



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR**

**ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**TEMA:**

**“RECONSTRUCCIÓN DE UN VEHÍCULO TIPO  
GO-KART KODI KART 2012 CHASIS MOTOR  
YAMAHA 100 cc”**

**Trabajo de titulación previo a la obtención de título de Ingeniero en  
Mecánica Automotriz**

**AUTOR:**

**Aguilar Román Adrián Gonzalo**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**FEBRERO 2020**

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR**

**ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**CERTIFICADO**

Ing. Daniela Jerez

**CERTIFICA:**

Que el trabajo titulado “**Reconstrucción de un vehículo tipo Go-kart KODI KART 2012 Chasis Motor YAMAHA 100 cc**”, realizado por el estudiante: **Aguilar Román Adrián Gonzalo**, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple las normas estatutarias establecidas por la Universidad Internacional del Ecuador, en el Reglamento de Estudiantes.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional. El mencionado trabajo consta de un empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat. Autoriza al señor: **Aguilar Román Adrián Gonzalo**, que lo entregue a biblioteca de la Facultad, en su calidad de custodia de recursos y materiales bibliográficos.

Guayaquil, febrero 2020

---

Ing. Oscar Villavicencio

Director de Proyecto

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR**

**ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Yo, Aguilar Román Adrián Gonzalo**

**DECLARO QUE:**

La investigación de cátedra denominada: **“Reconstrucción de un vehículo tipo Go-kart KODI KART 2012 Chasis Motor YAMAHA 100 cc”**, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría, apoyados en la guía constante de mi docente.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico para la Escuela de Ingeniería en Mecánica Automotriz.

Guayaquil, febrero 2020.

---

Aguilar Román Adrián Gonzalo

C.I. 0705649481

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR**

**ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, Aguilar Román Adrián Gonzalo

Autorizo a la Universidad Internacional del Ecuador, la publicación en la biblioteca virtual de la Institución, de la investigación de cátedra: “**Reconstrucción de un vehículo tipo Go-kart KODI KART 2012 Chasis Motor YAMAHA 100 cc**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Guayaquil, febrero 2020

---

Aguilar Román Adrián Gonzalo

C.I. 0705649481

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mis padres Gonzalo y Marlene ya que con su amor, trabajo y sacrificio a lo largo de todos estos años me permitieron llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy.

A mi esposa quien a través de sus consejos y palabras de aliento hizo posible esto y a mi hijo que es mi motor diario en todo lo que realice.

A mi hermana y familia por todo su apoyo moral y presencial durante todos los momentos a lo largo de esta carrera.

Aguilar Román Adrián Gonzalo

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar quiero agradecer a Dios por haberme guiado y brindarme sabiduría y sobre todo perseverancia para poder culminar esta etapa importante en mi vida.

Agradezco a todas las personas que hicieron posible y contribuyeron con sus conocimientos para poder culminar la carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz.

Al apoyo incondicional de mis amigos Ronald y Andrés ya que fueron parte fundamental para empezar y terminar este proyecto así como también al resto de amigos y conocidos que supieron brindar el apoyo en los mejores y peores momentos.

Aguilar Román Adrián Gonzalo

## PRÓLOGO

En el área automotriz son muchos los prototipos de vehículos que se han diseñado para poder movilizarse de un lugar a otro, empleando diferentes tecnologías disponibles en cada era o años. Ante este crecimiento tecnológico automotriz las casas fabricantes querían quedar mejor ante las otras marcas y el mercado existente ansioso de adquirir algo más potente y eficiente.

Entonces se empezaron a crear y desarrollar vehículos de competencia de diferentes marcas para poder justificar y evidenciar cual es el más potente y que soporta todas las exigencias al motor y a la estructura del vehículo. Claro está que dichas carreras se dan en diferentes categorías que son las que clasifican los tipos de vehículos dentro de esos grupos están los vehículos tipo Karting que solo se usan para carreras en pista no en la calle de la ciudad.

Con este tipo de investigación podemos realizar los estudios técnicos, elaborar cuadros comparativos y a su vez poder detectar fallas o anomalías mediante los mismos, y en el caso investigativo realizar mejoras en de eficiencia de los componentes que están relacionados con el chasis y la motorización del Go Kart.

Es necesario disponer de este tipo de vehículo en la facultad de Ingeniería Automotriz para posteriores competencias y demostrar que la estructura y modificación realizadas han mejorado su performance de aceleración y agarre en las curvas lo cual es imperante en cualquier competencia. Su parte motriz también colabora en su desempeño en la pista por su aceleración al salir y al recuperar velocidad después de girar en alguna curva. El diagnóstico de la falla y su reparación deben ser rápidas para evitar contratiempos en la carrera.

## RESUMEN GENERAL

Se ha evaluado y reconstruido Vehículo tipo **Go-kart KODI KART 2012 Chasis Motor YAMAHA 100 cc**, según las Normas CIK/FIA (Comisión Internacional de Karting/Federación Internacional de Automovilismo), con la firme intención de mejorar el diseño estructural y motriz, colaborando con el deporte tuerca, se realizó el análisis de cargas estructurales, se determinó su resistencia a diferentes cargas de impacto, en base a la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1323 para vehículos automotores. Obtenidos ciertos resultados se reconstruyó el chasis del Kodi Kart 2012, para brindar mayor resistencia a las diferentes cargas de impacto, posterior de haber realizado el estudio de fuerzas, se procede a la modificación de la estructura, de la dirección y del eje de transmisión ante lo cual se realizó el acople de los demás sistemas automotrices como son: el sistema de frenos, el sistema de alimentación de combustible, el sistema de transmisión y al acoplamiento del motor de 100 cc. Con la construcción de este proyecto y la realización de las diferentes pruebas experimentales como: aceleración, velocidad y desempeño, se comprobó que es un vehículo confiable y óptimo para empezar la competencia del karting en la categoría de 100 cc. Una opción en la revisión de su comportamiento en la pista sería una prueba aerodinámica para ver qué tal se comporta estructuralmente el Go Kadi Kart.

Palabras clave: velocidad, aerodinámica, diseño, desempeño

## **ABSTRACT**

KODI KART Go-kart Vehicle 2012 has been evaluated and rebuilt. YAMAHA 100 cc Engine Chassis, according to the CIK / FIA Standards (International Karting Commission / International Automobile Federation), with the firm intention of improving the structural and engine design, collaborating with the analysis of structural loads was carried out, its resistance to different impact loads was determined, based on the Ecuadorian technical norm NTE INEN 1323 for automotive vehicles. Obtained certain results the chassis of the Kodi Kart 2012 was rebuilt, to provide greater resistance to the different impact loads, after having made the study of forces, proceeds to the modification of the structure, the direction and the axis of transmission before which was the coupling of other automotive systems such as: the brake system, the fuel supply system, the transmission system and the 100 cc engine coupling. With the construction of this project and the realization of the different experimental tests such as: acceleration, speed and performance, it was proven that it is a reliable and optimal vehicle to start the karting competition in the 100 cc category. An option in the review of its behavior on the track would be an aerodynamic test to see how the Go Kadi Kart behaves structurally.

Keywords: speed, aerodynamics, design, performance

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Certificado .....	ii
Declaración.....	iii
Autorización.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Prologo.....	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
<b>CAPÍTULO I GENERALIDADES</b>	<b>01</b>
1.1 Antecedentes.....	01
1.2 Objetivos.....	02
1.2.1 Objetivo General.....	02
1.2.2 Objetivos Específicos.....	02
1.3 Alcance.....	02
1.4 Justificación e importancia de la investigación.....	03
<b>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO</b>	<b>04</b>
2.1 Notación Go-Kart.....	04
2.2 Chasis.....	04
2.3 Componentes amortiguadores.....	04
2.4 Neumáticos libres según norma CIK / FIA.....	04
2.5 Paragolpes.....	05
2.6 Bandeja.....	05
2.7 Frenos.....	06
2.8 Dirección.....	07
2.9 Transmisión.....	08
2.10 Motores de combustión interna usados en Karting.....	09
2.11 Análisis estructural.....	11
2.11.1 Conexiones soldadas.....	15
2.12 Clasificación de las estructuras.....	16
2.12.1 Estructuras con elementos discretos.....	17

2.13	Condiciones de sustentación de la estructura del Go – Kart.....	19
2.14	Características de construcción.....	23
2.15	Sistemas de estabilidad.....	24
2.16	Fuerzas exteriores.....	26
2.17	Campo de deformación virtual.....	27
2.18	Elementos de tensiones.....	27
2.19	Deformaciones unitarias.....	28
2.20	Ecuación de equilibrio.....	28
2.21	Energía de deformación.....	29
2.22	Primer Teorema de Castigliano.....	29
2.23	Segundo teorema de Castigliano.....	30
2.24	Teorema de Maxwell o de las deformaciones reciprocas.....	30
2.25	Teorema de Crotti – Engesser.....	31
2.25.1	Teorema de Engesser.....	32
2.26	Vigas.....	32
2.27	Condiciones de estabilidad.....	33
2.28	Diagrama de esfuerzos.....	33
2.29	Relación entre carga, momento flexor y esfuerzo cortante.....	34
2.30	Campo de desplazamiento.....	35
2.31	Formulas ASD.....	35
2.32	Fuerza Axial y Flexión.....	36
CAPÍTULO III DISEÑO, CÁLCULO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES		37
3.1	Prototipo de la estructura.....	37
3.1.1	Marco.....	37
3.2	Constitución del Go - Kart.....	39
3.3	Estructura.....	40
3.4	Proceso del diseño.....	46
3.5	Dirección.....	47
3.5.1	Geometría.....	48
3.5.2	Cotas.....	50

3.6	Eje de transmisión motriz.....	51
3.6.1	Torque solicitado y fuerza de empuje.....	52
3.6.2	Peso.....	52
3.6.3	Capacidad cilindraje cubico.....	52
3.7	Transmisión.....	53
3.7.1	Selección de la transmisión.....	54
3.7.2	Eje de la transmisión.....	55
3.8	Asiento del piloto.....	55
3.9	Frenos.....	57
3.9.1	Sistema de Frenos.....	58
3.9.2	Neumáticos.....	59
3.9.3	Los Rines.....	59
3.10	Estudio de las fuerzas.....	63
3.10.1	Fuerzas estructurales.....	63
3.10.2	Definición del material.....	64
3.10.3	Definición del estado de carga y sus parámetros.....	64
3.10.4	Verificaciones de las cargas en el programa AUTOCAD.....	65
	<b>CAPÍTULO IV TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCIÓN Y</b>	<b>70</b>
	<b>MONTAJE</b>	
4.1	Método de construcción.....	70
4.2	Selección y calificación de taller.....	70
4.3	Construcción del chasis.....	71
4.4	Ajuste de la dirección y alineación del Kart.....	71
4.5	Montaje motriz.....	72
4.5.1	Motor y sistema de transmisión.....	72
4.5.2	Ajuste y afinamiento del motor.....	74
4.6	Ajuste del sistema de transmisión.....	76
4.6.1	Sistema de freno.....	77
4.6.2	Ajuste y calibración del sistema de freno.....	78
4.7	Ubicación del asiento del piloto y tanque de combustible.....	79
4.8	Presión de inflado de los neumáticos.....	80

CAPÍTULO V ANÁLISIS DE PRUEBAS	81
5.1 Pruebas de campo.....	81
5.2 Pruebas de desempeño.....	81
5.3 Ejecución de mantenimiento.....	82
5.3.1 Comprobación en tierra.....	85
5.3.2 Inspeccionar niveles.....	86
5.4 Inspección de estado de las bujías.....	87
5.4.1 Inspección de los cables de bujías.....	89
5.5 Cambio de shiglores y aguja.....	92
5.5.1 Limpieza y comprobación de la bomba de combustible.....	93
5.6 Inspección de los segmentos.....	93
5.6.1 Comprobación del diámetro y redondez de los cilindros.....	95
5.6.2 Inspeccionar bulones y cojinetes.....	96
5.7 Tabla de Plan de Mantenimiento.....	98
Conclusiones.....	100
Recomendaciones.....	101
Bibliografía.....	102
Anexos.....	103

#### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diferencia entre estructura del Go Kart y Kart.....	06
Tabla 2. Tipos de soldadura.....	17
Tabla 3. Tipos de condiciones de construcción.....	24
Tabla 4. Posibles situaciones de estabilidad.....	26
Tabla 5. Factores de servicio.....	54
Tabla 6. Propiedades del material.....	64
Tabla 7. Tabla de velocidades.....	82
Tabla 8. Dimensiones del pistón.....	94
Tabla 9. Medida de cilindros.....	95
Tabla 10. Medición del bulón.....	96
Tabla 11. Plan de mantenimiento del Go – Kart.....	99

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelado del Go-Kart Kodi Kart 2012.....	03
Figura 2. Transmisión por cadena.....	09
Figura 3. Cadena de rodillos simples.....	09
Figura 4. Motor Yamaha KT100.....	10
Figura 5. Tipos de estructuras reticulares.....	19
Figura 6. Apoyo deslizante o de rodillos.....	21
Figura 7. Apoyo articulado.....	20
Figura 8. Empotramiento.....	20
Figura 9. Empotramiento deslizante.....	21
Figura 10. Apoyo flexible.....	23
Figura 11. Reacciones de las estructuras.....	26
Figura 12. Reacciones inestables.....	27
Figura 13. Fuerza que actúa sobre un sólido.....	28
Figura 14 Campo de tensiones.....	28
Figura 15. Primer Teorema de Castigliano.....	30
Figura 16. Teorema de las deformaciones reciprocas.....	32
Figura 17. Teorema de Engesser.....	33
Figura 18. Diagrama de momento flector.....	35
Figura 19. Vista frontal del diseño.....	39
Figura 20. Vista lateral del diseño.....	40
Figura 21. Vista superior del diseño.....	40
Figura 22. Estructura del Go Kart.....	42
Figura 23. Eje principal posterior del Go Kart.....	43
Figura 24. Medición del tubo de la estructura del Go Kart.....	44
Figura 25. Parachoque delantero Go Kart.....	45
Figura 26. Parachoque posterior Go Kart.....	46
Figura 27. Parachoque lateral Go Kart.....	47
Figura 28. Diseño en Autocad del Go Kart.....	48
Figura 29. Volante de la dirección del Go Kart.....	49

Figura 30. Geometría de la dirección.....	50
Figura 31. Ángulo de salida de la dirección .....	51
Figura 32. Convergencia de las ruedas vehículo convencional.....	52
Figura 33. Selección de cadena y catalina del Go Kart.....	55
Figura 34. Selección y disposición del eje de la transmisión.....	56
Figura 35. Asiento del Kart.....	56
Figura 36. Centro de gravedad del asiento del piloto Go Kart.....	57
Figura 37. Sistema de frenos del Go Kart.....	59
Figura 38. Rines o ruedas del neumático.....	60
Figura 39. Capas del neumático.....	62
Figura 40. Dibujo en AutoCAD de la estructura del Go Kart.....	66
Figura 41. Dibujo en AutoCAD de vista superior.....	66
Figura 42. Dibujo en AutoCAD de vista lateral.....	67
Figura 43. Dibujo en AutoCAD de ángulo línea de dirección.....	67
Figura 44. Dibujo en AutoCAD de accesorios... ..	68
Figura 45. Dibujo en AutoCAD de bumper delantero y posterior.....	68
Figura 46. Dibujo en AutoCAD de atenuadores laterales.....	69
Figura 47. Marco y partes principales del chasis.....	71
Figura 48. Divergencia del Go Kart.....	71
Figura 49. Ajuste de la dirección del Go Kart.....	72
Figura 50. Ubicación del motor y sistema de transmisión.....	73
Figura 51. Montaje del eje posterior.....	74
Figura 52. Montaje del sistema de escape.....	74
Figura 53. Ubicación del conducto y filtro de alimentación de combustible....	75
Figura 54. Acoplamiento y ajuste de soporte del eje posterior.....	76
Figura 55. Alineación de la estrella de transmisión.....	77
Figura 56. Ajuste y calibración del sistema de freno.....	78
Figura 57. Ubicación del asiento del piloto.....	79
Figura 58. Ubicación del tanque de combustible.....	80
Figura 59. Revisión de la presión de aire de los neumáticos.....	80
Figura 60. Elementos de un soporte de Karting.....	83

Figura 61. Dimensiones de un soporte de Karting.....	83
Figura 62. Modelada en 3D de un soporte de Karting.....	84
Figura 63. Elaboración de un soporte de Karting.....	84
Figura 64. Soporte para Karting de 180 Kg.....	85
Figura 65. Instalación depurador de aire.....	85
Figura 66. Orden de apriete de tuercas culata.....	86
Figura 67. Conjunto cilindro.....	87
Figura 68. Ajustando la bujía.....	87
Figura 69. Midiendo la resistencia de la bujía.....	88
Figura 70. Puntas de encendido para competición.....	89
Figura 71. Tipos de terminales supresivos.....	90
Figura 72. Tipos de resistencia óhmica cable bujía.....	90
Figura 73. Tipos de aislantes de bujías .....	91
Figura 74. Terminal de la bujía.....	92
Figura 75. Calibrando aire y combustible.....	93
Figura 76. Dimensiones conjunto del cilindro.....	95
Figura 77. Purgado del sistema de frenos.....	97
Figura 78. Revisando línea de combustible.....	98

## LISTA DE ABREVIATURAS

CIK	Comisión Internacional de Karting
FIA	Federación Internacional de Automovilismo
F1	Formula Uno
ASTM	American Society For Testing And Materials
AISC	American Institute Of Steel Construction
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
INEN	Instituto Nacional Ecuatoriano De Normas
ASD	Allowable Stress Design
Gmaw	Gas Metal Arc Welding
MIG	Metal Inert Gas
MAG	Metal Active Gas

## LISTA DE ANEXOS

- Anexo I      Función de la bujía de encendido
- Anexo II     Codificación de las bujías NGK
- Anexo III    Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1323. Modelo de chasis y motor.
- Anexo IV    Acuerdo de los motores 2010
- Anexo V     Homologación de carrocería y chasis.
- Anexo VI    Tabla de rodamientos SKF.

# CAPÍTULO I

## GENERALIDADES

Este capítulo está compuesto por los objetivos y elementos para realizar el estudio de las pruebas de las modificaciones de los sistemas del Go Kart para evaluar su desempeño en la pista.

### **1.1. Antecedentes.**

Las necesidades de comprobar la potencia de sus motores, la estabilidad, agarre en curvas no se lo podía más que demostrar en carreras de Karting. Según la comisión internacional de Karting en cincuenta años del karting como deporte ha obtenido el respeto y el reconocimiento entre los pilotos y estudiantes de la carrera de mecánica automotriz para demostrar que estos vehículos si permiten ser el inicio de un buen piloto de prototipos o Fórmula uno, tanto así que pilotos del nivel de Michael Schumacher, Mika Häkkinen, Fernando Alonso y otros muchos, colaboraron en sus inicios deportivos para que el deporte del karting sea uno de los más reconocidos a nivel mundial y sobre todo la base más importante de este deporte.

Para vuestro conocimiento el primer kart comercial fue construido en agosto de 1956 por Arte Ingels y Lou Borelli en California con un chasis tubular y un motor corta-césped de la West Bend Company (1911-2003), establecido en Wisconsin. Muy pronto el karting se fue consolidando en otras bases de los Estados Unidos y comenzaron las primeras competiciones "salvajes". Los go-karts fueron superando los 50 km/h y rápidamente se incorporaron muchas mejoras técnicas (Fiakarting, 2019).

En los años 1970's, Ecuador no fue la excepción las competencias de karting se dieron a conocer primero en competencias en las calles de la capital para luego radicarse en el kartódromo Internacional Dos Hemisferios en la mitad del mundo y

posteriormente a otros Kartodromos como del de Guayaquil. Impulsando desde entonces equipos y escuderías que poco a poco han ido mejorando sus karts para mayor eficacia en competencias (Fiakarting, 2019).

## **1.2. Objetivos.**

### **1.2.1. Objetivo General.**

- Realizar las pruebas de funcionamiento del Go Kart para validar las reconstrucciones realizadas en la estructura y en el sistema motriz.

### **1.2.2. Objetivos Específicos.**

- Corregir mediciones de la estructura del Go Kart.
- Identificar ubicación de sus componentes para reestructurar su nueva posición si se requiere.
- Realizar las pruebas de manejo que compruebe sus mejoras funcionales y estructurales.
- Reconstruir o ubicar el sistema motriz para mejorar la tracción del motor.

## **1.3. Alcance.**

Se ha realizado comprobaciones para determinar los parámetros normales del Go-Kart Kodi Kart 2012, realizando las respectivas rectificaciones y pruebas de funcionamientos, implementando diferentes circuitos de suministro de combustible y entrega de corriente a la bujía.

A partir de este estudio se pudo analizar y comparar los parámetros reales de este Go-Kart Kodi Kart 2012 y así determinar los correctos valores a tomar en cuenta cuando estos se vean reflejados en la conducción y comportamiento del mismo.

La versatilidad de la revisión de los sistemas que comprenden todo el Go-Kart Kodi Kart 2012, permiten cambiar sus sistemas y modificar sus parámetros que

lograran un mejor desempeño estructural y motriz permitiendo ser más rápido y con menos consumo de combustible y neumáticos.

#### **1.4. Justificación e importancia de la investigación.**

Se justificara la necesidad de comprobar si cada sistema ya diseñado se podría modificar para obtener un mejor comportamiento estructural y motriz. Ya sea posible cambiar por otra pieza o modificar la misma implementando un nuevo componente o solamente cambiando un poco sus parámetros.



Figura 1. Modelado del Go-Kart Kodi Kart 2012  
Fuente. Adrián Aguilar

Debido a la variedad de modelos de vehículos Kart es indispensable conocer la información técnica específica del Go Kart para evaluar y no tener contratiempos o análisis de fallas equivocadas según la configuración de las instalaciones eléctricas y el sistema de alimentación de combustible.

En el manual de la estructura tubular del Go Kart debe contener la información acerca de sus parámetros estándar; lo cual es un indicador de sus parámetros de ensamblaje lo cual viene establecido los fabricantes de estos vehículos. La importancia del buen funcionamiento del mismo en la conducción se debe demostrar de manera estructural para un mejor enlace en las curvas sin peligro de derrape o excesivo agarre en la pista que disminuya la velocidad del mismo.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Notación Go-Kart.**

Se define como un vehículo terrestre con o sin carrocería, con cuatro ruedas no alineadas que están constantemente en contacto con el suelo, de las cuales dos aseguran la dirección y las otras dos la propulsión. Las partes principales son el chasis, el motor y el asiento del piloto.

#### **2.2. Chasis.**

Todas las piezas principales del chasis deben estar fijadas sólidamente unas con las otras. Sólo se admiten conexiones articuladas por el soporte convencional de la punta del eje y por la dirección. Cualquier otro dispositivo que tenga la función de articulación queda prohibido. La construcción tubular en acero de construcción y su flexibilidad corresponde a los límites de elasticidad de este material. La utilización de titanio está prohibida.

#### **2.3. Componentes amortiguadores.**

Los componentes amortiguadores. Hidráulicos, neumáticos o mecánicos están prohibidos en la totalidad del vehículo para evitar el rebote en la pista porque lo que se quiere obtener es que el peso del vehículo se suspenda hasta el piso y tenga mayor adherencia y mejor aerodinámica.

#### **2.4. Neumáticos libres según norma CIK / FIA.**

Para este tipo de vehículo tenemos estas especificaciones técnicas:

- Neumáticos con o sin cámara de aire.
- Distancia entre ejes: mínima 101 cm...máxima 127 cm.
- Vía: como mínimo 2/3 de la distancia utilizada entre ejes.
- Longitud total: máxima 182 cm; Fórmula-E, máxima 210 cm.

## 2.5. Paragolpes.

Los paragolpes son elementos de protección para el piloto y para el vehículo por lo tanto su disposición debe ser: una protección delantera, una trasera y dos laterales.

El paragolpes delantero: debe tener una altura máxima respecto del suelo de 20 cm, contruidos de acero negro o galvanizado que son ideales para estructuras o carrocerías de automóviles según especificaciones NTE INEN 2415 (Dipac, 2019).

## 2.6. Bandeja.

Debe haber una bandeja del piso hecha de material rígido que sólo sujete del tirante central del marco del chasis con el frente del marco del chasis. Esta deber estar biselada lateralmente por un tubo o un margen que impide a los pies del piloto resbalar fuera de la plataforma.

Si se perfora, los agujeros no deben tener un diámetro de más de diez milímetros y ellos deben estar separados por cuatro veces su diámetro como mínimo. Además, un agujero con un diámetro máximo de 35 mm, se permite para el solo propósito del acceso de la columna de dirección.

Tabla 1. Diferencia entre estructuras del Go-Kart y Kart

<b>KART</b>	<b>GO KART</b>
Vehículo a motor sin techo	Vehículo a motor con techo o cabina
Sin suspensión	Suspensión delantera 15 mm; suspensión trasera 17 mm
Carrocería más compacta	Carrocería más grande de soporte piloto
Cuatro ruedas no alineadas	Dos ruedas posteriores alineadas y propulsadas

Fuente. Adrián Aguilar

## 2.7 Frenos.

Sistemas de operación independientes delantero y posterior que en el caso de que uno no funcione el otro garantice el funcionamiento. Los frenos de un vehículo tienen como misión detener la marcha de un vehículo a voluntad del conductor de forma eficaz y sin perder la estabilidad durante el proceso. Debido a las ventajas que ofrecen los sistemas de disco, cada vez más a menudo son estos los que se montan. Normalmente, los frenos de tambor se utilizan hoy en día en vehículos de gama media – baja (Borja, 2009, pág. 169).

En el soporte de freno se encuentran dos zapatas en forma de sectores, en una de sus caras con guarniciones y son comprimidas simultáneamente contra el disco móvil mediante dos émbolos de frenado. Las fuerzas pueden también aplicarse al disco mediante un soporte móvil y con ello se tiene un efecto uniforme de frenado.

Los discos de freno son uno de los elementos de fricción en la acción de frenado de los sistemas de frenos de disco, suelen estar fabricados con acero aleado con cromo, ya que deben soportar elevadas temperaturas. Las pastillas de freno son unos forros de fricción de una composición muy similar a los forros de embrague poseen virutas o fragmentos de un componente metálico que tiene como misión proporcionar a la pastilla una mayor rigidez mecánica (Borja, 2009, pág. 173).

Existen instalaciones de frenos: mecánicas, hidráulicas y neumáticas pero en nuestro caso vamos a utilizar los frenos hidráulicos ya que el esfuerzo de frenado se efectúa mediante la acción de un líquido de freno DOT 3 (*Department Of Transportation; Departamento de transportación*), la presión de este líquido se puede comprimir muy poco por lo tanto su presión se propaga uniformemente en todas las direcciones y ejerce la correspondiente contra presión sobre los otros émbolos de igual diámetro. Si por el contrario los émbolos tienen distintos diámetros las presiones son distintas también. Según los programas de mantenimiento de los fabricantes de vehículos el líquido de frenos debe sustituirse aproximadamente a los 30,000 km o 60,000 km (Borja, 2009, pág. 182).

## **2.8 Dirección.**

Accionada por un volante totalmente circular y acoplado al sistema de varillaje de la dirección para mejorar su estabilidad y direccionamiento, su modo más sencillo por giro del eje delantero sobre un pivote, pero esta dirección de par rotatorio requiere mucho espacio y concede al coche una situación insegura sobre el suelo. La distancia entre ruedas permanece por ello en los giros, prácticamente invariable y el coche conserva en las curvas buena estabilidad de dirección.

Además, de esta forma el motor puede estar más abajo con lo que se mejora la adaptación del vehículo al terreno, los movimientos de giro del volante se transmiten por lo general a través de un engranaje al mecanismo de dirección y consiste en varias palancas o sistema de varillaje, la desviación de la dirección depende del ajuste de la barra de acoplamiento.

