICOS

Ubicación del centro de gravedad:

$w := 1.2 \text{ m}$ Distancia entre ejes

$F_1 := 529.2 \text{ N}$ Peso de la rueda delantera

$R_1 := 637 \text{ N}$ Peso de la rueda trasera

$$x := \frac{R_1 \cdot w}{(R_1 + F_1)}$$

Ecuación 1 Ubicación del centro de gravedad

Fuente: (Bradley, 1996)

$x := 0.655 \text{ m}$ Ubicación del centro de gravedad

$h := 0.2 \text{ m}$ Altura de elevación de la llanta en la segunda medición

$r_f := 0.5 \text{ m}$ Radio de las llantas

$r_r := 0.5 \text{ m}$

$$\theta := \sin^{-1}\left(\frac{h}{w}\right)$$

$$\theta := 0.167 \quad \text{Ángulo en radianes}$$

$$y := \frac{R_1 \cdot h}{[(R_1 + F_1) \cdot \sin(\theta) \cdot \tan(\theta)]} - \frac{x}{\tan(\theta)} + r_f + \frac{x \cdot (r_r - r_f)}{w}$$

Ecuación 2 Altura del centro de gravedad

Fuente: (Cossalter, 2006) Motorcycle dynamics

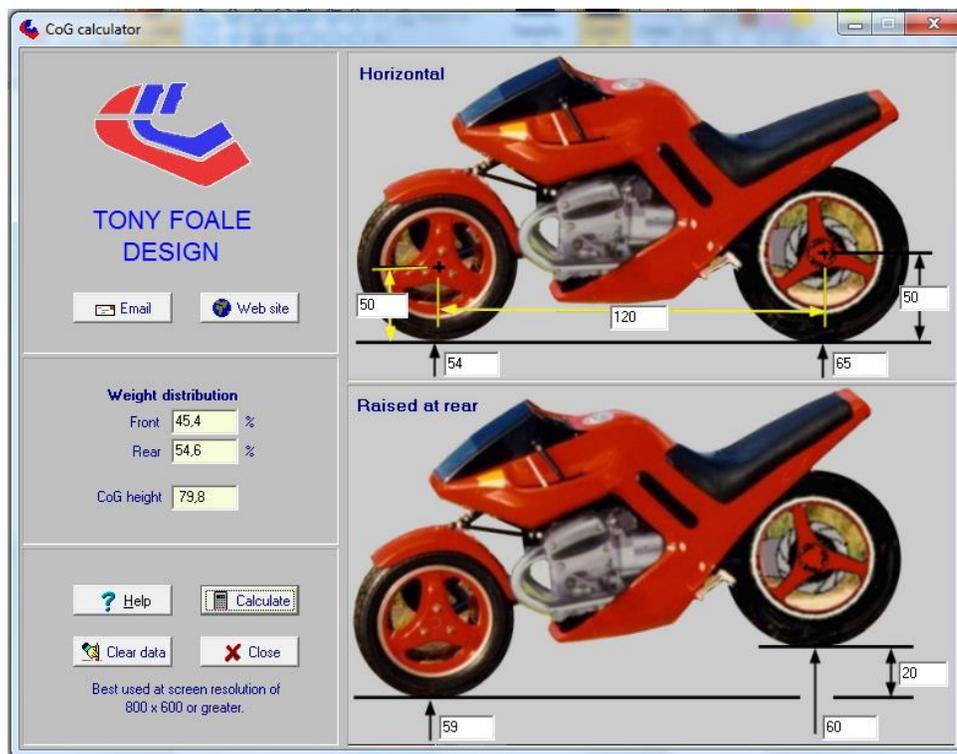


Figura 25 Cálculo de altura del centro de gravedad

Fuente: Autores a través del software CoG calculator de Tony Foale

$$w := \frac{1166.99 \text{ N}}{9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \quad \text{Masa}$$

$$t := \frac{5.2}{2} \text{ s}$$

Ecuación 3 Tiempor de frenada

Fuente: (Cossalter, 2006) Motorcycle dynamics

$$V := 27.78 \frac{m}{s}$$

$$E := \frac{1}{2} w \cdot V^2 \quad \text{Ecuación 4 Energía de frenado}$$

Fuente: (Cossalter, 2006) Motorcycle dynamics

$$E := 4.595 \cdot 10^4 J$$

$$a := \frac{V}{t} \quad \text{Aceleración}$$

$$d := \frac{V^2}{2 a} \quad \text{Ecuación 5 Distancia de frenado}$$

Fuente: (Cossalter, 2006) Motorcycle dynamics

$$d := 36.114 m \quad \text{Distancia de frenado}$$

$$F := \frac{E}{d}$$

Ecuación 6 Fuerza de frenado

Fuente: (Cossalter, 2006) Motorcycle dynamics

$$F := 1.272 \cdot 10^3 N$$

$$F_1 := \frac{F}{2}$$

$$F_1 := 636.165 N$$

Ecuación 7 Fuerza de frenado

Fuente: (Cossalter, 2006) Motorcycle dynamics

Fuerza de frenado

Porcentaje de distribución de pesos:

$$Delantero := \frac{100 \cdot F_1}{(F_1 + R_1)}$$

Ecuación 8 Porcentaje de distribución de pesos

Fuente: (Cossalter, 2006) Motorcycle dynamics

$$Delantero := 45.378$$

$$Trasero := \frac{100 \cdot R_1}{(F_1 + R_1)}$$

$$Trasero := 54.622$$

Cálculo de transferencia de peso:

$$a := 9.8 \frac{m}{s^2} \quad \Delta W := \frac{m \cdot a \cdot h}{w}$$

Ecuación 9 Cálculo de transferencia de pesos

Fuente: (Cossalter, 2006) Motorcycle dynamics

$$\Delta W := 19.829 \text{ N}$$

Esfuerzos producidos en la horquilla:

$$\alpha := 20^\circ$$

$$B := 100 \text{ N} \quad \text{Fuerza de frenada}$$

$$F_c := (m \cdot g) \cdot \cos(\alpha)$$

Ecuación 10 Fuerza de compresión de la horquilla

Fuente: (Cossalter, 2006) Motorcycle dynamics

$$F_c := 111.797 \text{ N}$$

$$F_d := (m \cdot g) \cdot \sin(\alpha)$$

Ecuación 11 Fuerza que dobla la horquilla

Fuente: (Cossalter, 2006) Motorcycle dynamics

$$F_d := 40.691 \text{ N}$$

$$F_{cf} := (m \cdot g \cdot \cos(\alpha)) + B \cdot \sin(\alpha)$$

Ecuación 12 Fuerza de compresión de la horquilla al frenar Fuente:

(Cossalter, 2006) Motorcycle dynamics

$$F_{cf} := 145.999 \text{ N}$$

$$F_{cf} := (m \cdot g \cdot \sin(\alpha)) - B \cdot \cos(\alpha)$$

Ecuación 13 Fuerza que dobla la horquilla al frenar

Fuente: (Cossalter, 2006) Motorcycle dynamics

$$F_{cf} := -53.278 \text{ N}$$

Resistencia aerodinámica al avance:

$$F_{xa} := 370 \quad \text{Fuerza de resistencia sin piloto (N), "dato de simulación"}$$

$$F_{xap} := 441 \quad \text{Fuerza de resistencia con piloto (N), "dato de simulación"}$$

$$ancho := 0.56$$

$$alto := 1.287$$

$$\rho := 1.29 \quad \text{Densidad del aire (kg/m}^3\text{)}$$

$$A_f := ancho \cdot alto$$

Ecuación 14 Área frontal

Fuente: (Cossalter, 2006) Motorcycle dynamics

$$A_f := 0.721 \text{ m}^2$$

$$V := 160 \quad \text{Velocidad máxima (km/h)}$$

$$vmps := V \cdot \frac{1000}{3600} \quad \text{Velocidad máxima (m/s)}$$

$$C_x := \frac{2 \cdot F_{xa}}{\rho \cdot Af \cdot vmps^2}$$

Ecuación 15 Coeficiente aerodinámico

Fuente: (Cossalter, 2006) Motorcycle dynamics

$$C_x := 0.403 \quad \text{Coeficiente aerodinámico}$$

$$C_{xp} := \frac{2 \cdot F_{axp}}{\rho \cdot Af \cdot vmps^2}$$

Ecuación 16 Coeficiente aerodinámico con el piloto

Fuente: (Cossalter, 2006) Motorcycle dynamics

$$C_{xp} := 0.48 \quad \text{Coeficiente aerodinámico con el piloto}$$

3.3. DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS

3.3.1. Bastidor

El prototipo utiliza un bastidor tubular triangulado de doble cuna fabricado en acero normalizado NTE INEN 2415 -08⁸.

Esta configuración ofrece muy buenas características de rigidez, resistencia a impactos, extracción de calor del habitáculo del motor, fácil acceso para arreglos mecánicos, un peso adecuado considerando el peso

⁸ Material certificado por la empresa Acero Comercial del Ecuador <http://www.acerocomercial.com/>
Revisar anexo norma técnica NTE INEN 2415-08

mínimo reglamentario y una estética perfecta para el diseño de la motocicleta. (Bradley, 1996)



Figura 26. Modelación del bastidor

Fuente: Elaborado por autores

Análisis de esfuerzos:

Carga máxima frontal

Esfuerzo: 300 kg

Tensiones máximas: $4.99842e+008$ N/m²

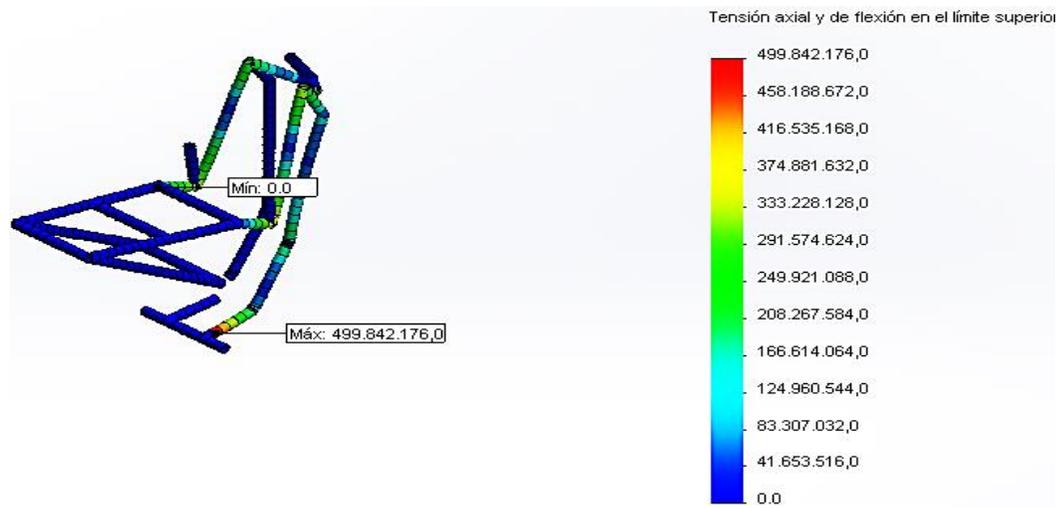


Figura 27. Simulación de tensiones con carga frontal

Fuente: Elaborado por autores.

