

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

UNIDAD TICOMÁN

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN:
DEBERÁ PRESENTAR:

INGENIERO EN AERONÁUTICA
CURRICULAR
LOS C.C. PASANTES:
ALVARADO PALACIOS ERICK IVÁN
ASTORGA TRIAY TONATIUH
CARRILLO LÓPEZ ABDI JAIR
MONTIEL VARELA GUILLERMO

"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN AUTO ELÉCTRICO CON LAS BASES DEL CONCURSO CAMPEONATO ELECTRATON"

	GLOSARIO DE TERMINOS
	LISTA DE TABLAS Y FIGURAS
	INTRODUCCIÓN
	JUSTIFICACIÓN
	OBJETIVO GENERAL
	OBJETIVOS ESPECIFICOS
	MARCO TEORICO
	ALCANCE
	METODOLOGÍA
	CAPITULADO
CAPÍTULO I	ESTRUCTURA DEL VEHÍCULO
CAPÍTULO II	COMPONENTES MECÁNICO – ELÉCTRICOS
CAPÍTULO III	AERODINÁMICA DEL VEHÍCULO
ANEXO 1	REGLAMENTO DE COMPETENCIA
ANEXO 2	MATERIALES
	CONCLUSIONES
	BIBLIOGRAFÍA

México, DF., a 23 de Junio de 2008.

A S E S O R E S


M. EN C. FELIPE GONZÁLEZ LEÓN


M. EN C. PEDRO SANTAMARÍA BRIONES

Vo. Bo.


ING. MIGUEL ÁLVAREZ MONTALVO
DIRECTOR



I. P. N.
ESCUELA SUPERIOR DE
INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD TICOMÁN
DIRECCIÓN



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD PROFESIONAL Ticomán
INGENIERÍA AERONÁUTICA



INTEGRANTES:

ALVARADO PALACIOS ERICK IVÁN
ASTORGA TRIAY TONATIUH
CARRILLO LÓPEZ ABDI JAIR
MONTIEL VARELA GUILLERMO

ASESORES:

M. EN C. SANTAMARÍA BRIONES PEDRO
M. EN C. GONZÁLEZ LEÓN FELIPE

PROFESOR TITULAR:

ING. SAUCE RANGEL VÍCTOR

MATERIA

PROYECTO DE INGENIERÍA

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN AUTO ELÉCTRICO
CON LAS BASES DEL CONCURSO CAMPEONATO**



ÍNDICE

	Pagina
Glosario de Términos	1
Lista de Tablas Y Figuras	3
INTRODUCCIÓN	5
JUSTIFICACIÓN	6
OBJETIVO GENERAL	10
OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	11
MARCO TEÓRICO	12
ALCANCE	26
METODOLOGÍA	26
CAPITULADO	27
 CAPITULO I- ESTRUCTURA DEL VEHÍCULO	 28
1.1.-Diseño De La Geometría	29
1.1.1-Metas De Diseño	29
1.1.2-Creación De La Geometría	30
1.2.- Análisis Por Medio Del Software ANSYS	32
1.3.- Análisis de Resultados	35
1.4- Diseño a Detalle	38
1.5.- Construcción	39
1.5.1.-Proceso De Manufactura Del Vehículo.	39

CAPÍTULO II- COMPONENTES MECÁNICO – ELÉCTRICOS	42
2.1.- Dirección	43
2.1.1-Determinación De Los Requerimientos	43
2.1.2.-Diseño Conceptual	43
2.1.2.1 Geometría De La Dirección	44
2.1.2.2.- Dimensiones De La Biela Y Cremallera	46
2.1.2.3. Para La Relación Del Volante	48
2.1.2.4. Dimensiones de Piñón y Cremallera	49
2.1.3.- Diseño a Detalle	52
2.1.4.- Proceso de Manufactura	53
2.2.- Transmisión	57
2.2.1- Determinación de los Requerimientos	57
2.2.2- Análisis de la Transmisión.	58
2.2.3.- Proceso de Manufactura	63
2.3.- Frenos	64
2.3.1-Determinación de los Requerimientos	64
2.3.2 Análisis de los Frenos:	64
2.3.3.- Diseño a Detalle	69
2.3.4.- Proceso de Instalación	70
2.4.- Sistema Eléctrico	72
2.4.1- Requerimientos Del Sistema	72
2.4.2- Definición De Los Componentes Del Sistema	72
2.4.3.-Características De Los Componentes	73

CAPÍTULO III- AERODINÁMICA DEL VEHÍCULO	75
3.1.- Diseño de la Geometría	76
3.1.1.- Requerimientos y Metas de Diseño	76
3.2.- Análisis por Medio del Software ANSYS	78
3.3.-Análisis De Resultados	81
3.4-Diseño a Detalle	83
3.5.- Construcción	85
ANEXO 1 (REGLAMENTO DE COMPETENCIA)	88
ANEXO 2 (MATERIALES)	106
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	108
BIBLIOGRAFÍA	111

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ÁCIDO DE LA BATERÍA	Solución de ácido sulfúrico y agua usada en las baterías de automóviles
ATERRIZANDO	Conectando un lado del circuito eléctrico al chasis, cuerpo o motor suministrando una trayectoria para que la batería complete el circuito
BALATAS	Compuestos a base de asbesto que producen la fricción soportada en las zapatas que presionan al tambor durante el frenado
BALEROS, RODAMIENTOS.	Aparato colocado entre 2 partes móviles para reducir la fricción
BASE DE LAS LLANTAS	Distancia entre los centros de las llantas delanteras y traseras
BATERÍA	Aparato electroquímico que almacena electricidad
BIELA	Pieza de metal rígida que transmite la fuerza entre el pistón y el cigüeñal
CAMBER	El ángulo de inclinación de las ruedas hacia fuera o hacia dentro. El camber cero ocurre cuando las ruedas son perpendiculares a la carretera. El camber positivo ocurre cuando las ruedas están inclinadas hacia fuera y camber negativo se tiene cuando las llantas están inclinadas hacia dentro
CASTER	Ángulo producido cuando una línea se dibuja a través del eje direccional de la rueda y otro a través del centro en donde la llanta hace contacto con el piso (ángulo que hace la llanta con respecto a una línea perpendicular a la línea que une dos llantas del mismo eje)
COLUMNA DE DIRECCIÓN	Flecha entre la caja de dirección y el volante de la dirección
DOWNFORCE	Fuerza de sustentación negativa provocada por una superficie que permite mejorar la estabilidad del vehículo sobre la cual se encuentra la misma .
ESTRUCTURA TUBULAR	Componentes metálicos soportados del cuerpo del vehículo y del motor y son soportadas por la suspensión
FLECHA	Barra de metal sólido extendiéndose del diferencial; transfiere potencia a las llantas motrices
FLECHA DE MANDO (CARDAN)	Tubo metálico que transmite la potencia de la transmisión al diferencial
FRENO HIDRAÚLICO	Freno que es activado por el fluido movido bajo presión; actualmente muchos automóviles emplean este sistema
FRENOS DE DISCO	Sistema de frenado que emplea un disco de acero que gira y un "caliper" que contiene las balatas movidas por un cilindro para producir la acción de frenado

LÍQUIDO DE FRENOS.	Líquido higroscópico (absorbedor de agua) con un punto de inflamación alto. Usado en un sistema hidráulico, debe ser mantenido en un depósito sellado o el punto de inflamación será reducido resultando en una reducción de la fuerza de frenado
PIÑÓN Y CEMALLERA	Sistema de dirección que usa un piñón en el extremo de la columna de dirección para mover una barra con dientes para moverla a la derecha o a la izquierda
PURGAR LOS FRENOS	Remover el aire de las líneas del sistema de frenos hidráulico
REGULADOR	Aparato eléctrico que limita la salida del alternador al nivel de voltaje predeterminado
REGULADOR DE VOLTAJE	Aparato que previene una sobrecarga de voltaje a la batería por parte del generador o alternador
RÓTULA	Componente del sistema de dirección que mueve los brazos de dirección
TRANSMISIÓN	Sistema de engranes, flechas y otros componentes que multiplican el torque de la máquina y permite al motor operar a una velocidad eficiente
VOLANTE	Disco metálico de gran masa acoplado al cigüeñal que suaviza las variaciones en el torque y permite mantener girando a el motor a una velocidad constante

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Lista de Tablas

NUMERO	TITULO
1	Medios De Comunicación
2	Simbología Electrodo
3	Dimensiones
4	Comparativa de pesos
5	Propiedades ensayo
6	Cargas debido a los componentes
7	Comparativa de Esfuerzos
8	Esfuerzo Estructural
9	Dimensiones Piñón Cremallera
10	Factores de servicio para transmisión por cadena
11	Capacidad en caballos de fuerza-Cadena simple de rodillos numero 40
12	Esquema transmisión
13	Características del pistón

Lista de Figuras

NUMERO	TITULO
1	Dirección Piñón Cremallera
2	Geometria De La Dirección
3	Trayectoria De Ruedas Delanteras Durante Un Viraje De 360°
4	Transmisión Por Cadena De Rodillos
5	Frenos De Disco
6	Sistema De Freno
7	CI Vs Cd
8	CI Vs A Y Cd Vs A
9	Evolución Estructura
10	Peso Estructura
11	Modelado
12	Grados De Libertad
13	Desplazamientos (M)
14	Esfuerzo (Pa)
15	Diagrama Esfuerzo – Deformación.
16	Proceso Estructura
17	Doblado, Cortado Y Ensamble De La Tubería
18	Proceso De Soldadura Por Arco Eléctrico.
19	Estructura Terminada
20	Geometria
21	Angulos Descritos Por Las Llantas Delanteras.
22	Longitud De Brazo De Dirección R Y Ángulo Λ

23	Obtención Grafica De Valores De R Y Λ
24	Valores De Brazo De Dirección R Y Ángulo Λ
25	Piñón, Cremallera
26	Dimensiones Del Piñón
27	Corredera
28	Sujecion
29	Ensamble De Brazos De La Dirección.
30	Ensamble Carrocería
31	Sistema De Dirección
32	Proceso Dirección
33	Motor
34	Transmisión
35	Geometría De La Trasmisión
36	Cadena Y Catarinas
37	Catarinas
38	Proceso Transmisión
39	Fuerza Aplicada En El Pedal Y A La Salida De La Bomba
40	Geometría De Disco Y Balatas
41	Modelo Físico Freno
42	Pedal
43	Pedal Y Bomba
44	Freno De Disco
45	Proceso Freno
46	Comparativa
47	Batería
48	Motor
49	Controlador Y Potenciómetro
50	Inversión
51	Perfil Carrocería
52	Modelado
53	Creación Área
54	Sustracción
55	Mallado
56	Velocidad
57	Presiones
58	Proceso Carrocería
59	Plantillas
60	Cortado
61	Desmoldante
62	Fibra
63	Desmoldado
64	Pintado
65	Ensamble

INTRODUCCIÓN

FÓRMULA ELECTRATÓN EXPERIMENTAL

(www.electraton.com.mx)

ANTECEDENTES:

En 1992, se inició en México el diseño y la construcción del Primer Auto Solar de Carreras Mexicano, TONATIUH. El proyecto, cuyo costo aproximado fue de US\$350,000, estuvo patrocinado por importantes empresas e instituciones del país, entre las que destacan: IUSA, SEP, CONAE, NAFIN, IIUNAM, Mexicana de Aviación, TMM, Xcaret, Australia New Zealand Direct Lines, AT&T, Malaysia Airlines, Tame Composite Division, Hotel del Mar Campeche, UNUM, Fluke-Mexel, Dayama Tupperware, DAESA, Michelin.

TONATIUH representó a México en dos competencias internacionales de autos solares: SUNRAYCE '95 (Estados Unidos) y WORLD SOLAR CHALLENGE '96 (Australia).

En México realizó un recorrido Campeche-Xcaret (1997), participó en desfiles, rallies y exposiciones, convirtiéndose en un símbolo carismático para medios de comunicación y público de todas las edades.

En 1993, varios integrantes de la escudería TONATIUH crean el campeonato ELECTRATÓN MÉXICO y, para ello, a FÓRMULA SOL, S.C..

JUSTIFICACIÓN

El enfoque del proyecto es aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera en el diseño y construcción de un vehículo eléctrico, todo lo anterior acorde al reglamento de la competencia denominada “Electratón”, de modo tal que podamos participar con el vehículo antes mencionado en dicha competencia representando a nuestra escuela y al IPN, ya que será la primera vez que el Instituto será participe de dicha competencia.

Un valor agregado a este proyecto es el beneficio social que este acarrea, ya que haciendo uso de la tecnología desarrollada se podrían a la larga desarrollar los vehículos que sustituirán a los actuales medios de transporte, disminuyendo de este modo el perjuicio al ambiente que ocasionan los antes mencionados.

LOGROS A LA FECHA DEL CAMPEONATO

En noviembre 2004 concluye el DÉCIMO CAMPEONATO NACIONAL DELPHI ELECTRATÓN MÉXICO, sumando con ello más de 70 carreras.

Los campeonatos realizados hasta la fecha se han traducido en la construcción de más de 250 vehículos ELECTRATÓN, cuyas escuderías han integrado un total aproximado de 1,700 personas.

INSTITUCIONES EDUCATIVAS PARTICIPANTES:

- ITESM campus Estado de México
- ITESM campus Toluca
- ITESM campus Ciudad de México
- ITESM campus Santa Fe
- Universidad La Salle México (ULSA)
- Universidad La Salle Cuernavaca (ULSA-C)

- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
- Universidad Iberoamericana (UIA)
- Universidad de las Américas, Puebla (UDLA-P)
- Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP)
- Universidad Autónoma de Colima
- Colegio de Bachilleres, plantel 2 Iztapalapa
- Universidad Tecnológica de México (UNITEC)
- Universidad Anáhuac Norte
- Universidad del Nuevo Mundo (UNUM)
- Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)
- Instituto Tecnológico de Puebla (ITP)
- Universidad Tecnológica Emiliano Zapata (UTEZ)
- Universidad del Valle de México (UVM)
- Instituto Tecnológico de Mérida (ITM)
- Universidad Veracruzana (UV)
- Universidad Autónoma de Guadalajara (UAG)

PATROCINADORES:

DELPHI

General Motors de México

Instituto de Ingeniería UNAM

Hoteles Aristos

SEP

RDS

CONAE

SAE México

The Body Shop

Mexico.com

Mobo Accesorios Celulares

Radio Surtidora

Dayama Tupperware

Aqua Nova

Transporte Eléctrico Alternativo

Zinergyx

COBERTURA EN MEDIOS DE COMUNICACIÓN:

Gracias al trascendental patrocinio que DELPHI ha brindando al campeonato desde 1998, ELECTRATÓN MÉXICO logró subir de nivel al poder ofrecer a los competidores un evento con sistemas de clase mundial.

Televisión:	Periódicos:	Revistas:	Radio:
TV Azteca	Reforma	Auto y Pista	Radio UNAM
Televisa	Universal	Mecánica Popular	88.1 FM
Discovery Channel en español	El Heraldó	Muy Interesante	98.5 FM
MTV en español	La Jornada	Automóvil Panamericano	1110 AM
	The News	Observador Internacional	
	La Unión de Morelos		

Tabla1- Medios De Comunicación

Eventos:

- Desfile del 20 de noviembre en el zócalo de la Ciudad de México
- Auto Expo Mundial
- Rally de Media Noche en Cuernavaca
- Rally México-Acapulco

ORGANIZADORES

Industria Nacional de Autopartes, A.C. (INA) representa a los fabricantes de partes y componentes automotrices establecidos en México entre los cuales se encuentran empresas nacionales y extranjeras, proveedores de equipo original y de repuesto, así como empresas grandes, medianas y pequeñas.

Con la fusión de la Asociación Nacional de Fabricantes de Productos Automotrices, A.C. (ANFPA) y la Asociación Mexicana de Productores de Partes Automotrices, A.C., INA nace el 23 de junio de 1981.

INA tiene como objetivo principal promover el desarrollo y progreso de la industria nacional fabricante de partes y componentes para vehículos automotrices, prestigiando su importancia como factor de progreso de la economía del país.

El Campeonato *Toyota-Electratón-LTH* es muy importante para INA ya que coincide con una de sus líneas estratégicas, las cuales son:

- Integración de la cadena automotriz.
- Educación y tecnología.
- Reglas del juego equitativas.
- Infraestructura Automotriz Competitiva.
- Sinergias con otras instituciones.
- Fortalecimiento de la institución

Valores del Electratón para la Industria Automotriz

- Fomentar el desarrollo Tecnológico
- Mejorar la Educación
- Fomenta Valores Ambientales superiores
- Vincula la Academia con la Industria
- Proporciona profesionistas a la industria automotriz terminal y de autopartes en México
- Contribuye a una imagen de vanguardia

OBJETIVO GENERAL

El objetivo de este proyecto es el desarrollo, diseño, calculo y construcción de un (prototipo) “vehículo eléctrico de competencia”, el cual es aprobado y diseñado bajo las normas de el concurso (“ELECTRATÓN FÓRMULA EXPERIMENTAL”), estas normas han sido creadas para la seguridad de Participantes y espectadores. Así como fomentar la creatividad y la originalidad en el desarrollo de los prototipos, pero es fundamental el respetar al pie de la letra las reglas de seguridad y manufactura ya que en caso de incurrir en faltas a las mismas el proyecto será declarado no valido.

Este proyecto podrá desarrollar ampliamente la experiencia de los diseñadores y constructores en los ámbitos de materiales compuestos, electrónica, estructuras, aerodinámica, análisis y diseño asistido por computadora.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Estructura:

Se diseñara (por medio del software NX y Auto Cad) y analizara por medio de software de elemento finito (ANSYS) la estructura del vehículo contemplando como la misma los diferentes elementos estructurales, buscando la configuración que presente la mejor relación peso-resistencia (utilizando diferentes arreglos estructurales y materiales) siempre cumpliendo con las características establecidas en el reglamento técnico del concurso.

Aerodinámica:

El trabajo principal será el diseñar la geometría de la carrocería (incluyendo el modelo en NX) buscando que esta presente la menor resistencia al avance, lo anterior será complementado.

Componentes mecánico-eléctricos:

En este aparatado se seleccionaran los elementos eléctricos ,también se realizaran los cálculos concernientes a los elementos mecánicos (frenos, dirección, etc), estos últimos serán modelados en NX y Auto Cad permitiendo generar sus ensambles de modo tal que se pueda asegurar su correcto funcionamiento.

MARCO TEÓRICO

REGLAS DE COMPETENCIA¹

ESTRUCTURAS: El diseño de la estructura y chasis se realizara mediante el uso de los siguientes estudios y teorías.

Análisis y cálculo de Armaduras²

Esfuerzos en estructuras.³

SISTEMAS MECÁNICOS:

DIRECCIÓN (Piñón y Cremallera⁴):

Esta dirección se caracteriza por la sencillez de su mecanismo desmultiplicador y su simplicidad de montaje, al eliminar gran parte de la tirantearía direccional. Va acoplada directamente sobre los brazos de acoplamiento de las ruedas y tiene un gran rendimiento mecánico.

Debido a su precisión en el desplazamiento angular de las ruedas se utiliza mucho en vehículos de turismo, sobre todo en los de motor y tracción delantera, ya que disminuye notablemente los esfuerzos en el volante. Proporciona gran suavidad en los giros y tiene rapidez de recuperación, haciendo que la dirección sea muy estable y segura.

Ventajas:

- Sencillez de su mecanismo de desmultiplicación
- Simplicidad de montaje al eliminar gran parte de tirantearía direccional
- Proporciona gran suavidad

¹ Ver Anexo 1 Reglas de Competencia

² Ver el tema del mismo nombre en el libro Jack. C. McCormac, (2002) *Análisis de estructuras: métodos clásico y matricial*, México, Alfaomega

³ Ver el tema del mismo nombre en el libro Andrew Pytel, (1994) *Resistencia de materiales*, Oxford

⁴ En base a sus ventajas y desventajas en comparación a los otros este será el sistema utilizado en el vehículo

Desventajas:

Para aplicaciones donde se requiere gran suavidad en la dirección

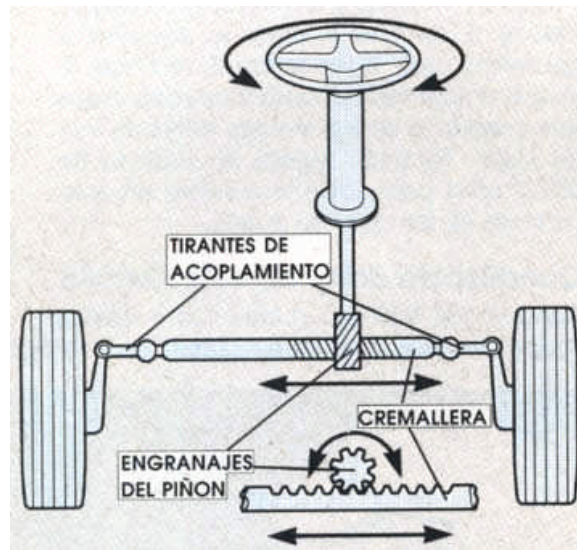


Figura 1- Dirección Piñón Cremallera

Aspectos teóricos del sistema de dirección:

El diseño de la dirección requiere de un estudio completo acerca de la cinemática. Dinámica y geometrías necesarias para obtener un buen desempeño.

El análisis del sistema de dirección depende la geometría de:

- Sistema de la suspensión delantera.
- Altura del carro.
- Radio de giro deseado.⁵

Características deseables del sistema de dirección

La dirección es el conjunto de mecanismos que tiene como misión el permitir al conductor girar las ruedas delanteras a su voluntad, de forma que el vehículo tome la

⁵ El radio de giro estipulado para el vehículo en base al reglamento es de 2.5 metros

trayectoria deseada, permitiendo así al vehículo virar en las curvas, evitar colisiones con otros vehículos y hacer otro tipo de maniobras en general.

Las principales características en el diseño de los mecanismos y elementos que integran el sistema de dirección del automóvil son lograr:

- Una reversibilidad controlada, es decir, permitir al conductor la suficiente sensibilidad sobre el tipo de terreno, para proporcionar un control efectivo del vehículo. y evitar que las irregularidades del terreno puedan repercutir negativamente en la fiabilidad del sistema de dirección o en el confort de la conducción del carro.
- El diseño de un mecanismo lo suficientemente suave como para permitir su accionamiento en maniobras a baja velocidad (como estacionar el vehículo), y a la vez un diseño del sistema de dirección lo suficientemente robusto para asegurar una estabilidad aceptable en la trayectoria del vehículo en velocidades medias y altas.

Algunas causas que pueden provocar imprecisión en la dirección son:

- Excesivo juego en los órganos de la dirección.
- El alabeo o abolladura de las llantas de las ruedas.
- Un desgaste desigual en los neumáticos.
- El desbalance de las ruedas y el zigzagueo que de él se deriva y que se transmite.
- La inadecuada presión de inflado de las llantas⁶

⁶ Entendiéndose que si la presión no es la misma en las dos ruedas directrices provocará en el vehículo una tendencia a desplazarse hacia una de los lados.

GEOMETRÍA DE LA DIRECCIÓN.

La dirección debe cumplir con cierta geometría, estos es las dimensiones relativas entre sus elementos para poder funcionar adecuadamente, (elementos de mando, ruedas y suspensión)

La posición de las ruedas en movimiento sobre el terreno y que influyen de forma determinante sobre el comportamiento dinámico del vehículo.

La geometría del sistema de dirección tiene que ver sobre todo con los virajes, pues en cada uno de éstos, las llantas deben girar a un ángulo diferente (α o β) ver figura 2. Una respecto a la otra, visto esto desde una vista superior, debido a que cada llanta al tener que recorrer longitudes de arco diferentes se tiene entonces que estas longitudes de arco tienen un distinto radio de curvatura.

Si el ángulo de orientación, ver figura 2, (α) y (β) fuera el mismo, la rueda A sería arrastrada hacia adentro, en dirección al centro (I) de radio de giro.

Si la orientación de ambas ruedas fuera la misma en todo momento, cada una de las ruedas sería arrastrada por la otra, puesto que las ruedas, al virar con centros de giro (o) distintos, tenderían a variar la distancia $2a$ entre ellas; dado que estos no se puede permitir debido a la rigidez de los mecanismos de tracción y dirección, se encontrará con que una de las ruedas (si no es que las dos) sufrirá un deslizamiento lateral que (además de suponer una mayor dificultad en el accionamiento y ajuste de la dirección) provocaría un desgaste inaceptable en el neumático acortando su vida de forma drástica.

Es por esto que las ruedas deben tomar en una curva orientaciones diferentes y de manera que las prolongaciones (A y B) de sus ejes coincidan en un centro de giro común, tal como se puede apreciar en la figura 2.

Las llantas traseras deben seguir el radio de giro ocasionado por las llantas delanteras ya que, todo vehículo tiene que girar como un sólido rígido respecto al centro de radio de giro (o) y por tanto cualquier par de puntos del dicho cuerpo sólido, deben recorrer trayectorias paralelas entre sí.

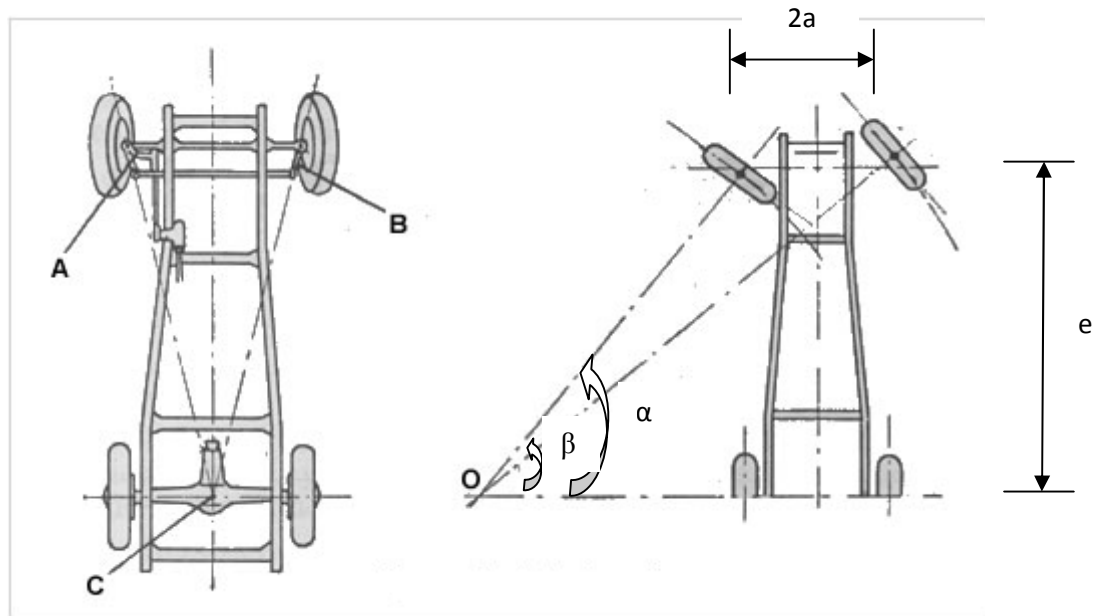


Figura 2.- Geometria de la direcci3n

Adem1s de que las ruedas traseras deben seguir la trayectoria curva ocasionada por el 1ngulo de giro de las delanteras las ruedas traseras y sobre todo al poseer la tracci3n y al no ser orientables. a diferencia con las delanteras, no pueden entonces girar a las mismas revoluciones una respecto a la otra, cuando se realiza un viraje ya que la rueda que se encuentra en el lado interior de la curva que se est1 tomando, al tener menor radio de giro (B_0) tiene una velocidad tangencial menor que la rueda exterior. Lo que se traduce a que la rueda interior gira a menor velocidad angular respecto a la rueda que esta colocada hacia el exterior de la curva con radio (A_0).