Esta barra de acoplamiento constituye, en unión de los dos brazos de acoplamiento, un cuadrilátero articulado, cuando este cuadrilátero es un paralelogramo ambas ruedas experimentan las mismas desviaciones. Por efecto del paralelogramo articulado se ven forzadas a recorrer trayectorias distintas creando un movimiento adicional de resbalamiento.

Los brazos de acoplamiento están por este motivo dispuestos de forma que sus prolongaciones se corten en el eje del centro trasero, con lo que entonces las curvas de rodaje tienen un centro común. Los brazos de acoplamiento, con la barra de acoplamiento de la dirección y el eje delantero constituyen el denominado trapecio articulado.

La condición más importante de la normativa pretende conseguir que las ruedas no derrapen cuando el vehículo tome las curvas. Al tomar una curva, cada rueda recorre una trayectoria distinta. Las ruedas exteriores han de recorrer mayor camino que las interiores (Dominguez, 2008, pág. 304).

## 2.9 Transmisión.

Se ha de efectuar siempre sobre las ruedas posteriores; el método es libre, pero todo tipo de diferencial está prohibido. Las transmisiones por cadena lo hacen por cierre de forma y por tanto sin resbalamiento, entre dos árboles separados una distancia que no puede salvarse con ruedas dentadas, para esto los eslabones de la cadena engranan en los dientes de la rueda de la cadena.

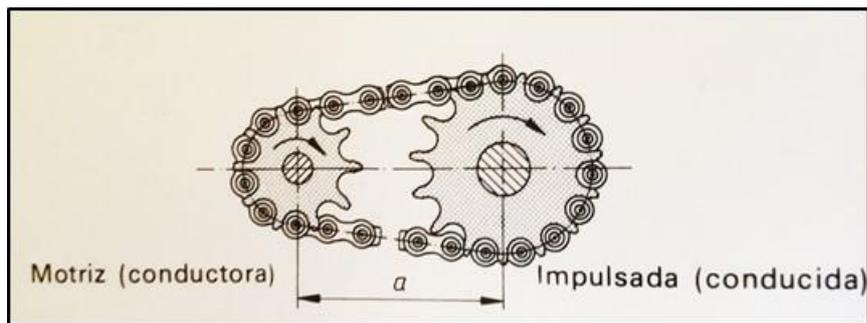


Figura 2. Transmisión por cadena  
Fuente. (GTZ, 1984, pág. 376)

Las cadenas de rodillos están recogidas en la norma DIN 8181 (Instituto Alemán de Normalización), consta de eslabones exteriores y eslabones interiores. Las dos placas de un eslabón interior están unidos a presión con casquillos templados por cementación, estas cadenas suelen utilizarse por la fiabilidad que ofrecen ante la rotura y su menor coste de mantenimiento (Borja, 2009, pág. 136).

Las placas guidoras impiden que se deslice lateralmente la cadena de la rueda, las cadenas de dientes tienen flancos de dientes rectos y son más pesadas que las cadenas de rodillos para soportar mayores fuerzas centrífugas.

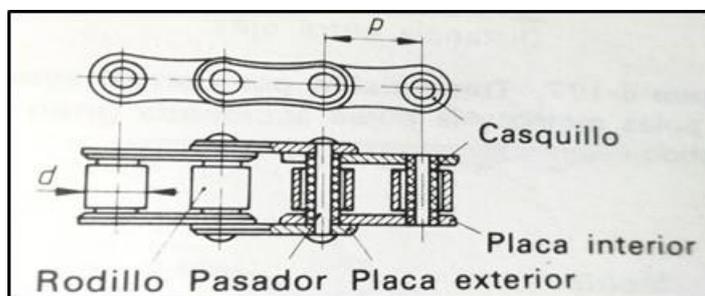


Figura 3. Cadena de rodillos simples  
Fuente. (GTZ, 1984, pág. 377)

## 2.10. Motores de combustión interna usados en Karting.

Se entiende por motor como la unidad motriz propulsora del vehículo en su orden de marcha, incluye un bloque de cilindro, cárter y posible caja de engranajes, el sistema de la ignición, carburador y silenciador de escape. Se prohíben todos los sistemas de inyección y diversos productos que mejoren la pulverización del combustible.

El Motor KT100 Yamaha, no comprenderá un compresor o cualquier sistema de sobrecarga. En el Go-Kart, un sistema de enfriamiento por aire o líquido es permitido. La Fórmula Mundial, Kart y motores de ICE (Internal Combustion Engine; Motor de combustión interna); deben ser aprobados por el CIK-FIA con el repuesto oficial del fabricante y partes homologadas. Las características de los tipos de motores que se mostraran en el presente documento anexo van de acuerdo con la clasificación por categorías propuesta por la CIK/FIA.



Figura 4. Motor Yamaha KT100  
Fuente. (Yamaha, 2019)

Grupo de motores 1, se evalúan y se indican sus características que son:

- Rotax 256 registrado por el antiguo CIK, con biela de 110, 113 ó 115 mm. Ningún otro motor registrado por el antiguo *CIK (Comisión Internacional de Karting)*. Con carburador mecánico y potencia a las válvulas, ambos sin equipo electrónico. Ignición: la unidad electrónica y la bobina solamente deben recibir: una alimentación (energía originada por el rotor/estator o de una batería) y una

señal provista del cigüeñal en orden determinado de la señal de ignición. El avance y cartografía no pueden bajo ninguna circunstancia estar modificadas por el asiento del piloto bajo condiciones normales de carrera.

➤ Rotax 256 es aprobado con la sustitución de partes por la CIK-FIA carburador mecánico y Power-Valves, ambos sin equipo electrónico. Ignición: la unidad electrónica y la bobina solamente deben recibir: una alimentación (energía originada por el rotor/estator o de una batería) y una señal provista del cigüeñal en orden determinado de la señal de ignición. El avance y cartografía no pueden bajo ninguna circunstancia ser modificados por el asiento del piloto bajo condiciones normales de carrera. Limitaciones de las proporciones de la caja de cambios.

➤ Motores para competiciones de motorbike Grand Prix de 250 cc diseñados antes del 2001, aprobados por la CIK-FIA y cumpliendo con el modelo básico vendido por el fabricante, incluyendo carburadores, Power-Valves e ignición.

El avance y cartografía no pueden bajo ninguna circunstancia ser modificada por el asiento del piloto bajo condiciones normales de carrera.

Nuevas modificaciones al motor aprobadas por la CIK-FIA, de acuerdo a la lista de requerimientos proporcionada por el fabricante. Los que disponen de un carburador mecánico y válvulas repotenciadas, ambos sin equipo electrónico. Ignición: la unidad electrónica y la bobina solamente deben recibir: una alimentación (energía originada por el rotor/estator o de una batería) y una señal provista del cigüeñal en orden determinado de la señal de ignición.

Para motores con dos cilindros de desfase, es permitido subir dos igniciones independientes con dos sensores. El avance y cartografía no pueden bajo ninguna circunstancia ser modificada por el asiento del piloto bajo condiciones normales de carrera.

Grupo de motores 2, se evalúan y se indican sus características que son:

- Motor mono-cilíndrico enfriado por aire por corriente de aire natural o enfriado por agua, un solo circuito, aprobado por la CIK-FIA.
- Capacidad cúbica máxima del cilindro: 250 cc.

Tipo de motores admitidos:

Cualquier producción en serie del motor motorbike de un solo cilindro, es aprobado por la CIK-FIA, dentro de sus parámetros establecidos.

Formula Mundial. Tiene las siguientes características:

- Motor mono-cilíndrico de 4-tiempos, enfriado por flujo de aire o agua, un solo circuito.
- Capacidad máxima del cilindro del motor de 220 cc.
- Súper-carga prohibida.
- Cualquier sistema de inyección está prohibido. La pulverización de otros productos como combustible aditivados está prohibido.
- Tipo: Aprobado por la CIK-FIA.
- Potencia límite: 15 HP (con el posible uso de un restrictor).
- Piloto con fuente eléctrica abordo.
- Embrague.
- Silenciador de escape cumpliendo con los estándares CIK-FIA (=100dB/A).
- Silenciador de entrada.

#### 2.11. Análisis estructural.

El objetivo principal del estudio de la mecánica de materiales es suministrar los conocimientos para analizar y diseñar diversas máquinas y estructuras portadoras de carga, ya que el análisis como su estructura dada involucran la determinación de esfuerzos y deformaciones en el elemento de una estructura (Ferdinand, 2010, pág. 2).

Esta definición es quizás excesivamente simplista, ya que al emplear los términos “elementos enlazados entre sí”, se induce a pensar en estructuras formadas por componentes discretos, por lo que sólo puede servir como una primera definición. La realidad es que las estructuras con componentes discretos son muy frecuentes en la práctica por lo que su estudio resulta del máximo interés. Además lo habitual es que los elementos sean lineales, del tipo pieza prismática, conocidos como vigas o barras y cuyo comportamiento estructural individual es relativamente fácil de estudiar, como se hace en Resistencia de Materiales. Con la definición anterior serían ejemplos de estructuras una viga, un puente metálico, una torre de conducción de energía, la estructura de un edificio, un eje.

Finalmente, se enfocara a la determinación a partir de especímenes de prueba, de la resistencia última de un material dado y el uso de un factor de seguridad en el cálculo de la carga permisible para un componente estructural fabricado con dicho material (Ferdinand, 2010, pág. 2).

Esta definición amplía el concepto de estructura a sistemas continuos donde no se identifican elementos estructurales discretos, como por ejemplo: la carrocería de un automóvil, la bancada de una máquina herramienta, un depósito de agua, un ala de avión, una presa de hormigón..., que no estaban incluidas en la idea inicial. De esta manera se en realidad el estudio de problemas de mecánica de sólidos en medios continuos que requieren del empleo de métodos sofisticados de análisis. Por esta razón este texto se limita al estudio de estructuras formadas por elementos discretos, de directriz habitualmente recta y en algunos casos curvas.

Respecto a la forma en que la estructura debe soportar las cargas no es fácil poner un límite claro. Quizás lo más general sea decir que la estructura debe tener un estado de tensiones y deformaciones tal que no se produzca un fracaso estructural que lleve a la destrucción de la misma, en ninguno de los estados de carga posibles. Por debajo de este amplio límite se imponen limitaciones más estrictas en función del tipo de estructura y de su aplicación concreta. La limitación que siempre se impone es la del valor máximo de las tensiones que aparecen en el

material, en cualquier punto de la estructura, a fin de evitar su rotura. Este es el caso de edificios, naves industriales, bastidores de vehículos y maquinaria, tuberías, etc.

El problema que trata de resolver el Análisis Estructural es la determinación del estado de deformaciones y tensiones que se producen en el interior de la estructura, a consecuencia de todas las acciones actuantes sobre ella. Como consecuencia también se determinan las reacciones que aparecen en la sustentación de la estructura.

La concepción de una estructura, por parte del ingeniero, se desglosa en tres fases: fase de planteamiento, fase de diseño y fase de construcción. En la fase de diseño, que es la que interesa para el análisis estructural, se pueden distinguir a su vez las siguientes etapas:

- ◇ Determinación de la forma y dimensiones generales: se eligen el tipo de estructura y la geometría de la misma, de acuerdo con su funcionalidad y la normativa aplicable. Se determinan asimismo los materiales principales a utilizar.
  
- ◇ Determinación de las cargas: se determinan las fuerzas exteriores que actúan sobre la estructura, así como todos aquellos efectos que puedan afectar a su comportamiento.
  
- ◇ Análisis: Consiste en determinar los esfuerzos internos y las deformaciones que se originan en la estructura como consecuencia de las cargas actuantes. Para efectuar el análisis de una estructura es necesario proceder primero a su idealización, es decir a asimilarla a un modelo cuyo cálculo sea posible efectuar. Esta idealización se hace básicamente introduciendo algunas suposiciones sobre el comportamiento de los elementos que forman la estructura, sobre la forma en que éstos están unidos entre sí, y sobre la forma en que se sustenta. Una vez idealizada la estructura se procede a su análisis, calculando las deformaciones y esfuerzos que aparecen en ella, y utilizando para ello las técnicas propias del Análisis Estructural. Para este análisis siempre se dispone, como datos de

partida, de los valores de las acciones exteriores y las dimensiones de la estructura, determinadas en las fases anteriores.

Salvo en casos muy simples, para el análisis de la estructura es necesario conocer las dimensiones transversales de los elementos que la componen, pero ocurre que estas dimensiones están básicamente determinadas por los esfuerzos internos que aparecen sobre ellos y que en principio son desconocidos. Por esta razón el análisis de una estructura suele ser en general iterativo, hasta lograr unos esfuerzos internos y unas deformaciones que sean adecuados a las dimensiones transversales de los elementos.

Para comenzar este proceso iterativo de análisis se deben imponer unos valores para las dimensiones transversales de los elementos, basándose en la experiencia, o en un pre dimensionamiento, que normalmente se basa en hipótesis simples.

Diseño de detalles: Son propios de la tecnología usada en la construcción de la estructura: nudos de unión, aparatos de apoyo, armaduras de hormigón, etc. El análisis de estructuras no interviene en esta fase.

- Definiciones generales. Para que el análisis de una estructura sea correcto es necesario que la idealización que de ella se haga se acerque lo más posible a su comportamiento real. Para efectuar esta idealización existen diversos aspectos a tener en cuenta, como son:
  - ❖ Disposición espacial de la estructura: puede ser en una, dos o tres dimensiones.
  - ❖ Tipo de elementos que forman la estructura: elementos discretos (piezas prismáticas), elementos continuos, o incluso estructuras mixtas.
  - ❖ Tipo de uniones estructurales entre los elementos: articuladas, rígidas (habitualmente llamadas empotradas), o flexibles.
  - ❖ Comportamiento del material: puede ser elástico, cuando al desaparecer las cargas el material vuelve a su estado inicial o no (por ejemplo si hay plasticidad). Dentro de los materiales elásticos el caso más habitual es el lineal, cuando la tensión y la deformación unitaria son proporcionales

- ❖ Pequeñas deformaciones: cuando la posición deformada de la estructura coincide sensiblemente con su posición sin deformar. Esto simplifica la relación entre las deformaciones unitarias y los desplazamientos de un punto, que es lineal.

En caso contrario se trata de un problema de grandes deformaciones y la relación entre deformaciones unitarias y desplazamiento no es lineal.

#### 2.11.1 Conexiones soldadas.

Este procedimiento, conocido también como soldadura MIG/MAG, (Metal Inert Gas o Metal Active Gas); consiste en mantener un arco entre un electrodo de hilo sólido continuo y la pieza a soldar. Tanto el arco como el baño de soldadura se protegen mediante un gas que puede ser activo o inerte. El procedimiento es adecuado para unir la mayoría de materiales, disponiéndose de una amplia variedad de metales.

La soldadura MIG/MAG es intrínsecamente más productiva que la soldadura GMAW, (Gas Metal Arc Welding o «soldadura a gas y arco metálico») donde se pierde productividad cada vez que se produce una parada para reponer el electrodo consumido. Las pérdidas materiales también se producen con la soldadura SMAW (Shield Metal Arc Welding o «soldadura por arco eléctrico»), cuando la parte última del electrodo es desechada. Por cada kilogramo de electrodo revestido comprado, alrededor del 65% forma parte del material depositado. La utilización de hilos sólidos e hilos tubulares han aumentado esta eficiencia hasta el 80-95%.

La soldadura MIG/MAG es un proceso versátil, pudiendo depositar el metal a una gran velocidad y en todas las posiciones. El procedimiento es muy utilizado en espesores delgados y medios, en fabricaciones de acero y estructuras de aleaciones de aluminio, especialmente donde se requiere un gran porcentaje de trabajo manual.

La introducción de hilos tubulares está encontrando cada vez más, su aplicación en los espesores fuertes que se dan en estructuras de acero pesadas.

Tabla. 2 Tipos de soldadura

Tipo de soldadura y esfuerzo	Esfuerzo permisible	Resistencia requerida de la soldadura
<b>Soldadura de ranura de penetración completa</b>		
Tensión perpendicular al área efectiva.	Igual a la del metal base	Debe usarse metal de soldadura compatible.
Compresión perpendicular al área efectiva.	Igual a la del metal base	Puede usarse metal de soldadura con resistencia igual o menor que la del metal de la soldadura compatible.
Tensión o compresión paralela al eje de la soldadura.	Igual a la del metal base	
Cortante en el área efectiva	30% de la resistencia nominal a la tensión del metal de soldadura (klb/plg <sup>2</sup> )	
<b>Soldadura de ranura de penetración parcial</b>		
Compresión perpendicular al área efectiva.	Igual a la del metal base.	Puede usarse metal de soldadura con resistencia igual o menor que la del metal de la soldadura compatible.
Tensión o compresión paralela al eje de la soldadura.	Igual a la del metal base.	
Cortante paralelo al eje de la soldadura.	30 % de la resistencia nominal a tensión del metal de soldadura (klb/plg <sup>2</sup> ).	
Tensión perpendicular al área efectiva.	30 % de la resistencia nominal a tensión del metal de soldadura (klb/plg <sup>2</sup> ), excepto que el esfuerzo de tensión en el metal base no excederá el 60 % del esfuerzo de fluencia del metal base.	
<b>Soldadura de filete</b>		
Cortante en el área efectiva	30 % de la resistencia nominal a tensión del metal de soldadura (klb/plg <sup>2</sup> ).	Puede usarse metal de soldadura con resistencia igual o menor que la del metal de la soldadura compatible.
<b>Soldaduras de tapón y de muesca</b>		
Cortante paralelo a las superficies de contacto en el área efectiva.	30 % de la resistencia nominal a tensión del metal de soldadura (klb/plg <sup>2</sup> ).	Puede usarse metal de soldadura con resistencia igual o menor que la del metal de la soldadura compatible.

Fuente. Manual de Soldadura MIG – MAG Cano. 2012

## 2.12. Clasificación de las estructuras.

Efectuar una clasificación detallada de las estructuras no es tarea fácil, pues depende de la tecnología y materiales usados para su construcción y del uso que se da a la estructura. Por esta razón sólo se incluyen aquí los tipos más usuales de estructuras, atendiendo a sus diferencias desde el punto de vista de su análisis, pero no desde el punto de vista de su funcionalidad.

Ya las primeras definiciones del concepto de estructura orientan a considerar dos grandes tipos de ellas: con elementos discretos o con elementos continuos. Ambos tipos se detallan a continuación.

#### 2.12.1 Estructuras con elementos discretos.

Estos elementos son por lo tanto piezas prismáticas y se denominan habitualmente vigas o barras. Los puntos de unión de unos elementos con otros se llaman nudos y cada elemento siempre tiene dos nudos extremos. Con esto la estructura se asemeja a una retícula formada por los distintos elementos unidos en los nudos. De hecho a estas estructuras se les denomina habitualmente reticulares (Celigueta, 2003).

Los tipos más importantes de estructuras reticulares son:

- Cerchas o celosías. Están formadas por elementos articulados entre sí y con cargas actuantes únicamente en los nudos. Los elementos trabajan a esfuerzo axial y no hay flexión ni cortadura. Por su disposición espacial pueden ser planas o tridimensionales.
- Vigas. Están formadas por elementos lineales unidos rígidamente entre sí, y que pueden absorber esfuerzos de flexión y cortadura, sin torsión. También pueden absorber esfuerzo axial, pero éste está desacoplado de los esfuerzos de flexión y cortadura, en la hipótesis de pequeñas deformaciones.
- Pórticos planos. Son estructuras compuestas por elementos prismáticos, unidos rígidamente entre sí, y dispuestos formando una retícula plana, con las fuerzas actuantes situadas en su plano. Estas estructuras se deforman dentro de su plano y sus elementos trabajan a flexión, cortadura y esfuerzo axial.
- Pórticos espaciales. Son similares a los anteriores, pero situados formando una retícula espacial. Sus elementos pueden trabajar a esfuerzo axial, torsión y flexión en dos planos.
- Arcos. Son estructuras compuestas por una única pieza, cuya directriz es habitualmente una curva plana. Absorben esfuerzos axiales, de flexión y de cortadura.

Como caso general existen también los arcos espaciales, cuya directriz es una curva no plana. En muchas ocasiones los arcos se encuentran integrados en otras estructuras más complejas, del tipo pórtico plano o espacial.

Emparrillados planos. Son estructuras formadas por elementos viga dispuesto formando una retícula plana, pero con fuerzas actuantes perpendiculares a su plano. Se deforman perpendicularmente a su plano, y sus elementos trabajan a torsión y flexión, según como se muestra en la figura 5.

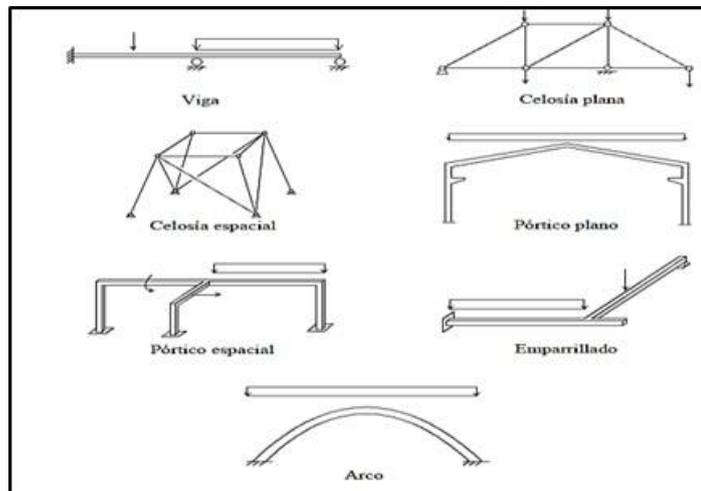


Figura 5. Tipos de estructuras reticulares  
Fuente: (Celigueta, 2003)

Estructuras con elementos continuos. En estas estructuras no se identifica a priori ninguna dirección preponderante y el material está distribuido de manera continua en toda la estructura.

- Membranas planas. Consisten en un material continuo, de espesor pequeño frente a sus dimensiones transversales, situado en un plano y con cargas contenidas en él. Corresponde al problema de elasticidad bidimensional y son el equivalente continuo de un pórtico.

- Placas. Consisten en un medio continuo plano, de espesor pequeño frente a sus dimensiones transversales, con fuerzas actuantes perpendiculares a su plano. Son el equivalente continuo de un emparrillado plano.
- Sólidos. Son medios continuos tridimensionales sometidos a un estado general de tensiones y deformaciones
- Cáscaras. Son medios continuos curvos, con pequeño espesor. Son el equivalente a la suma de una membrana y una placa, pero cuya superficie directriz es curva.

### 2.13. Condiciones de sustentación de la estructura del Go – Kart.

Condiciones de sustentación de las estructuras. Para que una estructura pueda considerarse como tal, debe estar en equilibrio bajo la acción de todas las fuerzas que actúan sobre ella, entre las que se incluyen tanto las acciones exteriores conocidas, como las reacciones desconocidas en los puntos de sustentación.

En el equilibrio de la estructura juega un papel fundamental la forma en que la estructura se halla unida a su sustentación, que se efectúa habitualmente a través de uno o varios puntos de apoyo, cada uno de los cuales introduce una o varias restricciones al movimiento de la estructura. Según (Celigueta, 2003) se denomina: “Condición de ligadura (simplemente ligadura ó también condición de apoyo) a una condición que define la deformación en un punto y una dirección dados de la estructura”.

Como cada ligadura define la forma en que la estructura puede deformarse en el punto y la dirección donde está aplicada, aparece una fuerza o momento desconocido en la dirección de la ligadura, denominada fuerza o momento de reacción. Esta fuerza de reacción es la fuerza que la sustentación debe hacer para que se satisfaga la condición de ligadura.

Las ligaduras son direccionales, es decir que cada una de ellas actúa en una sola dirección del espacio. Sin embargo las condiciones de apoyo habituales de las estructuras hacen que varias ligaduras aparezcan agrupadas, introduciendo simultáneamente varias condiciones de deformación.

Siempre se cumple que en la dirección donde hay una ligadura aplicada se conoce el valor de la deformación (normalmente dicho valor es cero) y se desconoce el valor de la reacción que aparece. En el caso de desconocerse el valor de la deformación se dice que no hay ninguna ligadura aplicada, y en ese caso se conocerá el valor de la fuerza exterior aplicada en esa dirección, estando la deformación controlada por el comportamiento de la estructura.

A continuación se describen los tipos de apoyos más habituales que pueden encontrarse en las estructuras, indicando las condiciones de ligadura que introducen.

### Estructuras planas.

Impide el desplazamiento perpendicular a la línea de apoyo y su reacción es una fuerza perpendicular a dicha línea. Se supone sin rozamiento y bidireccional, es decir que es capaz de ejercer reacción en los dos sentidos (a pesar de la forma sencilla que se emplea para su representación).

Este apoyo no influye en el giro de la estructura, que puede tener uno o varios giros, en función de la forma en que los distintos elementos estructurales se unan al nudo, como se muestra en la figura 6.

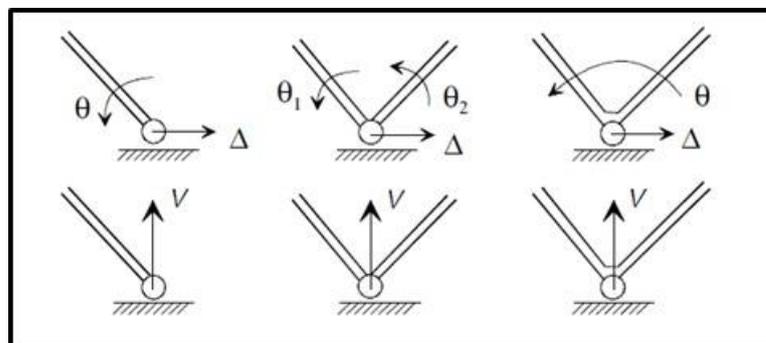


Figura 6. Apoyo deslizante o de rodillos  
Fuente: (Celigueta, 2003)

**Apoyo articulado.** No permite ningún tipo de desplazamiento, y su reacción es una fuerza de dirección arbitraria, que equivale a dos fuerzas según dos ejes ortogonales.

Este apoyo no influye en el giro de la estructura, que puede tener uno o varios giros, en función de la forma en que los distintos elementos estructurales se unen al nudo (figura 7).

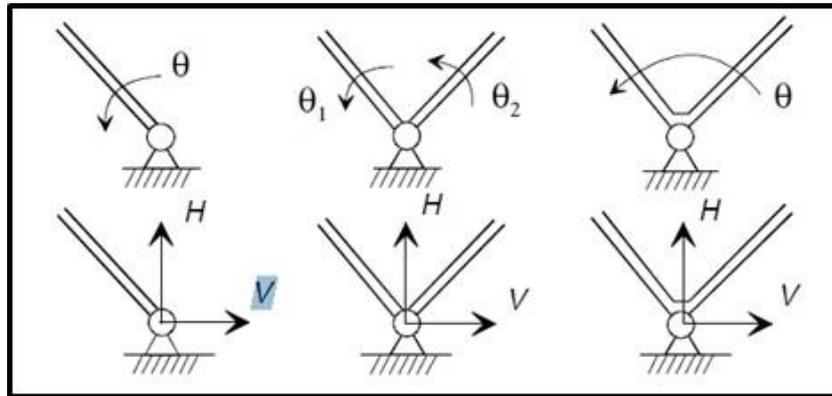


Figura 7. Apoyo articulado  
Fuente: (Celigueta, 2003)

**Empotramiento.**

No permite ningún desplazamiento ni el giro. Su reacción son dos fuerzas (H y V) contenidas en el plano de la estructura y un momento M perpendicular a él, (fig. 8).