Desplazamientos máximos: 10.6309 mm

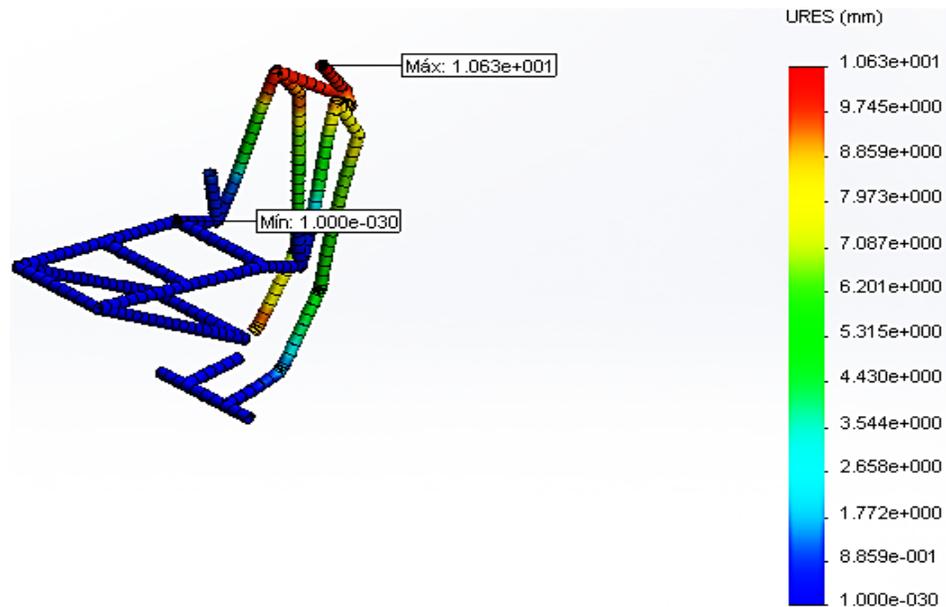


Figura 28. Simulación de desplazamientos con carga frontal

Fuente: Elaborado por autores.

3.3.2. Sub bastidor

Esfuerzo aplicado: 250 kg

Tensiones $1.9558e+008$ N/m²:

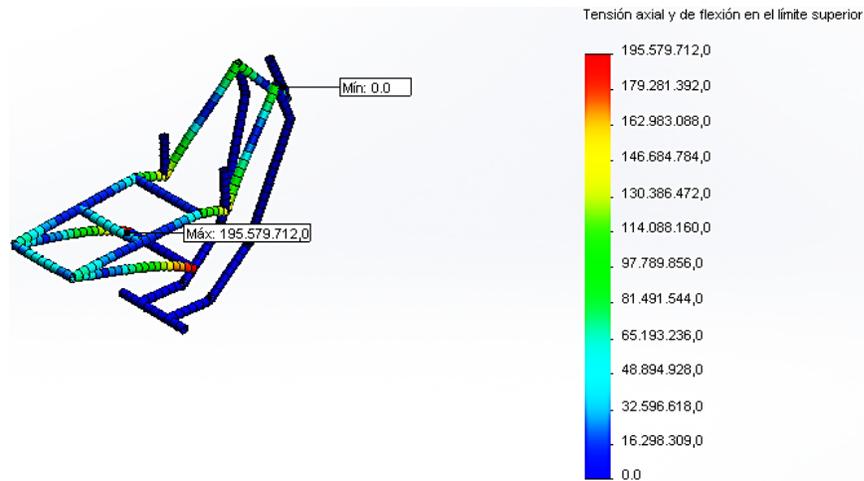


Figura 29. Simulación de tensiones con carga posterior

Fuente: Elaborado por autores.

3.3.3. Basculante

El basculante es el resultado de una composición de vigas rectangulares y tubos fabricados con materiales regidos bajo la norma NTE INEN 2415-08, se presenta esta configuración por tres razones fundamentales: curvas uniformes sin deformación, resistencia y un diseño completamente innovador y cautivante. (Robinson, 1994)

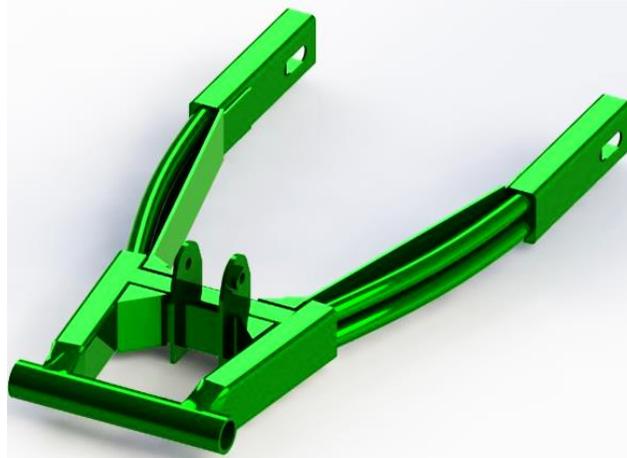


Figura 30. Modelación del basculante

Fuente: Elaborado por autores.

Análisis de esfuerzos

Tensión máxima:

$4.97089e+007 \text{ N/m}^2$

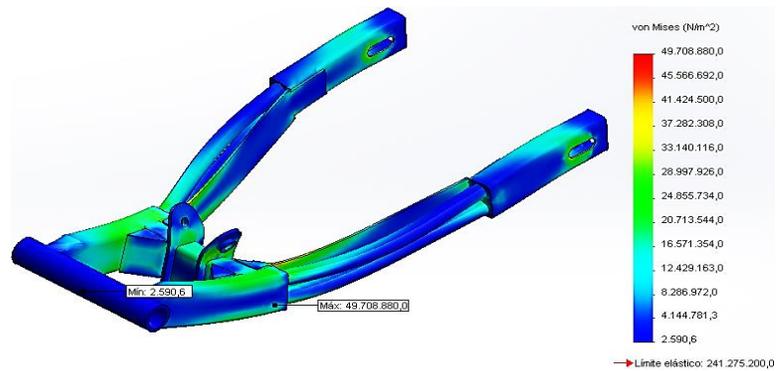


Figura 31. Esfuerzos en el basculante

Fuente: Elaborado por autores.

Desplazamientos máximos: 0.153845 mm

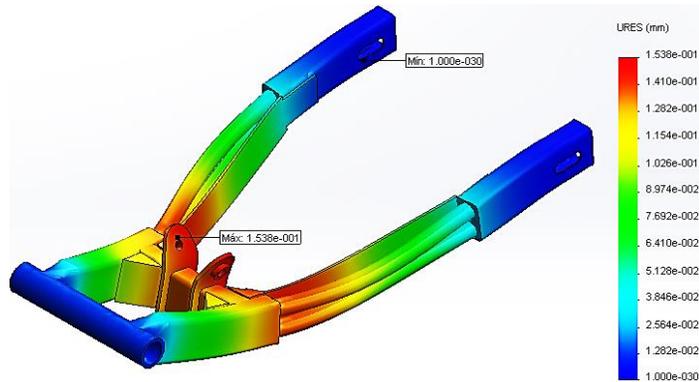


Figura 32. Deformaciones en el basculante

Fuente: Elaborado por autores.

3.3.4. Balancín de suspensión

Este es el corazón del sistema de suspensión, debido a la cantidad de esfuerzos al que está sometido utilizamos acero ASTM A36 con estructura reforzada.

Tension máxima: $2.05379e+08 \text{ N/m}^2$

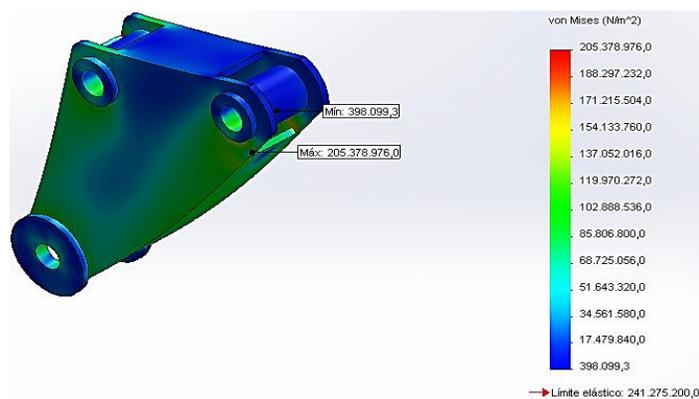


Figura 33. Esfuerzos en el balancín de la suspensión

Fuente: Elaborado por autores.

Desplazamiento máximo: 0.126631 mm

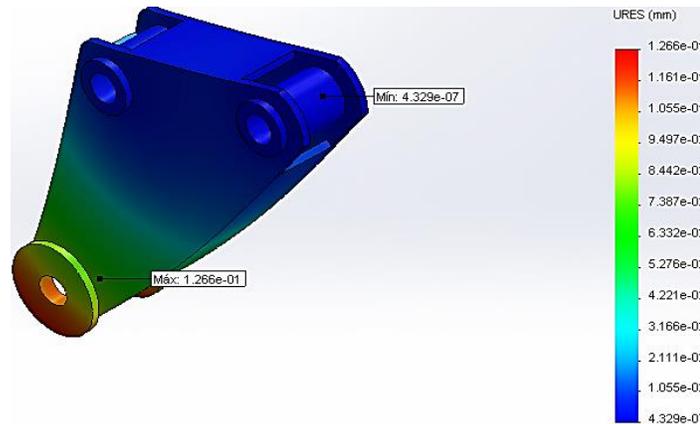


Figura 34. Desplazamientos en el balancín de la suspensión

Fuente: Elaborado por autores.

3.3.5. Carenado

El carenado está compuesto por dos laminaciones de fibra de vidrio, una capa de recubrimiento de gel coat recubierto, tres capas de pintura para un acabado liso además de vinilos decorativos. (García R. , 2012)

Como características destacadas están que la fibra de vidrio permite tener formas altamente estilizadas, muy livianas y un bajo costo al nivel de producción proyectado para los 600 prototipos.

La máscara presenta dos tomas de aire especialmente ubicadas para dirigir el aire hacia el airbox aprovechando al máximo el aire que circula alrededor. (Bradley, 1996)

Los costados permiten un adecuado flujo de entrada y salida de aire para el enfriamiento del motor; el peso total del careno es de 3 kg.



