



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: FLORES YASIG EDISON OMAR

GAMBOA EUGENIO MARCOS EDUARDO

**TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN KART ELÉCTRICO
UTILIZANDO MATERIALES MIXTOS PARA EL LABORATORIO
DE AUTOTRÓNICA**

DIRECTOR: ING. QUIROZ, LEONIDAS

CODIRECTOR: ING. IZA, HENRY

LATACUNGA, JULIO 2014

UNIVERSIDAD DE LA FUERZAS ARMADAS - ESPE

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO

ING. LEONIDAS QUIROZ (DIRECTOR)

ING. HENRY IZA (CODIRECTOR)

CERTIFICAN

Que el trabajo “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN KART ELÉCTRICO UTILIZANDO MATERIALES MIXTOS PARA EL LABORATORIO DE AUTOTRÓNICA**” realizado por FLORES YASIG EDISON OMAR Y GAMBOA EUGENIO MARCOS EDUARDO, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatuarías establecidas en el reglamento de estudiantes por la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.

Debido a que es un proyecto de excelente calidad y contenido científico que servirá para la enseñanza, aprendizaje, aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional por lo que si recomendamos su publicación.

El mencionado trabajo consta de DOS documento empastado y DOS discos compactos el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat PDF. Autorizan a: FLORES YASIG EDISON OMAR Y GAMBOA EUGENIO MARCOS EDUARDO que lo entregue al ING. JUAN CASTRO, en su calidad de Director de la Carrera.

Latacunga, julio del 2014.

Ing. Leonidas Quiroz
DIRECTOR

Ing. Henry Iza
CODIRECTOR

UNIVERSIDAD DE LA FUERZAS ARMADAS - ESPE

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Edison Omar Flores Yasig

Marcos Eduardo Gamboa Eugenio

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN KART ELÉCTRICO UTILIZANDO MATERIALES MIXTOS PARA EL LABORATORIO DE AUTOTRÓNICA”** ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan el pie de las páginas correspondiente, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, julio del 2014

Edison Omar Flores Y.

C.C. 050342007-7

Marcos Eduardo Gamboa E.

C.C. 180393807-3

UNIVERSIDAD DE LA FUERZAS ARMADAS - ESPE

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Nosotros, EDISON OMAR FLORES YASIG

MARCOS EDUARDO GAMBOA EUGENIO

Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE para que se publique, en la biblioteca virtual de la Institución el trabajo denominado **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN KART ELÉCTRICO UTILIZANDO MATERIALES MIXTOS PARA EL LABORATORIO DE AUTOTRÓNICA”** en el que se encuentra contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, julio del 2014

Edison Omar Flores Y.

C.C. 050342007-7

Marcos Eduardo Gamboa E.

C.C. 180393807-3

DEDICATORIA

A mi padre Jaime Flores por el apoyo incondicional por comprenderme y ayudar a seguir adelante y cumplir las metas que me he propuesto, gracias por la orientación y guiarme por el camino del bien.

A mi madre Elsa Yasig por comprenderme en mis arrebatos y locuras quien ha vivido a mi lado y me ayudado a corregir mis errores, a tener confianza y saber identificar lo bueno de lo malo te quiero mucho.

A mis hermanos por enseñarme a seguir adelante y alcanzar esta meta tan anhelada y esperada.

*Y a la mujer que siempre me poyo y estuvo a mi lado a la que fue mi luz y mi guía, a pesar de las adversidades deposito toda su confianza y no la defraude, siempre te llevare en mi corazón, para ti **ANAID**. ¡Lo logre!*

Edison Flores

DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedico con todo mi amor y cariño a mi hermano Fernando Gamboa que siempre supo darme el aliento necesario para salir adelante sin importar las circunstancias siempre vivirás en mi corazón gracias por ser mi hermano y donde quiera que te encuentres sé que estarás orgulloso de mi te dedico mi éxito de todo corazón.

Marcos Gamboa

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitir culminar con mi proyecto también por todas las bendiciones, cuidarme y por tener seca a mi familia.

A mis padres, hermanos, que gracias a ellos he sabido superar todos los obstáculos que han llegado a mi vida por enseñarme que de los errores se aprenden.

Agradezco a los ingenieros Leónidas Quiroz y Henry Iza, director y codirector respectivamente por el apoyo con su experiencia y enseñanzas que direccionaron de la mejor manera la elaboración de este proyecto.

A la Universidad de la Fuerzas Armadas ESPE por permitirme ser parte de ella, por brindarme los conocimientos y enseñanzas.

A los amigos y compañeros de la carrera de Ingeniería Automotriz por su amistad, por las anécdotas y recuerdos vividos que perduraran en la memoria de cada uno ya que compartimos muchas cosas buenas y malas.

Flores Edison

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de tesis primeramente me gustaría agradecerle a ti dios por bendecirme y llegar hasta estas instancias ya que sin ti no hubiese podido llegar a cumplir este sueño tan anhelado.

A la UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE-L por darme la oportunidad de formar mis conocimientos y de ser un profesional.

A mi director y codirector de tesis, Mgs. Leónidas Quiroz y Mgs. Henry Iza por sus esfuerzos y dedicación, quienes con sus conocimientos y motivación han logrado en mí que pueda culminar mis estudios con éxito.

También me gustaría agradecer a mis profesores durante toda la carrera profesional ya que cada uno de ellos han aportado a mi formación académica, en especial a Mgs. German Erazo, Mgs. José Quiroz, Ing. Guido Torres por sus consejos, su enseñanza y más que todo por su amistad.

A mi familia quienes han estado a mi lado en los momentos lindos y difíciles de mi vida les agradezco de todo corazón a Fernando German Gamboa Eugenio, Mgs. Paulina Amanda Gamboa Eugenio, a mi padre el Sr. Eduardo Ramiro Gamboa Valencia quienes con su sacrificio me ayudaron a estar en estas instancias de mi vida, y en especial quiero agradecer a mi madre, La Sra. Rita Maricela Eugenio Carrillo quien fue el pilar más fundamental para mi éxito ya que sin ti jamás hubiese conseguido lo que hasta ahora, fuiste mi inspiración en este arduo camino de mi vida profesional gracias por estar conmigo.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida, algunos están aquí conmigo y otros en mis recuerdos en mi corazón, gracias por brindarme su amistad y sus bendiciones.

Para ellos: Muchas gracias y que Dios los bendiga.

Marcos Eduardo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
CERTIFICADO	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
AGRADECIMIENTO	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE CUADROS	xxi
ÍNDICE DE ECUACIONES	xxii
RESUMEN	xxiii
ABSTRACT	xxiv
CAPITULO 1	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	5
1.4 OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS	7
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	7
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
1.5 HIPÓTESIS	7
CAPÍTULO 2	8
2. MARCO TEÓRICO	8
2.1 DESARROLLO Y EVOLUCIÓN DE LOS VEHÍCULOS KARTS	8
2.2 INTRODUCCIÓN A LOS VEHÍCULOS KART	9
2.3 BASTIDOR	9
2.3.1 TIPOS DE BASTIDOR.....	11

2.1.3. ELEMENTOS DEL BASTIDOR.....	16
2.2. SISTEMAS ADICIONALES	20
2.2.1 SISTEMA ELÉCTRICO	20
2.2.2 SISTEMA MECÁNICO.....	23
2.3 DIRECCIÓN	25
2.4 TRACCIÓN	26
CAPITULO 3	29
3. SELECCIÓN DE MATERIALES.....	29
3.1. MATERIALES	29
3.1.1. TIPOS DE MATERIALES.....	31
3.1.2. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES	33
3.2. ESFUERZOS FÍSICOS A LOS QUE PUEDEN SOMETERSE LOS MATERIALES	37
3.3. LOS ACEROS.....	39
3.3.1. TIPOS DE ACEROS	40
3.4. PRODUCCIÓN Y REFINACIÓN DE ARRABIO.....	43
3.5. EFECTOS DE LOS ELEMENTOS DE ALEACIÓN.....	45
3.6. PROCEDIMIENTO DE SELECCIÓN DE MATERIALES	46
3.6.1. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL SELECCIONADO	49
3.6.2. ASTM A- 36.....	49
3.6.3. BAMBÚ.....	56
3.7. UNIONES, UNIONES CLAVADAS, UNIONES PERNADAS, UNIONES ZUNCHADAS	67
3.7.1. UNIONES.....	67
CAPÍTULO 4.....	70
4. DISEÑO DEL CHASIS	70
4.1 CRITERIOS DE DISEÑO	70
4.1.1 RIGIDEZ.....	70
4.1.2. EL PESO Y SU DISTRIBUCIÓN	73
4.1.3. EL ESPACIO.....	74
4.1.4. COSTO DE LA ESTRUCTURA	76
4.2. ALGORITMO DE DISEÑO	77
4.3. DETERMINACIÓN DE CARGAS	78

4.3.1. CARGA MUERTA (CM)	78
4.3.2. CARGA VIVA (CV)	79
4.3.3. CARGAS DINÁMICAS	79
4.3.4. CARGA DE FRENADO (CF)	80
4.3.5. CARGA DE GIRO (CG)	81
4.3.6. CARGA POR RESISTENCIA DEL AIRE FRONTAL (CRAF)	81
4.4. VALORES DE CARGAS Y ESFUERZOS ESTABLECIDOS PARA LA ESTRUCTURA SEGÚN (NORMA INEN 1323)	82
4.4.1. VALOR DE CARGA MUERTA (CM)	82
4.4.2. DETERMINACIÓN DE CARGAS VIVAS (CV)	83
4.4.3. VALOR DE CARGA DE FRENADO (CF)	84
4.4.4. VALOR DE CARGA DE ACELERACIÓN BRUSCA (CAB)	85
4.4.5. VALOR DE CARGA DE GIRO (CG)	86
4.4.6. VALOR DE CARGA POR RESISTENCIA AL AIRE FRONTAL (CRAF)	87
4.5. CÁLCULO CARGAS DE IMPÁCTO	88
4.5.1. IMPÁCTO LATERAL (IMP- LATERAL)	89
4.5.2. IMPÁCTO FRONTAL (IMP-FRONTAL)	89
4.6. COMBINACIONES - CARGAS BÁSICAS	90
4.6.1. MÉTODO ASD (ALLOWED STRENGTH DESIGN)	90
4.6.2. MÉTODO LRFD (LOAD RESISTANCE FACTOR DESIGN)	91
4.7. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA EN SOLID WORKS 2014	92
4.7.1. CONSIDERACIONES PARA EL DIBUJO DE LA ESTRUCTURA	93
4.7.2. CONSIDERACIONES SOBRE LA APLICACIÓN DE LAS CARGAS	93
4.7.3. CONSIDERACIONES ACERCA DEL MATERIAL	94
4.7.4. CONSIDERACIONES DE APOYOS EN LA ESTRUCTURA	94
4.7.5. CONSIDERACIONES PARA EL ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA EN COMPUTADORA	94
4.8. MODELACIÓN GEOMÉTRICA DE LA ESTRUCTURA	95
4.8.1. PROCEDIMIENTO	95
4.9. SIMULACIÓN DE LA ESTRUCTURA EN COMPUTADORA	97
4.9.1. TIPO DE ESTUDIO A REALIZAR	98
4.9.2. TIPOS DE UNIONES	98

4.9.2. SUJECIONES EN LA ESTRUCTURA	99
4.9.3. ASIGNACIÓN DE CARGAS A LA ESTRUCTURA	100
4.10. PROCEDIMIENTO	101
4.11. RESULTADOS OBTENIDOS.....	105
4.11.1. PREDICCIONES DE FALLA	105
4.12. FACTOR DE DISEÑO	107
4.13. DEFORMACIÓN DE LA ESTRUCTURA POR CARGAS APLICADAS	109
CAPÍTULO 5	112
5. DISEÑO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO.....	112
5.1. ALCANCE DEL PROYECTO.....	112
5.2. ANTECEDENTES	112
5.3. COMPONENTES DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO	113
5.3.1. SISTEMA DE TRACCIÓN.....	114
5.3.2. MOTOR	114
5.4. SELECCIÓN DEL MOTOR ELÉCTRICO	119
5.4.1. CÁLCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA POR EL KART ELÉCTRICO.....	120
5.4.2. RESISTENCIAS AL MOVIMIENTO DEL VEHÍCULO	121
5.4.3. RESISTENCIA POR RODADURA R_R	125
5.5. ESPECIFICACIONES DEL MOTOR	128
5.6. CONTROL Y ETAPA DE POTENCIA	129
5.7. SELECCIÓN DE LA BATERÍA	132
5.8. SELECCIÓN DEL INVERSOR DE VOLTAJE	136
5.8.1. INVERSOR	136
5.9. CARGADOR	139
5.10. TRANSFORMADOR	141
5.11. VARIADOR DE FRECUENCIA.....	142
5.11.1. CONFIGURACIÓN DEL VARIADOR.....	145
CAPITULO 6.....	147
6. CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y COSTOS	147
6.1. ALGORITMO DE CONSTRUCCIÓN DEL CHASIS TUBULAR.....	147
6.1.1. ALGORITMO DE CONSTRUCCIÓN SISTEMA ELÉCTRICO.....	148
6.2. CONSTRUCCIÓN.....	149

6.3.	OPERACIONES TECNOLÓGICAS.....	149
6.3.1.	CORTE POR ASERRADO.....	150
6.3.2.	MÉTODOS DE CURVADO EN FRÍO PARA CHS	151
6.3.3.	CURVADORA DE RODILLOS.....	151
6.4.	IMPORTANCIA DEL RADIO, ESPESOR Y DIÁMETRO	152
6.5.	MÉTODOS PARA SOLDAR NUDOS DE PERFILES TUBULARES.....	153
6.5.1.	SOLDADURA DE ARCO METÁLICO GASEOSO (GMAW).....	153
6.5.2.	POSICIONES Y SECUENCIAS DE SOLDADURA.....	154
6.5.3.	PUNTO INICIAL DE LA SOLDADURA	156
6.5.4.	INSPECCIÓN DE SOLDADURAS.....	157
6.6.	FLUJOGRAMA DE CONSTRUCCIÓN.....	158
6.7.	PROCEDIMIENTOS GENERALES PARA LA FABRICACIÓN.....	159
6.7.1.	MONTAJE Y CONSTRUCCIÓN DEL CHASIS	159
6.8.	IMPLEMENTACIÓN SISTEMA DE PROPULSIÓN ELÉCTRICO	170
6.9.	PRUEBAS Y RESULTADOS.....	177
6.10.	PRUEBA A PLENA CARGA.....	177
6.10.1.	VOLTAJES.....	178
6.10.2.	CORRIENTES.....	179
6.11.	ANÁLISIS DE COSTOS	179
6.11.1.	COSTOS.....	179
	CAPÍTULO 7	180
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	180
7.1.	CONCLUSIONES.....	180
7.2.	RECOMENDACIONES	181
	BIBLIOGRAFÍA.....	182
	ANEXOS	184

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Arpro.	2
Figura 1.2: Bolas de mar.....	2
Figura 1.3: Polietileno.....	3
Figura 1.4: Vehículo Bam Goo.....	4
Figura 1.5: Vehículo GO KART.....	5
Figura 2.1: Primer Vehículo GO KART.....	8
Figura 2.2: Conjunto de carrocería (Chasis independiente).	10
Figura 2.3: Bastidor en escalera.....	12
Figura 2.4: Configuración de un chasis tubular.....	12
Figura 2.5: Chasis multitubular.	13
Figura 2.6: Chasis Cercha.	14
Figura 2.7: Chasis Tipo Cercha.	14
Figura 2.8: Chasis Tipo Monocasco.....	15
Figura 2.9: Chasis Formula uno.	16
Figura 2.10: Chasis Tipo X.....	16
Figura 2.11: Motor de combustión interna.	17
Figura 2.12: Carrocería de pasajero.....	17
Figura 2.13: Muelles helicoidales.	18
Figura 2.14: Amortiguador.....	19
Figura 2.15: Asiento conductor.....	19
Figura 2.16: Motores eléctricos.	21
Figura 2.17: Motor de corriente continua	21
Figura 2.18: Motor de corriente alterna.	22
Figura 2.18: Motor asíncrono.	22
Figura 2.19: Motor síncrono.....	23
Figura 2.20: Sistema de frenos de un solo pistón.	23
Figura 2.21: Discos de freno.	24
Figura 2.22: Mordaza.	25
Figura 2.23: Sistema de dirección.....	26
Figura 2.24: Sistema Cadena Piñón.....	27
Figura 3.1: Utencillos de piedra.....	29

Figura 3.2: Primeros hornos para fundir el hierro.....	30
Figura 3.3: Componentes electrónicos fabricados en silicio.....	30
Figura 3.4: Materiales metálicos.....	31
Figura 3.5: Materiales cerámicos.....	31
Figura 3.6: Materiales polímeros.....	32
Figura 3.7: Materiales artificiales.....	32
Figura 3.8: Propiedades sensoriales.....	33
Figura 3.9: Propiedades ópticas.....	34
Figura 3.10: Dureza de los materiales.....	34
Figura 3.11: Elasticidad de los materiales.....	35
Figura 3.12: Plasticidad de los materiales.....	35
Figura 3.13: Ductilidad de los materiales.....	36
Figura 3.14: Maleabilidad de los materiales.....	36
Figura 3.15: Tenacidad de los materiales.....	37
Figura 3.16: Fatiga de los materiales.....	37
Figura 3.17: Tracción en los materiales.....	38
Figura 3.18: Compresión en los materiales.....	38
Figura 3.19: Flexión en los materiales.....	38
Figura 3.20: Flexión en los materiales.....	39
Figura 3.21: Cortadura en los materiales.....	39
Figura 3.22: Cortadura en los materiales.....	39
Figura 3.23: Posiciones de soldadura.....	52
Figura 3.24: Productos obtenido con norma ASTM a 36.....	53
Figura 3.25: Tubo cedula 40.....	54
Figura 3.26: Bambú leñoso.....	58
Figura 3.27: Muebles fabricados con bambú.....	59
Figura 3.28: Vista de una planta de bambú.....	60
Figura 3.29: Tipo de unión empernada.....	68
Figura 3.30: Pernos para unión de tipo empernada.....	69
Figura 3.31: Tipo de unión zunchadas.....	69
Figura 4.1: Diagrama tensión vs deformación.....	71
Figura 4.2: Triangularización de las barras.....	72
Figura 4.3: Eje de balanceo.....	73
Figura 4.4: Parámetros ergonómicos de un hombre 95 %.....	76

Figura 4.5: Estructura de vehículo monoplaza, con material alterativo.....	77
Figura 4.6: Carga muerta - peso total del chasis.....	79
Figura 4.7: Carga viva - carga por ocupación.	79
Figura 4.8: Carga por aceleración brusca-contraria a la carga de frenado.	80
Figura 4.9: Carga de frenado.	80
Figura 4.10: Carga de Giro.....	81
Figura 4.11: Carga por resistencia del aire frontal.....	81
Figura 4.12: Conjunto completo estructura mixta- acero-bambú.	93
Figura 4.13: Modelación geométrica de la estructura.	96
Figura 4.14: Insertar miembros estructurales al conjunto.	96
Figura 4.15: Asignación de material a la estructura del vehículo.....	97
Figura 4.18: Asignación de estudio y de tipo ESTÁTICO.....	98
Figura 4.19: Tipo de unión entre miembros estructurales.....	99
Figura 4.20: Selección de los 4 puntos de sujeción	100
Figura 4.21: Aplicación de cargas.	102
Figura 4.22: Aplicación de carga Viva.	103
Figura 4.23: Aplicación de carga de frenado.....	103
Figura 4.24: Aplicación de carga Resistencia al aire frontal.	104
Figura 4.26: Mallado dela estructura prototipo.....	104
Figura 4.27: Resultados obtenidos por el software.	105
Figura 4.28: Análisis Estático tensión nodal (Von Misses).....	109
Figura 4.29: Análisis estáticos desplazamientos.	110
Figura 4.30: Factor de seguridad de la estructura.....	110
Figura 5.1: Esquema general del MIEV, vehículo eléctrico de Mitsubishi.....	113
Figura 5.2: Sistema de tracción.	114
Figura 5.3: Motor.....	115
Figura 5.4: Motores de jaula de ardilla.	120
Figura 5.5: Vehículo sometido a resistencia al aire.....	122
Figura 5.6: Proyección área frontal prototipo	124
Figura 5.7: Resistencia a la rodadura.....	126
Figura 5.8: Motor eléctrico WEG	128
Figura 5.9: Flujo constante, Curvas de torque versus frecuencia	130
Figura 5.10: Potencia y torque versus frecuencia, para control escalar.	131
Figura 5.11: Diagrama del inversor trifásico	131

Figura 5.12: Control SPWM.....	132
Figura 5.13: Batería Bosch S3.....	135
Figura 5.14: Grafica onda - corriente alterna, continua.	136
Figura 5.15: Grafica Voltaje en función del tiempo.....	137
Figura 5.16: Diagrama de conexión- variador.	138
Figura 5.17: Inversor de corriente	139
Figura 5.18: Cargador de batería	140
Figura 5.19: Transformador GE.....	141
Figura 5.20: Variador de Frecuencia.	143
Figura 5.21: Características de variador de frecuencia	144
Figura 6.1: Diagrama de Flujo.....	150
Figura 6.2: Preparación extremos de las barras.....	150
Figura 6.3: Nudo fabricado por aserrado de corte plano.....	151
Figura 6.4: Curvadora de rodillos para tubería.	152
Figura 6.5: Términos de doblado en un tubo.....	153
Figura 6.6: Aplicación de soldadura GMAW	153
Figura 6.7: Soldadura circular de 360°.	155
Figura 6.8: Soldadura vertical ascendente de 180°.	155
Figura 6.9: Soldadura vertical ascendente.	156
Figura 6.10: Soldadura horizontal.	156
Figura 6.11: Punteado de soldadura. Provoca concentración de tensiones	157
Figura 6.12: Fisuras detectadas mediante el ensayo con líquidos penetrantes. ...	158
Figura 6.13: Planos finales.	160
Figura 6.14: Marcado de los elementos.	160
Figura 6.15: Marcado de los elementos.	161
Figura 6.16: Dobladora de tubos de tipo hidráulica.....	161
Figura 6.17: Verificación de ángulos en base chasis.....	162
Figura 6.18: Punteado de la estructura. Proceso de soldadura de tipo MIG.	162
Figura 6.19: Chasis del vehículo.	163
Figura 6.20: Montaje suspensión delantera del vehículo.	163
Figura 6.21: Montaje de chumaceras.	164
Figura 6.22: Montaje de sistema de tracción.....	164
Figura 6.23: Conjunto completo Sistemas mecánicos.....	164
Figura 6.24: Formación arco principal.	165
Figura 6.25: Sistema de dirección de tipo mecánica.	165

Figura 6.26: Topes metálicos para las uniones de la cabina.....	166
Figura 6.27: Muesca para formar los topes.....	166
Figura 6.28: Tope parte delantera de la cabina.	166
Figura 6.29: Parte superior - techo de la cabina.....	167
Figura 6.30: Regulación altura volante de la dirección.....	167
Figura 6.31: Piso prototipo Acero ASTM –A36.	168
Figura 6.32: Tratamiento previo a la pintura-fondo anticorrosivo.....	168
Figura 6.33: Tratamiento del bambú.....	169
Figura 6.34: Prototipo vehículo con materiales mixtos.	169
Figura 6.35: Frente del vehículo - materiales mixtos.	170
Figura 6.36: Vehículo completo - materiales mixtos.	170
Figura 6.37: Diagrama sistema de propulsión eléctrica.....	171
Figura 6.38: Montaje motor eléctrico.	171
Figura 6.39: Acople piñón al eje.	172
Figura 6.40: Conexión eléctrica delta.	172
Figura 6.41: Base motor.	172
Figura 6.42: Catalina del motor.	173
Figura 6.43: Protecciones para el motor.	173
Figura 6.44: Alineación - ajuste sistema de tracción.....	173
Figura 6.45: Control de velocidad.....	174
Figura 6.46: Montaje batería Bosh - S3.....	174
Figura 6.47: Instalación-inversor DC/AC.....	175
Figura 6.48: Instalación-transformador- controlador.	175
Figura 6.49: Instalación-sistema de aceleración.....	175
Figura 6.50: Instalación-accesorios, sistemas eléctricos.....	176
Figura 6.51: Instalación completa - prototipo.	176
Figura 6.52: Prueba en vacío.....	177
Figura 6.53: Prueba en la plena carga.	178
Figura 6.54: Valor voltaje en el transformador.	178
Figura 6.55: Voltaje en la Entrada al variador.....	178

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Composición química del acero.	44
Tabla 3.2: Características de criterios de costos de soldadura.	48
Tabla 3.3: Características de criterios de costos de soldadura.	48
Tabla 3.4: Normalización de los criterios de costos de la soldadura.	49
Tabla 3.5: Propiedades Químicas del acero ASTM- A 36.	50
Tabla 3.6: Propiedades mecánicas del acero ASTM- A 36.	51
Tabla 3.7: Productos obtenidos de acero.	53
Tabla 3.8: Productos obtenidos de acero.	54
Tabla 3.9: Propiedades mecánicas acero estructural ASTM-A 36.	55
Tabla 3.10: Probetas y normas de propiedades físicas y mecánicas.	61
Tabla 3.11: Propiedades físicas del bambú.	64
Tabla 3.12: Valores promedio obtenidos de las propiedades físicas y mecánicas. ..	66
Tabla 3.13: Propiedades físicas y mecánicas de la especie bambusa vulgaris.	67
Tabla 4.1: Dimensiones funcionales del cuerpo humano.	75
Tabla 4.2: Peso total carga muerta.	83
Tabla 4.3: Masa de un ocupante.	83
Tabla 4.4: Velocidad en función la carga de Giro (CG).	86
Tabla 4.5: Datos sobre pesos de estructura metálica.	88
Tabla 4.6: Cargas Estáticas.	95
Tabla 4.7: Cargas Dinámicas.	95
Tabla 4.8: Combinación de cargas N.1 (1.2 CM + 0.5CV + 0.5CF + 1.3CRaf.)	101
Tabla 4.9: Combinación de cargas N.2 (1.2CM + 1.6CV + 0.5CG)	101
Tabla 4.10: Combinación de cargas N.3 Impactos.	101
Tabla 4.11: Carga muerta.	102
Tabla 4.12: Carga viva.	102
Tabla 4.13: Carga por resistencia al aire frontal.	103
Tabla 4.14: Factor de diseño, aplicación en materiales dúctiles.	108
Tabla 5.1: Partes constitutivas Prototipo.	112
Tabla 5.2: Topologías de control - Diferencias.	117
Tabla 5.3: Cálculos de potencia para el motor.	117
Tabla 5.4: Cálculos de torque para el motor.	118
Tabla 5.5: Condiciones de Funcionamiento para el motor.	118

Tabla 5.6: Selección, Características del motor AC.	118
Tabla 6.1: Costo total del proyecto.....	179

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1: Clasificación aceros aleados.....	42
Cuadro 3.2: Aleación de los compuestos.....	45

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecu.2.1: Relación de Velocidad	27
Ecu.3.1: Reacción química fundamental de un alto horno.....	43
Ecu.4.1: Rigidez.....	70
Ecu.4.2: Coeficiente de masa.....	82
Ecu.4.3: Carga viva	84
Ecu.4.4: Carga de frenado	84
Ecu.4.5: Velocidad inicial.....	84
Ecu.4.6: Masa total de la estructuta	85
Ecu.4.7: Fuerza centrífuga	86
Ecu.4.8: Aceleración centrífuga	87
Ecu.4.9: Carga de resistencia al aire frontal	87
Ecu.4.10: Fuerza.....	89
Ecu.4.11: Vom Mises	106
Ecu.4.12: Factor de seguridad.....	111
Ecu.5.1: Potencia requerida a las rueda.....	120
Ecu.5.2: Resistencia al aire.....	122
Ecu.5.3: Constante del aire	122
Ecu.5.4: Resistencia a la rodadura	126
Ecu.5.5: Potencia requerida para el movimiento.....	127
Ecu.5.6: Torque de salida	130
Ecu.5.7: Amplitud maxima de fuljo.....	130
Ecu.5.8: Capacidad de bateria.....	133

RESUMEN

El diseño del kart eléctrico se desarrolló con un programa CAD Solid Works donde realizo la modelación de la estructura para la obtención de las esfuerzos y cargas a las que se somete el vehículo y poder verificar si el diseño cumple los parámetros para su construcción que se adapte a las exigencias requeridas, lo que llevo al estudio de las propiedades de materiales seleccionados y se fabricó parte de la estructura mixta, el bastidor con acero ASTM A-36 y los métodos de unión se complementó con Bambú de tal forma de lograr un impacto social en la concepción sobre el uso de alternativas de manufactura en este tipo de móviles. El kart esta implementado con un sistema de tracción y un sistema eléctrico formado por subsistemas de: carga, arranque y generación fundamentales para el funcionamiento. El prototipo se construyó de acuerdo a la distribución de espacio donde se utilizó un material rígido que soporte las cargas y esfuerzos del motor, la batería, cabina, asiento, piloto en función de datos cuantitativos, longitud y peso logrando confort y seguridad. El kart es impulsado por un motor eléctrico para obtener tracción y velocidad necesarias para transmitir un torque mediante una fuerza de empuje óptima. Con el diseño y construcción de este prototipo eléctrico permitió la selección de material mixto y selección del motor eléctrico, obteniendo prestaciones del vehículo como cargas, esfuerzos, velocidades, aceleraciones, torque y potencia implementando material didáctico para las prácticas en el laboratorio de Autotrónica.

Palabras clave:

Ingeniería, kar, materiales, motor eléctrico, carga.

ABSTRACT

The electric kart design was developed with a Solid Works CAD program where we perform modeling structure for obtaining the efforts and loads to which the vehicle is subjected and to verify whether the design meets the parameters for construction that fits manner the requirements, which led to the study of the properties of selected materials and was made part of the composite structure, the frame with steel ASTM a-36 and joining methods supplemented with Bamboo so to achieve social impact in the conception of the use of alternative manufacturing this type of phones. The kart is implemented with a traction system and an electrical system consisting of subsystems: charging, starting and essential to the functioning generation. The prototype was constructed according to the distribution of space where a rigid material to withstand the loads and stresses the engine, battery, car, seat, pilot based on quantitative data, length and weight achieving comfort and security was used. The kart is powered by an electric motor for traction and speed needed to transmit torque through optimum thrust force. With the design and construction of this electric prototype allowed the selection of composite material and the electric motor selection, obtaining vehicle performance as fillers, effort, speed, acceleration, torque and power training materials for implementing practices in laboratory Autotronics.

Key words:

Engineering, kar, materials, electric motor load.

.

CAPITULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

La industria automotriz se desarrolla a partir de la investigación científica, por lo que es necesario realizar investigaciones que aporten al desarrollo de la misma, de tal manera que se realizó una investigación sobre los posibles materiales mixtos que se podrían utilizar en el diseño y construcción de un kart eléctrico los que tienen que brindar las mismas o mejores que los materiales convencionales utilizados en la fabricación de estos vehículos de competencia deportiva.

Según reemplazo de componentes metálicos del automóvil por polímeros o materiales compuestos, en el menciona que la vida moderna depende en gran parte del acero, como uno de los metales de mayor uso. Este material proporciona la rigidez necesaria para diferentes estructuras de edificios, autos, vehículos especiales entre otras aplicaciones. Sus principales propiedades son la ductilidad, resistencia a la tensión, dureza, contracción, resistencia a la compresión y resistencia al impacto (Galindo, 2003).

El Aluminio es otro de los materiales de gran importancia en la industria de los metales, es el de más larga estructura y de mayor ductilidad, factible de transformar por vaciado, rolar, estampar, dibujar maquinar y extruír. Es resistente a la corrosión, refleja el calor y es excelente conductor de electricidad. Para los postulantes en la actualidad los materiales mixtos son una alternativa para el diseño en las nuevas tendencias automotrices, llevando a la generación actual al estudio de diversos materiales que vayan de la mano con la tecnología de punta.

Para el diseño y construcción se citan diferentes materiales alternos los cuales se adapten mejor a las prestaciones al proyecto de investigación.

Aquí, algunos de los materiales más prometedores con los que están experimentando los fabricantes que buscan reducir el impacto ambiental.

a. Arpro

Es un material de uso significativo en componentes para el interior de los automóviles, pero estas partes, relacionadas frecuentemente con la seguridad, no quedan a la vista de los ocupantes del vehículo. El desarrollo de más técnicas avanzadas para tratar la superficie creará una nueva generación de paneles internos de un solo material que integrarán la protección contra choques. Estas partes también tendrán una masa significativamente menor, y serán 100% reciclables y más fáciles de producir.



Figura 1.1: Arpro.

Fuente: www.industrial-technologies-india.com.

b. Bolas de mar

Más conocidas como bolas de Neptuno y están hechas de fibras de algas, también se pueden utilizar sin aditivos como un material aislante.



Figura 1.2: Bolas de mar.

Fuente: www.biolib.cz.

c. Auto- Termoplásticos Reforzado

Los niveles de resistencia y rigidez son varias veces más altas que los de los termoplásticos convencionales. Tienen también una mayor resistencia al impacto y son más estables cuando se exponen a altas temperaturas.

d. El Polietileno

Este material de alta densidad (-0.7%) en peso del total de plásticos en el automóvil-se encuentra formando los tanques de una sola pieza para almacenar la gasolina. Otros materiales plásticos como los acrílicos, los policarbonatos, PVC y materiales compuestos, tienen aplicaciones importantes en esta industria.



Figura 1.3: Polietileno

Fuente: www.solostocks.pl

e. Bambú, Madera y Cáñamo

Compuestos orgánicos, mientras que los bioplásticos utilizan vegetales como insumo de un proceso industrial, un puñado de diseñadores está intentando poner en práctica una estructura totalmente orgánica. Los experimentos van desde el reciente Bam Goo, un auto eléctrico exhibido en Kyoto, Japón, hecho de bambú, hasta el Lotus Elise Eco, que incorpora cáñamo en su exterior logrando que el vehículo pese 70 libras menos. Pero el uso más radical de materiales derivados de plantas aplicados a la construcción de un auto es, probablemente, el Splinter, un súper auto de 600 caballos cubierto en madera, columna de dirección en roble y contrachapa y ruedas con rayos de madera.



Figura 1.4: Vehículo Bam Goo.

Fuente: <http://blstb.msn.com>.

Las alternativas que nos brindan los motores eléctricos toman fuerza en la industria automotriz con el fin de disminuir la contaminación producida por los motores de combustión, es por eso que se optó por realizar la construcción de un kart eléctrico con el fin de aprovechar todos los beneficios y características que pueden brindar este tipo de motores en este tipo de móviles deportivos. Además del problema de contaminación existe otro entorno a los combustibles fósiles y es que como son un recurso no renovable cabe la posibilidad que ya solo se cuente con ciertos años de reserva de estos (García, 2010).