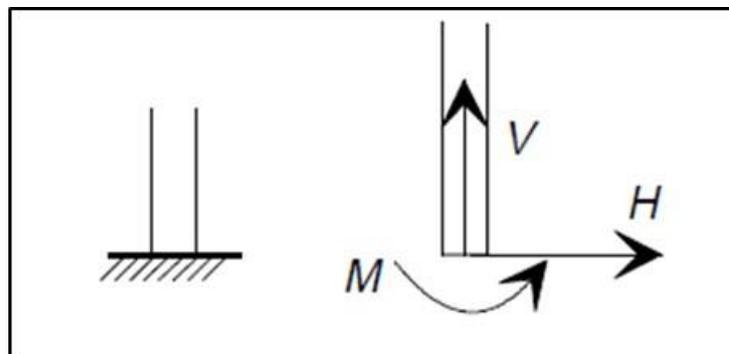


Figura 8. Empotramiento  
Fuente: (Celigueta, 2003)

### ***Empotramiento deslizante.***

Permite únicamente el desplazamiento en una dirección, pero impide el desplazamiento en la dirección perpendicular y también el giro. Se trata por lo tanto de un caso particular del empotramiento, pero que permite el deslizamiento en una dirección determinada. Su reacción es una fuerza perpendicular al eje de deslizamiento  $H$  y un momento  $M$  perpendicular al plano de la estructura (figura 9). Este tipo de apoyo no suele encontrarse habitualmente en la realidad, pero aparece cuando se emplean simplificaciones para considerar la simetría de una estructura.

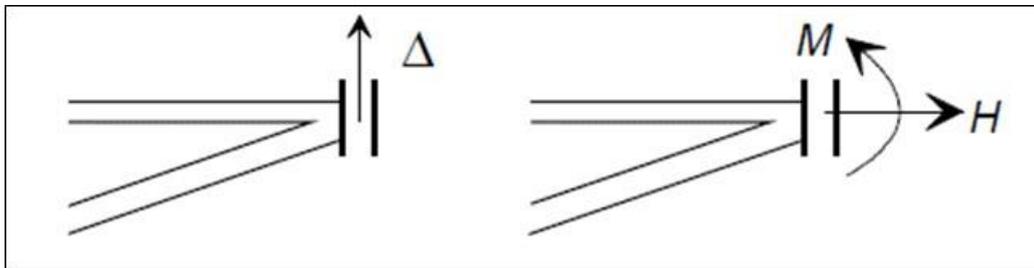


Figura 9. Empotramiento deslizante  
Fuente: (Celigueta, 2003)

### ***Apoyo flexible.***

El apoyo flexible está constituido por un punto de la estructura que está unido a la sustentación mediante uno o varios muelles, como se muestra en la figura 10. En general puede haber constantes de rigidez distintas en cada dirección, pudiendo ser cero en alguna de ellas (dirección libre). Asimismo el apoyo elástico puede coexistir con otras condiciones de ligadura.

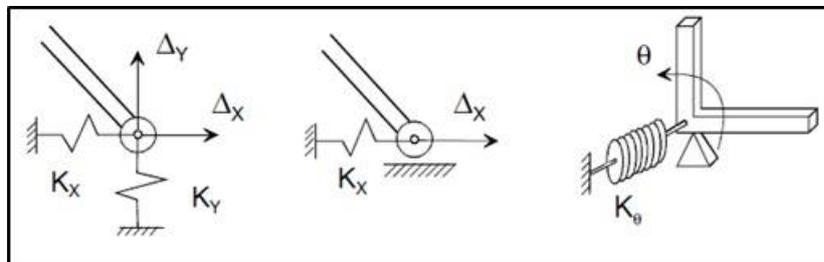


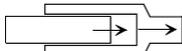
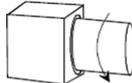
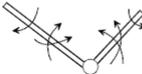
Figura 10. Apoyo flexible  
Fuente: (Celigueta, 2003)

#### 2.14. Características de construcción.

Los distintos elementos que componen una estructura reticular se pueden unir básicamente de dos formas:

- De forma totalmente rígida, transmitiéndose entre los elementos unidos todas las fuerzas y momentos posibles: tres fuerzas y tres momentos en el caso espacial, y dos fuerzas y un momento en el caso plano. En este caso todas las deformaciones de los elementos unidos son iguales.
- Mediante uniones imperfectas, que permiten un cierto movimiento relativo entre los elementos unidos. Estas uniones imperfectas se obtienen a base de anular la capacidad de transmisión de alguno de los esfuerzos transmitidos entre los elementos. Al eliminarse esta capacidad de transmitir algún esfuerzo, aparece un movimiento relativo entre los elementos, en la dirección del esfuerzo anulado. Según (Celigueta, 2003), afirma: que se denominan “condiciones de construcción a estas condiciones de esfuerzo nulo impuestas a las uniones entre los elementos de la estructura”. Su presencia juega un papel importante en la estabilidad de la estructura, o en su naturaleza isostática o hiperestática. Los tipos más importantes de condiciones de construcción se indican en la tabla 3.

Tabla 3. Tipos de condiciones de construcción

Tipo	Esfuerzo anulado	Representación
Articulación (o rótula)	Momento flector	
Deslizadera	Esfuerzo cortante	
Deslizadera axial	Esfuerzo axial	
Articulación a torsión	Momento torsor	
Rótula esférica	Dos momentos flectores, y un momento torsor	

Fuente: (Celigueta, 2003)

### 2.15. Sistema de estabilidad.

Estabilidad. La estática facilita que  **$q=3$  en ecuaciones de equilibrio** en el caso plano y  **$q=6$  ecuaciones en el espacial**, (*q son las cargas a las que está sometida una estructura en el plano o en el espacio*). En función de cómo sea el número de reacciones incógnita, en relación con este número de ecuaciones de equilibrio se presentan tres casos diferentes.

Suponiendo que no hay condiciones de construcción en la estructura, es decir que las uniones en todos los nudos son rígidas, dichos casos son:

- El número de **reacciones es menor que el de ecuaciones de equilibrio  $r < q$** . La estructura es un conjunto inestable y se dice que es externamente inestable. Sin embargo para ciertas combinaciones particulares de las fuerzas exteriores la estructura puede encontrarse en equilibrio, que se denomina equilibrio inestable.
- El número de **reacciones es igual que el de ecuaciones de equilibrio  $r = q$** . En principio la estructura es externamente isostática ya que hay ecuaciones de la estática en número suficiente para calcular todas las reacciones. Sin embargo esta condición es necesaria pero no suficiente para garantizar que la estructura es externamente isostática.
- En efecto, puede ocurrir que el número de reacciones sea el correcto, pero que su disposición geométrica sea tal que la estructura sea inestable en una determinada dirección: se dice en este caso que tiene inestabilidad externa. Esto ocurre por ejemplo en una estructura plana cuando las tres reacciones se cortan en un punto o son paralelas.

El número de **reacciones es mayor que el de ecuaciones de equilibrio  $r > q$** , la estructura está estáticamente indeterminada en principio, y se dice que es externamente hiperestática: es necesario introducir nuevas condiciones, además de las de la estática, para calcular las reacciones exteriores. Al igual que en el caso anterior esta condición es necesaria pero no suficiente: puede ocurrir que aunque haya reacciones en exceso, éstas tengan una disposición espacial tal que no impidan la existencia de algún tipo de inestabilidad en alguna otra dirección.

Normalmente los casos de inestabilidad externa suelen ir acompañada de algún tipo de Hiperestaticidad externa en alguna otra dirección, de tal manera que el cómputo global de incógnitas y ecuaciones no da una respuesta correcta. Según (MarcadorDePosición1pág. 13), afirma que: “la parte isostática se refiere a los esfuerzos axiales en las barras pueden ser obtenidas por consideraciones estáticas o sea equilibrio”.

Tabla 4. Posibles situaciones de estabilidad

	$r < q$	➡ Inestable externamente
Isostática externamente ➡	$r = q$	Soporta esfuerzos.
Hiperestática externamente ➡	$r > q$	No es elástica.

Fuente: (Prato, 2008)

Puede concluirse que la comparación del número de **reacciones r** con el número de **ecuaciones de la estática q**, brinda nada más que un balance global del estado de la estructura, pero no permite determinar con precisión su situación. Esto requiere en general una inspección de la misma y un análisis de si existen posibles situaciones de inestabilidad.

Ejemplos. Las estructuras de la figura siguiente tienen ambas  $r=q=3$ . Sin embargo la de la izquierda es estable e isostática, ya que las tres reacciones son independientes, mientras que la de la derecha es inestable, pues las tres reacciones se cortan en el apoyo de la izquierda, como se muestra en la figura 11.

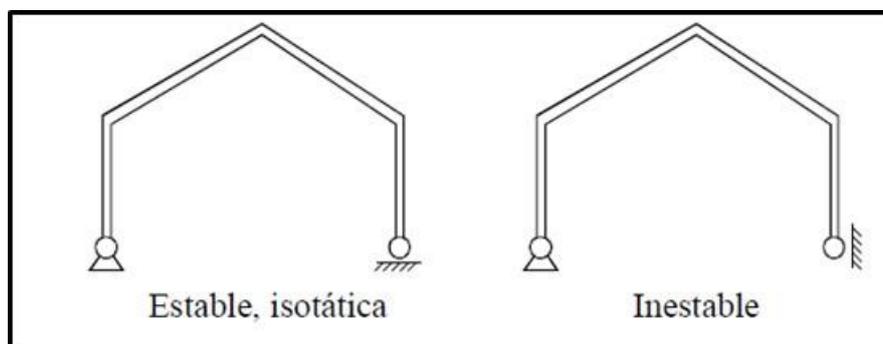


Figura 11. Reacciones de las estructuras

Fuente: (Celigueta, 2003)

Las estructuras siguientes tienen ambas  $r=q=3$ , pero su situación es muy diferente, pues la disposición de las reacciones produce inestabilidad de distinto tipo. Esta inestabilidad está unida a una hiperestática en otra dirección, de tal manera que el cómputo total de reacciones hace parecer que la estructura es isostática, como se muestra en la figura 12.

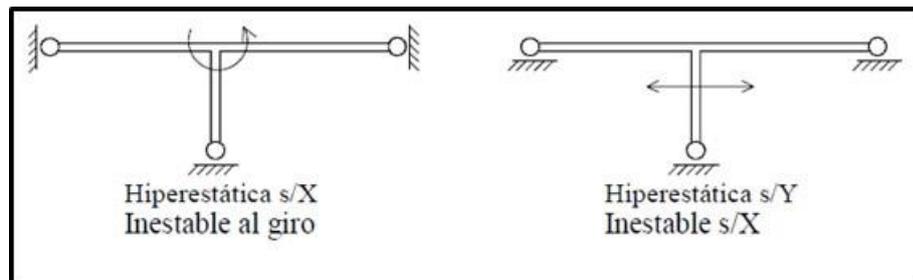


Figura 12. Reacciones inestables  
Fuente: (Celigueta, 2003)

#### 2.16. Fuerzas exteriores.

Las fuerzas exteriores con las fuerzas distribuidas sobre el volumen del sólido. Tienen tres componentes y cada una de ellas es una función del punto sobre el que actúan. Está definida en principio sobre todo el volumen del sólido.

- Fuerzas distribuidas sobre la superficie exterior del sólido que tienen tres componentes, cada una de las cuales es una función del punto sobre el que actúan, aunque sólo están definidas en puntos situados sobre la superficie exterior del sólido.
- Fuerzas y momentos puntuales, aplicadas directamente en determinados puntos del sólido. No son consistentes con la mecánica de los medios continuos, pero se introducen, cuando es posible, por su gran interés práctico. Habitualmente se manejan descompuestas en todas sus componentes escalares y agrupadas en un único vector  $P$  que contiene todas las componentes escalares de todas las fuerzas y momentos. Según muestra la figura 13.

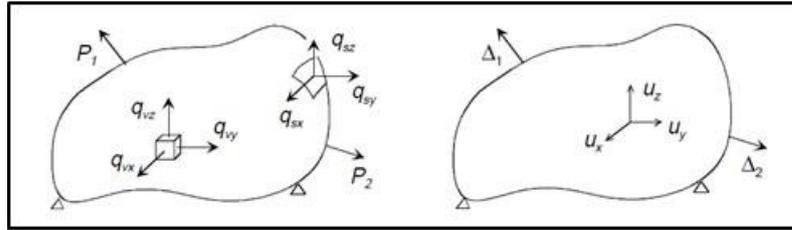


Figura 13. Fuerza que actúa sobre un sólido  
Fuente: (Celigueta, 2003)

### 2.17. Campo de deformación virtual.

En cada punto de un sólido existe una deformación que se denomina  $u$ . Las tres componentes son función de las coordenadas del punto  $(x, y, z)$ .

Se define asimismo un vector, que contiene los valores que adopta el campo de deformaciones en los puntos de aplicación y en la dirección de las fuerzas puntuales aplicadas. Es decir que el vector contiene las deformaciones del sólido medidas en la dirección de las fuerzas aplicadas, consideradas como escalares.

### 2.18. Elementos de tensiones.

Para introducir el concepto de tensión, se efectúa un corte arbitrario al sólido en equilibrio y en dicho corte se considera un elemento infinitesimal de **superficie**  $s$ , siendo  **$n$  el vector unitario** normal a él. La resultante de las acciones que el resto del sólido efectúa sobre el elemento de superficie está compuesta por una **fuerza**  $f$  y un **momento**  $m$ , ver figura 14.

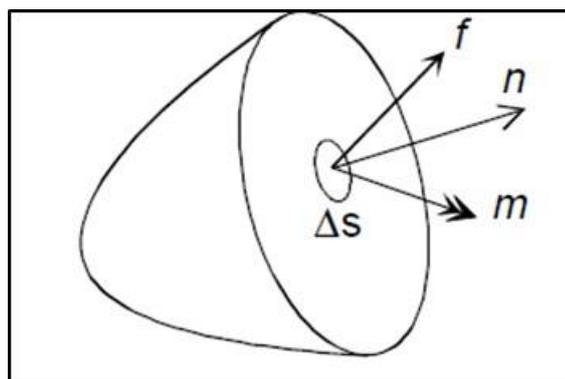


Figura. 14 Campo de tensiones  
Fuente. (Celigueta, 2003)

Se define el vector tensión como el que direcciona la orientación del elemento de superficie, por el giro o arrastre que vaya a tener este elemento. Además está la denominada fórmula de Cauchy, que proporciona el valor del vector tensión en una dirección cualquiera. Esta fórmula introduce el tensor de tensiones que indica que multiplicando este tensor por el vector unitario de una dirección  $n$  se obtiene el vector de tensiones en dicha dirección. Así pues el tensor de tensiones caracteriza la totalidad del estado de tensiones del material en el punto considerado y es independiente de la dirección en que se mida.

#### 2.19. Deformaciones unitarias.

Al aceptarse la hipótesis de pequeñas deformaciones, las deformaciones unitarias se representan mediante el tensor infinitesimal de deformaciones unitarias, con un tensor simétrico, por lo que sólo seis de sus componentes son distintas.

Este tensor se emplea bien como tensor, tal y como se ha definido, o bien como un vector, que agrupa sólo las seis componentes distintas. El empleo de esta representación simplifica algunos desarrollos posteriores, permitiendo pasar con sencillez de la notación tensorial a la vectorial.

#### 2.20 Ecuación de equilibrio.

Para obtener las ecuaciones de equilibrio del sólido se aísla un subdominio arbitrario del mismo, de **volumen  $V$**  y **superficie  $S$**  y se le aplican las ecuaciones de equilibrio de fuerzas y de momentos.

##### **Equilibrio de fuerzas.**

Las tres ecuaciones de equilibrio del dominio son las fuerzas en la superficie de dominio se pueden sustituir por su valor en función del tensor de tensiones mediante la fórmula de Cauchy.

##### **Equilibrio de momentos.**

Aplicando el equilibrio de momentos al dominio arbitrario y tras un desarrollo que se omite, en el que se dice que el tensor de tensiones es simétrico.

## 2.21. Energía de deformación.

La energía de deformación es la energía elástica total que se acumula en el sólido. Se obtiene por integración de la densidad de energía a todo el volumen.

### Caso de material lineal.

Para un material lineal la densidad de energía tiene una expresión sencilla, por lo que la energía total acumulada es la variación de la energía de deformación la cual si la densidad de **energía U** sufre una variación, la energía total acumulada U sufre también una variación.

## 2.22. Primer teorema de Castigliano.

Se considera un sólido elástico en equilibrio, sometido a un sistema de N cargas puntuales exteriores  $P_i$ , que pueden ser indistintamente fuerzas o momentos. En cada punto de aplicación de una carga se identifica la deformación  $D_i$  en la dirección de la carga, que es un desplazamiento si se trata de una fuerza o un giro si se trata de un momento.

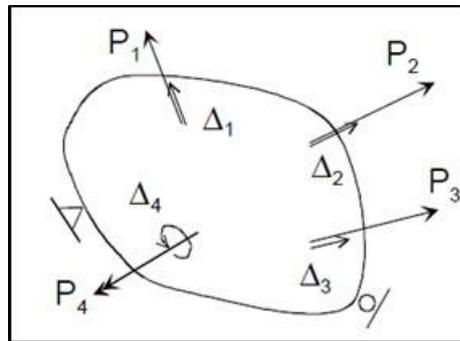


Figura 15. Primer teorema de Castigliano  
Fuente: (Celigueta, 2003)

Pero al ser la variación de los desplazamientos arbitraria, debe ser cero cada uno de los términos del sumatorio, es decir: que esta es la expresión del conocido primer teorema de Castigliano (1879), que es de gran utilidad para el análisis de estructuras, y que de hecho es la base del denominado método de rigidez. Según la figura 15, es aplicable a sistemas elásticos, con la condición de que pueda expresarse la energía elástica en función de las deformaciones.

En estructuras reticulares formadas por vigas, con las suposiciones habituales para su análisis, siempre es posible expresar dicha energía en función de una serie de parámetros de deformación (desplazamientos y giros de los extremos de las vigas), por lo que este teorema es de gran interés (Celigueta, 2003, pág. 24).

### 2.23 Segundo teorema de Castigliano.

Se considera nuevamente un sólido elástico en equilibrio (figura 18), sometido a un sistema de cargas **puntuales exteriores  $P_i$** , y sean  **$\Delta_i$  (Delta o variación)**, las deformaciones en la dirección de las cargas.

Se supone ahora que es posible expresar la energía elástica complementaria almacenada en el sólido en función de las fuerzas. Al estar el cuerpo en equilibrio, este potencial complementario es estacionario.

Pero al ser la variación de las fuerzas arbitraria, debe ser cero cada uno de los términos del sumatorio, ya que si el sólido es lineal y la energía complementaria coinciden, queda expresado el conocido segundo teorema de Castigliano (1879), de enorme utilidad para el análisis de estructuras y en particular para el cálculo de deformaciones. De hecho este teorema es la base del denominado método de flexibilidad para análisis estructural. Es aplicable a sistemas elásticos, con la condición de que pueda expresarse la energía elástica complementaria en función de las fuerzas generalizadas, lo cual es siempre posible en estructuras reticulares con las suposiciones que habitualmente se hacen para su estudio.

### 2.24 Teorema de Maxwell o de las deformaciones recíprocas.

Sea un sistema elástico lineal, sometido a dos sistemas de fuerzas distintos según la figura 16 nos demuestra que sus dimensiones van a variar:

- Sistema A, compuesto por una sola fuerza unitaria  $P_A = 1$ , que produce una deformación  $\Delta_B^A$  punto de aplicación A y  $\Delta_B^B$  en otro punto B.
- Sistema B, compuesto por una sola fuerza unitaria  $P_B = 1$ , que produce una deformación  $\Delta_B^B$  en su punto de aplicación B y  $\Delta_B^A$  en el otro punto A.

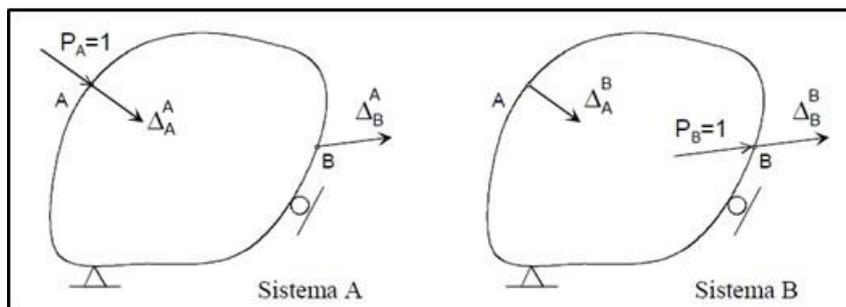


Figura 16. Teorema de las deformaciones recíprocas  
Fuente: (Celigueta, 2003)

Aplicando el teorema del trabajo recíproco de Betti-Rayleigh se cumple que el trabajo cruzado entre los dos sistemas es el mismo. Al ser las dos fuerzas unitarias, se obtiene que, la expresión del teorema de las deformaciones recíprocas. Puede enunciarse diciendo que la deformación inducida en un punto A por una fuerza unitaria aplicada en otro punto B es igual a la deformación inducida en B por una fuerza unitaria aplicada en A.

Este teorema fue obtenido por Maxwell (1864) para el caso de celosías y en realidad es un caso particular el teorema del trabajo recíproco. Aunque aquí se ha deducido para fuerzas, puede aplicarse a cualquier tipo de esfuerzo (fuerza o momento) y de deformación (desplazamiento o giro), utilizando siempre fuerzas o momentos de valor unidad y midiendo la deformación correspondiente en la dirección del esfuerzo.

## 2.25 Teorema de Crotti – Engesser.

La expresión de este teorema ha sido obtenida durante la deducción del segundo teorema de Castigliano del cual es una generalización propuesta en esta forma, y de manera casi simultánea e independiente, por F. Crotti en 1888 y F. Engesser en 1889. Se trata por lo tanto de una generalización del segundo teorema enunciado por Castigliano, y resulta muy práctico para calcular deformaciones en una estructura en la que se conoce su energía complementaria.

### 2.25.1 Teorema de Engesser.

Sea una estructura reticular formada por piezas prismáticas, con material elástico y sometido a un sistema de cargas general, incluyendo cargas puntuales, de superficie y de volumen. Se considera un esfuerzo interno cualquiera (esfuerzo axial, momento flector o esfuerzo cortante), que se denomina genéricamente  $X$  y se aplica la siguiente variación virtual al sistema de fuerzas:

*Todas las fuerzas exteriores y todas las reacciones se mantienen constantes.*

- El esfuerzo interior  $X$  se varía en una magnitud  $dX$ , (**diferencia de esfuerzo en  $X$** ). Al ser un esfuerzo interior, siempre estará formado por una pareja de fuerzas iguales y de sentido contrario y su variación también estará compuesta por dos fuerzas iguales y de sentido contrario (figura 17).

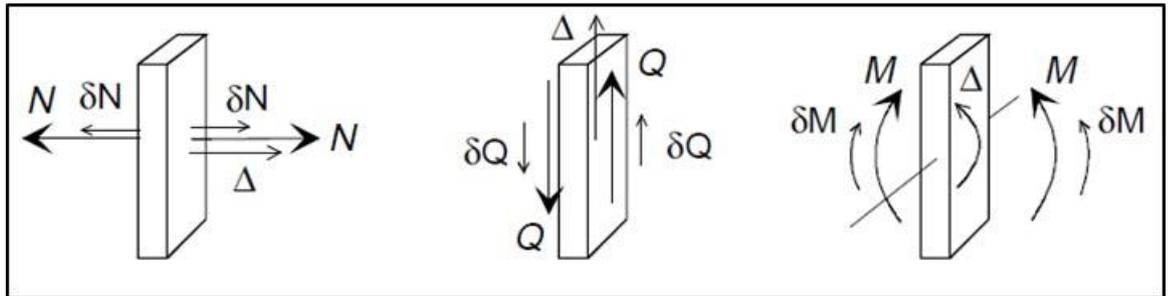


Figura 17. Teorema de Engesser  
Fuente: (Celigueta, 2003)

### 2.26. Vigas.

Las vigas son uno de los tipos de estructuras más frecuentes. Se pueden definir de manera formal de la siguiente manera:

- Son estructuras unidimensionales, en las que el material está agrupado alrededor de una línea recta, que por sencillez se toma como el eje  $X$ .
- Están sustentadas en uno o más puntos, y esta sustentación puede ser del tipo apoyo simple o empotramiento.
- Están cargadas básicamente con fuerzas perpendiculares a su eje. Todas las fuerzas están contenidas en un plano que contiene también a la viga. Puede

haber asimismo aplicados momentos exteriores, que deben ser perpendiculares al plano de las fuerzas.

- Se supone que el material es elástico lineal, y que las deformaciones son pequeñas, comparadas con las dimensiones de la viga sin deformar.

Bajo estas condiciones, las vigas se comportan como estructuras planas, apareciendo deformaciones transversales perpendiculares a su eje, y contenidas en el plano de las cargas, así como giros perpendiculares al plano de las cargas. No aparecen deformaciones en la dirección axial, al no haber cargas en ella.

En las condiciones anteriores las vigas están sometidas a esfuerzos internos de flexión y cortadura, pero no a esfuerzos axiales. Acumulan energía de flexión y opcionalmente de esfuerzo cortante, pero no de esfuerzo axial.

En el caso de haber cargas axiales, todos los efectos producidos por ellas están desacoplados de la flexión y cortadura. La demostración rigurosa de este desacoplamiento puede comprobarse en el estudio de pórticos planos. Para el estudio de vigas se ignora el esfuerzo axial y todo lo relativo a él.

#### 2.27. Condiciones de estabilidad.

Según lo indicado, en la viga coexisten los fenómenos de flexión y esfuerzo axial, que están desacoplados. El análisis de estabilidad debe hacerse por lo tanto para ambos efectos, por separado, incluyendo en cada uno de ellos las magnitudes que les afecten.

#### 2.28 Diagrama de esfuerzos.

Los esfuerzos internos en una viga son normalmente variables a lo largo de ella, y esta variación se expresa algebraicamente mediante una función de la coordenada  $x$ , que define la posición de cada sección de la viga:  $M(x)$  o  $Q(x)$ . El diagrama de un esfuerzo cualquiera es sencillamente una representación gráfica de esta función.

Estos diagramas no son en general continuos, sino que pueden mostrar discontinuidades en los puntos de aplicación de las cargas. En el caso de manejarse

funciones algebraicas, éstas tienen expresiones diferentes en los distintos tramos entre puntos de aplicación de cargas.

Los diagramas de esfuerzos se representan gráficamente sobre la propia viga, empleando los sistemas de ejes X, Y, de la viga. Con este criterio, los diagramas de solicitaciones tienen un aspecto diferente según cuál sea el sistema de ejes que adoptado para cada barra.

Para los diagramas de momentos flectores se suele emplear tradicionalmente otro sistema de representación, que consiste en llevar la ordenada del diagrama de momentos en cada sección, en la dirección de la cara donde estén las tracciones como se observa en la figura 18. Este criterio, que se suele denominar ingenieril, Según (Celigueta, 2003), afirma que: “tiene la ventaja de que el diagrama deflectores es único, con independencia de la orientación adoptada para los ejes de cada barra”.

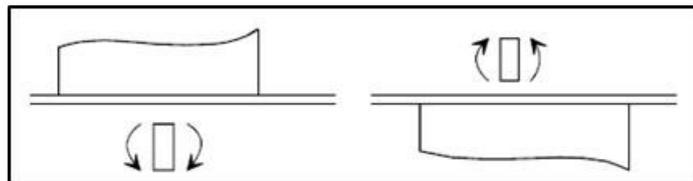


Figura 18. Diagrama de momento flector  
Fuente: (Celigueta, 2003)

## 2.29. Relación entre carga, momento flexor y esfuerzo cortante.

Existen una serie de relaciones entre las cargas aplicadas, el esfuerzo cortante y el momento flector en una viga, que son muy útiles para dibujar los diagramas de solicitaciones.