Figura 35. Carenado

Fuente: Elaborado por autores.

a) ANÁLISIS AERODINÁMICO

a.) Parámetros de cálculo:

Velocidad máxima: 160 km/h

Gas: aire

Temperatura ambiental: 20 °C

Presión Atmosférica: 102200 Pa

Velocidad máxima del viento: 10 km/h

b.) Flujo de aire en la máscara:

Tabla 3

Fuerzas generadas en la mascarilla

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value
GG Force (X) 1	[N]	-0,587718193	-0,924756559	-1,077860645	-0,587718193
GG Force (Y) 1	[N]	-5,108783858	-4,433244831	-5,134738963	-3,209786105
GG Force (Z) 1	[N]	-110,7450047	-101,4873072	-110,7450047	-94,20713518

Fuente: Elaborado por autores

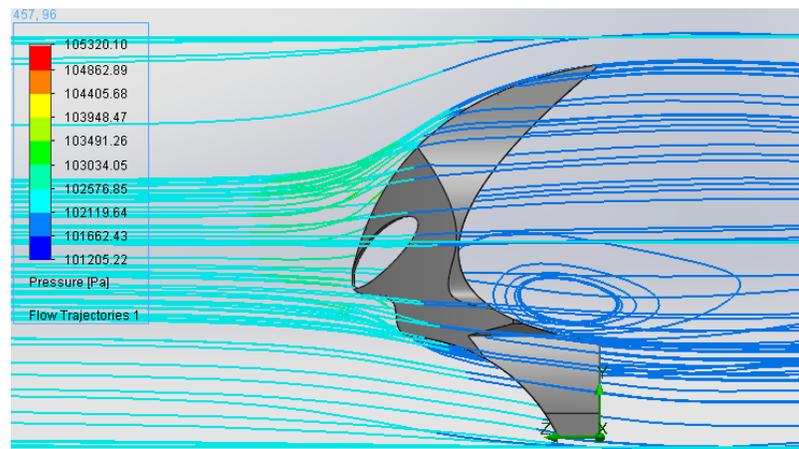


Figura 36. Flujo de aire frontal

Fuente: Elaborado por autores.

c.) Flujo de aire en el costado

Tabla 4

Resumen de fuerzas en el costado

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value
GG Force 1	[N]	70,04129878	70,14836279	70,02169829	70,50117029
GG Force (X) 1	[N]	-18,93854858	-18,96319058	-19,09081025	-18,9314984
GG Force (Y) 1	[N]	36,27272408	36,3247725	36,2690225	36,53438595
GG Force (Z) 1	[N]	-56,84544309	-56,93593054	-57,21927028	-56,80037982

Fuente: Elaborado por autores

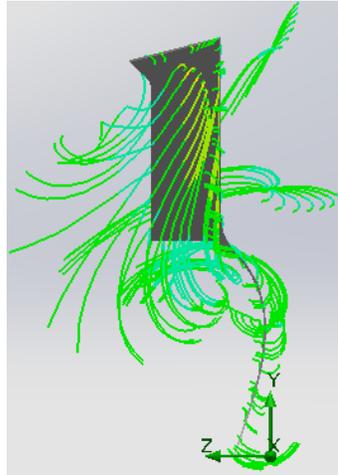


Figura 37. Flujo de aire que ingresa por el costado

Fuente: Elaborado por autores

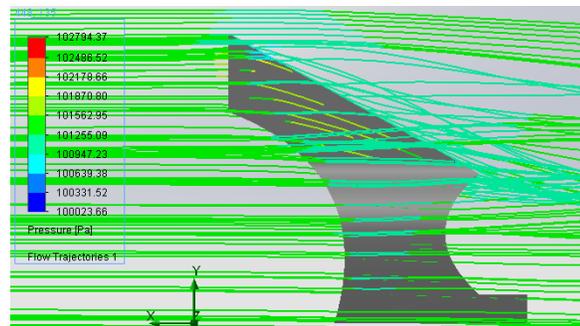


Figura 38. Flujo de aire en un costado

Fuente: Elaborado por autores

d.) Análisis aerodinámico de la motocicleta:

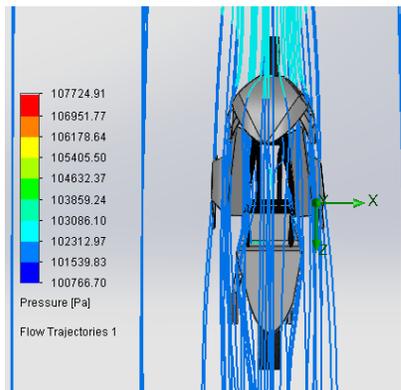


Figura 39. Vista superior del flujo de aire

Fuente: Elaborado por autores

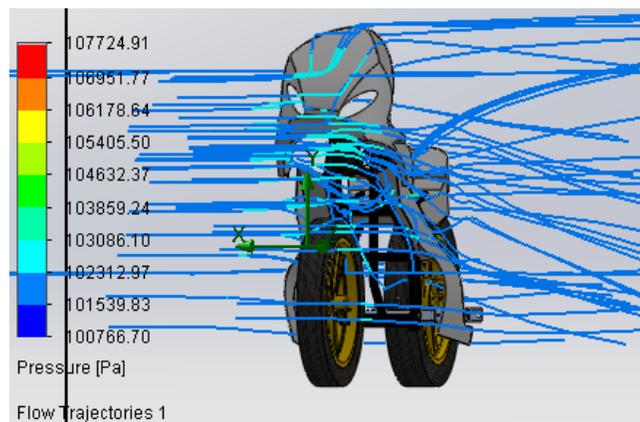


Figura 40. Vista isométrica del flujo de aire

Fuente: Elaborado por autores

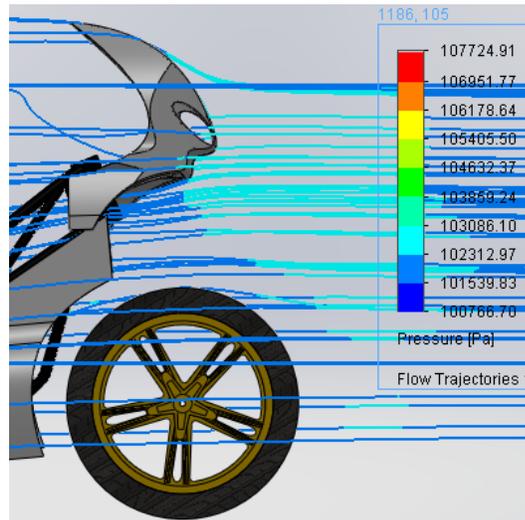


Figura 41. Vista lateral del flujo de aire

Fuente: Elaborado por autores

Tabla 5

Fuerzas que se generan sin el piloto

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value
GG Force 1	[N]	244,1232327	243,5194388	242,6343789	244,3485467
GG Force (X) 1	[N]	-9,79364412	-10,31501335	-11,60740758	-9,559257188
GG Force (Y) 1	[N]	54,93035383	55,5410873	53,89406025	56,72028271
GG Force (Z) 1	[N]	237,6613	236,8746212	236,0054898	237,9438919

Fuente: Elaborado por autores

Coeficiente aerodinámico: 0.403

e.) Análisis aerodinámico de la moto con piloto

Tabla 6 Fuerzas que se generan sin el piloto

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value
GG Force (Y) 1	[N]	6,811496242	6,326460171	4,217304218	8,074503983
GG Force (Z) 1	[N]	441,7492752	441,3866769	437,5682419	443,1423408

Fuente: Elaborado por autores

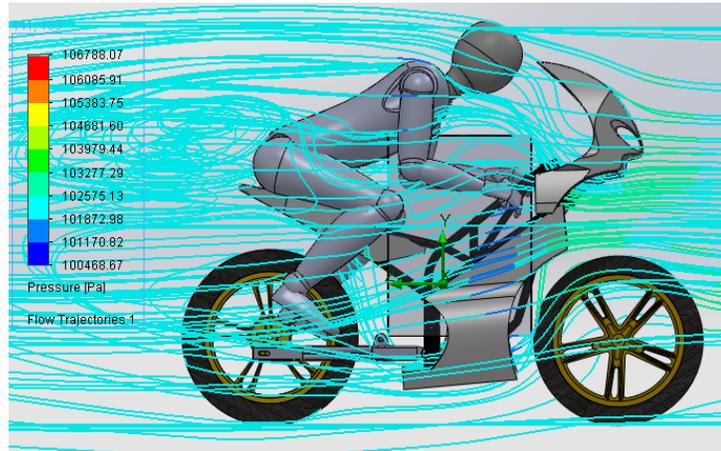


Figura 42. Aerodinámica de la moto con piloto

Fuente: Elaborado por autores

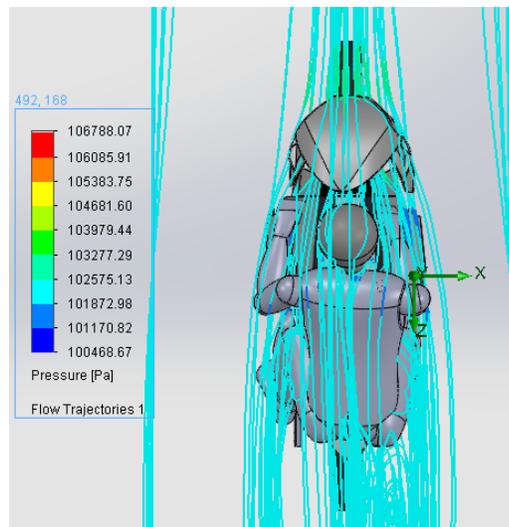


Figura 43. Vista superior del flujo de aire

Fuente: Elaborado por autores

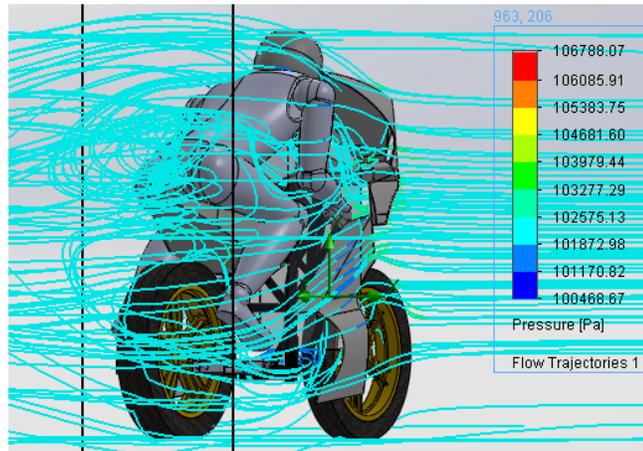


Figura 44. Vista posterior del flujo de aire

Fuente: Elaborado por autores

Coefficiente aerodinámico con piloto: 0.48

3.3.6. Manzana de tracción

El modelo comercial utilizado es el de la motocicleta gn 125.



Figura 45. Manzana de tracción

Fuente: Elaborado por autores

3.3.7. Catarina

El modelo comercial utilizado en la catarina de la motocicleta honda tornado compatible con cadena de peso 520.



Figura 46. Vista frontal de una Catarina

Fuente: Elaborado por autores

3.3.8. Timón y manubrio

El modelo comercial utilizado es fabricado en aluminio maquinado en CNC. El manubrio universal fabricado en caucho y aluminio.



Figura 47. Timón y manubrio

Fuente: Elaborado por autores

3.3.9. Mangueras hidráulicas:

DOT de alta presión jianshe.