El tema responde al diseño y la construcción de un kart eléctrico con fin de utilizar materiales mixtos y el cambio del motor de combustión interna por un motor eléctrico para la disminución de contaminación del medio ambiente.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se evidencia en el Ecuador que existen vehículos utilizados para competencia y distracción como son los karts de combustión interna, por lo que se optimizan los recursos para su fabricación con la selección de materiales mixtos que brinde las mismas propiedades que los materiales convencionales con el diseño de un prototipo de la estructura de esta manera reducir masas y en tal virtud alivianar pesos, además crear la cultura de investigación en nuevas opciones de construcción para la industria de este tipo de vehículos.

La construcción del prototipo kart utilizando materiales mixtos para el diseño de la estructura del vehículo pretende satisfacer las necesidades de forma óptima las exigencias de cargas y esfuerzos que requieren los karts, de esta manera se busca la utilización de otras alternativas que no sean comúnmente los más manejados y lograr la integración de materiales genéricos con similares o mejores características, que optimicen la construcción del prototipo con otras alternativas en la selección de materia prima.



Figura 1.5: Vehículo GO KART.

Fuente: <http://image.made-in-china.com>.

El desarrollo del kart eléctrico, de acuerdo a los parámetros de los vehículos existentes mejorando la utilización de materiales que ayuden al diseño y a optimizar el peso, con disminución de las emisiones de gases contaminantes, además de usar motores eléctricos con fines ecológicos que estén con las innovaciones que se generan en los kart como vehículos de competición, así se prepara en forma eficiente para dar soluciones a los avances tecnológicos. Con este criterio, el objetivo de diseñar un kart eléctrico utilizando materiales mixtos para el estudio y mejoramiento de nuevas opciones de diseño.

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La construcción del prototipo se basa en el estudio de los materiales mixtos para el diseño de la estructura del kart, que permitan prestar iguales funciones de los que comúnmente se usan en el mercado, de esta manera nos ayuda a que tengamos una cultura de investigación.

Que benefician al desempeño del vehículo kart en la reducción de pesos para optimizar su funcionamiento y prestaciones respecto del vehículo con motor de combustión interna, brindando de esta manera confort, confiabilidad y seguridad en la conducción.

Con la implementación de un motor eléctrico se busca disminuir la contaminación del medio ambiente debido a la deficiente combustión en los motores de 2 y 4 tiempos. El proyecto ayuda a reducir la contaminación sonora, razones que han llevado al desarrollo de muchos sistemas. Se reduce al mínimo las labores de mantenimiento en referencia a los karts con motores de combustión interna y una alternativa en el proceso de la manufactura tradicional en las personas inmersas en esta actividad considerando siempre las condiciones técnicas del diseño y construcción de este tipo de móviles.

Para el presente estudio se utilizó un motor de tipo asíncrono o de inducción que es de corriente alterna, una máquina que transforma la energía eléctrica recibida de la red en energía mecánica rotacional en el eje. Este principio sirvió para dar movimiento al prototipo, de esta forma se puede accionar cualquier tipo de carga mecánica, siempre y cuando se tenga disponibilidad de una red eléctrica.

El número de emisiones contaminantes hacia la atmosfera es nulo eliminando el empleo de algún tipo de combustible fósil siendo esta una posible solución a la disminución del calentamiento global, sin embargo por el elevado costo que implica esta modificación para la generación de corriente se sugiere investigar un modelo que no implique utilizar un motor de corriente alterna sino uno de corriente continua y una optimización del tiempo útil de las baterías punto crítico del proyecto.

1.4 OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir un kart eléctrico utilizando materiales mixtos para el laboratorio de Autotrónica.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Seleccionar materiales para la construcción del Kart.
- Diseñar y construir la estructura del kart.
- Seleccionar el motor eléctrico para la propulsión del kart.
- Diseñar y construir un sistema de control y potencia para la activación del kart.
- Adaptar los subsistemas eléctricos y mecánicos del kart.
- Realizar las pruebas de prestaciones de los sistemas implementados en el kart.

1.5 HIPÓTESIS

¿La construcción del Kart eléctrico permitirá dotar al laboratorio de Autotrónica de un vehículo con un sistema de propulsión no convencional y utilización de materiales mixtos para su construcción obteniendo prestaciones óptimas?

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1 DESARROLLO Y EVOLUCIÓN DE LOS VEHÍCULOS KARTS

Art Ingels desarrolló el primer Go-kart en 1956 en Los Ángeles, California. Fue un constructor de autos de carrera para KurtisKraft, un diseñador y desarrollador de autos de carreras. En 1958, Go-Kart Manufacturing Co. Inc. se convirtió en la primera compañía en fabricar y distribuir los karts. En 1959, McCullough fue la primera empresa en fabricar motores de karts.

En 1957, la Federación Internacional de Kart (IFK, por sus siglas en inglés), comenzó a establecer normas para las competiciones de Go-kart. En 1960, las carreras de Go-kart comenzaron a aparecer en las pistas locales en todo los Estados Unidos. A lo largo de la década, nuevas pistas de Go-kart aparecieron en muchas ciudades y estados diferentes. Los karts continuaron evolucionando gracias a la innovación de los constructores y de los diseñadores. Éstos originalmente eran máquinas simples y sencillas. A lo largo de las últimas cinco décadas, surgieron como máquinas que implican un ensamblaje sofisticado y avanzado. A pesar del avance en los estilos, las carreras de Go-kart siguen siendo la forma más económica de las carreras profesionales de autos. Las diferentes formas de carreras de Go-kart se materializaron a través del IKF, tales como: Sprint Racing, Shifter Karts, Road Racing Karts y Speedway Karts (Dunn).



Figura 2.1: Primer Vehículo GO KART.

Fuente: <http://topludi.files.wordpress.com>

2.2 INTRODUCCIÓN A LOS VEHÍCULOS KART

Se entiende por vehículos eléctricos aquellos que están propulsados total o parcialmente por energía eléctrica, procedente de baterías que se recargan en la red eléctrica. Estos vehículos se pueden clasificar dentro de las siguientes familias:

- **Vehículo Híbrido Eléctrico Enchufable (PHEV).**- Esta familia de vehículos combina un motor de combustión interna (MCI) con una batería y un motor eléctrico. El MCI y/o el motor eléctrico impulsan el vehículo en una configuración paralela. Cohabitan dos fuentes exteriores de energías, provenientes de los combustibles que permiten mover el motor térmico, y de la electricidad suministrada por la red que permite recargar la batería.
- **Vehículo Eléctrico de Batería (BEV).**- Estos vehículos están propulsados únicamente por un motor eléctrico. La fuente de energía proviene de la electricidad almacenada en la batería que se debe cargar a través de la red.
- **Vehículo Eléctrico de Autonomía Extendida (EREV).**- Tienen las mismas características que los vehículos eléctricos de batería pero llevan además un motor de combustión interna (MCI) (otra fuente secundaria) que funciona como un generador interno que recarga las baterías permitiendo aumentar la autonomía del vehículo. Los llamados vehículos híbridos (HEV) no se consideran en la Estrategia de Promoción del Vehículo Eléctrico, ya que por sus características usan únicamente como fuente energética el combustible y no permite la carga de la batería por una fuente exterior de electricidad (Electricity, 2013).

2.3 BASTIDOR

(AGUEDA, 2011) El bastidor o chasis, que no debe ser confundido con la carrocería, consiste en una estructura interna que sostiene y aporta rigidez y

forma a un vehículo u objeto en su construcción y uso. En ingeniería la palabra “chasis”, o bastidor, se refiere a un conjunto de elementos unidos de tal manera que forman una estructura “intraslacional”, es decir, una estructura completamente rígida o considerada rígida.

Para el caso de un vehículo consta de un armazón que integra entre sí y sujeta tanto los componentes mecánicos, como el grupo moto propulsor y la suspensión de las ruedas, motor incluyendo la carrocería. Destacar que no tienen nada en absoluto que ver con la carrocería ni plataforma. Suele estar construido en diferentes materiales, dependiendo de la rigidez, costo y forma necesarios. Los más habituales son aleaciones como el acero o de diversos metales como el aluminio.

Las piezas que lo componen son por lo general tubos, o vigas, de diferentes calibres y funciones en la estructura. Esto trasladado al mundo del automóvil significa que el chasis del prototipo es la estructura encargada de conectar las cuatro ruedas, recibir todas las cargas y esfuerzos, ubicar todos los componentes en la posición más ventajosa y además, hacer las veces de célula de seguridad o supervivencia, entendiéndose por esta última la parte del vehículo que se considerará “indeformable” a efectos prácticos.



Figura 2.2: Conjunto de carrocería (Chasis independiente).

Fuente: http://www.elchapista.com/chasis_carrocerias_vehiculos.html.

Aquí se observa que está formado por largueros (las dos vigas que abarcan todo el largo del vehículo) y travesaños (vigas colocadas en sentido transversal a los largueros). Este chasis se llama independiente porque es el elemento portante de la carrocería, es decir, será el elemento que aguante todos los esfuerzos y torsiones producidos por la marcha del vehículo,

además de aguantar los impactos que pudieran ocurrir, y sostener el resto de elementos que componen el vehículo. Es muy común su uso en automóviles Todo Terreno, camiones y autobuses por su buena resistencia y sencillez de diseño, sufriendo pocos daños en caso de impacto. Sin embargo, no todo son ventajas, y los grandes inconvenientes de este modelo son su peso, bastante alto, y sobre todo la forma de construcción hace que las suspensiones no terminen de trabajar de la forma más correcta.

La estructura es una especie de “todo en uno” que hace las veces de elemento portante y elemento portado. Su uso se justifica por la mayor ligereza del conjunto, obteniéndose buenos valores de rigidez torsional y resistencia. Este chasis a su vez hace que las suspensiones trabajen de manera más correcta y el vehículo sea más estable en toda condición de uso.

A la hora de diseñar un chasis en competición se deben tener en cuenta factores cómo:

- Peso.
- Rigidez torsional.
- Resistencia.
- Resistencia al impacto.
- Sencillez.

2.3.1 TIPOS DE BASTIDOR

Los bastidores suelen diseñarse con diferentes formas y geometría, en función de las diversas sollicitaciones como resistencia, distribución de la carga, flexiones, torsiones elevadas y frecuentes, etc.

a. Chasis en escalera o bitubo

Los perfiles tubulares se han revelado muy resistentes a la torsión a lo largo del tiempo. Al principio se empezaron a usar montados sobre largueros

en I, esto último quiere decir que la viga utilizada para los largueros posee una sección con forma de I.



Figura 2.3: Bastidor en escalera.

Fuente: jeroitim.blogspot.com.

Este chasis normalmente estará configurado por dos vigas de sección tubular, unidas por refuerzos transversales, diagonales, o los dos.

Las ventajas son la alta durabilidad, fácil acceso a los componentes mecánicos, no sufre daños graves en accidentes y bastante sencillo de diseñar y realizar.

Los inconvenientes es el peso, y además posee menor rigidez torsional que otros tipos diferentes, necesidad de que los soportes de suspensión delantera sean muy rígidos, además de incluir algún soporte para la dirección.



Figura 2.4: Configuración de un chasis tubular.

Fuente: <http://jeroitim.blogspot.com/2012/05/v-behaviorurldefaultvml.html>.

b. Chasis Multitubular

El nombre en sí podría referirse a casi cualquier tipo de chasis, ya que muchos de los tipos utilizan perfiles tubulares como elementos de formación del bastidor, poca o ninguna triangulación. Las ventajas son mejor que un chasis bitubo y coste económico contenido.

Los inconvenientes son el diámetro de los tubos, hay que incluir algunas diagonales, hay que poner especial cuidado con la soldadura de los tubos, la accesibilidad a los componentes es más complicada que en un chasis bitubo, las cargas de flexión (momentos flectores) lo hacen frágil y la durabilidad depende del peso sobre todo.

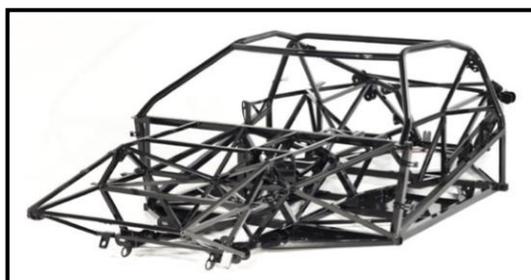


Figura 2.5: Chasis multitubular.

Fuente: <http://jeroitim.blogspot.com/2012/05/v-behaviorurldefaultvmlo.html>

c. Chasis Cercha

Una “cercha o estructura articulada” no es más que un bastidor o estructura formado por elementos rectos conectados entre sí, conexiones llamadas nudos, los cuales se colocan siempre en los extremos con el objetivo de obtener una estructura rígida e intraslacional. Por lo general, los elementos a unir suelen ser delgados y soportan poca carga lateral, porque la finalidad de la cercha es soportar cargas directamente en los nudos, y no sobre los elementos.

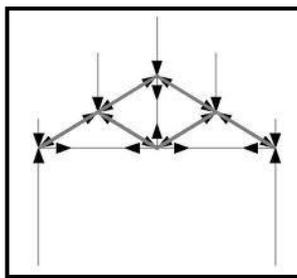


Figura 2.6: Chasis Cercha.

Fuente: <http://jeroitim.blogspot.com>

Las flechas interiores indican la dirección de las fuerzas aplicadas en cada nudo, las fuerzas exteriores o cargas son representadas por las flechas exteriores a la estructura. Este tipo de chasis no es más que una estructura articulada aplicada al automóvil. Un chasis cercha ideal consistiría en una caja rectangular con barras diagonales en todas sus caras diagonalizadas, pero esto es completamente imposible, así que se suele dividir en 3 o 4 subchasis que se hacen a partir de estructuras articuladas (serían como mini cerchas).

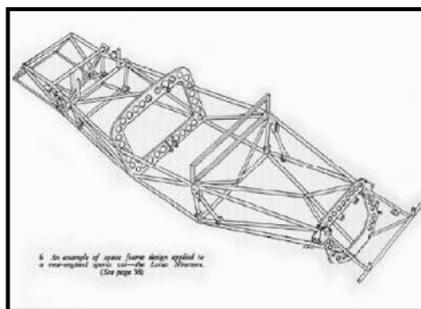


Figura 2.7: Chasis Tipo Cercha.

Fuente: <http://jeroitim.blogspot.com>

Las ventajas de este tipo pasa por ser uno de los más eficientes de chasis, consecuencia de su bajo peso y gran resistencia a la torsión y a la flexión; materia prima económica (acero normalmente), chasis con alta durabilidad debido a que todas las cargas son axiales (a lo largo del eje de los tubos), al ser un chasis compartimental (recordar que están hechos de varias sub-estructuras) aguanta muy bien los impactos y la deformación es muy progresiva.

Los inconvenientes son los costos de fabricación y de diseño más altos que en los anteriores tipos, grandes prestaciones estructurales pero sacrificando la accesibilidad a sus componentes, se deben sellar los interiores de los tubos para evitar fallas por corrosión.

d. Chasis Monocasco (MONOCOQUE)

Tal vez sea el chasis más utilizado para la fabricación de automóviles actualmente. El principio básico de funcionamiento y de diseño de un monocasco es simplemente pensar que las cargas son absorbidas por toda la periferia del mismo, es decir, por todo su contorno.



Figura 2.8: Chasis Tipo Monocasco

Fuente: El bastidor de un vehiculo.pdf.

El chasis de un vehículo de Fórmula 1 es efectivamente una célula monocasco.

La ventaja es el diseño del chasis con espesores de lámina excepcionalmente bajos (0,6-0,8 mm), estructura aún más eficiente que la cercha, posibilidad de utilizar en su fabricación (materiales compuestos).

El inconveniente quizá sea el más caro de desarrollar que los anteriores tipos expuestos, pero esto queda mitigado por sus múltiples e importantes ventajas.



Figura 2.9: Chasis Formula uno.

Fuente: <http://jeroitim.blogspot.com>.

e. Columna o en X

Este bastidor se estrecha por el centro proporcionando al vehículo una estructura rígida. El travesaño delantero es muy robusto para servir de fijación para los anclajes de las suspensiones delanteras. Una variedad del mismo es el bastidor de tubo central, que cuenta con una viga longitudinal en la sección central, con perfil cuadrado o redondo y que tiene en sus elementos sendos entramados para alojar los elementos mecánicos del vehículo.

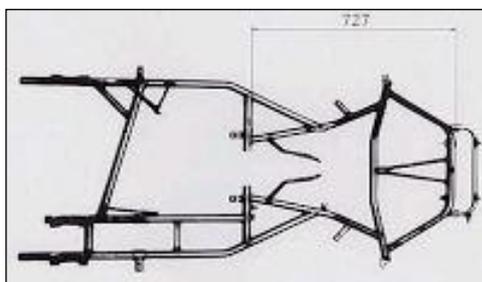


Figura 2.10: Chasis Tipo X.

Fuente: <http://mecanicasuperdotada.blogspot.com>

2.1.3. ELEMENTOS DEL BASTIDOR

a. Motor

Un motor de combustión interna es un tipo de máquina que obtiene energía mecánica directamente de la energía química de un combustible que arde dentro de una cámara de combustión. Su nombre se debe a que dicha

combustión se produce dentro de la máquina en sí misma, por ejemplo, la máquina de vapor.



Figura 2.11: Motor de combustión interna.

Fuente: www.taringa.net/posts/ciencia-educacion.

b. Carrocería

Las carrocerías se construyen con una estructura resistente a los esfuerzos a los que están sometidas, y en función a las posibles deformaciones, en caso de accidente, atendiendo a la seguridad pasiva y a los conjuntos que soporta. Excepcionalmente, en los turismos "todo terreno", la carrocería se monta sobre un bastidor formado por largueros y travesaños (ALONSO).



Figura 2.12: Carrocería de pasajero.

Fuente: Diseño de una bici taxi.

c. Muelles

Los muelles acumulan la fuerza en forma de energía, y al liberarla, realizan el trabajo mecánico para el que están diseñados. De ellos se puede decir que son la perfecta aplicación del principio fundamental de la física moderna que expone: "La energía, no se crea ni se destruye, solo se transforma"

Consiste en un robusto espiral que se coloca anclado entre el eje de la rueda y el bastidor. Esto produce la elasticidad necesaria para absorber los golpes y para poder adaptar el neumático a las distintas condiciones del terreno.

Los muelles helicoidales permiten regular con mucha exactitud la absorción de los golpes dados por las ruedas a causa de un bache o una piedra, lo que se traduce en mayor comodidad y confort. Pero existen algunos inconvenientes: Las constantes contracciones y elongaciones que sufre el muelle helicoidal pueden llegar a ser tan severas, que es posible que causen la pérdida de contacto de la rueda con el suelo. De igual forma el muelle helicoidal corre el riesgo de romperse (Bonaventura, 2012).



Figura 2.13: Muelles helicoidales.

Fuente: <http://refugiodel4x4.forospanish.com>.

d. Amortiguadores

Los amortiguadores se instalan sobre un sistema de suspensión para detener rápidamente el sacudimiento natural de los muelles del automóvil, lo cual mejora el desplazamiento, control y manejo. El muelle controla el peso del automóvil y el amortiguador controla el sacudimiento o la oscilación.

Un amortiguador es básicamente un cilindro con un pistón que se mueve dentro de él. El pistón posee unas aberturas u orificios internos. El líquido o fluido hidráulico es empujado a través de los orificios a medida que el pistón se mueve dentro del cilindro. Lo cual permite al fluido hidráulico que entre en la cámara de compresión y la cámara de rebote.

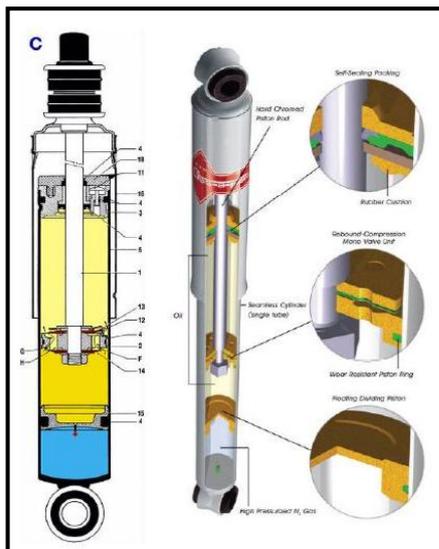


Figura 2.14: Amortiguador.

Fuente: <http://refugiodel4x4.forospanish.com>.

e. Asiento

La colocación del asiento es un punto importante ya que condiciona la postura del piloto y el reparto de pesos. Un piloto no suele colocar los brazos o piernas totalmente extendidos, sino con una ligera flexión que le permita mover el volante sin levantarse del asiento y presionar los pedales a fondo sin problemas.



Figura 2.15: Asiento conductor.

Fuente: <http://refugiodel4x4.forospanish.com>.

2.2. SISTEMAS ADICIONALES

2.2.1 SISTEMA ELÉCTRICO

Los componentes de un vehículo eléctrico que lo constituyen principalmente se enumeran a continuación:

a. Batería

Este elemento es un punto clave del vehículo eléctrico ya que el tipo de batería y su densidad energética condicionarán la autonomía, el tiempo de recarga y la velocidad máxima alcanzada por el vehículo eléctrico. La batería óptima para un vehículo eléctrico debe reunir unos requisitos técnicos específicos como son alta energía específica, baja tasa de auto descarga, larga vida útil y tiempo de recarga corto. Además, debe ser segura, económica y reciclable.

b. Motores eléctricos

Los motores eléctricos son máquinas eléctricas rotatorias. Transforman una energía eléctrica en energía mecánica. Tienen múltiples ventajas, entre las que cabe citar su economía, limpieza, comodidad y seguridad de funcionamiento, el motor eléctrico ha reemplazado en gran parte a otras fuentes de energía, tanto en la industria como en el transporte, las minas, el comercio, o el hogar. Su funcionamiento se basa en las fuerzas de atracción y repulsión establecidas entre un imán y un hilo (bobina) por donde se hace circular una corriente eléctrica.

Un motor eléctrico es un dispositivo simple por lo que solo pueden fallarle algunas pocas piezas. La electricidad ingresa al motor e interactúa con un campo magnético para hacer girar un eje central. Puede ser que el eje no gire por un impedimento mecánico, falla comúnmente causada por caídas o golpes del motor, o porque la electricidad no logra interactuar con el campo magnético. Los problemas eléctricos casi siempre son generados por los cepillos o los bobinados. Solo hay un par de cosas que pueden salir mal con los bobinados: o están en corto o abiertos (Domínguez).



Figura 2.16: Motores eléctricos.

Fuente: <http://1.bp.blogspot.com/-motores-electricos>.

Los motores eléctricos se clasifican:

- **Motor de Corriente Continua**

Se utiliza en casos en los que es importante el poder regular continuamente la velocidad del motor. Este tipo de motor debe tener en el rotor y el estator el mismo número de polos y el mismo número de carbones pueden ser de tres tipos: Serie, paralelo y mixto.

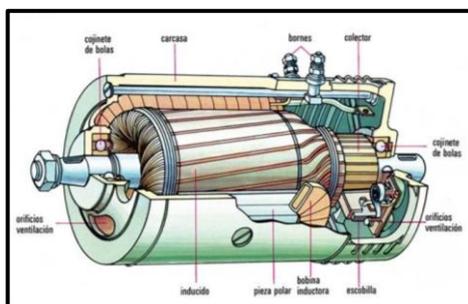


Figura 2.17: Motor de corriente continua

Fuente: www.monografias.com

- **Motor de Corriente Alterna (CA)**

Son aquellos motores eléctricos que funcionan con corriente alterna. Un motor eléctrico convierte la energía eléctrica en fuerzas de giro por medio de la acción mutua de los campos magnéticos (Gottlieb, 1994)

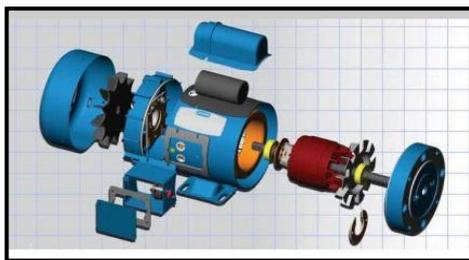


Figura 2.18: Motor de corriente alterna.

Fuente: <http://images.search.yahoo.com/images>.

- **Motores asíncronos y síncronos**

Los motores asíncronos (motores de inducción), basan su funcionamiento en el efecto que produce un campo magnético alterno aplicado a un inductor o estator sobre un rotor con una serie de espiras sin ninguna conexión externa sobre el que se inducen corrientes por el mismo efecto de un transformador.

Por lo tanto, en este sistema solo se necesita una conexión a la alimentación, que corresponde al estator, eliminándose, por lo tanto, el sistema de escobillas que se precisa en otros tipos de motores.

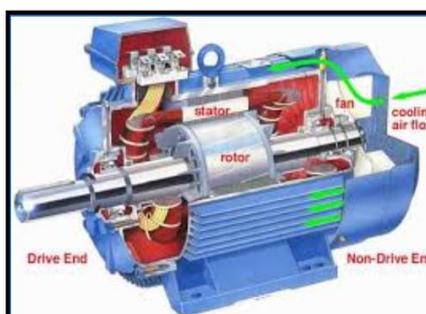


Figura 2.19: Motor asincrónico.

Fuente: <http://images.search.yahoo.com/images>.

Los motores síncronos están constituidos por un inducido que suele ser fijo, formando por lo tanto el estator sobre el que se aplica una corriente alterna y por un inductor o rotor formado por un imán o electroimán que contiene un cierto número de pares de polos magnéticos.

El campo variable del estator hace girar al rotor a una velocidad fija y constante de sincronismo que depende de la frecuencia alterna aplicada. De ello deriva su denominación de síncronos. (Chapman, 2012)

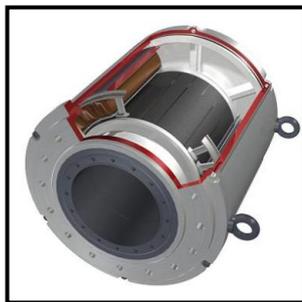


Figura 2.20: Motor síncrono.

Fuente: <https://www.google.com.motores+sincronos>.

2.2.2 SISTEMA MECÁNICO

a. Frenos

El freno de disco es un sistema de frenado usado normalmente para ruedas de vehículos, en el cual una parte móvil (el disco) solidario con la rueda que gira es sometido al rozamiento de unas superficies de alto coeficiente de fricción (las pastillas) que ejercen sobre ellos una fuerza suficiente como para transformar toda o parte de la energía cinética del vehículo en movimiento, en calor, hasta detenerlo o reducir su velocidad, según sea el caso. Esta inmensa cantidad de calor ha de ser evacuada de alguna manera, y lo más rápidamente posible. El mecanismo es similar en esto al freno de tambor, con la diferencia de que la superficie frenante es menor pero la evacuación del calor al ambiente es mucho mejor, compensando ampliamente la menor superficie frenante (Frederic, 1980).

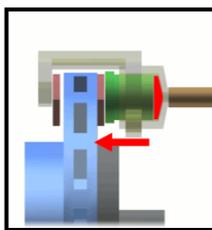


Figura 2.21: Sistema de frenos de un solo pistón.

Fuente: Especiales.autocosmos.com.

- **Discos**

Existen diferentes tipos de discos de freno. Algunos son de acero macizo mientras que otros están rayados en la superficie o tienen agujeros que los atraviesan. Estos últimos, denominados discos ventilados, ayudan a disipar el calor.



Figura 2.22: Discos de freno.

Fuente: Especiales.autocosmos.com.

- **Mordazas (Calipers) o Pinzas**

La mordaza es el soporte de las pastillas y los pistones de freno. Los pistones están generalmente hechos de hierro dulce y luego son recubiertos por un cromado. Hay dos tipos de mordazas: flotantes o fijas. Las fijas no se mueven, en relación al disco de freno, y utilizan uno o más pares de pistones. De este modo, al accionarse, presionan las pastillas a ambos lados del disco. En general son más complejas y caras que las mordazas flotantes. Las mordazas flotantes, también denominadas "mordazas deslizantes", se mueven en relación al disco; un pistón a uno de los lados empuja la pastilla hasta que esta hace contacto con la superficie del disco, haciendo que la mordaza y con ella la pastilla de freno interior se desplacen. De este modo la presión es aplicada a ambos lados del disco y se logra la acción de frenado.

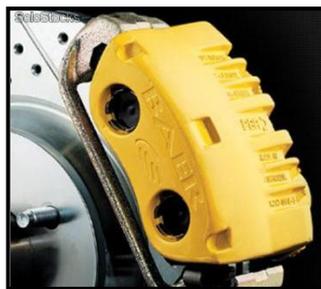


Figura 2.23: Mordaza.

Fuente: <http://www.solostocks.com.mx/>.

Las mordazas flotantes pueden fallar debido al enclavamiento de la mordaza. Esto puede ocurrir por suciedad o corrosión, cuando el vehículo no es utilizado durante tiempos prolongados. Si esto sucede, la pastilla de freno de la mordaza hará fricción con el disco aun cuando el freno no esté siendo utilizado, ocasionando un desgaste acelerado de la pastilla y una reducción en el rendimiento del combustible, junto con una pérdida de la capacidad de frenado debida al recalentamiento del respectivo conjunto de frenado provocando además desequilibrio en el frenado, ya que la rueda con freno recalentado frenará menos (Automovil, 2007).

2.3 Dirección

La conducción de un vehículo solamente es posible si el conductor puede orientar la marcha del mismo a través del movimiento preciso y armónico de las ruedas directrices. Son éstas las que determinan la trayectoria de todo el vehículo y hacen posible que éste pueda moverse en la dirección requerida, pudiendo seguir la sinuosa línea de la carretera o camino. Para realizar este trabajo se precisa mover lateralmente, y con la máxima precisión, las ruedas directrices, generalmente las delanteras, de manera que se orienten en el mismo sentido de la curva o del camino que el conductor crea necesario, y este trabajo se encomienda a una serie de mecanismos, en su conjunto, reciben el nombre de dirección.

El conjunto de mecanismos que componen la dirección tiene la misión de orientar las ruedas delanteras para que el vehículo tome la trayectoria deseada por el conductor. Para que el conductor no tenga que realizar

esfuerzo en la orientación de las ruedas, el vehículo dispone de un mecanismo desmultiplicador, en los casos simples, o de servomecanismos de asistencia, para los vehículos pesados.



Figura 2.24: Sistema de dirección.

Fuente: www.car-cross.com.

Para que el sistema de la dirección proporcione al conductor la seguridad y comodidad necesaria en la conducción, el conjunto de los elementos que componen la dirección han de garantizar las siguientes cualidades: Seguridad, suavidad, precisión e irreversibilidad.

2.4 Tracción

La tracción es un término técnico en la tecnología de los vehículos, que se utiliza tanto en el campo de los deportes de motor, así como para los vehículos de uso diario. La tracción puede ser entendida como la eficiencia del motor de combustión interna. Con ella se mide la cantidad de la alimentación de la unidad se puede implementar de manera efectiva para la aceleración de un vehículo y de mantener su velocidad.

a. Sistema cadena-piñón

Transmite un movimiento giratorio entre ejes paralelos, pudiendo modificar la velocidad, pero no el sentido de giro.

Este sistema consta de una cadena sin fin (cerrada) cuyos eslabones engranan con ruedas dentadas (piñones) que están unidas a los ejes de los mecanismos conductor y conducido.

Las cadenas empleadas en esta transmisión suelen tener libertad de movimiento solo en una dirección y tienen que engranar de manera muy

precisa con los dientes de los piñones. Las partes básicas de las cadenas son: placa lateral, rodillo y pasador. Las ruedas dentadas suelen ser una placa de acero (aunque también las hay de materiales plásticos) sin cubo.

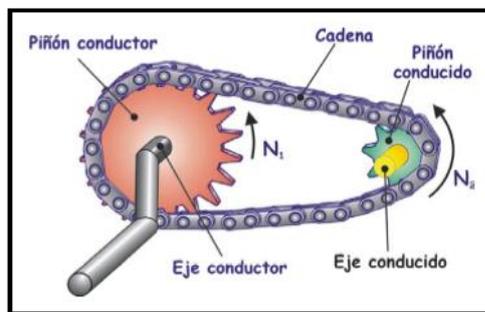


Figura 2.25: Sistema Cadena Piñón.

Fuente: CEJAROSU–Departamento de Tecnología.

b. Relación de velocidades

Para la relación de transmisión son válidas todas las ecuaciones deducidas para las poleas, sin más que sustituir el diámetro de las poleas por el número de dientes de los piñones se cumple.

Ecu.2.1

c. Características

Este sistema aporta beneficios sustanciales respecto al sistema correa-polea, pues al emplear cadenas que acoplan en los dientes de los piñones se evita el deslizamiento que se producía entre la correa y la polea. Otras ventajas e inconvenientes de este sistema pueden ser:

- Presenta la gran ventaja de mantener la relación de transmisión constante (pues no existe deslizamiento) incluso transmitiendo grandes potencias entre los ejes (caso de motos y bicicletas), lo que se traduce en mayor eficiencia mecánica (mejor rendimiento).

Además, no necesita estar tan tensa como las correas, lo que se traduce en menores averías en los rodamientos.

- Presenta el inconveniente de ser más costoso, más ruidoso y de funcionamiento menos flexible (en caso de que el eje conducido cese de girar por cualquier causa, el conductor también lo hará, lo que puede producir averías en el mecanismo motor o la ruptura de la cadena), así como el no permitir la inversión del sentido de giro ni la transmisión entre ejes cruzados; además necesita una lubricación (engrase) adecuada (CEJAROSU).

CAPÍTULO 3

3. SELECCIÓN DE MATERIALES

3.1. Materiales

Los materiales son las sustancias que se emplean para fabricar productos. En el diseño de un producto se emplea el material que mejor se adapta a las exigencias de uso y que resulten más económicas.

Es necesario conocer los tipos de materiales susceptibles de ser empleados.

El ser humano viene utilizando diversos materiales desde épocas ancestrales, aprovechando los recursos disponibles de su entorno, como madera, arcilla, metales, etcétera. Para designar las edades prehistóricas los historiadores utilizan el nombre del material que se usaba predominantemente en ellas, para lo cual citamos varias etapas en las cuales se prepondero los siguientes materiales (Margueron, 2002).

a. Edad de Piedra

Hace aproximadamente un millón de años se utilizaba piedra y huesos para elaborar: herramientas, hachas, arpones, flechas, hoces.



Figura 3.1: Utensilios de piedra.

Fuente: Tiempos modernos.com.

b. Edad de Bronce

Comienza aproximadamente en el año 3000 AC. Se utiliza el bronce a partir de cobre y estaño, dos minerales relativamente fáciles de obtener y

fundir. Las herramientas fabricadas en bronce eran más duras y más sencillas de fabricar que las realizadas sólo con cobre (Eiroa, 1996).

c. Edad de Hierro

Entre los años 1200 y 700 AC aproximadamente. Para la obtención de hierro había que calentar el mineral a una temperatura mucho mayor para fundirlo. Tenía grandes ventajas: la materia prima era abundante y más duras las herramientas obtenidas. Para fundir el hierro se colocaba sobre un agujero hecho en el suelo y se calentaba por la parte inferior. Posteriormente, se empleó una bomba de pieles y madera para insuflar aire del exterior, avivar el fuego y aumentar la temperatura.