### **Caso general.**

Las dos ecuaciones fundamentales de equilibrio de un elemento diferencial permiten establecer algunas relaciones importantes.

- La pendiente del diagrama de esfuerzo cortante es igual a la carga distribuida Aplicada.

Integrando esta expresión entre dos puntos a y b de la viga se obtiene la siguiente relación útil.

- La variación del esfuerzo cortante entre dos puntos de una viga es igual a la resultante, es decir la integral definida, de las cargas distribuidas aplicadas entre ambos puntos.

### 2.30. Campo de desplazamiento.

Si se denomina  $v(x)$  a la **deformación vertical** del **centro de gravedad G** de la sección, las deformaciones de un **punto P** situado a una **distancia y** de G son:

- ❖ Donde  $\theta$  es el **ángulo girado por la sección**, que es diferente a la **tangente  $\phi$**  a la curva deformada, como se muestra en la figura 19.

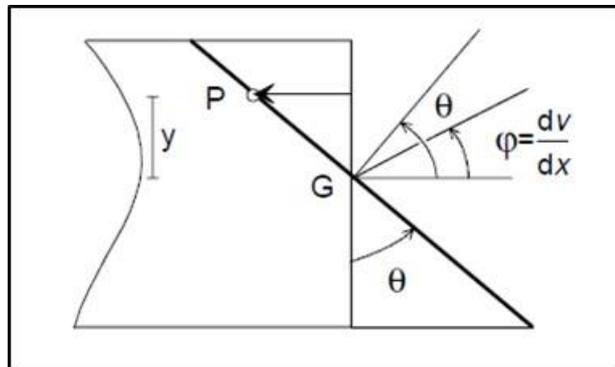


Figura 19. Campo de desplazamiento  
Fuente: (Celigueta, 2003)

### 2.31. Formulas ASD.

Las expresiones **ASD (Método de diseño por tensiones admisibles)**, fueron desarrolladas para incorporar las últimas investigaciones disponibles relativas al comportamiento de las columnas de acero. Estas fórmulas toman en cuenta el efecto de los esfuerzos residuales, las condiciones reales de restricción en los extremos de las columnas así como las resistencias variables de los diferentes aceros. Las fórmulas ASD conducen a diseños más lógicos y económicos que los proporcionados antiguamente

El ASD supone que debido a los esfuerzos residuales, el límite superior del pandeo elástico esta debido por un esfuerzo promedio igual a la mitad del esfuerzo de fluencia. Si este esfuerzo se iguala con la expresión de Euler, el valor de la

relación de esbeltez en este límite superior puede determinarse para un acero particular.

### 2.32. Fuerza axial y flexión.

La mayoría de los miembros que se encuentran en la práctica sometidos a esfuerzos combinados por flexión y carga axial forman parte de marcos estructurales rígidos; los otros miembros conectados rígidamente al miembro en consideración ejercen efectos apreciables sobre éste. Esto implica que para determinar el esfuerzo axial permisible, es necesario determinar la longitud efectiva del miembro como se indicó antes. Recuérdese que la longitud efectiva puede ser mayor que la longitud real, y que si el ladeo está impedido por medio de un arrastramiento lateral, la longitud efectiva será menor que la longitud real.

## CAPÍTULO III

### DISEÑO, CÁLCULO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

#### 3.1 Prototipo de la estructura.

Chasis. La estructura global del Go - kart que incluye los componentes mecánicos y la carrocería, incluso cualquier parte que sea interdependiente de la estructura.

Descripción de las partes del equipo

Está compuesto de:

- Marco del chasis
- Chasis partes principales
- Chasis partes auxiliares

##### 3.1.1 Marco.

La parte de apoyo principal del chasis, en una pieza y recibiendo las partes principales y auxiliares. Los Go - Kart están hechos de tubos muy sólidos, especiales y perfiles que puede montarse. Sin embargo, ellos no deben representar un riesgo para la seguridad del piloto y de los otros competidores.

Función.

- Constituye todo elemento de apoyo principal del vehículo.
- Sirve como la conexión rígida de las partes principales correspondientes del chasis y para la incorporación de las partes auxiliares.
- Da la solidez necesaria al Go - Kart para posibles fuerzas que ocurren cuando está en movimiento.

## **Modificaciones e identificación.**

Cualquier modificación al chasis homologado es autorizada únicamente con afinidad de:

- Indicaciones en la forma de Homologación.<sup>1</sup>
- Indicaciones mencionadas en las Regulaciones Técnicas.<sup>2</sup>

## **Descripción.**

El marco del chasis es la parte central y de apoyo del kart entero. Debe ser suficientemente resistente capaz de absorber las cargas producidas cuando por el kart en movimiento.

## **Diseño.**

Basado en las medidas del chasis de la alternativa seleccionada según CIK/FIA.

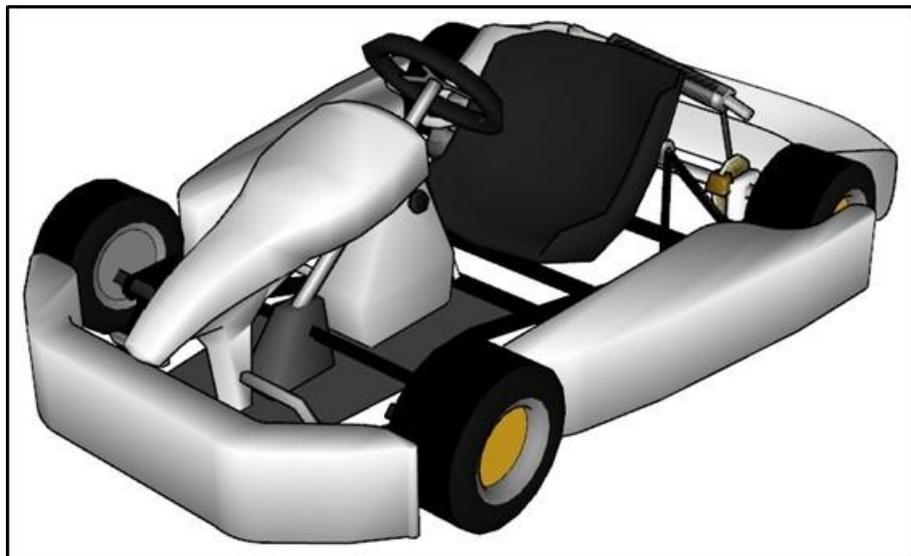


Figura 19. Vista frontal del diseño  
Fuente: Aguilar Adrián

---

<sup>1</sup> Formulario de homologación detallado en las Regulaciones (Fiakarting, 2019, pág. 1).

<sup>2</sup> Reglamento técnico detallado en las Regulaciones (Fiakarting, 2019, pág. 312).

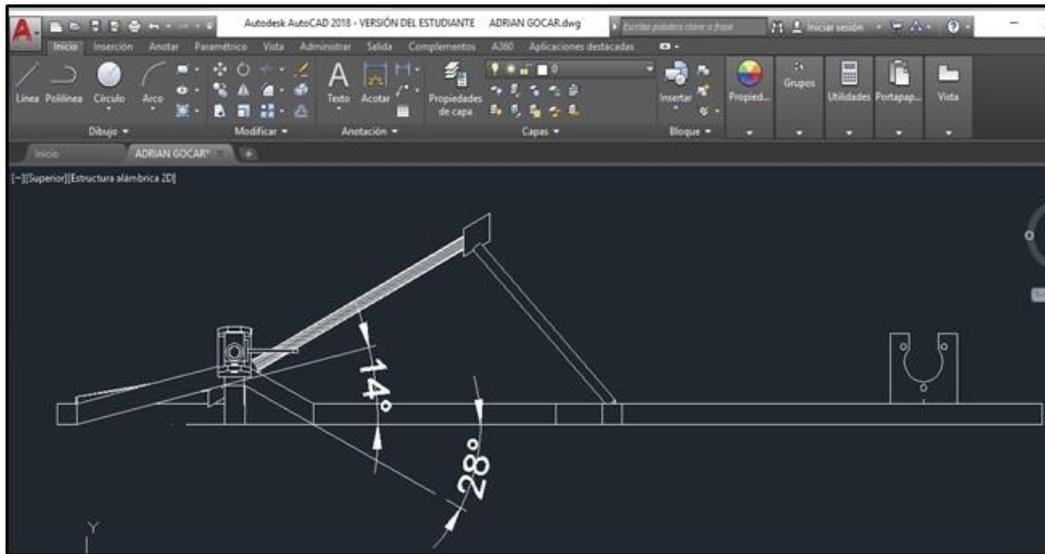


Figura 20. Vista lateral del diseño  
Fuente: Aguilar Adrián

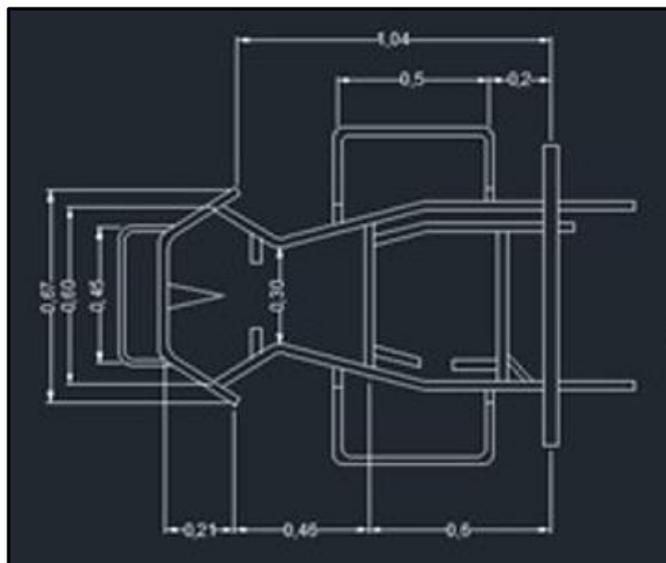


Figura 21. Vista superior del diseño  
Fuente: Aguilar Adrián

### 3.2 Constitución del Go - Kart.

Los Go - Kart está compuesto del chasis-marco (con o sin la carrocería), llanta y el motor. Debe obedecer las siguientes condiciones generales:

- Estructura (chasis de acero estructural ASTM 36).
- El equipo: uso de titanio en el chasis está prohibido.
- La posición tendencia: en el asiento, los pies al frente.

- Dirección mecánica.
- Eje de transmisión de acero estructural.
- Motor 2tiempos.
- Frenos hidráulicos.
- Neumáticos y aros.
- El número de ruedas: 4
- Asiento homologado por la CIK/FIA.

### 3.3 Estructura.

Para el diseño mecánico de la estructura se utilizará el software Auto CAD 2010 para el diseño y SAP 2000 para la simulación y análisis. Estas herramientas permiten evaluar diseños antes de su fabricación, observar causas de fallos anticipados, analizar y reducir costos por materia o peso de estos y determine el factor de seguridad del material a utilizar. Ayudando a comprender el comportamiento físico de los prototipos de Go - Kart.

Especificaciones técnicas.<sup>3</sup>

- Base de rueda: mínimo: 101 centímetros (Excepto en superkart: 106 cm)
- Pista: máximo: 107 centímetros (Excepto en superkart: 127 cm). Al menos 2/3 de la base de rueda usada.
- Longitud global: 182 cm máximo sin un frente y/o regulador posterior (salvo circuitos largos: 210 cm máximo).
- Ancho global: 140 cm máximo.
- Altura: 65 cm máximo del suelo, excluyendo el asiento.

---

<sup>3</sup> (Fiakarting, 2019)  
[http://www.cikfia.com/fileadmin/content/REGULATIONS/Technical/Technical%20Regulations/2019/Web\\_RT2019.pdf](http://www.cikfia.com/fileadmin/content/REGULATIONS/Technical/Technical%20Regulations/2019/Web_RT2019.pdf)

Ninguna parte puede proyectarse más allá del cuadrilátero formado por el regulador frontal, la protección de la rueda trasera (parachoques trasero en Superkart) y las ruedas.



Figura 22. Estructura del Go Kart  
Fuente: Aguilar Adrián

#### Marco-chasis

- Diseño de chasis único de acuerdo a la lista de requerimientos y dibujos por la CIK-FIA.
- Material obligatorio: acero magnético ASTM 36.
- Tolerancias por dimensiones lineales:  $\pm 5$  mm, por ángulos:  $\pm 10^\circ$ .
- Tubo del chasis (6 tubos principales) de 32,5 mm de diámetro o 1 ¼ pulgada y 2 mm de espesor (con tolerancias de fabricación del país de origen o ISO 4200).
- Eje principal posterior con un diámetro máximo de 40 mm o 1 ½ pulgada y 2,9 mm mínimo de espesor.



Figura 23. Eje principal posterior del Go Kart  
Fuente: Aguilar Adrián

- Cojinetes y soportes de cojinetes sobre el eje trasero, 3 máximo.
- Soportes de cojinetes que pueden ser desmontados.
- Soporte de eje con diámetro perforado de  $12 \pm 0,1$  mm con ajuste de tuerca y de la curvatura con solamente un excéntrico.
- Eje frontal en una pieza.
- Rines de 5 pulgadas obligatorio.
- Soportes de carrocería y parachoques frontal y trasero de acuerdo a regulaciones CIK-FIA.
- Fijación de la dirección de acuerdo al dibujo de la CIK-FIA con tubos de 20 mm de diámetro y 2 mm de espesor.
- Obligatorio carrocería homologada por la CIK-FIA.
- Se prohíbe materiales en todas las partes de composición del kart: Titanio, magnesio y materiales compuestos (asientos en fibra de vidrio autorizado).



Figura 24. Medición del tubo de la estructura del Go Kart  
Fuente: Aguilar Adrián

### **Parachoques delantero.**

- El parachoques delantero debe consistir en por lo menos dos elementos de acero: un acero barra superior montada está sobre un acero barra inferior, con un diámetro mínimo de 18 mm y un espesor mínimo de 1,5 mm, ambas barras que se conectan con dos tubos soldados juntos, presentando una cara llana vertical.
- El parachoques delantero debe permitir la conexión del regulador delantero obligatorio.
- Debe atarse al chasis-marco por cuatro puntos.
- Proyección delantera: 350 mm mínimo.
- Ancho de la barra inferior: recta y 150 mm mínimo respecto al eje longitudinal del kart.
- Las conexiones de la barra inferior deben ser paralelas (en ambos planos horizontales y verticales) al eje del chasis; estas deben estar a 220 mm mínimo apartados y deben centrarse al eje longitudinal del kart respecto a una altura de  $60 \pm 20$  mm del suelo.

- Ancho de la barra superior: recta y 250 mm mínimo respecto al eje longitudinal del kart.
- Altura de la barra superior: 170 mm mínimo y 220 mm máximo del suelo.
- Las conexiones de la barra superior deben estar a 500 mm  $\pm$  50 mm apartados y deben centrarse respecto al eje longitudinal del kart.
- Deben soldarse las conexiones de la barra superior y la barra inferior al marco del chasis.



Figura 25. Parachoque delantero Go Kart  
Fuente: Aguilar Adrián

### **Parachoques trasero.**

- El parachoques obligatorio debe consistir en por lo menos dos elementos de acero: un acero barra superior montada está sobre un acero la barra inferior, con un diámetro mínimo de 18 mm y un espesor mínimo de 1,5 mm, ambas barras conectadas con dos tubos soldados juntos.
- Ancho de la barra inferior: recta y 600 mm mínimo respecto al eje longitudinal del kart.
- Altura de la barra inferior: 120  $\pm$  20 mm del suelo.
- Ancho de la barra superior: recta y 1.000 mm mínimo respecto al eje longitudinal del kart.
- Altura de la barra superior: 230  $\pm$  20 mm del suelo.
- La unidad debe ser fijada al marco en por lo menos dos puntos, posiblemente por un sistema flexible y debe ser de 1.100 mm de ancho como mínimo; su ancho máximo: la del ancho global posterior.



Figura 26. Parachoque posterior Go Kart  
Fuente: Aguilar Adrián

Sus terminales no pueden tener ninguna parte angular y comprendido por un arco con un radio mínimo de 60 mm, abarcado en el volumen localizado inmediato detrás de la rueda (sistema anti-intrusión).

#### ***Parachoques laterales.***

- El parachoques debe consistir en por lo menos dos elementos de acero: un acero barra superior montada está sobre un acero barra inferior, con un diámetro mínimo de 18 mm y un espesor mínimo de 1,5 mm, ambas barras se conectan con dos tubos lisos soldados juntos y presentando una cara vertical llana.
- Ellos deben conectarse al marco-chasis por dos puntos mínimo.
- Estas dos conexiones deben ser paralelas al suelo y perpendicular al eje del chasis; ellos deben ser de 520 mm mínimo.
- Longitud recta mínima de las barras:
  - ❖ 500 mm para la barra inferior.
  - ❖ 400 mm para la barra superior.

- ❖ Altura de la barra superior:  $200 \pm 20$  mm del suelo.
- ❖ Altura de la barra inferior:  $60 \pm 20$  mm del suelo.



Figura 27. Parachoque lateral Go Kart  
Fuente: Aguilar Adrián

### ***Requisitos.***

- Acero magnético ASTM 36. Construcción tubular con una sección cilíndrica. Una pieza con partes soldadas que no pueden desmontarse.
- Conexiones al descubierto (móviles en 1, 2 o 3 ejes).
- La flexibilidad del marco del chasis corresponde a los límites de elasticidad de la construcción tubular.

### ***Material.***

Acero estructural o aleación de acero estructural reunido en la clasificaciones ISO 4948. Aleaciones de acero que tienen un menor elemento aleado al contenido de su masa el cual es  $\geq 5\%$  del cual se prohíbe.

### 3.4 Proceso del diseño.

El diseño del chasis del karting fue realizado en el software Auto CAD, dibujado sus elementos en 3D mediante poli líneas, luego se tiene un perfil estructural y

finalmente se extruye mediante barrido. Obedeciendo a las especificaciones técnicas, métodos de maquinado de piezas y estructuración más adecuada. Fig. 28

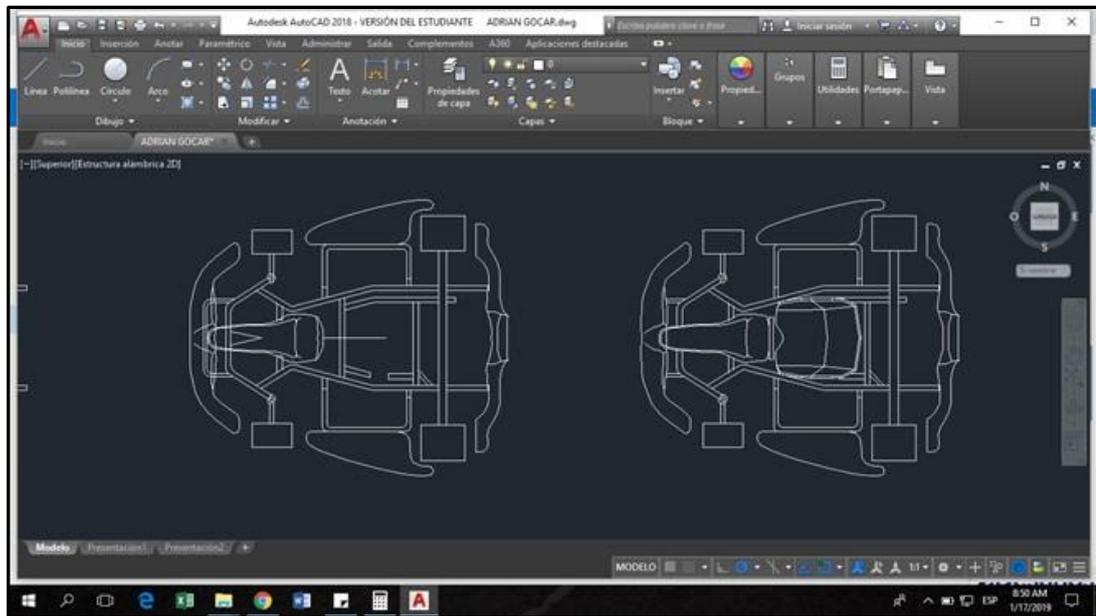


Figura 28. Diseño en Autocad del Go Kart  
Fuente: Aguilar Adrián

### 3.5 Dirección.

Debe controlarse por un volante con un margen continuo que no incorpora ningún ángulo de reflejo en su forma básica. La alta y baja  $1/3$  de la circunferencia pueden ser rectos o de un radio diferente al resto de la rueda. Fig. 29

Cualquier dispositivo montado en el volante no debe destacarse por más de 20 mm del plano delantero del volante y no debe tener los bordes afilados.



Figura 29. Volante de la dirección del Go Kart  
Fuente: Aguilar Adrián

Se prohíben mandos de dirección flexibles por cable o cadena.

Todas las partes de la dirección deben tener un método de conexión que ofrece la seguridad máxima (pasadores de división, nueces de cierre-automático o tornillo zumbador). La columna de dirección debe tener un diámetro mínimo de 18 mm y un espesor de la pared mínimo de 1,8 mm.

Debe montarse con un sistema de pinza de seguridad para la nuez más baja del refrenamiento producido. Para todas las categorías, la columna de dirección debe hacerse de acero magnético. En los superkart e ICE, los ejes del talón no deben ser de cromo-chapado o galvanizarse.

### 3.5.1 Geometría.

A primera vista podría parecer que ambas ruedas, para tomar una curva deben tener el mismo ángulo de desviación con respecto a la marcha en línea recta, pero esto no es así, veamos por qué.

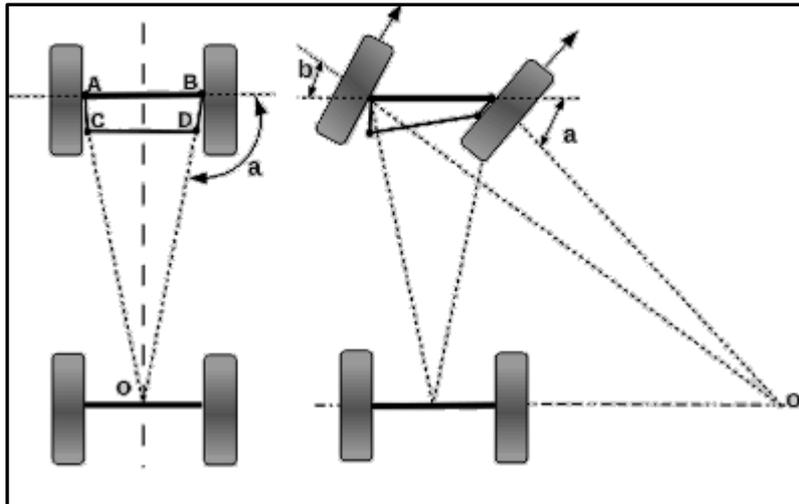


Figura 30. Geometría de la dirección  
 Fuente: [www.mundokart.com/show.php?id=239](http://www.mundokart.com/show.php?id=239)

Nos auxiliaremos de la figura 30. Cuando se toma una curva, las ruedas se desplazan por circunferencias de radio diferente, la rueda más externa circulará por una circunferencia de radio mayor (OA) que la rueda interna (OB), por lo que ambas ruedas, además de girar a velocidades diferentes, deben adquirir un ángulo distinto para adaptarse a la dirección que deben llevar. Si el sistema de accionamiento de las ruedas no cumple este principio, entonces necesariamente se produce el arrastre lateral de ellas con el consiguiente desgaste de la zona de rodamiento, producen además una resistencia adicional al movimiento del vehículo y hacen que se pierda un tanto la seguridad de giro del automóvil.

Para conseguir que cada una de las ruedas delanteras tome la posición adecuada durante un giro se utiliza lo que se llama el trapecio de dirección. Notará que del mismo eje de pivote de la rueda salen dos brazos el A-C y el B-D, ambos están solidarios a la rueda y son los que la hacen pivotar, además hay una barra de acoplamiento C-D que une los extremos de estos brazos, la que junto con el eje de soporte de las ruedas A-B forman el trapecio de dirección mencionado. Esta barra C-D hace que necesariamente si una rueda pivota la otra lo haga también pues están unidas a través de ella.

### 3.5.2 Cotas.

Las cotas angulares que determinan la geometría del sistema de dirección son:

- Ángulo de salida
- Ángulo de caída: es el ángulo tomado por las ruedas entre el eje vertical de las ruedas y el eje vertical del vehículo.
- Ángulo de avance: es el ángulo formado por el eje pivote sobre el que gira la rueda para orientarse con el eje vertical que pasa por el centro de la rueda.
- Convergencia de las ruedas, negativa o divergencia se produce cuando las ruedas delanteras están orientadas hacia el exterior del vehículo.

Veamos ahora qué es el ángulo de salida y porqué es conveniente en el go kart este ángulo.

- ❖ Ángulo de salida.

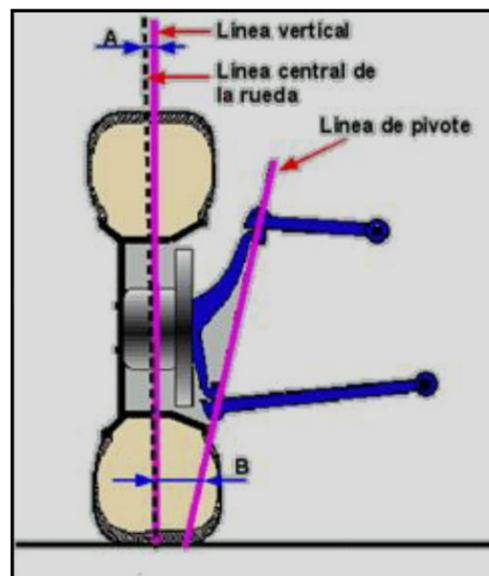


Figura 31. Ángulo de salida de la dirección  
Fuente: (Mundo kart, 2002)

Este ángulo, conocido en inglés como King-pin Inclination, se muestra en la figura 31.

En ella se representa un corte transversal a la rueda montada en el vehículo, observe que la línea del pivote forma un ángulo B con respecto a la vertical, el que

ha sido exagerado en el dibujo para facilitar la comprensión. Observe también que de esta forma, la prolongación del eje del pivote, pasará muy cerca de la prolongación de la línea vertical en el centro del área de contacto de la rueda con el suelo.

#### *Convergencia de las ruedas.*

Observe en el gráfico, que la posición relativa de una rueda con respecto a la otra, se produce con el uso de una barra transversal conectada a unas palancas fijas a las manguetas a través de rótulas. De esta forma, cuando el mecanismo de dirección hace girar la rueda primaria, el movimiento de pivoteo se transfiere a la otra por la barra transversal.