Figura 48. Mangueras hidráulicas

Fuente: Elaborado por autores

3.3.10. Tija superior

Maquinada en acero ASTM A36



Figura 49. Tija superior

Fuente: Elaborado por autores

3.3.11. Tanque de combustible

El tanque utilizado es un producto comercial de la marca de motocicletas Loncin, las razones por las que el prototipo utiliza este tanque es por su bajo coste, fiabilidad en el producto, seguridad, diseño altamente estilizado y funcional para la ergonomía de motocicleta de carreras. (Cosentino Engineering, 2011)



Figura 50. Tanque de almacenamiento del combustible

Fuente: Elaborado por autores

3.3.12. Soporte de freno delantero

Utilizamos un diseño propio fabricado en acero ASTM A36 de 3 mm de espesor reforzado en las áreas de mayor desplazamiento para garantizar un frenado seguro siempre. (Cocco, 2004)



Figura 51. Soporte delantero del freno

Fuente: Elaborado por autores

3.3.13. Soporte del freno trasero

Desarrollamos un diseño altamente funcional que permite un sencillo ajuste de cadena en cualquier posición admisible, una característica importante de seguridad es la rosca que evita movimientos excesivos, la ranura ovalada encaja perfectamente en el seguro posicionado en el basculante y su adecuada alineación asegura la resistencia del material de 3 mm de espesor. (Cocco, 2004)



Figura 52. Soporte trasero del freno

Fuente: Elaborado por autores

CAPÍTULO IV

4. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLADO

En este capítulo, el acápite que concierne a la construcción del chasis, basculante, ensamblaje de las llantas, amortiguador, tanque de combustible, se tomarán en cuenta diversos aspectos tanto para los distintos procesos de fabricación en el mecanizado, conformado, soldado, ensamblado del material, siguiendo normas de construcción y de seguridad industrial para este tipo de acciones.

4.1. Normas básicas de seguridad

Se deben tomar en cuenta los siguientes ítems para el correcto desenvolvimiento de la maquinaria y operación por parte del trabajador.

a) Normas de seguridad en el taller

- Prestar atención a la infografía de seguridad que se encuentra en el taller.
- Ordenar cada objeto en el taller de acuerdo a su uso y peligrosidad.
- Mantener limpio todo el lugar de trabajo.
- Tener la suficiente ventilación del lugar de trabajo.
- Poseer un botiquín de primeros auxilios en caso de emergencia.
- Tener a mano números para rescate en caso de heridas graves.

b) Normas de seguridad para uso de las herramientas y maquinaria

- Leer el manual de funcionamiento para las herramientas y maquinaria.
- Tener las conexiones eléctricas en perfecto estado.
- Evitar las fugas de lubricante de la maquinaria.
- Prescindir del uso de máquinas, si estas no cuentan con el mantenimiento adecuado.

c) Normas de seguridad del operario

- Usar zapatos de seguridad.
- Utilizar antiparras de seguridad.
- Usar overol de tela gruesa.

d) Para la soldadura:

- Usar delantal de cuero, guantes de cuero tipo mosquetero con costura interna, gorro ignífugo, máscara para soldar (provista de filtros inactivos), mascarilla respiratoria para humos metálicos, polainas y casaca de cuero.

4.2. Selección del material

El primer paso para iniciar la manufactura de los diferentes elementos que conforman el chasis es la elección del material adecuado para soportar las solicitaciones establecidas en el diseño.

Tabla 7

Criterios de calificación

Cuantificación	Valor
Buena	3
Media	2
Mala	1

Fuente: Elaborado por autores

Tabla 8

Criterios para la elección del material

Material	Peso	Costo	Accesibilidad	Manipulación Fabricación	Resistencia a impactos	TOTAL
Acero	1	3	3	3	3	13
Aluminio	2	2	1	2	2	9
Fibra de carbono	3	1	1	1	1	7

Fuente: Elaborado por autores

El tipo de material seleccionado fue el acero, ya que realizamos un análisis exhaustivo respecto a costo, accesibilidad, manipulación, fabricación y resistencia a impactos donde obtuvo 3 puntos a la calificación asignada para la respectiva selección. En nuestro país la accesibilidad que tenemos con el acero es realmente muy buena ya que podemos encontrar en cualquier parte del país, aparte de que el costo es relativamente barato comparando con otros materiales que por sus propiedades son caros.

A pesar de su gran peso, es el material por el que optamos ya que tiene otras propiedades que nos ayudaron a la construcción de la motocicleta.

Tabla 9

Ponderaciones de las diferentes partes estructurales

Tipo	Rigidez y torsión	Espacio	Fabricación	Costo	Factibilidad	Peso	TOTAL
Tubular	3	3	3	2	3	2	16
Espina Central	2	3	3	3	1	2	14
Monocasco	3	2	1	1	1	1	9
Doble Viga	3	2	1	1	1	1	9
Motor Estructural	1	3	3	3	1	3	14

Fuente: Elaborado por autores

La selección fue una estructura tubular, ya que la rigidez y torsión de una estructura tubular permite mantener una excelente estructura para que este sea sometido a las respectivas pruebas a realizar en la competencia, la fabricación es mucho más manipulable para realizar los respectivos trabajos en el material escogido, el espacio que ocupa es mínimo ya que se puede manipular el material para dar forma y estructura, a pesar de que tenemos un peso que no favorece y el costo de fabricación es un poco elevado, se optó por este material por la accesibilidad y factibilidad que se tiene en el mercado ecuatoriano.

4.3. Construcción del chasis

a. Chasis tubular (bastidor)

De acuerdo a la programación en la manufactura del chasis, se procede con dimensionamiento en los tubos, para el posterior corte.



Figura 53. Señalamiento del tubo

Fuente: Elaborado por autores

En esta fase se cortaron los tubos para obtener ciertas medidas, desde luego esto sirvió para acoplarlas posteriormente a la matriz de doblado.



Figura 54. Corte del tubo

Fuente: Elaborado por autores

b. Doblado

Para alcanzar la geometría deseada previamente enfocada en el diseño, se usaron los tubos para un proceso sin arranque de viruta, es decir de conformado de metal por doblado.

Se sigue con el procedimiento de doblado en frío, el cual no requiere de calentamiento del material para la modificación de la geometría del tubo en la parte axial.

Se rellenó el tubo con arena fina para evitar deformaciones al momento de doblar, esto como parte del procedimiento normalizado de doblado.

Las marcas o estrías pueden ser el principio de una rotura, por lo que se debe tener cuidado de no fisurar la pieza trabajada. (Ercolina Loc, 2014)



Figura 55. Llenado del tubo con arena

Fuente: Elaborado por autores

Se señalaron los puntos para el punto de doblez, esto para evitar malos dimensionamientos en el conformado del doblado.



Figura 56. Posición del tubo en la matriz semicircular

Fuente: Elaborado por autores

Se doblaron los tubos con un rango de fuerza manual, para evitar los defectos típicos presentes en este tipo de procedimiento; esto se lo hizo en una matriz semicircular para doblar tubos. (Ercolina Loc, 2014)



Figura 57. Otra vista del tubo en la matriz semicircular

Fuente: Elaborado por autores

Gracias a las señales se obtuvieron los tubos doblados sin ninguna estría con los radios de curvatura y ángulos deseados.



Figura 58. Doblado de tubos terminado

Fuente: Elaborado por autores



Figura 59. Control de las dimensiones y de la recuperación elástica

Fuente: Elaborado por autores

Un factor a tomar en cuenta en el doblado del material es la recuperación elástica, el cual puede determinar otro ángulo al calculado después de proceder con el doblado del tubo, es un factor muy importante de controlar. (Ercolina Loc, 2014)



Figura 60. Control de las dimensiones

Fuente: Elaborado por autores

Es importante entender que existirán restricciones, en donde entran en juego variables como: dimensiones, material constitutivo, espesor de paredes del tubo (calibre), sección del tubo (circular).



Figura 61. Vista previa del tanque de combustible con los tubos doblados

Fuente: Elaborado por autores

4.4. Soporte de la horquilla

a. Mecanizado

Para el soporte de la horquilla se mecanizó en un torno paralelo a una probeta de forma cilíndrica de acero al carbono con las medidas previamente establecidas.

La herramienta que se usó es una cuchilla para desbaste, de un material denominado widia (carburo cementado), la cual resiste altas revoluciones del torno en comparación con las cuchillas de acero rápido (HS), esto es debido a la alta transferencia de calor de la herramienta hacia el medio ambiente en las operaciones de desbaste de material.

Las operaciones establecidas para mecanizar el soporte de la horquilla en el torno fueron:

- Refrentado de la cara frontal.
- Cilindrado a la superficie exterior del eje.
- Taladrado a través de todo el eje.
- Cilindrado de la superficie interior del soporte de la horquilla.
- Refrentado de la cara posterior.



Figura 62. Mecanizado del soporte de la horquilla

Fuente: Elaborado por autores

Este soporte de la horquilla debe almacenar dos rodamientos utilizados para proporcionar el movimiento de la horquilla, el cual permite el giro de dirección de la motocicleta.



Figura 63. Soporte de la horquilla terminado

Fuente: Elaborado por autores

Cabe recalcar que el control metrológico de la pieza mecanizada (soporte de la horquilla) se lo realizó con un calibrador pie de rey con una apreciación mínima de 0.02mm.

b. Soldadura

Existen factores muy importantes que influyen en la selección del proceso de soldadura, los principales son:

- El tipo de material a soldar.
- Las dimensiones del material, espesor o calibre (schedule) y forma.
- La posición de soldadura que debe ser usada.
- Nivel de calidad requerido.

Para conseguir el acabado deseado por el diseño previamente hecho, se eligió un proceso de soldadura por arco eléctrico, el cual necesita de un gas para protegerlo de defectos en la soldadura.

Se escogió el proceso de soldadura MIG (Metal Inert Gas), en el cual se utiliza un electrodo de metal que sirve de relleno para las juntas a soldar y este electrodo se consume entre las juntas a soldadas. (Ingemeconica, 2014)

La máquina para es una Millermatic 212 que nos sirve para soldar en todas las posiciones, en donde se usa corriente continua (DC) para el proceso de soldadura.

El electrodo consumible es de 0.8 mm de diámetro, de acero con un recubrimiento de cobre para aumentar su conductividad eléctrica. Se precisa de una velocidad de soldadura constante, esto debido a la calidad de soldadura requerida; también para evitar defectos en la soldadura.

El gas que se usa es AGA MIX (argón y dióxido de carbono) cuya mezcla es completamente estable. Se usó la mezcla para el acero porque el argón puro produce defectos en la soldadura tales como mordeduras y cordones irregulares; el valor del caudal de alimentación del gas para la mezcla (argón y dióxido de carbono) es de 10 lt/min.

El procedimiento de soldadura descrito a continuación comienza con la limpieza de todos los tubos ya previamente doblados, esto para llevar a cabo un modo de soldadura limpio.