La figura 3 muestra claramente la circunferencia descrita por las llantas delanteras de un autom3vil.

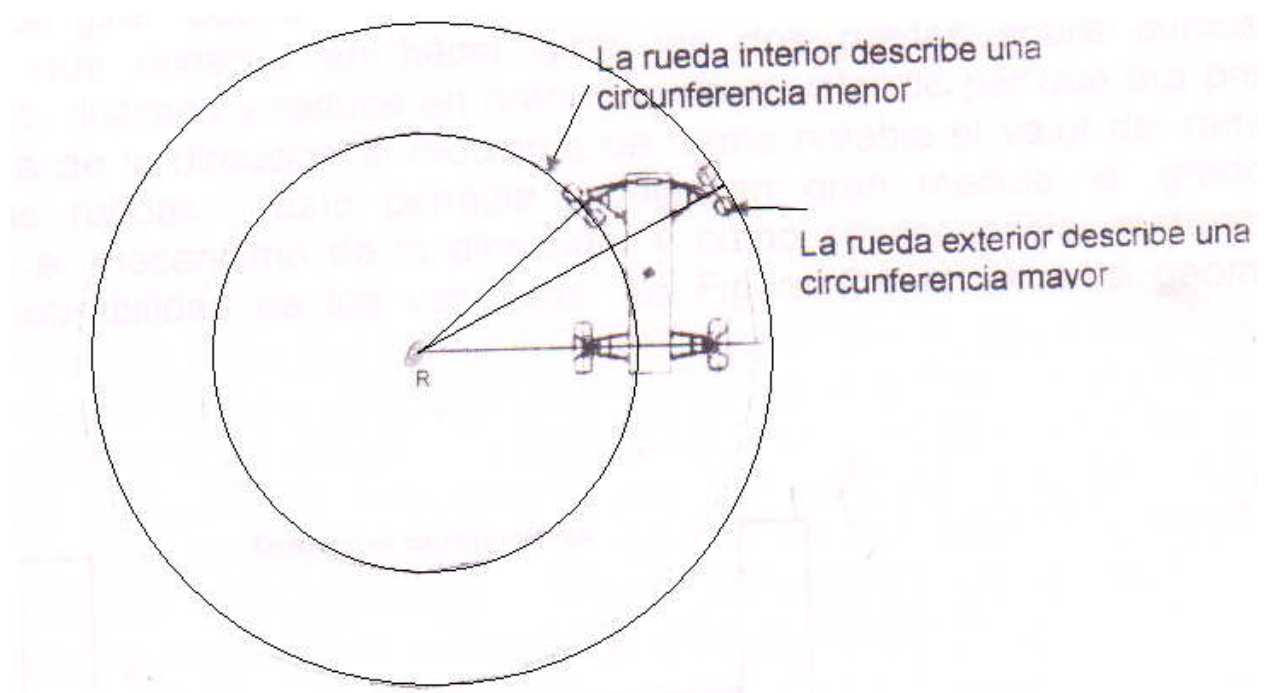


Figura. 3- Trayectoria de ruedas delanteras durante un viraje de 360°

TRANSMISIÓN

La transmisión por cadena consta de al menos dos ruedas dentadas unidas por una cadena eslabonada. A la mayor de las ruedas dentadas se le suele llamar plato y a la menor piñón.

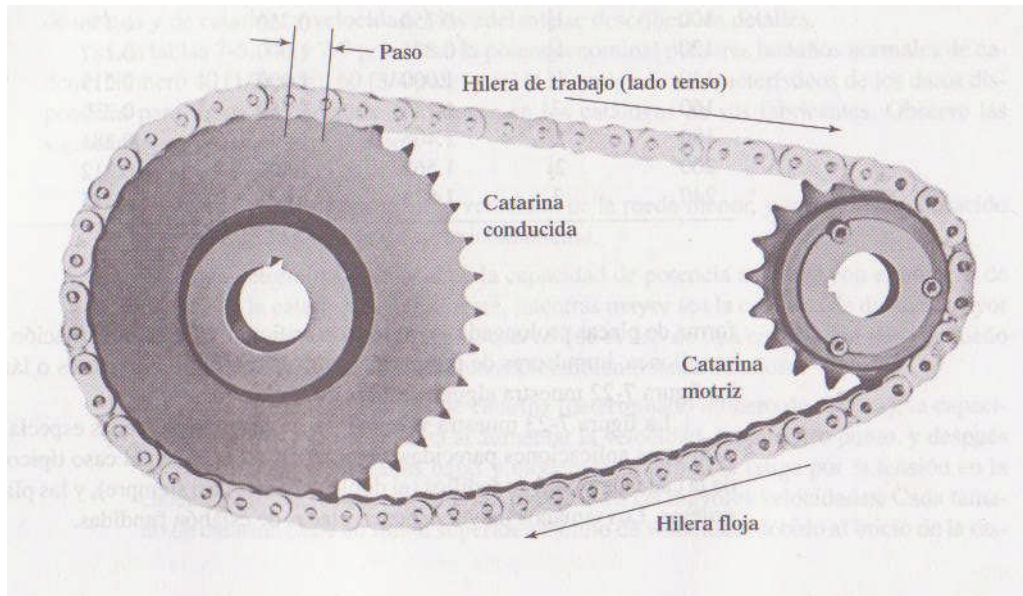


Figura 4- Trasmisión por cadena de rodillos

Las cadenas están normalizadas y sus dimensiones más importantes son la distancia entre centros de los rodillos y el ancho entre las caras internas de los eslabones.

Ventajas e inconvenientes de la transmisión por cadena

Ventajas:

- No hay deslizamiento
- Larga vida y duración
- Pueden trabajar en ambientes corrosivo
- Coste intermedio entre las poleas con correas y los engranajes.

Inconvenientes:

- Necesitan tensado y lubricación periódicos
- Alto nivel de ruido

FRENOS

Los frenos detienen el automóvil al presionar un material de alta fricción (pastillas o balatas) contra los discos o los tambores de hierro atornillados a la rueda, y que giran con ella. Esta fricción reduce la velocidad del automóvil hasta detenerlo.

Hay dos tipos de frenos: de disco y de tambor. Los frenos de disco funcionan cuando las pastillas presionan ambos lados del disco

Frenos de Discos

El freno de disco consiste en un disco de hierro fundido o rotor que gira con la rueda, y una pinza o mordaza (caliper) montada en la suspensión delantera, que presiona las pastillas de fricción (balatas) contra el disco.

La mayoría de los frenos de disco tienen pinzas corredizas. Se montan de modo que se puedan correr unos milímetros hacia ambos lados. Al pisar el pedal del freno, la presión hidráulica empuja un pistón dentro de la pinza y presiona una pastilla contra el rotor. Esta presión mueve toda la pinza en su montaje y jala también la otra pastilla contra el rotor.

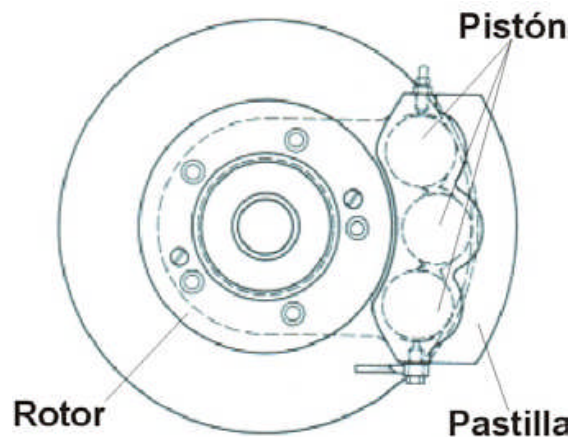


Figura 5.- Frenos de Disco

Este sistema de frenado tiene las siguientes ventajas:

1. No se cristalizan las balatas, ya que se enfrían rápidamente
2. Cuando el rotor se calienta y se dilata, se hace más grueso, aumentando la presión contra las pastillas
3. Tiene un mejor frenado en condiciones adversas, cuando el rotor desecha agua y polvo por acción centrífuga

Por otra parte, las desventajas de los frenos de disco, comparados con los de tambor, son que no tienen la llamada acción de servo o de aumento de potencia, y sus pastillas son más pequeñas que las zapatas de los frenos de tambor, y se gastan más rápido.

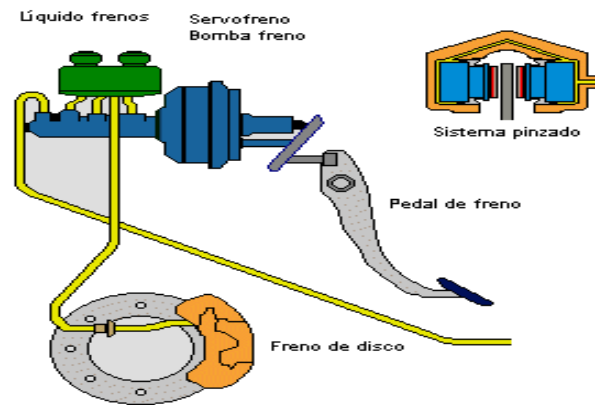


Figura 6 Sistema de freno

PROCESOS DE MANUFACTURA

SOLDADURA POR ARCO ELÉCTRICO

Para la construcción de la estructura será por medio de soldadura por arco eléctrico por lo económico y mayor facilidad de uso:

- Fundamentos

Para realizar una soldadura por arco eléctrico se induce una diferencia de potencial entre el electrodo y la pieza a soldar, con lo cual se ioniza el aire entre ellos y pasa a ser conductor, de modo que se cierra el circuito y se crea el arco eléctrico. El calor del arco funde parcialmente el material de base y funde el material de aporte, el cual se deposita y crea el cordón de soldadura.

- Proceso

Es el proceso en el que su energía se obtiene por medio del calor producido por un arco eléctrico que se forma entre la pieza y un electrodo. Por lo regular el electrodo también sirve de metal de aporte, el que con el arco eléctrico se funde, para que así pueda ser depositado entre las piezas a unir. La temperatura que se genera en este proceso es superior a los 5,500°C. La corriente que se utiliza en el proceso puede ser directa o alterna, utilizándose en la mayoría de las veces la directa, debido a la energía es más constante con lo que se puede generar un arco estable. Las máquinas para corriente directa se construyen con capacidades hasta de 1,000 A, con corrientes de 40 a 95 V. Mientras se efectúa la soldadura el voltaje del arco es de 18 a 40 A.

El Tipos de electrodo seleccionado para la soldadura por arco depende de:

1. La calidad de soldadura requerida.
2. La posición de la soldadura.
3. El diseño de la junta.
4. La velocidad de soldar.
5. La composición del metal por soldar.

Para la generación del arco existen los siguientes electrodos:

- a. *Electrodo de carbón*. En la actualidad son poco utilizados, el electrodo se utiliza sólo como conductor para generar calor, el metal de aporte se agrega por separado.
- b. *Electrodo metálico*. El propio electrodo sirve de metal de aporte al derretirse sobre los materiales a unir. Se pueden utilizar para estos electrodos máquinas para soldar de corriente directa o alterna, las segundas constan de transformadores estáticos, lo que genera bajos mantenimiento e inversión inicial. Existen máquinas de 150, 200, 300, 500, 750 y 1000 A.
- c. *Electrodos recubiertos*. Los electrodos metálicos con un recubrimiento que mejora las características de la soldadura son los más utilizados en la actualidad, las funciones de los recubrimientos son las siguientes:
 - o Proporcionan una atmósfera protectora
 - o Proporcionan escoria de características adecuadas para proteger al metal fundido
 - o Facilita la aplicación de sobre cabeza
 - o Estabiliza el arco
 - o Añade elementos de aleación al metal de la soldadura
 - o Desarrolla operaciones de enfriamiento metalúrgico
 - o Reduce las salpicaduras del metal
 - o Aumenta la eficiencia de deposición
 - o Elimina impurezas y óxidos
 - o Influye en la profundidad del arco
 - o Influye en la formación del cordón
 - o Disminuye la velocidad de enfriamiento de la soldadura

Los electrodos para este tipo de soldadura están sujetos a norma de calidad, resultados y tipos de uso. La nomenclatura es la siguiente:

E-XX-Y-Z

La E indica que se trata de un electrodo con recubrimiento.

Elemento	Significado
E	Electrodo para arco eléctrico
XX	Resistencia a la tensión en lb/in ²
Y	Posición de aplicación: <i>1 Cualquier posición</i> <i>2 Vertical</i> <i>3 Horizontal</i>
Z	Características de la corriente <i>0 CC invertida</i> <i>1 CC y CA sólo invertida</i> <i>2 CC (directa) y CA</i> <i>3 CC y CA (directa)</i>
Letras	Depende de la marca de los electrodos establece las aleaciones y las características de penetración

Tabla 2- Simbología Electrodo

AERODINÁMICA

Teoría de perfiles⁷

Teoría de perfiles de alto levantamiento a baja velocidad⁸

Curvas características del perfil Langley LS(1)-0417 (GA(W)-1)

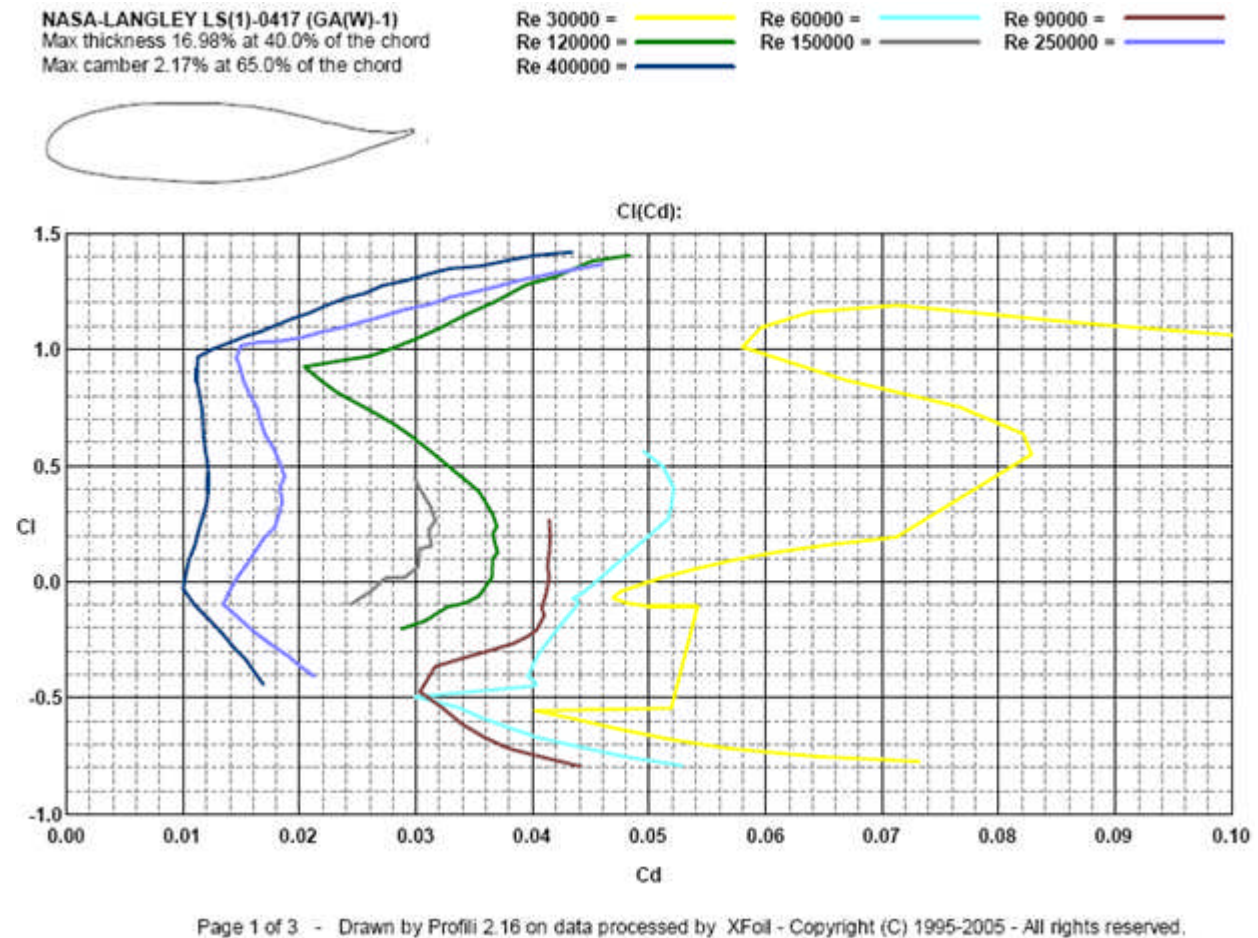


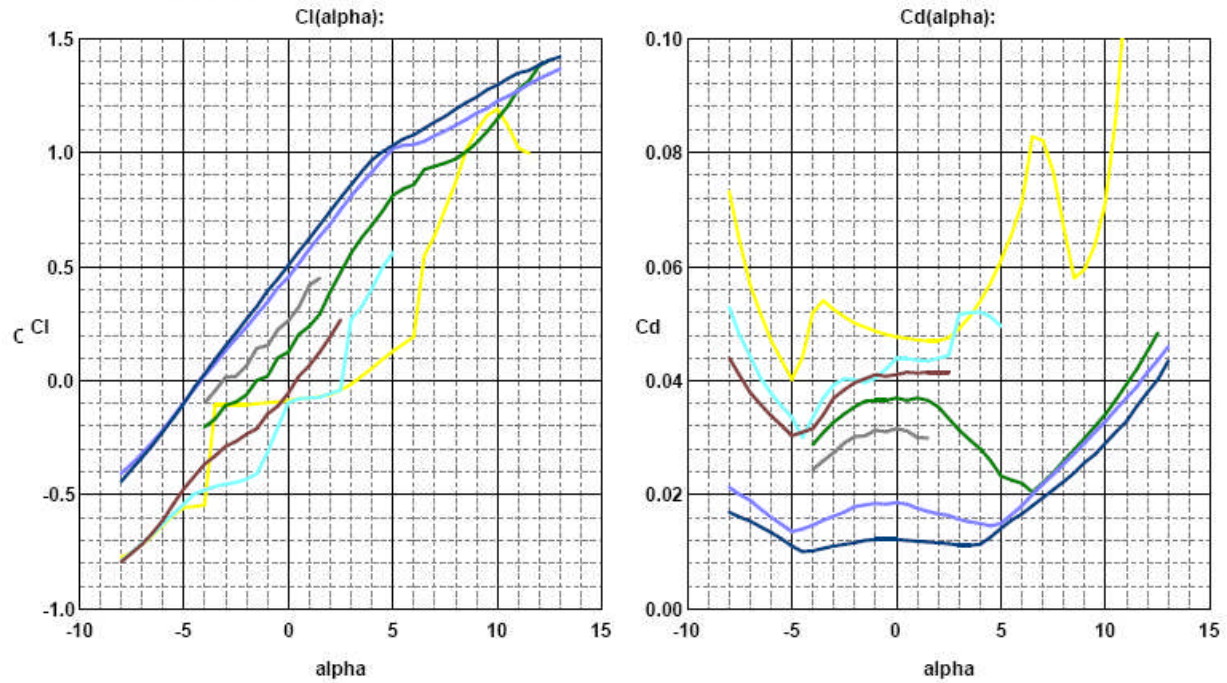
Figura 7- Cl vs Cd

⁷ Ver el tema en el libro John D. Anderson, (2001) *Fundamentals of aerodynamics*, tercera edición, Boston, McGraw-Hill.

⁸ Ver el paper LOW-SPEED, MEDIUM-SPEED, AND NATURAL LAMINAR FLOW AIRFOILS en <http://oea.larc.nasa.gov/PAIS/Concept2Reality/airfoils.html>

NASA-LANGLEY LS(1)-0417 (GA(W)-1)
 Max thickness 16.98% at 40.0% of the chord
 Max camber 2.17% at 65.0% of the chord

Re 30000 = — Re 60000 = — Re 90000 = —
 Re 120000 = — Re 150000 = — Re 250000 = —
 Re 400000 = —



Page 2 of 3 - Drawn by Profili 2.16 on data processed by XFOIL - Copyright (C) 1995-2005 - All rights reserved.

Figura 8- C_l vs α y C_d vs α

ALCANCE

El enfoque del proyecto es buscar la innovación en los medios de transporte buscando una alternativa a los actuales, debido a la escases de los diferentes tipos de combustibles fósiles y el daño al medio ambiente que estos generan.

Como alcance del estudio se buscara obtener lo siguiente:

- Aplicación de la energía eléctrica como una fuente motriz restando solo la instalación del motor

- Obtener una excelente relación peso- velocidad

- Obtener el mejor rendimiento debido a un buen desarrollo aerodinámico

- Obtener la más alta resistencia estructural.

METODOLOGÍA

La metodología en la cual se basara nuestro proyecto será en primer lugar determinar los requerimientos de los diferentes sistemas del vehículo en base al reglamento de competencia Formula experimental Electraton con el fin de establecer las metas de diseño.

Con dichos requerimientos se procede al Diseño Conceptual, en el cual se analiza las funciones de los diferentes sistemas para que cumpla satisfactoriamente nuestras metas de diseño, así se obtendrá la selección de materiales a utilizar.

Como paso ultimo dentro de nuestra metodología para el Diseño es el definir procesos de fabricación para los diferentes componentes del Vehículo.

CAPITULADO

En el Capítulo I se realizó por medio del software (NX y Auto Cad) el diseño y análisis (ANSYS) de la estructura de un vehículo eléctrico de competencia buscando la mejor relación peso - velocidad haciendo uso de diferentes arreglos estructurales y materiales a utilizar.

Dentro del Capítulo II se escogerán los componentes del sistema eléctrico y la distribución e instalación de los mismos en el vehículo eléctrico, también se realizará el análisis y diseño de los elementos mecánicos como frenos, transmisión, dirección, etc. Con motivo de obtener las formas y materiales adecuados para estos sistemas.

Dentro del Capítulo III se desarrollará la carrocería (con ayuda de software NX y Auto Cad) buscando obtener la más eficiente geometría aerodinámica con el fin de obtener el mejor desempeño del vehículo de competencia, también se analizará los diferentes materiales compuestos que cumplan con las metas de diseño para la construcción de la carrocería.

CAPITULO I

ESTRUCTURA

1.1.-DISEÑO DE LA GEOMETRÍA

Para el diseño y construcción de la estructura la prioridad número uno será la de obtener un diseño en el que prime la seguridad de los ocupantes. Para lograrlo se trabajará de tal manera que se obtenga:

1. Una estructura que resista impactos y garantice la protección total al conductor
2. Una estructura en la cual se logre una distribución de pesos ideal, tanto de ella misma como de los componentes que ella soporta, para así lograr un comportamiento dinámico excelente.

1.1.1-METAS DE DISEÑO:

Para el diseño la estructura consideraremos que esta debe cumplir con ciertas características:

- Peso menor a 20 kg⁹

Dimensiones ¹⁰	
Longitud máxima	2500 mm
Ancho máximo	1500 mm
Altura máxima	1000 mm

Tabla 3-Dimenciones

- Protección contra choques:

Todos los vehículos deberán tener miembros estructurales y acojinamientos que protejan al conductor en caso de volcaduras o de colisiones frontales, laterales o posteriores. El grosor mínimo de tales miembros estructurales no deberá ser

⁹ Esto se determino en función que este es el peso promedio de los vehículos presentes en la competencia

¹⁰ Acorde al reglamento de la competencia Electraton para mayores referencias ver Anexo 1 Reglas de Competencia

menor al diámetro de un tubo cilíndrico de 3/4" (19.00mm), respetando las siguientes especificaciones mínimas:

si el tubo es de acero dulce, calibre 16 (1.62 mm);
si el tubo es de acero al cromo molibdeno 4130, calibre 1.4 mm;
si el tubo es de aluminio, calibre 12 ó cédula 40 (2.1 mm)

- Barra antivuelco (roll bar).
El punto más alto de la barra antivuelco debe sobrepasar en por lo menos 5 cm. de altura el casco del conductor; deberá estar colocada por detrás del piloto y sujeta al chasis con por lo menos cuatro puntos de anclaje.
- Debe ser capaz de soportar las cargas estáticas concernientes a :
2 Baterías, Piloto (70kg), y Motor

Criterios para el diseño

Con dichas restricciones se procede a modelar, posteriormente se realizaran estudios de elementos finitos, pero dentro de este modelo se tomara en cuenta factores como: dimensiones específicas, peso de cada uno de los componentes de potencia, equipo de soporte y seguridad.

Para las condiciones de Diseño es deseable tener un centro de gravedad bajo, para brindar mayor estabilidad, menos problemas dinámicos en el manejo y un mejor desempeño.

Los elementos de división y estructura transversal largos deben ser lo suficientemente rígidos, para tener la menor deformación posible. La deflexión máxima así como los puntos en los cuales se va a propiciar la misma deben ser colocados de manera que absorban la mayor energía posible en caso de impacto, y asegurando que se deforme de manera segura.

El material que compone la estructura así como la geometría deberá de optimizarse a manera de tener el menor peso posible y no tener material en exceso en zonas donde no es necesario.

1.1.2.-CREACIÓN DE LA GEOMETRÍA

Para la generación de la geometría de nuestra estructura tomamos como referencia la presente en los vehículos de competencia conocidos como Karts, partiendo desde esta base creamos un primer diseño sin embargo este resulto ser ineficiente¹¹, por lo que se rediseño agregando elementos estructurales y cambiando la posición del piloto al centro, además de incluir la barra antivuelco. Sin embargo después de un análisis se decidió cambiar la posición de la barra antivuelco de modo que se optimizara el espacio existente en la estructura dentro de este ultimo diseño también se agregaron las protecciones laterales.