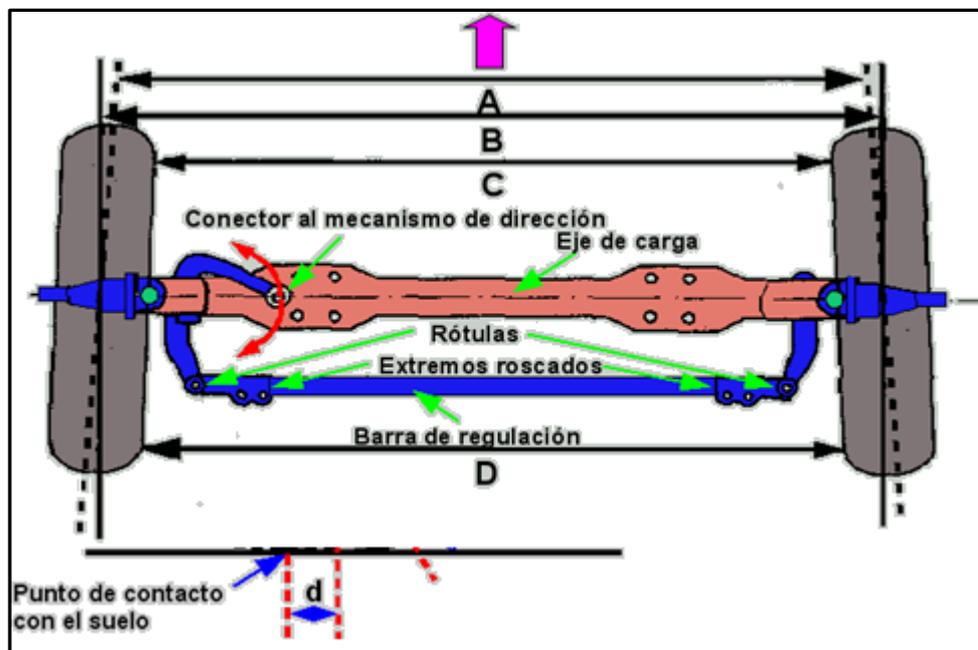


Figura 32. Convergencia de las ruedas vehículo convencional  
Fuente: (Mundo kart, 2002)

#### 3.6 Eje de transmisión motriz.

El eje de transmisión motriz es la que se encarga de acoplar la energía del motor a la transmisión para propulsar el vehículo en el orden de marcha, incluso un bloque de cilindro, cárter y posible caja de engranajes, el sistema de la ignición, carburadores y silenciador de escape.

Se prohíben todos los sistemas de inyección. La pulverización de productos de otra manera combustible se prohíbe. El Motor no comprenderá un compresor o cualquier sistema de sobrecarga. En Go - Kart e ICE, un sistema de enfriamiento por aire o líquido es autorizado. La Fórmula Mundial, Superkart y motores de ICE deben ser aprobados por el CIK-FIA con el repuesto oficial del Fabricante y partes el catalogadas.

### 3.6.1 Torque solicitado y fuerza de empuje.

Un Kart puede alcanzar velocidades cercanas a los 100 Km/h y para que se desplace con ésta velocidad es necesario que la potencia del motor sea la suficientemente alta para transmitir un torque que genere una fuerza de empuje mayor a todas las fuerzas que se oponen al movimiento.

### 3.6.2 Peso.

En el análisis de esfuerzos del Kart se debe incluir el peso de los componentes principales que componen el mismo incluido el piloto, multiplicados por el coeficiente que es 1,33 el cual está calculado en el apartado de Estudio de fuerzas en la estructura.

Peso del piloto (peso estimado hombre 95%) = 75 kgf = 750 N

$$W_{pil} = 750 \text{ N} \times 1,33$$

$$W_{pil} = 997,5 \text{ N}$$

### 3.6.3 Capacidad cilindraje cubico.

El volumen engendrado en los cilindros del motor por el movimiento ascendente o descendente del pistón. Este volumen se expresa en los centímetros cúbicos, para todos los cálculos acerca de la capacidad del motor, el número  $\pi$  se tomará como 3,1416.

$$V = 0.7854 d^2 \times l \times n$$

Dónde

d = diámetro del cilindro

l = carrera

n = el número de cilindros

### 3.7 Transmisión.

Ahora realizaremos el estudio de fuerzas en el eje de transmisión para determinar el diámetro indicado para nuestro eje de transmisión, según la tabla 5.

Peso total del vehículo

$$P = 1600 \text{ N}$$

❖ Fuerza de empuje

$$F_e = P * 0,6$$

$$F_e = 1600 \text{ N} * 0,6$$

$$F_e = 960 \text{ N}$$

Potencia del motor

$$W = F_e * V$$

$$W = 960 \text{ N} * 27,8 \text{ m/s}$$

$$W = 26,688 \text{ watts.}$$

❖ Factores de servicio (fs)

Tabla 5. Factores de servicio

Máquina accionada	Motor + Transmisión hidráulica	Motor Eléctrico	Motor + Transmisión Manual
Sin Vibración	1	1	1,2
Sacudida ligera	1,2	1,3	1,4
Sacudida violenta	1,4	1,5	1,7

Fuente: Aguilar Adrián

### 3.7.1 Selección de la transmisión.

Para transmitir el torque desde el motor hasta el eje de transmisión se requiere de un sistema de transmisión flexible de cadena de rodillos y rueda dentada.

Sabiendo que el motor cuenta con un piñón de 10 dientes para una cadena # 35 (paso 3/8") y debido a que se requiere una relación de velocidad de 8,5 : 1, el número de dientes de la catalina es:

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{D_2}{D_1}$$

$$N_2 = 8,5 \times 10 \text{ dientes} = 85 \text{ dientes}$$

En función del espacio disponible entre el eje del motor y el eje de transmisión se asume una distancia entre **centros**  $c = 10$  pulgadas, entonces la longitud en **pasos de la cadena**  $p$  es:

$$\frac{l}{p} = \frac{2C}{p} + \frac{(N_2 + N_1)}{2} + \frac{(N_2 - N_1)^2}{\frac{4\pi^2 C}{p}}$$

$$\frac{l}{p} = \frac{(2)(10)}{0.375} + \frac{(85 + 10)}{2} + \frac{(85 - 10)^2}{\frac{(4)(\pi^2)(10)}{0.375}}$$

$$L = 116,18 \approx 116 \text{ pasos}$$

$$L = 116 \times 0,375 \text{ plg} = 43,5 \text{ plg}$$

Por lo tanto se selecciona una cadena # 35 con paso de 3/8 pulgada (0,375 pulgada) que tiene 116 eslabones de longitud (43,5 pulgada).



Figura 33. Selección cadena y catalina del Go Kart  
Fuente: Aguilar Adrián

### 3.7.2 Eje de la transmisión.

El eje de la transmisión va guiado por unos soportes centradores en la estructura del Go Kart que le darán estabilidad y seguridad para la fuerza de la transmisión en la catalina.



Figura 34. Selección y disposición del eje de la transmisión  
Fuente: Aguilar Adrián

### 3.8 Asiento del piloto.

El asiento del piloto debe diseñarse de tal forma que se localice para impedirle al piloto moverse hacia los lados o frente cuando arrincone o frene. Los asientos para superkarts deben incorporar un cabecero.



Figura 35. Asiento del kart  
Fuente: (Fiakarting, 2019)

En todas las otras categorías, las placas de apoyo refuerzo del asiento son obligatorios para la parte superior del asiento. El refuerzo debe tener un espesor mínimo de 1,5 mm, una superficie mínima de 13 cm o un diámetro mínimo de 40 mm.

Todos los apoyos deben tener el cerrojo o deben soldarse a cada fin y si estos apoyos no se usan ellos deben quitarse del marco y del asiento.

Realizado en fibra también constituye un elemento de protección contra el calor del escape y posible fuego. La reparación es fácil para quien maneje las estructuras de fibra, pudiendo reforzar o arreglar pequeñas roturas.

Existen asientos de diferentes medidas, según el peso del piloto, y ha de montarse aquél que permita una buena sujeción al desplazamiento del cuerpo en los pasos de curva. Al asiento se atornillan los tirantes del eje y también se suele atornillar el lastre, aunque forrarlo con una capa de plomo en la parte posterior e inferior es una posibilidad usada cuando la cantidad de peso a colocar es considerable.

### CENTRO DE GRAVEDAD

El centro de gravedad está ubicado a 460 mm del suelo, ya que la altura máxima desde el suelo al Kart es de 140 mm y el centro de gravedad de un hombre sentado en la posición presentada en la figura 36 es de 320 mm desde su asiento.



Figura 36. Centro de gravedad del asiento del piloto del Go kart  
Fuente: (Fiakarting, 2019)

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. Además, el propio peso del piloto es determinante en el equilibrio del kart (puede pesar más que el coche), por lo que la colocación del asiento influye considerablemente en el centro de gravedad.

### 3.9 Frenos.

Los frenos deben homologarse por la CIK-FIA (excepto en la fórmula mundial, superkart y KF1).

Los frenos deben ser hidráulicos. El mando del freno [el eslabón entre el pedal y la bomba(s)] debe doblarse (si un cable se usa, debe tener un  $\varnothing$  mínimo de 1,8 mm y debe bloquearse con una pinza de cable del tipo pinza de piso). Los frenos delanteros operados por mano son reservados para las categorías sin las cajas de engranajes.

Para las categorías sin-caja de engranajes, ellos deben trabajar simultáneamente en por lo menos dos las ruedas traseras. Para las categorías de KF3, cualquier sistema de freno que trabaja en las ruedas delanteras se prohíbe.

Para las categorías de caja de engranajes, ellos deben trabajar en todas las cuatro ruedas y deben tener frente independiente y los sistemas operativos traseros. Si uno

de los sistemas falla, el otro debe garantizar frenando en dos frentes o las ruedas traseras.

En superkart y E intercontinental, el cable que opera el frenando y los dispositivos se prohíbe y una luz del freno se recomienda.

Se prohíben los discos de freno de carbono.

Un disco de freno trasero eficaz la almohadilla proteccionista (en Teflón, Nylon, Delrin, fibra de carbono, Kevlar o Rilsan) es obligatorio en todas las categorías excepto en Superkart, si el disco del freno se destaca debajo o está nivelado con los tubos del marco chasis principal casi al piso. Esta protección debe ponerse lateralmente respecto al disco en el eje longitudinal del chasis o bajo el disco.

### 3.9.1 Sistema de Frenos.

Consta de un disco de freno, la mordaza, las pastillas de freno, el cilindro principal de freno y las cañerías de freno. Es el responsable de disminuir la velocidad del Kart cuando esta sea necesaria al momento del manejo del mismo.

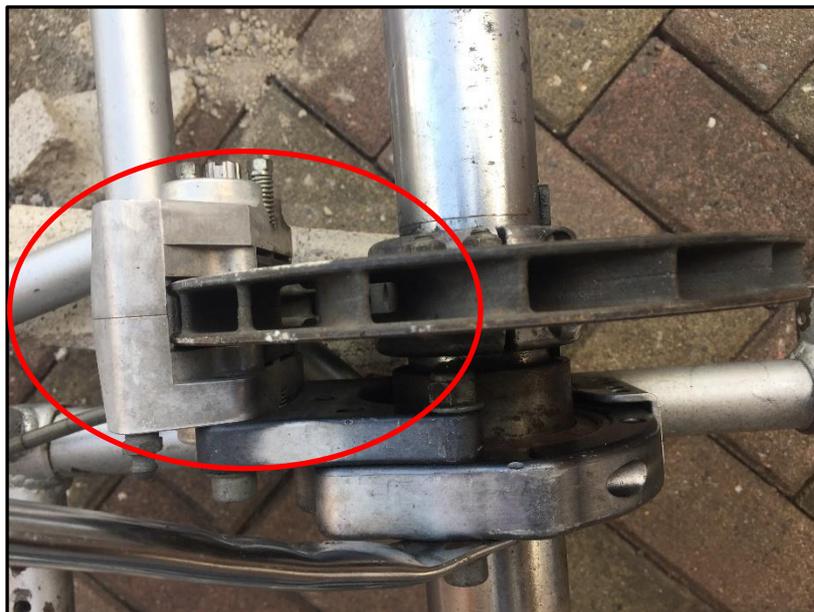


Figura 37. Sistema de frenos del Go kart  
Fuente: Aguilar Adrián

Su eficiencia y afinación son imprescindibles para tomar las curvas de un determinado circuito y marcar la diferencia entre un kart y otro. Según se muestra

en la figura 37 debe conseguir una separación de alrededor de 1,5 mm entre cada una de las pastillas y el disco de freno en situación de reposo.

### 3.9.2 Neumáticos.

Acoplados entre sí, sirven para la dirección y/o propulsión del Go - kart y son los encargados de transmitir toda la potencia del motor y la eficacia de los frenos sobre la superficie en la que el Go - kart está rodando, por ello es imprescindible que las prestaciones, eficacia y el rendimiento de estos sea la óptima.

Los rines deben estar ajustados con los neumáticos (con o sin tubo). El número de ruedas son establecidas en cuatro. Únicamente las llantas pueden resultar en contacto con el piso cuando el piloto está a bordo. Para el juego de llantas se disponen de dos llantas frontales y dos llantas posteriores. Cualquier otra combinación está prohibida

El simultaneo uso de llantas de diferente fabricante o de “capa” y “resistencia a humedad” en un kart son prohibidas en todas circunstancias. La conexión de las ruedas a los ejes debe incorporarse un sistema de bloqueo de seguridad (como grieta pasador o nuez auto-bloque, pinzas circulares, etc.).

### 3.9.3 Los Rines.

Son las piezas, normalmente metálicas, sobre las que se acoplan los neumáticos. El principal material en la construcción de estos elementos es el de aleación de aluminio, con las aleaciones de magnesio y el cromo, materiales que ofrecen alta resistencia para las fuerzas que se aplican en los mismos durante una competencia, según lo muestra la figura 38.



Figura 38. Rines o ruedas del neumático  
Fuente: (Wuxi Tongbao, 2000)

Se deben tener algunas consideraciones para que no se presenten deformaciones que hagan posible la pérdida de aire o el desacoplamiento de los neumáticos.

Diámetro de acoplamiento de la llanta al Rin de 5 pulgadas: 126,2 mm con un  $\pm 1,2$  mm de tolerancia para los diámetros de margen de joroba y  $- 1$  mm de tolerancia para los diámetros de margen de tipo-tornillo.

- ❖ Ancho del alojamiento de la llanta: 10 mm mínimo.
- ❖ Diámetro externo para rines de 5 pulgadas: 136,2 mm mínimo.
- ❖ Radio para facilitar el balance de la llanta en su alojamiento: 8 mm.
- ❖ Máxima presión de montaje: 4 bar.
- ❖ Resistencia a la prueba de explosión de las llantas con fluido con una presión de 8 bar.

Neumáticos. Se definen como una pieza toroide de caucho, los mismos que se colocan en las ruedas de diversos vehículos y máquinas. Su función principal es permitir un contacto adecuado por adherencia y fricción con el pavimento, posibilitando el arranque, el frenado y la guía.

Tenemos actualmente muchos tipos de neumáticos dependiendo de la superficie a la que un Kart es destinado, pudiendo ser especiales para tierra, nieve, hielo o asfalto. Si los neumáticos son para asfalto podemos elegir diferentes tipos de compuestos variando en su dureza o dibujo habiendo especiales para lluvia (wet tires <neumáticos húmedos>) o para un piso seco (slicks <neumáticos resbaladizos>).

Los neumáticos pueden cambiar notablemente el comportamiento del kart dependiendo del nivel de degradación, el tipo de compuesto, la dureza, la presión de inflado o la temperatura de la pista.

La presión de los neumáticos debe ser verificada y aplicada cuando estos están a temperatura ambiente ya que después de usarlos aunque solo sean unas vueltas varían sus prestaciones dado al calentamiento de los mismos.

Los neumáticos de kart están diseñados con materiales que optimizan la tracción. Los circuitos exigen a las gomas en función de la calidad del asfalto y la suciedad de la pista, entre otros factores, determinando de esta manera su corta durabilidad pero su alta adherencia a la superficie.

Todo superkart y llantas deben ser homologados. Cualquier modificación de llantas homologadas está prohibida.

En todas las categorías, la calefacción o enfriamiento de llantas por cualquier método y re moldeado o tratamiento de las llantas con cualquier sustancia química está prohibida. Llantas radiales o tipo asimétricas son prohibidas en todas las categorías. Sin embargo, la simetría entre el lado izquierdo y derecho de la banda puede ser desplazada en relación a la parte central de la llanta. Fig. 39

Las partes de los neumáticos son:

1. Cámara: contiene nitrógeno, para que los cambios de temperatura no afecten a la presión de la rueda.
2. Carcasa: de poliéster y nylon, da cuerpo al neumático.

3. Refuerzo superior: de Kevlar, el mismo que da estabilidad a la superficie de contacto del neumático con el asfalto: garantiza tracción y un desgaste equilibrado.
4. Superficie: de caucho, compuesto de carbón, aceite y sulfuro.

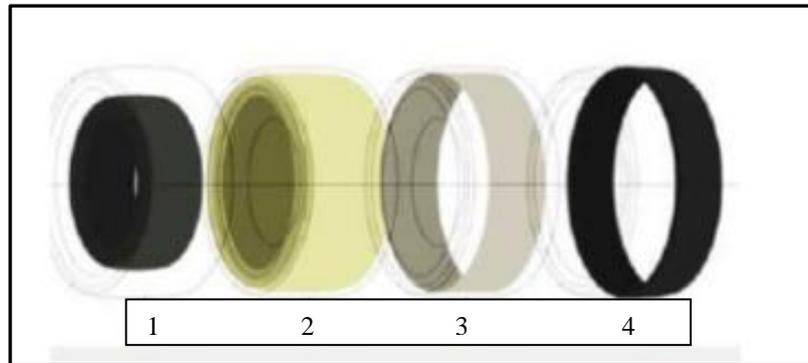


Figura 39. Capas del neumático  
Fuente: (Fiakarting, 2019)

### **Neumáticos de 5 pulgadas.**

El diámetro exterior máximo del neumático del frente es 280 mm y del neumático posterior 300 mm.

El ancho máximo de la rueda trasera es 215mm y el ancho máximo de la rueda frontal es 135mm.

### **Llantas 6 pulgadas.**

El ancho máximo de las ruedas es 250 mm, el diámetro máximo en conjunto es 350 mm.

Para nuestro diseño serán usados los neumáticos de llanta de 5 pulgadas, los cuales presentan la siguiente nomenclatura.

- Neumáticos delanteros: 10 x 4,5 – 5
- Neumáticos posteriores: 11 x 7,10 – 5

### **Retención glóbulo.**

La rueda frontal y posterior debe tener alguna forma de retención glóbulo con tres clavijas mínimo en el exterior del rin.

En superkart e ICE, toda rueda debe estar equipada con una retención glóbulo para las llantas. Para las ruedas posteriores, esta debe tener refuerzos por al menos tres clavijas en el lado exterior del rin y 3 clavijas en el lado interno del rin.

### 3.10 Estudio de las fuerzas.

En la estructura. En este apartado se hará el cálculo de las fuerzas y cargas que actuaran en nuestra estructura para luego realizar nuestro diseño del chasis con la ayuda del programa estructural.

Peso propio de la estructura o carga muerta (M). El programa calcula automáticamente el peso de la estructura, al no contar con las especificaciones ni las ubicaciones exactas de la carrocería y de los demás accesorios del vehículo se deben determinar un factor de carga muerta que es el siguiente:

- Peso carrocería: 6 kg
- Accesorios: 16 kg
- Peso de la estructura: 17 kg

$$\text{coeficiente} = \frac{\text{peso carroceria} + \text{peso accesorios}}{\text{peso de la estructura}}$$

$$\text{coeficiente} = \frac{6 \text{ Kg} + 16 \text{ Kg}}{17 \text{ Kg}} = 1,3$$

Este factor es ingresado en el programa como se podrá observar en el siguiente apartado. Por efecto de la soldadura se tendrá un incremento de 2% y 3%. En virtud tenemos un coeficiente de 1,33 de incremento del peso de la estructura

#### 3.10.1 Fuerzas estructurales.

En este apartado se hará el cálculo de las fuerzas y cargas que actuaran en nuestra estructura para luego realizar nuestro diseño del chasis con la ayuda del programa SAP 2000 11.1

### 3.10.2 Definición del material.

En nuestro mercado encontramos el tubo estructural que cumple con las exigencias de las normas CIK/FIA como es el ASTM36, podemos mencionar las características del material entre ellas las propiedades de sección:

Tabla 6. Propiedades del material

DIMENSIONES					PROPIEDADES.					
DIAMETRO NOMINAL	DIAMETRO EXTERIOR	ESPESOR	PESO	AREA						
	D	e	P	A	I	W	I	E	Fy	Fu
Pulg.	mm	mm	kg/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>
1	33,7	2,5	1,96	2,45	2,98	1,91	1,1	207000	248.2	400
¾	19,1	1,5	4,2	0,83	0,32	0,34	0,62	207000	248.2	400
5/8	15,88	0,75	1,86	0,36	0,10	0,11	0,53	207000	248.2	400

Fuente: (Dipac, 2019)

Para simplificar los nombres para el ingreso en el programa se les pondrán los siguientes nombres:

- ❖ El tubo de una pulgada correspondiente al chasis se lo llamará CHASIS.
- ❖ El tubo ¾ pulgada correspondientes a los soportes de la dirección y a los atenuadores de impacto tanto frontal como lateral se los llamará ATENUADORES.
- ❖ El tubo 5/8 pulgada correspondiente a los soportes del asiento del piloto y a los refuerzos del chasis se lo llamara REFUERZOS.

### 3.10.3 Definición del estado de carga y sus parámetros.

Las siguientes combinaciones utilizadas están dadas por la norma INEN 1323 correspondiente al código AISC – ASD, cabe destacar que las combinaciones dadas por el código ASD son adaptadas a los requerimientos de la competencia como son la implementación de la carga de impacto.

Las combinaciones son establecidas en las peores situaciones que el vehículo pueda encontrarse en la competencia como:

COMB1 = P-PROPIO

COMB2 = P-PROPIO + C-VIVA

COMB3 = P-PROPIO + C-VIVA + AERODINAMICA

COMB4 = P-PROPIO + C-VIVA + FRENADO

COMB5 = P PROPIO + C-VIVA + FRENADO + AERODINAMICA

COMB6 = P-PROPIO + C-VIVA + ACELERACION

COMB7 = P-PROPIO + C-VIVA + ACELERACION + AERODINAMICA

#### 3.10.4 Verificaciones de las medidas realizadas en el programa AUTOCAD.

Para realizar el análisis de la estructura se debe utilizar un programa de análisis estructural pero antes de eso se necesita seguir los siguientes pasos:

- a) Importar el modelo realizado en AUTOCAD
- b) Definir los estados de carga y sus combinaciones
- c) Definir materiales, secciones y cargas
- d) Asignar las secciones a los diferentes elementos estructurales
- e) Ejecutar la opción RUN NOW
- f) Ejecutar la opción de diseño.

Dibujamos el chasis en AUTOCAD

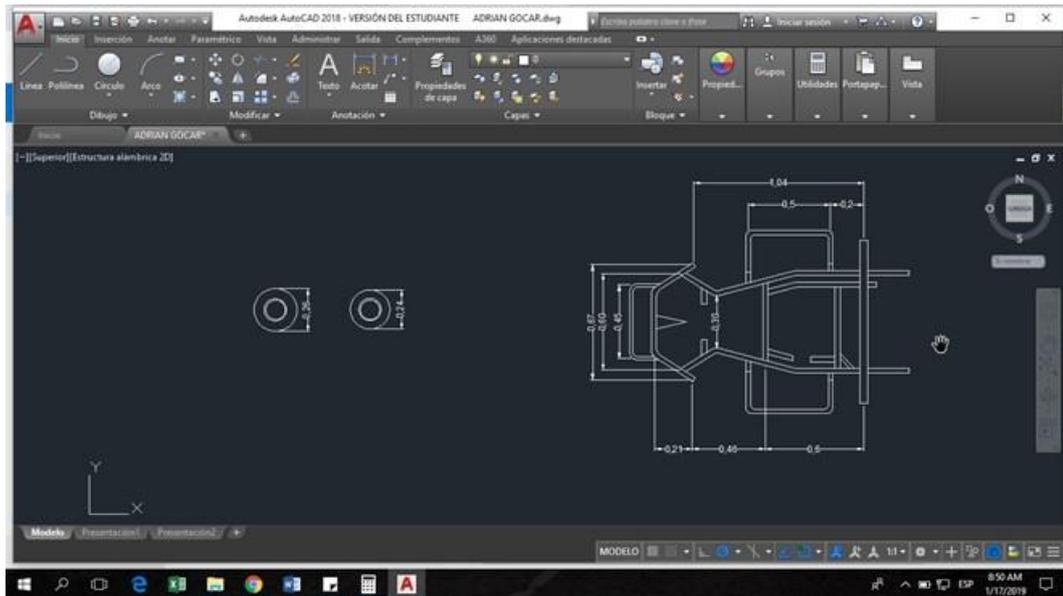


Figura 40. Dibujo en Autocad de las medidas de la estructura del Go Kart

Fuente: Aguilar Adrián

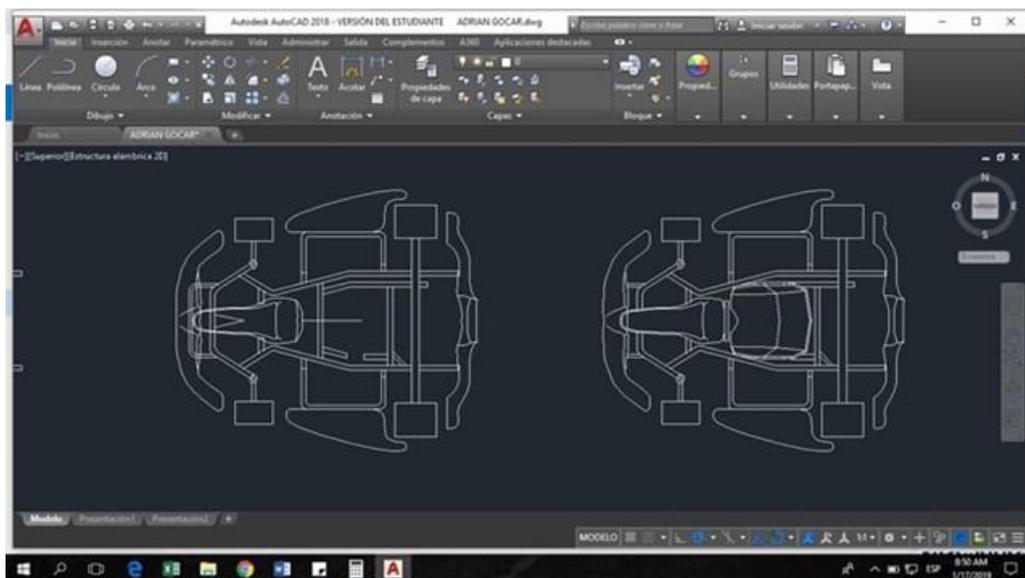


Figura 41. Dibujo en Autocad de vista superior Go Kart

Fuente: Aguilar Adrián

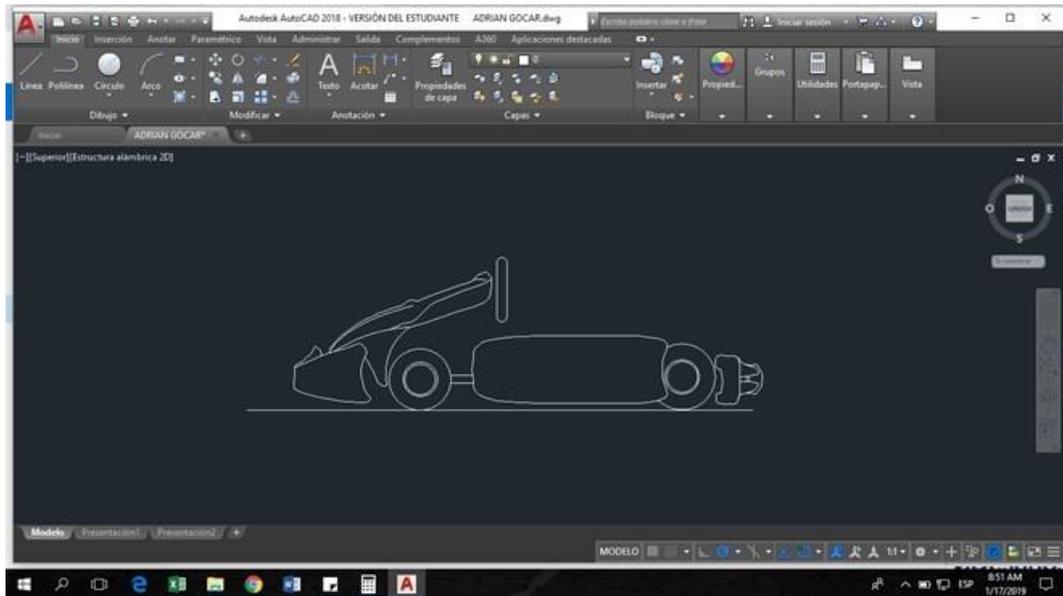


Figura 42. Dibujo en Autocad de vista lateral Go Kart  
Fuente: Aguilar Adrián

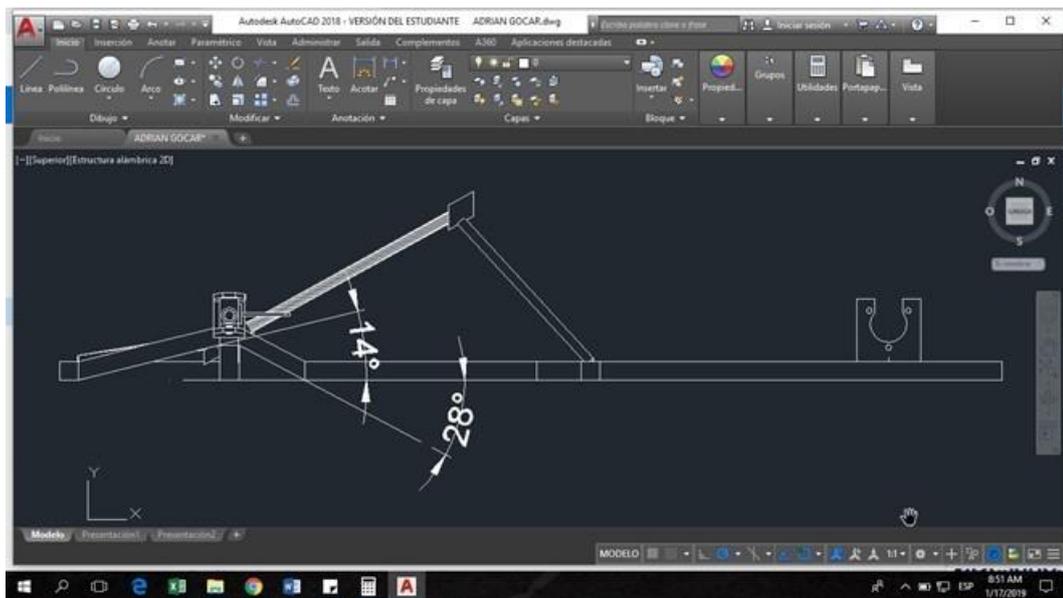


Figura 43. Dibujo en Autocad de ángulo de línea de dirección del Go Kart  
Fuente: Aguilar Adrián