Se comenzó situando el primer par de tubos a soldar y se realizó las debidas marcas en los mismos para determinar los lugares a soldar.



Figura 64. Ubicación del primer par de tubos doblados

Fuente: Elaborado por autores

El siguiente paso conlleva la preparación de la máquina a soldar con los siguientes parámetros:

- Encender el sistema de refrigeración para la correcta evacuación de los gases emanados debido a la soldadura.
- Regular la velocidad de avance del electrodo.
- Oprimir el gatillo de la pistola hasta que salgan aproximadamente de 5 mm a 10 mm de electrodo desde la boquilla. En caso de sobrepasar dicha medida, cortar el excedente con un alicate.
- Abrir la llave de suministro del cilindro que contiene el gas protector.
- Oprimir el gatillo accionador de la pistola en donde se va a purgar el aire de las mangueras y ajustar el fluxómetro al valor previsto para la alimentación del gas protector.
- Regular la corriente en base al tipo de electrodo que se va a usar, en este caso el valor del amperaje es de 50 A, con corriente directa y en polaridad inversa.
- Usar el cebado para iniciar el arco eléctrico y así empezar el proceso de soldadura.

- Realizar un cordón de soldadura moviendo la pistola a lo largo de la unión a una velocidad constante para evitar defectos en la soldadura.

Una consideración muy importante es que si el electrodo se pega al metal, se debe soltar el gatillo y cortar el electrodo. (INDURA, 2014)



Figura 65. Ubicación del eje de dirección con el ángulo caster

Fuente: Elaborado por autores



Figura 66. Ubicación del tercer tubo y verificación del ángulo

Fuente: Elaborado por autores

El uso de la herramienta denominada escuadra nos permite el control geométrico, al medir con este la simetría, tanto en el doblado, como después de la soldadura (alturas específicas de los tubos soldados).



Figura 67. Uso de escuadra para el control geométrico

Fuente: Elaborado por autores



Figura 68. Verificación del paralelismo de los tubos

Fuente: Elaborado por autores

Después de soldar el primer par de tubos al soporte de la horquilla, se soldó el segundo par según lo planeado, esto con el fin de realizar en lo posterior la llamada triangulación y los otros dos soportes (doble cuna).



Figura 69. Soldadura de los cuatro tubos doblados

Fuente: Elaborado por autores

4.5. Triangulación

Esta triangulación se la realiza para distribuir de mejor manera las cargas recibidas y de esta manera minimizar los efectos de la flexión sobre los tubos. (Cossalter, 2006)



Figura 70. Preparación de tubos para triangulación

Fuente: Elaborado por autores

La localización de los puntos a soldar es primordial, ya que si una medida se escapa de la tolerancia admitida de acuerdo al diseño, los efectos que pueda causar son diferentes a los esperados, por eso la colocación de los tubos en la triangulación debe realizarse con sumo cuidado. (Cocco, 2004)



Figura 71. Triangulación completa del bastidor

Fuente: Elaborado por autores

El procedimiento de soldadura es el mismo que en los anteriores tubos con la precaución en que las longitudes son más cortas, por lo tanto la precisión juega un factor muy importante. (Oxgasa, 2014)



Figura 72. Otro ángulo de la triangulación del bastidor

Fuente: Elaborado por autores

En la soldadura de estos tubos de pequeña dimensión es muy importante tener cordones de soldadura uniformes, se deben evitar cavidades en el cordón de soldadura, falta de penetración y salpicadura.



Figura 73. Vista frontal del bastidor con el tanque de combustible

Fuente: Elaborado por autores

Para completar el armazón se procedió a soldar los soportes del bastidor, con las dos barras inferiores que los convierten en un chasis doble cuna.



Figura 74. Ubicación de tubos de soporte del motor (doble cuna)

Fuente: Elaborado por autores

4.6. Basculante



Figura 75. Ubicación de los soportes del basculante

Fuente: Elaborado por autores

En la elaboración del basculante se usó un perfil rectangular, soldado con los mismos requerimientos que para la primera parte del chasis de forma tubular circular.

Para acoplar el basculante con su eje al resto del chasis se emplearon uniones empernadas, de tal manera que se produzcan las oscilaciones requeridas en la llanta.



Figura 76. Vista previa de la unión basculante-bastidor

Fuente: Elaborado por autores

4.7. Enllantaje

Para los neumáticos tanto delanteros como traseros se usaron las especificaciones determinadas para la motocicleta YAMAHA YZF R125 con las descripciones de 100/80-17 M/C (52H) para el neumático delantero y 130/70-17 M/C (62H) para el neumático trasero.



Figura 77. Desmontaje del conjunto

Fuente: Elaborado por autores

En esta sección se iniciará el desarmado de los componentes; la inspección de la cámara, neumático y aro y el posterior montaje para el ensamblaje hacia el chasis.



Figura 78. Verificación del aro de la llanta

Fuente: Elaborado por autores

4.8. Construcción caucho del embrague de tracción

Una parte esencial para la fabricación de este elemento son las medidas, otra es el material, el cual es un elastómero (caucho) debido a sus

propiedades elásticas; el seccionamiento de las cuatro piezas se lo hizo con una resistencia eléctrica de forma manual, cuidando sensiblemente las dimensiones de cada una.



Figura 79. Cauchos insertados en la llanta

Fuente: Elaborado por autores

4.9. Sub-bastidor

a. Construcción sub-bastidor (soporte asiento)

Para el soporte del sillín (asiento) se procederá a la construcción (corte y soldadura) de los tubos.



Figura 80. Vista previa de la iniciación de la soldadura

Fuente: Elaborado por autores

De igual manera el tipo de soldadura que se utilizó para unir las piezas es la MIG con los mismos parámetros que para el bastidor, ya que el diámetro de los tubos, el calibre y el material son los mismos.



Figura 81. Soldado del sub-bastidor

Fuente: Elaborado por autores

4.10. Amortiguación

Para la amortiguación delantera se usó una horquilla telescópica que une al chasis con la llanta delantera y que permite un viraje determinado.



Figura 82. Montaje del amortiguador en el bastidor y basculante

Fuente: Elaborado por autores

El soporte del asiento se ensambló en localizaciones específicas, para evitar concentraciones de esfuerzos y así minimizar todo efecto negativo debido al peso del piloto.



Figura 83. Ensamble del sub-bastidor (soporte del asiento)

Fuente: Elaborado por autores

La estabilidad y amortiguación son ofrecidas por un amortiguador de la gama YZF R125 de YAMAHA.

Para la incorporación al chasis se tomaron en cuenta que este es un amortiguador único articulado con ajuste de precarga del muelle, de 114 mm de recorrido.



Figura 84. Otra vista del conjunto bastidor, basculante, llanta, sillín

Fuente: Elaborado por autores

4.11. Construcción del carenado

La última parte es la construcción del carenado de la motocicleta, este se va a realizar en fibra de vidrio debido a su baja densidad y altas propiedades de adaptarse a la forma deseada, que es perfecta para nuestro caso.

Sus dimensiones se realizaron para que quepa en la motocicleta y también de acuerdo a lo diseñado para obtener un excelente coeficiente aerodinámico.



Figura 85. Vista previa del lateral trasero del carenado

Fuente: Elaborado por autores

Los primeros bocetos se hicieron con mucha precisión y en cartón, después se los acopló con cinta adhesiva al bastidor para poder observar un ensamblaje previo y para corregir posible errores de dimensionamiento.



Figura 86. Vista previa del panel lateral del carenado

Fuente: Elaborado por autores

Luego se cortaron trozos de manta de fibra de vidrio de la forma del carenado, de tal manera que sobresalgan los bordes entre 3 cm y 5 cm, esto para su posterior corte y para evitar una mala fabricación del carenado.

La manta de fibra no tuvo que ser de una sola pieza, por eso fue conveniente cortarla en trozos pequeños, ya que no se puede amoldar la manta de fibra al molde porque quedaban partes corrugadas, entonces se hicieron cortes a la manta de fibra para poder darle forma.



Figura 87. Aplicación de la manta de fibra de vidrio sobre el molde

Fuente: Elaborado por autores

Después se quitó la manta de fibra de vidrio del molde y se limpió de los posibles pelillos que hayan podido quedar. A continuación se dio al molde dos manos de cera desmoldante y se esperó una hora aproximadamente entre mano y mano.

Se procedió haciendo la mezcla del gel-coat con secante en la proporción adecuada y se lo aplicó con una brocha de forma que se cubrió totalmente la superficie del molde.

Se puso la manta de fibra de vidrio encima del molde y se pegó con la brocha a la resina; a continuación de esto se dio otra capa de resina sobre la manta, hasta que quedaron disueltos la resina y la manta de fibra de vidrio.



Figura 88. Aplicación de la mezcla de gel-coat sobre la fibra de vidrio

Fuente: Elaborado por autores

Fue importante atizar sobre la pieza para que no queden bolsas de aire dentro de la mezcla, haciendo que el aire salga por los bordes.

Se notó como la manta de fibra de vidrio quedó embebida en la resina de poliéster; también se observó como en los bordes de la pieza sobraron unos centímetros de manta de fibra de vidrio.



Figura 89. Molde de cartón unido a la fibra de vidrio

Fuente: Elaborado por autores

El tiempo de curado de la resina de poliéster fue de alrededor de 24 horas, después de esto se sacó la pieza del molde, dado que la fibra de vidrio es más flexible y se pudo agarrar de los bordes que sobresalieron.



Figura 90. Frontal en fibra de vidrio antes de lijar y pulir

Fuente: Elaborado por autores

Una vez recortados los bordes, se marcaron los puntos donde van los agujeros de los tornillos de anclaje del carenado a la moto.



Figura 91. Panel lateral en fibra de vidrio antes de lijar y pulir

Fuente: Elaborado por autores

Se utilizó una lijadora para quitar las imperfecciones en la superficie y también se pulió para pintar el carenado.



Figura 92. Lijado y pulido del carenado

Fuente: Elaborado por autores

Después de lijar y pulir se ensambló para obtener una vista previa del carenado en el bastidor, esto previo a la pintura que recibió.



Figura 93. Ensamble del carenado previo a recibir pintura

Fuente: Elaborado por autores

CAPÍTULO V

5. PRUEBAS

5.1. Pruebas estáticas

Este tipo de pruebas se las realizó previamente a las pruebas en pista, todo esto en un primer filtro para determinar la idoneidad de la motocicleta frente a los respectivos requerimientos que se encuentran en el reglamento vigente.

Todos los ensayos se validaron con jueces expertos en el tema para así poder determinar el puntaje correcto en cada prueba.



Figura 94. Revisión de los jueces

Fuente: Elaborado por autores

5.1.1. Ergonomía

El diseño de la moto deberá estar dentro de unos límites de ergonomía que correspondan a un piloto de estatura y peso medios.

- Está permitida la instalación de elementos de mando regulables para mejorarla ergonomía y comodidad del piloto.