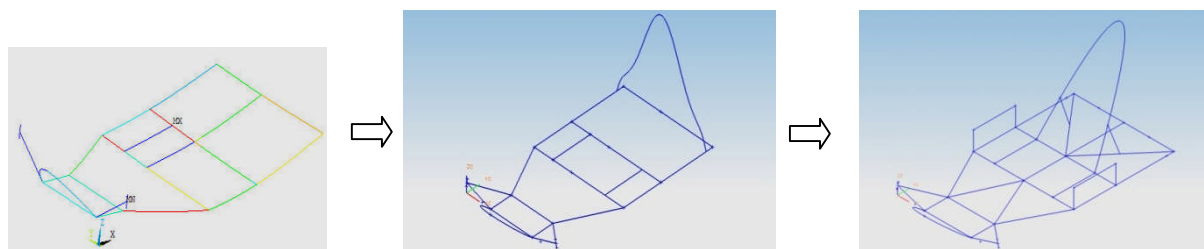


Figura 9.- Evolución Estructura

Una vez que determinamos el modelo y haciendo uso del software NX determinamos el peso del mismo de modo que pudiéramos comparar con el establecido en las metas de diseño y decir si se cumplió con dicha meta los resultados se ilustran a continuación:

¹¹ Se realizo un análisis en ANSYS y los resultados del mismo mostraron una deflexión muy grande



Figura 10- Peso Estructura

	Modelo NX	Meta de diseño
Peso de la estructura	122.8702 N	196.2 N

Tabla 4-Comparativa de Pesos

En la tabla anterior podemos observar claramente que se cumplió con la meta de diseño referente al peso de la estructura, debido a que el peso es inferior a 20 kg (196.2 N). Lo anterior nos indica que estamos por debajo del peso promedio de las demás escuderías lo que nos otorga una ventaja en este rubro.

1.2.- ANÁLISIS POR MEDIO DEL SOFTWARE ANSYS

Con el propósito de conocer el comportamiento del arreglo estructural respecto a las cargas a las cuales estará sometido, nos dimos a la tarea de realizar el análisis estático del mismo, para realizar esto hicimos uso del software de elemento finito ANSYS.

El primer paso consistió en importar la geometría previamente generada en NX 4, lo anterior considerando las unidades de longitud de los elementos en m.

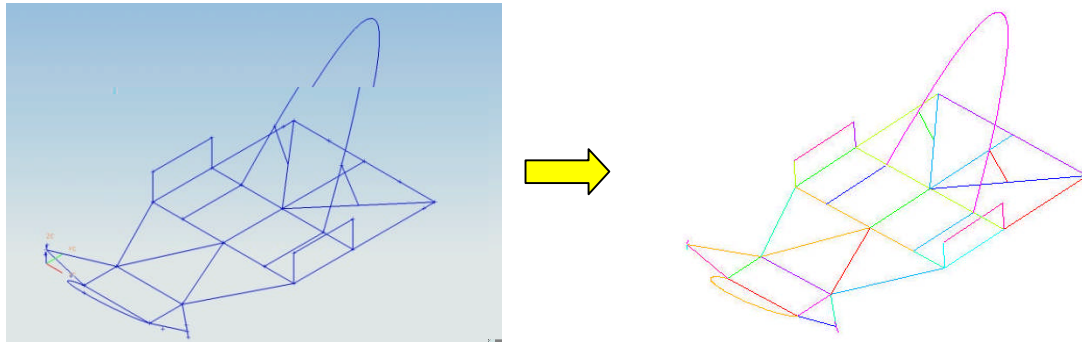


Figura 11-Modelado

Posteriormente establecimos el tipo de elemento siendo para este caso tubería de 1in y 1.6mm de espesor, así como las propiedades del material (Acero AISI 1018¹²)¹³ por lo que en el programa se insertaran los siguientes valores:

Element Type	Pipe16
Real Constants	Outside Diameter=.0254 Wall Thickness = .0016
Material Props	Density=7870 Ex=205e9 Prx=.29

Tabla 5-Propiedades ensayo

Una vez realizado lo anterior solo resta generar la malla y aplicar las cargas correspondientes a cada uno de los componentes del vehículo:

1. 2 Baterías
2. Asiento y Piloto
3. Motor Eléctrico

Así como las restricciones a los grados de libertad presentes en nuestro arreglo estructural (ver figura 12).

¹² Ver Anexo 2 Materiales

¹³ Se selecciono este material ya que era mucho más barato que las otras opciones

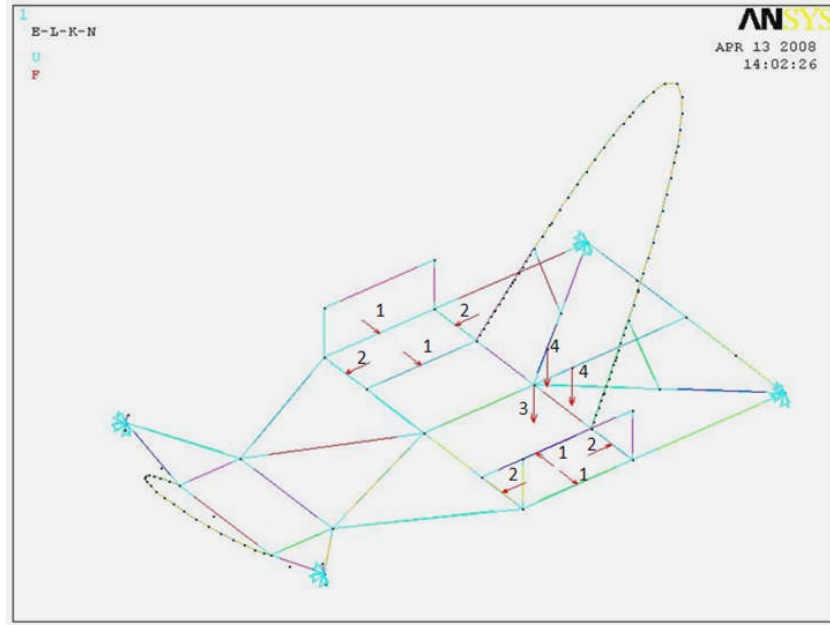


Figura 12- Grados de libertad

Componente	Tipo Carga	Número	Valor	Unidades
Batería ¹⁴	Pressure	1	1341.195	Pa
		2	2682.39	Pa
Piloto y Asiento	Force	3	686.7	N
Motor ¹⁵	Force	4	49.05	N

Tabla 6- Cargas debido a los componentes

Cabe destacar que para el caso particular de las restricciones en los grados de libertad que se pueden observar en la imagen (desplazamientos en x, y y z) estos se ubican en la posición de las masas de las ruedas delanteras así como la del eje trasero y es en base a las restricciones que estos componentes generan sobre la estructura que se establecieron dichas consideraciones para el análisis.

¹⁴ El total de la carga de una batería sobre sus soportes debe ser 8047.17 Pa, nótese que esto se logra al aplicar 2 cargas numero 1 y 2 cargas numero 2. Recordando que tenemos 2 baterías de ahí que el esquema de carga se repita a ambos lados de la estructura.

¹⁵ El peso del motor e encuentra distribuido en 2 soportes por lo que cada uno de los mismos soporta la mitad del peso del mismo de ahí que sea necesario aplicar 2 cargas número 4 para obtener el peso total del motor

1.3.- ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez realizado todo lo anterior solo resta dar solución al problema; a continuación se muestran los resultados obtenidos por medio del análisis por elemento finito:

1. Desplazamientos (m):

Es importante tomar en consideración estos valores debido en parte a la poca altura que presenta el vehículo con respecto al suelo ya que si los desplazamientos fueran muy grandes se correría el peligro de que la estructura rozara el suelo con las consecuencias que dicha acción generaría hacia la misma.

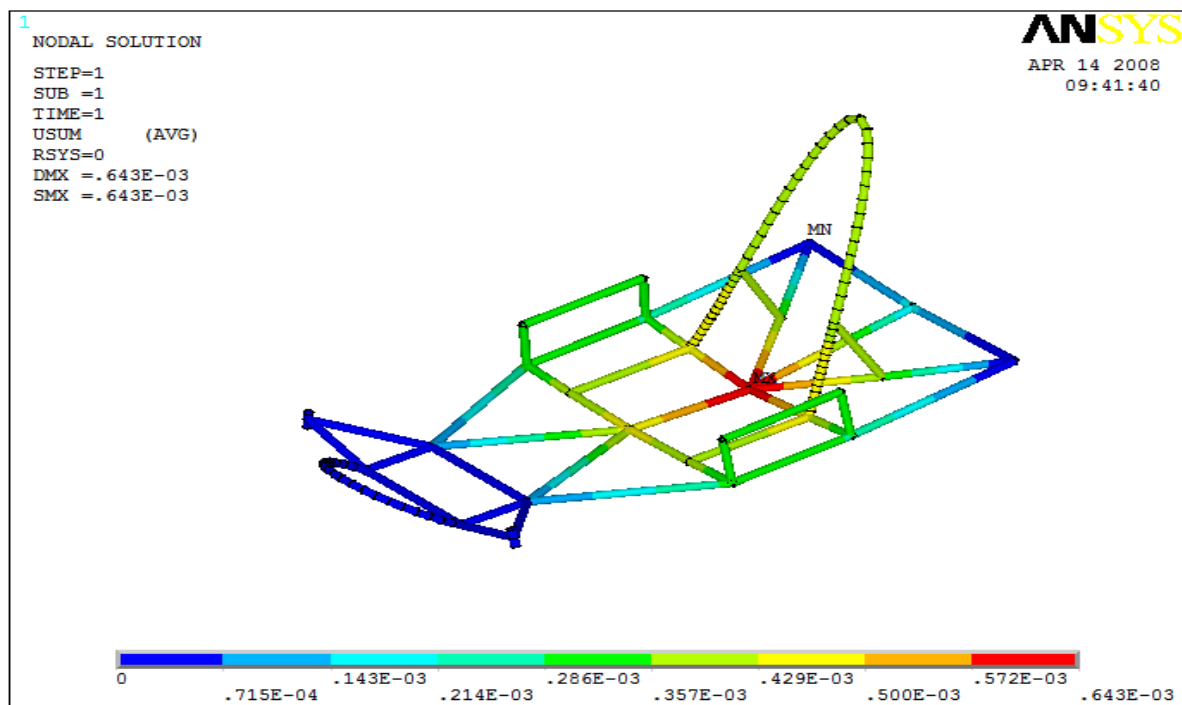


Figura 13- Desplazamientos (m)

2. Esfuerzo (Pa) :

Para verificar que la estructura resiste las cargas aplicadas se realiza la comparación del esfuerzo obtenido por medio del elemento finito y el valor del esfuerzo de cedencia

σ_y del material que en este caso es acero 1018.

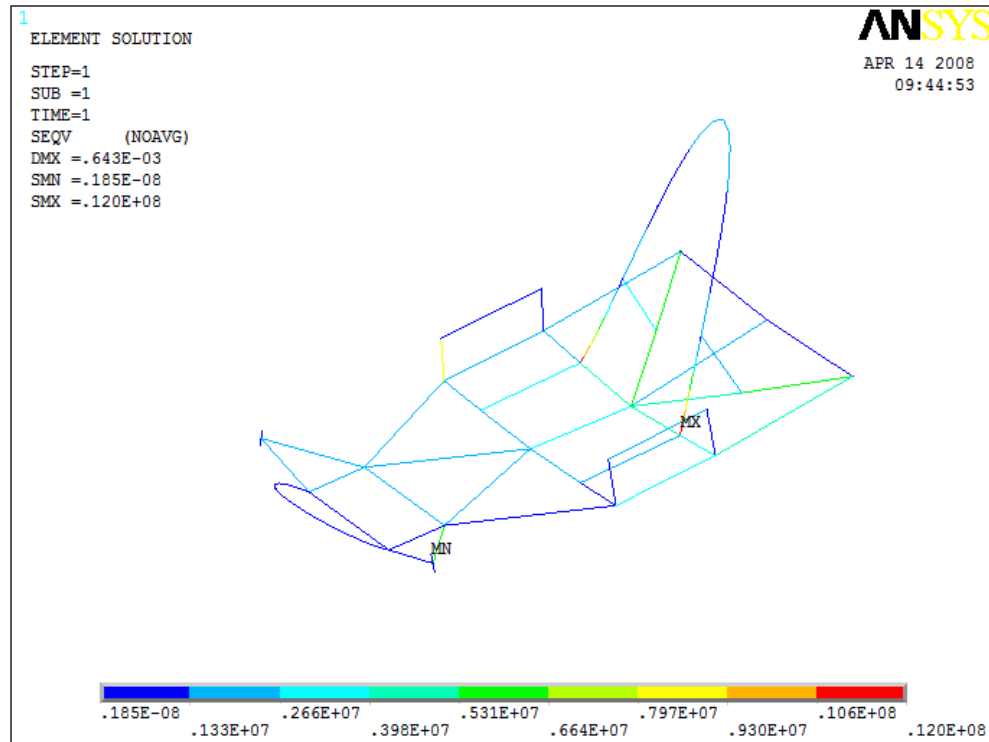


Figura 14- Esfuerzo (Pa)

Se decidió realizar la comparación con este esfuerzo ya que es en el cual la deformación plástica se hace presente, es decir es el esfuerzo que divide los comportamientos elásticos y plásticos del material como se puede ver en el diagrama. Y como se desea que este no se deforme plásticamente se tiene que considerar el esfuerzo de cedencia.

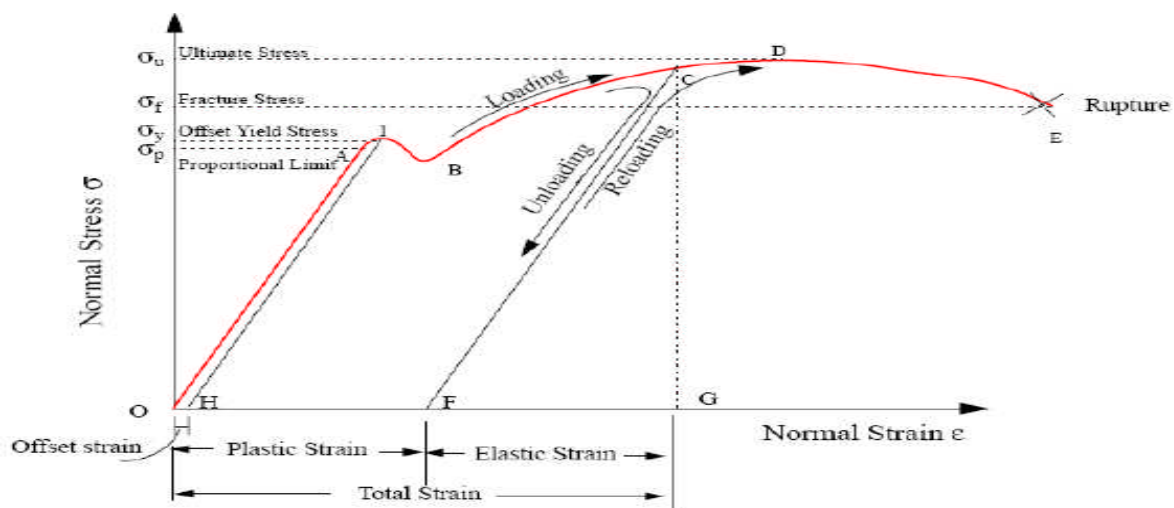


Figura 15- Diagrama Esfuerzo – Deformación.

A continuación se muestran los esfuerzos de cedencia y ultimo para el acero utilizado:

- Ambos esfuerzos fueron obtenidos por medio de la prueba en tensión.

Acero 1018		
Esfuerzo de cedencia σ_y	Esfuerzo ultimo σ_u	Esfuerzo ANSYS
370 MPa	440 MPa	$12 \times 10^6 \text{ Pa} = 12 \text{ Mpa}$

Tabla 7- Comparativa de Esfuerzos

Los esfuerzos a los cuales está sometida la estructura son los siguientes en base a los resultados obtenidos por medio de ANSYS:

ANSYS	
SMN¹⁶	SMX¹⁷
$1.85 \times 10^{-9} \text{ Pa}$	$12 \times 10^6 \text{ Pa}$

Tabla 8-Esfuerzo Estructural

Por lo que se concluye que el esfuerzo al cual se encuentra sometida la estructura es permisible para dicho material ya que se encuentra por debajo del esfuerzo de cedencia y por lo tanto del esfuerzo último, por lo que la estructura se encuentra trabajando en la zona elástica del material y no se deformara permanentemente.

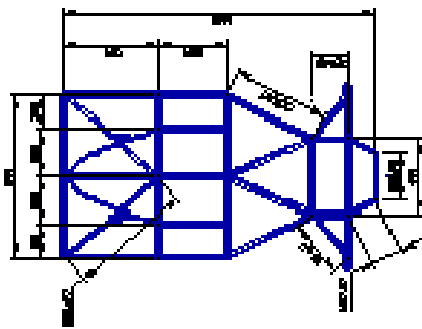
Deformaciones:

En base a los resultados obtenidos por medio del método de elemento finito se tiene una deformación de **$6.43 \times 10^{-4} \text{ m}$** . lo cual nos indica que es una deformación pertinente ya que tomando en cuenta las dimensiones de la estructura y las cargas a las cuales se encuentra sometida se encuentra en un limite permisible para la aplicación a la cual será utilizada.

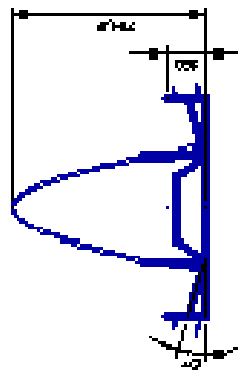
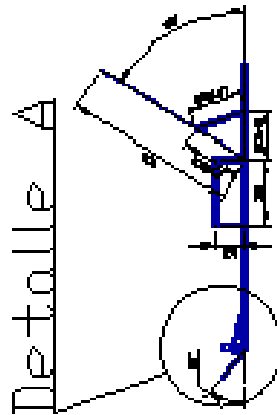
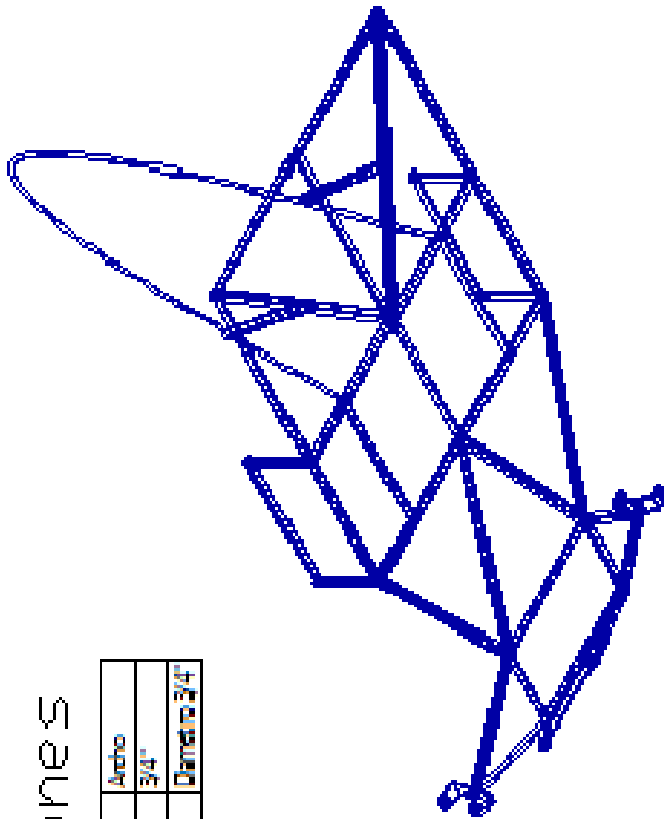
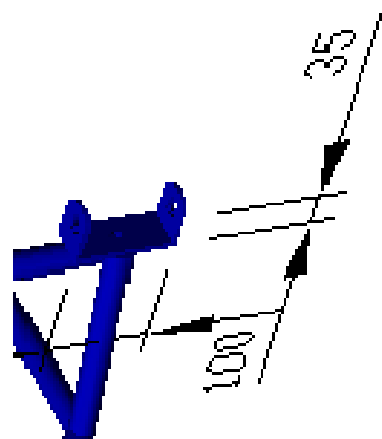
¹⁶ Esfuerzo Mínimo

¹⁷ Esfuerzo Máximo

Specifications



	Tipo	Materia	Espesor	Ancho
Detalle A	Solera	Acero 1018	6mm	3/4"
Structure	Tuberia		Calibre 16	Diámetro 3/4"


$$\mathbb{A}^1_{\mathbb{A}^1} \rightarrow \mathbb{A}^1_{\mathbb{A}^1}$$


Electrotecnología INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA RECINTO DE LA ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA	Proyecto de Ingeniería Proyecto y Desarrollo para Acceso Internet	Ingeniería Matemática Facultad de Ingeniería E.S.E. UNAM-CONAHU
	Estructura	
	Plano General	

1.5- CONSTRUCCIÓN

Retomando lo obtenido por medio del análisis de elementos finitos sabemos que el material más apropiado para la construcción es el Acero 1080 de $\Phi=1\text{in}$, calibre 16¹⁸, y tomando como referencia la geometría analizada comenzamos la construcción del modelo físico de la estructura.

1.5.1.-PROCESO DE MANUFACTURA DEL VEHÍCULO.

Para realizar la construcción del vehículo se definió el siguiente proceso:

1. Doblado de la tubería y cortado de la tubería para generar cada uno de los elementos que compondrán la estructura.
2. Ensamble de la tubería para comprobar el correcto empalme de cada uno de los elementos.
3. Proceso de soldadura mediante Arco Eléctrico¹⁹, en este apartado es importante hacer mención que se selecciono como electrodo a ser usado el AW5000 ya que este tiene un bajo contenido de carbono, al igual que el acero que se está usando para la construcción de la estructura por lo que es optimo.
4. Limpieza de escoria.

A continuación se presenta el proceso simplificado dentro de un diagrama de flujo

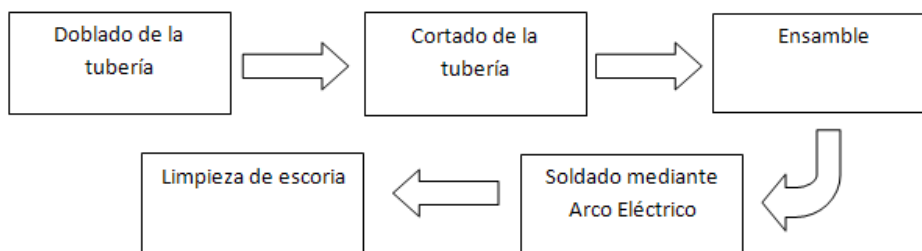


Figura 16-Proceso Estructura

¹⁸Ver Propiedades Mecánicas del Acero 1018 en el Anexo 2 Materiales

¹⁹Ver lo referente al Proceso de Soldadura por Arco Eléctrico en el Marco Teórico

Doblado, Cortado y Ensamble de la tubería:



Figura 17- Doblado, Cortado y Ensamble de la tubería

Proceso de soldadura por arco eléctrico.



Figura 18- Proceso de soldadura por arco eléctrico.

Estructura terminada:



Figura 19- Estructura terminada

CAPÍTULO II

COMPONENTES MECÁNICO – ELÉCTRICOS

2.1.-DIRECCIÓN:

En el diseño nos basaremos en principios de la metodología

2.1.1-DETERMINACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS

a) Determinación de los requerimientos

El sistema de dirección deberá estar diseñado para describir un radio mínimo de giro entre $1.5m < \text{radio de giro} < 2m$

El giro de la dirección debe tener topes físicos que limiten su carrera para evitar un exceso de giro en las ruedas.

Simplicidad de montaje al eliminar gran parte de tirantearía direccional y gran suavidad

b) Fijación de metas de diseño

El sistema de dirección deberá estar diseñado para describir un radio mínimo de giro de $r=1.7 \text{ mts}$

El vehículo debe ser capaz de esquivar diez conos espaciados 8 metros entre sí, en menos de 15 segundos (prueba de estabilidad).

2.1.2.-DISEÑO CONCEPTUAL

Piñón y Cremallera.- Esta dirección se caracteriza por la sencillez de su mecanismo desmultiplicador y su simplicidad de montaje, al eliminar gran parte de la tirantearía direccional. Va acoplada directamente sobre los brazos de acoplamiento de las ruedas y tiene un gran rendimiento mecánico.

2.1.2.1 GEOMETRÍA DE LA DIRECCIÓN

La geometría del sistema de dirección tiene que ver sobre todo con los virajes, pues en cada uno de éstos, las llantas deben girar a un ángulo diferente (α o β)

Una respecto a la otra, visto esto desde una vista superior, debido a que cada llanta al tener que recorrer longitudes de arco diferentes se tiene entonces que estas longitudes de arco tienen un distinto radio de curvatura.

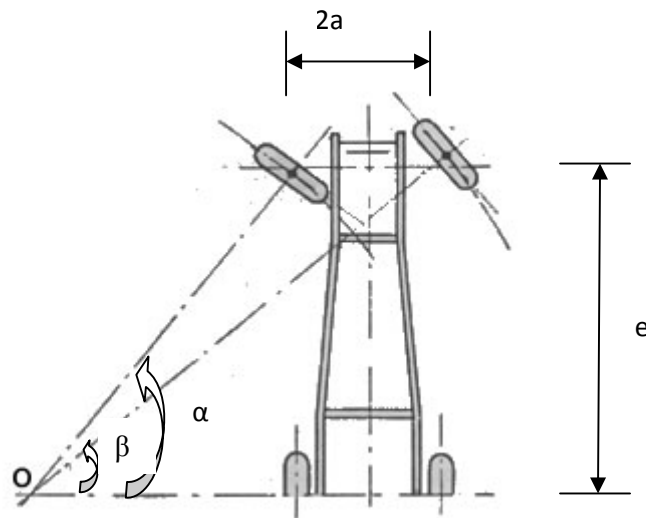


Figura 20- Geometria

Donde:

e = Distancia entre ejes (en metros).

$2a$ = Distancia entre puntos de pivote delanteros, (en metros).