Figura 3.2: Primeros hornos para fundir el hierro.

Fuente: Tiempos modernos.com

d. Época actual

Bien podría denominarse Edad del Silicio, por el cambio provocado por la electrónica basada en el silicio en la sociedad.



Figura 3.3: Componentes electrónicos fabricados en silicio.

Fuente: Tiempos modernos.com

3.1.1. TIPOS DE MATERIALES

Los materiales están divididos en tres grupos principales:

- metálicos
- poliméricos
- cerámicos

a. Materiales metálicos

Estos son sustancias inorgánicas compuestas de uno o más elementos metálicos, pudiendo contener algunos elementos no metálicos, como el carbono. (Hierro, cobre, aluminio, níquel y titanio).



Figura 3.4: Materiales metálicos.

Fuente: www.slideshare.net/catoymroman/materiales-metalicos.

b. Materiales cerámicos

Los materiales de cerámica, como los ladrillos, el vidrio la loza, los aislantes y los abrasivos, tienen escasa conductividad tanto eléctrica como térmica y aunque pueden tener buena resistencia y dureza son deficientes en ductilidad y resistencia al impacto.



Figura 3.5: Materiales cerámicos.

Fuente: es.wikipedia.org/wiki/Material_cerámico.

c. Materiales poliméricos

En estos se incluyen el caucho (el hule), los plásticos y muchos tipos de adhesivos. Se producen creando grandes estructuras moleculares a partir de moléculas orgánicas obtenidas del petróleo o productos agrícolas (Smith, 1992).



Figura 3.6: Materiales polímeros.

Fuente: boletin.imiq.org.

d. Los materiales naturales y artificiales

(Shackelford, 2005). Los materiales naturales son los que se encuentran en la naturaleza. Se clasifican según su origen, animal, vegetal o mineral. Ejemplos: Madera, piedras, algodón, lana, carbón, cobre, arena y petróleo.

Los materiales artificiales son los elaborados por los seres humanos. Ejemplos: Plástico, papel, cartón, vidrio, goma y porcelana.



Figura 3.7: Materiales artificiales.

Fuente: www.slideshare.net/.../recursos-naturales-artificiales.

3.1.2. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

En líneas generales, se puede afirmar que no existe ningún material perfecto que se pueda emplear para la fabricación de cualquier producto. La aplicación necesita de un material que cumpla unas características determinadas. Ingenieros y diseñadores necesitan sopesar las ventajas e inconvenientes de cada uno de los materiales y elegir adecuadamente aquel que mejor se adapte a las necesidades requeridas. Para elegir adecuadamente un material es necesario conocer, entre otras, sus propiedades sensoriales, ópticas, térmicas, magnéticas, químicas, mecánicas. La elección de un material se debe hacer cuidadosamente desde el punto de vista de sus propiedades, dependiendo de la aplicación a la que se destine (blog.utp.edu).

a. Propiedades sensoriales

A menudo elegimos los materiales dependiendo del efecto que puedan producir en alguno de nuestros sentidos. Más o menos agradables al tacto, el olor, la forma, el brillo, la textura y el color.

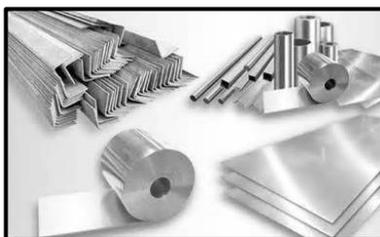


Figura 3.8: Propiedades sensoriales.

Fuente: www.tecnologia-tecnica.com.

b. Propiedades ópticas

Se refieren a la reacción del material cuando la luz incide sobre él. Así tenemos; Materiales opacos, que no permiten que la luz los atraviese materiales transparentes, que dejan pasar la luz. Materiales translúcidos, que permiten que penetre la luz pero no dejan ver nítidamente a través de

ellos. Existen otros materiales sensibles a la luz que reaccionan de alguna manera cuando la luz incide sobre ellos como los semiconductores (LDR, placas solares) o que sufren reacciones químicas como las películas fotográficas.

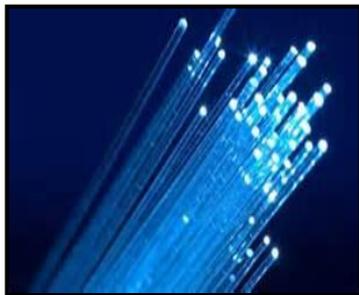


Figura 3.9: Propiedades ópticas.

Fuente: estructuras01.wordpress.com.

c. Propiedades Mecánicas

Están relacionadas con la forma en que reaccionan los materiales cuando actúan fuerzas sobre ellos. Las más importantes son:

- **Dureza de los materiales**

La dureza del material dice que tan resistente es el material frente a diversas deformaciones y alteraciones.

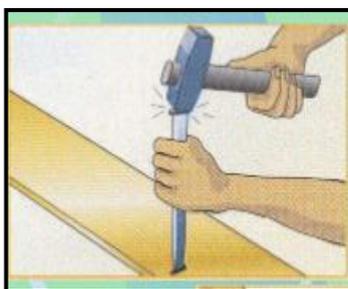


Figura 3.10: Dureza de los materiales.

Fuente: estructuras01.wordpress.com.

- **Material duro**

Se considera un material duro si al intentar hacer rayaduras, perforaciones, cambios en su forma, es difícil o casi imposible hacerlo. Ejemplos: Diamante, acero y hierro.

- **Material blando**

Se considera un material blando cuando fácilmente se puede moldear o hacer cambios en su forma. Ejemplos: Arena, plástico, plastilina y madera.

- **Elasticidad**

Capacidad que tienen algunos materiales para recuperar su forma, una vez que ha desaparecido la fuerza que los deformaba.

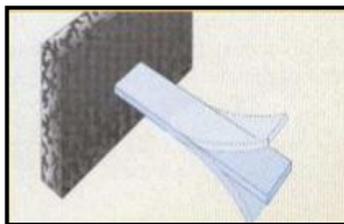


Figura 3.11: Elasticidad de los materiales.

Fuente: estructuras.wordpress.com.

- **Plasticidad**

Habilidad de un material para conservar su nueva forma una vez deformado, es lo opuesto a la elasticidad (Carlos Ferrer-Giménez, 2003).

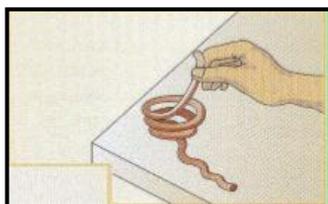


Figura 3.12: Plasticidad de los materiales.

Fuente: estructuras01.wordpress.com.

- **Ductilidad**

Es la capacidad que tiene un material para estirarse en hilos, por ejemplo: Cobre, oro y aluminio.



Figura 3.13: Ductilidad de los materiales.

Fuente: eafasainz12.blogspot.com.

- **Maleabilidad**

Aptitud de un material para extenderse en láminas sin romperse, por ejemplo: Aluminio y oro.

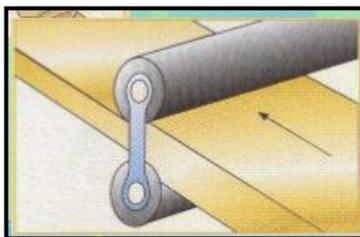


Figura 3.14: Maleabilidad de los materiales.

Fuente: eafasainz12.blogspot.com.

- **Tenacidad**

Resistencia que opone un cuerpo a su rotura cuando está sometido a esfuerzos lentos de deformación.

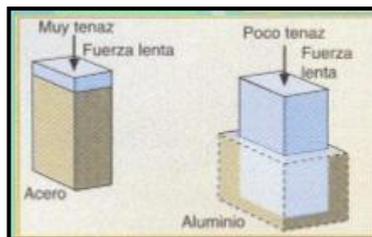


Figura 3.15: Tenacidad de los materiales.

Fuente: estructuras01.wordpress.com.

- **Fatiga**

Deformación (que puede llegar a la rotura) de un material sometido a cargas variables, inferiores a la de rotura, cuando actúan un cierto tiempo o un número de veces (Gimenez, 2003).

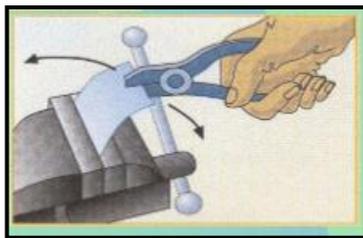


Figura 3.16: Fatiga de los materiales.

Fuente: estructuras01.wordpress.com.

3.2. ESFUERZOS FÍSICOS A LOS QUE PUEDEN SOMETERSE LOS MATERIALES

Cuando una fuerza actúa sobre un objeto, tiende a deformarlo. La deformación dependerá de la dirección, sentido y punto de aplicación donde esté colocada esa fuerza. Los distintos tipos de esfuerzos a que pueden estar sometidos los cuerpos, independientemente de su material y forma, son: tracción, compresión, flexión, torsión, cortadura y pandeo.

- Tracción.-** La fuerza tiende a alargar el objeto y actúa de manera perpendicular a la superficie que lo sujeta.

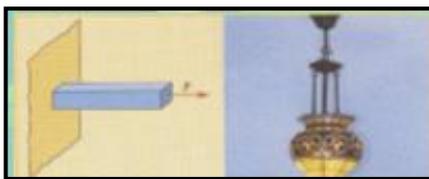


Figura 3.17: Tracción en los materiales.

Fuente: Materiales y sus propiedades.com.

- b. Compresión.-** La fuerza tiende a acortar el objeto. Actúa perpendicularmente a la superficie que la sujeta.

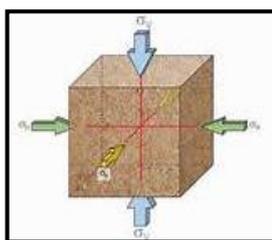


Figura 3.18: Compresión en los materiales.

Fuente: Materiales y sus propiedades.com.

- c. Flexión.-** La fuerza es paralela a la superficie de fijación. Tiende a curvar el objeto.

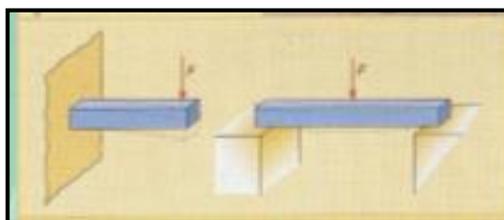


Figura 3.19: Flexión en los materiales.

Fuente: Materiales y sus propiedades.com.

- d. Torsión.-** La fuerza tiende a retorcer el objeto. Las fuerzas (que forman un par o momento) son paralelas a la superficie de fijación.

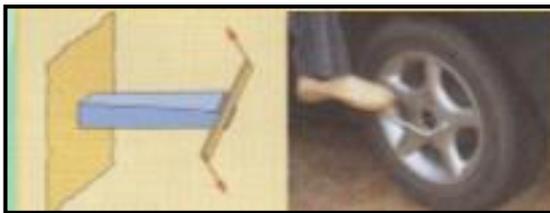


Figura 3.20: Flexión en los materiales.

Fuente: Materiales y sus propiedades.com.

- e. **Cortadura.-** La fuerza es paralela a la superficie que se rompe y pasa por ella.

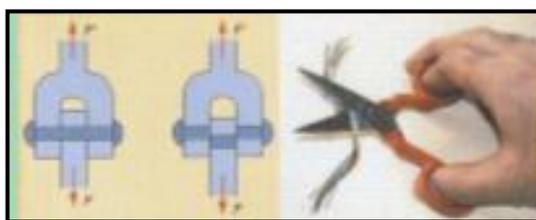


Figura 3.21: Cortadura en los materiales.

Fuente: Materiales y sus propiedades.com.

- f. **Pandeo.-** Es similar a la compresión, pero se da en objetos con poca sección y gran longitud, la pieza se pandea (Smith, 1992).

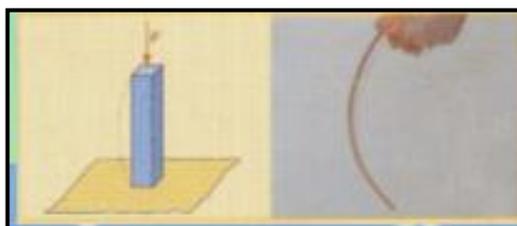


Figura 3.22: Cortadura en los materiales.

Fuente: Materiales y sus propiedades.com.

3.3. LOS ACEROS

Los metales y las aleaciones empleados en la industria y en la construcción pueden dividirse en dos grupos principales: Materiales FERROSOS y NO FERROSOS. Ferroso viene de la palabra Ferrum que los romanos empleaban para el fierro o hierro. Por lo tanto, los materiales

ferrosos son aquellos que contienen hierro como su ingrediente principal; es decir, las numerosas calidades del hierro y el acero.

Los materiales no Ferrosos no contienen hierro. Estos incluyen el aluminio, magnesio, zinc, cobre, plomo y otros elementos metálicos. Las aleaciones el latón y el bronce, son una combinación de algunos de estos metales No Ferrosos y se les denomina aleaciones no Ferrosas. Uno de los materiales de fabricación y construcción más versátil, más adaptable y más ampliamente usado es el ACERO. A un precio relativamente bajo, el acero combina la resistencia y la posibilidad de ser trabajado, lo que se presta para fabricaciones mediante muchos métodos. Además, sus propiedades pueden ser manejadas de acuerdo a las necesidades específicas mediante tratamientos con calor, trabajo mecánico, o mediante aleaciones.

El Acero es básicamente una aleación o combinación de hierro y carbono (alrededor de 0,05% hasta menos de un 2%). Algunas veces otros elementos de aleación específicos tales como el Cr (Cromo) o Ni (Níquel) se agregan con propósitos determinados.

Ya que el acero es básicamente hierro altamente refinado (más de un 98%), su fabricación comienza con la reducción de hierro (producción de arrabio) el cual se convierte más tarde en acero.

El hierro puro es uno de los elementos del acero, por lo tanto consiste solamente de un tipo de átomos. No se encuentra libre en la naturaleza ya que químicamente reacciona con facilidad con el oxígeno del aire para formar óxido de hierro-herrumbre. El óxido se encuentra en cantidades significativas en el mineral de hierro, el cual es una concentración de óxido de hierro con impurezas y materiales térreos (Millán Gómez, 2006).

3.3.1. TIPOS DE ACEROS

Los diferentes tipos de acero se clasifican de acuerdo a los elementos de aleación que producen distintos efectos en el Acero:

a. Aceros al carbón

Más del 90% de todos los aceros son aceros al carbono. Estos aceros contienen diversas cantidades de carbono y menos del 1,65% de manganeso, el 0,60% de silicio y el 0,60% de cobre.

Entre los productos fabricados con aceros al carbono figuran máquinas, carrocerías de automóvil, la mayor parte de las estructuras de construcción de acero, cascos de buques, somieres y horquillas (Arriza, 2004).

b. Aceros aleados

Estos aceros contienen una proporción determinada de vanadio, molibdeno y otros elementos, además de cantidades mayores de manganeso, silicio y cobre que los aceros al carbono normales. Estos aceros de aleación se pueden sub-clasificar en:

Cuadro 3.1: Clasificación aceros aleados.

Estructurales	Son aquellos aceros que se emplean para diversas partes de máquinas, tales como engranajes, ejes y palancas. Además se utilizan en las estructuras de edificios, construcción de chasis de automóviles, puentes, barcos y semejantes. El contenido de la aleación varía desde 0,25 a un 6%
Para Herramientas	Aceros de alta calidad que se emplean en herramientas para cortar y modelar metales y no-metales. Por lo tanto, son materiales empleados para cortar y construir herramientas tales como taladros, escariadores, fresas, terrajas y machos de rosca
Especiales	Los Aceros de Aleación especiales son los <u>aceros inoxidables</u> y aquellos con un contenido de cromo generalmente superior al 12%. Estos aceros de gran dureza y alta resistencia a las altas temperaturas y a la corrosión, se emplean en turbinas de vapor, engranajes, ejes y rodamientos

Fuente: www.tratar.com.co/descargas/acero.pdf

c. Aceros de baja aleación ultrarresistente

Esta familia es la más reciente de las cuatro grandes clases de acero. Los aceros de baja aleación son más baratos que los aceros aleados convencionales ya que contienen cantidades menores de los costosos elementos de aleación. Sin embargo, reciben un tratamiento especial que les da una resistencia mucho mayor que la del acero al carbono. Por ejemplo, los vagones de mercancías fabricados con aceros de baja aleación pueden transportar cargas más grandes porque sus paredes son más delgadas que lo que sería necesario en caso de emplear acero al carbono. Además, como los vagones de acero de baja aleación pesan menos, las cargas pueden ser más pesadas.

En la actualidad se construyen muchos edificios con estructuras de aceros de baja aleación. Las vigas pueden ser más delgadas sin disminuir su resistencia, logrando un mayor espacio interior en los edificios.

d. Aceros inoxidables

Los aceros inoxidables contienen cromo, níquel y otros elementos de aleación, que los mantienen brillantes y resistentes a la herrumbre y oxidación a pesar de la acción de la humedad o de ácidos y gases corrosivos. Algunos aceros inoxidables son muy duros; otros son muy resistentes y mantienen esa resistencia durante largos periodos a temperaturas extremas. Debido a sus superficies brillantes, en arquitectura se emplean muchas veces con fines decorativos. El acero inoxidable se utiliza para las tuberías y tanques de refineries de petróleo o plantas químicas, para los fuselajes de los aviones o para cápsulas espaciales. También se usa para fabricar instrumentos y equipos quirúrgicos, o para fijar o sustituir huesos rotos, ya que resiste a la acción de los fluidos corporales. En cocinas y zonas de preparación de alimentos los utensilios son a menudo de acero inoxidable, ya que no oscurece los alimentos y pueden limpiarse con facilidad (Kalpakjian, 2002).

3.4. PRODUCCIÓN Y REFINACIÓN DE ARRABIO

El arrabio es el primer proceso que se realiza para obtener Acero, los materiales básicos empleados son Mineral de Hierro, Coque y Caliza.

El coque se quema como combustible para calentar el horno, y al arder libera monóxido de carbono, que se combina con los óxidos de hierro del mineral y los reduce a hierro metálico.

La ecuación de la reacción química fundamental de un alto horno es:

Ecu.3.1

La caliza de la carga del horno se emplea como fuente adicional de monóxido de carbono y como sustancia fundente.

Este material se combina con la sílice presente en el mineral (que no se funde a las temperaturas del horno) para formar silicato de calcio, de menor punto de fusión. Sin la caliza se formaría silicato de hierro, con lo que se perdería hierro metálico.

El silicato de calcio y otras impurezas forman una escoria que flota sobre el metal fundido en la parte inferior del horno. El arrabio producido en los altos hornos tiene la siguiente composición: un 92% de hierro, un 3 o 4% de carbono, entre 0,5 y 3% de silicio, del 0,25% al 2,5% de manganeso, del 0,04 al 2% de fósforo y algunas partículas de azufre.

Tabla 3.1: Composición química del acero.

Carga típica en alto Horno de CSH			Composición química del Arrabio	
Componentes	Kg/t	Kg/carga	Elementos	%
Mineral de Hierro	490	9.600	Fierro (Fe)	93,70
Pellets	995	19.600	Carbono (C)	4,50
Chatarra	15	300	Manganeso (Mn)	0,40
Mineral de Mn	22	450	Silicio (Si)	0,45
Caliza	112	2.300	Fósforo (P)	0,110
Cuarzo	12	250	Azufre (S)	0,025
Coque	451	9.200	Vanadio (V)	0,35
Petróleo + Alquitrán	44	899	Titanio (Ti)	0,06
Aire Insuflado		1.530 m ³ /min	Temperatura en Alto Horno: 1.460 °C	
Temperatura Aire Insuflado		1.030 °C		

Fuente: www.tratar.com.co/descargas/acero.pdf.

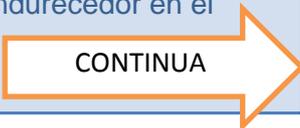
3.5. EFECTOS DE LOS ELEMENTOS DE ALEACIÓN

Los elementos de aleación específicos y sus cantidades determinan el tipo de acero de aleación y sus propiedades particulares.

Los efectos principales de algunos de los elementos más comunes son:

Cuadro 3.2: Aleación de los compuestos.

ALUMINIO	Empleado en pequeñas cantidades, actúa como un desoxidante para el acero fundido y produce un Acero de Grano Fino
BROMO	Aumenta la templabilidad (la profundidad a la cual un acero puede ser endurecido)
CROMO	Aumenta la profundidad del endurecimiento y mejora la resistencia al desgaste y corrosión
COBRE	Mejora significativamente la resistencia a la corrosión atmosférica
MANGANESO	Elemento básico en todos los aceros comerciales. Actúa como un desoxidante y también neutraliza los efectos nocivos del azufre, facilitando la laminación, moldeo y otras operaciones de trabajo en caliente. Aumenta también la penetración de temple y contribuye a su resistencia y dureza
MOLIBDENO	Mediante el aumento de la penetración de temple, mejora las propiedades del tratamiento térmico. Aumenta también la dureza y resistencia a altas temperaturas
NIQUEL	Mejora las propiedades del tratamiento térmico reduciendo la temperatura de endurecimiento y distorsión al ser templado. Al emplearse conjuntamente con el Cromo, aumenta la dureza y la resistencia al desgaste
SILICIO	Se emplea como desoxidante y actúa como endurecedor en el acero de aleación

CONTINUA 

AZUFRE	Normalmente es una impureza y se mantiene a un bajo nivel. Sin embargo, alguna veces se agrega intencionalmente en grandes cantidades (0,06 a 0,30%) para aumentar la maquinabilidad (Habilidad para ser trabajado mediante cortes) de los aceros de aleación y al carbono
TITANIO	Se emplea como un desoxidante y para inhibir el crecimiento granular. Aumenta también la resistencia a altas temperaturas
TUNGSTENO	Se emplea en muchos aceros de aleación para herramientas, impartiendoles una gran resistencia al desgaste y dureza a altas temperaturas
VANADIO	Imparte dureza y ayuda en la formación de granos de tamaño fino. Aumenta la resistencia a los impactos (resistencia a las fracturas por impacto) y también la resistencia a la fatiga

Fuente: www.tratar.com.co/descargas/acero.pdf

En resumen, los efectos de los elementos de aleación son:

- Mayor resistencia y dureza.
- Mayor resistencia a los impactos.
- Aumento de la resistencia al desgaste.
- Aumento de la resistencia a la corrosión.
- Mejoramiento de maquinabilidad.
- Dureza al rojo (altas temperaturas).
- Aumento de la profundidad a la cual el acero puede ser endurecido (penetración de temple).

3.6. PROCEDIMIENTO DE SELECCIÓN DE MATERIALES

Para seleccionar un acero que va a estar sometido a una aplicación determinada, el usuario de la pieza a fabricar debe primero hacerse dos sencillas preguntas.

a. ¿Qué es lo que espera de la pieza que va a fabricar?

El tipo de esfuerzo al que estará sometida la pieza fabricada: Como se sabe existen tres tipos de esfuerzos: tensión-compresión, torsión y flexión. Además es necesario tomar en cuenta aspectos como: la resistencia al desgaste, resistencia a la corrosión y dureza.

El posible diseño la pieza no debe tener filos o esquinas vivas, estas son acumuladores de tensiones, y por lo tanto, focos de falla o ruptura.

b. ¿Qué materiales hay disponibles en el mercado?

El Costo de las piezas por unidad: muy ligado al punto anterior, aquí impera el llamado “costo beneficio”.

Es necesario realizar una preselección de materiales extrayendo materiales de los diferentes grupos, de acuerdo a investigaciones realizadas, se conoce que son empleadas en la fabricación de estructuras de carrocerías de vehículos, estos grupos son:

- Acero al carbono.
- Hsla (high strength low alloy).
- Aluminio.
- Acero inoxidable.

La matriz de selección de materiales, emplea criterios y valores de propiedades del mismo, que han sido tomados de las normas o investigaciones en el medio.

Tabla 3.2: Características de criterios de costos de soldadura.

MATERIAL	COSTO DE LA MAQUINA (Usd)	COSTO DE ELECTRODOS (Usd)	COSTO MANO DE OBRA (Usd/día)
ASTM A36	6557;6	2;8	50
ASTM A515	6557;6	30;25	50
Gr. B			
NITRONIC 30	5152	22;36	80
ALUMINIO 6061-T6	5152	21;98	80
SUMATORIA	23419;2	77;39	260

Fuente: www.tratar.com.co/descargas/acero.pdf

Tabla 3.3: Características de criterios de costos de soldadura.

MATERIAL	COSTO DE LA MAQUINA (Usd)	COSTO DE ELECTRODOS (Usd)	COSTO MANO DE OBRA (Usd/día)	PONDERACIÓN DE CRITERIOS
ASTM A36	10	0;925619835	6;25	20
ASTM A515	10	10	6;25	20
Gr. B				
NITRONIC 30	7;856532878	7;391735537	10	60
ALUMINIO 6061-T6	7;856532878	7;266115702	10	
SUMATORIA	35;71306576	25;58347107	32;5	100

Fuente: Los autores

Donde el valor de la notas más alta será de (10), para obtener los de más resultados realizaremos la regla de tres.

La ponderación de criterios se lo pondrá de acuerdo a la aplicación que se necesite, debe estar relacionada con el 100%.

Tabla 3.4: Normalización de los criterios de costos de la soldadura.

MATERIAL	COSTO DE LA MAQUINA (Usd)	COSTO DE ELECTRODOS (Usd)	COSTO MANO DE OBRA (Usd/día)	PONDERACIÓN DE CRITERIOS	RESULTADOS
ASTM A36	0;280009565	0;036180385	0;192307692	0;2	0;178622605 1
ASTM A515 Gr. B	0;280009565	0;390877374	0;192307692	0;2	0;249562003 2
NITRONIC 30	0;219990435	0;288926218	0;307692308	0;6	0;286398715 4
ALUMINIO 6061-T6	0;219990435	0;284016023	0;307692308	0	0;285416676 3
SUMATORIA	1	1	1	1	

Fuente: Los autores

Para obtener la normalización de la tabla, dividiremos cada uno de los valores de la columna por la sumatoria. Obteniendo la sumatoria que sea igual a 1, logrando que cada columna tenga relación entre sí.

De esta tendremos el resultado y la selección del material. (ASTM A36). Material idóneo para la construcción en relación al costo del material, logrando economizar el producto final.

3.6.1. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL SELECCIONADO

3.6.2. ASTM A- 36

El acero A-36 se produce en una amplia variedad de formas, que incluyen: Planchas, perfiles estructurales, tubos y láminas.

a. Propiedades Químicas

El A-36 es un acero de bajo carbono con muy pocas aleaciones.

Tabla 3.5: Propiedades Químicas del acero ASTM- A36.

Elementos	%
Carbono	0,25-0,29
Cobre (Cu)	0,2
Hierro (Fe)	98
Manganeso Mn	1,03
Fosforo (P)	≤0,04
Silicio (Si)	0,28
Azufre (S)	≤0,05

Fuente: scielo.sld.cu.

Mientras que el resto es hierro. El manganeso y el cobre le dan al acero la resistencia y la dureza, mientras que los rastros de fósforo y azufre son impurezas que se mantienen al mínimo posible, ya que pueden hacer que el acero resulte frágil si su porcentaje es demasiado alto.

b. Propiedades mecánicas

En términos de sus propiedades mecánicas, el acero A-36 está diseñado para ser resistente y fuerte. Tiene una resistencia máxima a la tracción (la cantidad de presión que se necesita para deformar el material) de 58.000 a 79.800 libras por pulgada cuadrada (psi) (10.355 a 14.247 kg/cm²).

El límite de elasticidad, o la cantidad de presión que se necesita para doblar el acero hasta el punto en que no retorne a su forma original, son de 36.300 psi (6.481 kg/cm²).

El alargamiento, o la cantidad de estiramiento del acero es capaz de resistir sin romperse, es del 20%.

Tabla 3.6: Propiedades mecánicas del acero ASTM- A 36.

Esfuerzos F_y y F_u de aceros estructurales					
Nomenclatura		F_y		F_u	
NMX	ASTM	MPa	Kg/cm ²	MPa	Kg/cm ²
B-254	A36	250	2530	400 a	4080 a
				550	5620
B-99	A529	290	2950	414 a	4220 a
				585	5975

Fuente: www.jjcoopsa.com.mx.

c. Propiedades físicas

La principal propiedad física que se tiene en cuenta en la elección del acero es su densidad, que es una medición de la masa por unidad de volumen, o el peso de un determinado objeto dado un determinado volumen. El acero A-36 tiene una densidad de 7,85 gramos por centímetro cúbico; en el sistema británico, esto se traduce a 0,284 libras por pulgada cuadrada (Croxon).

- **Métodos de unión**

Las piezas hechas a partir de acero ASTM A-36, son fácilmente unidas mediante casi todos los procesos de soldadura. Los más comúnmente usados para el A-36 son los menos costosos y rápidos como la Soldadura por arco metálico protegido (SMAW, Shielded Metal Arc Welding), Soldadura con arco metálico y gas (GMAW, Gas Metal Arc Welding), y soldadura oxiacetilénica (Klas, 2003).

El acero A36 es también comúnmente atornillado y remachado en las aplicaciones estructurales: edificios, puentes y torres.

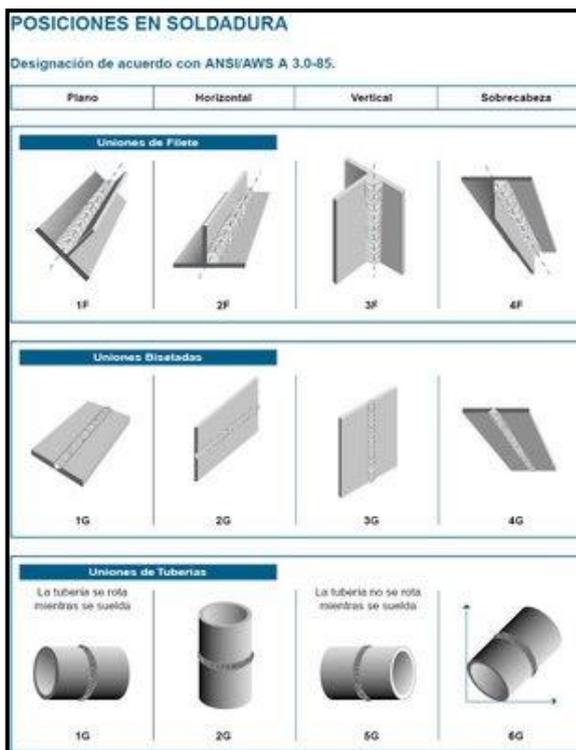


Figura 3.23: Posiciones de soldadura.

Fuente: <http://2.bp.blogspot.com/.../s400/POSICIONES+SOLD.bmp>.

d. Usos y aplicaciones

Debido a que el A-36 es relativamente barato y estructuralmente muy fuerte, a menudo se utiliza como material de construcción estructural. Las vigas, placas y láminas se utilizan tanto para construir la estructura final de un edificio como para construir estructurales temporales, como soportes y cubiertas.



Figura 3.24: Productos obtenido con norma ASTM a 36.

Fuente: Materiales y sus propiedades.com.

Tabla 3.7: Productos obtenidos de acero.

Denominación	Diámetro exterior Mm	Espesor		Peso	
		e	p	p	
		Mm	Kg/m	Kg/6m	
5/8	15,88	1,5	0,55	3,28	
3/4	19,05	1,5	0,67	3,99	
7/8	22,22	1,5	0,79	4,73	
1	25,4	1,5	0,9	5,37	
		2	1,17	7,02	
1 ¼	31,75	1,5	1,13	6,78	
		2	1,48	8,9	
1 ½	38,1	1,5	1,37	8,2	
		2	1,8	10,8	
1 ¾	44,45	1,5	1,6	9,57	
		2	2,13	12,8	
2	50,8	1,5	1,84	11	
		2	2,43	14,6	
2 ¼	57,15	1,5	2,08	12,5	



Fuente: <http://www.novacero.com/images>

- **Otros Usos**

Escapes autom3viles, Guardachoques, Manijas para carretillas, Estructuras para letreros, M3quinas para gimnasio, Asientos para veh3culos, Maquinaria industrial, Funiculares para industria bananera.

e. Tubo Cedula 40



Figura 3.25: Tubo cedula 40.

Fuente: Metalco.

Tabla 3.8: Productos obtenidos de acero.

TUBERÍA PARA CONDUCCIÓN CEDULA 40 EN HIERRO Y GALVANIZADO, CON Y SIN ROSCA				
Producto	Largo (m)	Espesor (mm)	Peso en H.N. (kg/unidad)	Peso en H.G. (kg/unidad)
12 mm			7.57	7.78
19 mm		2.55	9.49	9.76
25 mm			14.63	14.97
31 mm	6	3.17	18.51	18.94
38 mm			23.74	24.23
50 mm		3.50	29.84	30.46
63 mm		4.75	49.22	49.97

La tubería cédula 40 está disponible solo contra pedido, en los siguientes acabados: Hierro negro con o sin rosca / Galvanizado con o sin rosca.

Fuente: <http://www.novacero.com/images>.

f. Ventajas del material seleccionado

En nuestro país, el material más utilizado en la industria de la manufactura estructural, el ASTM A-36 debido a que tiene una composición química simple, es muy fácil de soldar, lo que lo convierte en un material que se emplea para crear estructuras compuestas de múltiples secciones de metal.

Sus propiedades permiten que se use en muchas aplicaciones, a diferencia de otras aleaciones de mayor rendimiento. Esta composición química simple se traduce en un acero con una resistencia moderada y en un menor punto de fusión en comparación con los demás aceros (Rodríguez).

Debido a que la estructura química es tan simple, es más barato para fabricar que los aceros más especializados, razón por la cual es utilizado en una amplia gama de industrias.

Tabla 3.9: Propiedades mecánicas acero estructural ASTM-A 36.

Propiedades	Valor	Unidades
Módulo elástico	200000	N/mm ²
Coeficiente de Poisson	0.26	N/D
Módulo cortante	79300	N/mm ²
Densidad de masa	7850	Kg/m ³
Límite de tracción	400	N/mm ²
Límite de compresión		N/mm ²
Límite elástico	250	N/mm ²
Coeficiente de expansión térmica		/k
Conductividad térmica		W/(m.k)
Calor específico		J/(kg.k)
Coeficiente de amortiguamiento del material		N/D

Fuente: Los autores.