- Los elementos y símbolos reflejados en el tablero y mandos, así como las indicaciones del display deben ser perfectamente legibles en la posición normal de conducción.
- Tomando el percentil de tallas P95 (Que comprende al 95% de la población), la posición de pilotaje de una motocicleta deportiva estándar, en posición normal de conducción (No en posición de máxima velocidad), está comprendida por los siguientes ángulos:

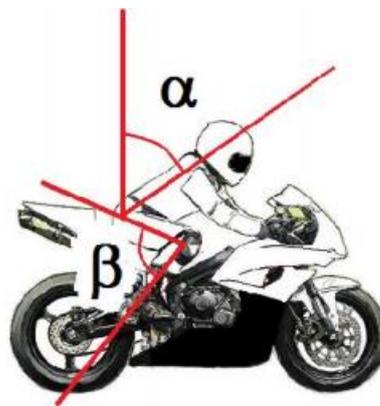


Figura 95. Ángulos de espalda con la vertical y de flexión de rodillas.

Fuente: Motostudent

Dónde:

α : Ángulo de la espalda con la vertical. Para una motocicleta deportiva se recomiendan ángulos entre 19° y 40° .

β : Ángulo de flexión de rodillas. Para una motocicleta deportiva se recomiendan ángulos entre 65° y 77° .

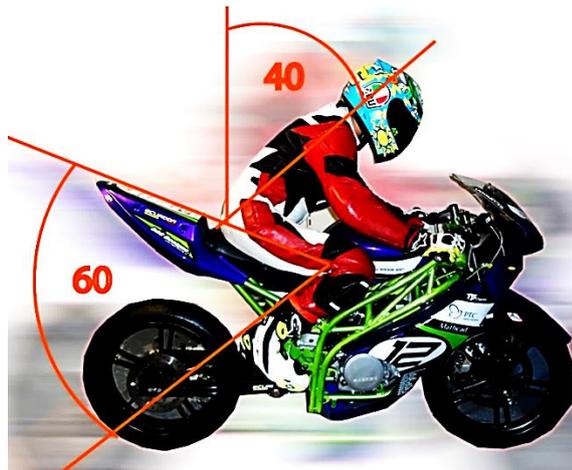


Figura 96. Ángulos de ergonomía

Fuente: Elaborado por autores

5.1.2. Verificación estática de seguridad

Procedimiento:

La moto será examinada por los comisarios técnicos siguiendo todas normas en el orden en que aparecen en la sección B del reglamento (Reglamento Técnico General)⁹.

- Los equipos pueden disponer de los elementos de recambio (cualquier componente o parte de la moto) que consideren oportunos. Estos recambios deberán ser presentados a la Organización simultáneamente con el prototipo para su verificación.
- Las verificaciones estáticas se llevarán a cabo en el Box Técnico, situado bajo la torre de control, próximo al PGO.
- La moto debe presentarse con el carenado desmontado (exceptuando colín), para un mejor examen visual. El carenado deberá ser mostrado aparte en el mismo momento, para su correspondiente verificación.
- La utilización de componentes no verificados por la Organización significará la expulsión inmediata de la Competición.

⁹ Fuente: Motostudent.

- Para las verificaciones estáticas deberán asistir al Box Técnico únicamente 2 integrantes del equipo, que serán los encargados de transportar la moto y el carenado.



Figura 97. Revisión de seguridad

Fuente: Elaborado por autores

5.1.3. Verificación de seguridad en banco

La moto se someterá a una serie de fuerzas horizontales y verticales en un banco de ensayos para comprobar rigidez del chasis, correcto ensamblaje, y trabajo de suspensiones.

- a. Se aplicarán sobre la moto las siguientes fuerzas:
Carga horizontal progresiva en rueda delantera: 300kg
Carga vertical progresiva sobre el asiento: 250kg

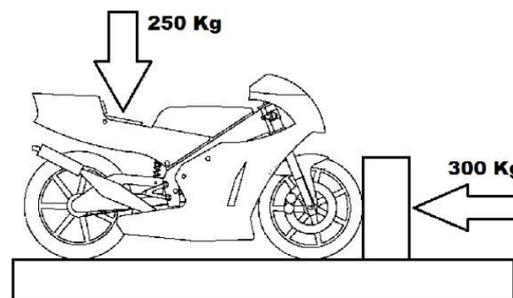


Figura 98. Descripción gráfica de la prueba.

Fuente: Motostudent

- b. Estas cargas se aplicarán sucesivamente 2 veces consecutivas y se verificará que la medida es repetitiva en cuanto a deformación con un error entre medidas inferior a un 10% y que no aparece ningún tipo de fallo o fisura en los componentes estructurales o elementos de unión.



Figura 99. Banco de carga

Fuente: Elaborado por autores

5.1.4 Pruebas en pista

Todas estas pruebas se realizaron en la competición, posterior a la calificación por parte de los jueces en las especificaciones técnicas, estas pruebas que según reza en el reglamento se consideran como pruebas dinámicas.

Junto con cada prueba y antes de las evaluaciones se presenta en forma literal los lineamientos para llevarse a cabo dicha prueba, considerándose todos estos ítems para su evaluación.

A continuación se detallan las siguientes pruebas:

5.1.5. Distancia de frenado

Esta prueba en el reglamento de la competición se denomina “MS2 TEST 1: BRAKE TEST”.

- a. La prueba de frenado consistirá en una evaluación de la distancia necesaria para detener la moto por completo a partir de una velocidad mínima de 80 km/h.
- b. La prueba se realizará a lo largo de una recta de 350m de longitud total.
- c. Se dispondrá de una longitud máxima de 200m para que la moto alcance una velocidad igual o superior a 80 km/h. La Organización dispondrá de un medidor de velocidad en ese punto para verificar que se está alcanzando esa velocidad.
- d. Al rebasar el punto de final de la recta de aceleración (Punto de speed trap) el piloto tendrá que intentar detener la moto en la mínima distancia posible.
- e. Los comisarios medirán el punto de la vertical tangente al neumático delantero (Parte más adelantada de la moto).
- f. La distancia entre el punto descrito en el artículo anterior y la línea de comienzo de frenada será considerada la distancia de frenado calificable en esta prueba.
- g. La puntuación de la prueba de frenada se llevará a cabo una vez recogidas las distancias de frenada de todos los equipos.
- h. La evaluación de la prueba se realizará mediante una extrapolación con los resultados obtenidos.

$$\frac{M_F - D}{M_F - P_F} = \frac{50 - P}{49}$$

Ecuación 17 Distancia de Frenado

Fuente: Reglamento Motostudent

Dónde:

M_F : Distancia de la frenada más eficiente.

P_F : Distancia de la frenada menos eficiente.

D : Distancia de la frenada a evaluar.

P : Puntuación de la frenada a evaluar.

La cifra obtenida en el artículo anterior será redondeada al número entero correspondiente. De esa aproximación se obtendrá la puntuación de la prueba, pudiendo oscilar entre punto para la frenada menos eficiente y 50 puntos para la mejor frenada.

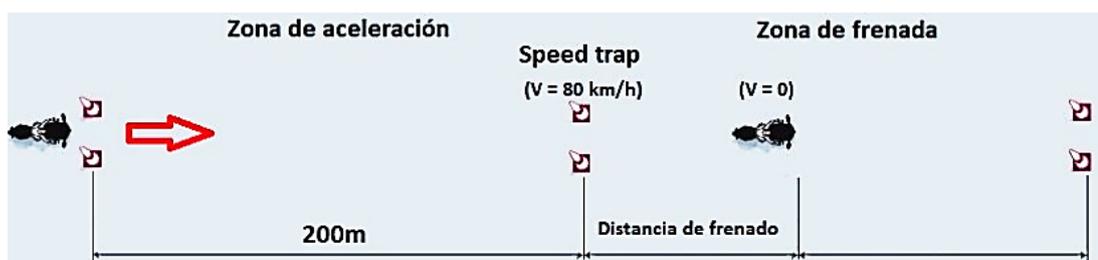


Figura 100. Descripción gráfica de la prueba.

Fuente: Motostudent

- i. Si la velocidad de pasada por el punto de speed trap es inferior a 80 km/h se tomarán las siguientes penalizaciones, que serán añadidas a la distancia de frenada obtenida.

Tabla 10

Penalizaciones.

Velocidad (km/h)	Penalización
79	+2 m
78	+3 m
77	+4 m
76	+5 m
75	+6 m
70-74	+10 m
<70	Medición nula

Fuente: Motostudent

Tabla 11

Datos obtenidos

Bike number	Team	Distance (m)	Speed (km/h)	Penalty	Result Dist.	Score
12	ESPE MOTOSTUDENT	25,1	62,07	NULE	NULE	0

Fuente: Motostudent

5.1.6. Maniobrabilidad

Esta prueba en el reglamento de la competición se llama “Gymkhana”.



Figura 101. Pruebas de maniobrabilidad

Fuente: Motostudent

- a. La segunda prueba consistirá en una pequeña gymkhana cronometrada. En el siguiente plano se refleja el recorrido a seguir y la acotación de este.
- b. La salida se dará mediante bajada de bandera.
- c. Se tomará el tiempo en realizar el recorrido completo.
- d. Las penalizaciones por fallos quedan recogidas en la siguiente tabla. Consistirán en tiempo añadido a la medición total de la prueba.

Tabla 12

Penalizaciones por mala maniobrabilidad.

Fallo	Penalización
Desplazar o tirar un cono	+5 segundos
No sobrepasar un cono por el lugar correcto	+10 segundos

Fuente: Motostudent

- e. La puntuación de la prueba se realizará con los tiempos recogidos de todos los equipos y realizando la siguiente extrapolación.

Organización procurará en la medida de lo posible que la prueba real sea lo más fiel posible a la representación gráfica.

5.1.7. Aceleración

Esta prueba en el reglamento de la competición se la conoce como Mejor aceleración.

- a. En esta prueba se medirá la aceleración máxima de cada moto desde parado en una recta de 150m.
- b. La salida se dará mediante bajada de bandera. El piloto tratará de salir lo más rápido posible.
- c. El piloto tratará de recorrer los 150m de pista en el mínimo tiempo posible (Máxima aceleración).
- d. La Organización tomará el tiempo total en hacer ese recorrido mediante un sistema de cronometraje.
- e. Una vez obtenidos los tiempos de todas las motos, se realizará una extrapolación con ellos:

$$\frac{M_T - T}{M_T - P_T} = \frac{50 - P}{49}$$

Dónde:

M_T : Tiempo más rápido.

P_T : Tiempo más lento.

T : Tiempo a evaluar.

P : Puntuación del tiempo a evaluar.

- f. La cifra obtenida en el artículo anterior será redondeada al número entero correspondiente. De esa aproximación se obtendrá la puntuación de la prueba, pudiendo oscilar entre 1 punto para la aceleración más lenta y 50 puntos para la más rápida.



Figura 103. Descripción gráfica de la prueba.

Fuente: Motostudent

Este fue el resultado en dicha prueba:

Tabla 13.