(α, β) = Ángulos de viraje

Datos para el cálculo de los ángulos con las que giran las llantas:

$$2a = 0.86m$$

$$e = 1.475m$$

$$\text{radio de giro} : 1.7m$$

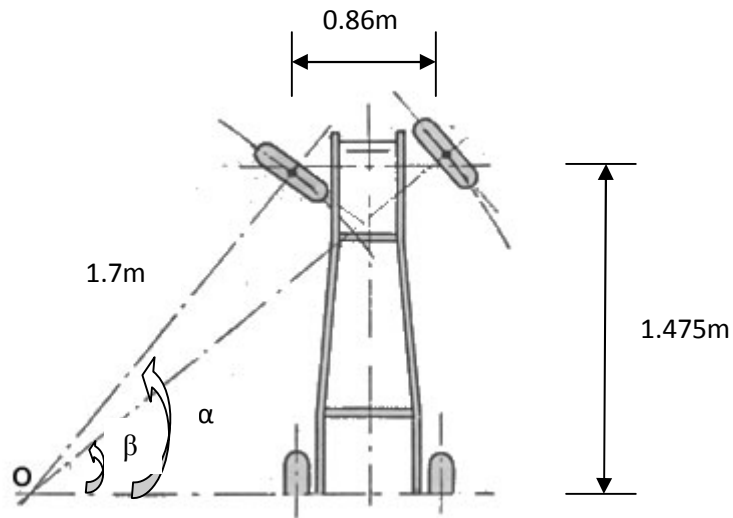


Figura 21- Angulos descritos por las llantas delanteras.

Ya que se sabe el radio de giro y la distancia entre ejes se puede determinar el ángulo α con el teorema de Pitágoras

$$\alpha = \sin^{-1}\left(\frac{1.475m}{1.7m}\right) = 60.18^\circ$$

Según la teoría de ángulos de viraje debe haber una relación de dichos ángulos según la siguiente expresión: $\cot \beta - \cot \alpha = \frac{2a}{e}$

Por lo tanto, el ángulo β será:

$$\cot \beta - \cot \alpha = \frac{2a}{e}$$

$$\beta = \cot^{-1}\left(\frac{2a}{e} + \cot \alpha\right) = \cot^{-1}\left(\frac{0.86m}{1.475m} + \cot 60.18^\circ\right) = 40.85^\circ$$

2.1.2.2.- DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES DE LA BIELA Y CREMALLERA

Con los valores del ángulo de viraje se procede al cálculo de la geometría para generar dichos ángulos. En el Proyecto se necesita involucrar un arreglo de cremallera y tirantearía. Las medidas necesarias son la longitud de los brazos de dirección R y el ángulo λ que forma con la línea entre los puntos de pivote tal como se muestra en la siguiente figura:

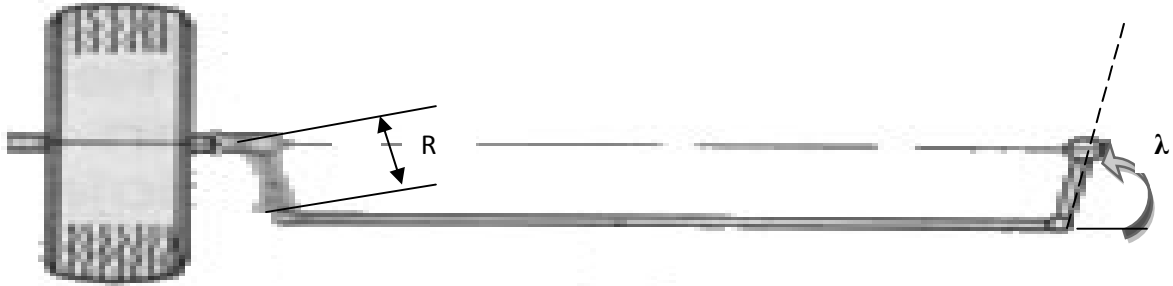


Figura 22- Longitud de brazo de dirección R y ángulo λ

Para hacer una aproximación de la longitud R y el ángulo λ de los brazos de la dirección se utiliza un método grafico.

Los valores del rectángulo comprendido por las letras ABCD, son las distancias entre la línea entre puntos de pivote AB, y la distancia entre ejes es la distancia BD, según el método grafico, el valor medio de la prolongación de una línea hasta unir con la letra E, nos dará los valores R y λ respectivamente.

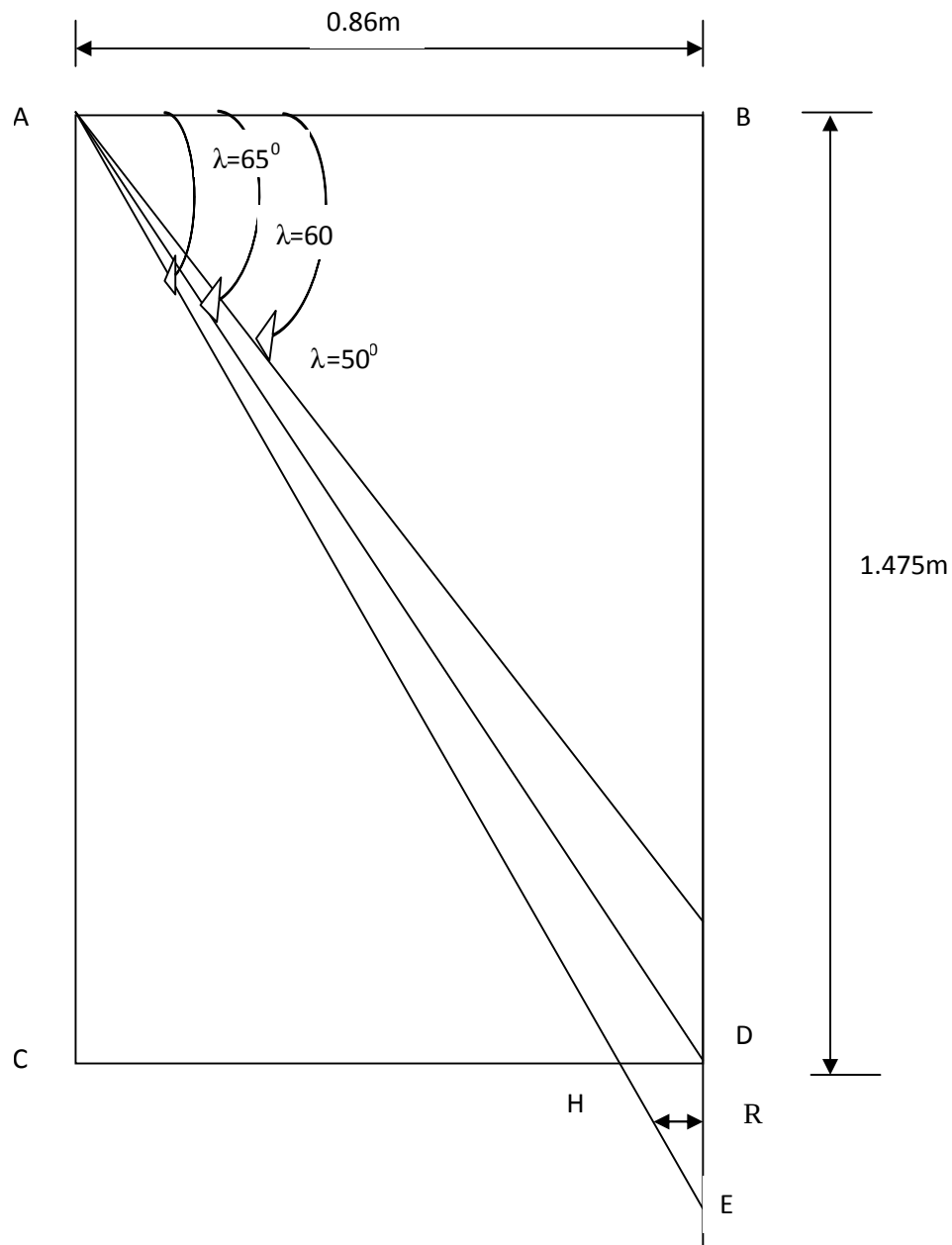


Figura 23- Obtención grafica de valores de R y λ

Haciendo el análisis de medidas y ángulos se puede determinar las dimensiones según la grafica anterior y el ángulo del brazo de dirección esta entre 60° y 65°

Por lo tanto, el ángulo que forman los brazos de dirección con el eje delantero cuando las ruedas están en la posición de marcha en línea recta propuesta **$\lambda = 63^\circ$**

Ahora utilizando el estudio realizado por M. Briard Para la longitud de biela, se puede calcular con más exactitud mediante la siguiente ecuación:

$$R = \frac{1}{2} \left[\frac{2a}{\cos \lambda} - \frac{e}{\sin \lambda} \right] = \frac{1}{2} \left[\frac{0.86m}{\cos(63)} - \frac{1.475m}{\sin(63)} \right] = 12cm$$

Por lo tanto, la longitud de la biela es **R=12cm**

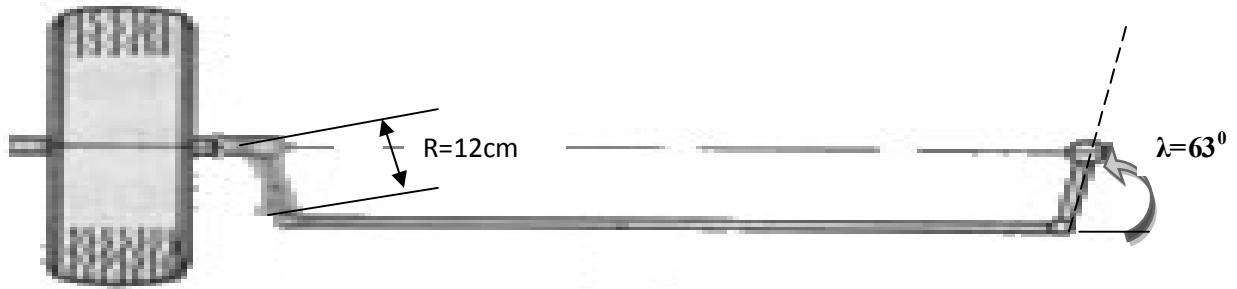


Figura 24- Valores de brazo de dirección R y ángulo λ

2.1.2.3. PARA LA RELACIÓN DEL VOLANTE

El volante tiene una relación respecto al número de vueltas que se necesitan para virar la dirección de extremo a extremo. Esta relación depende del radio de giro deseado, de lo suave que se desee la dirección, el peso del vehículo y de lo rápido que se requiera la respuesta de la maniobrabilidad.

La relación que debe de tener el piñón (engrane) con la cremallera esta dado por:

$$r = \frac{L}{\pi D}$$

Donde:

D=Diámetro del paso del piñón

L=Longitud del desplazamiento total de la cremallera

r=relación, piñón diámetro=1

Por lo tanto, el diámetro de paso del piñón será de: $Dp = \frac{L}{r\pi} = \frac{12.6cm}{\pi} = \frac{4.78in}{\pi} = 1.52in$

2.1.2.4. DIMENSIONES DE PIÑÓN Y CREMALLERA

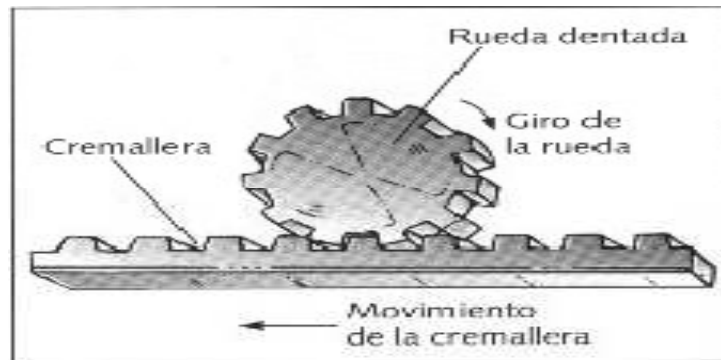


Figura 25- Piñón, Cremallera

Se determina el Paso base de forma que sea mas comercial o normado: $P_b=10 \text{ in}$

- Determinación del *número de dientes* del piñón a partir del Diámetro de paso y el Paso ya determinados:

$$z = D_p P_b = (1.52 \text{ in})(10) = 15.2 \text{ Dientes}$$

- Dimensiones del diente:

El espesor del diente es la mitad del Paso circunferencial.

$$s = \frac{P_c}{2} \quad \text{donde } P_c = \frac{\pi}{P_b}$$

$$s = \frac{\pi}{2P_b} = \frac{\pi}{2(10 \text{ in})} = 0.15 \text{ in} = 0.39 \text{ cm}$$

Sabemos que:

El tamaño de los dientes se limita por los parámetros **a** (addendum) y **b** (dedendum), estos valores se miden por arriba y por debajo del círculo primitivo respectivamente.

Así es posible definir lo siguiente:

Donde:

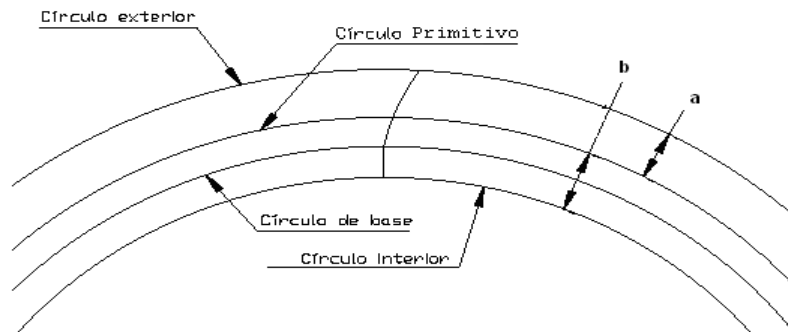


Figura- Círculos

$$a = 1/(p_b) = \frac{1}{10} = 0.1in$$

$$b = 1.25/(p_b) = \frac{1.25}{10} = 0.125in$$

$$c = 0.25/(P_b) = \frac{0.25}{10} = 0.025in$$

Diámetro exterior:

$$d_{ext} = D_p + 2a = 1.52in + 2(0.1in) = 1.7239in$$

Diámetro interior:

$$d_{int} = D_p - 2b = 1.52in - 2(0.125in) = 1.2739in$$

El Diámetro base lo obtenemos para un ángulo de presión de $\alpha=20^0$ con la siguiente ecuación: $d_{base} = D_p \cos \alpha = 1.52 \cos(20^0) = 1.42in$

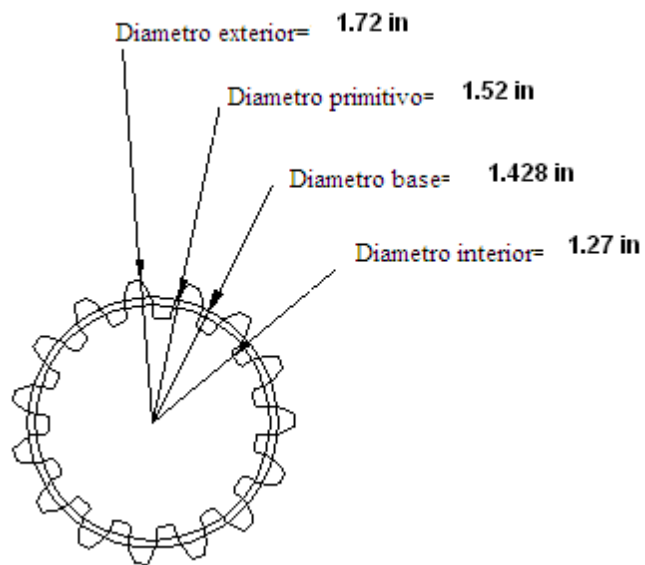


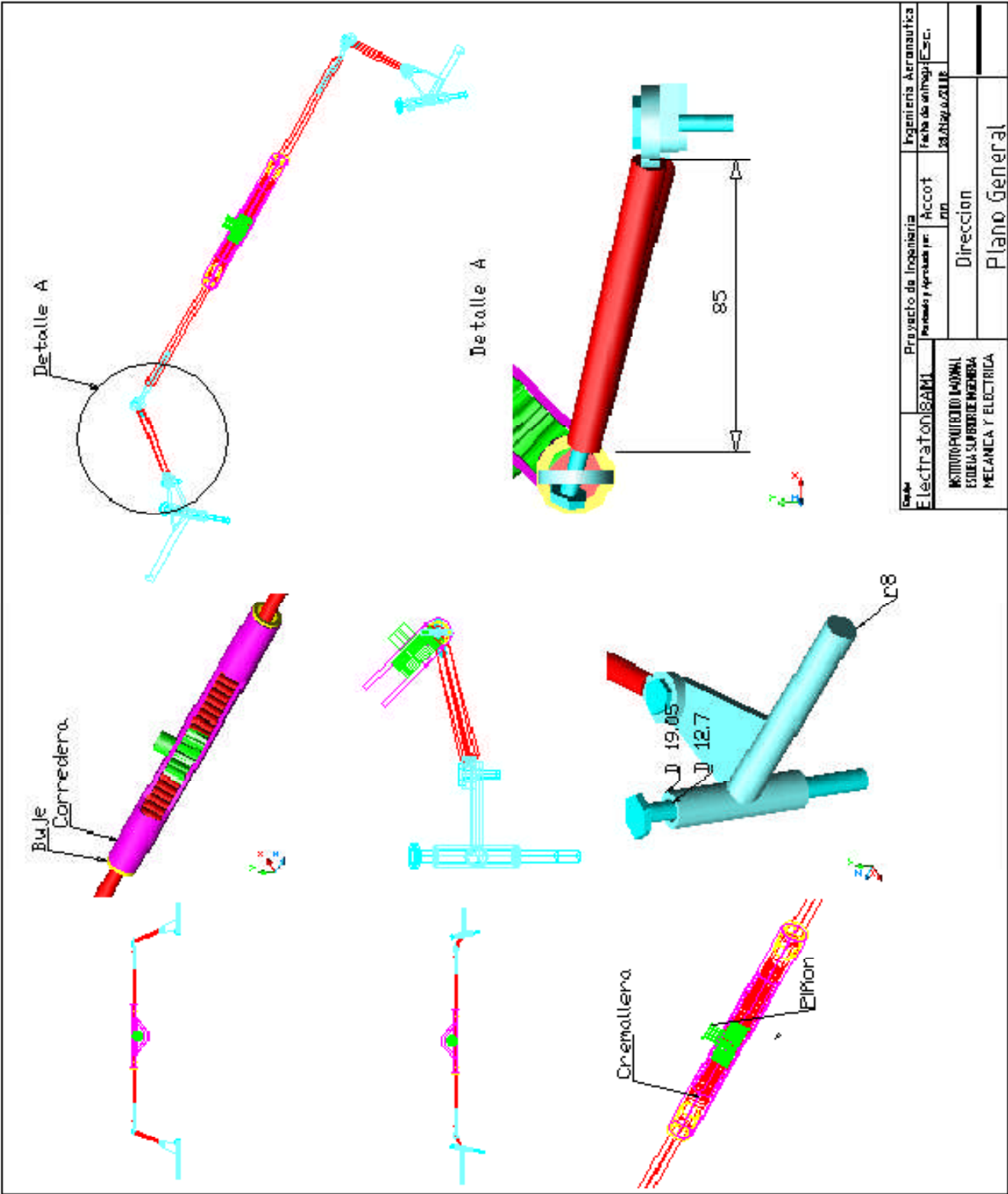
Figura 26- Dimensiones Del Piñón

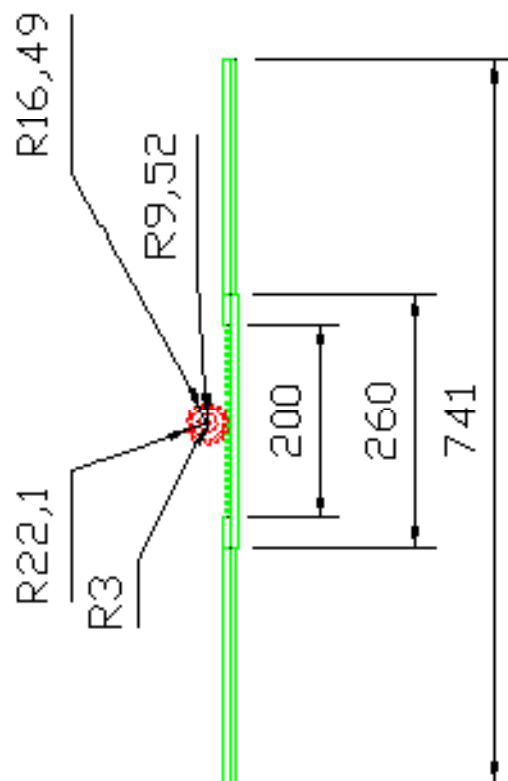
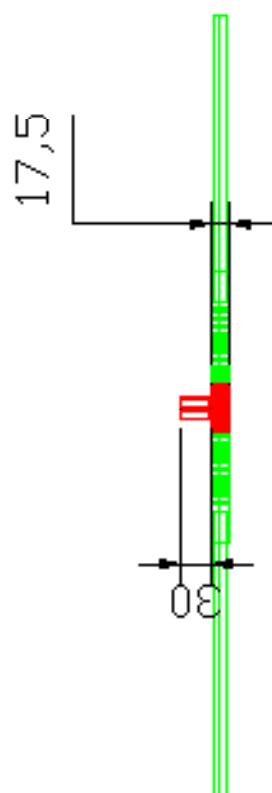
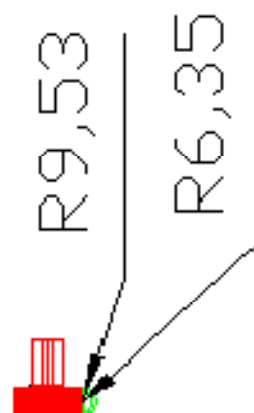
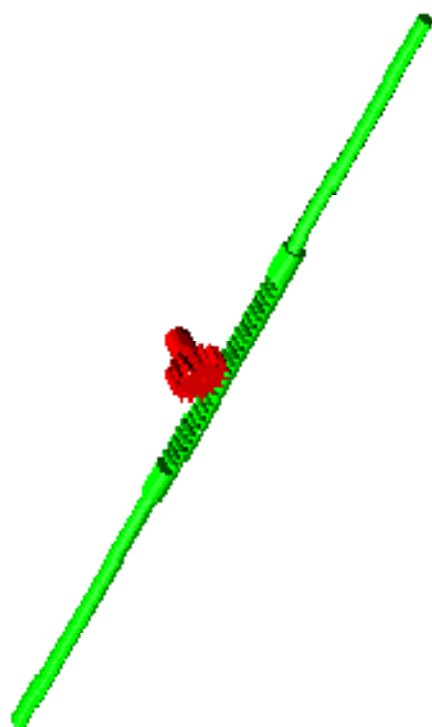
Datos piñón cremallera

Piñón	Cremallera
Paso = 10	Paso = 10
Numero de dientes =15	Numero de dientes=30
Diámetro Primitivo= 1.52in Diámetro Exterior= 1.72in Diámetro Interior= 1. 27in	Longitud de cremallera= 10.23in
Espesor del diente =0.15in	Espesor del diente =0.15in

Tabla 9- Dimensiones Piñón Cremallera

2.1.3.- DISEÑO A DETALLE





Especificaciones

	Diametro	Paso	Nº numero de dientes	Espeor del diente
Piñon	36.1217 mm	10	13	4 mm
Cremallera	17.78 mm	10	26	4 mm

Equipo	Electrónica I (8AM)	Proyecto de Ingeniería		Ingeniería Aeroespacial
		Materia y Apellido por		Fecha de entrega
		Folio		28/04/2008
INSTRUMENTACIÓN MODUL ESQUEMA DE UNIDAD DE MECÁNICA Y ELECTRICA		Cremallera y Piñon		
		Plano General		

2.1.4.- PROCESO DE MANUFACTURA

Para realizar la construcción de la dirección se definió el siguiente proceso:

1. Maquinado de piñón y cremallera. Los materiales a utilizar para la fabricación del piñón y cremallera es el Acero 4130²⁰
2. Cortado de corredera



Figura 27-Corredera

3. Soldar la corredera a la estructura. y Sujeción de piñón y cremallera al eje del volante



Figura 28-Sujecion

4. Ensamble de brazos de la dirección.



Figura 29- Ensamble de brazos de la dirección.

²⁰ Ver Anexo 2 Materiales

5. Comprobar el correcto empalme de los brazos de la dirección con las rotulas
6. Ensamble de la carrosería antes de apretar todo el sistema



Figura 30-Ensamble Carrocería

7. Ensamble de la direccion con los soprtes de las ruedas delanteras.

Estos soportes previamente fueron ensambladas a la estructura con un perno





Figura 31- Sistema De Dirección

A continuación se presenta el proceso simplificado dentro de un diagrama de flujo

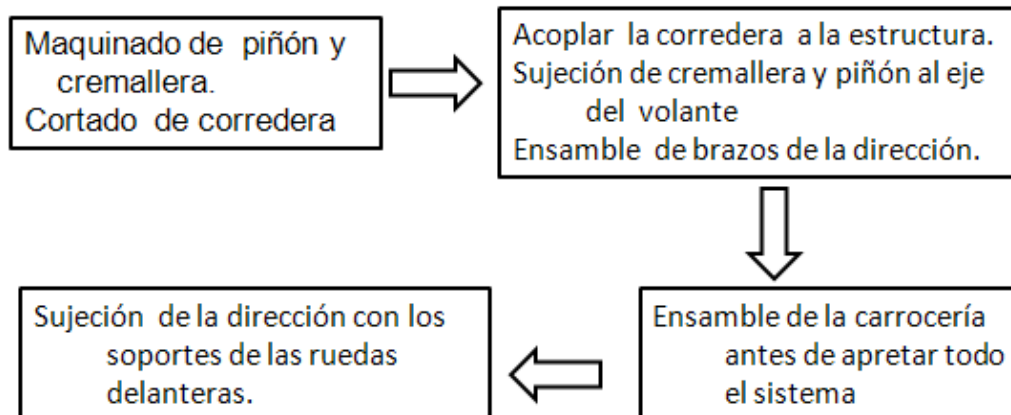


Figura 32- Proceso Dirección

2.2.- TRANSMISIÓN

En el diseño nos basaremos en principios de la metodología

2.2.1-DETERMINACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS

a) Determinación de los requerimientos

Se desea diseñar una transmisión por cadena, movido con un motor eléctrico (Motor **D&D ES-80A** 24 Volt S2-60 Minute Rating 2.94 HP, 110 Amps, el cual tiene una velocidad de 1080 rpm.