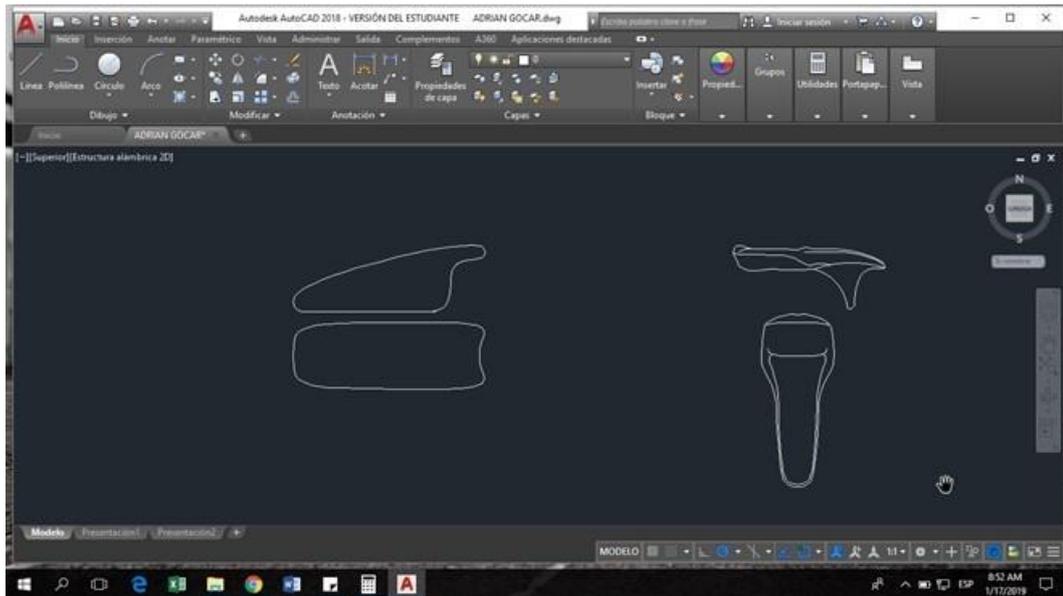


Figura 44. Dibujo en Autocad de accesorios del Go Kart  
Fuente: Aguilar Adrián

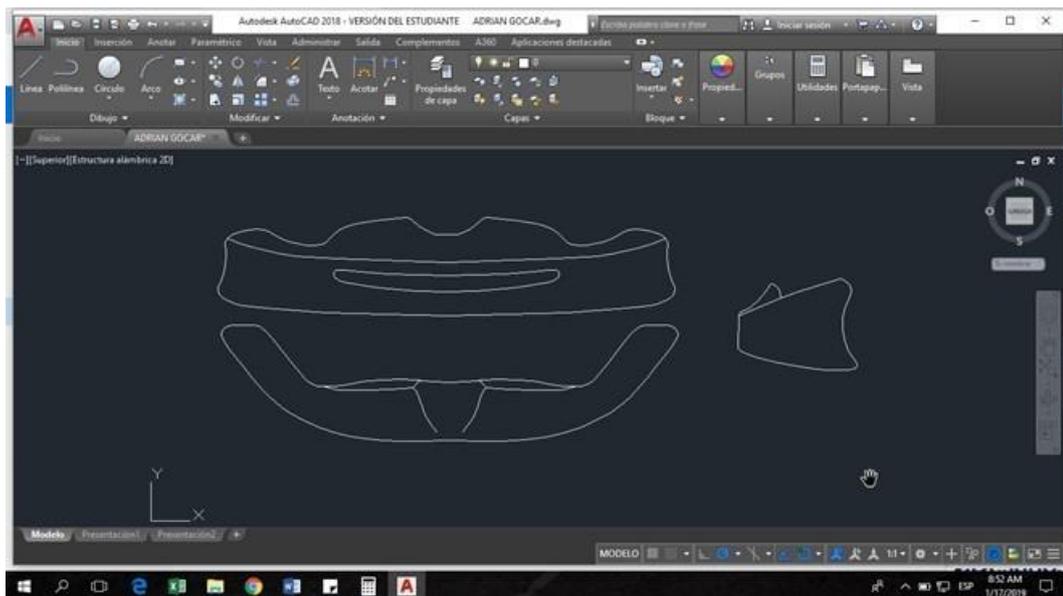


Figura 45. Dibujo en Autocad de bumper delantero y posterior del Go Kart  
Fuente: Aguilar Adrián

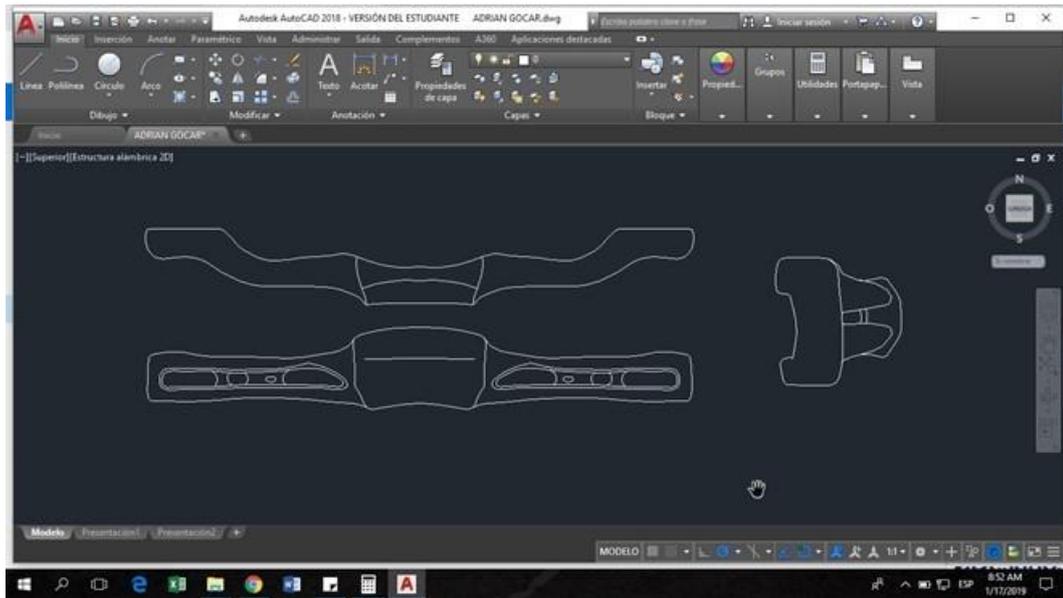


Figura 46. Dibujo en Autocad de atenuadores laterales del Go Kart  
Fuente: Aguilar Adrián

## **CAPÍTULO IV**

### **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE**

#### **4.1 Método de construcción.**

Se inicia desde el diseño normado por la CIK-FIA (Comisión Internacional de Karting FIA) el mismo que establece mediante planos las medidas y tolerancias máximas admisibles para el diseño y montaje de un chasis de Kart.

De ésta manera se diseñó y modeló el chasis tomando en cuenta los esfuerzos a los cuales éste estará sometido.

Con toda la información recopilada que el software nos entrega, procedemos a realizar la construcción del kart rigiéndonos al que a continuación es el método de fabricación de éste tipo de vehículo.

#### **4.2 Selección y calificación de taller.**

Es indispensable realizar un estudio de los talleres que aportarán con la construcción de un proyecto determinado ya que deben ser capacitados para todo lo que el proyecto en sí requiere realizar, esto es la interpretación de planos y bosquejos, poseer instalaciones adecuadas, tener la maquinaria necesaria para la construcción, montaje y la adaptación de todos los componentes del mismo, logrando de esta manera cristalizar todo el proyecto a realizar.

Considerando estos aspectos debe encontrarse un taller que realice chasis tubulares, rollbar, dispositivos anti vuelco, buggys de competencia, etc. Por éste motivo se selecciona un taller que disponga de todos estos elementos.

### 4.3 Construcción del chasis.

A continuación en la figura 47 se describe la forma del marco y las partes principales del chasis para empezar con todo el proceso de construcción:

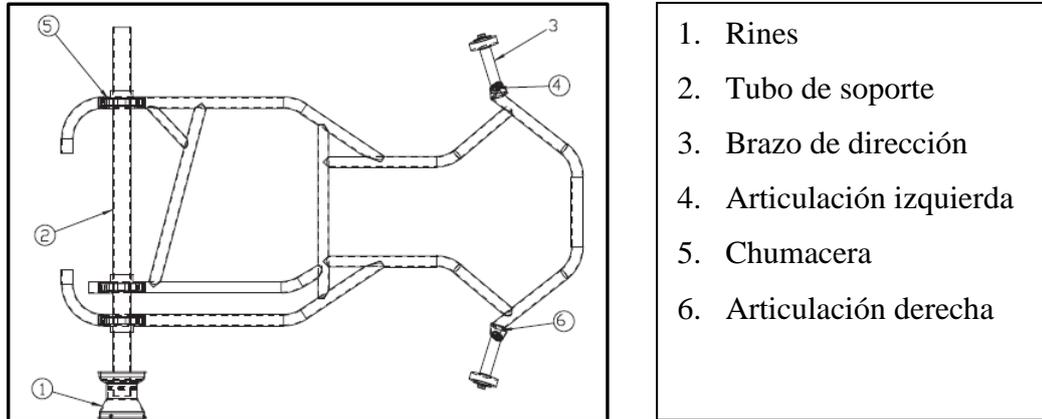


Figura 47. Marco y partes principales del chasis  
Fuente: (Fiakarting, 2019)

### 4.4 Ajuste de la dirección y alineación del Kart.

En la figura 48 se puede apreciar la convergencia y divergencia por lo tanto debe asegurarse bien el sistema de dirección al chasis revisando siempre que todos los pernos en si tengan el apriete correcto, para éste circuito se ha elegido un camber de 0 y una divergencia de 1 mm de abertura.



Figura 48. Divergencia del Go Kart  
Fuente: Aguilar Adrián

En la figura 49 podemos apreciar los terminales que sujetan la barra de la dirección para poder direccionar el kart en las curvas y por los esfuerzos a los que están sometidos poder ser firmes y seguros.



Figura 49. Ajuste de la dirección del Go Kart  
Fuente: Aguilar Adrián

#### 4.5 Montaje motriz.

Es muy importante tener presente en éste capítulo los parámetros de diseño del vehículo Go Kart porque de ésta manera obtendremos su funcionalidad y versatilidad, tratándose de un vehículo de competición de altas prestaciones como lo conocimos en capítulos anteriores vamos con el chasis cuadro perfectamente terminado a realizar el montaje de los diversos sistemas que se unen al chasis ya seleccionados para garantizar el desempeño y maniobrabilidad correctos que se necesitan en éste tipo de vehículos.

##### 4.5.1 Motor y sistema de transmisión.

Hay que tomar las siguientes consideraciones para el posicionamiento del motor y del sistema de transmisión como son:

- Centralizar masas de inercia.
- Distancias apropiadas
- Centro de gravedad
- Ajuste correcto de bases de motor.

El motor y el sistema de transmisión se pueden apreciar en la figura 50 y tienen que estar centrados perfectamente, con las distancias apropiadas para que el conjunto funcione correctamente, ya que éstos sistemas no poseen ningún tipo de templador o tensor, además el motor por norma se ubica en la parte derecha logrando con las alturas del chasis ya especificadas anteriormente darle un centro de gravedad apropiados en conjunto con el peso del piloto.

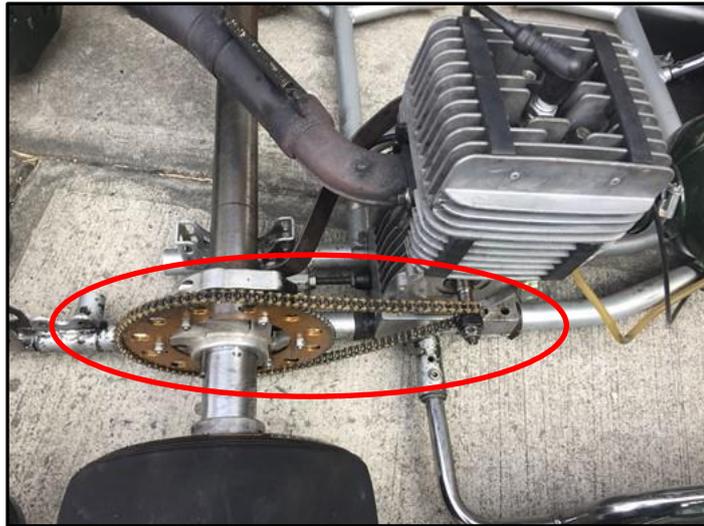


Figura 50. Ubicación del motor y sistema de transmisión  
Fuente: Aguilar Adrián

Para obtener un mejor desempeño en el sistema de transmisión su eje posterior debe estar bien montado y sujeto a los tubos del chasis, según como se aprecia en la figura 51, los cuales están acoplados de manera tal que el centro de gravedad y sus esfuerzos laterales serán bien tolerados.



Figura 51. Montaje del eje posterior  
Fuente: Aguilar Adrián

En la figura 52 se puede apreciar el montaje del silenciador de escape que va empernado al block del motor que es donde se encuentran ubicadas las lumbreras de escape.



Figura 52. Montaje del sistema de escape  
Fuente: Aguilar Adrián

#### 4.5.2 Ajuste y afinamiento del motor.

Para obtener un buen rendimiento del motor el sistema de alimentación (carburador) debe suministrar la cantidad correcta de mezcla en altas y bajas revoluciones para ello es necesario que no existan entradas de aire en el circuito de alimentación que todo esté hermético y que la aleta de aire de nuestro tipo de carburador esté diagonal al plano cuando se acelere afondo.

La mezcla del combustible será con aceite para motores de dos tiempos exclusivo para éste tipo de motores, siendo la cantidad idónea en nuestro medio de la siguiente relación:

*Por cada galón de combustible se mezclarán con 6 onzas de lubricante.*

Según como se muestra en la figura 53, la instalación de todos los conductos de paso de combustible, con la mezcla lista se coloca un poco de la misma en la culata del motor, retirando la bujía de ignición para que el mismo no tenga inconvenientes de falta de combustible en el arranque y el resto se vierte en el tanque de combustible.

Luego se hace girar el motor manualmente para que este encienda y se lo estabiliza al en el banco de trabajo. Para apagarlo se tira del pedal del freno con la mano de manera rápida.

La afinación se la consigue haciendo girar al kart en la pista, moviendo al mismo tiempo las agujas de aire y combustible notando que el motor trabaje en altas y bajas revoluciones de manera idónea. Al instante de mantener el acelerador y cuando se sale de una curva y se presiona el pedal del acelerador a fondo se debe notar que el motor adquiere revoluciones rápidamente y lo hace de una manera progresiva y sin fallar.



Figura 53. Ubicación del conducto y filtro de alimentación de combustible  
Fuente: Aguilar Adrián

#### 4.6 Ajuste del sistema de transmisión.

Para calibrar el sistema de transmisión se necesita en primer lugar actuar sobre el eje posterior, para ello se realiza lo siguiente:

- La distancia entre llanta y el eje posterior (TROCHA) debe ser máximo de 140 cm.
- Hay que revisar que el eje esté alineado por completo.
- Luego de engrasados los rodamientos del eje se procede a colocarlo y se lo asegura en los soportes que tiene el chasis, tomando en cuenta su horizontalidad, como se puede apreciar en la figura 54.
- Se debe comprobar que esté paralelo al chasis de forma que los diferentes puntos del mismo se coloquen a la misma distancia del suelo.
- Debe girar con facilidad sobre sus rodamientos.
- Debe estar perfectamente enclavado al chasis y en los puntos de rodamiento, para que no sufra desplazamiento lateral en cualquier giro o golpe.



Figura 54. Acoplamiento y ajuste de soporte del eje posterior  
Fuente: Aguilar Adrián según CIK/FIA

Después de colocarla, el conjunto debe ser alineado con el piñón del motor, para que la cadena trabaje adecuadamente. Una estrella mal alineada ocasiona desgastes importantes en el piñón, corona y cadena pudiendo provocar la salida o rotura de la cadena.

Para alinearla en la manera correcta, primeramente hay que situar el motor en su lugar sobre el chasis. Apoyar sobre la corona una regla o escuadra teniendo en cuenta que el extremo opuesto debe apoyarse en el borde externo del piñón. Si no está perfectamente alineada, soltando el tornillo del porta estrella se logra desplazar el conjunto sobre el eje, de forma que la alineación sea la correcta, a continuación se gira el eje un tercio de vuelta y se vuelve a comprobar, logrando así dejar alineado todo el conjunto, como se puede apreciar en la figura 55.

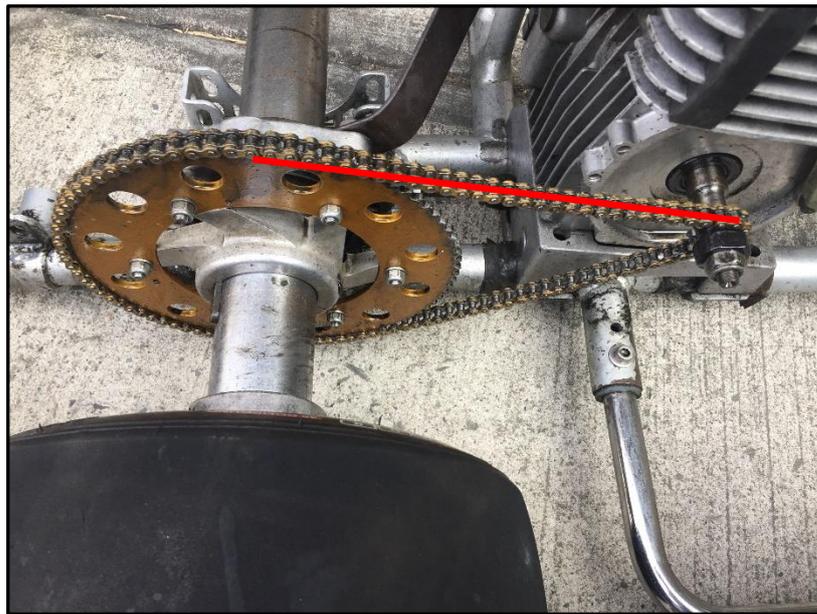


Figura 55. Alineación de la estrella de transmisión  
Fuente: Aguilar Adrián

#### 4.6.1 Sistema de freno.

El sistema de frenos consta de un cilindro de freno principal que funciona con presión hidráulica, más una mordaza de frenos instalada en la parte posterior con sus respectivas cañerías y el disco de freno que gira en conjunto con el eje posterior, considerar que todo éste sistema se ubique totalmente centrado para que al momento de frenar se comporte de manera óptima sin producir ningún tipo de vibración anormal, en la figura 56 se puede apreciar que luego de instalado el sistema se procede a colocar líquido de frenos y purgar el sistema para que no exista aire en el mismo.

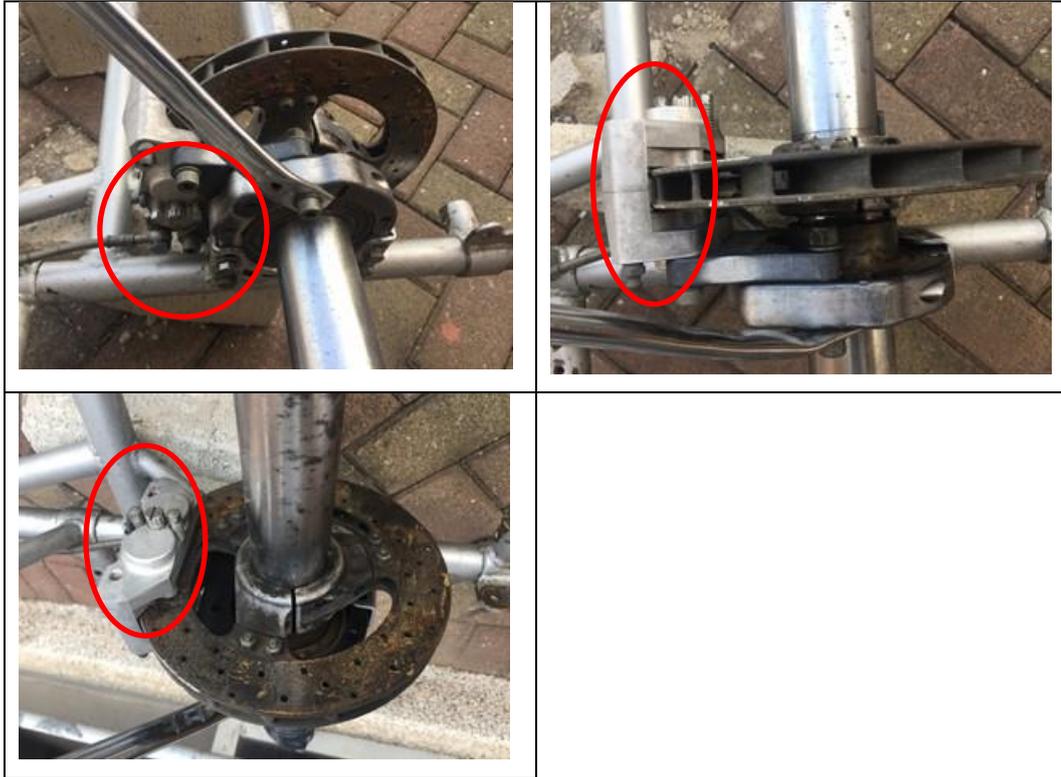


Figura 56. Ajuste y Calibración del sistema de freno  
Fuente: Aguilar Adrián según CIK/FIA

#### 4.6.2 Ajuste y calibración del sistema de freno.

Para que el sistema de frenos funcione correctamente se debe realizar lo siguiente:

- Se debe conseguir una separación de alrededor de 1,5 mm, entre cada una de las pastillas y el disco de freno en situación de reposo.
- Comprobar, al girar el eje, que la separación sea consistente durante el giro entre las pastillas y el disco de freno.
- El disco de freno debe estar centrado entre las pastillas, para ello hay que aflojar el tornillo de sujeción del porta disco al eje y desplazar el disco de freno hasta su posición adecuada.
- Se debe comprobar el recorrido de las pastillas y la holgura del pedal al accionar el freno. La holgura o recorrido del pedal se ajusta por medio de la longitud y posición de la varilla de accionamiento de la bomba hidráulica.

- Es preciso comprobar que no existan burbujas de aire en los conductos del freno, para ello hay que purgar el circuito.

#### 4.7 Ubicación del asiento del piloto y tanque de combustible.

En la figura 57 se puede apreciar, **la ubicación del asiento del piloto;** que debe ser cómodo y ajustado a la forma del cuerpo del piloto del Kart para su mejor sujeción, más seguridad y más confort. Adicional de la fibra de vidrio se lo ha forrado con una cuerina acolchada. Se toma como referencia a la parte delantera del chasis y debe tener del extremo inferior izquierdo del asiento al tubo frontal del chasis 61 cm y 62 cm del extremo inferior derecho del asiento al tubo frontal del chasis, luego se toma la distancia posterior del asiento con referencia al eje de transmisión siendo el valor 23 cm, posterior ello se realiza el ajuste del mismo al chasis.



Figura 57. Ubicación del asiento del piloto

Fuente: Aguilar Adrián

En la figura 58 se puede apreciar, el tanque de combustible que debe ir sujeto de una manera segura firme y sin raspones o fricción que lo deterioren y comiencen a tener fugas de combustible lo cual puede permitir una inflamación de la mezcla y daños físicos a los técnicos o el daño a terceras personas. Además del daño del vehículo.



Figura 58. Ubicación del tanque de combustible  
Fuente: Aguilar Adrián

#### 4.8 Presión de inflado de los neumáticos.

Una vez realizado todo el proceso anteriormente descrito por último se comprueba la presión de aire de los neumáticos, como se puede apreciar en la figura 59, los mismos que por tener diferente medida entre delanteros y posteriores, tienen diferente presión de inflado. Para éste circuito normalmente y con una temperatura ambiental de 22 grados centígrados la presión de inflado será:

- Neumáticos posteriores: 14 lb/plg<sup>2</sup>
- Neumáticos delanteros: 12 lb/plg<sup>2</sup>



Figura 59. Revisión de la presión de aire de los neumáticos  
Fuente: Aguilar Adrián

## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS DE PRUEBAS

#### PRUEBAS EXPERIMENTALES.

##### 5.1 Pruebas de campo

Las siguientes pruebas de campo serán realizadas en el kartódromo municipal de la ciudad de Guayaquil con una pista reglamentada de 1,8 km de longitud.