Datos obtenidos en la prueba

Bike number	Team	Best Time	Score
12	ESPE MOTOSTUDENT	NULE	0

Fuente: Motostudent

5.1.8. Prueba de mecánica para equipos.

Esta prueba consiste en valorar la rapidez de trabajo en el box por parte del equipo, así como si se ha tenido en cuenta este aspecto a la hora de diseñar la moto.



Figura 104. Salida a carreras

Fuente: Elaborado por autores

- a. La prueba consistirá en el desmontaje y montaje completo del depósito y carenado de la moto (Sin incluir colín).

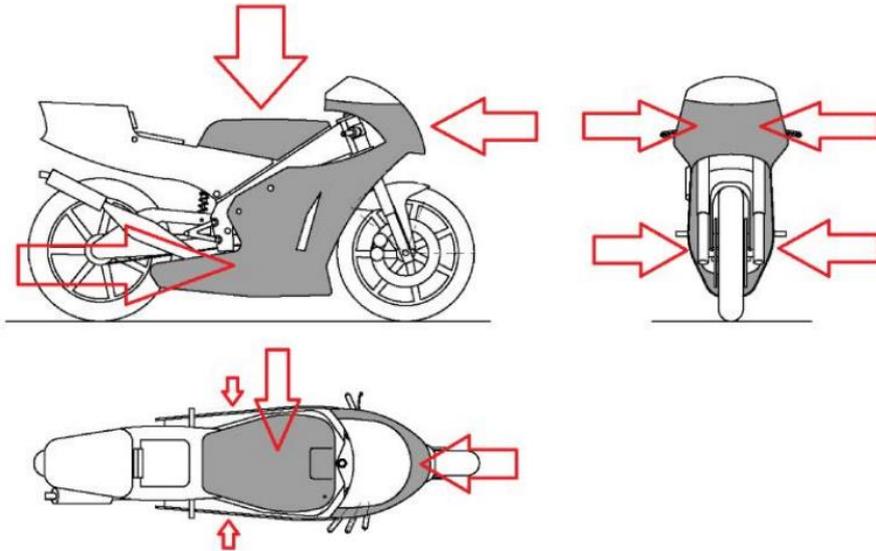


Figura 105. Orientación en el montaje y desmontaje del carenado.

Fuente: Motostudent

- b. El tiempo de desmontaje será medido por un comisario, que además comprobará que el proceso se realiza de forma completa.
- c. Al comienzo y al final de la prueba la moto deberá estar ensamblada tal y como se concibe para su circulación en pista. Este aspecto será exhaustivamente revisado por los comisarios.
- d. Durante esta prueba solo podrán participar dos integrantes del equipo. El resto podrá permanecer en el box como espectador, pero sin interferir en las actividades de sus compañeros.
- e. Se permite el uso libre de todo tipo de herramientas y sistemas.
- f. Se considerará que las piezas están desmontadas cuando el comisario que siga la prueba vea claramente que no

existe ningún elemento en contacto entre la moto y dichas piezas.

- g. Con los tiempos de todos los equipos recogidos se realizará la siguiente extrapolación:

$$\frac{M_T - T}{M_T - P_T} = \frac{50 - P}{49}$$

Dónde:

M_T : Tiempo más rápido.

P_T : Tiempo más lento.

T: Tiempo a evaluar.

P: Puntuación del tiempo a evaluar.

- h. La cifra obtenida en el artículo anterior será redondeada al número entero correspondiente. De esa aproximación se obtendrá la puntuación de la prueba, pudiendo oscilar entre 1 punto para el tiempo más lento y 50 puntos para el más rápido.

Los resultados de la prueba fueron:

Tabla 14

Datos obtenidos en la prueba

Bike number	Team	Time	Score
12	ESPE MOTOSTUDENT	7' 51,70"	6

Fuente: Motostudent

5.1.9. Velocidad máxima

Esta prueba en el reglamento de la competición se denomina "Velocidad máxima en Speed Trap".

Esta prueba consiste en obtener la máxima velocidad en un punto determinado del Circuito.

- a. En el punto de Speed Trap la Organización colocará un medidor de velocidad.
- b. Las mediciones de velocidad para esta prueba se realizarán durante la sesión de entrenamientos libres.
- c. Una vez transcurridos los 40 minutos de entrenamientos libres ya no se realizará ninguna medición de velocidad en speed trap, y la máxima velocidad recogida será la usada para calificación de la prueba.
- d. La puntuación de la prueba de velocidad máxima en speed trap se llevará a cabo una vez recogidas las velocidades máximas de todos los equipos.
- e. Para que la puntuación de la prueba sea válida, el tiempo de la vuelta donde se tome la máxima velocidad en speed trap deberá estar dentro del 120% del tiempo marcado por la vuelta más rápida de todas las motos en la sesión de entrenamientos libres.
- f. Con las velocidades obtenidas se realizará la siguiente extrapolación:

$$\frac{V_{MAX} - V}{V_{MAX} - V_{MIN}} = \frac{50 - P}{49}$$

Dónde:

V_{MAX} : Velocidad máxima.

V_{MIN} : Velocidad mínima.

V: Velocidad a evaluar.

P: Puntuación.

- g. La cifra obtenida en el artículo anterior será redondeada al número entero correspondiente. De esa aproximación se obtendrá la puntuación de la prueba, pudiendo oscilar entre 1 punto para la velocidad más lenta y 50 puntos para la más rápida.

3.1.10. Pole position

Esta prueba consiste en obtener el tiempo más rápido en dar una

vuelta al circuito de velocidad.

- a. La medición de los tiempos de esta prueba se llevará a cabo durante la sesión de entrenamientos cronometrados.
- b. Con los tiempos de todos los equipos recogidos se realizará la siguiente extrapolación:

$$\frac{M_T - T}{M_T - P_T} = \frac{50 - P}{49}$$

Dónde:

M_T : Tiempo más rápido.

P_T : Tiempo más lento.

T : Tiempo a evaluar.

P : Puntuación del tiempo a evaluar.

- c. La cifra obtenida en el artículo anterior será redondeada al número entero correspondiente. De esa aproximación se obtendrá la puntuación de la prueba, pudiendo oscilar entre 1 punto para el tiempo más lento y 50 puntos para el más rápido.

Este fue el resultado en dicha prueba:

Tabla 15

Datos obtenidos en la prueba

Bike number	Team	Best Time	Score
12	ESPE MOTOSTUDENT	1' 28,227	1

Fuente: Motostudent

3.1.11. Vuelta rápida en carrera

Durante la carrera se evaluará la prueba de vuelta rápida.

- ✓ La Organización recogerá los tiempos de vuelta de todas las motos a lo largo de la duración de la carrera.
- ✓ Una vez finalizada la carrera, con los máximos tiempos recogidos se puntuarán las vueltas más rápidas mediante la siguiente extrapolación:

$$\frac{M_T - T}{M_T - P_T} = \frac{50 - P}{49}$$

Dónde:

M_T : Tiempo más rápido.

P_T : Tiempo más lento.

T : Tiempo a evaluar.

P : Puntuación del tiempo a evaluar.

- ✓ La cifra obtenida en el artículo anterior será aproximada al número entero por encima de ella. De esa aproximación se obtendrá la puntuación de la prueba, pudiendo oscilar entre 1 punto para el tiempo más lento y 50 puntos para el más rápido.

Tabla 16

Datos obtenidos en la prueba

Bike number	Team	Best Lap	Score
12	ESPE MOTOSTUDENT	1' 27,073"	1

Fuente: Motostudent

CAPÍTULO VI

6. MARCO ADMINISTRATIVO

6.1 RECURSOS

Se procederá a analizar los elementos por medio del cual construimos una motocicleta de competición para Motostudent 2013 -2014; y esto se lo ha logrado conseguir por la aplicación de los recursos humanos, tecnológicos y materiales, para formalizar el desarrollo de la propuesta.

Para la respectiva construcción de este proyecto tendremos como objeto el desarrollo de este marco administrativo.

6.1.1 RECURSOS HUMANOS

En el desarrollo del proyecto de tesis titulado “DISEÑO, ANÁLISIS Y CONSTRUCCIÓN DE UN CHASIS Y CARENADO DE UN PROTOTIPO DE MOTOCICLETA DE COMPETICIÓN PARA LA COMPETENCIA MOTOSTUDENT 2013-2014.”, la prioridad que tuvimos fue investigar en el campo teórico y práctico.

Con la guía del Ing. Juan Castro designado como Director el mismo que con sus conocimientos promovió la investigación científica y la puesta en marcha del proyecto y del Ing. Stalin Mena que en calidad de Codirector facilitó el desarrollo del trabajo.

6.1.2 RECURSOS TECNOLÓGICOS

Para el desarrollo del proyecto fue necesario adquirir y utilizar el recurso tecnológico siendo estos: dispositivos electrónicos y mecánicos, software de

diseño, sistemas CAD, libros, experiencias técnicas, manuales, etc. Los mismos que promovieron a complementar la fase investigativa.

6.1.3 RECURSOS MATERIALES

Representan los recursos materiales de la construcción física del proyecto: Sueda Lincol MIG, suelda TIC, taladro, amoladora, torno, fresadora, tronzadora, esmeril, prensa hidráulica, matriz dobladora, entre los más representativos.

6.2 PRESUPUESTO

Tabla 17

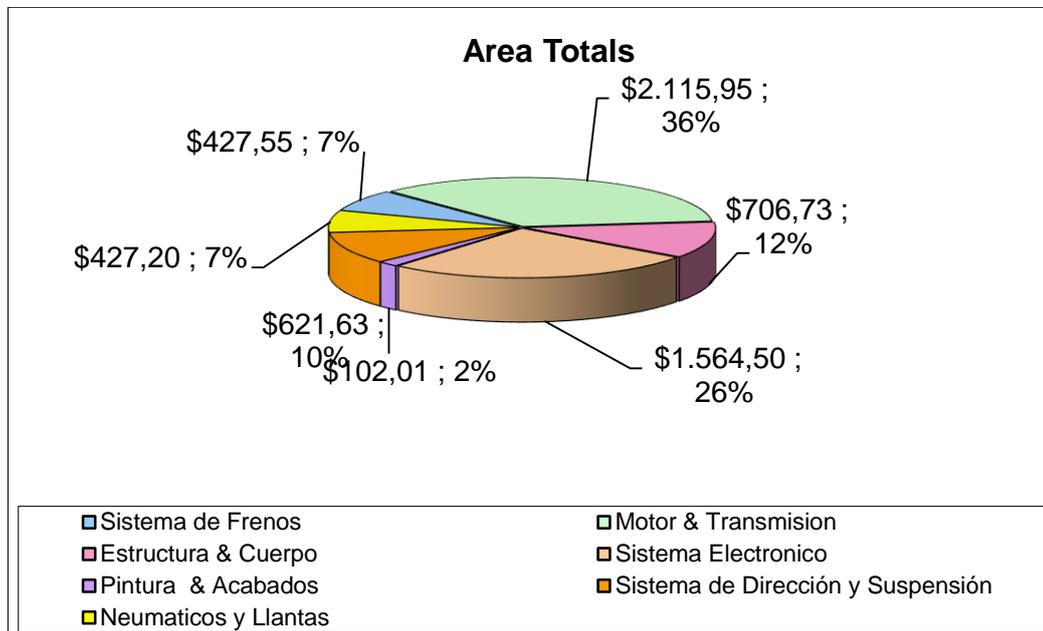
Presupuesto

Área Total		Materiales	Procesos	Sujetadores	Total
	Sistema de Frenos	\$ 376,01	\$ 37,33	\$ 6,97	\$ 427,55
	Motor & Transmisión	\$ 1.949,73	\$ 54,90	\$ 33,29	\$ 2.115,95
	Estructura & Cuerpo	\$ 347,47	\$ 356,46	\$ 2,80	\$ 706,73
	Sistema Electrónico	\$ 1.531,25	\$ 31,61	\$ 1,64	\$ 1.564,50
	Pintura & Acabados	\$ 72,52	\$ 27,33	\$ 2,16	\$ 102,01
	Sistema de Dirección y Suspensión	\$ 528,83	\$ 79,07	\$ 13,74	\$ 621,63
	Neumáticos y Llantas	\$ 368,67	\$ 37,82	\$ 0,56	\$ 427,20
Total de la Moto		\$ 5.174,48	\$ 624,52	\$ 61,16	\$ 5.965,58