Otras propiedades del acero incluyen la fuerza para ceder, o la tensión máxima antes de que se deforme permanentemente; la capacidad de tensión de doblaje, o la tensión que puede llevar de forma segura el acero antes de contorsionarse fuera de plano; y el límite final, o la tensión a la que fallará por completo.

g. Desventaja de material seleccionado

Debido a que el acero se encuentra en la intemperie y en contacto con agentes naturales el material se oxida más fácilmente, por lo que se debe colocar base o anticorrosivo para prolongar el estado del material.

La resistencia y otras propiedades estructurales se degradan bastante a temperaturas elevadas, esto no pasaría con un acero más especializado (McCORMAC).

3.6.3. BAMBÚ

Con el nombre de Bambúes designa a un grupo de aproximadamente 1400 especies de plantas que pertenecen a la familia de las Gramíneas (Poaceae), una de las familias botánicas, más extensas e importantes para el hombre.

Los bambúes pueden ser plantas pequeñas de menos de 1 m de largo y con los tallos (culmos) de medio centímetro de diámetro, también los hay gigantes de unos 25 m de alto y 30 cm de diámetro. La mayor parte de las especies de bambú que viven en México tienen sus tallos leñosos, y solo cinco sus tallos herbáceos.

Erróneamente se ha manejado el nombre de Bambú para designar únicamente a aquellas plantas que son utilizadas en construcción o bien a bambúes exóticos ornamentales.

Sin embargo es importante señalar que cuando nos referimos al bambú no se está especificando de qué especie se trata. La palabra bambú se ha usado por tradición para señalar a todo el grupo de plantas que presentan las características morfológicas descritas abajo, es decir que se ha usado tradicionalmente a la palabra Bambú como un término en plural.

a. Culmos o Tallos Leñosos

En la mayor parte de los bambúes es una característica evidente, sin embargo existen especies tan pequeñas que esta condición es poco perceptible, por lo que es frecuente confundir bambúes verdaderos con verdaderos pastos.



Figura 3.26: Bambú leñoso.

Fuente: <http://www.ecoportal.net/>

- **Características distintivas de los Bambúes leñosos**

Nudos y entrenudos dan forma al tallo o culmo que emerge desde un tallo subterráneo llamado rizoma del cual también se originan las raíces. Las hojas caulinares o cúlmeas protegen los brotes en su crecimiento y las hojas verdes generalmente de forma lanceolada y con un pseudopeciolo presente, dan vida a la planta mediante el proceso fotosintético. Un florecimiento infrecuente se presenta en muchas especies.



Figura 3.26: Bambú leñoso

Fuente: <http://www.bambumex.org>.

- **Usos del bambú**

El bambú es una de las plantas con más utilidades para el hombre, en general la gente relaciona al bambú con las culturas orientales por el hecho de que en la India, Japón y China existen muchas especies diferentes y también porque la mayor parte de ellas son grandes y resistentes.

Es importante hacer notar que los usos que se le asignan al bambú no solo incluyen una especie, sino que abarca a las más de 1400 especies existentes en el mundo.

El bambú ha sido conocido como la “planta de los mil usos”; en la actualidad es evidente que existen más de mil usos para todas las especies de bambú. La utilización de la planta del bambú va desde la fabricación de palillos para los dientes hasta la elaboración de cerveza; la fabricación de papel y la utilización en la armadura de pequeños aviones; como material de construcción de viviendas residenciales y usando los tallos en la fabricación de viviendas tradicionales.

La utilización del bambú depende en gran medida de la imaginación de las personas, el bambú es una planta que está esperando ser utilizado por el hombre, su mejor aprovechamiento depende del mismo hombre.

- **Usos Comerciales**

Varias especies de bambú han sido introducidas en México, la mayor parte de ellas con fines de propagación para ser vendidas como ornamentales. Dos especies son importantes y son los bambúes que con más frecuencia se observan en parques y jardines.

El bambú amarillo con vetas verdes corresponde a *Bambusa vulgaris* var. *Striata*; *Bambusa oldhamii* siempre es un bambú con su culmo principal erecto, sus tallos son fuertes y engrosados en la base, es un bambú que se le ha visto desde el nivel del mar hasta más de 2000 m de altitud. Se siembra principalmente como ornamental y es conocido que sus brotes son usados como alimento. La primera especie es conocida simplemente como bambú, a la segunda especie algunas personas lo llaman bambú coreano, *Phyllostachys aurea* es muy utilizado como ornamental.

En México la utilización comercial de bambúes introducidos aun es incipiente, varias empresas establecidas venden muebles fabricados con bambú, usando para ello dos especies conocidas con los nombres de *Phyllostachys bambusoides*.



Figura 3.27: Muebles fabricados con bambú.

Fuente: www.investigacionaccion.com.ar.

**b. Estudio de las propiedades físicas y mecánicas del bambú
(*bambusa vulgaris*)**

En el contexto del sector forestal y de la construcción se, difunden las principales fortalezas y debilidades que pueda presentar el bambú (*Bambusa vulgaris*) como material constructivo confiable y seguro estructuralmente.

Para alcanzar este objetivo se lograron determinar sus propiedades físicas y mecánicas, entre otras: sus esfuerzos de diseño; su variación de espesor; su estabilidad dimensional; y su densidad en condición de humedad seca al aire. Así, al final de la línea de producción se podrán obtener productos de excelente calidad. Los resultados determinaron lo siguiente: su propiedad física de densidad, y sus propiedades mecánicas, en condición verde, respecto a su resistencia a la flexión en su módulo de ruptura y la resistencia a la compresión.

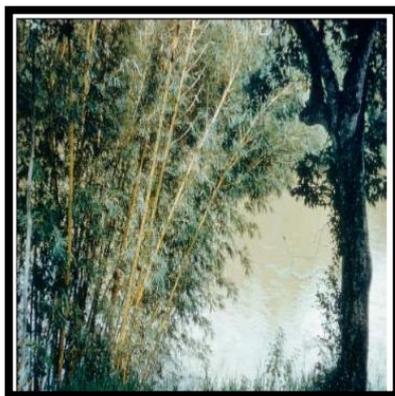


Figura 3.28: Vista de una planta de bambú.

Fuente: W. H. Hodge.

- **Materiales y métodos**

La metodología desarrollada en la determinación de las propiedades físicas y mecánicas del bambú (*Bambusa vulgaris*), se basa en las consideraciones técnicas de las normas americanas ASTM y las normas alemanas DIN. La materia prima provenía de un sector de las 25 hectáreas de plantación de bambú de diferentes edades, siendo seleccionado un sector de la plantación con bambú de tres (3) años de edad.

De forma aleatoria se seleccionaron e identificaron en visita técnica a la plantación, cinco (05) cañas de bambú, las cuales fueron cortadas en

periodo de menguante, siendo seccionadas a longitudes promedios de 10 metros. Una vez cortadas se le realizó un tratamiento de conservación de las cañas contra el ataque de agentes xilófagos y aplicación de pintura plástica en los extremos, a fin de evitar la pérdida de humedad en condición verde durante el traslado, a las instalaciones del Laboratorio de Ensayos y Laboratorio de Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera del LNPF – ULA – MARN.

En la preparación de las probetas se utilizó la metodología expuesta. Las cañas de longitud con promedio de 10 metros, se cortaron en tres secciones de tres metros de largo cada una, las cuales fueron identificadas como A (sección basal), B (sección media), C (sección apical). Estas secciones se subdividieron en cuatro subsecciones de 36 centímetros de largo. Las subsecciones fueron a su vez subdivididas en dos medias cañas o media luna. Para la determinación de las propiedades físicas y mecánicas, cada uno de los ensayos fue realizado siguiendo las estipulaciones de Hoheisel. Es de hacer notar que se procedió a realizar una modificación en las dimensiones de las probetas en razón de que las normas están diseñadas para la realización de probetas de madera en forma paralelepípeda. Además, y debido a la morfología cilíndrica que presentan las cañas de bambú, las probetas requeridas se obtuvieron en función a esta forma, es decir seccionadas las cañas en su plano transversal.

Tabla 3.10: Dimensiones de probetas y normas utilizadas para Los ensayos de propiedades físicas y mecánicas.

PROPIEDADES FÍSICAS	DIMENSION (cm) PROBETAS DE Bambusa vulgaris	DIMENSION (cm) DE NORMAS DIN	NORMA
Densidad	3,0x vp x10,0	3,0x3,0x10,0	DIN. 52182
Peso específico	3,0x vp x10,0	3,0x3,0x10,0	DIN. 52182
Contenido de humedad	3,0x vp x10,0	3,0x3,0x10,0	DIN. 52182
Contracción radial y tangencial	3,0x vp x10,0	3,0x3,0x10,0	DIN. 52184
Contracción	3,0x vp x10,0	3,0x3,0x10,0	

CONTINUA

longitudinal			
Contracción volumétrica	3,0x vp x10,0	3,0x3,0x10,0	DIN. 52184
PROPIEDADES MECÁNICOS	DIMENSION (cm) PROBETAS DE Bambusa vulgaris	DIMENSION (cm) DE NORMAS ASTM	NORMA
Flexión estática	2,54 x vp x 36	2,5x2,5x41,0	ASTM-D.143/246-252
Compresión perpendicular	1,27 x vp x 5,0	5,0x5,0x15,0	ASTM-D.143/77-82
Tracción	2,54 x vp x 36	2,5 x vp x46	ASTM-D.143-83

Fuente: Dimensión promedio de las probetas de Bambusa vulgaris según condición, al momento del ensayo.

A continuación se exponen con mayor detalle cada una de las propiedades físicas y mecánicas que han sido evaluadas.

- **Propiedades físicas**

Los ensayos fueron realizados en condición de humedad verde, seca al aire (12% C.H.) y seca al horno.

- Densidad en condición de humedad verde (ρ_v); Densidad en condición de humedad seca al aire (ρ_{sa}); Densidad en condición de humedad seca al horno (ρ_{sh}).
- Peso específico básico (P_{eb}).
- Contracciones, Contracción radial (β_{rv-sa}) y tangencial (β_{tv-sa}) desde la condición de humedad verde a seca al aire; Contracción radial (β_{rv-sh}) y tangencial (β_{tv-sh}) desde la condición de humedad verde a seca al horno; Contracción longitudinal (β_{lv-sa}) desde la condición de humedad verde a seca al aire; Contracción longitudinal (β_{lv-sh}) desde la condición de humedad verde a seca al horno; Contracción volumétrica (β_{vv-sa}) desde la condición de humedad verde a

seca al aire; Contracción volumétrica(β_{vv-h}) desde la condición de humedad verde a seca al horno.

- Relación contracción tangencial-radial: desde la condición de humedad verde a seca al aire (T/Rv-sa).
- Relación contracción tangencial-radial: desde la condición de humedad verde a seca al horno (T/Rv-sh).

- **Propiedades mecánicas**

Se realizaron los siguientes ensayos en la condición de humedad verde y seca al aire (12% C.H.):

- Resistencia a la flexión estática: Módulo de ruptura (MOR), en condición de humedad verde y seca al aire al 12% C.H.
- Resistencia compresión perpendicular a la fibra (CP), en condición de humedad verde y seca al 12 % C.H.
- Resistencia a la tracción (T), en condición de humedad verde y seca al aire al 12 % C.H.

- **Resultados y discusión**

Los Cuadros muestran los valores promedios para cada una de las propiedades físicas y mecánicas ensayadas según las normas ASTM y DIN. A fin de validar los datos obtenidos, los mismos son comparados con los valores de las propiedades físicas y mecánicas del bambú.

Tabla 3.11: Propiedades físicas del bambú.

PROPIEDADES FÍSICAS														
Sección	ρ_v	ρ_{sa}	ρ_{sh}	Peb	β_r	β_t	β_{lv}	β_v	T/R	β_r	β_t	β_{lv}	β_{lv}	T/R
n	(g/c m ³)	(g/c m ³)	(g/c m ³)		v-sa (%)	v-sa (%)	sa (%)	v-sa (%)	v-sa (%)	v-sh (%)	v-sh (%)	sh (%)	sh (%)	v-sh (%)
A	0,84	0,68	0,65	0,6	4,8	4,1	0,1	9,2	0,8	7,3	6,1	0,2	13,8	0,7
(BASA L)	4	4	4	00	70	74	58	02	83	74	36	94	05	04
B	0,82	0,68	0,64	0,5	4,3	3,9	0,1	8,4	0,9	6,7	6,4	0,2	13,4	1,0
(MEDI AL)	0	1	9	83	92	33	32	57	76	80	63	14	59	07
C	0,78	0,63	0,60	0,5	4,7	3,2	0,1	8,1	0,8	5,7	5,9	0,2	11,9	1,1
(APICA L)	7	3	4	56	07	61	63	31	50	02	55	67	25	69
Prome dio	0,81 7	0,66 6	0,63 6	0,5 79	4,6 57	3,7 89	0,1 51	8,5 97	0,9 03	6,6 19	6,1 84	0,2 58	13,0 63	0,9 60

Fuente: <http://www.krfr-1.com-bambu>.

Al desarrollar la comparación de valores de los Cuadros respecto a los valores presentados, se puede apreciar que los resultados obtenidos para la especie *Bambusa vulgaris*, y en un contexto general del análisis de resultados, se determinó que los valores tanto de las propiedades físicas como mecánicas, tienen cierto grado de similitud, y en algunos casos se presenta que los valores de esta especie supera los valores encontrados. Se denota que los valores más altos en las propiedades mecánicas se producen, de manera descendente, desde la sección basal (A) de la caña, seguidos de la sección media (B) y sección apical (C). En este sentido, se recomienda que los elementos estructurales de una edificación, como las vigas, columnas y correas de techo, sean elaborados con mayor proporción de cañas provenientes del área basal. A continuación se definen los análisis de las propiedades físicas y mecánicas según la condición de las probetas en estado verde y seco al aire.

- **Propiedades físicas y mecánicas en condición verde**

Al comparar los valores de resistencia a la flexión en su módulo de ruptura (MOR), los valores obtenidos para la *Bambusa vulgaris*, son superiores para la condición de humedad verde que los de la especie *Phyllostachys bambusoides*. Por otro lado, se definió que en la condición de humedad seca al aire, los valores obtenidos de la *Bambusa vulgaris* son ligeramente superiores a la otra especie de bambú comparada.

Esta situación puede tener relación con el bajo contenido de humedad de las probetas secas al aire presente al momento de realizar el ensayo, coincidiendo con lo planteado, de que la madera, así como de todo material lignocelulósico con menor contenido de humedad, presentará mayores resistencias que otra pieza en condición verde.

Con respecto a la resistencia a la tracción se puede apreciar que los valores del *Phyllostachys bambusoides*, presenta valores que duplican a los obtenidos en *Bambusa vulgaris*. En este sentido, se debe tener especial atención a estos valores bajos obtenidos en los esfuerzos de diseño de la propiedad de resistencia a la atracción de la especie *Bambusa vulgaris*, al momento de que un profesional de la ingeniería civil, responsable del cálculo estructural de una vivienda u otra edificación, realice los cálculos estructurales de los elementos pórticos, ya que debe recomendar al arquitecto una redefinición eventual en el diseño de la estructura.

De ahí que, para estar dentro de los mayores estándares de seguridad, se deba incrementar el número de cañas por viga principal, así como de las correas del techo e igualmente se debe utilizar mayor cantidad de tiras de bambú para el machihembrado o para columnas, como también es posible que se deban disminuir las luces entre los elementos estructurales (JUNAC, 1982).

Tabla 3.12: Valores promedio obtenidos de las propiedades físicas y mecánicas de la especie bambusa vulgaris.

PROPIEDADES FÍSICAS						
Especie	Bambusa vulgaris			Phyllostachys bambusoides		
Propiedad	Densidad Verde (g/cm³)			Densidad Verde (g/cm³)		
Sección	A	B	C	A	B	C
X=	0,844	0,820	0,787	0,418	0,402	0,386
Propiedad	Densidad Seca al Aire (g/cm³)			Densidad Seca al Aire (g/cm³)		
Sección	A	B	C	A	B	C
X=	0,684	0,681	0,633	0,538	0,532	0,532
Propiedad	Densidad Seca al Horno (g/cm³)			Densidad Seca al Horno (g/cm³)		
Sección	A	B	C	A	B	C
X=	0,653	0,649	0,604			
Propiedad	Peso Específico Básico			Peso Específico Básico		
Sección	A	B	C	A	B	C
X=	0,600	0,582	0,555	0,494	0,488	0,464
PROPIEDADES MECÁNICAS						
Propiedad	Flexión (MOR) verde (kg/cm²)			Flexión (MOR) verde (kg/cm²)		
Sección	A	B	C	A	B	C
X=	1.135,74	831,09	653,57	658,80	712,73	755,41
Propiedad	Flexión (MOR) seca al aire (kg/cm²)			Flexión (MOR) seca al aire (kg/cm²)		
Sección	A	B	C	A	B	C
X=	1.389,29	1.063,56	673,79	928,39	1.065,07	1141,18

Fuente: <http://www.plataformaarquitectura.cl>

Tabla 3.13: Propiedades físicas y mecánicas de la especie bambusa vulgaris.

Propiedad	Peso específico básico	Compresión (kg/cm ²)	Tracción (kg/cm ²)	Flexión	
				MOE (kg/cm ²)	MOR (kg/cm ²)
Especie	Condición de humedad seca al aire				
Bambusa Vulgaris	0,57	538,00	419,47		1.042,21
Phyllostachy s bambusoide s	0,52	430,72	1.224,31	108.769,57	1.047,20
Otros					
Bambusa sp.		457,02- 562,48	98434- 2.636,63	9114.030,0 0 - 210.930,00	998,40- 1.406,20

Fuente: <http://www.investigacionaccion.com.ar>

3.7. UNIONES, UNIONES CLAVADAS, UNIONES PERNADAS, UNIONES ZUNCHADAS

3.7.1. UNIONES

Todos los miembros y elementos estructurales deberán estar anclados, arriostrados, empalmados e instalados de tal forma que garanticen la resistencia y fluidez necesarias para resistir las cargas y transmitirlas con seguridad.

El presente capítulo enumera algunas uniones entre elementos constitutivos del sistema constructivo con guadua y madera. Estas uniones han sido experimentadas con clavos, pernos, varillas y pletinas. Otras diferentes pueden utilizarse, siempre y cuando se pueda garantizar la rigidez diseñada.

a. Uniones clavadas

Las uniones clavadas se reservan para esfuerzos muy bajos entre elementos de madera aserrada y guadua, como por ejemplo de pie derecho a solera en muro. No se recomiendan, expresamente, para la unión de dos o más elementos rollizos de guadua. La penetración y el impacto de los clavos producen fisuración de la guadua debido a la preponderancia de fibras longitudinales.

Las uniones clavadas deben usarse solamente para ajuste temporal del sistema durante el armado y no deben tenerse en cuenta como conexiones resistentes entre elementos estructurales.

b. Uniones pernadas

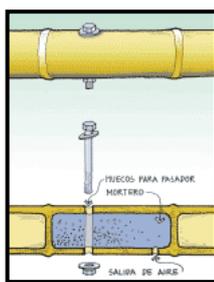


Figura 3.29: Tipo de unión empernada.

Fuente: <http://www.vivienda.gob.pe>

Cuando sea necesario perforar la guadua para introducirle pernos, debe usarse taladro de alta velocidad y evitar impactos. Todos los cañutos a través de los cuales se atraviesen pernos o barras deben rellenarse con mortero de cemento.

El mortero debe ser lo suficientemente fluido para penetrar completamente dentro del cañuto. Puede prepararse el mortero de relleno, por volumen, utilizando una relación 1 a 0,5 entre el cemento y el agua y sin exceder la relación 4 a 1 entre el agregado fino y el cemento. Para vaciar el mortero se perfora la guadua con taladro y se colocara con un embudo o con una pequeña bomba casera. Los pernos pueden fabricarse con barras de refuerzo roscadas en obra o con barras comerciales de rosca continua.

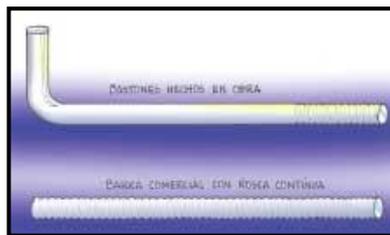


Figura 3.30: Pernos para unión de tipo emperrada.

Fuente: <http://www.ecoportal.net>

c. Uniones zunchadas

Las uniones zunchadas pueden utilizarse para fabricar conexiones articuladas. Para conexiones que deban resistir tracción, la pletina debe diseñarse para garantizar que no es el vínculo débil de la unión. La unión no debe trabajar, en total, con más de 10 KN (1000 kg) de esfuerzo de tracción.

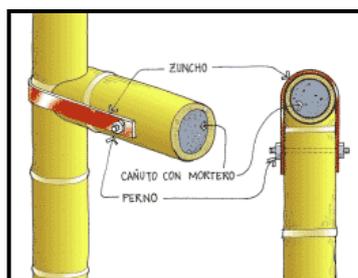


Figura 3.31: Tipo de unión zunchadas.

Fuente: <http://www.tdx.cat>

CAPÍTULO 4

4. DISEÑO DEL CHASIS

Un chasis es una estructura que se encarga de unir rígidamente la suspensión delantera y trasera, al mismo tiempo que ofrece puntos de amarre para los diferentes componentes del vehículo, así como de proteger al conductor de un posible accidente. Es en estos casos cuando el chasis debe responder adecuadamente ya que debe ser lo suficientemente resistente para deformarse poco y proteger la integridad del piloto.

A la hora de diseñar un chasis tipo carcass se debe establecer un compromiso entre resistencia-peso-espacio, todo ello sin alterar el precio final. En este tipo de estructuras hay que tener en cuenta, múltiples y diversos factores como por ejemplo la resistencia estática, dinámica, fatiga, estabilidad de los elementos estructurales, montaje, fabricación (Pérez, 1999).

4.1 CRITERIOS DE DISEÑO

Se van a establecer una serie de criterios que serán respetados a la hora de modelar la estructura.

4.1.1 RIGIDEZ

La resistencia de materiales se encarga de establecer los criterios para determinar el material, la forma y las dimensiones de los elementos de construcción para resistir las sollicitaciones a las que están expuestos.

Se define rigidez como la capacidad que tiene un elemento estructural para oponerse a las deformaciones (Mott).

En términos matemáticos, se define la rigidez como:

Ecu.4.1

Siendo:

= la carga aplicada

= la deformación

Se define resistencia mecánica como la capacidad que tiene un elemento estructural de soportar esfuerzos sin llegar a la rotura. En el diagrama tensión-deformación se observa el comportamiento de los elementos estructurales.

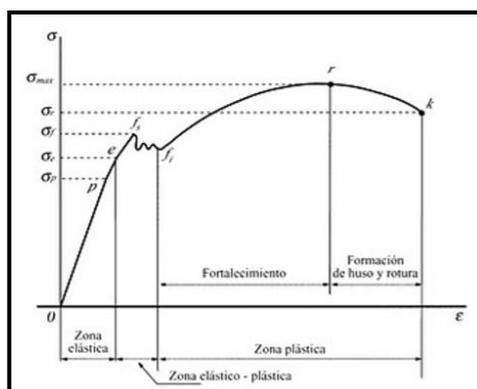


Figura 4.1: Diagrama tensión vs deformación.

Fuente: <http://www.virtual.unal.edu.co>

- De 0 a p, existe proporcionalidad σ/ϵ (límite de proporcionalidad σ_p).
- De p a e, el comportamiento del material es no lineal y elástico (límite de elasticidad σ_e), no existiendo deformaciones plásticas en este intervalo.
- De e a f, la gráfica toma otra curvatura pero, además, las deformaciones empiezan a ser permanentes (límite de fluencia σ_f).
- De f a r, las deformaciones son elevadas sin aumentar mucho la carga hasta r, punto en el que la sección del material comienza a disminuir dando lugar a la estricción (límite máximo $\sigma_{m\acute{a}x}$).

- De r a k, a partir de aquí la tensión disminuye, aumentando la deformación, hasta que en el punto k se produce la rotura (límite de rotura σ_r).

En la zona lineal de la gráfica el material se comporta de forma elástica según la ley de Hooke, donde la tensión σ es proporcional a la deformación ϵ , es decir:

$$\sigma = E \epsilon, \text{ donde:}$$

E es el módulo de Young o módulo de elasticidad.

A partir del punto p, la función deja de ser lineal, es decir, deja de cumplirse la ley de Hooke y es en el punto f cuando comienza la zona plástica, hasta llegar a la rotura.

Uno de los criterios a tener en cuenta a la hora de modelar la estructura es el de formar grupos triangulares de barras. Se trata de realizar el diseño del chasis teniendo en cuenta la formación constante de pequeños triángulos que, unidos todos ellos, formen el conjunto. Con ello se consigue que las barras trabajen principalmente a esfuerzo axial (preferiblemente de tracción, para evitar pandeo) y se minimicen los esfuerzos de flexión y torsión.

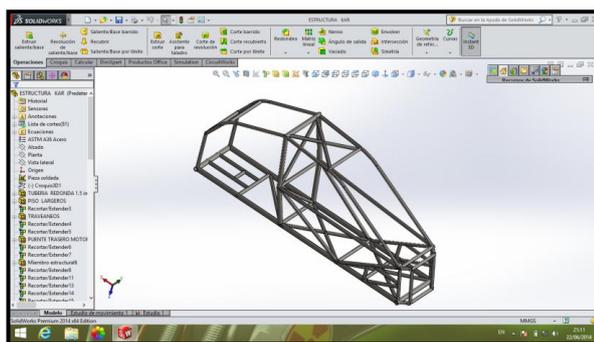


Figura 4.2: Triangularización de las barras.

Fuente: Los autores.

En resumen, en cuanto a la rigidez se refiere, a la hora de diseñar el chasis, se van a tener en cuenta los siguientes criterios.

- No se tomó en cuenta la rigidez que proporcionan ciertas partes del chasis, por ejemplo, el motor.
- Los elementos que producen mucha carga (motor, suspensión) están fijados al chasis en puntos triangulares.
- Existe un arco de seguridad delantero y otro central unidos por la parte superior, con un diámetro mínimo de 25.4 mm y un espesor mínimo de 3 mm.
- Se instaló dos tirantes longitudinales fijados al arco central y que se desplacen hacia atrás lo máximo posible.
- Tiene protecciones laterales cuyas dimensiones mínimas serán de 30 mm de diámetro y 2 mm de espesor, soldadas al chasis a ambos lados del vehículo, a la altura del eje de las ruedas, y ocupando, al menos, el 60 % de la cabina.
- Estas estructuras se extienden como máximo hasta la línea imaginaria que une las dos ruedas de un mismo lado.
- El chasis esta rígido en su parte delantera, donde se sitúan los pies del piloto

4.1.2. EL PESO Y SU DISTRIBUCIÓN

A la hora, de tomar una curva es fácil ver que el vehículo se balancea; lo complicado es determinar sobre qué punto lo hace.

Cuando el chasis balancea, lo hace alrededor de un eje (eje de balanceo) definido por la unión de dos puntos, los centros de balanceo, uno en cada eje del vehículo (Rondal, 1996).

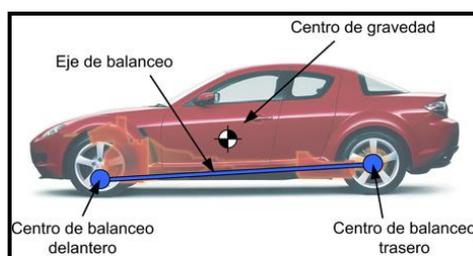


Figura 4.3: Eje de balanceo.

Fuente: <http://www.km77.com>

Los centros de balanceo vienen determinados por la suspensión y estos varían notablemente su posición cuando el coche se está moviendo o trazando una curva. Aunque en este proyecto no se habla de suspensión, es conveniente citar que el eje de balanceo y el centro de gravedad del vehículo son dos conceptos que hay que tener muy en cuenta a la hora de diseñar un chasis.

Por tanto, de cara al diseño, se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Para disminuir el balanceo, se ubicó el centro de gravedad del vehículo sea lo más bajo posible, ya que el brazo de palanca donde actuará la fuerza centrífuga al tomar una curva será menor. Para conseguir esto, se aumentará en lo posible el ancho de vía (siempre que no se sobrepasen los 1600 mm que marca la normativa) de la Fórmula Automovilística Universitaria FAU que garantice el soporte seguridad de los elementos que conforman el mismo, en base al reglamento de la misma y a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1323. De esta manera ubicando los anclajes de los elementos lo más bajo posible.
- Cuanto menor sea el peso del chasis, respetando la resistencia, se aprovechó la potencia del motor, teniendo en cuenta que, según normativa, en ningún momento el peso mínimo del vehículo podrá ser inferior a 310 kg sin piloto, sin combustible, sin agua en el pulverizador y en orden de marcha. Pero al tratarse de un modelo prototipo que incluye la parte eléctrica para su movimiento se dará un porcentaje de error para ello.

4.1.3. EL ESPACIO

Lo más importante que se debe tener en cuenta respecto al espacio es la evacuación del piloto en caso de accidente, así como la previa evaluación de su estado dentro del vehículo, siempre que se garantice una relativa comodidad en la conducción. Por ello, en cuanto al diseño, se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Se debe garantizar la facilidad de acceso a los distintos elementos para tareas de mantenimiento.
- La estructura no debe interferir con el conductor en los movimientos que este realice.
- En los pedales se debe garantizar el espacio suficiente para poder manejarlos con relativa facilidad.
- La línea trazada entre la parte superior de los arcos central y delantero debe superar, como mínimo, en 5 cm el casco del piloto. Para ello, se va a establecer como media de alturas 185 cm con un percentil del 95%, es decir, que el 95% de los pasajeros será menor que esta altura y sólo el 5% será mayor.
- En el diseño de la estructura en los alrededores del motor y del diferencial (si lo tiene), si hay transmisión por cadena, se debe dejar suficiente espacio para poder colocar un rango de tamaños de piñones aceptable.
- Debe considerarse la facilidad de acceso para el mantenimiento de los elementos de propulsión.
- La estructura no debe interferir con el conductor en los movimientos que éste realice para la conducción. Un problema particular en este aspecto son los brazos del conductor.

A continuación se detallan las medidas del hombre que se utilizaran para determinar el diseño de la cabina del vehículo:

Tabla 4.1: Dimensiones funcionales del cuerpo humano.

DIMENSIONES FUNCIONALES DEL CUERPO DE HOMBRES Y MUJERES ADULTOS EN INCH, CM, SEGÚN SU EDAD ,SEXO Y SELECCIÓN DE PERCENTILES									
		A		B		C		D	
		pulg.	Cm	pulg.	Cm	pulg.	Cm	pulg.	cm
95%	HOMBRES	38,3	97,3	46,1	117,1	51,6	131,1	35	88,9
	MUJERES	36,3	92,2	49	124,5	49,1	124,7	31,7	80,5
5%	HOMBRES	32,4	82,3	39,4	100,1	59	149,9	29,7	75,4
	MUJERS	29,9	75,9	34	85,4	55,2	140,2	26,6	67,6

Fuente: www.siafa.com.ar

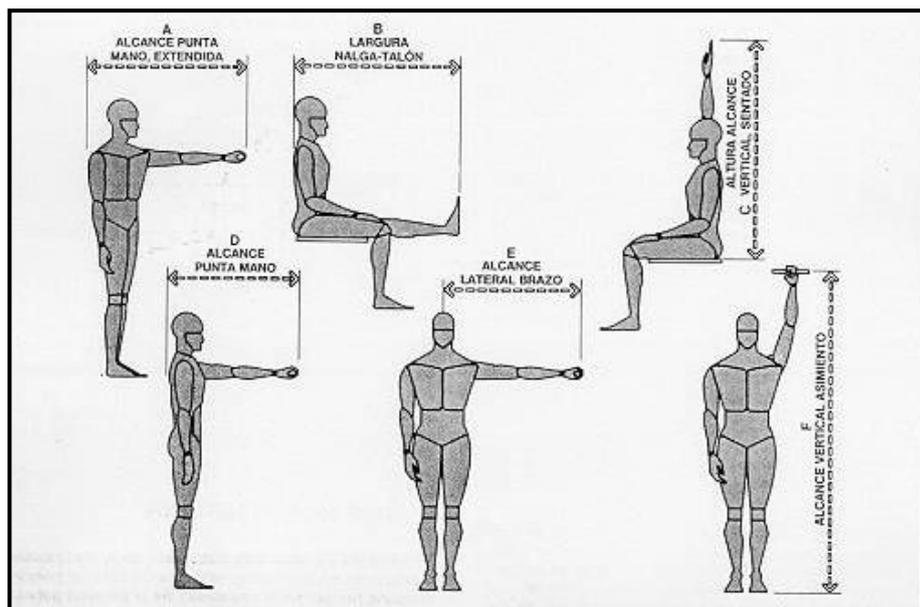


Figura 4.4: Parámetros ergonómicos de un hombre 95 %.

Fuente: www.siafa.com.ar

4.1.4. COSTO DE LA ESTRUCTURA

Para intentar minimizar el coste, se va a tener en cuenta los siguientes aspectos a la hora del diseño:

- La normativa expone que las barras de los arcos delantero y central sean de 40 cm de diámetro y 2 mm de espesor como mínimo y el resto de barras de 30 mm de diámetro y 2 mm de espesor. Para no variar el tipo de barra, se escogerá un único tipo que cubra todas las necesidades.
- Al no tratarse de un vehículo que sea participe de una competencia si no más un medio de transporte alternativo para las avenidas en un principio se utilizara material de menor dimensión a lo establecido de esta manera obteniendo un peso mucho menor.
- Al relacionarse de un modelo prototipo que conjuga la ingeniería, y la implementación de materiales alternativos, la tesis fusiona dos materiales el convencional en nuestro medio, como lo es el acero estructural ASTM-A36 y combinado con un elemento alternativo como lo es el bambú poco implementado en nuestra área pero con

características considerables en cuanto a rigidez, los dos elementos en conjunción forman una estructura capaz de soportar una combinación de cargas que exigen las normas vigentes en nuestro país, dando como resultado una alternativa en la construcción de vehículos monoplaza y que además contara con un sistema para su movimiento mediante un motor eléctrico de inducción siendo esta una alternativa para eliminar la contaminación de nuestro medio.

- Se disminuye en lo posible el número de barras curvadas, así como el número de uniones.
- Las barras deberán ser tan largas como se pueda para disminuir el número de soldaduras a tope.