Figura 33- Motor

b) Fijaciones de metas de diseño

Para el diseño de la transmisión se considera que el vehículo se moverá con una velocidad de 65 km/h

Velocidad motriz: 1080rpm = 74.45 km/h

Velocidad propuesta 65km/h = 942.26rpm

El motor proporciona una Potencia del motor $P=2.94\text{Hp}$

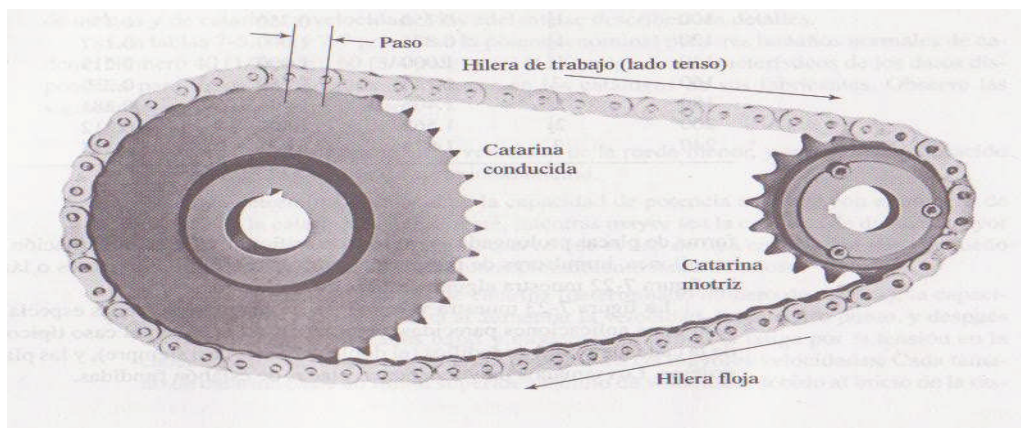


Figura 34-Transmisión

2.2.2- ANÁLISIS DE LA TRANSMISIÓN.

Paso 1 -Clasificación del servicio y determinación de factor de servicio:
Se utiliza la siguiente tabla para identificar el tipo de servicio de la transmisión.

Tipo de carga	Tipo de máquina que proporciona el movimiento		
	Motor de combustión interna con transmisión hidráulica	Motor eléctrico o Turbina	Motor de combustión interna con transmisión mecánica
Carga Uniforme Agitadores, sopladores centrífugos, transportadores de carga uniforme, elevadores de carga uniforme, ventiladores centrífugos, generadores, ejes de línea de carga uniforme, bombas centrífugas.	1.0	1.0	1.2
Carga Choque Moderado Agitadores, compresores centrífugos, transportadores de carga irregular, elevadores de carga irregular, molinos, lavadoras y secadoras, ejes de línea con carga irregular, maquinas con carga pulsante, bombas recíprocas, triplex, maquinara para trabajo en madera.	1.2	1.3	1.4
Carga Choque Pesado Máquinas para ladrillos, compresores, trituradores, máquinas con cargas reversibles o de impacto, molinos, martillo, laminador, prensas, bombas recíprocas, simplex o duplex.	1.4	1.5	1.7

Tabla 10- Factores de servicio para trasmisión por cadena²¹

²¹ Consultar Robert L. Mott,(2006) *Diseño de elementos de maquinas*, cuarta edición, México, Pearson Prentice Hall PAG 552.

Paso 2 –Determinación de potencia de Diseño

A partir de la potencia de operación normal se puede determinar de la tabla 3-1clase de servicio y su respectivo factor de servicio:

En nuestro caso tipo de impulsor será un motor eléctrico con un tipo de carga de choque moderado, por lo tanto el factor de servicio es $F_s=1.3$

La Potencia de Diseño se obtiene multiplicando la potencia de operación normal de la transmisión por el factor de servicio.

$$\text{Potencia de diseño} = (F_s)(P) = (2.54\text{HP})(1.3) = 3.822\text{HP}$$

Paso 3 –Calculo de la relación deseada.

$$\text{relacion} = \frac{V_{\text{entrada}}}{V_{\text{salida}}} = \frac{1080\text{rpm}}{942.79\text{rpm}} = 1.14$$

Paso 4 –Selección de la transmisión.

Recurra a las tablas de Rangos de Potencias (HP). Seleccione el paso de cadena más pequeño capaz de transmitir la potencia requerida para un engranaje que gire a las RPM especificadas. La selección debe hacerse teniendo en cuenta el engranaje de menor diámetro ya que es el más exigido.

Núm. de dientes	0.500 pulgadas de paso					Velocidad mínima de giro de la catarina, rev/min																							
	10	25	50	100	180	200	300	500	700	900	1000	1200	1400	1600	1800	2100	2500	3000	3500	4000	5000	6000	7000	8000	9000				
11	0.06	0.14	0.27	0.52	0.91	1.00	1.48	2.42	3.34	4.25	4.70	5.60	6.49	5.57	4.66	3.70	2.85	2.17	1.72	1.41	1.01	0.77	0.61	0.50	0.00				
12	0.06	0.15	0.29	0.56	0.99	1.09	1.61	2.64	3.64	4.64	5.13	6.11	7.09	6.34	5.31	4.22	3.25	2.47	1.96	1.60	1.15	0.87	0.69	0.57	0.00				
13	0.07	0.16	0.31	0.61	1.07	1.19	1.75	2.86	3.95	5.02	5.56	6.62	7.68	7.15	5.99	4.76	3.66	2.79	2.21	1.81	1.29	0.98	0.78	0.00					
14	0.07	0.17	0.34	0.66	1.15	1.28	1.88	3.08	4.25	5.41	5.98	7.13	8.27	7.99	6.70	5.31	4.09	3.11	2.47	2.02	1.45	1.10	0.87	0.00					
15	0.08	0.19	0.36	0.70	1.24	1.37	2.02	3.30	4.55	5.80	6.41	7.64	8.86	8.86	7.43	5.89	4.54	3.45	2.74	2.24	1.60	1.22	0.97	0.00					
16	0.08	0.20	0.39	0.75	1.32	1.46	2.15	3.52	4.86	6.18	6.84	8.15	9.45	9.76	8.18	6.49	5.00	3.80	3.02	2.47	1.77	1.34	0.00						
17	0.09	0.21	0.41	0.80	1.40	1.55	2.29	3.74	5.16	6.57	7.27	8.66	10.04	10.69	8.96	7.11	5.48	4.17	3.31	2.71	1.94	1.47	0.00						
18	0.09	0.22	0.43	0.84	1.48	1.64	2.42	3.96	5.46	6.95	7.69	9.17	10.63	11.65	9.76	7.75	5.97	4.54	3.60	2.95	2.11	1.60	0.00						
19	0.10	0.24	0.46	0.89	1.57	1.73	2.56	4.18	5.77	7.34	8.12	9.66	11.22	12.64	10.59	8.40	6.47	4.92	3.91	3.20	2.29	0.09	0.00						
20	0.10	0.25	0.48	0.94	1.65	1.82	2.69	4.39	6.07	7.73	8.55	10.18	11.81	13.42	11.44	9.07	6.99	5.31	4.22	3.45	2.47	0.00							
21	0.11	0.26	0.51	0.98	1.73	1.91	2.83	4.61	6.37	8.11	8.98	10.69	12.40	14.10	12.30	9.76	7.52	5.72	4.54	3.71	2.65	0.00							
22	0.11	0.27	0.53	1.03	1.81	2.01	2.96	4.83	6.68	8.50	9.40	11.20	12.99	14.77	13.19	10.47	8.06	6.13	4.87	3.98	2.85	0.00							
23	0.12	0.28	0.56	1.08	1.90	2.10	3.10	5.05	6.98	8.89	9.83	11.71	13.58	15.44	14.10	11.19	8.62	6.55	5.20	4.26	3.05	0.00							
24	0.12	0.30	0.58	1.12	1.98	2.19	3.23	5.27	7.28	9.27	10.26	12.22	14.17	16.11	15.03	11.93	9.18	6.99	5.54	4.54	0.87	0.00							
25	0.13	0.31	0.60	1.17	2.06	2.28	3.36	5.49	7.59	9.66	10.69	12.73	14.76	16.78	15.98	12.68	9.76	7.43	5.89	4.82	0.00								
26	0.13	0.32	0.63	1.22	2.14	2.37	3.50	5.71	7.89	10.04	11.11	13.24	15.35	17.45	16.95	13.45	10.36	7.88	6.25	5.12	0.00								
28	0.14	0.35	0.67	1.31	2.31	2.55	3.77	6.15	8.50	10.82	11.97	14.26	16.53	18.79	18.94	15.03	11.57	8.80	6.99	5.72	0.00								
30	0.15	0.37	0.72	1.41	2.47	2.74	4.04	6.59	9.11	11.59	12.82	15.28	17.71	20.14	21.01	16.67	12.84	9.76	7.75	6.34	0.00								
32	0.16	0.40	0.77	1.50	2.64	2.92	4.31	7.03	9.71	12.38	13.68	16.30	18.89	21.48	23.14	18.37	14.14	10.76	8.54	1.41	0.00								
35	0.18	0.43	0.84	1.64	2.88	3.19	4.71	7.69	10.62	13.52	14.96	17.82	20.67	23.49	26.30	21.01	16.17	12.30	9.76	0.00									
40	0.21	0.50	0.96	1.87	3.30	3.65	5.38	8.79	12.14	15.45	17.10	20.37	23.62	26.85	30.06	25.67	19.76	15.03	0.00										
45	0.23	0.56	1.08	2.11	3.71	4.10	6.08	9.89	13.66	17.39	19.24	22.92	26.57	30.20	33.82	30.63	23.58	5.53	0.00										

Tabla 11- Capacidad en caballos de fuerza-cadena simple de rodillos numero 40²²

²² Consultar Robert L. Mott, (2006) *Diseño de elementos de maquinas*, cuarta edición, México, Pearson Prentice Hall PAG 553

Por medio de las tablas de potencia se puede determinar qué tipo de cadena y Catarina se utilizara en dicho sistema.

- Cadena simple No. 40
- Catarina pequeña con $\frac{1}{2}$ " de paso, con 13 dientes

Paso 5 – Selección de de numero de dientes para la rueda grande.

En base a la selección de la Catarina pequeña con paso $\frac{1}{2}$ ", con 13 dientes se puede determinar el número de dientes de la Catarina grande.

$$N_2 = N_1 \times \text{relación}$$

Donde N_2 = numero de dientes de la Catarina grande

N_1 = Numero de dientes de la Catarina pequeña

$$N_2 = N_1 (\text{relacion}) = (13)(1.14) = 14.89 \text{ dientes} \approx 15 \text{ Dientes}$$

Paso 6 – Velocidad de salida esperada

Conociendo el número de dientes de las catarinas, se calcula la velocidad de salida esperada.

$$n_2 = n_1 \left(\frac{N_1}{N_2} \right) = 1080 \text{rpm} \left(\frac{13}{15} \right) = 936 \text{rpm} = 64.53 \text{km/h}$$

Paso 7 – Calculo de diámetro de paso de las catarinas

Para determinar el diámetro de paso de una Catarina con N dientes, para una cadena de paso p, es:

$$D = \frac{p}{\sin\left(\frac{180}{N}\right)}$$

Por lo tanto con un paso $\frac{1}{2}$ " los diámetros son:

Catarina menor:

$$D = \frac{0.5}{\text{sen}\left(\frac{180}{13}\right)} = 2.089in$$

Catarina mayor:

$$D = \frac{0.5}{\text{sen}\left(\frac{180}{15}\right)} = 2.4049in'$$

Paso 8 –Calculo de Longitud de Cadena

La longitud de la cadena debe ser un múltiplo entero del paso, y se recomienda tener un número par de pasos. La distancia entre centros debe ser ajustable para adaptarse a la longitud de la cadena, y para adaptarse a las tolerancias y al desgaste.

Una relación adecuada de la distancia entre centros (C), longitud de cadena (L), cantidad de dientes de la Catarina pequeña (N1) y número de dientes de la Catarina grande (N2), expresada en pasos de cadena, es

La distancia entre centros debe de ser de 30 pasos de cadena (30 veces el paso de la cadena).

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

$$Longitud = 2(30) + \frac{15+13}{2} + \frac{(15+13)^2}{4\pi^2(30)} = 74.0034 \approx 74 \text{ pasos} = 37in = 93.98cm$$

Paso 9 –Numero de par de pasos y calculo de distancia entre centros.

$$C = \frac{1}{4} \left[L - \frac{N_2 + N_1}{2} + \sqrt{\left[L - \frac{N_2 + N_1}{2} \right]^2 - \frac{8(N_2 - N_1)^2}{4\pi}} \right]$$

$$C = \frac{1}{4} \left[74 - \frac{15+13}{2} + \sqrt{\left[74 - \frac{15+13}{2} \right]^2 - \frac{8(15-13)^2}{4\pi}} \right] =$$

$$C = 29.99 \text{ pasos} = 14.99in \approx 15in = 38.05cm$$

Paso 10 –Calculo en el ángulo de contacto

El arco de contacto θ_1 de la cadena en la Catarina menor:

$$\theta_1 = 180 - 2 \sin^{-1} \left[\frac{(D_2 - D_1)}{2C} \right]$$

$$\theta_1 = 180 - 2 \sin^{-1} \left[\frac{(2.40 - 2.08)}{2(15)} \right] = 178.77^\circ$$

El arco de contacto θ_2 de la cadena en la Catarina mayor:

$$\theta_2 = 180 + 2 \sin^{-1} \left[\frac{(D_2 - D_1)}{2C} \right]$$

$$\theta_2 = 180 + 2 \sin^{-1} \left[\frac{(2.40 - 2.08)}{2(15)} \right] = 181.22^\circ$$

En resumen:

En la figura se demuestra un esquema del diseño la transmisión

Paso	Cadena numero 40, ½ pulgada de paso
Longitud	L=74 pasos=37in
Distancia entre centros	C=29.99 pasos = 15in
Catarinas	Hilera simple, numero 40, ½ pulgada de paso
Pequeña	13 Dientes, Diámetro=2.08 in
Grande	15 Dientes, Diámetro=2.40 in

Tabla 12-Esquema transmisión

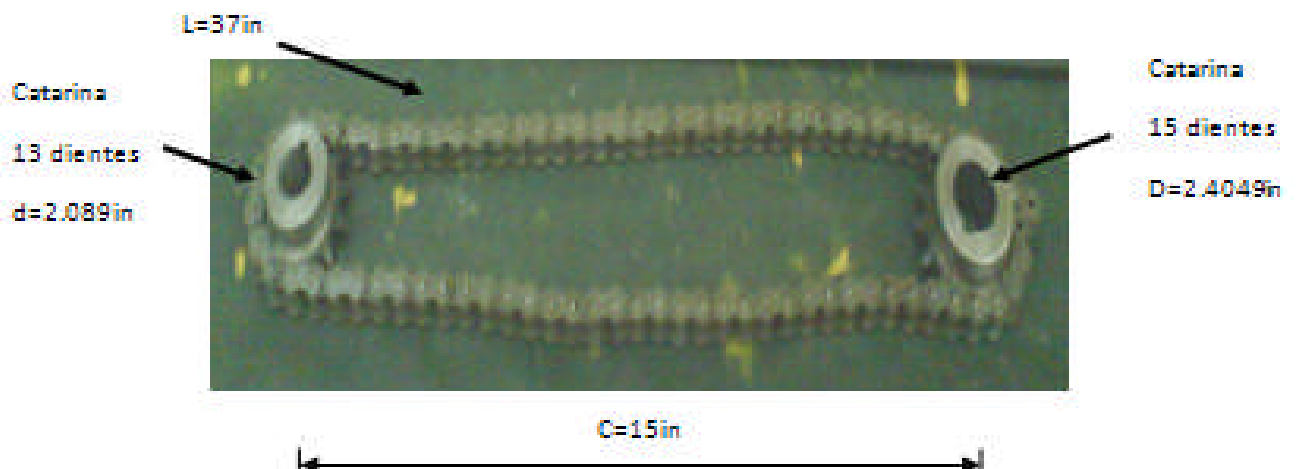


Figura 35-Geometria de la transmisión

2.2.3.- PROCESO DE MANUFACTURA

Se define el siguiente proceso:

1. Maquinado de las 2 Catarinas
2. Maquinado de cuñeros para la fijar las catarinas en los ejes.
3. Armado de los eslabones de la cadena

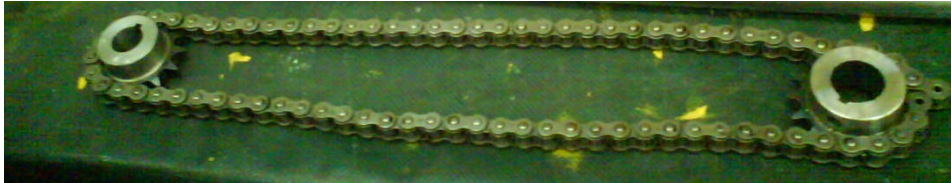


Figura 36-Cadena Y Catarinas

4. Acoplamiento de las Catarinas a sus respectivos ejes con ayuda de los cuñeros²³.



Figura 37- Catarinas

5. Ensamble de cadena

A continuación se presenta el proceso simplificado dentro de un diagrama de flujo.

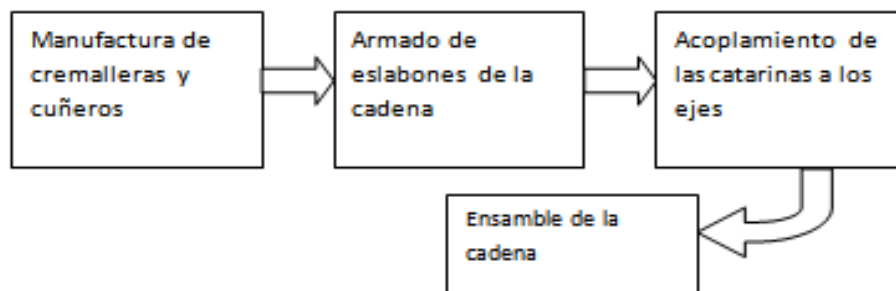


Figura 38-Proceso Transmisión

²³La Catarina motriz no fue instalada debido a la falta de motor.

2.3.- FRENOS

2.3.1-DETERMINACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS

a) Determinación de los requerimientos

Para el cálculo de freno se basará en los requerimientos del Reglamento de la competencia FÓRMULA ELECTRATÓN EXPERIMENTAL

Sistema Hidráulico capaz de frenar el movimiento del auto

Debe de ser capaz de frenar el menor tiempo posible

Debe de tener por lo menos un freno en un eje

b) Fijaciones de metas de diseño

El vehículos deberán tener frenos hidráulicos en por lo menos un eje, capaces de detener completamente al vehículo cuando éste viaje a 30 km/h, en un tiempo máximo de 3 segundos sin perder su trayectoria.

2.3.2 ANÁLISIS DE LOS FRENOS:

Todos los vehículos deberán tener frenos mecánicos o hidráulicos en por lo menos un eje, capaces de detener completamente al vehículo cuando éste viaje a 30 km/h, en un tiempo máximo de 3 segundos sin perder su trayectoria.

Para iniciar el calculo del sistema de frenos necesitamos conocer la fuerza aplicada sobre el pedal del freno, es decir la fuerza ejercida por el conductor, esta fuerza en promedio es de $F_{\text{conductor}}=10 \text{ kgf}=980\text{N}$, con este dato lo siguiente sera calcular la fuerza transmitida debido a que se tiene un brazo de palanca como se muestra en la figura que indica tanto la posición de la carga aplicada por el conductor como la ubicación del cilindro maestro (bomba freno):

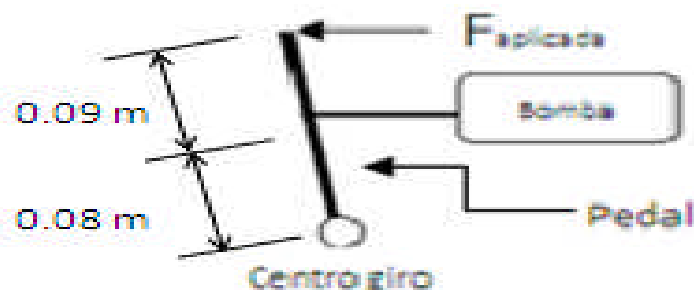


Figura 39.- Fuerza aplicada en el pedal y a la salida de la bomba

Para encontrar el valor de la fuerza que realmente se esta aplicando en el cilindro maestro se aplico lo siguiente ecuación:

$$F_{cil.maestro} = \frac{(980N)(0.09m)}{0.08m} = 110.25N$$

Para poder seguir realizando el cálculo del freno es necesario mencionar las características de los elementos que lo integran como se muestra (cabe mencionar que los datos mostrados en la tabla son proporcionados por el fabricante de dichos componentes que en este caso es Tokico):

Elemento	Diámetro (m)	Área (m²)
Cilindro maestro	0.014	1.53938x10 ⁻⁴
Cilindro del caliper	0.029	6.60519x10 ⁻⁴
Elementos friccionantes	0	2.2425x10 ⁻³

Tabla 11.- Características del pistón

Continuando con el cálculo lo siguiente es obtener el valor de presión que se aplica en el cilindro maestro $P_{cil.maestro}$ provocada por $F_{cil.maestro}$ se obtiene dicha presión aplicando la siguiente ecuación como se muestra:

$$P_{cil.maestro} = \frac{F_{cil.maestro}}{A_{cil.maestro}} = \frac{110.25N}{\frac{\pi(0.014m)^2}{4}} = 716.1972KPa$$

La presión que se obtiene nos servirá para calcular la presión a la cual se encuentra sometido el sistema de frenos es decir a la salida del caliper, para esto se aplicaron las siguientes ecuaciones:

$$F_{sistema} = P_{cil.maestro} A_{cil.caliper}$$

Debido a que el caliper empleado cuenta con 2 cilindros para la aplicación de la presión esta fuerza es directamente afectada por el numero de cilindros por lo tanto obtenemos:

$$F_{sistema} = 2(P_{cil.maestro} A_{cil.caliper})$$

$$P_{sistema} = \frac{F_{sistema}}{A_{elementos\ friccionantes}}$$

Sustituyendo los valores correspondientes tenemos:

$$F_{sistema} = 2(P_{cil.maestro} A_{cil.caliper}) = 2(716.1972 KPa)(6.60519 \times 10^{-4} m^2) = 946.1249 N$$

$$P_{sistema} = \frac{F_{sistema}}{A_{elementos\ friccionantes}} = \frac{946.1249 N}{2.2425 \times 10^{-3} m^2} = 421.906 KPa$$

Con este resultado de $P_{sistema}$ se encontrara el momento que se esta aplicando al disco, el cual esta definido como sigue:

$$M = \frac{1}{2} n f P (\theta_2 - \theta_1) (r_2^3 - r_1^3)$$

Donde :

n = numero de superficies friccionantes

f = Coeficiente de fricción

P = Presión aplicada al sistema

θ_1 y θ_2 = Posición angular de superficies friccionantes

r_1 y r_2 = Posición radial de superficies friccionantes

Para nuestro caso contamos con los siguientes datos:

$$n = 2$$

$$f = 0.3$$

$$P_{sistema} = 421.906 KPa$$

A continuación se muestra la posición de los elementos friccionantes con respecto al disco:

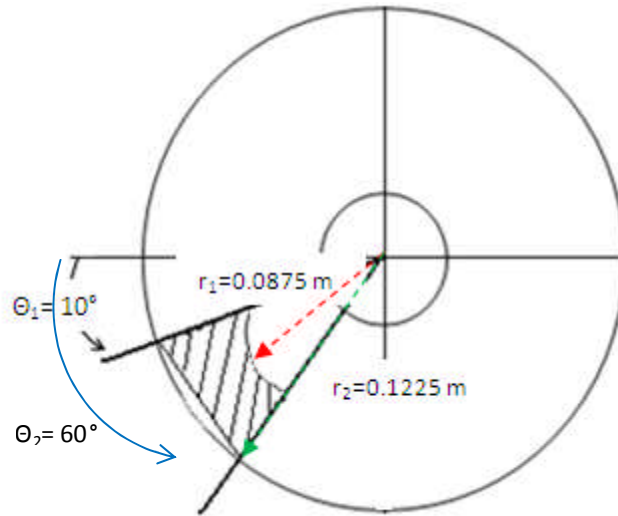


Figura 40- Geometría de disco y balatas

Tomando en cuenta las características geométricas utilizaremos la ecuación para el momento sustituyendo valores:

$$M = \frac{1}{2}(2)(0.3)(421.906 \text{ KPa})\left(\frac{60^\circ\pi}{180} - \frac{10^\circ\pi}{180}\right)(0.1225^3 - 0.0875^3) = 128.118 \text{ Nm}$$

Por lo tanto, la fuerza de frenada por cada rueda (rodada 16 plg. Equivalente al diámetro de la rueda (b))

$$\text{Donde: } b = \frac{\text{diámetro rueda}}{2} = \frac{16 \text{ plg}}{2} = 8 \text{ plg} = 0.2032 \text{ m}$$

Sustituyendo en la ecuación para la fuerza de frenado por rueda:

$$F_{\text{frenada / rueda}} = \frac{M}{b} = \frac{128.118 \text{ Nm}}{0.2032 \text{ m}} = 630.501 \text{ N}$$

Como el freno esta parando a las dos ruedas traseras se tiene la fuerza total de frenado es:

$$F_{\text{frenado total}} = 2 * F_{\text{frenada / rueda}} = 1266.61 \text{ N}$$

Tiempo de frenado

En base al reglamento de competencia durante el escrutinio se realizara pruebas de frenado a una Velocidad 30 km/h=8.33 m/s y frenar en un tiempo de t=3seg.