Fuente: Elaborado por Tania Molina

Tabla 18

Distribución de costos de la motocicleta



Fuente: Tania Molina

6.3 CRONOGRAMA

Tabla 19

Cronograma de actividades

	Actividad	Fecha
1	Inscripción en la competencia	30/07/2013
2	Diseño	Enero - Abril 2014
3	Adquisición de partes y construcción	Abril -julio 2014
4	Pruebas y modificaciones del prototipo	Julio 2014
5	Práctica del piloto	Agosto 2014
6	Envío del prototipo	Septiembre 2014
7	Competencia MotoStudent	Octubre 2014

Fuente: Elaborado por los autores

CONCLUSIONES

Concluida la presente investigación ponemos en consideración de quienes interese este trabajo como fuente de información.

- ✓ El prototipo aprobó todos los requerimientos de calidad y seguridad necesarios para participar de forma integral en la competencia.
- ✓ Todos los análisis y estudios realizados en los materiales, fueron satisfactorios para lograr un producto fiable y de alta calidad.
- ✓ El mecanismo desarrollado para el sistema de suspensión trasera, así como también la disposición de la horquilla de la suspensión delantera fueron altamente eficientes para asegurar una conducción estable bajo todos los requerimientos de conducción en el circuito de carreras.
- ✓ La disposición aerodinámica del carenado permitió una refrigeración adecuado del motor, además de una baja resistencia aerodinámica y un diseño estético original e impecable.
- ✓ Este proyecto de investigación logró ubicarse en el XI puesto en la categoría de diseño, en el III puesto de innovación, V puesto industrial y XVI puesto en carrera, de 34 participantes internacionales, siendo estos excelentes logros, considerando que esta es la primera moto diseñada en Ecuador.
- ✓ De un total de 34 equipos, junto con tres universidades brasileras seremos los únicos representantes latinoamericanos y pese a las limitaciones económicas y tecnológicas, el buen desarrollo del proyecto ratifica el talento de especialistas jóvenes que se sobrepone sobre dichas limitaciones.

- ✓ Este proyecto logra el interés de la industria que necesita un fuerte impulso para iniciar no solo como motopartistas sino como creadores de un producto completo, permitiendo también impulsar una mayor cantidad de emprendimientos de diseño y deportes motorizados en el futuro.

- ✓ España es un país que ha impulsado ampliamente el motociclismo y de hecho de ese país son natales los principales pilotos del presente campeonato de Moto GP como Jorge Lorenzo, Dani Pedrosa, Álvaro Bautista, Marc Márquez, Héctor Barbera, Iván Silva y Aleix Espargaro. De nuestra participación en el circuito MotorLand de España se logrará una buena experiencia para seguir impulsando este deporte y toda una industria en Ecuador.

- ✓ Esta es la primera motocicleta de carreras diseñada y construida en Ecuador y este emprendimiento se relaciona directamente con el proyecto de cambio de matriz productiva que pretende industrializar al país, estamos convencidos que este inicio, este prototipo y su consecuente evolución será el futuro de vehículos creados en Latinoamérica.

RECOMENDACIONES

- ✓ Es importante realizar una proyección previa de gastos del proyecto para poder tomar las mejores decisiones de selección de materiales, de procesos de manufactura y de logística para el funcionamiento del equipo.
- ✓ Es muy importante realizar todos los estudios de diseño y materiales antes de iniciar la construcción del prototipo para evitar futuros errores.
- ✓ Para el proceso construcción del bastidor se recomienda trabajar con matrices guía tanto para el doblado de los tubos así como también para la fijación de los elementos estructurales al momento soldarlos.
- ✓ De igual manera una vez que se ha realizado todo el modelado del bastidor o del basculante se recomienda utilizar plantillas para el recorte de los tubos "Trimming" para lograr una unión perfecta entre ellos
- ✓ Al ser un deporte altamente competitivo que funciona con la perfecta interrelación de varios sistemas, es fundamental trabajar con buen equipo de trabajo que logre superar todos los requerimientos de las pruebas y de la carrera final.
- ✓ Al ser un proyecto de diseño de un prototipo, existen muchas alternativas en la toma de decisiones para configuración geométrica, configuración estructural, mecanismos de suspensión, etc. Por lo que es importante tomar referencias de diseños de motocicletas profesionales de carreras o de proyectos pasados que hayan participado en competencias similares.

- ✓ Como diseñadores de este prototipo y desarrolladores del proyecto Motostudent, recomendamos a los docentes y estudiantes de toda la universidad

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

2013-2014, R. T. (s.f.).

Arias-Paz, M. (2005). *Motocicletas*. Dossat.

Arpem Networks SL. (noviembre de 2009). *arpem*. Obtenido de <http://www.arpem.com/pruebas/ferias/motos/2009/presentacion-moto-2-laglissee-gp6-modenagui/fotos/presentacion-moto-2-laglissee-chasis-3.html>

Arpem Networks SL. (2014). *arpem.com*. Obtenido de <http://www.arpem.com/motos/modelos/honda/modelos-11/cbf-600-n.html>

Bradley, J. (1996). *The racing motorcycle, a technical guide for constructors*. Broadland Leisure Publications.

Cocco, G. (2004). *Motorcycle Design and Technology, How and Why*. Giorgio NADA Editore.

Cosentino Engineering. (19 de octubre de 2011). *Adventura Rider*. Obtenido de <http://www.advrider.com/forums/showthread.php?t=720777&page=9>

Cossalter, V. (2006). *Motorcycle Dynamics*. Lulu.

Egli Motorradtechnik AG. (s.f.). *Egli Racing*. Obtenido de <http://www.egli-racing.ch/de/p7-7708.html>

Ercolina Loc. (18 de agosto de 2014). *Lo que debe saber antes de curvar tubos o tuberías..*. Obtenido de <http://es.ercolina.com/recursos/preguntas-mas-frecuentes/>

Florez, A. (s.f.). *Manual de la motocicleta*. Obtenido de <http://aprobaciones.jimdo.com/manual-de-la-motocicleta/>

Foale, T. (2003). *Motocicletas, comportamiento dinámico y diseño de chasis*.

García, J. D. (28 de abril de 2011). Obtenido de Repaso a la motocicleta en España: <http://0moving0.blogspot.com.es/2011/04/repaso-la-motocicleta-en-espana.html>

García, R. (1 de agosto de 2012). *Motos Cafe Racer*. Obtenido de <http://rabarivonich.blogspot.com/2012/08/motos-cafe-racer.html>

- INDURA. (28 de agosto de 2014). *MEDIDAS DE SEGURIDAD PERSONAL PARA SOLDAR*. Obtenido de http://www.indura.net/_file/file_1774_af_seg_re.pdf
- Ingemecanica. (20 de agosto de 2014). *Fundamentos de la Soldadura MIG-MAG*. Obtenido de <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn53.html#seccion51>
- Luis, J. (23 de diciembre de 2011). *Ossa Monocasco: Santiago Herreros*. Obtenido de <http://lsrbikes.blogspot.com/2011/12/ossa-monocasco-santiago-herreros.html>
- Luz, T. (2010). *História da Honda*. Obtenido de <http://slideplayer.com.br/slide/391170/>
- Moore, M. (9 de mayo de 2013). *eurospares.com*. Obtenido de http://www.eurospares.com/graphics/AHRMA/AHRMA_2014_9_7_3_f_web.pdf
- Moto reciclo*. (s.f.). Obtenido de <http://motobancadalaser.com/chasis-doble-cuna-tubo-de-acero.html>
- NeoAuto. (4 de octubre de 2012). *La moto en el tiempo*. Obtenido de <http://neoauto.com/blog/varios/la-moto-en-el-tiempo>
- Oxgasa. (28 de agosto de 2014). *Manual del soldador*. Obtenido de <http://www.oxgasa.com/attachments/article/45/manual%20del%20soldador.pdf>
- PLUSMOTO. (s.f.). *Ducati 1199 Panigale y su ingeniería*. Obtenido de <http://www.plusmoto.com/ducati-1199-panigale-ingenieria.html/ducati-1199-panigale-frame-cad-03-635x397#imagen>
- Robinson, J. (1994). *Motocicletas: Chasis*. Paraninfo.
- Simple Machines LLC. (14 de julio de 2011). *Los foros de epifumi*. Obtenido de <http://www.epifumi.com/foro/index.php?topic=12442.0>
- TWO STROKES. (1 de febrero de 2008). *North American Two-Stroke*. Obtenido de <http://2stroker.createforumhosting.com/viewtopic.php?f=11&t=1040&start=15&&view=print>

XIAN FAST EAST IMPORT&EXPORT CO. LTD. (2008). *arlume.com*.

Obtenido de <http://arlume.com/productinfo.asp?id=1097>

Yamaha Motor Global. (1 de septiembre de 2002). *R6 2003: State of the art*

in 600 cc supersport. Obtenido de [http://www.yamaha-motor.eu/designcafe/en/about-](http://www.yamaha-motor.eu/designcafe/en/about-bikes/classics/index.aspx?view=article&id=441106)

[bikes/classics/index.aspx?view=article&id=441106](http://www.yamaha-motor.eu/designcafe/en/about-bikes/classics/index.aspx?view=article&id=441106)

ANEXOS

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los Señores Echeverría Andrés y Suárez Jayro bajo mi supervisión.

.....
Ing. CASTRO JUAN
DIRECTOR DEL PROYECTO

.....
Ing. MENA STALIN
CODIRECTOR DEL PROYECTO

.....
Ing. CASTRO JUAN
DIRECTOR DE LA CARRERA

.....
Dr. JARAMILLO CHECA FREDDY
SECRETARIO ACADÉMICO