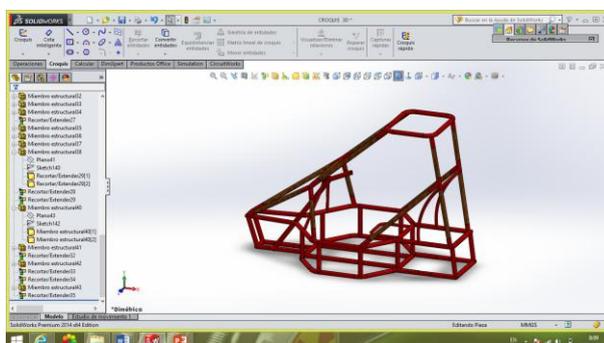
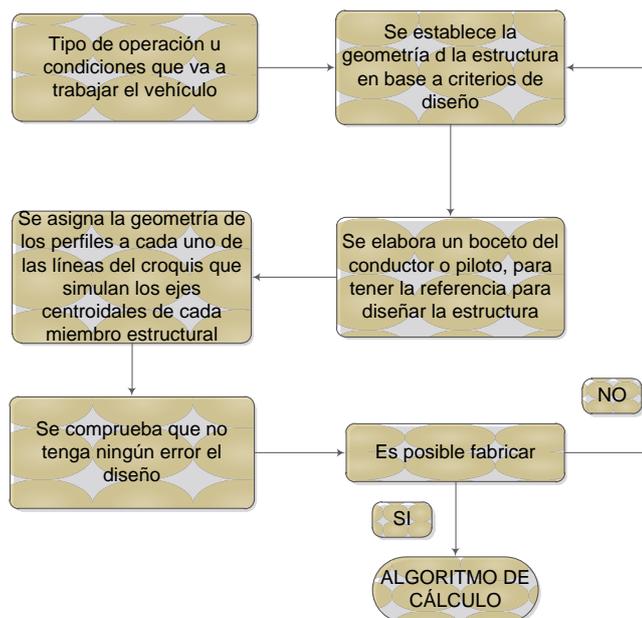


Figura 4.5: Estructura de vehículo monoplaza, con material alterativo.

Fuente: Los autores.

4.2. ALGORITMO DE DISEÑO

Para establecer una jerarquía en las operaciones del modelado, se seguirán los pasos que refleja el algoritmo para poder verificar que, una vez terminado el modelo, puede someterse a la fase de cálculo, no sin antes comprobar la posibilidad de poder ser fabricado.



4.3. DETERMINACIÓN DE CARGAS

4.3.1. CARGA MUERTA (CM)

Corresponde al peso total del chasis en condiciones no operativas, lo que incluye todos los componentes estructurales y no estructurales permanentes; es decir, la carrocería terminada con todos sus accesorios.

Las cargas muertas son cargas de magnitud constante que permanecen fijas a un mismo lugar. Éstas son el peso propio de la estructura y otras cargas permanentemente unidas a ellas (Irurtia, 2002).

Para diseñar una estructura es necesario estimar los pesos o cargas muertas de sus componentes. Las dimensiones y pesos exactos de las partes no se conocen hasta que se hace el análisis estructural y se selecciona los miembros de la estructura.

Los pesos determinados de acuerdo con el diseño, deben compararse con los pesos estimados.

Una estimación razonable de las cargas en la estructura puede hacerse con base en otras similares o en fórmulas y tablas diversas disponibles en varias localidades (INEN-1323, 2009).



Figura 4.6: Carga muerta - peso total del chasis

Fuente: www.kidsonroll.com.

4.3.2. CARGA VIVA (CV)

Corresponde a la carga por ocupación y se la considerará como distribuida uniformemente en los respectivos elementos estructurales de la estructura.



Figura 4.7: Carga viva - carga por ocupación.

Fuente: www.sociologie-etc.com

4.3.3. CARGAS DINÁMICAS

a. Carga de aceleración brusca (C_{Ab})

La carga de aceleración brusca siempre se considera mucho menor en comparación a la carga de frenado, puesto que por ejemplo: si se quiere acelerar de 0 a 80 km/h con lleva un largo tiempo para automóviles incluso si se necesitara acelerar de urgencia; pero si se viaja a 80km/h y por causa de emergencia o accidente se necesita frenar el vehículo donde están en juego vidas humanas, se tiene pocos segundos para hacerlo, lo que implica tener mayores cargas en esta instancia.

Las cargas de aceleración, al igual que la de frenado se transmiten desde los puntos de sujeción de la carrocería hacia las uniones entre la estructura del piso y los laterales y éstos con la estructura del techo, donde son absorbidas por la estructura en conjunto.

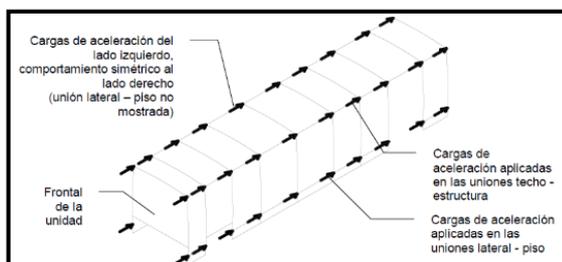


Figura 4.8: Carga por aceleración brusca-contraria a la carga de frenado.

Fuente: www.sociologie-etc.com.

4.3.4. CARGA DE FRENADO (CF)

Se presentan cuando el vehículo es sometido a una aceleración negativa (sentido contrario al movimiento) dando como resultado la presencia de este tipo de fuerzas que actúan empujando la estructura en el sentido del movimiento original debido a la inercia de la unidad.

Del mismo modo, cuando el vehículo experimenta aceleraciones en el mismo sentido del movimiento, se presentan cargas hacia atrás que se oponen al mismo, por el motivo descrito.

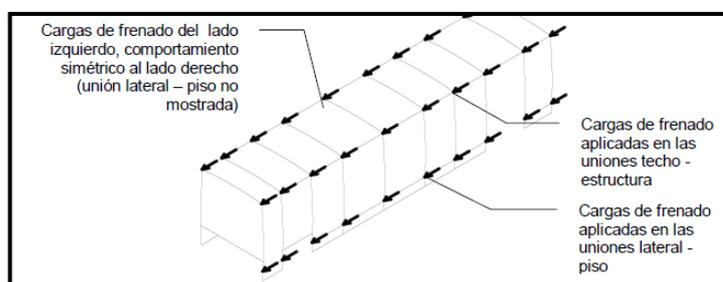


Figura 4.9: Carga de frenado.

Fuente: www.sociologie-etc.com.

4.3.5. CARGA DE GIRO (CG)

El automóvil, al describir una trayectoria curvilínea; se ve sometido a la fuerza centrífuga, como si se pusiera a girar en redondo sobre una circunferencia cuyo centro coincide con el centro geométrico de la curva de la carretera.

Aunque no realice un giro de 360° , por pequeña que sea la longitud del trazado en curva de la carretera, aparece la fuerza centrífuga.

La fuerza centrífuga se manifiesta aplicada al centro de gravedad del automóvil y su dirección es la del radio de la curva tirando del vehículo hacia el exterior de esta. La inercia que se genera en el coche al tomar las curvas hace que se salga de la pista al arrastrar al vehículo hacia la parte exterior de la curva.

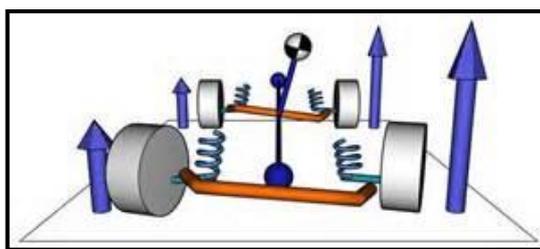


Figura 4.10: Carga de Giro.

Fuente: www.autoescuelaonline.info.

4.3.6. CARGA POR RESISTENCIA DEL AIRE FRONTAL (CRaf)



Figura 4.11: Carga por resistencia del aire frontal.

Fuente: www.definicionabc.com.

Corresponde a la fuerza del aire actuante sobre un área correspondiente a la proyección del autobús en un plano perpendicular a su eje longitudinal.

El flujo aerodinámico también afecta al confort de los pasajeros a través de la sonoridad. Las fuentes de ruido aerodinámico suelen coincidir con las que forman turbulencias, por lo que en principio, un buen coeficiente aerodinámico hace que el vehículo sea silencioso.

No obstante, el confort acústico no se basa solo en el nivel de ruido, sino en la amplitud y frecuencia del mismo.

4.4. VALORES DE CARGAS Y ESFUERZOS ESTABLECIDOS PARA LA ESTRUCTURA SEGÚN (NORMA INEN 1323)

Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1323: Vehículos Automotores para carrocerías de buses, de acuerdo a los requisitos que debe cumplir la estructura, se aplicaran las siguientes cargas para el análisis cuasi estático.

4.4.1. VALOR DE CARGA MUERTA (CM)

El programa calcula automáticamente el peso de la estructura, al no contar con las especificaciones y ubicaciones exactas como es el peso del tol y otros accesorios del vehículo se debe determinar un factor de carga muerta que es el siguiente:

Peso tol: 20 kg

Accesorios: 60 kg

Peso de la estructura: 60 kg.

Por efecto de la soldadura se tiene un incremento de entre 2% y 3%. En tal virtud el coeficiente de 1.33 de incremento del peso de la estructura.

Tabla 4.2: Peso total carga muerta.

ESTRUCTURA GOKAR		
Elemento	Peso total (Kg)	%
Estructura Tubular	70 (incluye soldadura)	48.3
Accesorios eléctricos	40	27.6
Accesorios mecánicos	35	24.1
Sumatoria	145	100

Fuente: Loa autores.

4.4.2. DETERMINACIÓN DE CARGAS VIVAS (CV)

La carga viva es aquella que puede cambiar de posición y magnitud. Por esta razón se considera carga viva al peso de la persona quien maneja el vehículo (INEN-1323, 2009).

En función de la tabla 4.3, se tomara el valor de la masa de un ocupante.

Tabla 4.3: Masa de un ocupante.

Tipo de servicio	Masa de un ocupante (Kg)	Masa mínima de equipaje de mano por pasajero (Kg)	Masa mínima de equipaje a transportarse en bodegas Porta equipaje (Kg)	Espacio necesario por pasajero de pie (m ²)
Urbano	70	-	-	0,16
Urbano(Escolar e institucional)	70	-	-	Sin pasajeros de pie
Inter Urbano (Interprovincial)	70	5	100xVOL	0,16
Larga Distancia (Interprovincial y Turismo)	70	5	100xVOL	Sin pasajeros de pie

Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1323.

— **Ecu.4.3**

4.4.3. VALOR DE CARGA DE FRENADO (CF)

Se ha considerado cargas de aceleración o frenado partiendo del parámetro de frenado de pánico; es decir, el vehículo circulando a una velocidad de 80 Km/h a su máximo peso bruto vehicular sobre una superficie horizontal, debe frenar totalmente en una distancia no mayor de 75 m. utilizando los frenos de servicio.

Para calcular el valor de esta carga se empleara la siguiente fórmula:

Ecu.4.4

Ecu.4.5

$$\frac{\text{---}}{\text{---}}$$

Donde:

Este valor deberá ser aplicado en el mismo sentido del movimiento de la estructura (desaceleración), de la ecuación 4.4.

Ecu.4.6

—

Siendo:

4.4.4. VALOR DE CARGA DE ACELERACIÓN BRUSCA (C_{Ab})

Según la norma NTE INEN 1323, esta carga se calcula con el mismo concepto de la carga de frenado pero en sentido contrario de la ecuación 4.4.

—

4.4.5. VALOR DE CARGA DE GIRO (CG)

La fuerza centrífuga que se genera cuando el vehículo circula en una curva, deberá ser inferior a la fuerza de vuelco, calculada sobre la base del peso total del vehículo a plena carga y su centro de gravedad. La velocidad crítica deberá ser considerada de al menos 100 km/h y el radio de giro se establecerá en función de tabla 4.4, que es 450 m (INEN-1323, 2009).

La carga de giro mencionada se calcula con la siguiente fórmula:

Tabla 4.4: Velocidad en función del radio de curvatura para determinar la carga de Giro (CG).

Velocidad del vehículo (km/h)	Radio de curvatura de la carretera (m)
80	250
85	300
90	350
95	400
100	450
105	500
110	550
115	600
120	700
125	800
130	900
135	1050
140	1250
145	1475
150	1725

Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1323.

Siendo:

Este valor es el mínimo que puede tomar la fuerza centrífuga, puesto que ha sido calculada con la velocidad del vehículo sugerido por la norma NTE INEN 1323, sin embargo al tratarse de un estudio de diseño estructural (Hibbeler, 2009), tenemos:

—

Ecu.4.8

—————

—————

4.4.6. VALOR DE CARGA POR RESISTENCIA AL AIRE FRONTAL (C Raf)

Se aplicara como la fuerza actuante sobre un área correspondiente a la proyección del vehículo en un plano perpendicular a su eje longitudinal:

—————

Ecu.4.9

Siendo:

Para el presente cálculo del valor de la carga se emplearan los datos con las siguientes consideraciones:

- Para el cálculo se toma un valor de 80 Km/h (22.2 m/s) que vendría a ser la velocidad máxima promedio del vehículo en la vía en plano.
- Área correspondiente a la proyección del vehículo 1.80 m². (Valor obtenido de los planos del prototipo). Frente vehículo: (1m), Altura (1.8 m).
- Densidad del aire a nivel del mar, condición más crítica. 1.225 Kg/m³.
- Coeficiente de resistencia ¹ aerodinámica valor mínimo en la norma 0,4.

4.5. CÁLCULO CARGAS DE IMPÁCTO

Tabla 4.5: Datos sobre pesos de estructura metálica.

ESTRUCTURA GOKAR		
Elemento	Peso total (Kg)	%
Estructura Tubular	70 (incluye soldadura)	48.3
Accesorios eléctricos	40	27.6
Accesorios mecánicos	35	24.1
Sumatoria	145	100

Fuente: Los autores.

¹El coeficiente de penetración en coches de producción se sitúa entre 0,24 y 0,40 (salvo en casos especiales). La aerodinámica es uno de los factores que limitan la velocidad máxima y su eficiencia permite mejorar el consumo de combustible

4.5.1 IMPÁCTO SUPERIOR (IMP- SUPERIOR)

Para dar cumplimiento al reglamento FAU, la aceleración que tiene el vehículo al producirse un choque en la parte superior del vehículo es de dos gravedades.

Datos:

$$a = 2g$$

Ecu.4.10

—

4.5.1. IMPÁCTO LATERAL (IMP- LATERAL)

Refiriéndose a la normativa FAU, para una colisión lateral la norma indica que se tendrá un factor de aceleración de 4g.

Datos:

$$a = 4g$$

—

4.5.2. IMPÁCTO FRONTAL (IMP-FRONTAL)

En base a la reglamentación FAU, el factor de aceleración en un choque frontal es de ocho veces el peso del auto, es decir 8g (FAU, 2007).

Datos:

Factor aceleración $a = 8g$

4.6. COMBINACIONES - CARGAS BÁSICAS

Las estructuras de las carrocerías deben ser diseñadas de tal manera que resistan los esfuerzos determinados en base a las combinaciones de cargas básicas.

En estas combinaciones existen varias posibilidades, para el motivo de análisis se tomaran las siguientes combinaciones más críticas, puesto que si la estructura metálica de la carrocería soporta esta combinación no tendrá problema de soportar las demás. Las combinaciones establecidas se pueden obtener empleando los métodos ASD y LRFD.

4.6.1. MÉTODO ASD (ALLOWED STRENGTH DESIGN)

Este es el método de Diseño por Esfuerzo Permisible, Diseño Elástico, Diseño por Esfuerzos de Trabajo. La mayor parte de las estructuras de acero que existen actualmente, fueron diseñadas utilizando métodos elásticos.

En este método se estima las cargas de trabajo o de servicio, es decir las cargas que la estructura tiene que soportar, y diseña los miembros estructurales con base en ciertos esfuerzos permisibles.

Estos usualmente son cierta fracción del esfuerzo mínimo de fluencia especificado para el acero. De acuerdo a la norma NTE INEN 1323, se tiene para este método las siguientes combinaciones de carga.

- 1.
- 2.

- 3.
- 4.
- 5.
- 6.
- 7.

4.6.2. MÉTODO LRFD (LOAD RESISTANCE FACTOR DESIGN)

Este es el Método de Diseño por Factor de carga y Resistencia que se basa en los conceptos de estado límite, mismo que describe una condición en la que una estructura, o alguna parte de ella, dejan de cumplir su función.

Este estado límite se puede sub catalogar en dos tipos: los de resistencia y los de servicio.

El primer método ASD se basa en la seguridad o capacidad de carga de las estructuras e incluye las resistencias plásticas, de pandeo, de fractura, de fatiga, de volteo. Mientras que los estados límites de servicio se refieren al comportamiento de las estructuras bajo cargas normales de servicio, mismas que tienen que ver con el uso y la ocupación como deflexiones excesivas, deslizamientos, vibraciones y agrietamientos.

En el método LRFD las cargas de servicio son multiplicadas por los llamados factores de carga o de seguridad. Con esto se obtienen las cargas factorizadas, mismas que serán utilizadas para el diseño de la estructura.

Esta estructura deberá tener un diseño lo suficientemente fuerte que permita resistir estas cargas factorizadas.

De acuerdo a la NTE INEN 1323, se tiene para este método las siguientes combinaciones de carga.

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.
- 7.
- 8.
- 9.

Las cargas combinadas, según los 2 métodos (ASD y LRFD), deben alcanzar una deformación elástica de todos los componentes de la estructura de la carrocería iguales o menores a $L/240$ veces su longitud (INEN-1323, 2009).

4.7. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA EN SOLID WORKS 2014

Para realizar el análisis y diseño de la estructura en Solid Works 2014 se necesita seguir los siguientes pasos:

- Graficar el croquis en 3d de la estructura una vez que ya se han tomado en cuenta los parámetros de diseño y geometría exacta.
- Determinar las restricciones las cuales simulan los cuatro puntos en los que se fijara la suspensión.
- Definir estados de carga y combinaciones.
- Asignar las secciones a los diferentes elementos estructurales.
- Asignar las cargas (con su valor y dirección respectivos).
- Asignar las condiciones de apoyo a los miembros de la estructura.

- Determinar la densidad de malla, bajo el concepto elementos por curvatura.
- Seleccionar el material que bajo los criterios de costo, accesibilidad, y estudio técnico se eligió.
- Ejecutar la opción de diseño.

El estudio realizado en el programa SOLID WORKS 2014 se basa en tres aspectos fundamentales que son: Definir, asignar y resultados.

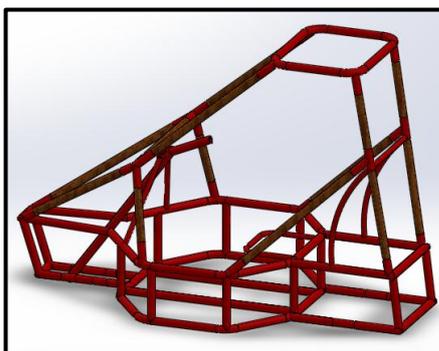


Figura 4.12: Conjunto completo estructura mixta- acero-bambú.

Fuente: Los autores.

4.7.1. CONSIDERACIONES PARA EL DIBUJO DE LA ESTRUCTURA

- La estructura es un esqueleto de refuerzo, se toman en cuenta además elementos como el techo, laterales, piso, refuerzos, parte frontal y posterior.
- La resistencia y rigidez se deben a una integración entre el chasis y la estructura de la carrocería.
- Todos los miembros estructurales están dibujados por separado.

4.7.2. CONSIDERACIONES SOBRE LA APLICACIÓN DE LAS CARGAS

- Las cargas son de naturaleza estática y dinámica.
- Sobre los nodos existen fuerzas concentradas y sobre los miembros estructurales existen fuerzas distribuidas.

4.7.3. CONSIDERACIONES ACERCA DEL MATERIAL

- Los elementos se consideran elásticos lineales.
- Los miembros estructurales están constituidos de acero negro según sea su geometría basada en la Norma ASTM - A36, en conjunción con el material mixto BAMBU.

4.7.4. CONSIDERACIONES DE APOYOS EN LA ESTRUCTURA

- Los apoyos de suspensión se consideran fijos tanto en traslación como en rotación con los seis grados de libertad restringidos intentando simular la condición teórica de empotramiento perfecto sobre el chasis.
- El diseño y los cálculos correspondientes de los elementos que determinan el peso total del vehículo, los debe tener disponibles, comprobando que dichos componentes soportan las cargas y fatigas a que se someta la unidad de acuerdo con su peso total de diseño y demás condiciones de seguridad, comodidad que deben cumplir.

4.7.5. CONSIDERACIONES PARA EL ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA EN COMPUTADORA

- La estructura analizada se encuentra unida a través de conexiones soldadas al mismo, las cuales se consideran como puntos de apoyo.
- Es importante señalar que para estos apoyos se consideran todas las restricciones, es decir fijos en traslación y en rotación, no hay desplazamiento de ningún tipo.

Tabla 4.6: Cargas Estáticas.

Designación	Cargas Estáticas	Valor
CM	Carga Muerta	1421(N)
CV	Carga Viva	735(N)

Fuente: Los autores.

Tabla 4.7: Cargas Dinámicas.

Designación	Cargas Dinámicas	Valor
CF	Cargas de frenado	477.05(N)
CAb	Cargas de aceleración Brusca	(-) 477.05(N)
CRaf	Carga por resistencia al aire frontal	217.34 (N)
CG	Cargas de giro	246.5 (N)
Imp .Sup	Impacto Superior	2842 (N)
Imp .Lat.	Impacto Lateral	5684 (N)
Imp .Front	Impacto Frontal	11368 (N)

Fuente: Los autores.

4.8. MODELACIÓN GEOMÉTRICA DE LA ESTRUCTURA

Gracias a la facilidad del programa Solid Works para el dibujo en 3D permite crear la geometría de la estructura directamente.

Partiendo de las referencias en 2 Dimensiones, nos enfocamos en las dos normas utilizadas en el proyecto, y se utiliza el paquete computacional Solid Works para la visualización, se verificaran todas las medidas y lineamientos que requiere se cumplan en el RTE -043 Edición 2010, y la norma FAU.

4.8.1. PROCEDIMIENTO

- Utilizando el programa Solid Works, se modela la estructura de la carrocería mediante líneas que representan el eje centroidal de todos

los perfiles estructurales del sistema, tomando en cuenta las zonas en donde existen curvaturas, de esta manera llegando a obtener un diagrama de líneas, como se muestra en la figura 4.13.

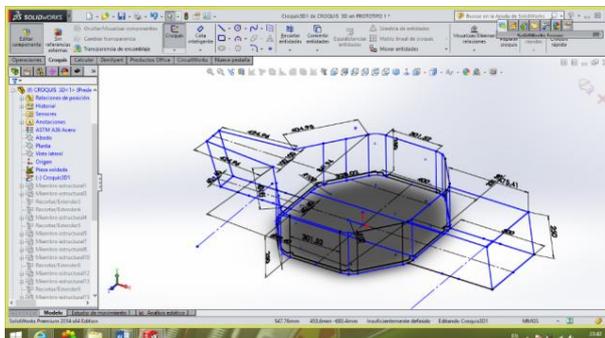


Figura 4.13: Modelación geométrica de la estructura.

Fuente: Los autores.

- Una vez realizado todo el diagrama de líneas, un punto muy importante a tener en consideración es comprobar, que todas se unan entre sí de manera que al insertar los perfiles esto no conlleve un error.
- Al insertar los miembros estructurales a cada una de las líneas de ejes de este modo se completando la estructura.

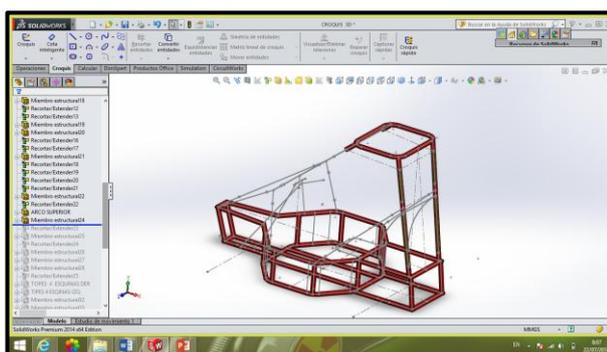


Figura 4.14: Insertar miembros estructurales al conjunto.

Fuente: Los autores.

- Ya una vez completada la parte del chasis tubular se coloca el piso, utilizando una plancha de acero corrugada de 3 mm de espesor que cumple con la norma ASTM A- 36.
- Una vez ya asignado todos los miembros estructurales se tiene como resultado la estructura del vehículo.
- De esta forma concluida totalmente la estructura se asigna el material a cada uno de los miembros estructurales, para el presente caso tenemos una fusión de materiales que combina entre Acero estructural ASTM A36 y Bambú. Para el presente estudio se selecciona el Acero estructural ASTM A36.
- De tal manera se ubica en la pestaña del material aun sin asignar y escoger en la lista de materiales, seleccionar, tomando en cuenta la norma a seguir como se muestra en la figura 4.15.

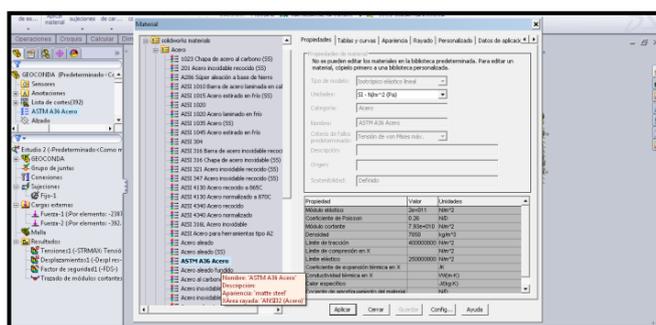


Figura 4.15: Asignación de material a la estructura del vehículo.

Fuente: Los autores.

4.9. SIMULACIÓN DE LA ESTRUCTURA EN COMPUTADORA

A continuación, la estructura debe ser sometida a situaciones de esfuerzos y cargas a las que está establecida en una realidad para lo cual se realizó un estudio previo de las consideraciones a tomar.

4.9.1. TIPO DE ESTUDIO A REALIZAR

a. Consideración

Para el caso se procede con un estudio de tipo cuasi-estático que significa que la unidad es estable y está sometida a cargas dinámicas.

b. Procedimiento

- Activar en los complementos la opción SIMULATION para el análisis de esfuerzos y cargas.
- Seleccionar la opción de ASESOR DE ESTUDIO, nuevo estudio y de tipo ESTÁTICO.

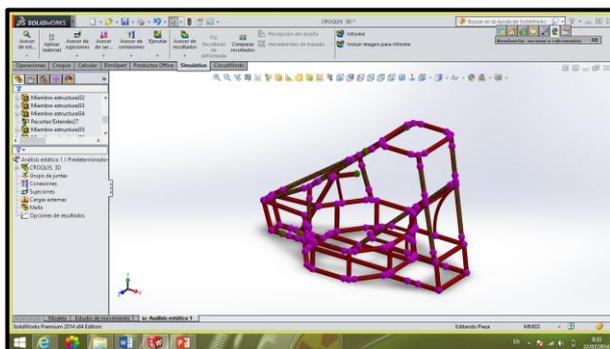


Figura 4.16: Asignación de estudio y de tipo ESTÁTICO.

Fuente: Los autores.

4.9.2. TIPOS DE UNIONES

a. Consideración

Se refieren al tipo de unión entre los miembros estructurales deben ser compactos, no debe existir ningún tipo de abertura, esto no permitiría que se realice la malla de la estructura, y el programa por defecto considera el tipo de unión como soldada.

b. Procedimiento

Ubicar en conexiones, ir a contactos entre componentes, seleccionar el contacto global tipo de unión rígida, y se aplica a todo el conjunto para que automáticamente se activen este tipo a todos los miembros.

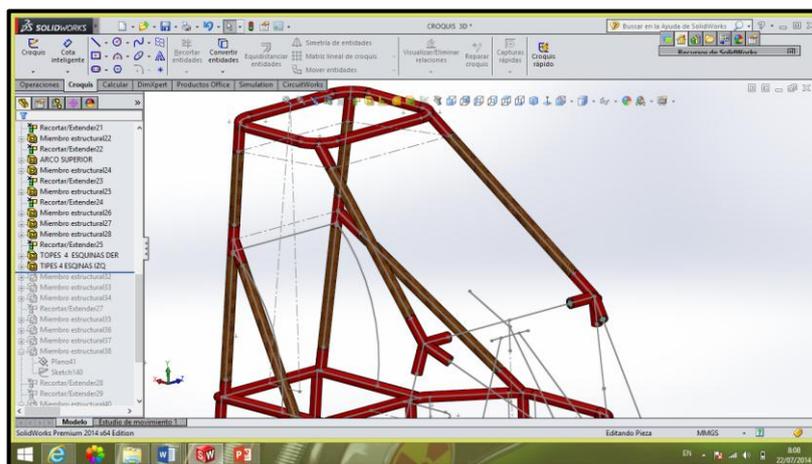


Figura 4.17: Tipo de unión entre miembros estructurales.

Fuente: Los autores.

4.9.2. SUJECIONES EN LA ESTRUCTURA

a. Consideración

Tomando en cuenta que la estructura se une en forma rígida al bastidor, los apoyos de la suspensión serán considerados como fijos tanto en traslación como en rotación, con los seis grados de libertad restringidos, con la finalidad de simular la condición de empotramiento perfecto sobre el chasis.

b. Procedimiento

- En la ventana estudio 1 se selecciona la opción sujeciones, y escogemos geometría fija.

- Una vez seleccionado los puntos de apoyo ya en la estructura los cuales van a ser considerados como empotramientos perfectos, como se muestra.

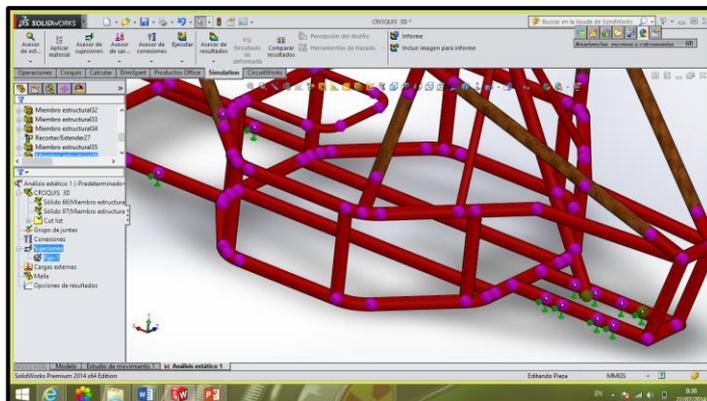


Figura 4.18: Selección de los 4 puntos de sujeción

Fuente: Los autores.

4.9.3. ASIGNACIÓN DE CARGAS A LA ESTRUCTURA

Para el diseño del sistema estructural se han tomado en cuenta nueve cargas dos de carácter estático, carga muerta (CM), carga viva (CV), y siete de carácter dinámico carga de frenado (CF), carga de giro (CG), carga de resistencia al aire frontal (Raf), Carga de aceleración brusca (CAb), Carga de impacto superior (C.Imp.sup), Carga de impacto lateral (C.Imp.lat). Carga de impacto frontal (C.Imp.front). Las cargas son consideradas distribuidas sobre toda la estructura.

Para el análisis se ha empleado el método de diseño LRFD² (Load resistance factor design) teniendo la siguiente combinación de cargas.

² NTE INEN 1 323:2009 Primera Revisión 2009-02, VEHÍCULOS AUTOMOTORES. CARROCERIAS DE BUSES. REQUISITOS

Tabla 4.8: Combinación de cargas N.1 (1.2 CM + 0.5CV + 0.5CF + 1.3CRaf.)

Designación	Cargas Estáticas	Valor
CM	Carga Muerta	1705.2(N)
CV	Carga Viva	367.5(N)
CF	Cargas de frenado	238.525(N).
CRaf	Carga por resistencia al aire frontal	282.5 (N).

Fuente: Los autores

Tabla 4.9: Combinación de cargas N.2 (1.2CM + 1.6CV + 0.5CG)

Designación	Cargas Estáticas	Valor
CM	Carga Muerta	1705.2(N)
CV	Carga Viva	1176(N)
CG	Cargas de giro	123.25 (N).

Fuente: Los autores

Tabla 4.10: Combinación de cargas N.3 Impactos.

Designación	Cargas Dinámicas	Valor
n.		
Imp .Sup	Impacto Superior	2842 (N)
Imp .Lat.	Impacto Lateral	5684(N)
Imp .Front	Impacto Frontal	11368(N)

Fuente: Los autores.

4.10. PROCEDIMIENTO

a. Carga Muerta

Dentro del estudio se seleccionó la opción de carga externa, se edita la definición y aplica. Para el presente caso se utiliza la carga muerta (CM), que se emplean en un plano correspondiente. Plano de planta y con un valor

de fuerza que 1705.2 (N), distribuidas entre 15 vigas, es muy importante dividir el valor total de la fuerza entre los elementos seleccionados.

Tabla 4.11: Carga muerta

Designación	Cargas Estáticas	Valor	C/miembro Es.	V/ Promedio (N)
CM	Carga Muerta	1705.2(N)	/15 ME	113.68

Fuente: Los Autores

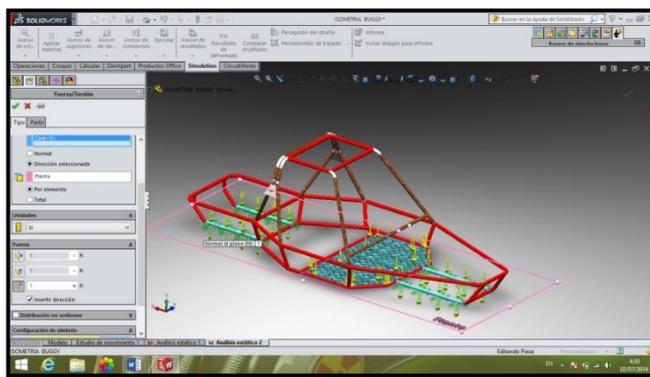


Figura 4.19: Aplicación de cargas.

Fuente: Los autores.

b. Carga Viva

Ahora se aplica la carga muerta (CM), que se designa en un plano correspondiente. Plano de planta y con un valor de fuerza que 367.5 (N), distribuidas entre 8 vigas, es muy importante dividir el valor total de la fuerza entre los elementos seleccionados.

Tabla 4.12: Carga viva

Designación	Cargas Estáticas	Valor	C/miembro Es.	V/ Promedio (N)
CV	Carga Viva	367.5(N)	/8 ME	45.94

Fuente: Los Autores

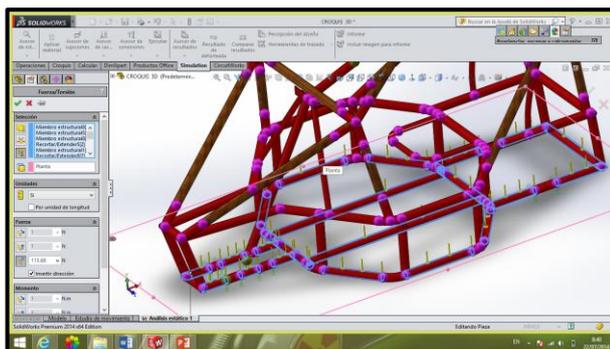


Figura 4.20: Aplicación de carga Viva.

Fuente: Los autores.

c. CARGA DE FRENADO.

Para seguir la secuencia de la combinación de cargas se aplica la carga de frenado (CF), que se usan en un plano correspondiente. Plano lateral y con un valor de fuerza que 238.525 (N), distribuido entre 27 vigas, es muy importante dividir el valor total de la fuerza entre los elementos seleccionados.

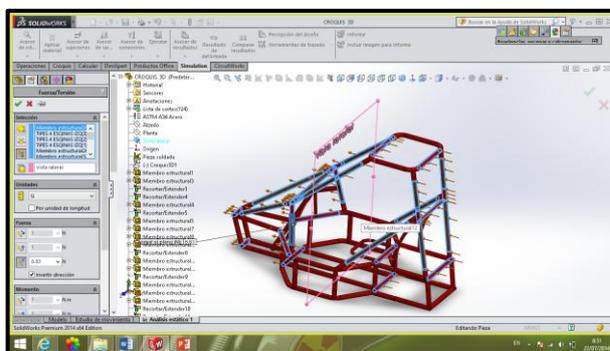


Figura 4.21: Aplicación de carga de frenado.

Fuente: Los autores.

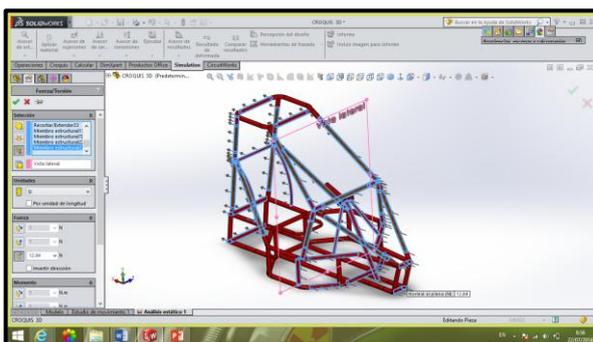
d. CARGA DE RESISTENCIA AL AIRE FRONTAL

Para culminar con la combinación de cargas numero 1 aplicamos la carga Resistencia frontal (C Raf), que se usan en un plano correspondiente. Plano lateral y con un valor de fuerza que 282.5 (N), distribuido entre 22 vigas.

Tabla 4.13: Carga por resistencia al aire frontal

Designación	Cargas Estáticas	Valor	C/miembro Es.	V/ Promedio (N)
CRaf	Carga por resistencia al aire frontal	282.5 (N).	/22 ME	13

Fuente: Los autores.



=Figura 4.22: Aplicación de carga Resistencia al aire frontal.

Fuente: Los autores.

Una vez ya establecido cada uno de los esfuerzos y cargas se selecciona la opción de mallado que tendrá la estructura, se muestra varias opciones para lo cual se escoge la malla basada en curvatura debido a la mayor cantidad de miembros estructurales con radios pronunciados y en cuanto a la densidad la más fina para poder mallar los espacios más pequeños.

De esta manera se visualiza el mallado completo de toda la estructura verificando que ningún miembro estructural se excluya o borre ya que esto producirá un análisis erróneo.

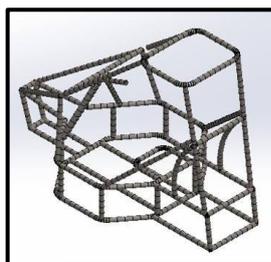


Figura 4.23: Mallado de la estructura prototipo.

Fuente: Los autores.

- Esfuerzo cortante máximo: empleado en esfuerzo estático biaxial en materiales dúctiles (moderadamente conservador).
- Energía de distorsión: empleado en esfuerzo biaxial o triaxial en materiales dúctiles (buen método).
- Gerber: empleado en esfuerzo fluctuante en materiales dúctiles (buen método).

b. Falla de materiales dúctiles bajo carga estática

Aunque los materiales dúctiles se fracturarán si se esfuerzan estáticamente más allá de su resistencia máxima a tensión, en piezas de maquinarias generalmente se considera que su falla ocurre cuando se deforma o cede bajo carga estática. El límite de fluencia elástico de un material dúctil es apreciablemente inferior a su resistencia máxima.

Se ha comprobado que el método de **energía de distorsión** es el mejor estimador para materiales dúctiles bajo cargas estáticas o para esfuerzos normales, cortantes o combinados totalmente reversibles.

Se requiere la definición del término de Von Mises representado por el símbolo σ' , que se puede calcular para esfuerzos biaxial con los esfuerzos principales máximo y mínimo ,

Ecu.4.11

Existe falla cuando es mayor que S_y (resistencia a la fluencia), para el presente método para el esfuerzo biaxial se requiere que el esfuerzo aplicado en la tercera dirección ortogonal sea cero.

Todos los métodos de diseño asegurarán que el valor del esfuerzo sea menor que la fluencia en materiales dúctiles, al garantizar que la pieza no se fracturará bajo una carga estática.

Para materiales frágiles se asegurará que los valores de esfuerzo estén muy por debajo de la resistencia última a la tensión. Una de las metas principales del análisis de esfuerzos es determinar el punto, dentro de un elemento sometido a cargas, que soporta el máximo nivel de esfuerzo.

El programa dentro del análisis de resultados permite visualizar cuatro cuantificaciones, para el presente estudio e analizara los cuatro resultados

- **Primer resultado.-** Permite ver el tipo de carga a la que está sometido el miembro estructural, sea esta de tipo normal, cortante o combinado, en que se muestra el valor del punto que tiene mayor esfuerzo es decir tiene la condición más crítica.

Esfuerzos normales:

= Tensión

=Compresión

Esfuerzo cortante:

= Cortante

- **Segundo resultado.-** Se muestra el valor de la deformación máxima que presenta el miembro estructural bajo la situación de cargas establecidas (URES mm).
- **Tercer resultado.-** permite visualizar el factor de seguridad que representa la medida de la seguridad relativa de un componente bajo la acción de una carga (Fs.).

4.12. FACTOR DE DISEÑO

El término factor de diseño, N, es una medida de la seguridad relativa de un componente bajo la acción de una carga. En la mayor parte de los casos, la resistencia del material con que se fabricará el componente se divide entre el factor de diseño para determinar un esfuerzo de diseño, que a veces se llama esfuerzo admisible o esfuerzo permisible.

Entonces, el esfuerzo real que se desarrolla en el componente debe ser menor que el esfuerzo de diseño. Cuando no se cuenta con normas, el diseñador debe aplicar su criterio para especificar el factor de diseño adecuado.

Las consideraciones a tomar para especificar el factor de seguridad son: naturaleza de aplicación el ambiente, la naturaleza de las cargas sobre el componente, el análisis de esfuerzos, las propiedades del material y el grado de confianza en los datos que se emplean en el diseño, con todas estas consideraciones se toma en cuenta los siguientes factores de diseño.

Tabla 4.14: Factor de diseño, aplicación en materiales dúctiles.

Factor de Diseño (N)	Aplicación:
1.25 a 2.0.	El diseño de estructuras bajo cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos del diseño.
2.0 a 2.5.	Diseño de elementos de máquina bajo cargas dinámicas con una confianza promedio en todos los datos de diseño.
2.5 a 4.0.	Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquina bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos
4.0 o más.	Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre en cuanto a alguna combinación de cargas, propiedades del material, análisis y esfuerzos.

Fuente: Diseño de elementos de máquinas, cuarta edición, Robert L. Mott.

4.13. DEFORMACIÓN DE LA ESTRUCTURA POR CARGAS APLICADAS

- **Combinación de cargas.-** Al tratarse de la combinación más crítica al momento de interpretar el análisis de la estructura nos referiremos a esta para determinar los valores más altos en cuanto a esfuerzos, deformaciones, y factores de seguridad, de cada uno de los miembros estructurales.

- Primer resultado.-** Permite ver el tipo de carga a la que está sometido el miembro estructural, sea esta de tipo normal, cortante o combinado, en que se muestra el valor del punto que tiene mayor esfuerzo es decir tiene la condición más crítica.

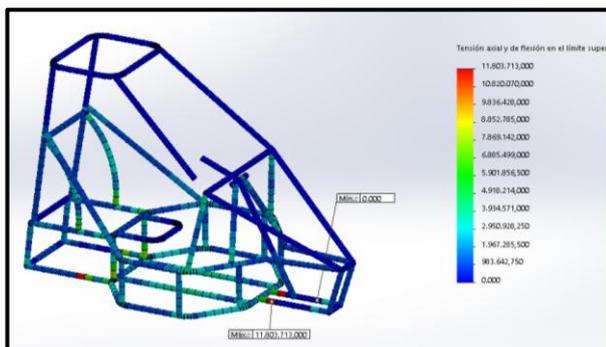


Figura 4.25: Análisis Estático tensión nodal (Von Misses).

Fuente: Los autores.

- Segundo resultado.-** Se muestra el valor de la deformación máxima que presenta el miembro estructural bajo la situación de cargas establecidas (URES mm)

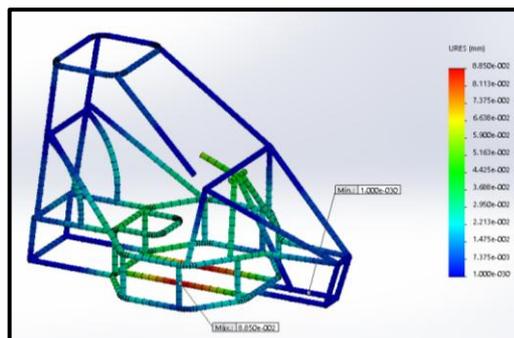


Figura 4.26: Análisis estáticos desplazamientos.

Fuente: Los autores.

En la NTE 1323, bajo la aplicación de las cargas combinadas, según los métodos (LRFD) y (ASD), deben alcanzar una deformación elástica de todos los componentes de la estructura de la carrocería iguales o menores $L/240$ veces su longitud.

Cálculos realizados

- $L = 800$ mm elemento Base del motor eléctrico (Parte posterior del vehículo)
 - Desplazamiento máximo del elemento $(800 / 240) = 3.33$ mm
 - Por grafico se observa que el desplazamiento máximo es de 1.58 mm ubicado en la base del motor eléctrico.
- c. **Tercer resultado.-** Permite visualizar el factor de seguridad que representa la medida de la seguridad relativa de un componente bajo la acción de una carga. (Fs.)

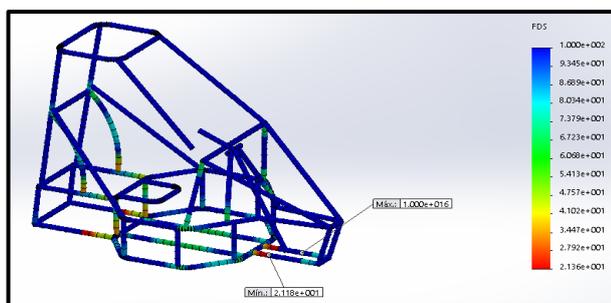


Figura 4.27: Factor de seguridad de la estructura.

Fuente: Los autores.

El factor de seguridad calculado para la COMBINACIÓN DE CARGAS 1 en el elemento con la condición más crítica:

—

Ecu.4.12

—————

.

CAPÍTULO 5

5. DISEÑO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

El proyecto tiene como finalidad implementar la parte eléctrica de un vehículo prototipo que tendrá como fuente de movimiento un motor eléctrico de corriente alterna.

5.1. ALCANCE DEL PROYECTO

Implementar el sistema eléctrico necesario para lograr el movimiento del vehículo en terreno llano a una velocidad máxima aproximada de 50 Km/h y con un tiempo de autonomía de aproximadamente 30min.

5.2. ANTECEDENTES

Bajo el requerimiento de implementar el sistema eléctrico del vehículo se tiene la estructura sin ninguna pieza eléctrica o aditamento en especial.

La estructura consta de las siguientes partes.

Tabla 5.1: Partes constitutivas Prototipo.

PARTES	COMPOSICION
Esqueleto	Mixta; bambú y Tubo estructural metálico.
Tracción	Eje posterior, una catalina de 100 mm de radio, 2 chumaceras, 4 ruedas de 200 mm de radio
Suspensión	2 amortiguadores delanteros hidráulicos.
Dirección	Volante, transmisión mecánica directa.
Freno	Disco

Fuente: Los autores.

5.3. COMPONENTES DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

El vehículo eléctrico está formado por los siguientes sistemas, que engloban la totalidad del vehículo eléctrico.

- Sistema de Tracción.
- Propulsión Eléctrica (Motor).
- Control y etapa de potencia.
- Sistema de alimentación y recarga (Baterías).
- Sistema de freno.

El siguiente esquema muestra la disposición general de los componentes principales de un vehículo eléctrico.

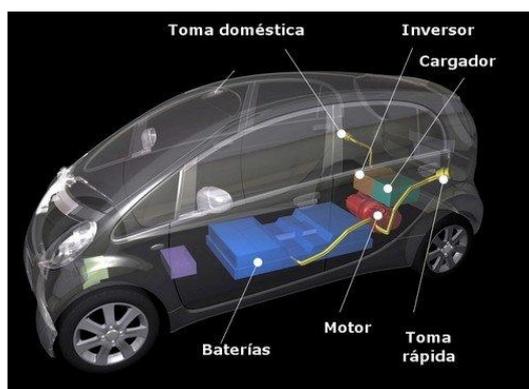
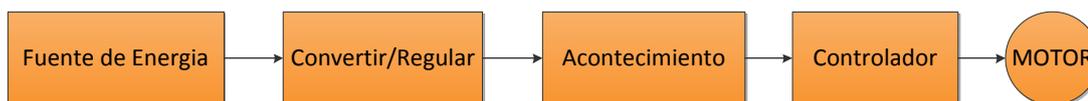


Figura 5.1: Esquema general del MIEV, vehículo eléctrico de Mitsubishi.

Fuente: www.carros-electricos.net

Las partes del sistema se basaran en el siguiente esquema.



5.3.1. SISTEMA DE TRACCIÓN

Para esta aplicación el sistema de tracción está constituido por una catalina de 10 cm de radio acoplado a través de una cadena aun piñón de 5 cm de radio. Para obtener una relación de transformación de 2 a 1 la ecuación 2.1.



Figura 5.2: Sistema de tracción.

Fuente: Los autores

5.3.2. MOTOR

Para el diseño se tomara como parte inicial el motor para proseguir en forma de cascada puesto que cada uno de los componentes depende de las especificaciones del anterior.

- Principios básicos.
- Campo magnético.

Si a una red trifásica R-S-T, le conectamos un bobinado estatórico en triángulo (triángulo y estrella son los dos tipos de conexión básica de los motores Trifásicos) y bobinar todos los polos siguientes en el mismo sentido las polaridades serán distintas en cada par de polos diametralmente opuestos.

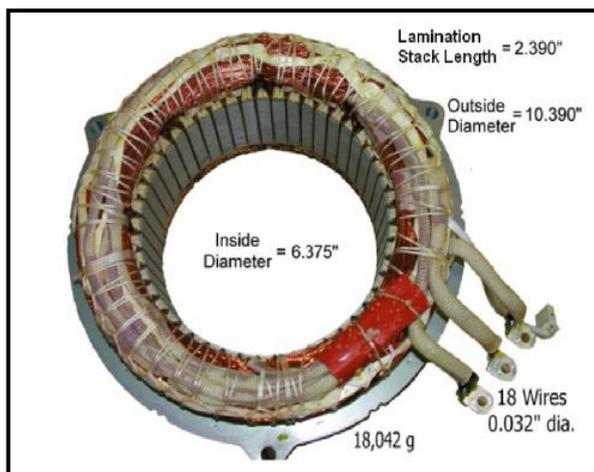


Figura 5.3: Motor.

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Tracci%C3%B3n_trasera

Esto es igualmente válido para una conexión en estrella. La intensidad del campo de cada una de las bobinas depende de la corriente que circula por ella y en consecuencia por la fase que le corresponde. El campo de cada bobina aumenta o disminuye siguiendo la fluctuación de la curva (Perfectamente senoidal) de la corriente que circula por su fase. Como sea que las corrientes de una red trifásica están desfasadas 120° entre sí, es natural que las bobinas actúen también con un desfase de 120° . La acción simultánea de las corrientes de cada fase al actuar sobre las bobinas produce un campo magnético giratorio y allí tenemos el principio de un motor de C. A.

La velocidad de giro del campo depende de la frecuencia de la C. A. la frecuencia empleada es de 50 o 60 Hz. De este detalle surge que la velocidad puede controlarse variando la frecuencia de alimentación entre otros parámetros (ancho de pulso).

a. Clasificación

Existen varios tipos de motores y continuará proliferando nuevos tipos de motores según avance la tecnología.

Los elementos que componen a los motores son:

- La **carcasa** o caja que envuelve las partes eléctricas del motor, es la parte externa.
- El **inductor**, llamado estator cuando se trata de motores de corriente alterna, consta de un apilado de chapas magnéticas y sobre ellas está enrollado el bobinado estático, que es una parte fija y unida a la carcasa.
- El **inducido**, llamado rotor cuando se trata de motores de corriente alterna, consta de un apilado de chapas magnéticas y sobre ellas está enrollado el bobinado rotórico, que constituye la parte móvil del motor.

Bajo el contexto del primer punto del diseño del sistema eléctrico, definir el tipo de motor a emplear de lo cual se derivará las diferentes topologías de control.

Existen dos tipos de motor en base a la fuente de energía, Corriente Continua y Corriente Alterna, para lo cual se menciona algunas de las diferencias a continuación.

Tabla 5.2: Topologías de control - Diferencias.

Motor DC	Motor AC
La velocidad aumenta con la tensión aplicada, al disminuir la corriente del inducido y al disminuir el flujo producido por el campo inductor	Su velocidad depende de la corriente alterna con la que se los alimenta
La regulación de velocidad se puede hacer de dos formas diferentes: manteniendo constante el flujo y variando la tensión aplicada al inducido o manteniendo constante la tensión y variando el flujo de la excitación	La única forma de regular su velocidad de giro consiste en alimentarlos a través de variadores electrónicos de frecuencia.
Dependiendo de cómo se conecte el devanado de excitación respecto al inducido se consiguen diferentes conexiones de motor: motor de excitación independiente, motor de excitación en derivación o shunt, motor de excitación en serie y motor de excitación compound.	Se pueden conectar en estrella o en triángulo, dependiendo de la tensión de la red
Suelen utilizarse cuando se necesita precisión en la velocidad	Se usan mucho en la industria, sobre todo el motor trifásico asíncrono de jaula de ardilla.
Sus partes básicas son: inductor, inducido y colector.	Sus partes básicas son: estator y rotor.
Requieren de mayor mantenimiento al tener más piezas (escobillas, colector)	El mantenimiento requerido es mínimo
Diseño Multi velocidad	Diseño para velocidad única
Alta relación peso / potencia (pesados)	Baja relación peso / potencia (livianos)
Mediano costo	Bajo
85 / 95% de eficiencia a carga completa	95% de eficiencia a carga completa

Fuente: Los autores.

Tabla 5.3: Cálculos de potencia para el motor.

CÁLCULO DE LA POTENCIA	FR	Velocidad (m/s)	W	W final	W (hp)
LLANO Vcts	7,95	16,67	1299,409	1624,2617	2,177295
LLANO ARRANQUE	12,89	16,67	2108,117	2635,1458	3,532367
PENDIENTE Vcts	18,41	8,33	1505,17	1881,4624	2,522068
PENDIENTE ARRANQUE	22,20	8,33	1814,592	2268,2396	3,040536

Fuente: Los autores.

Tabla 5.4: Cálculos de torque para el motor.

CÁLCULOS DE TORQUE	FR [Kg.f]	FR [N]	RADIO	TORQUE REQUERIDO [N]	TORQUE DEL MOTOR [N]
LLANO Vcts	7,95	77,89	0,15	11,68	16,34
LLANO ARRANQUE	12,89	126,36	0,15	18,95	40,85
PENDIENTE Vcts	18,41	180,44	0,15	27,07	40,85
PENDIENTE ARRANQUE	22,20	217,53	0,15	32,63	40,85

Fuente: Los autores.

Tabla 5.5: Condiciones de Funcionamiento para el motor.

CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO			POTENCIA [HP]
LLANO	VELOCIDAD CONSTANTE	60 Km/h	2,18
	VELOCIDAD CONSTANTE	20 Km/h	2,52
PENDIENTE [8 %]	0 A 20 [Km/h]		3,04
	ARRANQUE	en un tiempo de 30 [s]	

Fuente: Los autores.

Una vez determinadas todas las variables como potencia, torque y el funcionamiento al que el motor necesita estar expuesto, los cálculos ya determinados en las tablas 5.4 y 5.5.

Tabla 5.6: Selección, Características del motor AC.

CONDICIONES	TORQUE REQUERIDO [N]	POTENCIA (Hp)
LLANO Vcts	11,68	2,177295
LLANO ARRANQUE	18,95	3,532367
PENDIENTE Vcts	27,07	2,522068
PENDIENTE ARRANQUE	32,63	3,040536

Fuente: Los autores.

5.4. SELECCIÓN DEL MOTOR ELÉCTRICO

Los motores asíncronos o de inducción son un tipo de motor de corriente alterna en el que la corriente eléctrica, en el rotor, tiene que ser necesaria para producir torsión es inducida por el campo magnético de la bobina del estator. Por lo tanto un motor de inducción no requiere una conmutación mecánica aparte de su misma excitación o para todo o parte de la energía transferida del estator al rotor, como en los universales, DC y motores grandes síncronos.

El motor asíncrono trifásico está formado por un rotor, que puede ser de dos tipos jaula de ardilla y bobinado, un estator. En el que se encuentran las bobinas inductoras. Estas bobinas son trifásicas y están desfasadas entre sí 120° en el espacio. Según el Teorema de Ferraris, cuando por estas bobinas circula un sistema de corrientes trifásicas equilibradas, cuyo desfase en el tiempo es también de 120° , se induce un campo magnético giratorio que envuelve al rotor (Cantabria).

Este campo magnético variable va a inducir una tensión en el rotor según la Ley de inducción de Faraday.

La diferencia entre el motor a inducción y el motor universal es que en el motor a inducción el devanado del rotor no está conectado al circuito de excitación del motor sino que está eléctricamente aislado. Tiene barras de conducción en todo su largo, incrustadas en ranuras a distancias uniformes alrededor de la periferia. Las barras están conectadas con anillos (en cortocircuito) a cada extremidad del rotor. Están soldadas a las extremidades de las barras. Este ensamblado se parece a las pequeñas jaulas rotativas para ejercitar a mascotas como hamsters y por eso a veces se llama "jaula de ardillas".

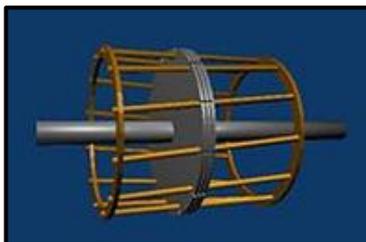


Figura 5.4: Motores de jaula de ardilla.

Fuente: Catarina.udlap.mx.

El motor eléctrico seleccionado para el proyecto es el de tipo jaula de ardilla ya que es el más común y de uso generalizado por las siguientes razones.

- Alto grado de protección.
- Bajo costo.
- Bajo mantenimiento.

5.4.1. CÁLCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA POR EL KART ELÉCTRICO

a. Potencia del motor

En el motor a la potencia se define como la capacidad de proporcionar un número determinado de revoluciones por minuto. La potencia en las ruedas cuando el vehículo presenta una velocidad V se muestra en la siguiente ecuación:

Ecu.5.1

Dónde:

Pr: Potencia requerida en la rueda.

Rt: Resistencia o fuerza neta actuante.

V: Velocidad promedio del vehículo.

Para determinar el valor de la potencia requerida por el prototipo se debe conocer la masa total del vehículo además de todos sus elementos. La siguiente tabla muestra los valores estimados de cada elemento.

Tabla 5.7: Peso total de los accesorios del vehículo prototipo.

VEHÍCULO PROTOTIPO -PESO		
Accesorios	Cantidad	Peso (Kg)
Chasis multitubular	1	110
Pasajero	1	75
motor eléctrico	1	12
Batería	1	10
Accesorios eléctricos	3	3,5
Total	7	217,5

Fuente: Los autores.

5.4.2. Resistencias al movimiento del vehículo

En el avance del vehículo es necesario analizar las resistencias que se oponen al movimiento, estas son las siguientes:

- Resistencia por el aire R_a
- Resistencia por rodadura R_r

a. Resistencia por el aire frontal

Corresponde a la fuerza del aire actuante sobre un área correspondiente a la proyección en un plano perpendicular a su eje longitudinal.



Figura 5.5: Vehículo sometido a resistencia al aire

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

El valor de R_a viene dado por la siguiente ecuación:

Ecu.5.2

Dónde:

K: constante del aire

S: área correspondiente a la proyección del vehículo

V: velocidad promedio del vehículo.

La constante del aire K está determinada por la ecuación.

—

Ecu.5.3

Dónde:

δ : Densidad del aire (kg/m^3).

C: Coeficiente de arrastre.

G: Fuerza de gravedad.

El coeficiente aerodinámico se toma el valor de 0.75 debido a que es un vehículo pequeño de diseño aerodinámico bajo. Conocida la densidad del aire y el valor de la gravedad obtenemos la constante k.

Por lo cual se seleccionó un valor promedio entre un vehículo de turismo con diseño aerodinámico óptimo y un camión de gama pequeña. Para lo cual se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 5.8: Peso total de los accesorios del vehículo prototipo.

Cx	Ejemplos
2,1	Ladrillo pulido
0,9	Una bicicleta típica, con ciclista.
0,7 a 1,1	Fórmula 1
0,7	Caterham Seven
más de 0,6	Camión típico.
0,57	Hummer H2, 2003
0,51	Citroën 2CV
Más de 0,5	Dodge Viper

Fuente: www.carbuyersnotebook.com

Datos:

$$\delta = 1.22\text{kg/m}^3$$

$$g = 9.8$$

$$C = 0.75$$

Por lo tanto:

—
—

Como se trata de determinar el área frontal del prototipo calculamos por secciones, de esta forma se obtiene el valor del área frontal.

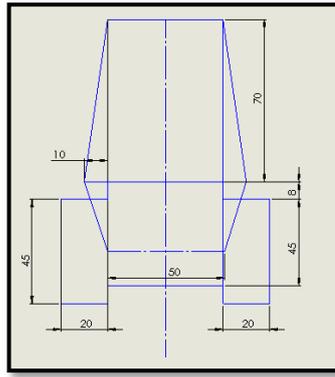


Figura 5.6: Proyección área frontal prototipo

Fuente: Los autores

- El primer valor corresponde al área de las ruedas delanteras.
- El segundo valor corresponde a la parte frontal inferior.
- El tercer valor corresponde a la parte frontal superior.
- El cuarto valor corresponde a las protecciones laterales de la parte superior.

- El quinto valor corresponde a las protecciones laterales de la parte inferior.

Para obtener el área total se suma todas las áreas calculadas anteriormente.

Para el cálculo de la resistencia de aire frontal se tomaran los siguientes datos.

$$S = 1.80 \text{ m}^2$$

$$V = 60 \text{ km/h}$$

$$K = 0.047 \quad -$$

Por lo tanto:

—

5.4.3. Resistencia por rodadura R_r

Fuerza que se opone al movimiento de los vehículos por efecto de la imperfecta elasticidad es decir, plasticidad de los neumáticos. A causa del aplastamiento que se produce en la huella, durante la rotación de la rueda.



Figura 5.7: Resistencia a la rodadura

Fuente: www.hoznayo.com

La resistencia a la rodadura es proporcional al peso del vehículo y depende de las dimensiones y la estructura de los neumáticos, de su presión de hinchado, del tipo de pavimentación y la velocidad.

La resistencia de rodadura, es provocada por la fuerza que soporta cada rueda y se determina a través de la siguiente ecuación.

Ecu.5.4

Dónde:

Rr: Resistencia a la rodadura.

P: Peso total del vehículo (Kg)

f: coeficiente de rozamiento (kg/t)

En la siguiente tabla se muestra el coeficiente de rodadura:

Tabla 5.9: Coeficientes de rodadura.

<u>SUELOS</u>	Coeficiente de rodadura kg/t
Asfalto	12-17
Hormigón	15
Adoquinado	55
Tierra compacta	50
Tierra suelta	100

Fuente: Ingeniería de vehículos Manuel Cascajosa.

Para el cálculo de la resistencia de rodadura se toma un valor promedio de coeficiente de rodadura correspondiente a asfalto ($f=15$) que es el material donde circulara el vehículo que se muestra en la tabla 5.9.

Por lo tanto:

Coeficiente de rodadura $f = 15 \text{ kg/t}$

Peso total del vehículo.

$P = 0.2175 \text{ Toneladas} = 217.5 \text{ Kg}$. Valor obtenido en la tabla 5.6.

Por lo tanto se calculó la resistencia total que se obtiene empleando la siguiente fórmula.

$RT = \text{Resistencia por el aire } (Ra) + \text{Resistencia por rodadura } (Rr)$

Entonces:

La potencia requerida para el movimiento del vehículo se determina con la potencia necesaria en la rueda cuando el vehículo presenta una velocidad V como se muestra en la ecuación

Ecu.5.5

Dónde:

La potencia requerida por el motor debe ser mínima de 2.14 HP para que funciones bajo las diferentes situaciones de operación, desplazamiento en plano, pendiente y su condición más crítica durante el arranque.



Figura 5.8: Motor eléctrico WEG

Fuente: Los autores.

Tabla 5.10: Motor eléctrico WEG

VALORES OBTENIDOS PARA EL MOTOR			
Ra (Kg)	Rr (Kg)	RT (Kg)	POTENCIA
6.53	3,255	9.78	2.14 HP

Fuente: Los autores.

5.5. ESPECIFICACIONES DEL MOTOR

Para la adquisición del motor, se debe especificar técnicamente las características del mismo. Teniendo como base que es un motor de inducción de tipo jaula de ardilla por el análisis hecho y la potencia de (2 HP), la corrección del factor de potencia, altos torques y bajas corrientes de arranque, velocidad constante en variaciones de carga, bajo costo de operación y mantenimiento, son los principales motivos que resultan en la elección del mismo.

Tabla 5.11: Especificaciones del motor eléctrico WEG

MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO DE INDUCCIÓN – ROTOR DE JAULA	
Carcasa	145 T
Potencia	1.5KW
Frecuencia	60 Hz
Polos	4
Rotación nominal	1755
Deslizamiento	2.50%
Voltaje nominal	208/230/460V
Corriente nominal	5.81/5.44/2.72 A
Corriente de arranque	46.3/23.2 ^a

Fuente: Motores eléctricos WEG

5.6. CONTROL Y ETAPA DE POTENCIA

Los motores de inducción son los motores que trabajan a velocidad constante, si están conectados a un voltaje y frecuencia constante. La velocidad de operación del motor de inducción está directamente relacionada con la velocidad sincrónica. Si el torque de carga aumenta, la disminución de velocidad es muy pequeña, que es conveniente para aplicaciones de velocidad constante.

Actualmente, existen técnicas de control de velocidad para los motores de inducción. Las técnicas principales de control de velocidad para motores de inducción trifásicos son el control vectorial, que emplea procesadores de señal digital y el control escalar. El control escalar es la técnica más sencilla de implementar, si no se requiere precisión en la velocidad del motor, como es el caso de vehículos eléctricos, cuando el conductor controla la velocidad mediante el pedal del acelerador.

El torque de salida de un motor trifásico de inducción, $T_{3\phi}$, se puede calcular a través de la Ecu. 5.6, donde V_1 es el voltaje aplicado por fase, R_1 es la resistencia del estator, R_2 es la resistencia del rotor referida al primario,

X_1 inductancia del estator, X_2 inductancia del rotor referida al primario, s es el deslizamiento, N_s es la velocidad sincrónica. Se aproxima E_1 (Fuerza magneto motriz) a V_1 (Voltaje aplicado fase-neutro) para facilitar el análisis.

Ecu.5.6

La ecuación implica que el torque de salida de la máquina de inducción depende solo de N_r , independientemente de la frecuencia del estator, f_s , siempre que la relación V_1/f_s se mantenga constante. Esta relación es la amplitud máxima de flujo, Ψ_m .

Ecu.5.7

Manteniendo el flujo constante, y variando la frecuencia del estator, f_s , se puede alcanzar para el motor una familia de curvas de torque respecto a la velocidad, que se muestra en la figura 5.9. Este método de control se conoce como control escalar.

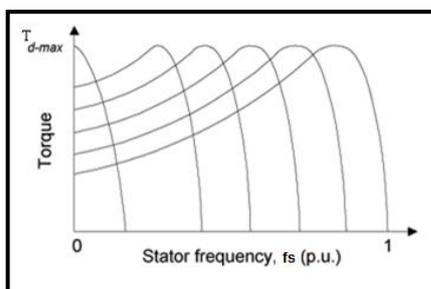


Figura 5.9: Flujo constante, Curvas de torque versus frecuencia

Fuente: <http://www.avele.org/index>.

La figura 5.10 implica que se puede cumplir con cualquier torque de carga, dentro de la capacidad del motor, a cualquier velocidad, hasta la velocidad nominal. Además, es posible obtener un alto torque de arranque.

Con el control escalar se puede trabajar con velocidades superiores a la nominal, pero como el flujo no se puede mantener constante, porque se

excedería el valor nominal de voltaje de los bobinados, el torque que se puede obtener del motor disminuye como se muestra en la figura 5.10.

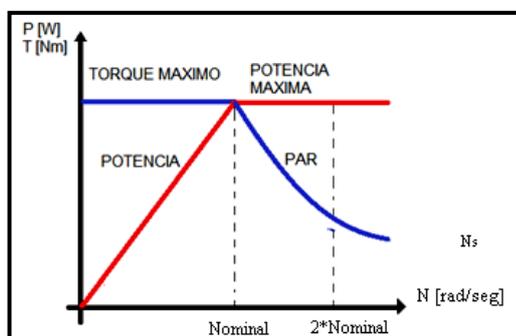


Figura 5.10: Potencia y torque versus frecuencia, para control escalar.

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

El control escalar es el mismo que ocupan los variadores de velocidad comerciales, estos variadores pueden trabajar hasta 300 Hz, lo que nos da una idea de hasta que velocidades se puede alcanzar utilizando el control escalar.

El diagrama muestra el esquema de un inversor trifásico que consta de seis IGBT'S, este conjunto de IGBT'S que se cierran y abren de tal manera que se obtiene una señal SPWM a la salida, manteniendo el flujo constante hasta la velocidad nominal.