Sabemos que:

$$F = m * a \therefore a = \frac{F}{m}$$

donde :

a = aceleración de la gravedad

m = masa del vehiculo

Sustituyendo los valores correspondientes tenemos:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{1266.61N}{140Kg} = 9.047m/s^2$$

Si conocemos que: $a = \frac{\Delta V}{\Delta t} \therefore \Delta t = \frac{\Delta V}{a}$

Sustituyendo:

$$\Delta t = \frac{\Delta V}{a} = \frac{8.333m/s}{9.047m/s^2} = 0.921seg \approx 1seg$$

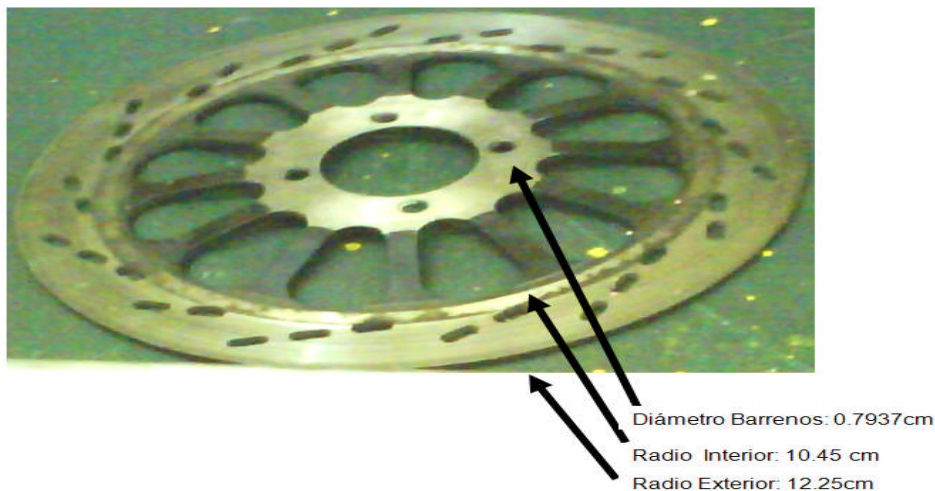


Figura 41- Modelo Físico Freno

69



2.3.4.- PROCESO DE INSTALACIÓN

1. Fabricación del pedal del freno
2. Ensamblar pedal y bomba



Figura 42- Pedal

3. Soldar el pedal y la bomba a la estructura



Figura 43-Pedal y Bomba

4. Soldar la base del caliper
5. Fijar el caliper a su base
6. Manufacturar las masas para fijar el disco al eje.
7. Fija el disco de freno al eje trasero



Figura 44-Freno de Disco

8. Instalación de la manguera

A continuación se presenta el proceso simplificado dentro de un diagrama de flujo.

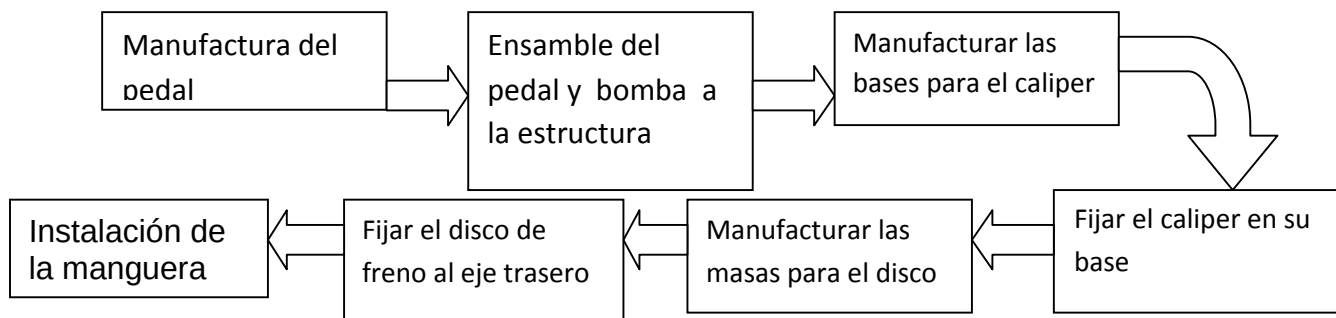


Figura 45-Proceso Freno

2.4.-SISTEMA ELÉCTRICO.

En este apartado se seleccionaron los componentes del sistema eléctrico para el vehículo, no se ahonda mucho en lo referente al cálculo del sistema ya que se adquirió un kit²⁴ que ya considera el calibre de los cables así como el controlador requerido para el motor seleccionado, también cabe hacer mención que el proveedor no ha surtido el kit debido a la escases de componentes por lo que aun no se presentan avances en la instalación del sistema.

2.4.1- REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

- El motor debe tener una potencia de por lo menos 2-3 hp a 24 volts y de preferencia debe trabajar en un rango entre 12-48 volts
- Las baterías (2)²⁵ deben permitir un amplio rango de trabajo, es decir deben soportar como mínimo 1 hora sin necesidad de ser recargadas
- El potenciómetro de preferencia debe ser manual ya que se desea implantar el sistema en el volante del vehículo

2.4.2- DEFINICIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA

A continuación presentaremos una analogía entre el funcionamiento de un motor de combustión interna y uno eléctrico, lo anterior con la finalidad de definir los componentes necesarios o más relevantes para el funcionamiento del sistema eléctrico

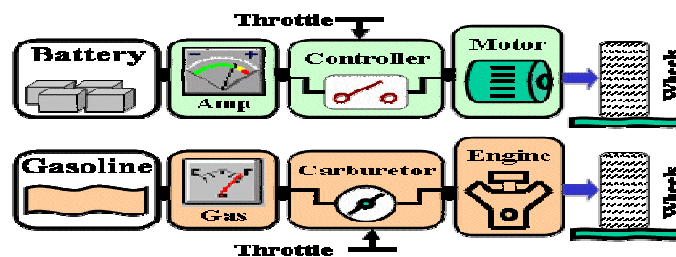


Figura 46-Comparativa

²⁴ Este se adquirió en la página www.electronicvehicleusa.com

²⁵ Se utilizaran 2 baterías debido a que solo así se cumple con la restricción de no exceder 45 kg de peso de baterías.

- Baterías

Proporcionan la energía necesaria para que el motor pueda generar la potencia y RPM requeridas.

- Controlador

El controlador electrónico de un motor de CD interpreta la señal del usuario (a través del pedal del potenciómetro) y modula la potencia proporcionada por la batería hacia el motor eléctrico.

Así como la señal de potencia es incrementada, la salida hacia el control del motor incrementa lo que también incrementa la velocidad o torque del motor.

- Potenciómetro

Este elemento sirve como sensor de la acción de mando del conductor y brinda una respuesta lineal la cual es procesada por el controlador.

- Motor CD.

Es el elemento que brinda la potencia o torque necesario para el movimiento del vehículo.

2.4.3.-CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPONENTES

Al realizar un análisis decidimos utilizar los siguientes componentes para garantizar el cumplimiento de los requerimientos de diseño, a continuación se ilustran los mismos junto con sus características:

- Baterías

Voltaje	12 Voltios
Peso húmedo	22.82 kg
Material caja y tapa	Polipropileno
Capacidad de arranque en frío a -18° C	850 Amperios
Capacidad de Arranque 0°C	1062 Amperios
Aplicación Fotovoltaica (AH)	88 Ampere-Hora
Capacidad reserva	150 Minutos
Polaridad (postes al frente)	(-)/(+)
Largo	362 mm
Ancho	175 mm
Alto	176 mm



Figura 47- Baterías

- Motor

Motor, D&D ES-80A 12-48 VDC 4+ HP

Specifications:

12-48 Volts
20 HP peak
Weight: 38.0 lbs
7/8" Keyed Shaft
6.7" Diameter
8.58" Long

Ratings:

12 Volt S2-60 Minute Rating: .85 HP, 95 Amps, 750 RPM

24 Volt S2-60 Minute Rating 2.94 HP, 110 Amps, 1080 RPM

36 Volt S2-60 Minute Rating: 2.8 HP, 75 Amps, 3625 RPM



Figura 48- Motor

- Controlador y potenciómetro

Controller, Alltrax NPX4834 Non-Programmable



Especificaciones:

24-48 Volts

1000 amps

non-programmable

Throttle Thumb 0-5K AWI-5K



Figura 49- Controlador y potenciómetro

CAPÍTULO III

AERODINÁMICA DEL VEHÍCULO

3.1.- DISEÑO DE LA GEOMETRÍA

Dentro del reglamento del concurso se contempla el uso de una carrocería principalmente con usos publicitarios para los promotores del mismo, sin embargo a nuestro parecer esta representa una gran oportunidad para volver más eficiente al vehículo reduciendo considerablemente la resistencia al avance del mismo, además de contribuir a su estabilidad en el curvado al generar una fuerza de sustentación negativa. Basados en lo anterior es que decidimos realizar un análisis para obtener las características antes mencionadas.

3.1.1.- REQUERIMIENTOS Y METAS DE DISEÑO:

Para el diseño de la geometría de la carrocería el primer paso fue establecer los requerimientos que debe cumplir la misma, siendo los mismos:

- Funcionar como una superficie generadora de “downforce”²⁶
- Disminuir la resistencia al avance del vehículo
- Cubrir las baterías y los pies del piloto

Al analizar los requerimientos consideramos que la relevancia de cada uno de los mismos era muy alta por lo que llegamos a la conclusión que las metas de diseño debían satisfacer a todos los requerimientos anteriores, además de anexar algunos puntos por lo que al final las metas de diseño son las siguientes:

1. La carrocería debe generar un campo de presiones positivo en el extradós y negativo en el intradós de su borde de ataque de modo que se garantice que la misma está funcionando como una superficie generadora de downforce.

²⁶ Ver glosario de términos

2. Se debe dimensionar de un modo tal que funcione como protección de las baterías y pies del piloto, además de permitir el libre funcionamiento de sistemas clave como el de dirección y freno.

Creación de la geometría:

Para la creación de la geometría partimos de la forma de un perfil de alto levantamiento a baja velocidad, siendo más específicos hicimos uso del NASA-LANGLEY LS(1)-0417 (GA(W)-1)²⁷, tomando en consideración que nosotros buscamos que nuestra superficie genere una fuerza de sustentación negativa invertimos el mismo²⁸ (ver imagen).

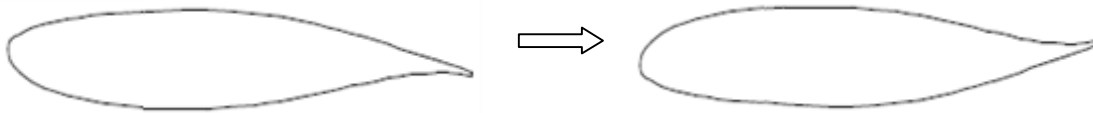


Figura 50- Inversión

Posteriormente modificamos la geometría del perfil, para generar las protecciones de las baterías de las cuales se hizo mención en las metas de diseño, para realizar esto solo se escalo el perfil hasta que un punto anterior a su borde de ataque tuvo una altura de 45 cm, restando solo colocar las protecciones de 20 cm por lo que el resultado obtenido fue el siguiente:

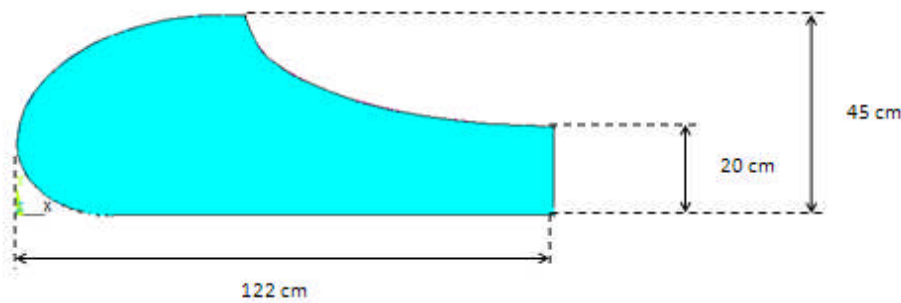


Figura 51- Perfil Carrocería

²⁷ Ver polar en el Marco Teórico

²⁸ Recomendación realizada en el libro Aerodinámica del automóvil de competición de Simon McBeath

3.2.-ANÁLISIS DE FLUJO POR MEDIO DEL SOFTWARE ANSYS.

En este apartado realizaremos el análisis de flujo sobre la carrocería, solo se considerara el perfil de la misma ya que la carrocería es en si este, solo que con un alargamiento definido de 86 cm mientras que en el análisis el alargamiento seria infinito sin que lo anterior represente un rango de error muy grande en la precisión del estudio ya que este además solo busca ser ilustrativo del comportamiento de los vectores de velocidad y la presión existente en la carrocería, este estudio contempla la velocidad promedio del automóvil que es de 55km/hr ó 15.28m/s debido a la baja velocidad el análisis es considerado laminar, el análisis se realizo empleando el elemento para el análisis de fluidos en 2-D (FLUID 141), para activarlo en el software ANSYS deberá de realizar lo siguiente:

1. Menú Principal> Preferences> Activar el filtro "FLOTTRAN CFD"> OK
2. Menu Principal> Preprocessor> Element Type> Add/Edit/Delete> Adicione un tipo de elemento> Escoge "FLOTTRAN CFD" > Escoge "2D FLOTTRAN" con el elemento (FLUID141)> Ok> Close.

Se obtuvieron el campo vectorial de velocidades y el campo de distribución de la presión total ($P_T = q + P_E$) alrededor de la carrocería.

Con los puntos que definen la forma de la carrocería se trazaron las curvas que la definen en el plano (x-y).

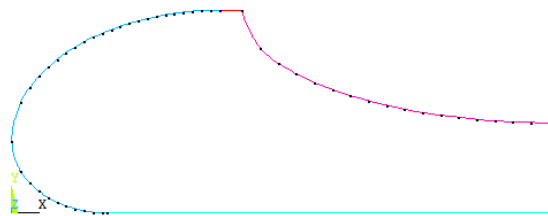


Figura 52- Modelado

Las líneas que definen la geometría se convierten en áreas:

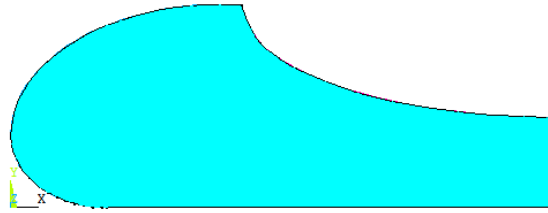


Figura 53- Creación Área

Para realizar la prueba de flujo se empleo un túnel bidimensional que simula la sección de prueba de un túnel de viento este se considero teniendo en cuenta las dimensiones del modelo:

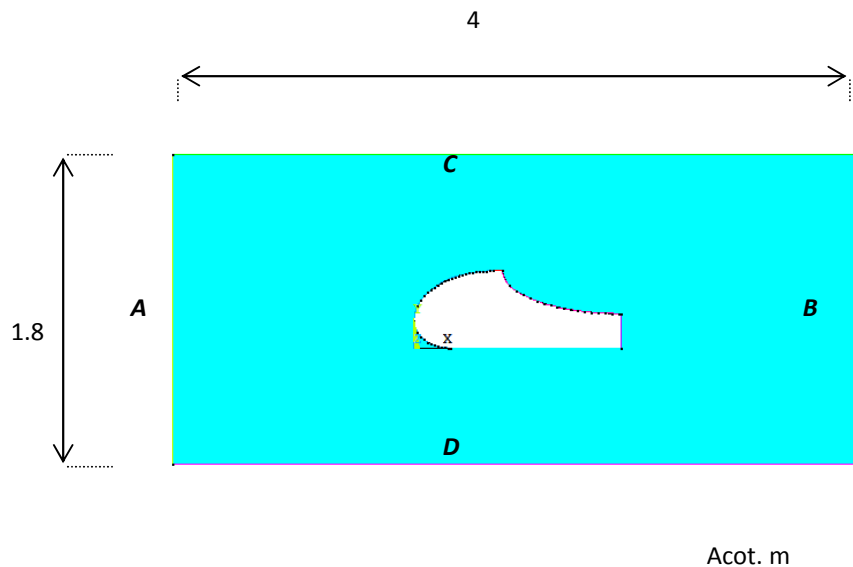


Figura 54- Sustracción

Creación de la Malla.

La malla utilizada en el análisis es libre formando cuadriláteros, las líneas de entrada y salida del túnel de viento tienen 50 divisiones, con una relación de espacio de -2 para producir elementos más pequeños al final de las líneas. La pared superior e inferior se contempló con 200 divisiones con una relación de espacio de 1. A continuación se muestra la malla aplicada para la prueba:

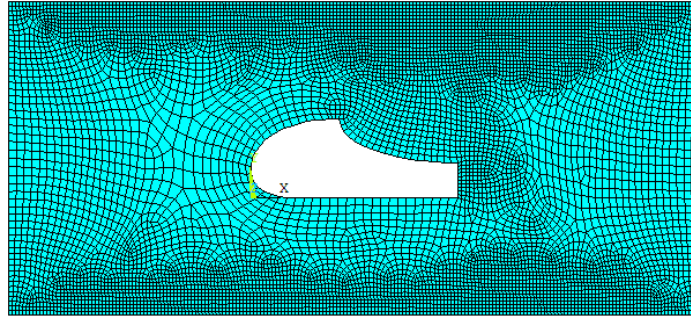


Figura 55- Mallado

Condiciones de frontera.

Para la pared vertical del túnel **A** se tiene:

$$V_x = 15.28 \text{ m/s}$$

$$V_y = 0$$

Las paredes horizontales del túnel **C** y **D**, así como el contorno de la carrocería tienen como condiciones:

$$V_x = 0$$

$$V_y = 0$$

La pared vertical del túnel **B** tiene como condición:

$$\text{Presión} = 0$$

Nota. Debido a que las dimensiones empleadas en el modelado de la carrocería y la concepción del túnel de viento son los metros, las propiedades utilizadas son las de AIR-SI; con ellas la velocidad y la presión tienen unidades de m/s y Pa respectivamente.

3.3.-ANALISIS DE RESULTADOS

Vectores de Velocidad:

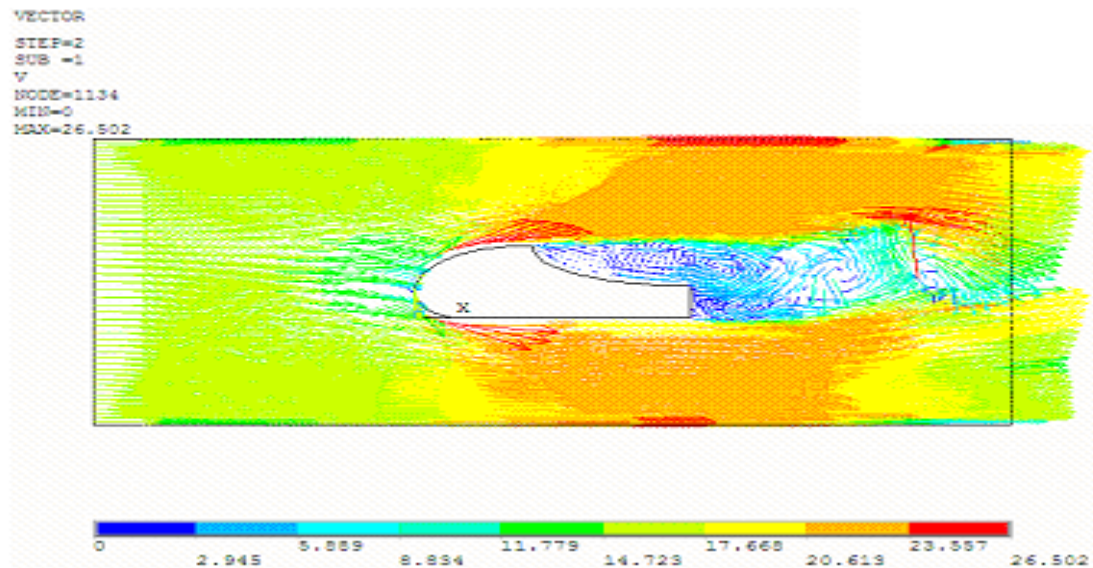


Figura 56- Velocidad

De los vectores de velocidad es observable que la carrocería diseñada dirige las partículas de aire acelerándolas hasta una velocidad de $26.5 \text{ m/s} = 95 \text{ km/h}$ al final de su punta lo que reduce la zona de flujo desprendido en la parte trasera del auto, esto se traduce en una menor resistencia al avance del mismo.

Campo de Presiones:

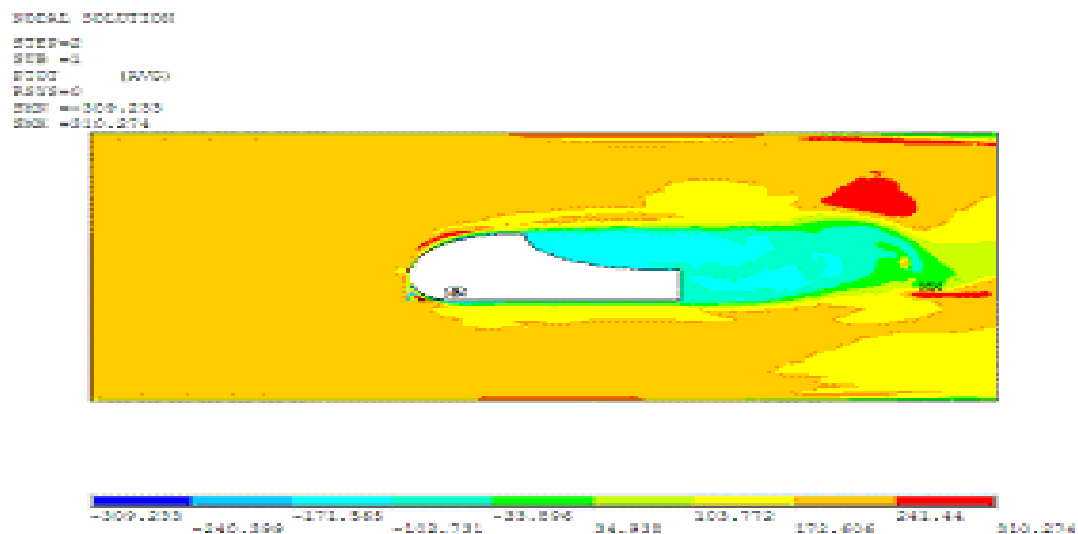
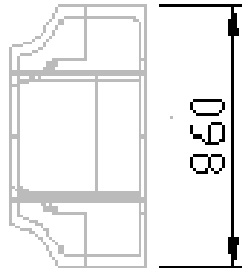
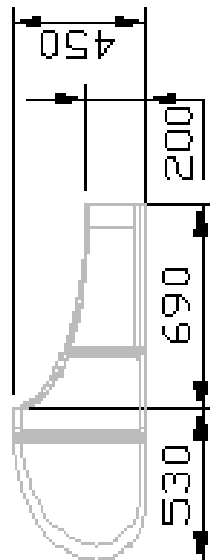
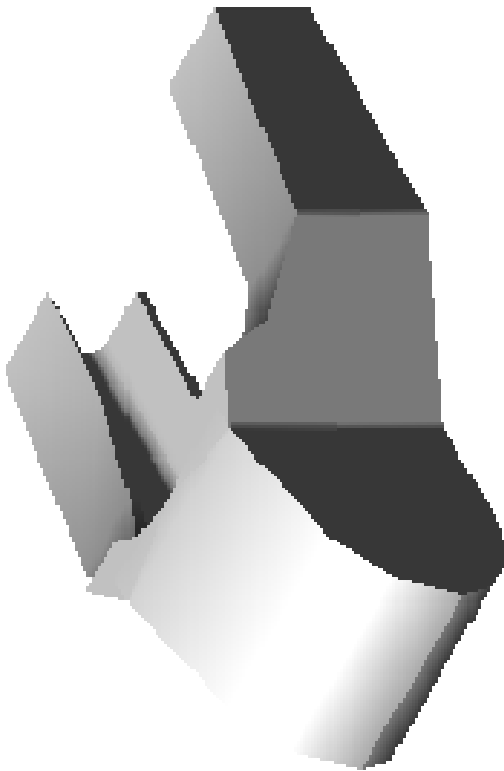
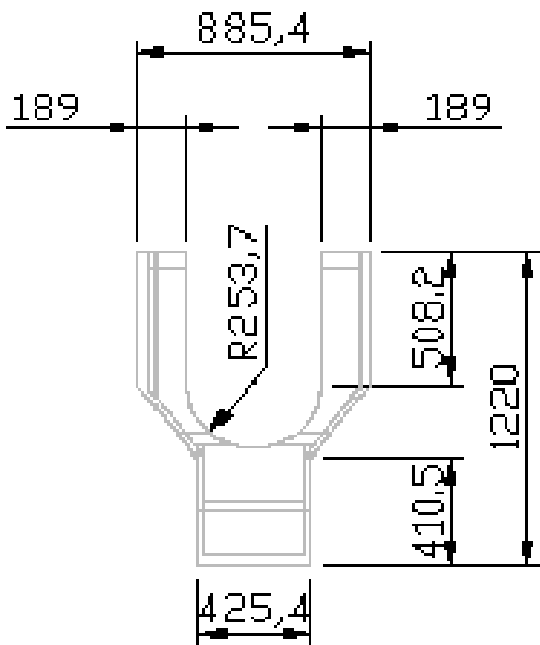


Figura 57- Presiones

Del campo de presiones se observa la presencia de una presión negativa tanto en la parte superior como en la inferior de la carrocería, sin embargo esta es más notoria en la parte inferior donde alcanza un valor máximo de -309.233 Pa ; estos resultados representan que se logro el objetivo de instalar una carrocería al auto, haciendo que esta genere una fuerza de succión que haga que el auto experimente una fuerza que lo dirige hacia el suelo (dicha fuerza se traduce en una mayor estabilidad).

3.4.- DISEÑO A DETALLE.



Electrificación SANI	Proyecto de Ingeniería		Ingeniería Ambiental	
	Realizado por	Aprobado por	Fecha de entrega	Exce.
	ESTUDIOS DE INGENIERIA		NO	28/06/2018
	Carr ocera			
	Plano General			

3.5.-CONSTRUCCION

El material que decidimos usar para la construcción de la carrocería fue la fibra de vidrio²⁹ esto debido a su buena resistencia y bajo peso (σ/ρ), lo anterior esta fundamentado en el hecho que las cargas a las que estará sometida no son demasiado altas en parte debido a que gran cantidad de la magnitud de las mismas es transmitida a la estructura.

Proceso de Manufactura de la carrocería.

Para realizar la manufactura de la carrocería se definió el siguiente proceso:

1. Se fabricaron 4 plantillas (2 laterales y 2 superiores) para facilitar el uso del cortador de hilo caliente.
2. Colocamos las plantillas sobre un bloque de unicel y posteriormente cortamos con el hilo caliente, primero se corto haciendo uso de las plantillas superiores y posteriormente de las laterales.
3. El siguiente paso consiste en aplicar sobre el modelo de unicel una capa de película desmoldante.
4. Ahora aplicamos 2 capas de fibra de vidrio sobre el modelo , cabe destacar que por cada kilo de fibra de vidrio se requiere 66% kilo de resina y .05% de catalizador
5. Como antepenúltimo paso desmoldamos la pieza de fibra de vidrio
6. Pintado de la carrocería
7. Fijado en la estructura

A continuación se presenta el proceso simplificado dentro de un diagrama de flujo

²⁹ En este caso se utilizo petatillo (fibra) y resina epoxi (matriz)

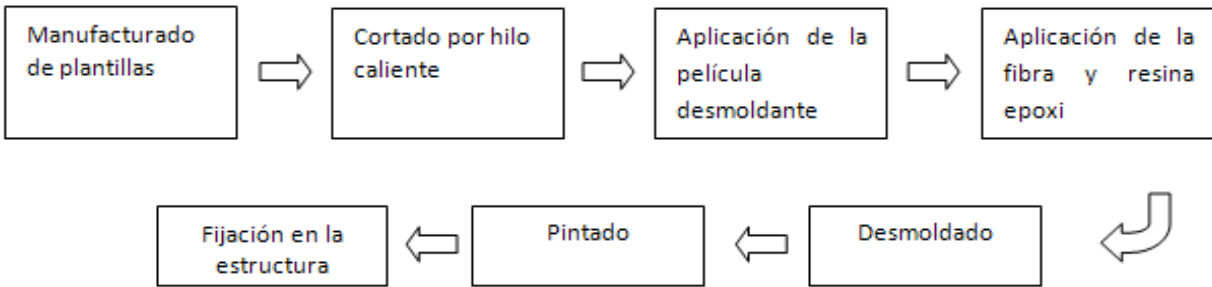


Figura 58- Proceso Carrocería

Manufacturado de plantillas



Figura 59- Plantillas

Cortado por hilo caliente



Figura 60-Cortado

Aplicación película desmoldante



Figura 61-Desmoldante

Aplicación de la fibra de vidrio y resina epoxi



Figura 62- Fibra

Desmoldado



Figura 58- Desmoldado

Pintado



Figura 64- Pintado

Ensamble



Figura 58- Ensamble

ANEXO 1

REGLAMENTO DE COMPETENCIA

Fórmula Electrón Experimental (F/Ex)

CONTENIDO

I INTRODUCCIÓN

II REGLAMENTO DE DISEÑO

1. Sistema Eléctrico.
2. Chasis.
3. Sistema Mecánico.
4. Números del Vehículo y Publicidad en la Carrocería.
5. Otros Vehículos

1. Reglas Suplementarias.
2. Reglas de Pista.
3. Renovación de vehículos.

I. INTRODUCCIÓN

El reglamento de diseño que a continuación se expone, se presenta como directriz para aquellos que diseñen vehículos de competencia ELECTRATÓN FÓRMULA EXPERIMENTAL (F/Ex), bajo reglas que han sido creadas para la seguridad de Participantes y espectadores.

Electrón México mediante la categoría Fórmula Electrón Experimental (F/ex), tiene como objetivo primordial el estimular la creatividad y la originalidad en el desarrollo de los prototipos, pero es fundamental el respetar al pie de la letra las reglas de seguridad y manufactura que se presentarán a continuación.

II. REGLAMENTO DE DISEÑO

1. Sistema Eléctrico

1.1 BATERÍAS

1.1.1 Las baterías deberán ser de tipo comercial, recargables, de plomo-ácido y no podrán ser modificadas para incrementar su desempeño.

1.1.2 El peso máximo permitido para el banco de baterías es de 45kg.

1.1.3 Las baterías deberán estar totalmente contenidas dentro de una caja de un material resistente al ácido sulfúrico y no conductor de electricidad, la cual deberá sujetarse firmemente a la estructura del vehículo, siendo capaz de retener el ácido de las baterías en caso de accidente (volcadura o colisión). La caja de las baterías deberá tener un letrero de 15x15 cm con la leyenda "Precaución Ácido Corrosivo". En caso de manejar voltajes superiores a 40 volts, se deberá además, tener un letrero que enuncie "Peligro Alto Voltaje".

1.1.4 La caja de baterías debe tener ventilación para evitar la acumulación de vapores de hidrógeno. Esta ventilación debe ser tal que no se corra el riesgo de que, en caso de un derrame de ácido sulfúrico, éste haga contacto con el piloto.

1.1.5 El vehículo deberá usar las mismas baterías durante toda la competencia.

1.1.6 Las baterías únicamente podrán ser recargadas antes o al final de la carrera, pero nunca durante la misma. El frenado regenerativo y sistemas fotovoltaicos integrados al vehículo son las únicas formas permitidas de recarga de baterías durante la carrera. Las baterías serán revisadas y marcadas por los oficiales antes de cada competencia.

1.2. CELDAS SOLARES

1.2.1 Se permite colocar sobre el vehículo un metro cuadrado de celdas solares (captación fotovoltaica). Las celdas deberán estar montadas sobre la carrocería de tal manera que no sobresalgan de ésta, generando apéndices o salientes que pongan en riesgo al resto de los vehículos o personal de apoyo en la pista o pits.

1.3. BATERÍAS SUPLEMENTARIAS

1.3.1 Se consideran baterías suplementarias aquellas utilizadas únicamente para radios e instrumentación. Estas baterías son reemplazables en cualquier momento, su peso no está restringido y deberán estar conectadas de tal manera que NO AYUDEN A LA PROPULSIÓN.

Se entenderá por la palabra "instrumentación" toda herramienta que sirva para obtener datos de medición, tales como: amperímetros, sistemas de telemetría, indicadores de estado, etc.

Se entenderá por la palabra "propulsión" a la acción que cause impulso, que empuje hacia adelante.

1.4. CALIBRES DE CABLE

1.4.1 La especificación del calibre de los cables de potencia que conectarán a las baterías con el controlador y el motor, deberá estar determinado según las tablas NEC (National Electrical Code) para la corriente esperada. Las tablas NEC son tablas de estándares que se manejan mundialmente para la seguridad en la conducción eléctrica. Se pueden encontrar en cualquier libro de instalaciones electromecánicas o en tiendas de material eléctrico.

1.5. FUSIBLES E INTERRUPTORES

1.5.1 Todos los vehículos deberán tener un fusible y un interruptor eléctrico entre el controlador y la batería. El interruptor maestro deberá estar accesible tanto para el piloto como para cualquier persona de apoyo u oficial de pista, durante la carrera.

1.5.2 Fusible principal.- Todos los vehículos deberán tener un fusible de capacidad no mayor a 150% de la máxima corriente esperada. (se sugiere utilizar el fusible recomendado por el fabricante de los componentes electrónicos del vehículo) El fusible deberá estar conectado en serie con el banco de baterías, en la terminal positiva, sin que haya ningún otro componente entre ellos. Como fusible principal no está permitido utilizar interruptores termomagnéticos.

1.5.3 Interruptor principal o Maestro.- Todos los vehículos deberán tener un interruptor principal capaz de interrumpir a plena carga cualquier suministro de corriente al motor. Éste debe estar accesible tanto al piloto como a una persona en el exterior del vehículo. Este interruptor deberá estar marcado con un triángulo equilátero (de mínimo 10 cm. por lado), color amarillo, de contorno negro y con un rayo rojo en el centro.

1.6. ACELERADOR

1.6.1 El mecanismo del acelerador debe ser tal que, al soltarse, regrese a la posición cero, en la cual no deberá suministrar corriente al motor.

1.7. AISLAMIENTO DEL CHASIS

1.7.1 El chasis deberá estar totalmente aislado eléctricamente. Todas las conexiones deberán estar sujetas firmemente para evitar que se liberen y puedan tocar el chasis o causar una descarga eléctrica.

2 Chasis

Las Instituciones Educativas y escuderías particulares deberán diseñar y fabricar su propio chasis, mismo que tendrá un tiempo autorizado de uso de dos años.
a). Las universidades y escuderías particulares podrán hacer usar un chasis comercial o

de segunda mano solamente durante su primer año en el campeonato.
b). Las Preparatorias podrán hacer uso continuo de chasis comerciales o de segunda mano.

Cada participante será responsable de mandar fotografías del proceso de construcción de cada auto.

2.1. DIMENSIONES

2.1.1 La longitud máxima de un vehículo Electrathon es de 2500mm; el ancho máximo es de 1500mm. y la altura deberá respetar una longitud máxima de 1000mm

2.2. PROTECCIÓN CONTRA CHOQUES

2.2.1 Todos los vehículos deberán tener miembros estructurales y acojinamientos que protejan al conductor en caso de volcaduras o de colisiones frontales, laterales o posteriores. El grosor mínimo de tales miembros estructurales no deberá ser menor al diámetro de un tubo cilíndrico de 3/4" (19.00mm), respetando las siguientes especificaciones mínimas:

- si el tubo es de acero dulce, calibre 16 (1.62 mm);
- si el tubo es de acero al cromo molibdeno 4130, calibre 1.4 mm;
- si el tubo es de aluminio, calibre 12 ó cédula 40 (2.1 mm).

Nota: En caso de que se utilice un tubo de sección cuadrangular, las especificaciones deberán respetar las mismas condiciones de resistencia indicadas para los tubos de sección cilíndrica.

2.2.2 Los materiales que no se encuentren considerados en la lista anterior, serán permitidos a discreción de los representantes del evento y siempre y cuando aprueben satisfactoriamente las evaluaciones previas al campeonato.

2.2.3 El comité organizador de Electrathon México se reserva el derecho de ordenar cambios sobre el vehículo, en cualquier momento, para evitar poner en riesgo la seguridad del conductor o de cualquier participante del evento.

2.3. BARRA ENTRE CAJA DE BATERÍAS Y PILOTO

2.3.1 Deberá existir un miembro estructural entre la caja de baterías y el cuerpo del piloto. Tal miembro estructural deberá estar perfectamente sujeto a la estructura principal del chasis y deberá contemplar el nivel de resistencia similar o superior al del resto de la estructura.

2.4. BARRA ANTIVUELCO (ROLL BAR)

2.4.1 El punto más alto de la barra antivuelco debe sobrepasar en por lo menos 5 cm. de altura el casco del conductor; deberá estar colocada por detrás del piloto y sujeta al chasis con por lo menos cuatro puntos de anclaje.

2.4.2 Un barrenado de inspección de por lo menos 3/16 pulgadas de diámetro, debe ser hecho en un área no crítica de la barra antivuelco para facilitar la verificación del calibre del tubo.

2.4.3 Si se traza una línea imaginaria desde el punto más alto de la barra antivuelco, hasta la parte estructural delantera más alta del vehículo, ninguna parte del piloto, incluyendo las extremidades y el casco, debe interferir con esta línea. El volante del vehículo no debe ser considerado como parte estructural del vehículo ni límite superior de apoyo para la línea imaginaria.

2.4.4 La barra antivuelco deberá tener acojinamiento para prevenir que el conductor pueda lastimarse en caso de contacto contra la barra en un accidente. El acojinamiento debe tener 1/2"(12.00mm) de espesor como mínimo y deberá estar hecho de espuma de celdas cerradas. (Se recomienda usar espuma aislante para tuberías de celdas cerradas.)

2.4.5 Las barras antivuelco que sean construidas de materiales diferentes a los indicados anteriormente serán permitidas a discreción de los jueces. Los corredores deberán demostrar a los jueces la resistencia física del miembro estructural para que de protección contra volcaduras.

2.5. CABECERA DEL ASIENTO DEL PILOTO

2.5.1 Se podrá utilizar como cabecera del asiento del piloto, cualquier elemento que mantenga la cabeza del piloto por enfrente de la barra antivuelco en caso de un impacto.

2.5.2 La cabecera deberá estar diseñada para soportar un impacto posterior a no menos de 70 km/hr, para que sea capaz de evitar lesiones en el cuello de los conductores.

2.5.3 Deberá estar acojinada o de algún material que no sea rígido, para que el contacto con la cabeza sea confortable.

2.5.4 La posición y alineación con respecto a la espalda deberá respetar las regulaciones de ergonomía que se encuentran en los estándares de "Automotive Human Factors" emitidos por la SAE.

2.6. SUJETADORES DE EXTREMIDADES

2.6.1 Está permitido utilizar correas, mallas o tela para que en el caso de una volcadura y durante la competencia ni los brazos ni las piernas del piloto puedan salir del vehículo.

2.7 CINTURONES DE SEGURIDAD

2.7.1 Todos los vehículos deberán estar equipados con un cinturón de, por lo menos, tres puntos de sujeción (dos abajo y uno arriba). Las cintas deberán ser de especificaciones automotrices (cintas de polipropileno reforzado de 2"(25.4mm) de ancho).

2.7.2 La resistencia del cinturón deberán ser capaz de soportar el peso del vehículo completamente cargado.

2.7.3 Las cintas deberán estar sujetas a placas cuyos bordes estén redondeados y cuyo espesor mínimo sea de 1/8", con barrenos de 3/8" de diámetro. Estas placas deberán estar soldadas a la estructura, y sujetadas por medio de un tornillo de 3/8", grado 4 ó 6 con tuercas de seguridad.

2.7.4 Asegurarse de que el cinturón se encuentre sujeto a la estructura en su porción inferior, de tal manera que sus puntos de presión se apoyen directamente sobre los huesos de la cadera (pelvis) y no a la altura o por encima del ombligo.

2.7.5 El cinturón de seguridad debe de sostener al conductor para que no haga contacto con el suelo en caso de volcadura.

2.7.6 Se recomienda utilizar cinturones de 5 puntos de sujeción.

2.7.8 Para comprobar la seguridad del piloto en caso de emergencia, el sistema de abrochamiento de los cinturones de seguridad y las dimensiones del habitáculo del piloto, deberán estar diseñados para permitir que el conductor, teniendo todos los aditamentos de competencia puestos (casco, guantes, restrictores de extremidades, etc.), pueda salir del vehículo sin ayuda de algún asistente en un lapso máximo de veinte segundos o menos, incluyendo el tiempo para desabrochar cinturones de seguridad.

2.8 ESPEJOS Y VISIBILIDAD

2.8.1 Todos los vehículos deberán tener mínimo dos espejos retrovisores, uno a cada costado respectivamente. Si los espejos son cuadrados, sus dimensiones mínimas deben ser de 2" x 2" (25.4mm x 25.4mm), si son circulares, el diámetro mínimo permitido deberá ser de 2 1/2" (63.5mm).

2.8.2 Los espejos deberán estar sujetos perfectamente a la estructura para evitar que las vibraciones los muevan de su posición original. (este punto será severamente evaluado en los escrutinios).

2.8.3 El conductor deberá ser capaz de tener una visibilidad, sin obstrucciones, de por lo menos 270° hacia el frente, sin incluir la visibilidad de la pista vista por los espejos. La visibilidad obstruida por miembros estructurales tubulares del vehículo estará exenta de esta regla siempre y cuando, tales miembros no sobrepasen 2"(50.8mm) de grosor.

2.8.4 El conductor deberá ser capaz de ver un punto en el suelo que se encuentre a 2mts. de distancia por delante de la punta del vehículo.

2.9 PROTUBERANCIAS

2.9.1 Los vehículos no deberán tener protuberancias estructurales que sobresalgan de la forma básica del automóvil para evitar contactos riesgosos.

3. SISTEMA MECÁNICO

3.1 RUEDAS

3.1.1 El peso de los vehículos deberá estar apoyado en un mínimo de tres ruedas.

3.1.2 Las ruedas deberán ser lo suficientemente fuertes para someterse a las pruebas de escrutinio y competencia.

3.1.3 Las ruedas deberán estar cubiertas si existe la posibilidad de que el piloto tenga un contacto inadvertido con las ruedas.

3.2 EJES

3.2.1 Los ejes de las ruedas deberán estar contruidos en barra sólida de acero de grado (6 - 8), y deberán tener un diámetro no menor a 5/8" (15.87mm).

3.3 DIRECCIÓN

3.3.1 Un diámetro mínimo ha sido establecido para los componentes que forman la dirección con el fin de disminuir la probabilidad de fallas. Los brazos de dirección, los espárragos de las rótulas y los tornillos para sujetar todos los componentes de la dirección, deberán ser no más débiles que una barra de acero de 5/16" (7.93mm) de diámetro. El uso de espárragos de acero dulce no está permitido.

3.3.2 El giro de la dirección debe tener topes físicos que limiten su carrera para evitar un exceso de giro en las ruedas.

3.3.3 Todas las tuercas que sirvan como fijación de piezas móviles (tales como rótulas o ejes) deberán ser de seguridad. En caso de no conseguirlas, podrán utilizarse tuercas normales, siempre y cuando éstas estén alambradas con los tornillos o barras utilizados).

3.3.4 Los tornillos que sujetan el volante al poste de la dirección deben de quedar ocultos o tener cabeza de bola para proteger al piloto contra lesiones, tales tornillos deberán tener un diámetro mínimo de $\frac{1}{4}$ ", sujetos con tuercas de seguridad. No se permitirá un número menor a 4 tornillos de las especificaciones anteriores. Los diseñadores deberán asegurarse que la sujeción del volante a la flecha sea equivalente a la propuesta anteriormente, en caso de que su sistema de sujeción sea distinto.

3.3.5 Los pernos guía del conjunto de la dirección deberán estar hechos de un material tan resistente o más que una barra sólida de acero de $\frac{1}{2}$ " a $\frac{5}{8}$ ".

3.3.6 El sistema de dirección deberá estar diseñado para describir un radio mínimo de giro de 2 mts.

3.3.7 El vehículo debe ser capaz de esquivar diez conos espaciados 8 metros entre sí, en menos de 15 segundos (prueba de estabilidad). La velocidad más alta que se registre en esta prueba, determina el lugar en la parrilla de arranque de la carrera inicial.

3.4 FRENOS

3.4.1 Todos los vehículos deberán tener frenos mecánicos o hidráulicos en por lo menos un eje, capaces de detener completamente al vehículo cuando éste viaje a 30 km/hr, en un tiempo máximo de 3 segundos sin perder su trayectoria. Durante las pruebas de escrutinio, los jueces realizarán las pruebas de frenado efectivo.

Antes de cada competencia, los frenos serán revisados minuciosamente para detectar si hubieron alteraciones en la efectividad de los frenos. Los jueces de carrera aplicarán las sanciones correspondientes al incumplimiento del reglamento.

3.5 TRANSMISIÓN

3.5.1 Todas las partes móviles relacionadas al sistema de transmisión, como cadenas, engranes, cardanes, etc., deberán estar cubiertas, si existe el riesgo de que hagan contacto con el piloto, o con algún asistente dentro la pista, para evitar daños o lesiones.

Los jueces de escrutinio se reservan el derecho de pedir a los diseñadores de autos realizar las modificaciones pertinentes para evitar condiciones inseguras.

3.5.2 El motor eléctrico deberá estar sujeto con tornillos de un mínimo de $\frac{1}{4}$ " de diámetro, sujetos con tuercas de seguridad.

4. NÚMEROS DEL VEHÍCULO Y PUBLICIDAD EN LA CARROCERÍA

4.1 Un número específico será asignado al primero en solicitarlo. Usted podrá perder su número si deja de participar en un campeonato.

4.2 En el caso de un conflicto con los números, éste será resuelto por los jueces en la carrera. El número uno estará reservado para el campeón "Electratón México" de la temporada anterior.

4.3 Las calcomanías de los números serán proporcionados y colocados a criterio del comité organizador.

4.4 Cada vehículo deberá de tener sujeto un banderín rígido con forma rectangular por encima de la parte superior del roll bar en el cual se incluya el número del auto. Las medidas del banderín son: 28 cm de ancho x 22 cm de alto. En el banderín se deberá poner de los dos lados el número a dos dígitos asignado a su vehículo (Ej. 01, 02,10, 22,etc). Se requiere que el banderín tenga fondo blanco con números en negro. Los números deberán ser legibles, teniendo una altura de 16 cm. Queda en libertad la forma de sujeción y el material a usarse.

4.5 Cada vehículo deberá mostrar al frente del vehículo el número asignado de acuerdo a las dimensiones del inciso anterior.

4.6 La carrocería del vehículo Electratón debe dejar espacios de buena visibilidad para colocar las calcomanías de los patrocinadores del campeonato durante el tiempo especificado por Electratón México, Las calcomanías para estos logotipos serán proporcionadas por el comité organizador.

Los espacios reservados para logotipos de patrocinadores del evento deben tener las siguientes dimensiones:

En ambos lados del vehículo: un rectángulo de 40cm de base, por 30 cm. de altura. En la parte frontal del vehículo: un rectángulo de 30 cm. de base, por 20cm. de altura. O en su defecto el área equivalente a los espacios anteriores, distribuida por la carrocería.

4.7 Esta prohibido el patrocinio de bebidas alcohólicas y cigarreras.

5. Otros Vehículos

5.1 VEHÍCULOS INCLINABLES

5.1.1 Si el vehículo está articulado de tal manera que se incline, debe diseñarse de modo que mantenga su equilibrio a bajas velocidades o cuando esté estático, sin necesidad de que el piloto tenga contacto con el suelo o sin requerir que partes del cuerpo del piloto salgan del cuerpo principal del vehículo. Estos vehículos deberán

cumplir con todos los puntos anteriores de este reglamento. En caso de requerir más información, favor de referirse a los organizadores del evento Electrátón México www.electraton.org organización@electraton.org

NOTA: ESTAS REGLAS SON ABSOLUTAS Y NECESARIAS PARA PODER COMPETIR EN LOS EVENTOS DE ELECTRATÓN MÉXICO.

III. REGLAMENTO DE COMPETENCIA

1. Reglas Suplementarias

Los reglamentos siguientes rigen todos los eventos de competencia "Electrátón México". Los asuntos no cubiertos en estos reglamentos, o los sucesos que merezcan una atención excepcional, estarán sujetos a la discreción de la Organización Electrátón México.

1.1 Peso del Piloto.

El peso mínimo del piloto deberá ser de 70 kg. Todo piloto que pese menos deberá lastrarse utilizando un cinturón de buceo con sus respectivos plomos. Cada escudería es responsable de adquirir y traer el lastre correspondiente para cada piloto. Antes de cada carrera se pesará a cada piloto y se sellarán sus cinturones. Cabe señalar que no hay límite superior para el peso de los pilotos.

1.2. CASCOS, ROPA Y PROTECCIÓN DE OJOS

1.2.1 Todos los pilotos deberán usar cascos cerrados con aprobación "SNELL M" o "SNELL C". Los cascos se deben usar con las cintas de la barba correctamente aseguradas. Una etiqueta con el nombre del conductor, tipo de sangre, alergias, y la fecha de su última vacuna contra tétanos deberá estar adherida a la parte trasera del casco.

1.2.2 Los conductores deberán vestir ropa de algodón grueso, playeras de manga larga, pantalones largos, zapatos cerrados, guantes de piel con dedos cubiertos.

1.2.3 Los pilotos deben usar protección de ojos.

1.2.4 Durante las competencias, los integrantes de cada escudería deberán portar uniforme para que se distingan fácilmente del público y de otras escuderías.

1.3. INTOXICANTES

1.3.1 Todo participante (conductor, equipo, ayudantes, etc.) que sea sorprendido por algún miembro de la organización Electrátón México ingiriendo bebidas alcohólicas o drogas previo evento o durante el mismo, será merecedor de una severa penalización o expulsión permanente del Electrátón México. Esta restricción dejará de ser aplicable cuando termine la etapa de premiación de cada evento.

1.4 CONDICIÓN MÉDICA

1.4.1 El fallo del personal médico del evento, para determinar la aptitud médica del piloto para participar, será definitivo. El piloto no deberá correr si porta prótesis dentales o aditamentos que se pueda tragar. Se podrá someter a examen médico a cualquier piloto y en cualquier momento, a juicio de los oficiales.

1.5 RECHAZO A INSCRIPCIÓN Y DESCALIFICACIÓN

1.5.1 La Organización Electrátón México se reserva el derecho de rechazar una inscripción en cualquier momento, dando aviso al interesado según lo permitan las circunstancias.

1.5.2 La Organización Electrátón México se reserva el derecho de descalificar parcial o totalmente a alguna escudería que demuestre actitudes antideportivas o que pongan en riesgo la seguridad o la imagen del evento.

1.6 INSPECCIÓN TÉCNICA

1.6.1 Habrán minuciosas pruebas de calificación y escrutinio generales antes de cada campeonato y durante las carreras del mismo, la detección de incumplimientos al reglamento de construcción y competencia serán penalizados correspondientemente a la sección de penalizaciones de este reglamento. En caso de que suceda alguna acción antideportiva o suceso anormal que no se encuentre referida en este reglamento, se dejará al juicio de los organizadores del Electrátón México, la deliberación de la decisión final, sea esta una penalización o llamada de atención.

1.6.2 Además, de las pruebas de calificación y escrutinio pre-campeonato, todos los vehículos deben presentarse para la inspección técnica antes y al final de cada la competencia, los pilotos deberán permitir que sus vehículos sean inspeccionados. Sólo pilotos y capitanes de escuderías podrán estar durante las inspecciones técnicas.

1.6.3 Durante las pruebas de calificación y escrutinio, tanto generales como antes de cada competencia, sólo el piloto y el capitán del equipo deberán permanecer con el vehículo.

1.6.4 Los jueces de escrutinio pueden exigir pruebas extemporáneas en cualquier momento si lo creen necesario.

1.7 RESULTADOS

1.7.1 Después de cada competencia se anunciarán los resultados NO OFICIALES basados en el número de vueltas que dé cada vehículo. Los resultados oficiales tomarán en cuenta las penalizaciones y se informarán en un boletín posterior.

1.7.2 Queda estrictamente prohibido preguntar los resultados o datos particulares de cada vehículo, al comité cuenta vueltas durante las competencias.

1.8 SUMINISTROS

1.8.1 Herramientas, repuestos, lubricantes, corriente eléctrica y aire comprimido son responsabilidad del participante. Los participantes no pueden conectarse a suministros eléctricos de la pista, a menos que tengan permiso escrito del administrador de la pista.

1.9 EXTINGUIDOR Y NEUTRALIZADOR DE ÁCIDO

1.9.1 En los pits, cada escudería debe tener un extinguidor de fuego (polvo químico seco) y un galón de una solución concentrada de agua con bicarbonato de sodio para neutralizar el ácido de las baterías en caso de que éste se derrame.

1.10 PÉRDIDA DE EQUIPO

1.10.1 La Organización Electrón México o personas relacionadas con la operación de los eventos de "Electrón México" no se responsabilizan de ninguna pérdida o robo de cualquier cosa traída a las competencias.

1.11 INVITADOS

1.11.1 En los pits y dentro de la pista NO está permitida la presencia de invitados por parte de las escuderías. El incumplimiento de esta regla causará una penalización severa y La Organización Electrón México se deslindará por completo de la responsabilidad de cualquier accidente o problema ocasionado por alguna persona ajena a las escuderías o al personal organizador.

1.11.2 Todo invitado o personal ajeno a las escuderías u organizadores del evento Electrón México, deberá permanecer en las áreas destinadas para invitados.

1.11.3 Todo invitado queda exento de la regla número 28 de este reglamento.

1.12 MASCOTAS

1.12.1 Mascotas sin correa o jaula no serán permitidas en ningún momento dentro de la zona de pits o pistas. Las mascotas con correa deberán estar sujetas por un adulto a lo largo de la duración del evento.

1.13 PROTESTAS

1.13.1 Las protestas deberán ser llenadas los formatos que el comité organizador designe, y enviadas en un lapso no mayor a 24 horas posteriores a la carrera en la que sucedió el incidente protestado. Después de la publicación de los resultados oficiales se contará con 48 horas para cualquier protesta. Debrán ser enviadas vía correo electrónico a organización@electraton.com.mx , la protesta será analizada y resuelta en un plazo de 5 días hábiles.

1.13.2 Protestas que carezcan de pruebas consistentes o sin fundamento, serán ignoradas por el comité organizador.

1.13.3 Las protestas serán dirigidas a la Organización Electratón México, de una manera consistente y con lenguaje apropiado, de manera que no se pierda la idea fundamental de la protesta, citando hechos, momentos, y artículo del reglamento que violó y tratando explicar los argumentos de la manera más objetiva y profesional posible.

2. Reglas de Pista

Los eventos Electratón México involucran vehículos y pilotos de muchos niveles de desarrollo y habilidades. Esto requiere ejercicio de gran cuidado, prudencia y cortesía en el tráfico y rebases. El conductor y vehículo más lento tiene tanto derecho de estar en la pista como el más veloz. Todos los conductores se deben comportar de acuerdo a este principio.

2.1 BANDERAS

2.1.1 Las siguientes señales-banderas deberán ser obedecidas sin cuestionamiento:

VERDE: (Generalmente sólo se muestra en la línea de salida/meta). La bandera verde significa que "la competencia ha comenzado o re-iniciado". A partir del instante en que se baja la bandera verde, será válido el acto de rebasar.

ROJA: La bandera roja quiere decir "reduzca su velocidad y continúe con seguridad hasta pasar la meta, deteniéndose a un lado de la pista". Cuando una bandera roja se muestra en la línea de salida/meta, es indicación de que la carrera debe detenerse por alguna razón en específico que ponga en peligro la seguridad de los participantes. Los tableros de conteo y el orden de arranque se regresarán a como estaban en la última vuelta antes de la bandera roja.

AMARILLA: La bandera amarilla significa "PELIGRO, disminuya su velocidad y mantenga su posición (intervalo) respecto al vehículo de enfrente". No rebase sino hasta que la bandera amarilla desaparezca nuevamente. En el caso de vehículos Electratón F/ex, la bandera amarilla se respetará en la zona donde haya sido

levantada, funcionando como un indicador de precaución. (Por definición, disminuir la velocidad significa reducir la velocidad lo suficiente para hacer cualquier maniobra necesaria para esquivar lo que presente la situación; confirmar el señalamiento significa hacer entender a los ayudantes de pista por algún movimiento de cabeza o una señal con las manos, que se ha visto la bandera.)

AZUL: Al vehículo al que se le muestra la bandera azul se le indica que está por ser rebasado.

BLANCA: En la línea de salida/meta, la bandera blanca significa "última vuelta", y será presentada al vehículo que se encuentre liderando la competencia.
NEGRA: En la línea de salida/meta esta señal quiere decir "complete la vuelta en la que está; después abandone la carrera y diríjase a la zona de pits para consulta". Siempre se mostrará la bandera negra señalando al vehículo en cuestión.

NEGRA DIAGONAL BLANCA: En la línea de salida/meta, la bandera negra/blanca significa "precaución, usted está manejando de manera insegura o inapropiada; si continúa así le será aplicada bandera negra total". Esta bandera también se presenta señalando al vehículo en cuestión.

NEGRA CON CIRCULO NARANJA EN EL CENTRO (sólo en línea de salida/meta): Esta bandera significa que "hay algo mecánicamente mal en su vehículo. Diríjase a su "pit" a baja velocidad". Esta bandera también se presenta con el número del vehículo en cuestión.

A CUADROS: La bandera a cuadros significa que "ha concluido el evento (práctica, sesión, etc); complete una vuelta más con precaución, y vaya al área restringida, o repórtese al área de parque cerrado según sea requerido".

2.2 ARRANQUE

2.2.1 La parrilla de arranque en la primera competencia de un campeonato, estará determinada por el tiempo que cada vehículo hizo en las pruebas de estabilidad durante el escrutinio. Para las siguientes competencias, la parrilla de arranque estará determinada por la posición de llegada en la carrera anterior, de acuerdo con los resultados oficiales.

2.2.2 Para ser reconocido como vehículo que oficialmente arrancó, el vehículo debe recibir una bandera verde al inicio. Los autos que entren a la competencia después del arranque inicial serán considerados como que arrancaron.

- a. Arranque a auto parado: Este tipo de arranque es un arranque franco e inicia mostrándose la bandera verde en movimiento, y la carrera comienza inmediatamente.
- b. Arranque con vuelta de reconocimiento: Este tipo de arranque se decide en la junta de pilotos y capitanes previa a cada carrera, y sirve para que los pilotos reconozcan la pista. Inicialmente se muestra la bandera verde estática y tensa, los autos arrancan a

velocidad constante, respetando los intervalos de sus posiciones tal cual se acomodaron en la parrilla de salida sin rebasar, una vez completando una vuelta, en el momento que pasan por la línea de salida/meta, la bandera verde comienza a ondear, indicando que la carrera ha comenzado.

2.3 DERECHO DE VÍA / VEHÍCULO LENTO

2.3.1 Un vehículo en frente de otro tiene el derecho de vía, y no está obligado a ceder el paso al vehículo detrás de él. Sin embargo, si el vehículo de enfrente es claramente más lento que el que se aproxima, es asunto de deportivismo, que el lento ceda su derecho de vía al más rápido cuando lo pueda hacer y con seguridad. Si algún auto se desplaza a velocidad considerablemente más lenta que los demás, por causas de algún desperfecto o falta de energía, también tiene derecho a seguir participando, pero este auto deberá permanecer siempre orillado el carril externo de la pista y no podrá cortar curvas como los autos mas veloces, con el fin de no ocasionar accidentes o problemas a los autos que desarrollan una carrera mas competitiva. Los oficiales de pista y/u organizadores del evento, se reservan el derecho de pedir a algún auto lento que abandone la carrera si es que se encuentra comprometiendo la seguridad del evento.

2.4. REBASES

2.4.1 La responsabilidad de la decisión de rebasar a otro vehículo, además de la seguridad del rebase, recae en el vehículo que se aproxima; el vehículo a ser pasado debe dar espacio al que rebasa y el pase debe realizarse sin requerir que el conductor rebasado haga ninguna acción evasiva para evitar el contacto con el vehículo que pasa.

2.4.2 Es responsabilidad del vehículo alcanzado el mantener un curso consistente y predecible de viaje, de manera que el conductor que rebasa no encuentre su carril súbitamente invadido por el vehículo rebasado, resultando en un inevitable contacto de carrocerías. Es decir, al momento de ser mostrada la bandera azul, el vehículo de enfrente deberá mantener su trayectoria.

2.5 CONTACTO ENTRE VEHÍCULOS

2.5.1 El contacto entre vehículos es absolutamente contrario al espíritu de las competencias de vehículos eléctricos. El conductor que, a juicio de los oficiales, sea considerado como culpable en una situación de contacto por actitud antideportiva será penalizado, pudiendo quedar excluido de participar. Un conductor que, a juicio de los oficiales, haya hecho un contacto deliberado contactos repetidos o un contacto debido a una falta de cuidado o negligencia, será excluido de participar en el evento, y puede ser impedido de participar en futuras competencias por el período que se juzgue pertinente.

2.5.2 Una situación de competencia reñida (pique) entre competidores puede comprometer la seguridad del resto de los competidores y del evento, recordemos que todo auto tiene derecho de vía, y por ende tiene derecho a defender su liderazgo, pero cualquier circunstancia producida por algún pique entre competidores que ocasione algún conato de choque o situación insegura, deberá ser analizada por el oficial de pista involucrado, y será dictaminada como digna de penalización o no, a reserva de la decisión final del comité organizador.

2.6 VEHÍCULO DAÑADO

2.6.1 Todo vehículo que se salga accidentalmente de la pista con todas sus ruedas, o que haya sufrido algún daño durante el evento, deberá situarse en un lugar seguro donde no cause peligro a los demás competidores ni obstruya el flujo de la competencia. Ahí será inspeccionado por un oficial antes que se le permita regresar a la pista.

2.7 VEHÍCULO ESTÁTICO

2.7.1 Si un conductor se ve forzado a detener su vehículo en el circuito durante el evento, por causas de algún desperfecto o ajuste, es su obligación, tan pronto como sea posible, colocarlo de manera que no cause peligro u obstrucción. Esto deberá ser ubicado el vehículo totalmente fuera de la pista y dejando una distancia de 1.00 metro como mínimo entre las ruedas y la orilla de la pista.

2.8 AYUDA A VEHÍCULOS

2.8.1 La ayuda a un vehículo estático está limitada a dos personas por vehículo, quienes deberán llegar hasta su vehículo con suma precaución.

2.8.2 Se permitirán un máximo de dos personas por escudería para que revisen el comportamiento de su auto dentro de pista en todo momento. Estas personas deberán ser las más capaces para actuar en caso de que su vehículo tenga algún desperfecto, y deberán actuar con cautela y seguridad al momento de cruzar la pista para llegar a su vehículo en caso de descompostura.

2.8.3 Solo en caso de descompostura mayor o de retirar el vehículo de pista para llevarlo a pits, se permitirá la entrada a un mayor número de integrantes de la escudería, este acto se deberá llevarse a cabo bajo el permiso del oficial de pista correspondiente.

2.9 DIRECCIÓN DE LA PISTA

2.9.1 Está prohibido manejar, empujar o remolcar un vehículo en dirección opuesta a la establecida para el evento, ya sea en el circuito o en los "pits". A menos que la situación lo amerite y bajo consentimiento y permiso del oficial de pista

correspondiente.

Este acto deberá desarrollarse de la manera más rápida y bajo absoluto control de la seguridad.

2.10 MANEJO INSEGURO

2.10.1 A cualquier conductor que maneje de manera inapropiada y peligrosa, le será aplicada la bandera negra, y será llamado a detenerse en los "pits" para ser advertido, sacado del circuito, suspendido o amonestado para futuros eventos de Electratón México.

2.11 ACCIDENTES

2.11.1 Todos los accidentes serán investigados para saber si fueron causados por descuido o manejo negligente. El comité organizador se reservará el derecho de aplicar una penalización apropiada o no.

2.11.2 Todos los vehículos, sin excepción, durante su estancia en pits deberán estar levantados en una base sólida colocada debajo de las ruedas de tracción. Lo anterior para evitar que un accionamiento involuntario del tren motriz permita el movimiento repentino del vehículo y cause un accidente. Únicamente en el instante en que el piloto vaya a abordar el coche, la base podrá ser retirada. La base puede ser del material y la forma que cada escudería decida, sin embargo, ésta deberá ser lo suficientemente firme (que no se balancee, ni se voltee) para que no se caiga de la base con el torque generado por el encendido repentino del vehículo.

3. Renovación de vehículos

Debido a la constante búsqueda de innovación y excelencia dentro del campeonato, y tratando de evitar que la competencia entre en un área de confort los vehículos deberán de renovarse cada dos años. Por coche nuevo se entiende que el chasis deberá ser totalmente nuevo y que el vehículo no debe haber corrido nunca una prueba de electratón. Todos los vehículos que compitieron en el campeonato 2006 deberán renovar sus vehículos para el campeonato 2008. Solamente ciertos componentes especiales o soldaduras especiales se podrán manufacturar por un tercero

EL PRESENTE REGLAMENTO ESTÁ DISEÑADO PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD DE LOS VEHÍCULOS, DE LOS PILOTOS, MECÁNICOS, Y OFICIALES DE PISTA ASÍ COMO DEL PÚBLICO EN GENERAL,.

EL INCUMPLIMIENTO DE ESTE "REGLAMENTO DE COMPETENCIA" OCASIONARÁ PENALIZACIONES QUE PODRÁN VARIAR DESDE LA RETENCIÓN DEL AUTO EN PITS POR UNA FRACCIÓN DE TIEMPO, SANCIONES EN EL NÚMERO DE VUELTAS Y PÉRDIDA DE PUNTOS, HASTA EL CASTIGO DE NO

VOLVER A PARTICIPAR, TOTAL O PARCIALMENTE, EN LOS EVENTOS GENERADOS POR LA ORGANIZACIÓN ELECTRATÓN MÉXICO.

RECORDEMOS QUE LA DISCIPLINA Y EL PROFESIONALISMO EN CONJUNTO CON LA RECREACIÓN, FOMENTAN LA INVENTIVA Y EL ESPIRITU CREATIVO.

El presente Reglamento se encuentra redactado y modificado por Transporte Eléctrico Alternativo S.A. de C.V. en el año 2001 para Electratoon México, y representa una evolución del reglamento original que Fórmula Sol, S.C. tradujo en 1995.

Este reglamento está registrado en Derechos de Autor y rige todos los eventos ELECTRATÓN MÉXICO organizados por Transporte Eléctrico Alternativo S.A. de C.V.

NOTA: El presente reglamento es una evolución de documento "1992 Electric Motor Sport Regulations and Competition Guidelines" editado por Clean Air Revival, Inc. y coordinado por su entonces director Stephen Lee Van Ronk.

Fórmula Sol, S.C. modificó dicho reglamento, de acuerdo con la experiencia adquirida en el campeonato ELECTRATÓN MÉXICO 1995 y 1996.

La traducción de este reglamento al español fue realizada por el Ing. Fernando Rejón Ruíz de Velasco y, la edición, por Fórmula Sol, S.C.

Última modificación hecha por Industria Nacional de Autopartes A.C. Febrero 2008.

ANEXO 2

PROPIEDADES MECÁNICAS

Acero 1018

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.87 g/cc	0.284 lb/in ³	
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Hardness, Brinell	126	126	
Hardness, Knoop	145	145	Converted from Brinell hardness.
Hardness, Rockwell B	71.0	71.0	Converted from Brinell hardness.
Hardness, Vickers	131	131	Converted from Brinell hardness.
Tensile Strength, Ultimate	440 MPa	63800 psi	
Tensile Strength, Yield	370 MPa	53700 psi	
Elongation at Break	15.0 %	15.0 %	In 50 mm
Reduction of Area	40.0 %	40.0 %	
Modulus of Elasticity	205 GPa	29700 ksi	Typical for steel
Bulk Modulus	140 GPa	20300 ksi	Typical for steel
Poissons Ratio	0.290	0.290	Typical For Steel
Machinability	70.0 %	70.0 %	Based on AISI 1212 steel. as 100% machinability
Shear Modulus	80.0 GPa	11600 ksi	Typical for steel
Electrical Properties	Metric	English	Comments
Electrical Resistivity	0.0000159 ohm-cm	0.0000159 ohm-cm	annealed condition; 0°C (32°F)
	0.0000219 ohm-cm @Temperature 100 °C	0.0000219 ohm-cm @Temperature 212 °F	annealed condition
	0.0000293 ohm-cm @Temperature 200 °C	0.0000293 ohm-cm @Temperature 392 °F	annealed condition
Thermal Properties	Metric	English	Comments
Specific Heat Capacity	0.486 J/g-°C	0.116 BTU/lb-°F	annealed; 50-100°C (122-212°F)
Thermal Conductivity	51.9 W/m-K	360 BTU-in/hr-ft ² -°F	estimated based on similar materials
Material Components Properties	Metric	English	Comments
Carbon, C	0.140 - 0.200 %	0.140 - 0.200 %	
Iron, Fe	98.81 - 99.26 %	98.81 - 99.26 %	
Manganese, Mn	0.600 - 0.900 %	0.600 - 0.900 %	
Phosphorous, P	<= 0.0400 %	<= 0.0400 %	
Sulfur, S	<= 0.0500 %	<= 0.0500 %	

Acero 4130

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.85 g/cc	0.284 lb/in³	
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Hardness, Brinell	197	197	
Hardness, Knoop	219	219	Converted from Brinell hardness.
Hardness, Rockwell B	92.0	92.0	Converted from Brinell hardness.
Hardness, Rockwell C	13.0	13.0	Converted from Brinell hardness. Value below normal HRC range, for comparison purposes only.
Hardness, Vickers	207	207	Converted from Brinell hardness.
Tensile Strength, Ultimate	670 MPa	97200 psi	
Tensile Strength, Yield	435 MPa	63100 psi	
Elongation at Break	25.5 %	25.5 %	in 50 mm
Reduction of Area	60.0 %	60.0 %	
Modulus of Elasticity	205 GPa	29700 ksi	Typical for steel
Bulk Modulus	140 GPa	20300 ksi	Typical for steel
Poissons Ratio	0.290	0.290	Calculated
Izod Impact	87.0 J	64.2 ft-lb	
Machinability	70.0 %	70.0 %	annealed and cold drawn. Based on 100% machinability for AISI 1212 steel.
Shear Modulus	80.0 GPa	11600 ksi	Typical for steel
Material Components Properties	Metric	English	Comments
Carbon, C	0.280 - 0.330 %	0.280 - 0.330 %	
Chromium, Cr	0.800 - 1.10 %	0.800 - 1.10 %	
Iron, Fe	97.3 - 98.22 %	97.3 - 98.22 %	
Manganese, Mn	0.400 - 0.600 %	0.400 - 0.600 %	
Molybdenum, Mo	0.150 - 0.250 %	0.150 - 0.250 %	
Phosphorous, P	<= 0.0350 %	<= 0.0350 %	
Silicon, Si	0.150 - 0.350 %	0.150 - 0.350 %	
Sulfur, S	<= 0.0400 %	<= 0.0400 %	

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

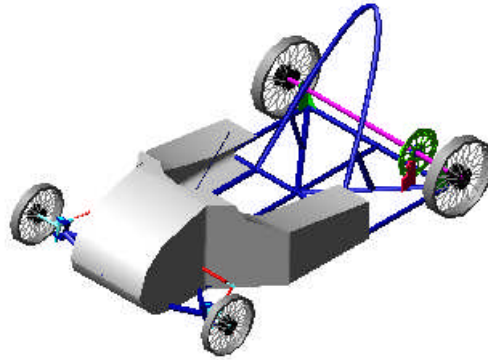
En base a los estudios realizados en el desarrollo de este trabajo podemos asegurara que la estructura soporta las cargas estáticas a las cuales será sometida, prueba de esto es la diferencia abismal entre el esfuerzo presente en la estructura y el de cedencia del material (siendo menor el primero).En lo referente a los sistemas mecánicos, se cumplieron con las metas de diseño concernientes a cada uno de los mismos, por lo que podemos asegurar su correcto funcionamiento. Por último en lo referente a la carrocería y al observar los estudios realizados podemos concluir que se cumplió con el objetivo de reducir la resistencia al avance y mejorar la estabilidad del mismo mediante la generación de “downforce”.

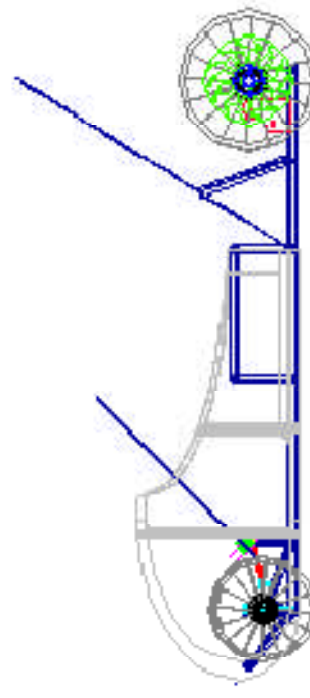
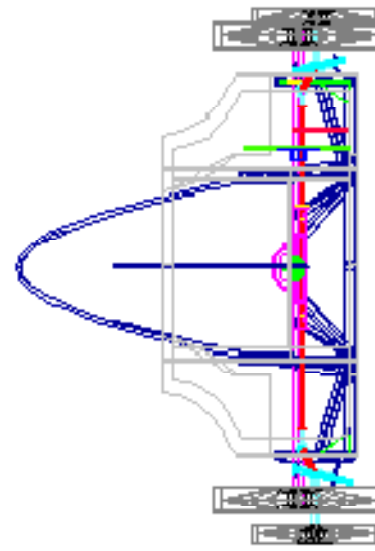
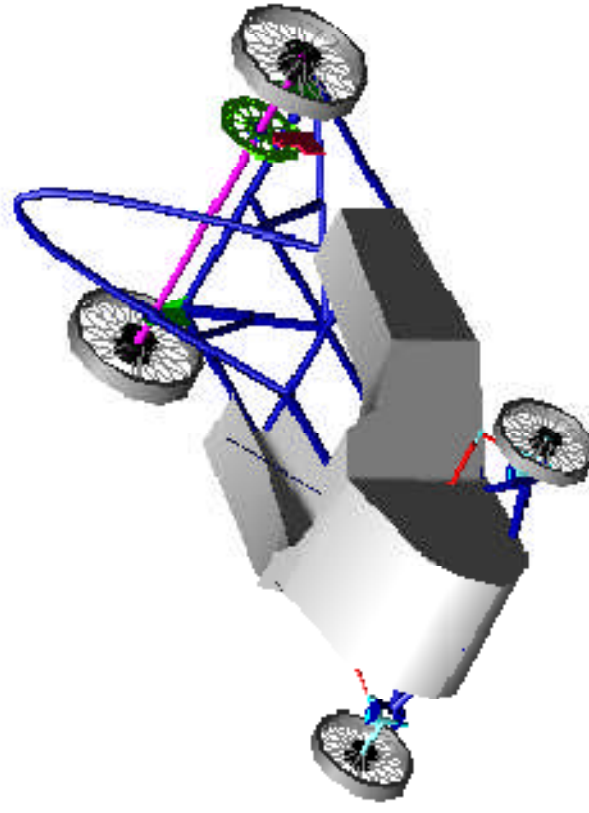
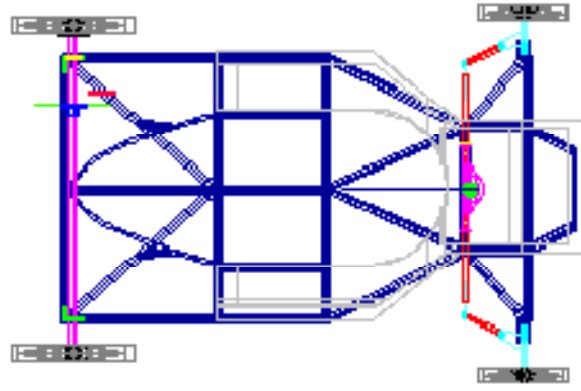
Consideramos importante hacer mención de algunas posibles mejoras que podrían y en algunos casos van a ser realizadas al vehículo previo a la competencia con el único fin de volverlo mucho mas competitivo, la mayoría de estas están en función de lo observado durante el escrutinio de la competencia (realizado el 17 de mayo del 2008).

1. Aunque en nuestro caso debido a la falta de experiencia en el soldado de aluminio así como el hecho que su costo resulto demasiado elevado acorde a nuestro presupuesto consideramos que seria importante construir el mismo arreglo estructural en dicho material (destacando que este es competitivo actualmente en peso aun usando acero) ya que esto representaría una ventaja de peso radical respecto a la competencia.
2. Cambiar el asiento de material compuesto presente en el vehículo (fibra de vidrio) por uno de lona que resulta ser más ergonómico y ligero incrementando de este modo la eficiencia del vehículo.
3. Utilizar una dirección atirantada en vez de una de cremallera y piñón, ya que aunque la primera no es tan eficiente como la segunda, acorde a lo observado

en la competencia es capaz de cumplir con el radio de giro establecido por el reglamento y su mantenimiento es mucho más sencillo además de ser mucho mas ligera.

A continuación se muestran el modelo generado mediante el software Auto Cad y el modelo físico como una comprobación del resultado obtenido mediante el desarrollo de este trabajo.





Escuela	Proyecto de Ingeniería		Ingeniería Aeronáutica
Electrónica	ISAM1	Revisión y Aprobación por	Fecha de entrega
		IND	31/01/2023
	General		
	Plano General		

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA
MECÁNICA Y ELECTRÓNICA

BIBLIOGRAFÍA

Libros:

1. Robert L. Mott,(2006) *Diseño de elementos de maquinas*, cuarta edición, México, Pearson Prentice Hall
2. Jesús C, (1997) *Mecánica del automóvil actualizada*, Universidad de Zaragoza
3. Charlotcauz M. (1979), *Suspensión y Dirección, Serie Técnica del automóvil*, Tomo 7, Barcelona España, Marcombo Boixareu Editores.
4. William H. Crouse,(1993) *Mecánica del automóvil*, Tomo 1 y 2 Barcelona España, Marcombo Boixareu Editores.
5. Simon McBeath,(2000) *Aerodinámica del automóvil de competición*, España, Ceac Editores.
6. John D. Anderson, (2001) *Fundamentals of aerodynamics*, tercera edición, Boston, McGraw-Hill.
7. Donald R. Askeland , (2006) *The science and engineering of materials*, Toronto Canada, Nelson
8. Andrew Pytel, (1994) *Resistencia de materiales*, Oxford
9. Robert L. Mott,(1998) *Machine design : an integrated approach*, New Jersey, Prentice Hall
10. Jack. C. McCormac, (2002) *Análisis de estructuras: métodos clásico y matricial*, México, Alfaomega
11. Walter J. Michels, (1985) *Diseño de máquinas : teoría y práctica*, México, Editorial CECSA
12. Joseph Katz, (2001) *Race Car Aerodynamics Designing for Speed*, Oxford, Bentley.

Internet:

1. "Explanations of Each System", en *Steering Control*. [En línea]. USA, disponible en: <http://geocities.com/daihatsu102/SteeringControl.htm> [Accesado el día 24 de Noviembre de 2007].
2. MEINEKE CAR CARE CENTER.,(2000) "Steering and Suspension Systems", en *MEINEKE CAR CARE CENTER*. [En línea]. USA, disponible en: <http://www.meineke.com/services/steering.asp#text> [Accesado el día 17 de Noviembre de 2007].
3. Nice, Karim.(2003) "How Car Steering Works", en *Howstuffworks*. [En línea]. USA, disponible en: <http://auto.howstuffworks.com/steering3.htm> [Accesado el día 20 de Noviembre de 2007].
4. RC CAR N TRUCK TUNING.,(2006) "How does the principle of Ackerman Steering affect the cornering ability of your rc vehicle", en *RC CAR N TRUCK TUNING*. [En línea]. USA, disponible en: <http://www.rc-truckncar-tuning.com/ackerman.html> [Accesado el día 24 de Noviembre de 2007].
5. LOW-SPEED, MEDIUM-SPEED, AND NATURAL LAMINAR FLOW AIRFOILS en <http://oea.larc.nasa.gov/PAIS/Concept2Reality/airfoils.html>