##### 5.2 Pruebas de desempeño.

Para dicha prueba procedemos de la siguiente manera:

- Se le coloca en el depósito de combustible un galón de gasolina.
- Se procede a realizar doce vueltas en el circuito, que son el número de vueltas que realizan en una competencia válida de karting.
- Se procede a medir el nivel de combustible que se encuentra en el tanque de combustible luego de haber realizado las doce vueltas en el kartódromo.
- Se observa que el consumo ha sido de  $\frac{1}{4}$  de galón de combustible para las doce vueltas.

$$\text{desempeño} = \frac{\text{número de vueltas}}{\text{galones de combustible}}$$

$$\text{desempeño} = \frac{12 \text{ vueltas}}{\frac{1}{4} \text{ galón}}$$

$$\text{desempeño} = \frac{12}{0,25} \text{ vueltas por galón de combustible}$$

$$\text{Desempeño} = 48 \text{ vueltas por galón}$$

$$velocidad = \frac{\text{distancia del circuito (m)}}{\text{tiempo en recorrer circuito (s)}}$$

$$velocidad = \frac{1800 \text{ m}}{45 \text{ s}}$$

$$velocidad = 40 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 2,4 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Tabla 7. Tabla de velocidades

TEST	DISTANCIA (m)	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (m/s)
1	800	80	10
2	1200	60	20
3	1500	50	30
4	1800	45	40

Fuente. Aguilar Adrián

$$\sum V = \frac{10 + 20 + 30 + 40}{4}$$

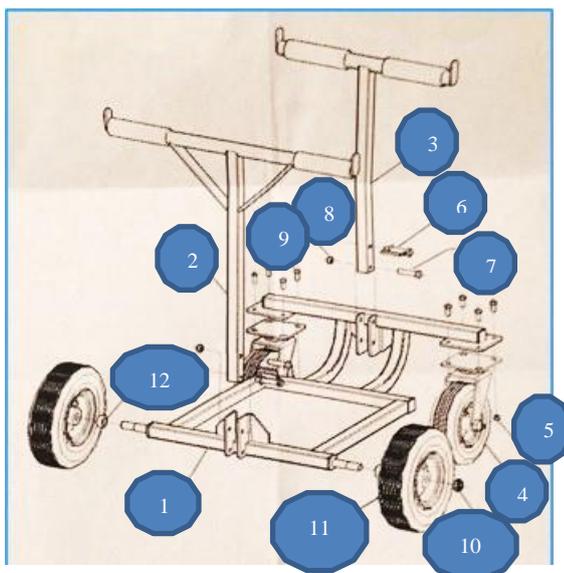
$$\sum V = 25 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1,5 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

### 5.3 Ejecución de mantenimiento.

El siguiente plan de mantenimiento está diseñado para un óptimo desempeño de nuestro kart.

Para poder brindar mejor mantenimiento es imprescindible disponer de un soporte para Karting el cual debe tener rigidez para soportar el peso estático y dinámico ya que este soporte debe tener ruedas para poder trasladar al Karting a diferentes lugares en el taller.

En la figura 60 se puede observar los componentes o piezas que se componen para elaborar o armar un soporte de Karting de 18 Kg.



No.	Descripción	QTY	No.	Descripción	QTY
1	Base frame	1	7	Perno pivote	2
2	Soporte posterior	1	8	Tuerca de ajuste, pivote	2
3	Soporte delantero	1	9	Perno caster	8
4	Rueda	2	10	Tuerca ajuste, caster	8
5	Caster	2	11	Tuerca de ajuste, rueda	2
6	Pin ajuste	2	12	Espaciador de rueda	2

Figura 60. Elementos de un soporte de Karting  
Fuente. (Mundo kart, 2002)

En la figura 61 se pueden apreciar las medidas en centímetros del soporte del Karting para poder ubicar un mejor lugar en el taller para brindar mantenimiento y facilidad en la ergonomía del técnico de mantenimiento.

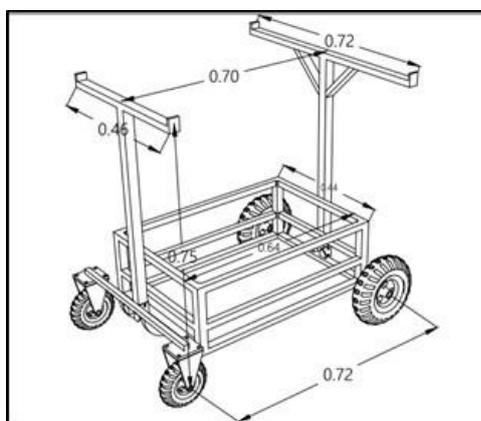


Figura 61. Dimensiones de un soporte de Karting  
Fuente. Aguilar Adrián

En la figura 62 se puede observar el modelado del soporte graficado en el programa Autocad en 3D que permite tener una apreciación más realista del soporte como debería estar estructurado.



Figura 62. Modelado en 3D de un soporte de Karting  
Fuente. Aguilar Adrián

En la figura 63 se elaboró la estructura del soporte con tubo cuadrado de ½ pulgada y ruedas tipo garrucha industrial que soporten el peso y los químicos presentes en un taller automotriz.



Figura 63. Elaboración de un soporte de Karting  
Fuente. Aguilar Adrián

En la figura 64 el soporte del Karting se encuentra terminado en su totalidad pintando y soldada su estructura con soportes inferiores para no perder estabilidad.



Figura 64. Soporte para Karting de 180 Kg. terminado  
Fuente. Aguilar Adrián

### 5.3.1 Comprobación en tierra.

Arrancar el motor y observar si el motor responde uniformemente al acelerador, sino se emiten ruidos extraños y el motor enciende con normalidad a las revoluciones indicadas.

Para comprobar los ruidos extraños en la figura 65 se puede observar como el técnico instala y asegura bien el depurador de aire que a la vez sirve como una pequeña cámara de resonancia y permite apaciguar las ondas de choque generada por los gases dando mejor compresión al motor y por ende más potencia.



Figura 65. Instalación depurador de aire  
Fuente. Aguilar Adrián

5.3.2 Inspeccionar niveles. Verificar el nivel de todos los líquidos, tales como:

- Nivel de combustible.
- Nivel de aceite para la válvula rotativa.
- Nivel de aceite en la reductora.
- En caso de tener puntos de engrase por separado, comprobar el nivel del depósito.

Reajustar las tuercas de la culata. En la figura 66 se puede apreciar y se debe considerar el cilindro del motor ya que está unido al colector de escape y admisión. Se tiene que usar una secuencia de apriete en cruz, apretando poco a poco cada tuerca, empezando desde el centro, a un par de apriete de 22 Nm (195 lb.pie) y los de la carcasa de refrigeración son de 14 Nm.

Asegurarse de que los tornillos de la carcasa de refrigeración superior están menos apretados que los de la culata. En la figura se puede ver la secuencia de apriete a aplicar cuando los colectores están colocados.

- Reajustar los tornillos del colector de escape.- Los pernos de los colectores de escape deben de ser reajustados al par siguiente: 22 Nm



Figura 66. Orden de apriete de tuercas de la culata  
Fuente. [www.mundokart.com/show/php?id=239](http://www.mundokart.com/show/php?id=239)

En la figura 64 podemos apreciar los componentes del cuerpo del conjunto del cilindro y cada una de sus partes.

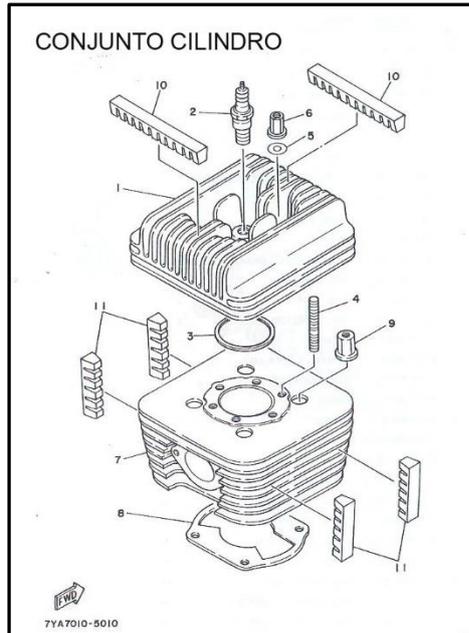


Figura 67. Conjunto Cilindro

Fuente. <https://marlonkart.com/tienda/index.php/yamaha-kt100/conjunto-cilindro2015-12-14-06-10-14903233736>

#### 5.4 Inspección del estado de las bujías.

En la figura 68 se puede apreciar al técnico haciendo el ajuste de la bujía previa inspección de la misma donde se pudo comprobar sus calibraciones o sea la distancia entre electrodos por medio de un calibre de bujía de alambre y la resistencia de la bujía por medio de un multímetro en la escala de ohmios..

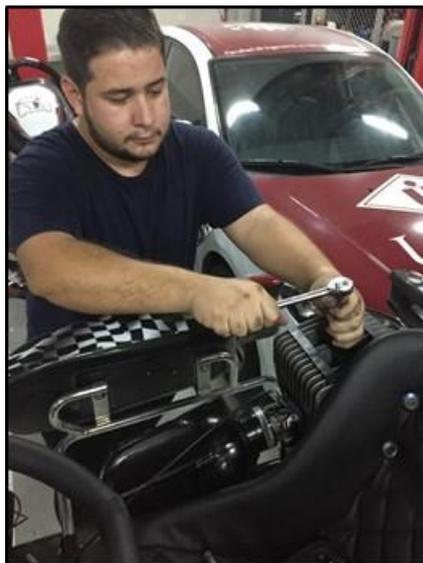


Figura 68. Ajustando la bujía

Fuente. Aguilar Adrián

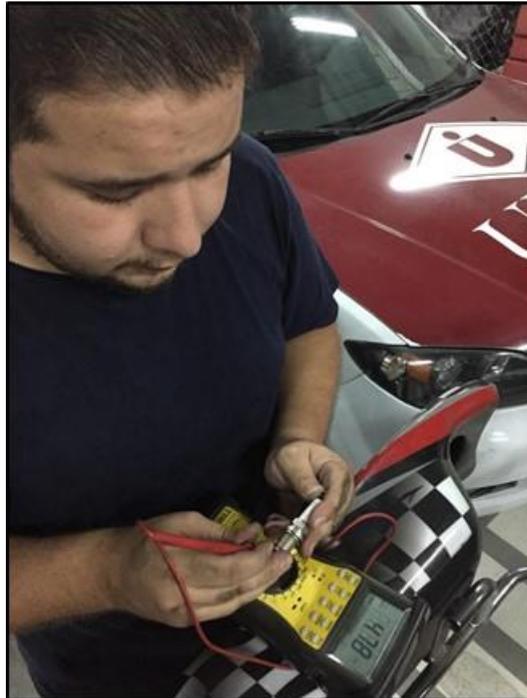


Figura 69. Midiendo la resistencia de la bujía  
Fuente. Aguilar Adrián

- Si la bujía tiene los electrodos "Blancos" con pequeñas gotas "Fundidas", se debe en primer lugar sospechar de una mezcla demasiado pobre.
- Si la carburación es correcta y no hay evidencia de fugas en los colectores, comprobar si falta combustible o una incorrecta posición del flotador en el carburador. Nunca limpiar las bujías con papel de lija.
- Reemplazar bujías. Las bujías tienen un par de apriete de 27 Nm y las bujías deben de ser cambiadas con el motor frío.
- La resistencia de aproximadamente 5 Ohmios y sirve para mejorar la supresión de interferencias de radiofrecuencia, tal como se muestra en la figura 69.

*Inspección de la bujía.* La bujía debe de ser comprobada:

- Cada 10 horas de funcionamiento en el caso de pruebas o competencias continuas.
- Reemplazar cuando se necesite o por lo menos una vez al año.

- Comprobar que el rango de temperaturas de la bujía es el adecuado y la calibración del carburador es la correcta.
- La bujía deberá tener un color marrón en los electrodos después de haber trabajado.

En la figura 70 se puede apreciar las puntas de encendido de los diferentes tipos de bujía para cada aplicación y para competición tenemos de dos tipos para motores de cuatro tiempos y con la cabeza del pistón normal. Para los motores de dos tiempos o de cuatro tiempos con un pistón un poco sobresalido o una cámara muy pequeña se dispone de otra bujía con el electrodo escondido.



Figura 70. Puntas de encendido para competición  
Fuente. (NgkNtk, 2020)

- La Bujía CR7HSA en NGK con una luz de calibración de 0,7 mm.
- También se dispone de una bujía con punta de Iridium que permite al motor tener un mejor desarrollo en su explosión de la mezcla, la clasificación en Iridium en NGK es CR7HIX.

Si la bujía tiene un aspecto aterciopelado de color negro con depósitos de aceite, se debe comprobar la carburación y el sistema de aire.

#### 5.4.1 Inspección de los cables de bujías.

- Comprobar la separación entre electrodos y el buen contacto del cable de bujía con pipas y bobinas.



Figura 71. Tipos de terminales supresivos NGK de cables de bujía  
Fuente. (NgkNtk, 2020)

En la figura 72 se puede apreciar los valores de test de resistencia óhmica de cables de bujía que en este caso son de 5 kΩ con una tolerancia de +/- 25 %. Además se indica la codificación de los diferentes tipos de cable para las bujías si cumplen con los requisitos establecidos y no existan pérdidas de corriente por los mismos.

**TEST DE RESISTENCIA OHMICA**

Para hacer la medición en los terminales supresivos nuevos o usados deberá utilizar un multímetro u ohmómetro y luego medir el valor de la resistencia óhmica entre los conectores. El valor encontrado deberá ser:

**Terminal: 5,0 kΩ ± 25%**

**CODIFICACIÓN**

**L B 05 F P**

<b>FORMATO</b>	<b>RESISTOR</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
L Codo 90°	05 5 kΩ	P Cubierta de protección
X Codo 102°		MGC Especial tipo competición
S Recto		M Revestimiento de goma
V Codo 120°		H Tipo compacto

<b>DIÁMETRO DEL AISLADOR DE LA BUJÍA</b>	<b>TERMINAL DE LA BUJÍA</b>
B 12,00 mm	E Con tuerca
D 10,00 mm	F Sin tuerca

Figura 72. Tipos de resistencia óhmica cables de bujía  
Fuente. (NgkNtk, 2020)

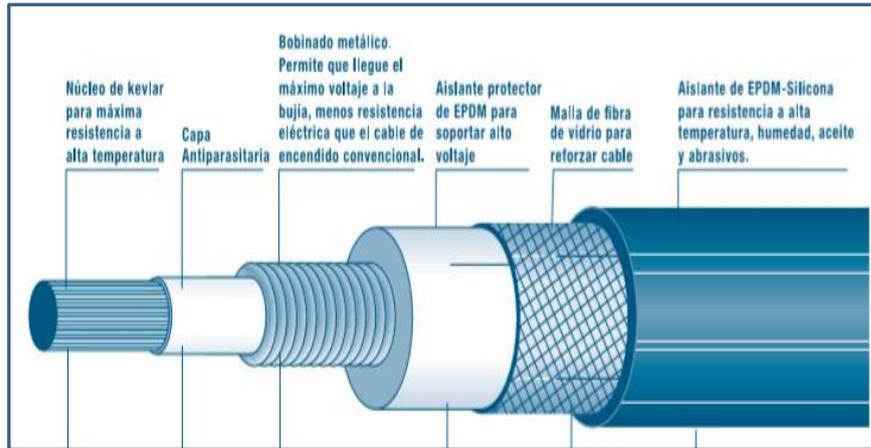


Figura 73. Tipos de aislantes de bujías.  
Fuente. (Fae, 2019)

En la figura 73 podemos apreciar los diferentes tipos de aislantes de los cables de bujías utilizadas en los automotores convencionales pero para los motores de competición generalmente se usan de EPS (Etileno Propileno Silicon), que soportan mayor temperatura de funcionamiento y ataques a sustancias químicas propias del proceso de combustión de un motor.

Limpieza del interior de la bujía. Comprobar el capuchón de la bujía de quemaduras, golpes y suciedad. El valor de la resistencia de la bujía estándar es de 4,5 a 5,5 Kilo ohmios.

- La rosca puede ser resistiva, y el cable apantallado con el fin de suprimir Interferencias.
- La superficie de conexión con la bujía debe estar limpia para asegurar un buen contacto.
- La resistencia del conector es de 0,8 a 1,2 Kilo ohmios.
- Nunca quites la rosca en un motor en marcha.
- Limpiar las superficies de contacto de la rosca o del terminal cuando sea necesario.

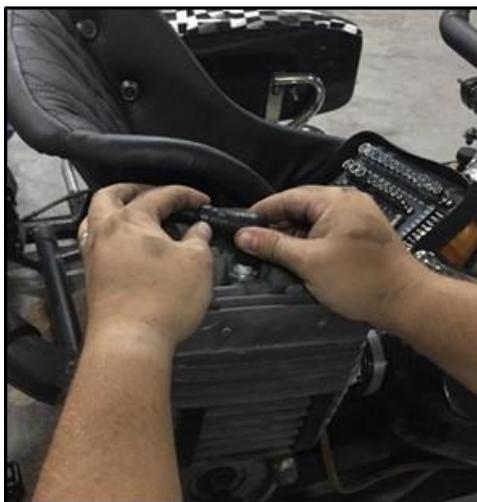


Figura 74. Terminal de la bujía  
Fuente. Aguilar Adrián

Limpieza del carburador y comprobación de desgaste. Seguir las siguientes instrucciones:

- Parar el motor a velocidad aumentada y verificar el nivel del flotador.
- Inspeccionar si hay fugas en el carburador.

Comprobar válvula flotante.

- Inspeccionar la aguja.
- Inspeccionar el filtro del carburador.
- Limpiar el carburador con gasolina si es necesario

#### 5.5 Cambio de shiglores y aguja.

El cambio de los shiglores y la aguja del carburador solo deben ser realizados por un mecánico con experiencia en motores de dos tiempos y de acuerdo con el manual de mantenimiento y tablas de carburación, como se indica en la figura 75 donde se puede apreciar la regulación del tornillo de paso de aire y regulación de aceleración.



Figura 75. Calibrando aire y combustible  
Fuente. Aguilar Adrián

5.5.1 Limpieza y comprobación de la bomba de combustible. Se procede a:

- Verificar la bomba de combustible
- Verificar la presión de combustible: 0,2 – 0,5 bar (3 – 7 psi).

Inspección de la culata y de la cabeza del pistón. Desmontar la culata como se indica en el actual manual de reparaciones. Los depósitos en la cámara de combustión en la culata y en la cabeza del pistón no deben de exceder de 0,5 mm.

- La carbonilla debe de ser eliminada cuidadosamente mediante un cepillo.
- La limpieza de los pistones debe ser realizada con los pistones no instalados en el motor, ya que la carbonilla puede llegar a introducirse en el interior del motor.

5.6 Inspección de los segmentos. Se procede a:

- Desmontar la culata y los cilindros como se indica en el manual de reparación.
- Si varios segmentos han de ser desmontados, asegurarse de marcar el que corresponde a cada pistón.
- Limpiar los pistones desmontados o renovar si es necesario.

- Nunca fuerces un segmento porque puede perder su elasticidad o se puede desprender el baño de protección de molybdenum.

Comprobación del diámetro del pistón. Se procede a:

1. Las dimensiones del pistón deben estar en el rango que se muestra en la tabla 8.

Tabla 8. Dimensiones del pistón.

Motor	Referencia	Indicado en la cabeza del pistón		Diámetro nominal DN+0,005 mm		Sobre medidas disponibles(2)	Altura H (2)	Tolerancia pistón nuevo	Tolerancia pistón usad
447	886 050	67,45	67,46	67,445	67,455	2	20,8	0,05-0,07	0,15
503	996 245	71,93	71,94	71,925	71,935	2	18	0,07-0,09	0,2
582	888 590	75,94	75,95	71,925	75,945	2	20,5	0,06-0,08	0,15

Fuente. Disponible en [www.mundokart.com/show.php?id=239](http://www.mundokart.com/show.php?id=239)

Notas:

1) Dimensiones H = altura para la medida del diámetro nominal en el nuevo pistón, perpendicular al eje central del bulón. Para la medida en pistones usados, el diámetro mayor también es válido.

2) Se puede encontrar el valor nominal de los pistones sobre medida en los despieces correspondientes.

***Segmentos, comprobar apertura y juego axial.***

Se procede a:

- Desmontar los segmentos usando alicates especiales. Nunca fuerces un segmento porque puede perder su elasticidad o se puede desprender el baño de protección de molibdeno.

Se debe comprobar la apertura y la tolerancia de flanco de los segmentos. Con el segmento colocado la tolerancia de flanco debe de ser comprobada con una galga.

Para medir la apertura 'A' de un segmento, situar el segmento en un cilindro nuevo y usar el pistón como empujador y comprobar la apertura con una galga.

Primer segmento

Dimensión Límite de uso

Apertura 1 mm

Apertura mínima 0,2 mm

**Segundo segmento.**

Será renovado cuando se cambie el primer segmento

5.6.1 Comprobación del diámetro y redondez de los cilindros.

Los cilindros son mecanizados en dos grupos de tolerancia, marcados sobre la garganta con un punto rojo o verde. La diferencia en el diámetro es de 0,01 mm. Hay disponibles pistones con el mismo código de color, como se puede verificar sus valores en la tabla 9.

Tabla 9. Medida de cilindros

	Nuevo (mm)	Uso límite (mm)
Fuera de redondez	0,00 a 0,02	0,05
Conicidad	0,00 a 0,03	0,08

Fuente. (Mundo kart, 2002)

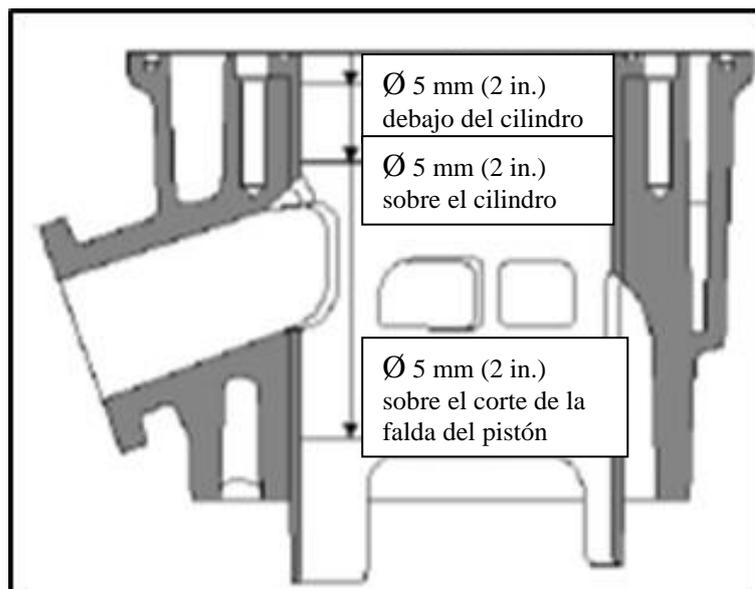


Figura 76. Dimensiones conjunto del cilindro  
Fuente. (Ceac, 1995)

Reemplazar juntas de culata, cilindros y escape. Solo es necesario si se desmontan los cilindros. En ese caso hay disponible un juego de juntas básico o de carbonilla para que posterior se procedimiento de revisado según la figura 76 claro que adicional a eso se procede a medir sus calibraciones.

### 5.6.2 Inspeccionar bulones y cojinetes.

Se procede a:

**Bulón.** Comprobar si el bulón está desgastado o ha cambiado el color en la superficie de contacto del cojinete según la tabla 10 y tomar lecturas del diámetro con un instrumento de precisión como un micrómetro de exteriores.

Tabla 10. Medición del bulón.

	<b>Nuevo</b>	<b>Desgaste Máximo</b>
<b>Bulón</b>	17.997 a 18 mm	17.97 mm

Fuente. Aguilar Adrián

**ATENCIÓN.** Cambiar el bulón si se detecta ralladuras de desgaste, aunque las dimensiones sean correctas, al comienzo de decoloración. Siempre cambiar los *circlip* (*seguros o vinchas de seguridad*), del bulón después de cada desmontaje del bulón.

Cojinetes del pistón: La jaula de agujas ha sido sustituida por un cojinete de agujas sin jaula incrementando la superficie de apoyo. El cojinete de agujas sin jaula tiene 31 agujas y dos arandelas de soporte. En el modelo 582 este cojinete de agujas sin jaula ha sido incorporado desde los comienzos de la producción en serie.

Inspeccionar si las agujas tienen desgaste o deformación. Con una aguja visiblemente dañada.

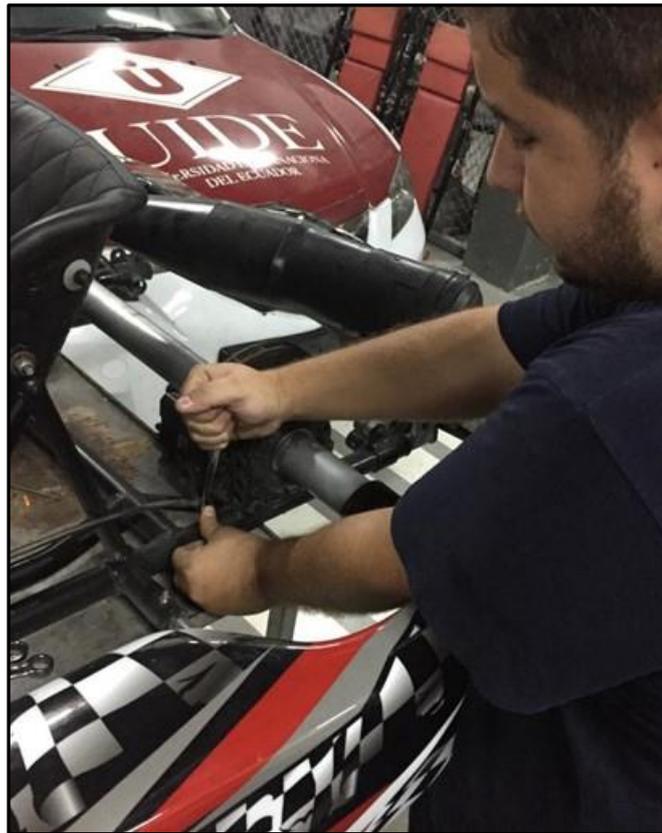


Figura 77. Purgado del sistema de frenos  
Fuente. Aguilar Adrián

En la figura 77 se puede observar el purgado del sistema de frenos que se está realizando en karting, para que el frenado sea más preciso.

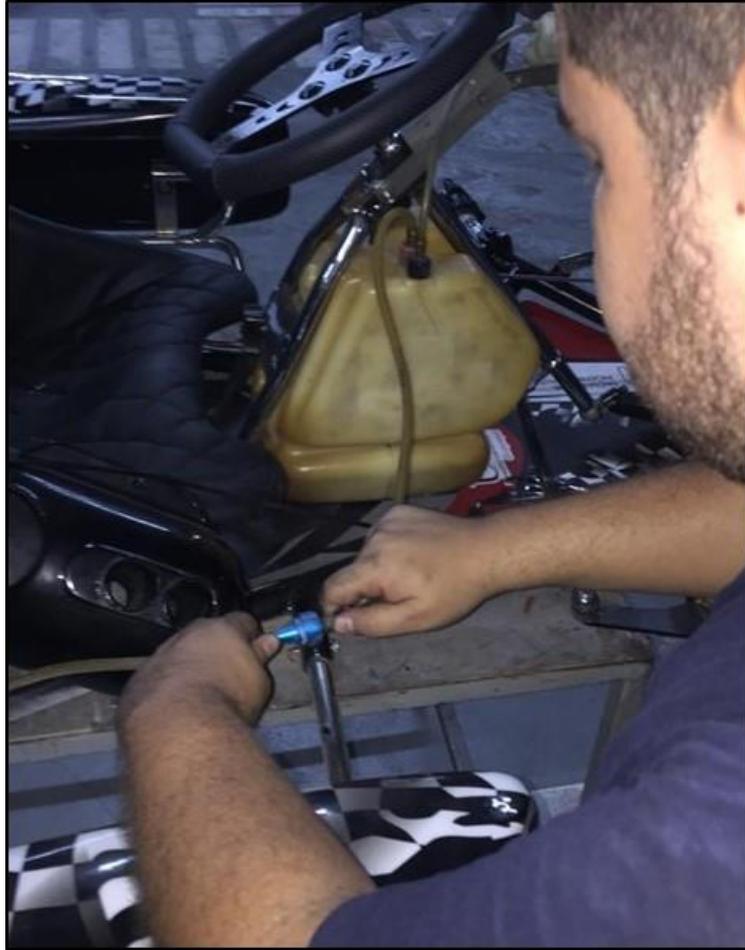


Figura 78. Revisando línea de combustible  
Fuente. Aguilar Adrián

En la figura 78 se puede apreciar que el técnico está reajustando la manguera en una válvula de no retorno para que el combustible que va del depósito a la bomba y esta a su vez pase por el carburador para que pueda ser dosificado a la cámara de combustión. Motivo por el cual esta válvula sirve para que cuando se apague el motor el combustible pueda seguir manteniendo su presión y caudal para que su próximo arranque sea más rápido y eficiente y no se pierda la entrega de combustible al carburador y ahorrar combustible.