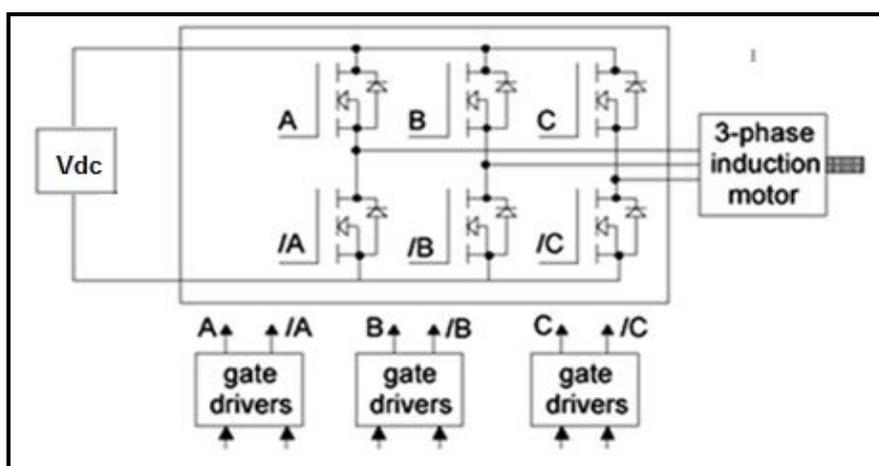


Figura 5.11: Diagrama del inversor trifásico

Fuente: <http://www.avele.org>

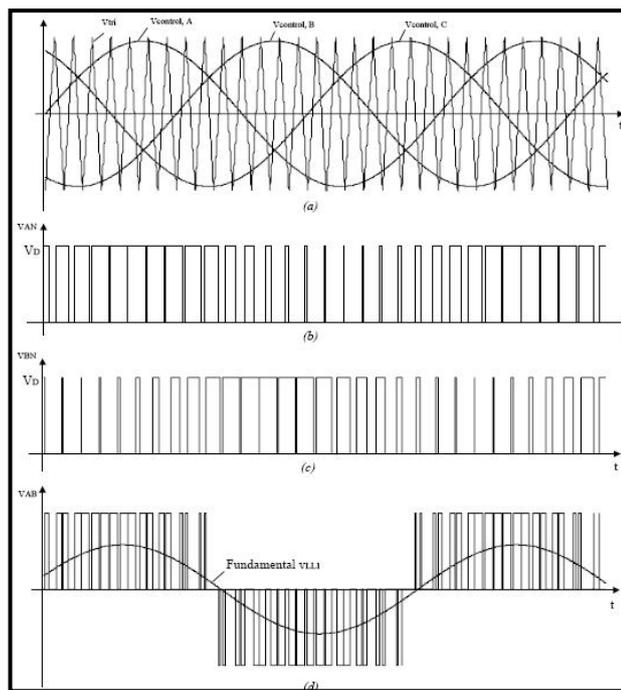


Figura 5.12: Control SPWM

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

La elaboración de un circuito con tales características implica un esfuerzo considerable tanto en diseño, implementación y programación, por lo cual se opta por el empleo de un dispositivo comercial que cumpla con las exigencias requeridas.

El equipo a utilizar es así llamado variador de frecuencia el cual comercialmente existe en varios modelos y capacidades en función a las diferentes aplicaciones industriales. Cabe mencionar que para la selección del dispositivo se tomará en cuenta los datos de la placa del motor.

5.7. SELECCIÓN DE LA BATERÍA

La potencia máxima y la autonomía dependen directamente de la cantidad de baterías. La cantidad de baterías define el peso y el volumen agregado al vehículo, el tipo de baterías condicionan la autonomía del

vehículo. A mayor número de baterías que se utilicen, mayor es la potencia y autonomía que se le puede entregar al motor.

Existen diversos tipos de baterías que se diferencian por su densidad de energía, esto significa, la relación que existe entre la energía almacenada y el peso. Idealmente se necesitan baterías que tengan una gran capacidad de energía, bajo peso y pequeño volumen. Actualmente no existen baterías de este tipo que se vendan de forma comercial.

Una vez determinado los consumidores del presente proyecto procedemos a la selección de la batería mediante la fórmula de la capacidad de la batería (CB).

Ecu.5.8

Dónde:

CB= Capacidad de la bacteria.

L= Energía necesaria real.

Tabla 5.12: Características del Motor.

Corriente nominal	5, 58 A
	230 V

Fuente: Los autores.

DOD= Máxima profundidad de descarga

Batería ácido – plomo; DOD= 52% de su carga (sin alternador), a 1200 ciclos.

= Pérdida en cables es 0, 3.

Cable cargado con 30% de la intensidad máxima admisible.

N= Número de horas de autonomía.

N= 1 hora.

Mediante cálculos realizados por los autores se pudo seleccionar la batería adecuada para utilizar en dicho proyecto práctico.

$$CB = \text{-----}$$

$$CB = \text{-----}$$

$$CB = 35.8 \text{ Ah}$$

Tabla 5.13: Resultados obtenidos del CB

-0,5		81.84 Ah
0,5 2	± 0,02	78.69 Ah ≈ 80.0 Ah
+0,54		35.8 Ah

Fuente: Los autores.

La gama de productos Bosch S3 se caracteriza por su versatilidad ya que cubre el 97% del parque de automóviles. Diseñada para toda clase de vehículos, cualquiera que sea su antigüedad.

Estas baterías se emplean por sus diferentes características.

- Aleación Plomo-Selenio-Bajo Antimonio en las rejillas.
- Diseño optimizado de rejillas para clima tropical.
- Excelente resistencia a la corrosión.
- Baja auto descarga y gasificación.
- Control trimestral del electrolito



Figura 5.13: Batería Bosch S3

Fuente: www.bosch.com.mx

Prestaciones de la Batería Bosch S3.

- 115% superior a las baterías de coches convencionales.
- Duración 20 % superior gracias a la innovadora liga de plata (silveralloy).
- Para todas las clases de vehículos.
- Garantiza de forma segura la energía necesaria para un número medio de equipamientos que consuman electricidad.

Por lo tanto el suministro de energía para el kart está garantizada ya que el voltaje que emite al inversor es ideal y así pueda arrancar el vehículo sin problema, para ello se cita las características de la batería a utilizarse en el kart eléctrico.

Tabla 5.14: Características Batería

<u>Batería Bosch</u>	
Capacidad de carga	115 Ah
Intensidad	950 A
Voltaje	12 V dc

Fuente: Los autores.

5.8. SELECCIÓN DEL INVERSOR DE VOLTAJE

5.8.1. INVERSOR

Al analizar el tipo de energía que el motor necesita para funcionar y el suministrado por la fuente que para esta aplicación será un banco de baterías se ve la necesidad de emplear un conversor DC/AC el cual convertirá la corriente continua a corriente alterna.

Al igual que un variador de frecuencia la señal de corriente continua es distorsionada a través de circuito a base de semiconductores con la diferencia que para esta aplicación la frecuencia es fija a un valor de 60hz que es el valor nominal.

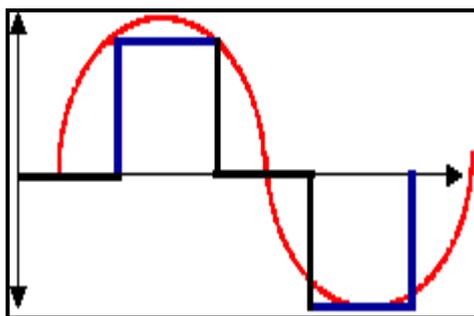


Figura 5.14: Grafica onda - corriente alterna, continua.

Fuente: <http://library.abb.com>

La para obtener un mejor funcionamiento de los diferentes artefactos eléctricos la forma de onda que genere el conversor debe asemejar lo mayor posible a la suministrada por la red convencional, para esto nuevamente puede utilizarse técnicas de control en base a la modulación del ancho de pulso.

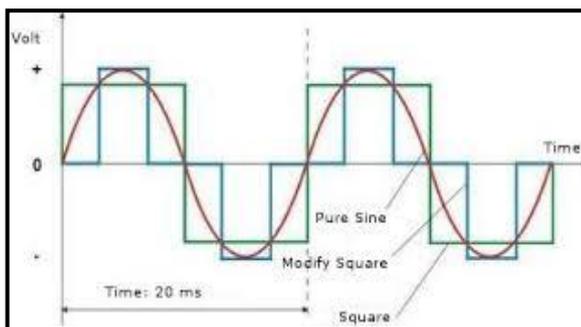


Figura 5.15: Grafica Voltaje en función del tiempo

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

Adicionalmente se debe considerar la magnitud o la amplitud de la señal es decir que se necesita elevar el valor de voltaje de los 12V que suministra normalmente un batería a los 110V o 220V con los que la mayoría de artefactos eléctricos requieren. Para esto existen varias formas y configuraciones electrónicas que se puede utilizar ya sea con convertidores DC/DC en la etapa de voltaje continuo o emplear convertidores AC/AC como transformadores en la parte de corriente alterna.

Convencionalmente todo el circuito que interviene en proceso descrito viene incluida en un artefacto comercial denominado inversor de corriente el cual se adapta a las exigencias de esta aplicación y a los valores nominales tanto de la fuente de energía como de los puntos de consumo.

Para esta aplicación el inversor a elegir debe tener la capacidad de soportar un consumo de 2hp del motor que equivale a 1500W de potencia activa y una potencia total aparente de 1.8KVA aproximadamente y un pico de aproximadamente 6 veces la potencia nominal.

a. Acondicionamiento

Como ya se mencionó los valores a los que funcionan las diferentes etapas, por lo tanto es necesario acoplar las señales.

Comercialmente un inversor es compatible con las baterías convencionales y tienen una salida normalizada de 110V, caso similar ocurre con el controlador del motor que normalmente tiene una entrada monofásica o trifásica a 220V/330V/440V.

De lo mencionado es necesario acoplar el inversor con el variador de velocidad a través de un transformador con relación de 2 a 1 y una potencia mínima de 1.8KVVA

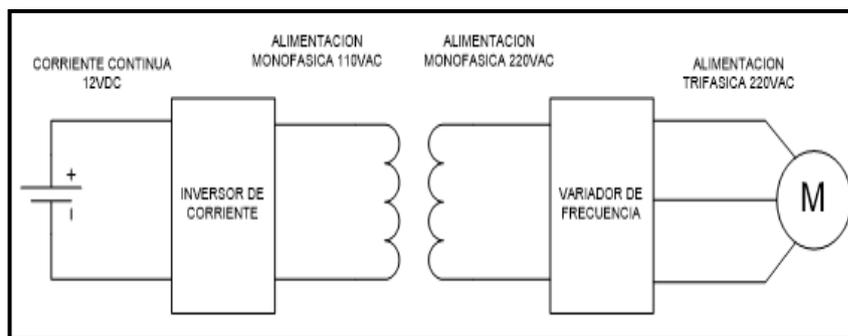


Figura 5.16: Diagrama de conexión- variador.

Fuente: Los autores.

El inversor GALAXI 3000 posee las siguientes especificaciones las mismas que satisfacen con el requerimiento para el correcto funcionamiento del sistema motriz.

- El interruptor de encendido / apagado.
- Cierre por batería baja, protección de la sobrecarga, protección térmica.
- Eficiencia aproximada de 92%.
- Alarma de batería baja $10.5 \pm 0.5V$ DC.
- Apagado por batería baja $10 \pm 0.5V$ DC.



Figura 5.17: Inversor de corriente

Fuente: Los autores.

Es en realidad una buena elección ya que cumple con todas las características de voltajes de salida y lo más importante la potencia pico, que avala su desempeño en este tipo de sistemas.

Tabla 5.15: Características del inversor de corriente

INVERSOR DE CORRIENTE	
Marca	Galaxy 3000
Voltaje de entrada	12 V dc
Voltaje de salida	120 V ac
Potencia	3000W
Potencia Pico	6500 W Pico

Fuente: Los autores.

5.9. CARGADOR

El cargador para baterías de plomo ácido cumple con el requerimiento establecido que garantiza una carga óptima en un tiempo razonable de carga y posee las siguientes prestaciones.

- Tensión 220 VCA / 50 Hz.
- Posee un Voltímetro análogo (de aguja) para visualizar el voltaje de carga, o para verificar el voltaje que posee la batería en el momento de la medición.
- Posee switch selector de 12 V o 24 V, de acuerdo a la batería.
- Ideal para cargar externamente baterías secas de UPS, Alarmas, Carritos eléctricos.
- Capacidad de la batería 25-90 Ah /12 V, 20-500Ah/24 V.
- Fusible de 15 A.
- Peso 3.8 Kg.
- Dimensiones 285x215x1800 (mm).

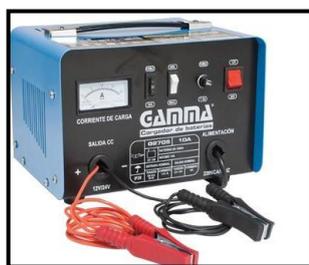


Figura 5.18: Cargador de batería

Fuente: GAMMA Cargadores de baterías catálogo.

Tabla 5.16: Características del cargador de baterías

CARGADOR DE BATERIAS	
Voltaje de entrada	120 V
Voltaje de salida	12 Vdc
Corriente de carga	6 A – 3 A

Fuente: Los autores.

5.10. TRANSFORMADOR

El transformador GE 9T51B0012 de la figura 5.19 tiene las siguientes prestaciones que garantiza el voltaje suministrado al motor.

- Los Núcleo y las bobinas están constantemente ventilados.
- Carcasa resistente a la intemperie.
- Núcleo y las bobinas en capsuladas.
- Voltajes de distribución estándar son 110v-220V/440/220V. El transformador se utiliza para obtener la tensión de carga de la tensión de distribución.



Figura 5.19: Transformador GE

Fuente: Los autores.

Tabla 5.17: Características del transformador

TRANSFORMADOR GE	
Voltaje de entrada	110 v
Voltaje de salida	220V
Potencia	2,4 KVA
Monofásico con carcasa de protección	

Fuente: Los autores.

5.11. VARIADOR DE FRECUENCIA

El variador de frecuencia Altivar 312 de la figura 5.20, es un convertidor de frecuencia para motores asíncronos trifásicos Marca Schneider, tiene una entrada monofásica a 220V, y provee una potencia 2hp, posee una salida trifásica, de 220V y a 8A máximo.

Ventajas del variador de frecuencia Altivar 312

- Ahorro de tiempo y costo.
- Una herramienta única y estándar.
- Menos cableado.
- Control Local en el panel frontal.
- Capacidad de montaje inmediato.
- Programación rápida con unos pocos clicks utilizando el botón de navegación.
- Rápida duplicación de la configuración y/o descarga.

Las principales funciones disponibles son las siguientes:

- Protecciones para motor y variador.
- Rampas de aceleración y deceleración, lineales, en S, en U o personalizadas.
- Control local de la referencia velocidad con el botón de navegación
- Más/menos velocidad.
- Lógica de freno.
- Recuperación automática con búsqueda de velocidad y re-arranque automático.
- Configuración de fallos y de tipos de paradas.
- Memorización de la configuración en el variador.



Figura 5.20: Variador de Frecuencia.

Fuente: Los autores.

Ventajas de la utilización del Variador de Velocidad en el arranque de motores.

- El variador de velocidad no tiene elementos móviles, ni contactos.
- La conexión del cableado es muy sencilla.
- Permite arranques suaves, progresivos y sin saltos.
- Controla la aceleración y el frenado progresivo.
- Limita la corriente de arranque.
- Permite el control de rampas de aceleración y deceleración regulables en el tiempo.
- Consigue un ahorro de energía cuando el motor funcione parcialmente cargado, con acción directa sobre el factor de potencia.
- Puede detectar y controlar la falta de fase a la entrada y salida de un equipo. Protege al motor.
- Puede controlarse directamente a través de un autómatas o microprocesador.
- Se obtiene un mayor rendimiento del motor.

Por tanto existe la garantía suficiente en la utilización de este variador para el control de velocidad del motor.

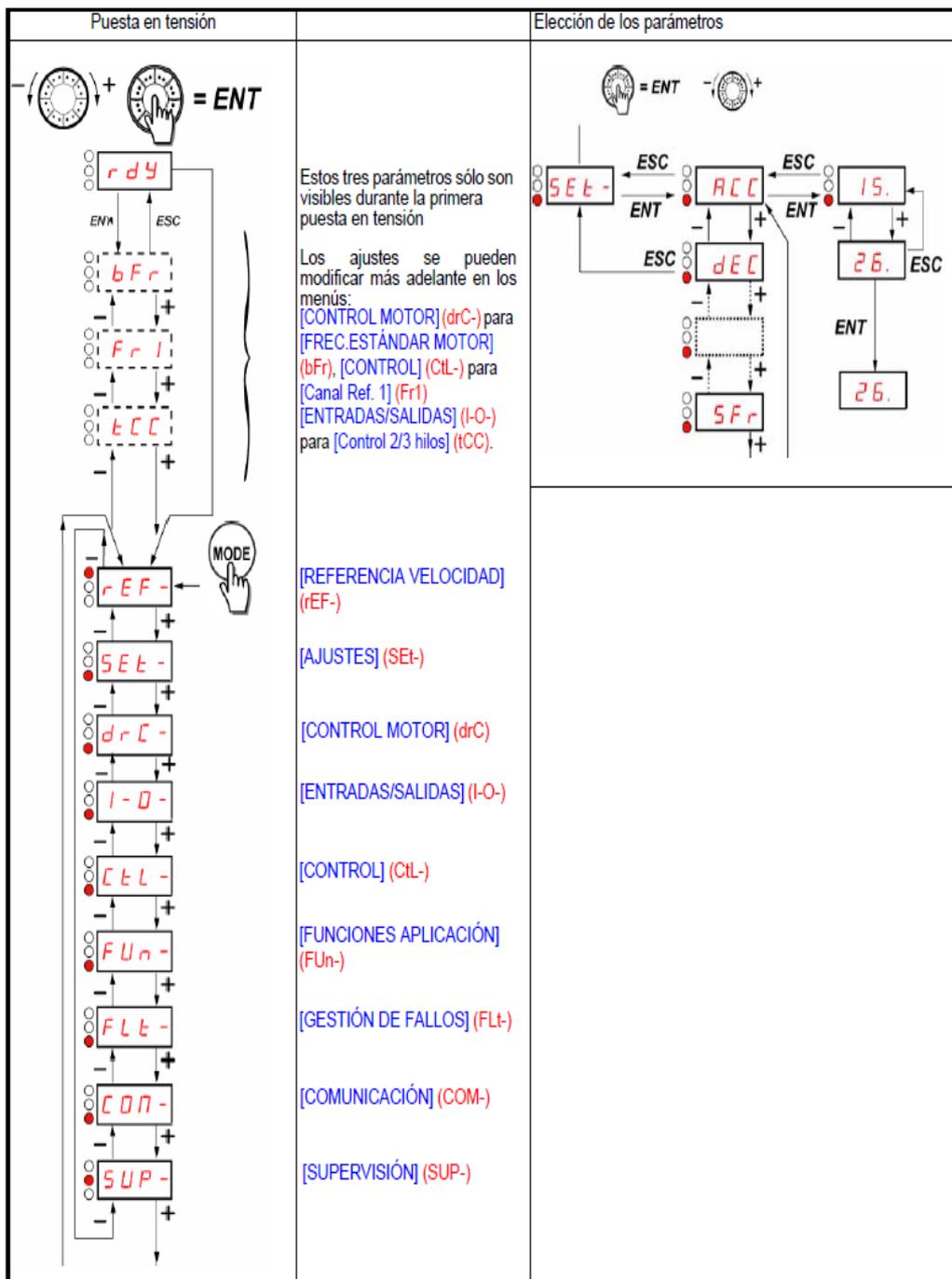


Figura 5.21: Características de variador de frecuencia

Fuente: Los autores.

5.11.1. Configuración del variador

Estructura de los menús.

Tabla 5.18: Estructuras de los menús.

VARIADOR DE FRECUENCIA	
Entrada monofásica	Voltajes a 220 V
Salida trifásica	220 V
Corriente de salida por fase	8 A máximo
Potencia	2 HP

Fuente: www.schneider-electric.com.

a. Configuración Básica

- Verificación de voltajes y corrientes de variador y motor.
- Verificar conexiones eléctricas.
- Energizar el dispositivo.
- Configuración los parámetros del motor

Tabla 5.19: Configuración básica del variador.

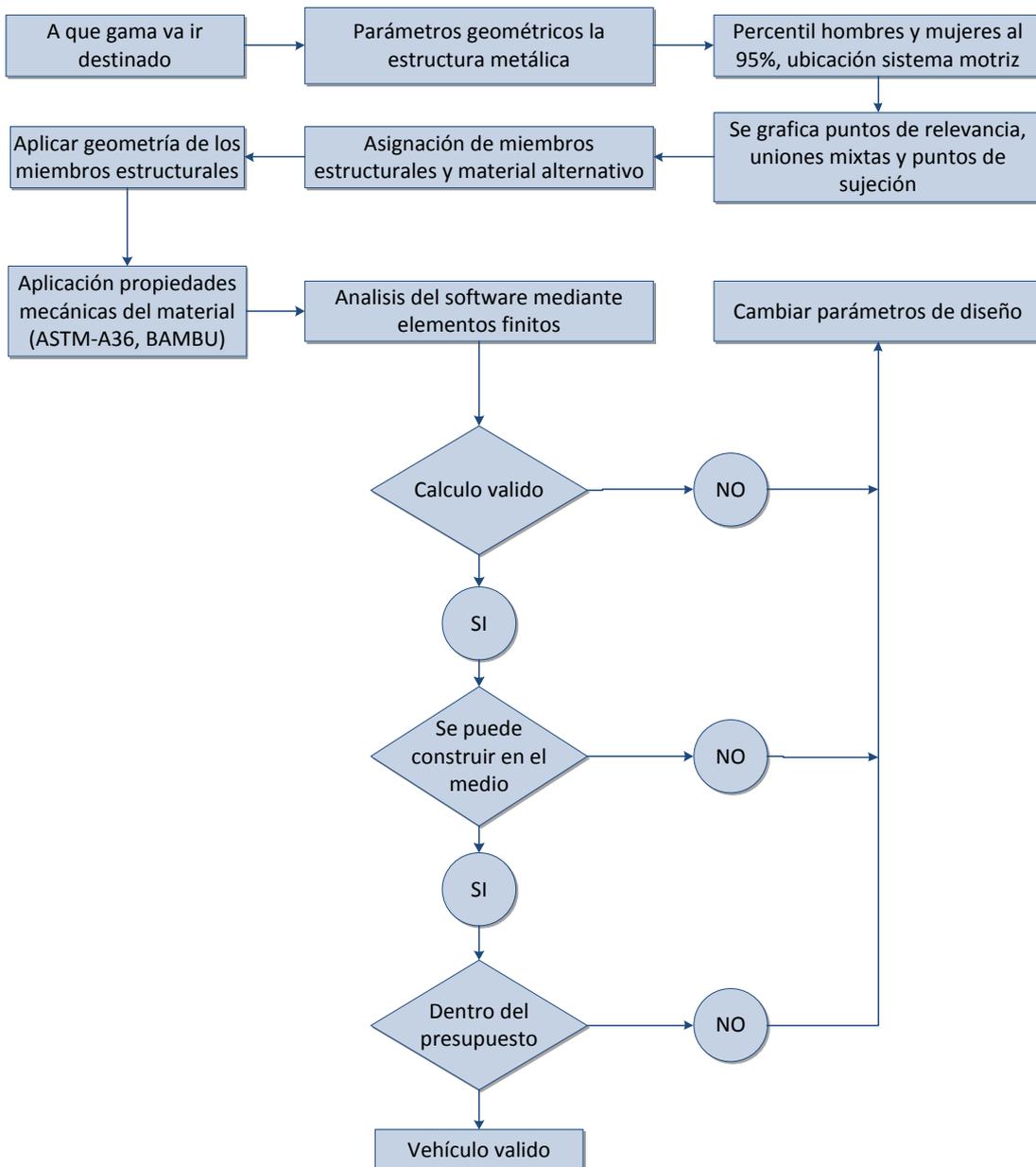
	Bfr	Frecuencia del motor	60
	Uns	Voltaje nominal del motor	220
	Frs	Frecuencia del motor	60
	Ncr	Corriente nominal del motor	6.1
Drc	Nsp	Velocidad Nominal del Motor	1730
	Cos	Factor de potencia	0.79
Entradas y salidas			
Ctl	Fr1	Referencia de control	A11
I-O	tCC	Selector de marcha	2 C
Configuración	Opcional de	Auto	Configuración.
Drc	Tun	Auto configuración	Yes

Fuente: Los autores.

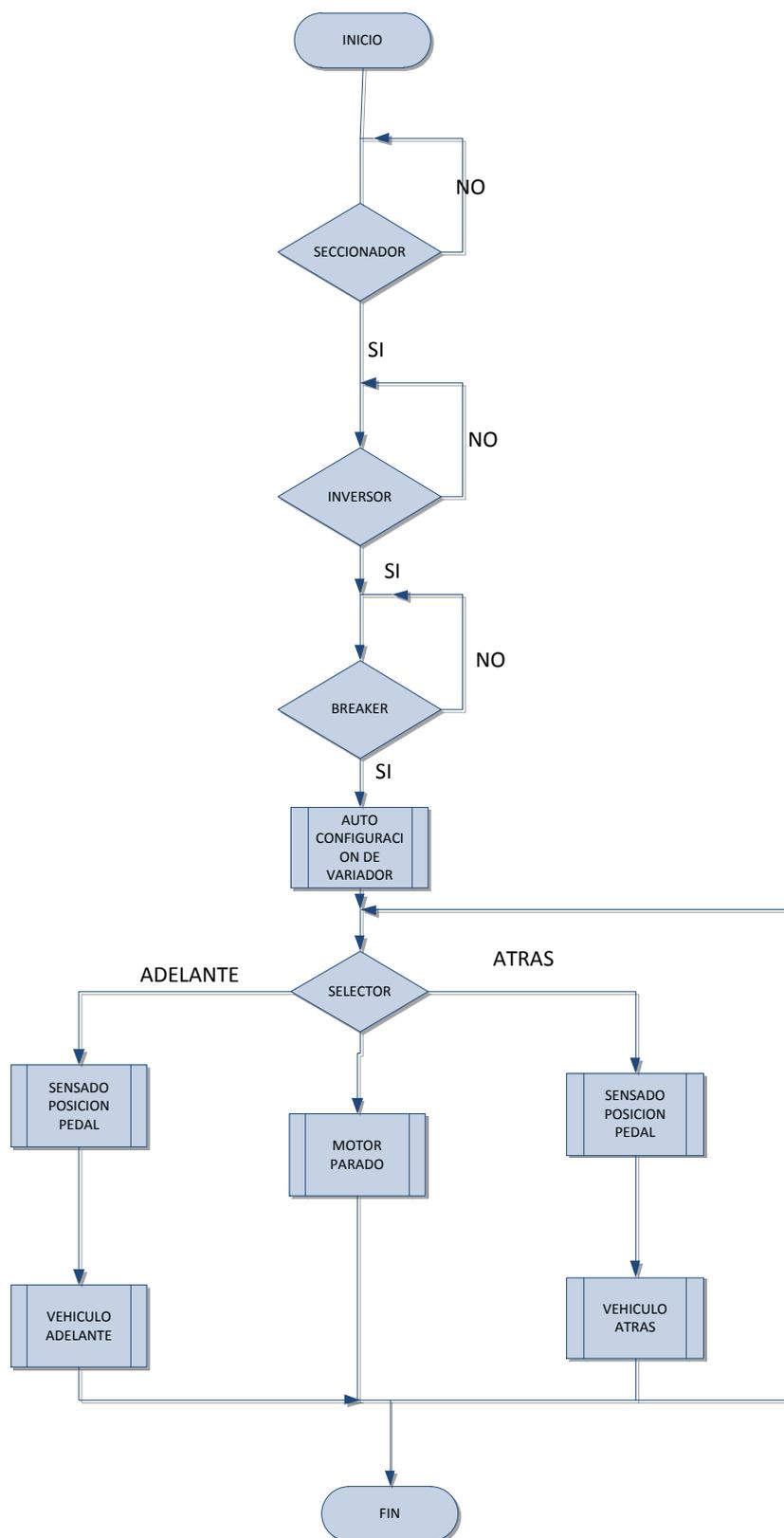
CAPITULO 6

6. CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y COSTOS

6.1. ALGORITMO DE CONSTRUCCIÓN DEL CHASIS TUBULAR



6.1.1. ALGORITMO DE CONSTRUCCIÓN SISTEMA ELÉCTRICO



6.2. CONSTRUCCIÓN

El costo total de las estructuras de perfiles tubulares también se ve influido en sentido positivo o negativo particularmente por los costos de producción.

Los siguientes trabajos de taller se tienen que planificar y llevar a cabo cuidadosamente. Al igual que para el resto de las estructuras de acero, la construcción de estructuras de perfiles tubulares en los talleres debería organizarse, a ser posible, de tal manera que el material siga un proceso unidireccional desde la recepción hasta la entrega final (Borges).

Normalmente se siguen los siguientes pasos:

- Marcado.
- Corte a la longitud adecuada por aserrado o corte por soplete.
- Curvado.
- Preparación de los bordes para soldar. Este paso se puede realizar junto con el paso anterior.
- Soldadura.
- Desbaste.
- Pintura para protección frente a la corrosión externa.
- Una vez ya establecida la geometría de la estructura se procede a cubrir la construcción basada en los planos adquiridos.

6.3. OPERACIONES TECNOLÓGICAS

Es la representación gráfica del algoritmo o proceso. Se utiliza en disciplinas como programación, economía, procesos industriales y psicología cognitiva (Bellows, 2000).

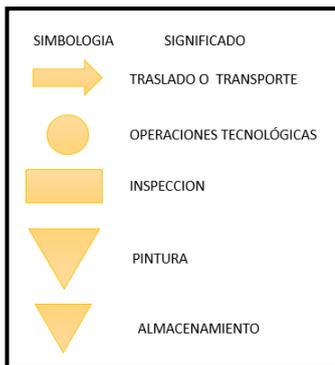


Figura 6.1: Diagrama de Flujo.

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Diagramadeflujo>

6.3.1. CORTE POR ASERRADO

La fabricación de una estructura empieza, en general, con la preparación de los extremos de las barras. Los métodos que se usan con más frecuencia son el corte por aserrado y el corte por soplete. En el caso de la estructura de un chasis debido al menor costo y a su mayor sencillez de ejecución es preferible el aserrado frente al corte por soplete (Perú).

Lo más común es realizar los desarrollos y unas plantillas de plástico o cartón con las medidas que se utilicen más frecuentemente para realizar los cortes.

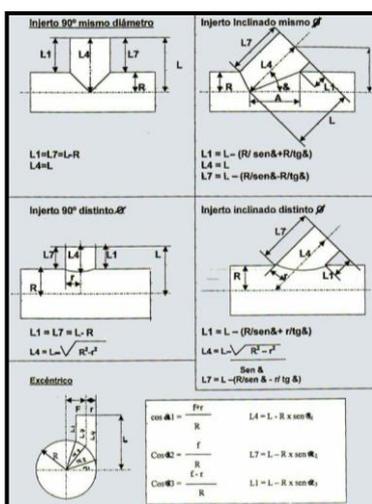


Figura 6.2: Preparación extremos de las barras.

Fuente: J.A. Pender, "Soldadura".

La unión directa entre los perfiles circulares necesita un corte "perfilado", a menudo denominado "silla de montar". Sin embargo, las curvas de intersección multiplanares pueden ser sustituidas por cortes planos en la barra, empleando el procedimiento del aserrado, en función de los diámetros relativos de los tubos utilizados en el nudo.

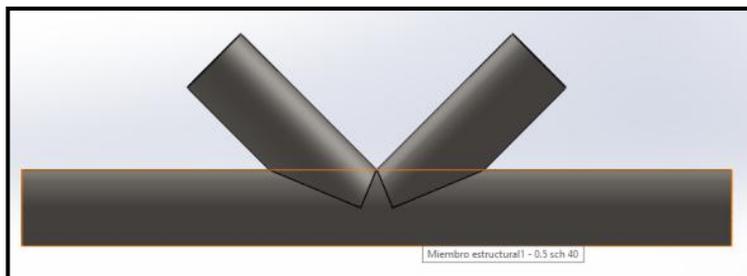


Figura 6.3: Nudo fabricado por aserrado de corte plano.

Fuente: Los autores.

6.3.2. MÉTODOS DE CURVADO EN FRÍO PARA CHS

Durante esta operación podrán aparecer pliegues en la zona interna comprimida y el espesor de la zona externa alargada disminuye. Para evitar la formación de pliegues y la ovalización, son favorables los siguientes condicionantes:

- Bajo límite elástico del material.
- Alta resistencia última del material.
- Considerable alargamiento en la rotura a tracción (por lo menos un 20%).
- Otros parámetros determinantes son la relación entre el espesor de la pared con respecto al diámetro del CHS y la relación del radio de curvado con respecto al diámetro del CHS.

6.3.3. CURVADORA DE RODILLOS

Esta herramienta, con la que se produce el curvado pasando la pieza a través de tres rodillos, es, en general, la preferida por los fabricantes de estructuras de acero. Las dimensiones del rodillo son acordes a los tamaños

de los CHS. Para curvado en frío con curvadora de rodillos, en la práctica el límite del radio de curvado es de, aproximadamente, 5 veces el diámetro externo del tubo.

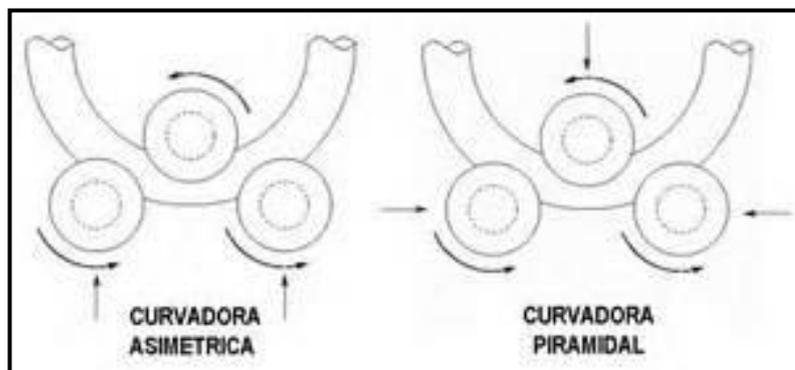


Figura 6.4: Curvadora de rodillos para tubería.

Fuente: www.fagoma.es

6.4. IMPORTANCIA DEL RADIO, ESPESOR Y DIÁMETRO

Aun cuando las variaciones en el diámetro exterior y en el espesor de la pared de los tubos no son problemas nuevos, son mucho más relevantes de lo que la industria considera. El diámetro interior y exterior del tubo, el espesor de la pared nominal y el eje neutral son características inherentes de la pieza.

En el mercado nacional existe un amplio y variado universo de formatos de tubería, la cual es utilizada para todo tipo de aplicaciones y sectores.

El ángulo y radio de doblado dependen de los requerimientos de fabricación y el uso final del tubo. Por su parte, la pared interior y exterior en el área de la curva dependen del ángulo y radio generados, además del proceso y máquina (prensa o dobladora) utilizada. (Términos en el doblado de tubos).

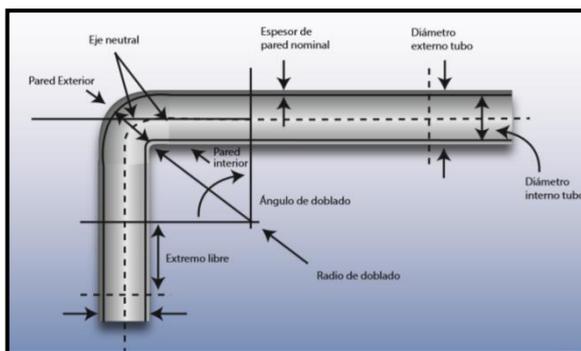


Figura 6.5: Términos de doblado en un tubo.

Fuente: www.fagoma.es

6.5. MÉTODOS PARA SOLDAR NUDOS DE PERFILES TUBULARES

La soldadura de nudos de perfiles tubulares pertenece principalmente al grupo de la soldadura por fusión, aunque si el número de unidades es elevado, también es aplicable la soldadura por fricción, que pertenece al grupo de la soldadura por presión.

Hay cinco subgrupos de la soldadura por fusión denominada autógena, por arco metálico, por resistencia eléctrica, por haz de electrones y por plasma.

La soldadura por arco se utiliza de manera predominante, pero por mayor seguridad de la estructura se utilizó la soldadura MIG, para la unión de los perfiles tubulares.

6.5.1. Soldadura de arco metálico gaseoso (GMAW)

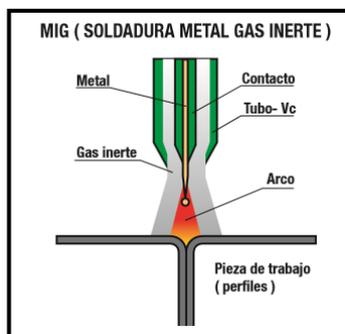


Figura 6.6: Aplicación de soldadura GMAW

Fuente: www.fagoma.es

La Soldadura de Arco Metálico Gaseoso (Gas Metal Arc Welding, GMAW) o soldadura MIG (Metal Inert Gas) es un proceso en el cual un arco eléctrico es mantenido entre un alambre sólido que funciona como electrodo continuo y la pieza de trabajo. El arco y la soldadura fundida son protegidos por un chorro de gas inerte o activo. El proceso puede ser usado en la mayoría de los metales y gama de alambres en diferentes aleaciones y aplicaciones.

La soldadura MIG es inherentemente más productiva que la soldadura de arco manual, donde las pérdidas de productividad ocurren cada vez que el soldador se detiene para reemplazar el electrodo consumido. En la soldadura de arco manual también es notable la pérdida cuando el restante del electrodo que es sujetado por el porta electrodo es desechado. La soldadura MIG es inherentemente más productiva que la soldadura de arco manual, donde las pérdidas de productividad ocurren cada vez que el soldador se detiene para reemplazar el electrodo consumido.

En la soldadura de arco manual también es notable la pérdida cuando el restante del electrodo que es sujetado por el porta electrodo es desechado.

Por cada kilogramo de varilla de electrodo cubierto comprado, solamente alrededor del 65% es aprovechado como parte de la soldadura, el uso de alambre sólido y el alambre tubular ha incrementado la eficiencia entre 80-95% a los procesos de soldadura.

6.5.2. Posiciones y secuencias de soldadura

Para comenzar se mencionan dos puntos principales:

- Para los espesores más pequeños, se deben evitar, en lo posible, las soldaduras con varias pasadas.
- Hay que seguir las secuencias de soldadura apropiadas, ya que afectan en gran medida a la contracción, a las tensiones residuales y la deformación de una estructura soldada.

Dependiendo de la posición y de la movilidad de los elementos estructurales, se muestran a continuación cuatro posiciones para soldar en nudos de perfiles tubulares estructurales, junto con las secuencias de soldadura.

a. Soldadura circular de 360°

Se hace la soldadura hacia abajo (plana), mientras la sección gira 360°.

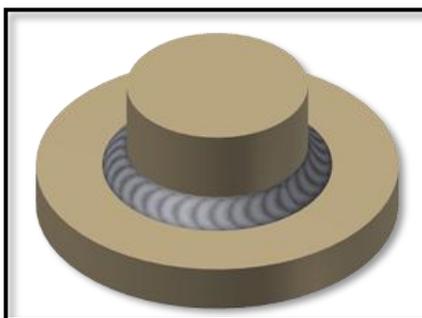


Figura 6.7: Soldadura circular de 360°.

Fuente: www.narges.com

b. Soldadura vertical ascendente de 180°

Todas las soldaduras se hacen en la parte superior y después el panel gira sobre sí mismo (180°) para completar la operación.

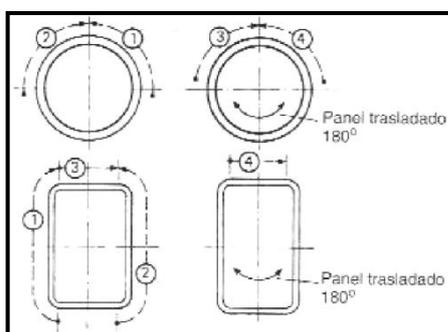


Figura 6.8: Soldadura vertical ascendente de 180°.

Fuente: www.narges.com

c. SOLDADURA VERTICAL ASCENDENTE

Los perfiles tubulares no se pueden mover.

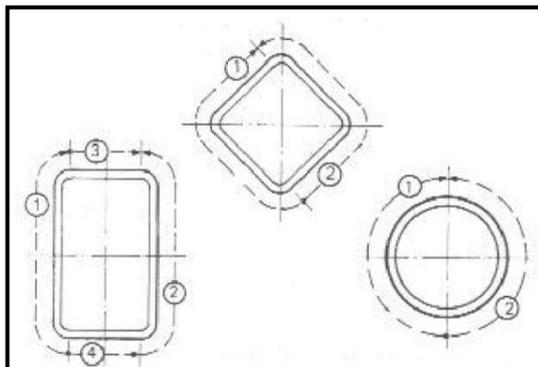


Figura 6.9: Soldadura vertical ascendente.

Fuente: www.narges.com

d. Soldadura horizontal

Esta posición es necesaria cuando las barras están en posición vertical y no se pueden mover. Si las barras se encuentran en posición horizontal, las soldaduras se hacen en posición vertical (REVINCA).

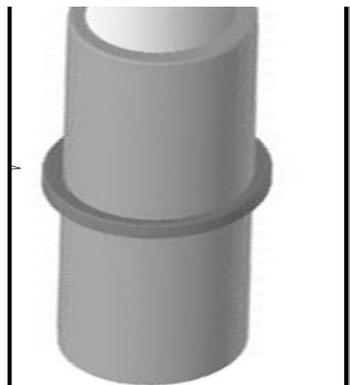


Figura 6.10: Soldadura horizontal.

Fuente: www.narges.com.

6.5.3. Punto inicial de la soldadura

El punteado de la soldadura es una soldadura corta hecha para la unión preliminar de las barras de perfil tubular de una estructura, obteniendo una sujeción temporal previa a la soldadura definitiva del montaje.

El espesor de la garganta del punteado de soldadura tiene que estar de acuerdo con la posición de la raíz. Este debe garantizar una unión limpia en la raíz de la soldadura. Los extremos de los puntos de soldadura deben estar correctamente ejecutados para obtener una buena fusión en el cordón de la raíz.

Se tienen que llevar a cabo con mucho cuidado, puesto que los puntos de soldadura se convierten en parte de la soldadura definitiva. Por eso los soldadores precisan de una calificación especial para hacer trabajos de punteado de la soldadura.

El punteado del CHS se hace de forma circular cuando el diámetro del CHS es pequeño. Con respecto al punteado de la soldadura de un nudo de CHS hay que evitar la soldadura en la posición simétrica A de los tubos acoplados debido a la concentración de tensiones que se localizan en ese punto. En general, la longitud mínima del punteado de un tubo acoplado se puede reducir hasta $1/10$ del diámetro exterior del tubo.

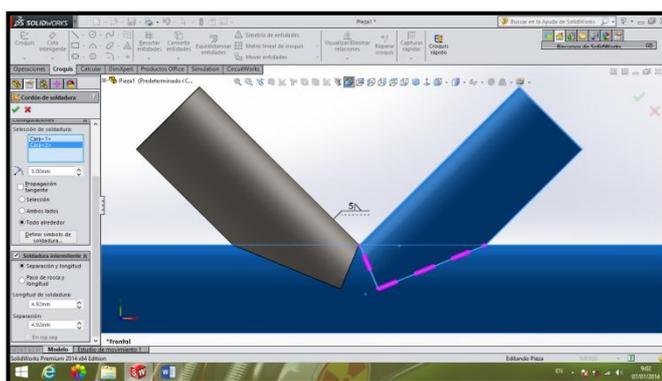


Figura 6.11: Punteado de soldadura. Provoca concentración de tensiones

Fuente: Los autores.

6.5.4. Inspección de soldaduras

Las soldaduras de las estructuras de acero se pueden comprobar mediante ensayos destructivos (sólo en laboratorio) o no destructivos. Desde el punto de vista económico, la extensión de las inspecciones debería ser mínima. Así pues, las soldaduras en ángulo son preferibles a las soldaduras a tope.

Los ensayos destructivos, que son los ensayos de tracción, de plegado, de resistencia frente al impacto, de dureza y de fatiga, se suelen hacer antes de empezar la soldadura final de una estructura.

Estos ensayos también se llevan a cabo para comprobar la capacidad profesional de los soldadores. Los siguientes cinco métodos no destructivos pueden facilitar información concluyente con respecto a la calidad efectiva de la soldadura:

- Inspección visual.
- Ensayo con partículas magnéticas.
- Ensayo con líquidos penetrantes.
- Inspección ultrasónica.
- Inspección radiográfica mediante rayos X.

Es de importancia fundamental efectuar una detenida inspección visual de la costura de la soldadura, así como de la zona próxima a la soldadura, tanto antes como después de soldar (Verdu).



Figura 6.12: Fisuras detectadas

Fuente: www.meriansrl.com.

6.6. FLUJOGRAMA DE CONSTRUCCIÓN

1. Adquisición de materiales
2. Transporte
3. Trazado de todos los elementos
4. Inspección del marcado
5. Corte de los elementos
6. Inspección de los cortes y desbaste
7. Transporte
8. Curvado de los elementos
9. Inspección del curvado
10. Transporte
11. Montaje
12. Inspección de medidas
13. Soldadura de los elementos del chasis
14. Inspección de soldadura
15. Desbaste.
16. Fondo de pintura en la estructura.
17. Pintura.

6.7. PROCEDIMIENTOS GENERALES PARA LA FABRICACIÓN

6.7.1. MONTAJE Y CONSTRUCCIÓN DEL CHASIS

Para el montaje y construcción del vehículo Prototipo se definieron los siguientes parámetros:

- Montaje: Tisa para el marcado del miembro estructural.
- Trabajo de taller: corte o aserrado.
- Método e curvado: Curvadora neumática de tubos.
- Soldadura: MIG- MAG.

Determinados los parámetros que influyen en la correcta fabricación del vehículo se realizaron los siguientes pasos para construcción:

- a. Una vez ya determinado los parámetros y fijado el lugar de trabajo para el montaje como primer paso se realizó el modelado de cada uno

de los elementos como una matriz en base con los planos ya culminados.

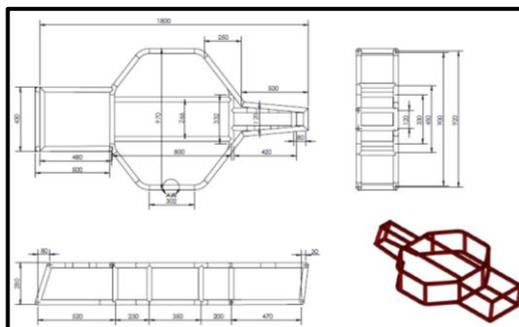


Figura 6.13: Planos finales.

Fuente: Los autores.

- b. Se dibujan cada uno de los elementos en una plancha de madera a medida real como se indica en la figura 6.14, incluido el diámetro del tubo.



Figura 6.14: Marcado de los elementos.

Fuente: Los autores.

- c. Se mide cada uno de los elementos para establecer la distancia a la que se debe cortar el tubo para luego ser desbastado con el tipo de unión determinado.



Figura 6.15: Marcado de los elementos.

Fuente: Los autores.

d. Los elementos o barras que contienen dobleces, se señalan las medidas de los ángulos mediante una escuadra graduable en base al dibujo en la plancha de madera, estos elementos son:

- Jaula de protección pies: 6 dobleces.(2 unidades)
- Jaula de protección techo: 4 dobleces.(1 unidad)
- Protección ruedas y suspensión: 1 dobles (2 unidades).

Para llevar a cabo esta operación se empleó una dobladora de tubos de tipo Hidráulica.



Figura 6.16: Dobladora de tubos de tipo hidráulica.

Fuente: Los autores.

- e. Ya culminada la operación se verifica la planitud y las medidas con los planos.

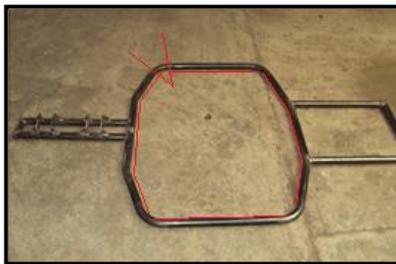


Figura 6.17: Verificación de ángulos en base chasis.

Fuente: Los autores.

- f. Todos los elementos se deben cortar con un pequeño exceso en su longitud ya que al momento de desbastar se corre el riesgo de disminuir su longitud. Y se suelda según las medidas determinadas primero dando puntos en los extremos para luego completar hacia todo el contorno en las diferentes uniones.



Figura 6.18: Punteado de la estructura. Proceso de soldadura de tipo MIG.

Fuente: Los autores.

- g. La parte crítica del proyecto al tratarse de elaborar un vehículo que emplee materiales mixtos fue el bastidor o elemento estructural donde se unirán todos los elementos mecánicos y accesorios eléctricos, de tal forma que este conjunto será donde se desarrolla la mayor cantidad de esfuerzo, una vez cortados, realizados los dobleces pre establecidos, se soldó las diferentes partes del conjunto siempre teniendo en cuenta los requisitos establecidos.



Figura 6.19: Chasis del vehículo.

Fuente: Los autores.

SOLDADURA MIG: los puntos de suelda se realizó mediante el proceso MIG/MAG un sistema de alimentación impulsa en forma automática y a velocidad predeterminada el alambre-electrodo hacia el trabajo o baño de fusión, mientras la pistola de soldadura se posiciona a un ángulo adecuado y se mantiene a una distancia tobera-pieza, generalmente de 10 mm.

h. Ahora que ya se cuenta con el chasis y establecido los espacios necesarios para cada uno de los elementos mecánicos y eléctricos se procede a ensamblarlos de manera cronológica como se describe a continuación.

- Ensamble suspensión (Parte delantera)
- Montaje mesa inferior (2 unidades)
- Montaje amortiguador (2 unidades).



Figura 6.20: Montaje suspensión delantera del vehículo.

Fuente: Los autores.

- Montaje de chumaceras en el eje de transmisión. (2 unidades)



Figura 6.21: Montaje de chumaceras.

Fuente: Los autores.

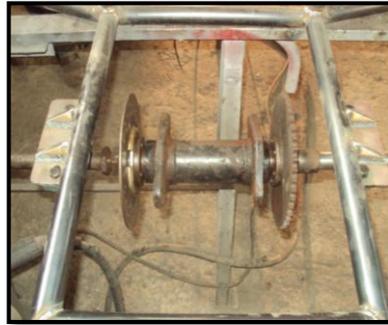


Figura 6.22: Montaje de sistema de tracción.

Fuente: Los autores.

- i. De esta forma el conjunto ya cuenta con los elementos mecánicos en cuanto se refiere al sistema de suspensión y el sistema de tracción.



Figura 6.23: Conjunto completo Sistemas mecánicos.

Fuente: Los autores.

- j. Con la cronología del proceso de construcción se formó el arco principal que forma parte de la cabina en la parte posterior, respetando las especificaciones de espacio y ergonomía del conductor.



Figura 6.24: Formación arco principal.

Fuente: Los autores.

- k. Para dirigir al vehículo se utilizó un sistema de dirección tipo mecánica que une a la columna de dirección y un sistema de barras y terminales conectados directamente hacia las mesas inferiores de la suspensión.



Figura 6.25: Sistema de dirección de tipo mecánica.

Fuente: Los autores.

- l. A continuación se forma la cabina del conductor para instalar el material alternativo para el presente caso se utilizó bambú de 38.1 mm de diámetro exterior ensamblado con topes metálicos para las uniones.



Figura 6.26: Topes metálicos para las uniones de la cabina.

Fuente: Los autores.

- m. Las uniones se realizó en forma de muesca a 45 para formar las esquinas del vehículo.



Figura 6.27: Muesca para formar los topes

Fuente: Los autores.

- n. Para formar la parte delantera de la cabina se utiliza una unión de tipo triangular formando la unión de 3 elementos respetando las medidas y ángulos de los planos además en este punto se fija la columna de dirección para establecer la rigidez que exige el sistema.

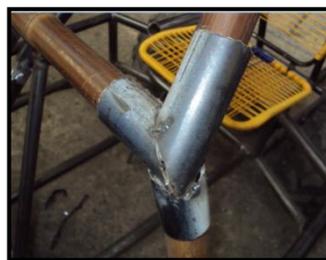


Figura 6.28: Tope parte delantera de la cabina.

Fuente: Los autores.

- o. La parte superior necesita ser rígida debido a la prueba que establece la norma INEN 1323 por lo cual se diseñó el vehículo con estos parámetros considerando los puntos donde se aplicara cada una de las combinaciones de cargas.



Figura 6.29: Parte superior - techo de la cabina.

Fuente: Los autores.

- p. Una vez ya establecido estos parámetros, se ajustó la altura del volante de la dirección verificando los parámetros de ergonomía del hombre percentil al 95%.



Figura 6.30: Regulación altura volante de la dirección.

Fuente: Los autores.

- q. Ya culminada la estructura y ensamblado las partes mecánicas resta colocar el piso en la estructura, se elabora una matriz con papel para todos los detalles, se utiliza una plancha de tol de acero galvanizado de 3 mm de espesor y de tipo corrugado.

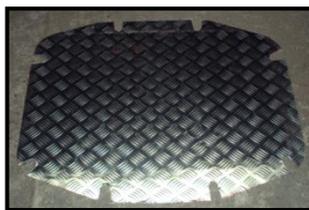


Figura 6.31: Piso prototipo Acero ASTM –A36.

Fuente: Los autores.

- r. Como último paso en el proceso es la parte de la pintura de la unidad consta de dos instancias la primera que se da un tratamiento previo a la pintura final se utiliza fondo color gris de este modo se da una capa anticorrosiva a la estructura.



Figura 6.32: Tratamiento previo a la pintura-fondo anticorrosivo.

Fuente: Los autores.

- s. Una vez seca se realizó el proceso de pintura final se seleccionó para el proyecto color rojo para la parte metálica tubular, y para el detalle del bambú se dio un tratamiento para evitar que se astille, se dio una capa de barniz que ayuda a la protección y estética del material alternativo.



Figura 6.33: Tratamiento del bambú.

Fuente: Los autores.

- t. De esta forma se establece la combinación de los materiales mixtos la unión del acero y el bambú.



Figura 6.34: Prototipo vehículo con materiales mixtos.

Fuente: Los autores.

- u. Finalmente resta ensamblar los diferentes sistemas mecánicos en la en la estructura del vehículo, para la movilidad se implementó una conjunción de la electrónica con la mecánica el sistema consta de un motor de inducción para poner en funcionamiento a la catalina del sistema de tracción.



Figura 6.35: Frente del vehículo - materiales mixtos.

Fuente: Los autores.



Figura 6.36: Vehículo completo - materiales mixtos.

Fuente: Los autores.

6.8. IMPLEMENTACIÓN SISTEMA DE PROPULSIÓN ELÉCTRICO

Como se trata de un prototipo de vehículo eléctrico desde cero, se parte con el diseño y la construcción de la estructura metálica en primer punto.

Una vez concluida la estructura metálica en su totalidad se ensambla los elementos eléctricos bajo la configuración ya establecida como se muestra en el siguiente diagrama.

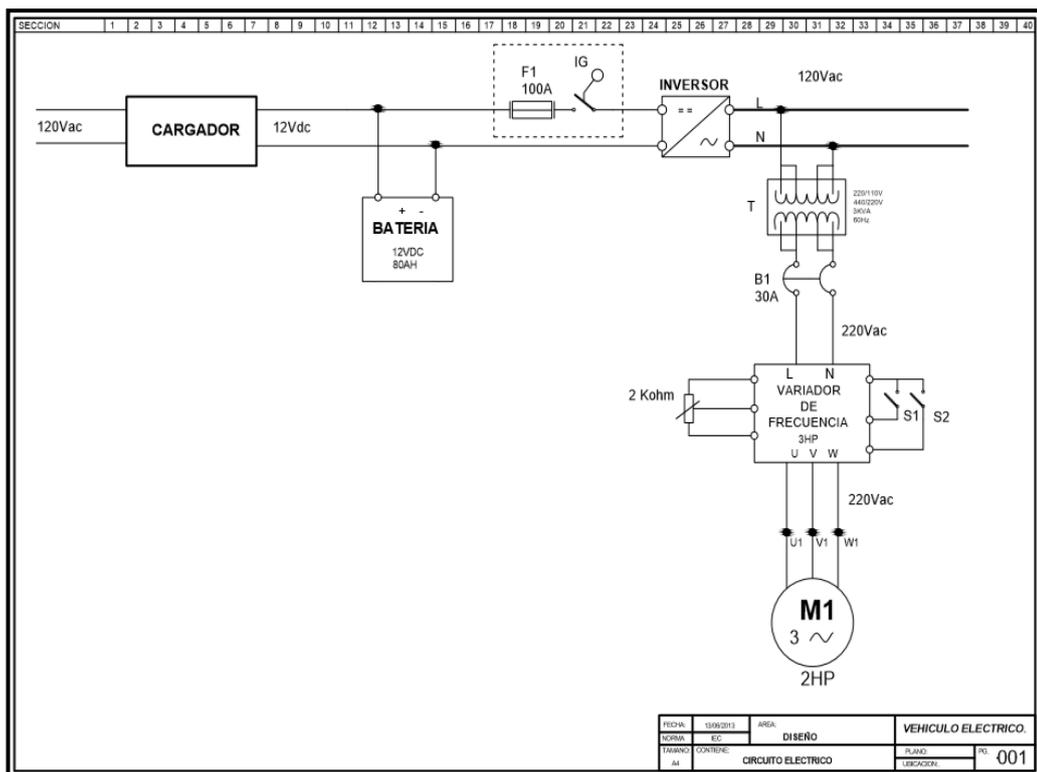


Figura 6.37: Diagrama sistema de propulsión eléctrica.

Fuente: Los autores.

- a. Se procede a verificar el estado de todos los elementos que se tienen en el auto y en el caso de ser necesario realizar un ajuste o reparación.
- b. Se refuerza la base para posteriormente el montaje de motor.
- c. Una vez realizado todos los arreglos pertinentes se procede al acople de motor eléctrico para posteriormente su montaje en el chasis.



Figura 6.38: Montaje motor eléctrico.

Fuente: Los autores.

- d. Diseño y acople del piñón al eje del motor.



Figura 6.39: Acople piñón al eje.

Fuente: Los autores.

- e. El tipo de conexión eléctrica delta-delta del motor de acuerdo al voltaje de tensión 220 V

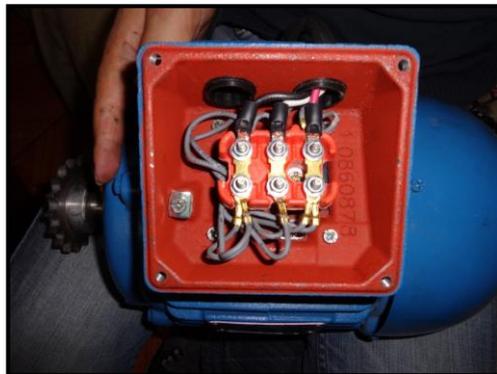


Figura 6.40: Conexión eléctrica delta.

Fuente: Los autores.

- f. Diseño de una base para la fijación del motor al chasis



Figura 6.41: Base motor.

Fuente: Los autores.

- g. Ajustar la cadena a la catalina del sistema de tracción.



Figura 6.42: Catalina del motor.

Fuente: Los autores.

- h. Colocar protección de cadena



Figura 6.43: Protecciones para el motor.

Fuente: Los autores.

- i. Una vez montado el sistema de acople se procede a realizar la respectiva alineación y ajuste.



Figura 6.44: Alineación - ajuste sistema de tracción.

Fuente: Los autores.

j. El siguiente paso es la configuración del controlador de velocidad en base a los datos de diseño y parámetros de funcionamiento del motor eléctrico. Como se muestra en la hoja técnica del dispositivo.

- Se realiza una prueba en vacío.
- Se realiza la prueba de plena carga.



Figura 6.45: Control de velocidad

Fuente: Los autores.

k. Se procede a realizar el montaje de las piezas eléctricas

- Se coloca la batería.



Figura 6.46: Montaje batería Bosh - S3

Fuente: Los autores.

- Ahora instalar el inversor DC/AC.



Figura 6.47: Instalación-inversor DC/AC.

Fuente: Los autores.

- A continuación el transformador 110 /220.
- Posteriormente el controlador (Altivar 312).



Figura 6.48: Instalación-transformador- controlador.

Fuente: Los autores.

- Una vez instalado los componentes eléctricos principales se coloca el sistema de aceleración, con una configuración de piñones.



Figura 6.49: Instalación-sistema de aceleración.

Fuente: Los autores.

- Y finalmente se instala los accesorios y protecciones con sus respectivas conexiones eléctricas.



Figura 6.50: Instalación-accesorios, sistemas eléctricos.

Fuente: Los autores.

- I. De esta forma se concluye la instalación y el montaje de todos los elementos mecánicos y eléctricos del prototipo ahora como parte concluyente se elaboran las pruebas de campo



Figura 6.51: Instalación completa - prototipo.

Fuente: Los autores.

6.9. PRUEBAS Y RESULTADOS

La primera prueba que se realiza al sistema de tracción es una prueba en vacío se trata de levantar la parte posterior del vehículo y hacer girar el sistema de tracción para comprobar las tres funciones del variador delante – neutro , y atrás.



Figura 6.52: Prueba en vacío.

Fuente: Los autores.

6.10. PRUEBA A PLENA CARGA

La siguiente prueba que se realiza al sistema de tracción es una prueba a plena carga es decir se excede los límites permisibles del diseño bajo estas condiciones el vehículo debe responder sin ningún problema ya que en el diseño se multiplica por un factor que garantiza que los elementos soportaran.



Figura 6.53: Prueba en la plena carga.

Fuente: Los autores.

6.10.1. VOLTAJES

Los voltajes registrados por el multímetro en la entrada del transformador fueron 119 V de ac y en la entrada del variador 239 V de ac.



Figura 6.54: Valor voltaje en el transformador.

Fuente: Los autores.



Figura 6.55: Voltaje en la Entrada al variador.

Fuente: Los autores.

6.10.2. CORRIENTES

La corriente pico máxima registrada por el multímetro en todas las pruebas realizadas para el arranque fue de 12 [A], como se observa es un valor que se encuentra dentro del rango de corriente permitido por el motor ya que este puede soportar un valor pico máximo de 18 [A].

6.11. ANALISIS DE COSTOS

6.11.1. COSTOS

Durante la realización de este proyecto se definieron dos etapas fundamentales que son la etapa de diseño y la etapa de construcción.

a. Costos directos

Los costos directos son considerados los valores correspondientes a: materiales, mano de obra, maquinarias y herramientas y transporte; estos rubros influyen y se destinan directamente al proyecto en sí, es decir no forman parte de otro proyecto.

b. Costos indirectos

Los costos indirectos corresponden a los valores utilizados en el proyecto que benefician a quienes realizaron el proyecto, es decir pueden ser utilizados para otra investigación.

Tabla 6.1: Costo total del proyecto

TOTAL MANO DE OBRA	\$ 564,88
TOTAL MATERIA PRIMA	\$ 402,95
TOTAL INSUMOS	\$ 78,87
TOTAL ENERGÍA	\$ 21,12
TOTAL DEPRECIACIÓN	\$ 5,25
TOTAL MATERIAL ELÉCTRICO	\$ 1.925
TOTAL MATERIALES MECÁNICOS	\$ 75
	\$ 3.073,07

Fuente: Los autores.

CAPÍTULO 7

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

- Con el software Solid Works se realizó el análisis del diseño de estructura teniendo resultados que se encuentran dentro de los límites permisibles exigidos por la NTE 1323.
- La primera condición de zona crítica el material tiene un esfuerzo máximo de 220 Mpa que no sobrepasa el límite elástico del material empleado el cual tiene un valor de . Para el material metálico y del para el bambú.
- El punto crítico del desplazamiento máximo tiene un valor de 1.58 mm el cual en función de la NTE -1323, establece que ningún elemento de la estructura debe sufrir una deformación mayor a 1/240 veces su longitud con base en este parámetro tenemos una valor de , el cual está dentro del límite permisible, valor ubicado en la base del motor eléctrico.
- Para el tipo de estructura en estudio, y por las características geométricas, propiedades mecánicas del material seleccionado se utilizó el criterio de fallo de Método de Energía de Distorsión (Von Mises) considerado como el mejor estimador para materiales dúctiles bajo cargas estáticas, normales, cortantes o combinados totalmente reversibles.
- El programa dentro del análisis de resultados permite visualizar tres cuantificaciones, la primera permite representar el tipo de carga al que está sometido el elemento, sea esta de tipo normal, cortante o combinada, la misma indica el valor del punto que tiene el mayor esfuerzo, es decir tiene la condición más crítica.
- Los materiales no superan su límite elástico 200000 N/mm² dentro de sus propiedades mecánicas, es decir los materiales soportan todas

las situaciones críticas exigidas en la norma NTE 1323 en cada una de sus respectivas combinaciones.

- Comercialmente un inversor es compatible con las baterías convencionales y tienen una salida normalizada de 110V, caso similar ocurre con el controlador del motor que normalmente tiene una entrada monofásica o trifásica a 220V/330V/440V.
- Se obtuvo resultado satisfactorio en cuanto autonomía 20 km y velocidad máxima 30 km/h del vehículo, tomando en cuenta las limitaciones de los elementos y accesorios existentes en el mercado nacional con la ventaja de que estos pueden ser remplazados relativamente rápido en caso de daño.

7.2. RECOMENDACIONES

- Para una correcta representación geométrica es necesario hacer un estudio teórico del comportamiento de la unidad (gokar), disponer de planos dimensionales adecuados además de conocer la aplicación que se pretende dar a la misma y elegir una norma correcta de comparación de resultados.
- La regulación de velocidad se puede hacer de dos formas diferentes: manteniendo constante el flujo y variando la tensión aplicada al inducido o manteniendo constante la tensión y variando el flujo de la excitación.
- Analizar con criterio cuales son los miembros estructurales donde se van a ubicar las cargas: muertas, vivas, frenado y de resistencia al aire frontal con el propósito de que los resultados dados, sean los más aproximados a la realidad de la estructura.
- Tomar en cuenta el tiempo de duración del consumo de energía, antes de conducir el vehículo considerando que tenemos como promedio 1 hora para circular en plano.
- Se recomienda mejorar el tipo de batería, por una de alta eficiencia para mejorar la autonomía y rendimiento del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, J, M, Técnicas del Automóvil Chasis.
- ANDRADA P., TORRENT M., BLANQUE B., y PERAT J., “Accionamientos de Reluctancia Auto conmutados para Vehículos Eléctricos”,
- CEÑA, ALBERTO Y SANTAMARTA, JOSÉ, El futuro del transporte, la energía y el medio ambiente, El coche eléctrico.
- ENCYCLOPEDIA OF SCIENCE & TECHNOLOGY ONLINE, “Electric vehicle”,
- GONZALEZ JOSE, TAPIA EDWIN, “Conversión De Un Vehículo De Combustión En Plataforma De Vehículo Eléctrico”, Escuela Politécnica Nacional, 2011.
- JOSEPH E, SHIGLEY – CHARLES R. MISCHKE, Diseño en ingeniería mecánica, sexta edición, McGraw - Hill.
- MANTENIMIENTO DE VEHÍCULOS, Carrocerías y bastidores, CEDE.
- NTE INEN 1323 – 2009, Instituto ecuatoriano de normalización, vehículos automotores y carrocerías de autobuses.
- ORGANIZACIÓN AUTOLIBRE, Manual de conversión de un vehículo Compacto, 2008.
- ROBERT L. MOTT, Diseño de elementos de máquinas, cuarta edición.
- ROBERT L. MOTT, Resistencia de materiales aplicada, tercera edición, México.
- RTE INEN 043 – 2010, Instituto ecuatoriano de normalización, autobús interprovincial e intraprovincial, primera edición.
- SONNAILLON MAXIMILIANO, “Sistema digital de control de un vehiculo eléctrico urbano”, Magister en Ciencias, Universidad Nacional de Rio Cuarto, 2005.
- SOTO DANIEL, “Aumento del rendimiento en un vehículo eléctrico, utilizando celdas fotovoltaicas”, Pontificia Universidad Nacional de Chile, 2002.

- VILADOT Alex, JONSSON Helena, PALSSON Ingemar, TORSTENSSON Hakatan, "Risk in Connection with Electric Vehicles", SSPA Sweden AB, 2000.

NETGRAFÍA

- http://www.avele.org/index.php?option=com_content&view=article&id=17&Itemid=23 [Revisado el 14/02/2014]
- <http://www.camionchileno.cl/2009/05/15/diferencial-como-funciona> [Revisado el 18/02/2014]
- http://www.mecanicavirtual.org/indice_cursos.html#cambio. [Revisado el 20/02/2014]
- <http://www.monografias.com/trabajos93/motores-electricos/motores-electricos.shtml#Relacionados> [Revisado el 01/03/2014]
- <http://www.monografias.com/trabajos94/motor-combustion-interna/motor-combustion-interna.shtml> [Revisado el 10/03/2014]
- <http://www.análisis-dsc.com> [Revisado el 13/03/2014]
- <http://www.Batidores.com> [Revisado el 14/04/2014]
- <http://www.IPAC.com> /aceros estructurales catálogos.
- <http://www.nrcan.gc.ca> [Revisado el 28/05/2014]
- <http://www.protubsa.com/> Especialistas en barras y tubos de aceros. [Revisado el 05/06/2014]
- <http://www.yuanhangsteel.com/> Propiedades mecánicas y químicas del material [Revisado el 23/06/2014]

ANEXOS