#### 5.7 Tabla de plan de mantenimiento.

En la tabla 11 presentada a continuación está diseñada para el plan de mantenimiento del proyecto.

Tabla 11. Plan de mantenimiento del Go - Kart

HORAS	2	10	12	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300
Comprobación en tierra				X											
Comprobar nivel de líquidos	X														
Reajustar tuercas de culata	X														
Inspeccionar bujías			X												
Reemplazar bujías				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Comprobar y limpiar interior de las pipas de las bujías			X												
Reemplazar agujas y shiglores del carburador									X						
Inspeccionar carbonilla					X	X	X	X	X	X	X	X			
Inspeccionar segmentos					X	X	X	X	X	X	X	X			
Comprobar diámetro del pistón					X	X	X	X	X	X	X	X			
Segmentos, comprobar apertura y juego axial					X	X	X	X	X	X	X	X			
Comprobación de diámetro y redondez del cilindro					X	X	X	X	X	X	X	X			
Reemplazar juntas de culata de cilindros y escape					X	X	X	X	X	X	X	X			
Inspeccionar bulones y cojinetes									X						
Overhaul general del motor															X

Autor: Aguilar Adrián

## CONCLUSIONES

Se ha logrado determinar la estructura más adecuada para nuestro proyecto, sirviéndonos del análisis y tomando como opción válida la alternativa uno.

- Determinamos las cargas a la cuales está sometida la estructura las cuales son: peso propio, carga viva, fuerza de aceleración, fuerza de frenado, carga aerodinámica y sus respectivos impactos.
- Se comprobó que la estructura si es capaz de soportar las cargas descritas mediante la ayuda del programa de cálculo estructural SAP 2000 11.1 con la ayuda de la barra de colores mostrándonos que los elementos que esta sobre estresados son los atenuadores de impacto lo cual es conveniente por lo que estos se deben deformar en condiciones de impacto, los demás elementos están dentro de los parámetros de trabajo adecuados.
- Determinada la estructura más adecuada se ha logrado hacer un modelo del chasis valiéndonos del AUTOCAD pudiéndonos dar cuenta de su distribución, dimensiones diámetros de los tubos, ángulos de inclinación y toda la ubicación de los elementos para una fácil lectura de los planos para su construcción.
- Basándonos en el modelo de estructura verificado mediante análisis estructural con ayuda del Software, procedimos a la construcción del chasis de la dirección y de la transmisión, y a la adaptación de los demás sistemas que conforman el kart (motor, frenos, alimentación de combustible, escape, neumáticos, carrocería).
- Se realizó todas las pruebas señaladas al prototipo (desempeño, velocidad aceleración) en el kartódromo de la ciudad de Guayaquil, dándonos resultados óptimos de funcionamiento de competencia de nuestro prototipo
- Basándonos en el modelo de estructura verificado mediante análisis estructural con ayuda de las mediciones de la estructura, se procedió a la reconstrucción del chasis en ciertos tramos a la regulación de la dirección y la mejora de la selección de la cadena de la transmisión, y a la adaptación de los demás sistemas que conforman el kart (motor, frenos, alimentación de combustible, escape, neumáticos, carrocería).

## RECOMENDACIONES

En la realización de este tipo de proyecto se debería tomar en cuenta todas las medidas necesarias para que el resultado final sea el esperado, todos los análisis de cargas, esfuerzos y simulaciones deben estar ajustados a lo que el proyecto requiera.

- Se debería tener conocimientos básicos acerca del funcionamiento de los diferentes elementos que van a ser acoplados al chasis, su posicionamiento y su calibración para de ésta manera conseguir seguridad, fiabilidad, y vida útil de los mismos.
- Se debería tener el conocimiento práctico necesario para poder interpretar los resultados que el Software nos arroje y de ésta manera poder aplicarlos de manera correcta en la construcción de éste proyecto.
- Se recomienda la utilización del Software Auto CAD y Solid Works en las empresas que fabrican este tipo de estructuras Karts sería necesario para obtener trabajos de más alta calidad, fiabilidad y seguridad.
- Se recomienda de manera especial utilizar un proceso de soldadura adecuado, el mismo que garantice al máximo la resistencia de todo el conjunto del diseño, y obtener la asesoría de una persona calificada para realizar estos procesos.
- Las pruebas de campo deben realizarse de manera prudente y convincente para evitar cualquier tipo de accidentes, realizar con más exigencia pero de manera progresiva, debido a que este tipo de estructuras deben someterse a todo tipo de pruebas de conducción tomando en cuenta la estabilidad, maniobrabilidad, frenos, aceleración, etc. y luego la conducción en sí y evitar cualquier infortunio que pueda terminar en tragedia.

## Bibliografía

- Alonso, M. (2004). *Técnicas del automovil: chasis*. España: Paraninfo.
- Borja, J. (2009). *Sistemas de transmisión y frenado*. España: McMillan.
- Cascajosa, M. (2004). *Manual de ingeniería de vehículos: sistemas y calculos*. México: Alfaomega.
- Ceac. (1995). *Motocicleta*. México : Ceac.
- Celigueta. (2003). *Curso de análisis estructural*. NAVARRA: EUNSA.
- Control Hidrocarburos . (2006). *Normas Técnicas INEN 935*. Obtenido de <https://www.controlhidrocarburos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/06/nte-inen-935-9.pdf>
- Dipac. (2019). *Tubo acero negro*. Obtenido de <http://www.dipacmanta.com/tubos/tubo-mecanico-redondo>
- Dominguez, E. (2008). *Circuito de fluidos: suspensión y dirección*. IBERIA: McMILLAN.
- Fae. (2019). *Tipos de aislantes de bujias*. Obtenido de <http://www.fae.es/files/product/pdf/catalogo-cables-parte-ilustrada-45.pdf>:  
www.fae.es
- Ferdinand, B. (2010). *Mecánica de materiales*. México: McGraw Hill.
- Fiakarting. (2019). *Historia Karting*. Obtenido de REGULACIONES: [http://www.cikfia.com/fileadmin/content/REGULATIONS/Technical/Technical%20Regulations/2019/Web\\_RT2019.pdf](http://www.cikfia.com/fileadmin/content/REGULATIONS/Technical/Technical%20Regulations/2019/Web_RT2019.pdf)
- GTZ. (1984). *Tecnología de los metales*. Barcelona: REVERTÉ.
- Johnston, B. (1998). *Diseño básico de estructuras de acero*. Prentice Hall.

Mc Corman, J. (2002). *Diseño de estructuras metálicas: método ASD*. Alfaomega.

Mundo kart. (2002). Obtenido de [www.mundokart.com/show.php?id=239](http://www.mundokart.com/show.php?id=239)

NgkNtk. (2020). *Sistema de encendido*. Obtenido de [http://www.ngkntk.com.br/automotivo/wp-content/uploads/2014/02/Tabla\\_Moto\\_20137.pdf](http://www.ngkntk.com.br/automotivo/wp-content/uploads/2014/02/Tabla_Moto_20137.pdf): [www.ngkntk.com.br](http://www.ngkntk.com.br)

Prato, C. (2008). *Análisis de estructura de barras*. Argentina: Universitas.

Wuxi Tongbao. (2000). *products kart*. Obtenido de [www.swsglobal.cn](http://www.swsglobal.cn)

Yamaha. (2019). *Antecedente motor KT100*. Obtenido de <https://www.yamahamotorsports.com/kart-engine/models/kt100>

## ANEXOS

### ANEXO I

#### FUNCIÓN DE LA BUJÍA DE ENCENDIDO



La función de la bujía de encendido es conducir la corriente eléctrica hacia el interior de la cámara de combustión, convirtiéndola en una chispa para inflamar la mezcla de aire/combustible. A pesar de su apariencia simple es una pieza que requiere para su concepción la aplicación de tecnología sofisticada, pues su perfecto desempeño está directamente asociado al rendimiento del motor, los niveles de consumo de combustible, la mayor o menor carga de contaminantes en los gases expedidos por el escape, etc.

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

**Resistente a  
Altas Presiones**  
50 Kgf/cm<sup>2</sup>

**Resistente a  
Choques  
Térmicos**

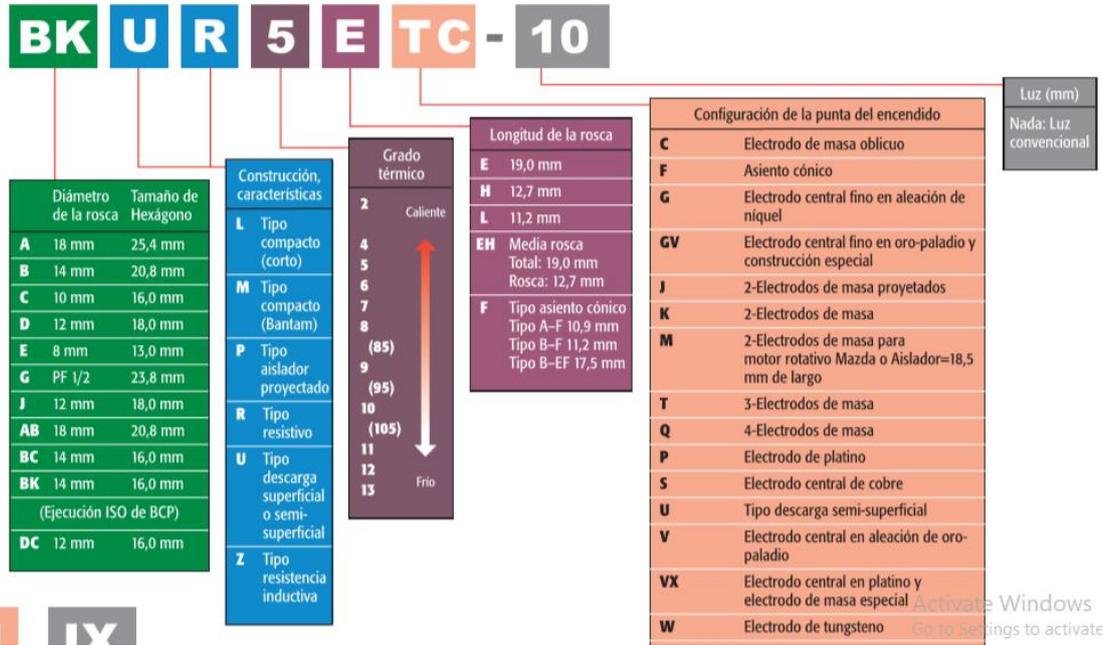


**Resistente a  
Altas Voltaje de**  
20 a 30 mil Volts

**Resistente a la  
Corrosión Química**  
Causada por el combustible y  
los gases de combustión

## ANEXO II

### CODIFICACIÓN DE LAS BUJIAS NGK



Activate Windows  
Go to Settings to activate

### ANEXO III

**MODELO DE CHASIS Y MOTOR** Un modelo se define por una serie de características. Está determinado por objetos similares que pueden reproducirse. La definición de un "modelo" se aplica a cualquier chasis y motores idénticos de una serie de producción que se distinga por un diseño determinado y un esquema externo general, conforme al mismo diseño mecánico:

a) Para todos los motores de 125 y 250 cc con cajas de cambios, los criterios de características que diferencian 2 modelos son: - la carrera (más allá de +/- 0.2 mm) o - el tipo de enfriamiento (aire o agua) o - el tipo de admisión (válvula rotativa, válvula de láminas o puerto de pistón). Para todos los motores de 125 y 250 cc sin cajas de cambios, la definición del modelo se aplica a los siguientes elementos:

- Carrera y diámetro interior.
- Orientación de la caja de láminas (vertical u horizontal).
- Número de conductos de transferencia.
- Presencia de la válvula de potencia.
- Cilindro completo (barril y camisa).

b) En el caso de chasis de kart a homologar, los criterios de características que diferencian 2 modelos son:

- La distancia entre ejes.
- Los anchos externos delantero y trasero.
- El diámetro de los tubos principales ( $\varnothing \geq 21$  mm y  $L > 150$  mm).
- El número de tubos principales ( $\varnothing \geq 21$  mm y  $L > 150$  mm).
- El número de curvas en los tubos principales.
- Un dibujo a escala 1:1 de los tubos principales.

Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1323. Requisitos. Primera revisión.

El motor de competición no permite aditivos ni mezclas adicionales con el combustible para participar en estas carreras, todos deben estar en las mismas condiciones motrices por lo tanto deben utilizar un combustible con los mismos parámetros y características para que no exista desigualdad por lo tanto, se muestran en la siguiente tabla los requisitos de la gasolina de 92 octanos o RON. (Control Hidrocarburos , 2006)

**TABLA 2. Requisitos de la gasolina 92 octanos (RON)**

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Número de octano Research (RON) <sup>a</sup>	--	92,0	--	NTE INEN 2102
Destilación: 10 %	°C	--	70	ASTM D86
50 %	°C	77	121	ASTM D86
90 %	°C	--	190	ASTM D86
Punto final	°C	--	220	ASTM D86
Residuo de destilación	% <sup>b</sup>	--	2	ASTM D86
Relación vapor – líquido a 60 °C	--	--	20	ASTM D5188
Presión de vapor	kPa	--	60	ASTM D323 ASTM D4953 ASTM D5191
Corrosión a la lámina de cobre (3 h a 50 °C)	--	--	1	ASTM D130
Contenido de gomas	mg/100 mL	--	4,0	ASTM D381
Contenido de azufre	% <sup>c</sup>	--	0,065	ASTM D2622 ASTM D4294 ASTM D5453
Contenido de aromáticos	% <sup>b</sup>	--	35,0	ASTM D1319
Contenido de benceno	% <sup>b</sup>	--	2,0	ASTM D3806 ASTM D5580 ASTM D6277 ASTM D6730
Contenido de olefinas	% <sup>b</sup>	--	25,0	ASTM D1319
Estabilidad a la oxidación	min	240	--	ASTM D525 ASTM D7525
Contenido de oxígeno	% <sup>c</sup>	--	2,7	ASTM D4815 ASTM D5845
Contenido de plomo	mg/L	--	No detectable	ASTM D3237 ASTM D5059 ASTM D5185
Contenido de manganeso	mg/L	--	No detectable	ASTM D3831 ASTM D5185
Contenido de hierro	mg/L	--	No detectable	ASTM D5185

## ANEXO IV

Acuerdo de los motores 2010.

MOTORES DE 2 TIEMPOS y MOTORES DE 125 CC. Todos los motores de 125 cc (descritos en el Reglamento Técnico CIK-FIA) estarán sujetos a una homologación. Cada fabricante tendrá derecho a homologar dos marcas y dos modelos por marca. El número de homologación debe aparecer permanentemente en el sumidero inferior del motor. Para fabricantes: cantidad mínima para cada modelo que se presentará en la inspección de homologación: 50 motores ensamblados, como lo determina el Formulario de homologación. Durante la inspección de homologación, los inspectores seleccionarán al azar el número prescrito de ejemplos (2 motores). El fabricante desarmará ambos motores durante las inspecciones en presencia de:

- Uno de los delegados de CIK-FIA (representante de la ASN) del país en cuestión o un sustituto.
- Un Escrutador elegido por la ASN.
- El (los) Inspector (es) elegido (s) por CIK-FIA para que la validez y exactitud se puedan verificar colectivamente.

Después de esta operación, los 2 motores serán ensamblados por el fabricante y sellados por el inspector. El modelo sellado se mantendrá a disposición de la CIK-FIA, bajo la responsabilidad de la ASN durante toda la validez de la homologación. El otro modelo sellado será enviado por el fabricante al almacén de CIK-FIA por correo urgente para ser almacenado en el CIK-FIA durante toda la validez de la homologación. Los pesos mínimos indicados en el Formulario de Homologación se establecerán de acuerdo con un valor promedio medido en 10 partes menos 10% (mínimo  $W = \text{promedio } W \times 0.9$ ) y se controlarán durante la inspección. Se permite homologar dos pistones con un diseño de ranura de anillo de pistón diferente por motor; deben describirse en el Formulario de homologación

y presentarse en la cantidad solicitada durante la inspección de homologación. También se deben respetar los siguientes criterios:

- Materiales exóticos prohibidos.
- Acero o aluminio obligatorio para cualquier componente con una función mecánica y / o fuerzas de transmisión.
- Carbono prohibido para todas las partes estructurales.
- Cáster del motor y cilindro obligatoriamente de fundición de aluminio.
- Cigüeñal, biela y pasador de gudgeon: acero magnético obligatorio.
- Pistones obligatoriamente de fundición o forja de aluminio.
- Las inserciones en los conductos están prohibidas.

Consideramos que un inserto es cualquier parte que se agrega en los conductos formados por el cárter mecanizado y las piezas fundidas del cilindro. La protuberancia normal de la válvula de lámina y su soporte en el conducto de admisión no se considera un inserto.

- Ingesta por válvulas de láminas en los cárteres o en el cilindro.
- Identificaciones: espacios planos mecanizados de 30 mm x 20 mm para la fijación de las etiquetas de identificación especificadas:
  - En la parte delantera del cilindro.
  - En la parte superior de la caja de la caja de láminas para los medios sumideros.
  - Cilindro con revestimiento de fundición de acero sin ningún tipo de revestimiento (solo categorías OK).

## ANEXO V

Homologación de carrocería y chasis.



### COMMISSION INTERNATIONALE DE KARTING - FIA

LISTE TECHNIQUE HOMOLOGATION CHASSIS, BODYWORK & BRAKES 2018-2020  
2018-2020 CHASSIS, BODYWORK & BRAKES HOMOLOGATION TECHNICAL LIST



Demandeur Applicant	Pays ASN	Matériel Equipment	Marque Make	Modèle Model	Type Type	N° Homolog. Homolog. No.
AMV Racing Kart Snc	ITA	Brake	AMV	SB-DD	2WP	013-B2-47
AMV Racing Kart Snc	ITA	Brake	AMV	Super Brake 4WP	4WP	013-B4-88
Birel Art Srl	ITA	Brake	Free Line	RR-DD	2WP	007-B2-44
Birel Art Srl	ITA	Brake	Free Line	RR	4WP	007-B4-69
Birel Art Srl	ITA	Bodywork	Free Line	FL-ANT-F1 - Front Fairing	All	007-BF-99
Birel Art Srl	ITA	Bodywork	Free Line	FL-LAT-EVO - Side Bodywork	All	007-BS-45
Birel Art Srl	ITA	Chassis	Birel Art	RY 32	All	007-CH-12
Birel Art Srl	ITA	Chassis	Birel Art	FY 30	All	007-CH-25
Birel Art Srl	ITA	Chassis	SWF	Y30	All	007-CH-45
Birel Art Srl	ITA	Chassis	Fullerton	TF3	All	007-CH-58
Breda Racing Srl	ITA	Chassis	KR	KR1	All	023-CH-07
Breda Racing Srl	ITA	Chassis	KR	KR3	All	023-CH-47
Breda Racing Srl	ITA	Chassis	KR	KR2	All	023-CH-98
CM Industria	BRA	Brake	Kart Mini	FR-18	2WP	028-B2-34
CM Industria	BRA	Chassis	Kart Mini	M3	M3	028-CH-76
Comer SPA	ITA	Chassis	Top Kart	Dreamer	All	011-CH-15
CRG Spa	ITA	Brake	CRG	Ven11 DD	2WP	002-B2-44
CRG Spa	ITA	Brake	CRG	Ven11 KZ	4WP	002-B4-18
CRG Spa	ITA	Bodywork	CRG	New Age 3 - Front Fairing	All	002-BF-37
CRG Spa	ITA	Bodywork	CRG	New Age 3 - Front Panel	All	002-BP-11
CRG Spa	ITA	Bodywork	CRG	New Age 3 - Side Bodywork	All	002-BS-85

## CARROCERÍA Y PARACHOQUES.

Es Toda la carrocería estará hecha de plástico y de uno o más elementos de soporte. La estructura de la carrocería lateral (izquierda y derecha) y el carenado frontal se deben fabricar con "plástico moldeado por soplado de aire". Carenado frontal (grupos 1 y 2, excepto Superkart) El carenado frontal debe comprender en su lado frontal una superficie vertical (con una tolerancia de +/- 10 ° medida en el centro del carenado frontal en relación con el plano vertical teórico) una longitud mínima de 200 mm y una altura mínima de 70 mm ubicada inmediatamente por encima de la distancia al suelo. Dentro de esta superficie vertical (200 mm - 70 mm) en ambas direcciones se acepta una esquina, pero ningún punto de la esquina debe tener un radio menor a 250 mm. (Grupo 3) El carenado frontal debe comprender en su lado frontal una superficie vertical (con una tolerancia de +/- 10 ° medida en el centro del carenado frontal en relación con el plano vertical teórico) con una longitud mínima de 180 mm y Altura mínima de 50 mm ubicada inmediatamente por encima de la distancia al suelo. Dentro de esta superficie vertical (180 mm - 50 mm) en ambas direcciones se acepta una esquina, pero ningún punto de la esquina debe

tener un radio menor a 200 mm. Carrocería lateral (Grupos 1 y 2, excepto Superkart)  
La carrocería lateral debe comprender en su lado exterior una superficie vertical (con una tolerancia de  $\pm 5^\circ$  en relación con el plano vertical teórico) con una altura mínima de 100 mm y un longitud mínima de 400 mm ubicada inmediatamente por encima de la distancia al suelo. (Grupo 3) La carrocería lateral debe comprender en su lado exterior una superficie vertical (con una tolerancia de  $\pm 5^\circ$  en relación con el plano vertical teórico) con una altura mínima de 100 mm y una longitud mínima de 300 mm ubicada inmediatamente sobre la distancia al suelo. Toda la carrocería deberá ser objeto de una homologación y deberá haber sido probada junto con los parachoques (soportes de la carrocería) descritos en las reglamentaciones correspondientes.

## ANEXO VI

### Tabla de rodamientos SKF

La tabla de aplicaciones es bastante extensa pero en este caso solo vamos a analizar los componentes a utilizar que es el Rodamiento Cojinete Rodillos BC1-1442 SKF B.

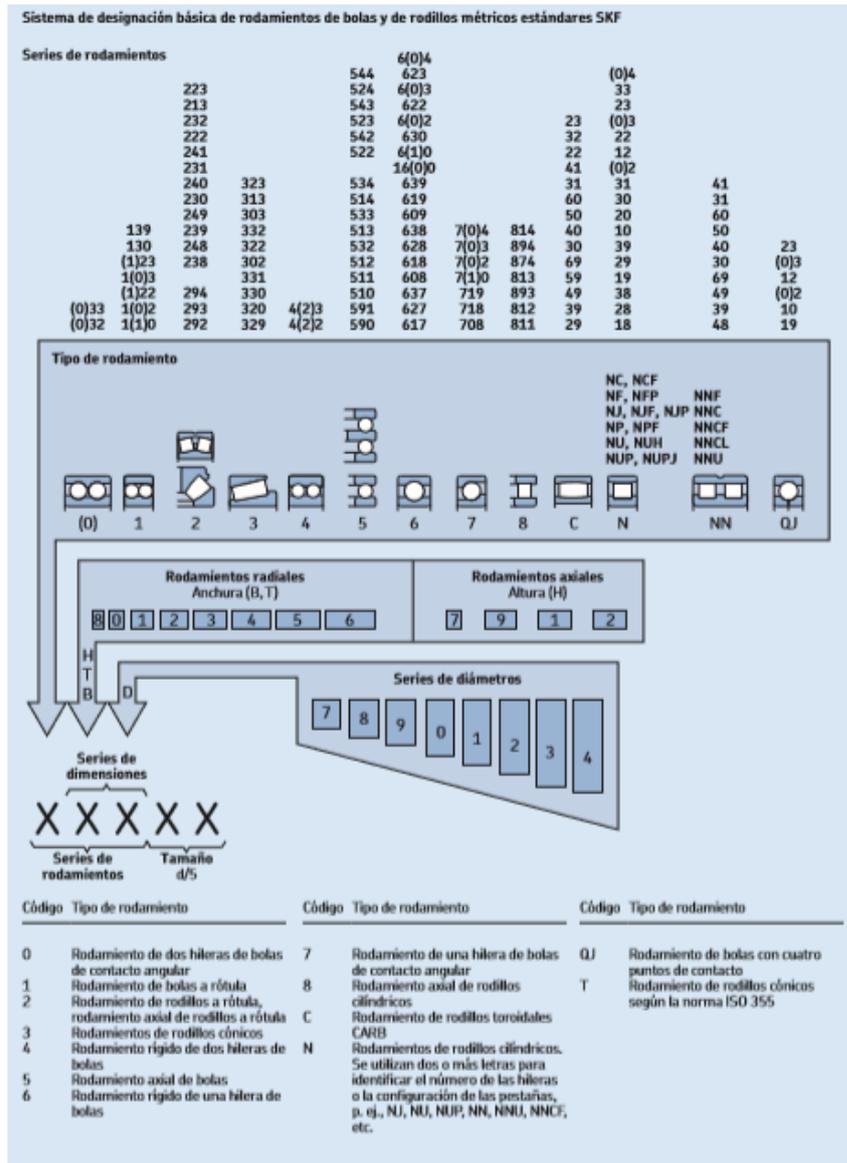
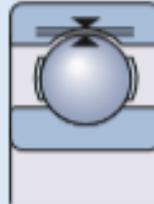


Tabla 7

Juego radial interno de los rodamientos rígidos de bolas de acero inoxidable con un diámetro del agujero < 50 mm



Diámetro del agujero d mín de	hasta incl.	Juego radial interno											
		C1		C2		Normal		C3		C4		C5	
mm	µm	mín.	más.	mín.	más.	mín.	más.	mín.	más.	mín.	más.	mín.	más.
-	9,525	0	5	3	8	5	10	8	13	13	20	20	28

Tabla 8

Factores de cálculo para los rodamientos rígidos de bolas

$f_0 F_0/C_0$	Rodamientos de una hilera y de dos hileras Juego normal			Rodamientos de una hilera Juego C3			Juego C4		
	e	X	Y	e	X	Y	e	X	Y
0,372	0,19	0,56	2,3	0,29	0,46	1,88	0,38	0,44	1,47
0,346	0,22	0,56	1,99	0,32	0,46	1,71	0,4	0,44	1,4
0,489	0,26	0,56	1,71	0,36	0,46	1,52	0,43	0,44	1,3
1,03	0,28	0,56	1,55	0,38	0,46	1,41	0,46	0,44	1,23
1,38	0,3	0,56	1,45	0,4	0,46	1,34	0,47	0,44	1,19
2,07	0,34	0,56	1,31	0,44	0,46	1,23	0,5	0,44	1,12
3,45	0,38	0,56	1,15	0,49	0,46	1,1	0,55	0,44	1,02
5,37	0,42	0,56	1,04	0,54	0,46	1,01	0,56	0,44	1
6,89	0,44	0,56	1	0,54	0,46	1	0,56	0,44	1

Los factores de cálculo deben seleccionarse según el juego de funcionamiento en el rodamiento, que puede diferir del juego interno antes del montaje. Para obtener más información o conocer los factores de cálculo para otras clases de juegos, comuníquese con el Departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.  
Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal.