

42
2ej.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA



**DISEÑO Y FABRICACION DE UN AUTO ELECTRICO
DE CARRERAS FORMULA ELECTRATON**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
A R E A M E C A N I C A
P R E S E N T A
GABRIEL CORDOBA NAJERA

ASESOR: M.I. JESUS MANUEL DORADOR GONZALEZ

MEXICO, D. F.

1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

A mis papás, por darme la oportunidad y el apoyo para formar mi educación profesional.

A Eduardo y Jorge por sus conocimientos como diseñadores industriales y su valiosa amistad.

A el Ing. Jesús Manuel Dorador, Muchas gracias por tu tiempo y dedicación, tu ayuda fue muy importante.

A el Ing Pierre Vechi, por su valioso apoyo en la manufactura del vehículo.

A la escudería Tonatiuh, gracias.

Indice	pag.
Objetivo.	1
1.- Antecedentes.	2
1.1 Autos Solares.	5
1.2 Intervención de la energía eléctrica y fotovoltaica en contra de la contaminación.	6
1.3 El desarrollo de tecnología por medio de competencias.	8
2.- Diseño de un auto electrátón.	10
2.1 Definición de un auto eléctrico electrátón.	10
2.1.1 Autos fórmula electrátón.	10
2.1.2 Diferencias entre f/e y f/ex.	11
2.2 Fundamentos de aerodinámica.	12
2.2.1 Relación de la aerodinámica y la ergonomía.	14
2.3 Parámetros ergonómicos.	15
2.3.1 Movilidad del piloto.	16
2.3.2 Visibilidad.	17
2.3.3 Temperatura dentro de la cabina.	18
2.3.4 Seguridad para el conductor.	18
2.4 Materiales en la fabricación de un auto eléctrico.	19
2.4.1 Materiales compuestos.	19
2.4.2 Plásticos importantes.	21
2.4.3 Metales.	22
2.5 Elementos de un auto eléctrico de competencias.	23
2.5.1 Chasis.	23
2.5.2 Carrocería.	26
2.5.3 Sistemas mecánicos.	26
2.5.4 Sistema eléctrico.	36

3.- Diseño conceptual.	40
3.1 Diseño del chasis.	40
3.2 Sistema de dirección.	47
3.3 Sistema de transmisión.	49
4.- Análisis de resultados.	54
5.- Diseño de detalle.	63
6.- Pruebas de funcionamiento.	115
7.- Conclusiones.	118
8.- Recomendaciones.	119
9.- Bibliografía.	120
Apéndice A	
Apéndice B	

OBJETIVO

Diseñar y construir un vehículo eléctrico de competencia fórmula electrón a partir de los conocimientos adquiridos en la carrera y las experiencias obtenidas en eventos nacionales e internacionales.

Se desea que este documento sirva de apoyo para que otras personas puedan desarrollar vehículos eléctricos en el futuro y así contribuir en el desarrollo de este tipo de tecnología.

CAPITULO 1

ANTECEDENTES

En 1894 fue construido en Escocia el primer auto eléctrico. En la segunda mitad del siglo XIX, los autos que funcionaban con energía eléctrica empezaron a ser muy populares por su confiabilidad, fácil manipulación y carencia de ruido. Para 1900, eran más numerosos que los autos a gasolina. No obstante, la industria del auto de combustión interna seguía evolucionando y para 1916 el sistema de ignición "ketering" aportaría un gran avance al desarrollo de dichos vehículos, causando que el auto eléctrico fuera eliminado como una alternativa primordial de transportación.

Las carreras de autos eléctricos de fines del siglo XIX habian logrado desarrollos importantes. Por ejemplo, en 1899 un francés llegó a una velocidad de 105 km/h en un vehículo llamado "Jamais Contente", cuando el record de velocidad de la época era de 80 km./h,

Con el paso del tiempo y el desarrollo de la tecnología de los combustibles derivados del petróleo se daría inicio a la era del automóvil a gasolina, mientras que los autos eléctricos serían relegados a usos muy específicos de nivel experimental o para la industria, como vehículos de poco recorrido, entre ellos algunos montacargas y carros para golf.

A principios de la década de los 60's los científicos empezaron a darse cuenta que debido a la quema del petróleo convertido en gasolina, diesel y otros hidrocarburos, la calidad del aire y el ambiente comenzaba a afectarse, y las reservas de petróleo no eran eternas. Por esto empezaron a mirar de nuevo diferentes formas de energía como la eléctrica, eólica, solar, etc.

En 1966, la tecnología del auto eléctrico fue motivo de interés para numerosos grupos, desde pequeños talleres mecánicos hasta compañías automotrices. Desafortunadamente la tecnología de estos autos no se había desarrollado lo suficiente como para ser considerada como una alternativa competente. Todavía quedaba mucho trabajo y desarrollo por delante.

Para 1978, en Inglaterra, recordando algunas carreras de autos y viendo que la recreación era una buena manera de llamar la atención de la gente, se inauguró una competencia dirigida por la asociación de autos eléctricos en colaboración con el instituto de ingeniería mecánica de Londres. Esta competencia estaba dividida en dos partes: en la primera se desarrollaba el diseño y en la segunda se llevaba a cabo la construcción del prototipo y la competencia. Todos los participantes mostraron mucho interés y entusiasmo, este evento es considerado como el primer evento electrón, la pauta para el comienzo para las competencias de vehículos eléctricos.

En 1981 el evento se trasladó a un lugar más apropiado, con dificultades tecnológicas y de circuito diferentes. De aquí en adelante, año con año esta competencia fue tomando forma, incrementando las dificultades y las medidas de seguridad. Por ejemplo en 1982, a consecuencia de un percance que se tuvo en la competencia de 1981, los pilotos empezaron a utilizar casco y ropa protectora, además de proveer al vehículo de acojinamientos para la protección del conductor.

En 1988 la empresa Cannon patrocinó la competencia electratrón en busca del desarrollo del poder eléctrico para el uso de vehículos en carretera, concediendo premios especiales y becas de estudio.

En 1990 el electratrón creó tres diferentes eventos: el primero llamado "electrokhana" que consistía en levantar objetos por un recorrido zigzagueante durante 30 minutos; el segundo, el "electrociclo" solo para vehículos de dos ruedas; y el "electratrón" planeado para vehículos de tres y cuatro ruedas. También en 1990 el campeón del electratrón australiano, Clark Beasley, llevó su vehículo a los Estados Unidos para intentar promover la primera carrera electratrón internacional. Beasley fundó la nueva asociación de carreras electratrón (new electrathon racing association "n.e.r.a.") Para dar lugar a la primera competencia americana. En esta carrera participarían escuelas privadas y diferentes asociaciones de autos eléctricos.

C. Beasley y S. Van Ronk reunieron a un grupo de personas para que les ayudaran a promover la educación del nuevo concepto de energía alternativa. Dicho grupo concretó un programa educativo y se dió a la misión de organizar una serie de nuevas competencias.

La copa electratrón realizada en 1990 en los Estados Unidos consistió en tres competencias llevadas a cabo en diferentes lugares en California. La primera de estas competencias tuvo lugar en "Cerritos College", en el estacionamiento de un autódromo donde la pista fue delimitada por conos y banderines con un recorrido de media milla, con curvas abiertas y otras muy cerradas. Cinco millas al sur de San Francisco, en la población de Pacifica, tuvo lugar la segunda competencia de la copa, trayendo espectadores desde Florida, Hawaii, y Washington, en donde aparecieron autos especiales traídos por la asociación de autos eléctricos. La competencia final, con la que se clausuraría el evento se realizó en Ukiah, en conjunto con la expo eléctrico - solar y el rally de autos alegóricos de 1991.

Durante los siguientes tres meses se siguieron realizando eventos similares, uno con la asociación de autos eléctricos de Silicon Valley, organizado por Bob Aneeveis, quien fue el campeón de las primeras carreras.

Después siguieron en "Daenza College" en Cupertino, California y por último en Sebastopol realizado por Gene Karas, maestro de electrónica avanzada y que tuvo como finalidad servir de introducción para tener buenos prospectos y llevar a competir a distintas preparatorias.

Para 1992 aparte de la categoría electrón "f/e" (fórmula electrón) cuyo reglamento había sido desarrollado en Australia, se creó una nueva categoría, la fórmula electrón experimental ("f/ex"), que permitía a los diseñadores de estos vehículos lograr revolucionarios y audaces prototipos con los que se lograban mejores resultados .

En febrero de 1993, el movimiento electrón ya había cruzado la frontera norte de nuestro país. La Lic. Beatriz Padilla, coordinadora del proyecto "Tonatiuh" (primer auto solar de competencia mexicano), invitó a Steve Van Ronk, (fundador de "clean air revival" C.A.R.) a dar el primer curso de diseño y construcción de vehículos electrón f/ex durante el cual se construyó "Tonalli" en febrero de 1993, hermano pequeño del auto solar "Tonatiuh". A partir de este primer curso, se organizó otro en la Ciudad Universitaria el 20 de junio de 1993 y otro más en octubre de ese mismo año en la universidad de Colima en donde el auto "o también", pequeño, pero veloz, fue construido por estudiantes de ingeniería de esa universidad.

Poco tiempo después el "o también" viajó al D.F., para competir con "Tonalli" en uno de los estacionamientos del estadio olímpico de la ciudad universitaria de la UNAM., Este evento marcaría el primer electrón en México el 20 de junio de 1993, para octubre del mismo año, "Tonalli" viajó a la ciudad de Colima para llevar a cabo la segunda carrera de autos electrón en México y que este movimiento se siguiera promoviendo.

A principios de 1994, la Lic. Beatriz Padilla forma la asociación "fórmula sol", que vino a ser el primer organismo en México creado para la promoción y organización de carreras electrón y todo lo relacionado con vehículos que ayuden a la restauración del medio ambiente, usando como estandarte principal el ambiente de competencia.

A fines de 1994 se comenzó la planeación para la primera copa "electrón fórmula experimental f/ex" en una bodega del Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M., en el cual participaron varios integrantes de la "escudería Tonatiuh". Para este evento se inscribieron 17 equipos de distintas universidades y grupos particulares del país, siendo algunos de estos el equipo "raxa caculha" del centro de investigaciones de Diseño Industrial de la UNAM, el equipo "tavo" de bachilleres plantel 7, etc. El 8 de abril del mismo año, comenzó la primera de las cinco carreras que vendrían a dar inicio a una nueva era de desarrollo de tecnología para México.

Aprovechando la experiencia en competencia de los integrantes de la "escudería Tonatiuh" algunos de sus integrantes participaron como organizadores y jueces del evento, mientras que otros participaron usando el vehículo desarrollado en el curso realizado en enero, por no tener tiempo de construir el propio. Este auto se llama "Alejandro Von Woutenau" y al finalizar la copa quedó en tercer lugar, siguiendo al equipo de bachilleres y siendo el campeón el auto "quantum" de la universidad de Colima.

1.1 Autos solares.

A finales de la década de los 70's el Ingeniero Danés, Hans Tholstrup, interesado en el fenómeno fotovoltaico, que consiste en convertir la luz directa del sol en electricidad, pensó que una gran ayuda para el ahorro de combustibles derivados del petróleo, sería tener vehículos eléctricos que utilizaran la energía obtenida de celdas solares en el todo y cofres de los mismos. Esta idea sonaba muy descabellada para muchas empresas a las cuales Tholstrup acudió.

Para 1982 con la ayuda del ingeniero Australiano llamado Larry Perkins, construyeron un vehículo que funcionaba con el sistema de Tholstrup. La empresa "British Petroleum" un año después, viendo que el proyecto de los ingenieros tenía un gran futuro, patrocinó su construcción y el recorrido de pruebas del primer auto solar del mundo, "the quiet archiver", que a principios de 1983 cruzó el desierto australiano desde la ciudad de Perth en la costa oeste, hasta la ciudad de Sydney. 5,000 kilómetros se recorrieron en 20 días a una velocidad promedio de 19 km/h. Este evento provocó el asombro de la gente y la crítica de los ingenieros que antes decían que era imposible, ahora decían que lo podían hacer mucho mejor.

Tres años después la voz había corrido hacia Europa, en donde las universidades Suizas organizaron un primer evento en donde se desarrollaron tres autos, entonces Tholstrup vio que el mundo necesitaba un evento que reuniera a los mejores ingenieros, científicos y diseñadores, para que trabajaran en el desarrollo de estos autos, creando la primera carrera mundial de autos solares en 1987, denominada "Pentax World Solar Challenge". Esta carrera tenía como objetivo cruzar Australia desde la costa norte hasta la ciudad de Adelaida en la costa sur, por la recién pavimentada "Stuart highway" en un tiempo máximo de once días.

A esta primera carrera se dieron cita 7 diferentes países: Australia - patrocinador del evento -, Dinamarca, Alemania, Japón, Paquistán, Suiza y los Estados Unidos. La gran diversidad de formas y diseños causaron revuelo en los participantes y el público en general.

El promedio de velocidad desarrollado fué de 64 km/h, en donde destacaron entre los tres primeros lugares el "sunraycer" construido por la General Motors Company de Estados Unidos, el "Ford Model 'S'" de Australia y el "spirit of Biel" desarrollado por la escuela de ingeniería de Suiza.

En 1988 en el continente americano, estudiantes del instituto de matemáticas e ingenieros de distintas universidades, fueron convocados por la compañía "General Motors", la sociedad de ingenieros automotrices (SAE) y el departamento de energía de los Estados Unidos para diseñar y construir autos solares que compitieran en la carrera "sunrayce" realizada en 1990, empezando en Miami en la península de Florida hasta Michigan. A

partir de este evento, lo que empezaría como una carrera de estudiantes se convertiría en una competencia científico tecnológica.

Para 1990 en Australia, unos meses después del "sunrayce", volvía el máximo evento: el segundo "World Solar Challenge". El ganador del WSC 1990 fue el "spirit of Biel" de Suiza, que no pudo superar el récord implantado en 1987, en segundo lugar se posicionó el auto "dream of Honda" y el prototipo que quedara en tercer lugar fue la universidad norteamericana de Michigan.

A finales de 1993, el 7 de noviembre dió comienzo por tercera ocasión el WSC en Australia. En este evento participaron 50 equipos de 13 países. Por fin, después de seis años, los cinco primeros equipos rompieron el récord establecido por el "sunraycer" en 1987. Esta vez, siendo el ganador el auto japonés "dream of Honda". Se logró una velocidad promedio de 87.6 km/h y una velocidad máxima de 125 km/h. Al "World Solar Challenge" de 1993 asistieron 3 integrantes de la "escudería Tonatiuh", en la cual participaron como observadores, capacitándose para la construcción del auto solar "Tonatiuh" para participar en sunrayce '95 y posteriormente en el WSC '97. Además de estas carreras realizadas en Estados Unidos y Australia, también existen el "tour de sol" en suiza, el "Grand Solar Challenge" realizado en Japón y competencias en Italia y Dinamarca, que día con día contribuyen al desarrollo tecnológico de la energía solar.

1.2 Intervención de la energía eléctrica y fotovoltaica en contra de la contaminación.

El petróleo junto con el gas natural y el carbón se han convertido en la energía que actualmente mueve al mundo. Nuestras necesidades básicas como la alimentación, el transporte, el confort doméstico y la vida en común son el resultado de la explotación de todos esos combustibles de naturaleza orgánica, también llamados combustibles fósiles no renovables. En 1885, los ingenieros alemanes Gotheb Daimler y Carl Benz, construyeron el primer motor de combustión interna, para propulsarlo centraron su atención en un subproducto del petróleo, ligero, muy volátil y que hasta ese entonces no se le había encontrado uso, ese producto hoy en día se conoce como gasolina. Así, entre 1920 y 1930 como consecuencia del desarrollo del transporte marítimo y terrestre, el consumo anual de petróleo pasó de 20 millones de barriles a 200 millones. Hoy en día, la cifra asciende a 3000 millones anuales. Debido a la gran demanda energética que mantienen los grandes países industrializados, el resto de los combustibles fósiles han seguido el mismo camino que el petróleo.

Los combustibles fósiles y la energía nuclear desafortunadamente han resultado ser más nocivas para la sociedad que benéficas, debido a los grandes deterioros que causan a nuestro medio ambiente, como las lluvias ácidas que afectan a nuestras cosechas, el efecto invernadero o inversión térmica así como la concentración de hidrocarburos, plomo y

otros gases en la atmósfera de las ciudades: que provocan intoxicaciones y enfermedades en humanos, animales y vegetales.

Por todo lo anterior y todo lo que pudiera suceder en un futuro, los científicos y grupos ecologistas empezaron a enlistar las posibles energías alternativas que no causarían el tipo de anomalías que provocan los combustibles fósiles. En esta lista de posibles energías renovables se encuentran el hidrógeno, la energía eólica, energía solar y la eléctrica como las más importantes.

La energía eléctrica es empleada en motores que transforman una diferencia de potencial o voltaje en energía mecánica, produciendo un movimiento rotatorio, este movimiento se puede aplicar en gran cantidad de mecanismos que nos ayudan a resolver problemas cotidianos. Los motores eléctricos pueden llegar a entregar hasta un 98% de eficiencia, en comparación de los motores de combustión interna que solo tienen entre 35% y 40% de eficiencia mecánica, perdiendo en forma de calor el resto de la energía que producen.

Lo anterior fue un ejemplo del por qué un motor eléctrico puede llegar a ser mejor que uno de gasolina, además de contar con otras ventajas como su tamaño reducido, carencia de sonido y poco peso. Realmente, el problema no radica en el motor eléctrico, porque los podemos encontrar para el uso y necesidades que deseemos, el problema es la forma de generar y alimentar la energía necesaria para que puedan competir o funcionar en el rango de servicio que presenta un motor a gasolina. Uno de estos problemas es el de la batería ya que se necesita una gran cantidad de estas para lograr la autonomía deseada, aumentando el peso del vehículo y disminuyendo su velocidad.

En cuanto a la generación de la energía eléctrica necesaria para mover estos vehículos se cuanta con varias alternativas, entre ellas las plantas termoelectricas que utilizan algún derivado del petróleo, pero en un proceso mas eficiente y mucho más controlable que el de un vehículo particular. También el sol es un gran emisor de energía y mediante un material fotosensible como los cristales de silicio, podemos transformar la radiación solar en una diferencia de potencial con una cierta intensidad de corriente eléctrica.

Estas células o celdas solares se acomodan en formaciones paralelas o en serie en plataformas de diferentes dimensiones llamados paneles solares, estos últimos se fabrican con la cantidad de celdas requeridas por el diseño y el uso que se les dé. Durante el día sirven para recargar bancos de baterías o para dar energía a componentes que funcionen con energía eléctrica.

El material del cual se componen las celdas forma un 40% del total de la corteza terrestre en forma de arena. El silicio es uno de los elementos más abundantes de nuestro planeta.

Las celdas, al igual que las baterías, se encuentran en pleno desarrollo tecnológico, de tal forma que conforme avance su investigación, aumentará su eficiencia y se reducirán sus costos.

El aprovechamiento de la energía solar está presente en la actualidad en un gran número de aparatos eléctricos que tienen que funcionar en lugares apartados de la civilización. Por ejemplo; todas las sondas espaciales cuentan con paneles fotovoltaicos para producir su propia energía, así lo hacen también las estaciones telefónicas remotas colocadas en bosques, carreteras, barcos, etc. Es indispensable comenzar a utilizar esta energía gratuita en todo el mundo, principalmente en las ciudades.

1.3 El desarrollo de tecnología por medio de competencias.

Las competencias de toda índole, terrestres, náuticas, aeronáuticas, la carrera espacial y hasta la guerra, que en cierta forma es un tipo de competencia, han contribuido al acelerado desarrollo tecnológico de los transportes, debido al instinto de querer ser el más rápido, el más eficiente y el mejor, los cerebros de los equipos desarrollan las más descabelladas ideas, que algunas veces resultan formidables y también gracias a los errores cometidos, terminan por innovar en algún aspecto, provocando el avance de la tecnología.

Por poner algunos ejemplos, el sistema de frenos antibloqueo (abs) fue desarrollado a principios de los años 80 para los prototipos que corrían en el circuito de las 400 millas de Daytona.

Para fines de la misma década, el sistema de frenado "abs" fue adoptado por las marcas de autos comerciales, el sistema fue mejorando y se empezó a incorporar en los autos de ciudad a principios de los 90's.

Otros ejemplos son el sistema de turbo y inyección de combustible, que ayudaban a los vehículos de carreras a tener una mejor respuesta de aceleración y carburación durante la carrera. La inyección de combustible fue adoptado por los modelos "k" de la Chrysler a mediados de la década de los 80's.

Para el caso de los autos eléctricos, gracias al auto solar "sunraycer" creado para la competencia en Australia en 1987, se obtuvieron valiosos datos en cuanto a rendimiento de baterías, carga de celdas solares y eficiencia de sistemas electromecánicos, los cuales se utilizaron para desarrollar un coche de ciudad llamado Impact. Este auto para 4 pasajeros desarrolla una velocidad máxima de 220 km/h y cuenta con un rango de recorrido de 120 km.

El auto eléctrico Impact puede recargarse con una fuente de 220 volts en aproximadamente 3 horas, este vehículo es el precursor de los autos eléctricos de alta eficiencia. Analizando las fallas de Impact, se creó una segunda versión más eficiente y más barata: el Impact II".

Otro dato interesante es el beneficio obtenido en las carreras de autos solares, en la carrera de 1987 en Australia, la máxima velocidad desarrollada fue de 110 km/h y en nueve años aumentó a 130 km./h, se incrementó el número de participantes de 7 a 60, lo que nos da a entender que este tipo de eventos son el punto de atención para el desarrollo de tecnología limpia, capaz de contribuir al mejoramiento del medio ambiente.

Las carreras de autos eléctricos de la categoría electrón, son aún más concurridas debido a que el costo de los vehículos es mucho menor al de los autos solares. Este factor ayuda a popularizar la ideología del auto eléctrico permitiendo entrar a los proyectos desde el medio escolar.

CAPITULO 2

DISEÑO DE UN AUTO ELECTRATÓN.

2.1 Definición de auto eléctrico electratón

Entrando en materia, se definirá qué son los autos eléctricos fórmula electratón, mencionando también el contexto en donde se desempeñan, características y su finalidad.

2.1.1 AUTOS FÓRMULA ELECTRATÓN.

Los autos electratón deben estar diseñados para competir en circuitos de curvas tanto cerradas como amplias, estos circuitos se hacen en áreas de estacionamientos de centros comerciales o en grandes explanadas, para ello, deben cumplir con la siguiente conformación básica; un chasis de 3 ó 4 ruedas que se encuentre contenido en 3.96 m de largo y 1.52 m de ancho, puede contar con uno o dos motores de 1 hp de 24 volts, también deben estar equipados con un controlador, dos baterías comerciales de plomo - ácido de 12 volts cada una, de descarga profunda, además de contar con todo el equipamiento eléctrico y mecánico necesario, como cables, switches e instrumentos, etc. (estos componentes se explicarán a detalle más adelante).

Las competencias electratón introducidas a los Estados Unidos estaban basadas en el reglamento diseñado en Australia. Los primeros competidores americanos tenían un leve conocimiento de este tipo de carreras, pero nunca antes habían visto un vehículo de este tipo y por lo tanto hubo muchos autos americanos que no cumplían con el reglamento Australiano.

Por ejemplo, en las primeras competencias de 1991 se presentaron autos con configuraciones diferentes a las estipuladas, con llantas expuestas, sin carrocería y sin "roll bar", por consiguiente no pudieron ser aceptados para competir, teniendo que esperar hasta el año siguiente. Esto causó problemas y descontentos en el público por lo que organizaron discusiones sobre la seguridad de los aparatos y acerca de la elaboración de un nuevo reglamento.

Pero estas nuevas características no se apegan del todo al reglamento de la fórmula electratón "f/e" original, causando que las competencias internacionales fueran muy difíciles de llevarse a cabo. Entonces los participantes hicieron ver a los directivos del evento que el reglamento Australiano era muy rígido y que necesitaban algo que fuera más flexible que albergara mayor posibilidad de diseño. En respuesta se generó una categoría aparte de la fórmula "f/e", llamada fórmula electratón experimental "f/ex".

2.1.2 DIFERENCIAS ENTRE F/E Y F/EX.

En ambas categorías, la carrera se da de la siguiente manera: El vehículo que logre dar más vueltas a un circuito dado en un periodo de tiempo de 1 hora, será el ganador. No se permite cambiar las baterías durante la carrera.

Categoría f/e:

Los autos bajo el reglamento de fórmula electrón Australiano deben cumplir con las siguientes características:

El auto debe estar conformado por un chasis tubular de 3 ó 4 ruedas, debe contar con una carrocería y "roll bar" para proteger al piloto, además de cinturón de seguridad de 3 a 5 puntos de sujeción. La carrocería debe contar con 2 espejos planos a ambos lados de la cabeza o cuerpo del piloto, así como luces de frenado y direccionales. En este tipo de vehículos el piloto debe estar siempre en una posición en donde la cabeza se encuentre atrás de las rodillas y por encima de las mismas, además el piloto debe estar provisto de un casco. Todas las demás restricciones son las mismas que para la f/ex. (Ver apéndice A)

Categoría f/ex:

Los autos de esta categoría se caracterizan principalmente por su gran diversidad de formas, y porque carecen de carrocería. Pueden carecer de "roll bar" y no deben llevar cinturón de seguridad, debido a que en caso de algún accidente el piloto pueda salir del vehículo libremente. El piloto debe ir equipado con un traje de protección y casco, como los motociclistas de competencias "motocross".

La estructura de estos vehículos es principalmente tubular y tienen un chasis de 3 ó 4 ruedas. En estos coches el piloto no tiene restricción de posición, por lo que puede llevar la cabeza por abajo y adelante de las rodillas si el diseño así lo permite.

En el caso de la retrovisión, el auto deberá contar con una movilidad de la cabeza del piloto de por lo menos 270° sin obstrucción, o en su defecto un espejo o espejos que satisfagan esta necesidad. Además, las señales de alto y direccionales pueden ser ejecutadas por el piloto utilizando sus brazos.

Respetando los pocos requisitos los competidores pueden desarrollar el diseño que se desee, dejando volar la imaginación hasta donde se quiera.

Características	Auto electración
Dimensiones	Menor a 3.96 m x 1.52 m
Peso	60 kg. Promedio
Chasis	Tubular de acero o aluminio
Carrocería	Fibra compuestas o lámina
Distancia entre ejes	1.50 m Promedio
Baterías	2 bat. Plomo - ácido de 12 volts c/u
Panel solar	1 m ² (opcional)
Motor	1 ó 2 motores 1 hp c/u
Recarga	No tiene durante la competencia
Velocidad	70 km./h máxima, 30 km./h promedio
Costo	10,000 pesos

Tabla 2.1 Características vehículos electración.

Antes de empezar a definir nuestro vehículo hay que saber lo que es importante en el diseño de estos coches. Como ya se mencionó, estos vehículos deben recorrer la mayor distancia en una hora con una carga de batería, por lo que el aprovechamiento y eficiencia al usar esta energía es básico. Teniendo esto en cuenta a continuación se mencionan los principios básicos de diseño

2.2 Fundamentos de aerodinámica.

La aerodinámica estudia las condiciones que resultan de la acción del aire sobre un cuerpo en particular, esto nos permite analizar las formas más adecuadas para que el vehículo que se pretende construir tenga poca resistencia al aire en las mejores condiciones de manejo. Por ejemplo, si tenemos un vehículo que se desplaza a 100 km/h en promedio, la resistencia del aire obligará al motor a consumir un 30% más potencia y por lo tanto habrá mayor consumo de combustible; esto sucede porque la resistencia que presenta el viento al desplazamiento del vehículo va aumentando de magnitud o intensidad mientras la velocidad del vehículo se incrementa. Por ello es muy importante tomar en cuenta los estudios y ensayos aerodinámicos que deben realizarse para determinar las formas más adecuadas que permitan transportar una carga en las condiciones más eficientes.

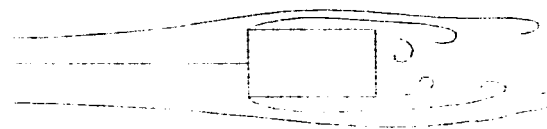
Como la acción que ejerce el aire sobre un cuerpo en movimiento es igual a la acción que resulta teniendo el cuerpo estático y el aire en movimiento, fueron creados los túneles de viento, en donde se someten modelos a la acción del aire, simulando las condiciones de manejo o navegación más críticas para obtener los resultados que determinarán el diseño final de la carrocería de un vehículo.

Sometiendo diferentes objetos a un flujo de viento, obtendremos los siguientes resultados:

En los cuerpos no aerodinámicos, incisos a) y b) de la figura 2.1, se presentan varios factores que impiden el libre flujo del aire; el primero se conoce como:

Resistencia al aire, que viene a ser el impedimento que ejerce o presenta un cuerpo al libre paso del aire, a mayor área frontal mayor es la resistencia que se presenta y viceversa.

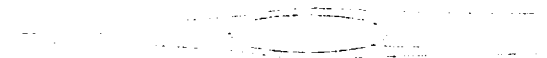
El segundo factor importante que impide un buen desplazamiento de aire, es el coeficiente de arrastre, que es una fuerza que se presenta en la parte posterior de los objetos en movimiento ejerciendo una fuerza contraria a éste, y que es causado por un desprendimiento de la capa límite del aire, produciendo un vacío que al aumentar la velocidad se vuelve más poderoso.



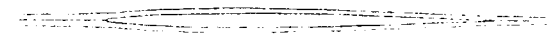
a) Las figuras con bordes afilados producen un drag muy grande. El aire se separa en las esquinas creando turbulencias. $C_d=2.0$



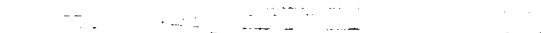
b) Las figuras cilíndricas se comportan casi igual que una caja con los bordes redondeados. El aire se sigue separando del perfil creando turbulencias. $C_d=1.2$



c) Una elipse con una relación ancho/alto igual a 2 tiene un drag menor que el de un cilindro. $C_d=0.6$. Una elipse con una relación 4/1 tiene un $C_d = 0.35$ y 8/1 $C_d = 0.25$



d) El aire circula suavemente por este perfil y no genera turbulencias. $C_d=0.1$ o menor. Esta forma requiere un 10% menos de energía para moverse a través del aire que la que requiere un cilindro y un 20% menos que la de una caja. La relación ancho/alto debe estar entre 3.5:1 y 5:1



e) Cuando el perfil anterior es cortado, el drag crece debido a las turbulencias generadas en la parte trasera. $C_d=0.3$.

Fig. 2.1 Coeficientes de arrastre de las figuras más comunes

El desprendimiento de la capa límite del aire es causado por una discontinuidad brusca en la superficie del móvil y esto, provoca el "drag" fig. 2.2. La capa límite de aire es la película de aire que se desliza por la superficie del cuerpo en movimiento.

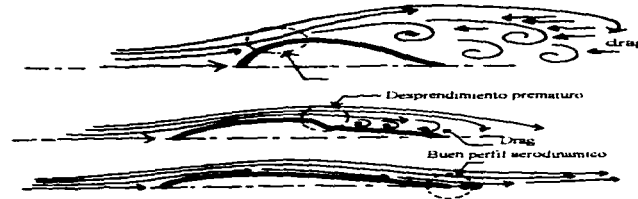


Fig. 2.2 Desprendimiento de capa límite

Cuando logramos que esta capa límite se desprenda lo menos posible de la superficie del móvil, nuestro auto presenta una buena aerodinámica (poco drag) y el coeficiente de arrastre que se obtendrá del producto de la velocidad y el área frontal será muy bajo.

$$D = \frac{1}{2} V^2 \rho A C_d$$

donde:

V es la velocidad del vehículo.

ρ es la densidad del aire.

A es el área frontal del vehículo.

C_d el coeficiente aerodinámico

y D el drag aerodinámico.

2.2.1 RELACIÓN DE LA AERODINÁMICA Y LA ERGONOMÍA.

Para el diseño de un vehículo eléctrico de dimensiones pequeñas es importante tomar en cuenta lo siguiente:

Hablando en términos radicales los motores eléctricos no entregan la misma potencia que los motores a gasolina, por esto el estudio aerodinámico que debe aplicarse a un auto de competencia que será impulsado por un motor eléctrico y pocas baterías tiene que ser muy minucioso, verificando que su carrocería presente un buen perfil aerodinámico para optimizar al máximo el funcionamiento del motor y el gasto de energía de las baterías, permitiéndole alcanzar suficiente velocidad sin incrementar el coeficiente de arrastre. Desafortunadamente, el factor ergonómico, es decir, el desempeño del conductor dentro del vehículo, nos pide cumplir con otras reglas, de manera que se puede ejemplificar de la

siguiente forma: “la forma más aerodinámica de un automóvil eléctrico de dimensiones reducidas, es inversamente proporcional al diseño más ergonómico de la cabina del piloto”, esto quiere decir que las posturas que adopta un tripulante dentro de una cabina diseñada bajo un parámetro total o únicamente aerodinámico, resultan inadecuadas para que un ser humano se desenvuelva dentro de ésta, limitando su movilidad, visión y confort, por el contrario si la cabina estuviese diseñada bajo un concepto totalmente ergonómico, el factor aerodinámico quedaría afectado causando disminución de velocidad, bajo desempeño del motor y consumo excesivo de las baterías.

Por lo anterior, la construcción de un auto de competencia bien diseñado debe tener un buen equilibrio entre los factores ergonómicos y aerodinámicos, logrando una armonía entre conductor y automóvil.

2.3 Parámetros ergonómicos.

Casi siempre debido al difícil equilibrio entre los factores ergonómico y aerodinámico, los diseñadores de autos de este tipo prefieren sacrificar el desarrollo ergonómico dentro de sus cabinas para ganar más puntos en el factor aerodinámico.

Los factores que deben tomarse en cuenta al diseñar un vehículo en donde uno de sus objetivos principales es que sea pequeño, ligero y eficiente son: centrar la atención en el estudio antropométrico y biomecánica del humano para tratar de crear una cabina lo más pequeña y confortable posible, optimizar los materiales de construcción, desarrollar sistemas adecuados y lograr un buen desempeño del piloto.

En el caso 1, Fig. 2.3 tenemos un ejemplo en donde la ergonomía de la cabina es satisfactoria, ya que la posición de la espalda y el cuello están alineados correctamente y la cadera se encuentra a mayor altura que las rodillas, factor muy importante porque de lo contrario cuando las rodillas se encuentran sobre el nivel de la cadera, el peso del cuerpo se deposita en el cóccix, causando adormecimiento e incomodidad, también el amplio espacio de la cabina permite una mayor movilidad de las extremidades y la cabeza. Sin embargo debido al espacio que una cabina con buena ergonomía requiere, la aerodinámica que presenta es deficiente, causando que la capa límite de aire se desprenda prematuramente elevando el coeficiente de arrastre, aparte de la gran área frontal que produce una gran resistencia al avance.

En el caso 2 tratamos de presentar una cabina que ya no cuenta con tantas ventajas ergonómicas, pero que todavía mantiene características adecuadas para el piloto. El restringir al piloto de algo de comodidad, nos permite obtener más puntos en el factor

aerodinámico. Es importante mencionar que para reducir el espacio de la cabina, es necesario hacer un estudio antropométrico y de la biomecánica del piloto al momento de diseñar un auto.

En el caso 3 la forma obtenida presenta una aerodinámica muy satisfactoria, que ya no causa desprendimiento de la capa límite del aire y como presenta poca área frontal por su forma afilada, la resistencia al aire es mínima a una velocidad promedio. Contrariamente la ergonomía que se presenta es deficiente. La recta del cuello con la cabeza se encuentra quebrada con respecto a la continuidad de la línea de la espalda, esto provoca que la movilidad del cuello y la cabeza sean mínimas y se somete al piloto a una postura casi fija. Las extremidades inferiores y superiores tienen poca movilidad arriesgando la seguridad del piloto en caso de presentarse una emergencia.

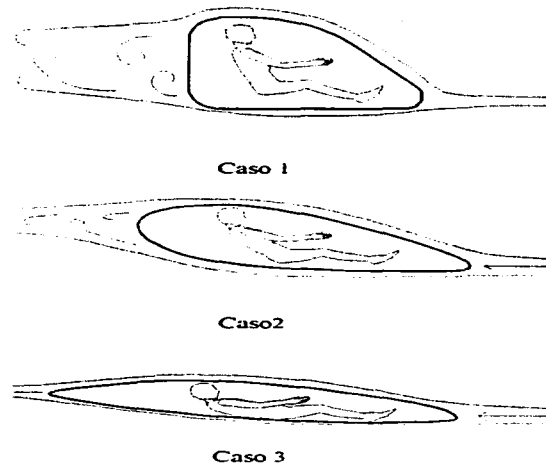


Fig. 2.3 Posición del piloto en la cabina.

Tomando en cuenta los aspectos anteriores, la necesidad de un estudio ergonómico no finaliza al llegar al equilibrio de los factores aerodinámico y ergonómico, porque aparte de establecer la posición del piloto es importante analizar los siguientes puntos:

- Movilidad
- Visibilidad
- Temperatura de la cabina
- Seguridad

2.3.1 MOVILIDAD DEL PILOTO.

Para desarrollar una buena movilidad del piloto dentro de una cabina de dimensiones reducidas, resulta necesario hacer estudios antropométricos y biomecánicos del piloto, del

promedio de gente que utilizará el auto para definir los espacios y las distancias donde se colocarán los controles e indicadores, para que los movimientos del cuerpo sean lo más natural posible evitando alterar el desempeño del piloto dentro de la cabina.

Los estudios biomecánicos se realizan para poder analizar los movimientos y los desplazamientos de las extremidades, para discernir en cual de estas existe un mayor aprovechamiento muscular y así evitar al piloto fatigas musculares innecesarias. Los estudios antropométricos son efectuados para permitir que el cuerpo del piloto se pueda mover con libertad y que elementos como la estructura del coche no impidan dichos movimientos de extremidades y de la cabeza. En este punto se eligen el tipo de asiento, botones, controles, etc., buscando crear un espacio armonioso para el conductor. “Es indispensable realizar estas pruebas en modelos 1:1 para obtener resultados más certeros”.

2.3.2 VISIBILIDAD.

La visibilidad que debe permitir una cabina es uno de los puntos más importantes relacionados con la seguridad del piloto, por esto es imprescindible realizar el análisis de los siguientes puntos:

- Alcance visual frontal y periférico: en este punto se contemplan los límites de movilidad de la cabeza y ojos para diseñar un parabrisas adecuado. También es necesario contemplar la posición de los espejos de retrovisión y poder abarcar el mayor rango de visión posible.
- Alcance visual de indicadores e instrumentos de control: la posición de los instrumentos será regida por su nivel de importancia, es decir que los que el piloto voltea a ver o consulta con más frecuencia deberán colocarse en un lugar primordial sin que sea una distracción para el piloto y que con tan solo una mirada se entere de lo que está sucediendo. Los indicadores de menor importancia pueden colocarse en cualquier sitio mientras el piloto los tenga a su alcance sin hacer movimientos exagerados.

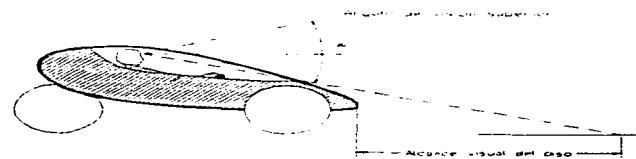


Fig. 2.3 Visibilidad en la cabina

2.3.3 TEMPERATURA DENTRO DE LA CABINA.

En el caso que se construya un vehículo con carrocería para categorías de autos solares se debe tomar en cuenta que dichos autos son sometidos a largas jornadas de manejo bajo la constante radiación solar, por ello se tiene que evitar que la temperatura dentro del habitáculo del piloto no ascienda demasiado.

Primeramente se deben crear corrientes de aire en el interior, por medio de aberturas en la carrocería. Estas corrientes además de refrescar al piloto mantienen una presión constante dentro de la cabina, ayudan a ventilar algunos componentes eléctricos que pueden producir calor y evitar que el parabrisas se empañe con la transpiración del conductor.

Se puede aplicar al parabrisas una película de control solar o mylar polarizante que refleje los rayos del sol y filtre los rayos infrarrojos y ultravioleta.

Estas películas se encuentran disponibles en el mercado en diferentes colores y características de control solar. Otra manera de disminuir el calor dentro de la cabina es evitando al máximo la transpiración del piloto, para lograr esto podemos equipar el asiento con materiales o telas que absorban el sudor y que además ayuden a ventilar el cuerpo.

2.3.4 SEGURIDAD PARA EL CONDUCTOR.

Este punto resulta de los más importantes al diseñar una cabina, porque en caso de algún accidente el piloto debe encontrarse en las condiciones más seguras para evitar ser lesionado por golpes y por partes internas del mismo auto, como controles y barras de protección.

Cuando se diseña el interior de una cabina ya sea de estructura tubular o de monocasco, se debe dejar un espacio mínimo de 15 cm entre el cuerpo del piloto y las barras de protección o parachoques. Estas barras o refuerzos que debe llevar la estructura se dividen en cuatro grupos: 1) "crash bar frontal", que da protección en caso de impactos frontales. 2) protección lateral, 3) "roll bar" o superior para volcaduras y 3) protección trasera o posterior. Estas barras de protección deben ir acolchonadas para evitar que el conductor se golpee contra ellas.

Otro punto importante para la seguridad del piloto es adecuar el cinturón de seguridad de 5 puntos de sujeción al chasis para mayor protección del piloto.

2.4 Materiales en la fabricación de un auto eléctrico.

2.4.1. MATERIALES COMPUESTOS.

Los materiales compuestos son aquellos en donde su estructura se logra por medio de la agrupación ordenada o desordenada de fibras unidas por medio de algún adhesivo o resina. Esta agrupación de fibras se puede realizar de dos formas, dependiendo de las características estructurales que se deseen obtener.

1) Aplicación sencilla.

Esta aplicación se lleva a cabo colocando intercaladamente capas de resina o adhesivo y la fibra de manera que ésta quede bien impregnada del aglutinante. Esta operación se realiza el número de veces que el constructor crea necesario para llegar al espesor y estructura necesarios.

Existen distintos tipos de presentación de las fibras, pudiéndolas encontrar en diferentes tejidos o entramados y espesores para la aplicación estructural que se vaya a utilizar.

- **Unidireccional:** esta presentación de fibra se utiliza en partes que presentan esfuerzos lineales, como muelles, costillas de refuerzo, ejes y todo tipo de piezas alargadas.
- **Bidireccional:** en esta presentación las fibras están tejidas en dos direcciones formando una retícula. Este tipo de entramado es utilizado para piezas o partes que vayan a tener esfuerzos de flexión en todos los sentidos, pudiendo funcionar muy bien a esfuerzos de tracción y torsión como los que se presentan en las carrocerías.
- **Multidireccional:** esta presentación se logra compactando la fibras de manera que se aglutinan en todas direcciones formando un mallado a 0, 45 y 90 grados. Se utiliza en piezas que serán sometidas a fuerzas que vienen en todas direcciones y sujetas a esfuerzos de torsión.

Es muy importante mencionar que cuando se aplica resina a alguna fibra, la impregnación debe ser de tal forma que no haya exceso de resina, porque las concentraciones de resina hacen más pesadas las piezas y más quebradizas. Por eso el éxito de una pieza de materiales compuestos depende de utilizar las cantidades adecuadas de resina.

2) Aplicación en estructura sandwich

Se obtiene colocando capas de fibra sobre un material estructural o panal de abeja (“honey comb”), el cual es de aramida, cartón craft o aluminio. Este material es muy rígido y muy ligero, proporcionándole a las piezas construidas con estructura sandwich la facultad de ser casi tan fuertes como algunos metales, pero con ligereza.

A) fibra de carbono:

Este material nos proporciona gran resistencia a la tensión y tiene un modulo de young alto (tres veces mayor que el del acero) , desgraciadamente una estructura hecha solo de fibra de carbono es muy quebradiza. La fibra tiende a romperse si se somete a un impacto muy grande.

B) kevlar:

El kevlar también tiene una gran resistencia a la tensión un modulo de young mediano. Sin embargo, es bastante tenaz y dúctil. Una estructura hecha de kevlar tiene un resistencia al impacto bastante grande y no se rompe como una lo haría una estructura de fibra de vidrio o de carbón.

C) fibra de vidrio:

La resistencia a la tensión de la fibra de vidrio es muy grande, pero su modulo de young es muy pequeño, es una de las fibras mas utilizadas en México por su bajo precio

D) fibras naturales:

Las fibras naturales como el ramio, el yute, fibra de coco y otras son materiales mucho más económicos que los anteriores, pero con la desventaja de ser menos resistentes y un poco más pesados. Estos materiales son utilizados en zonas o partes que no estén sometidas a grandes esfuerzos como en asientos, tableros o carcazas de mecanismos, son muy durables y pueden ser biodegradables.

2.4.2 PLÁSTICOS IMPORTANTES.

Existe gran diversidad de plásticos que son útiles para hacer piezas fundamentales o como complemento de otras, pero solo hablaremos de los más comúnmente utilizados y los más accesibles.

1) Plásticos transparentes para la fabricación de parabrisas:

- **Policarbonato.** Es un plástico que resiste altos impactos, muy recomendable para la construcción de parabrisas, ya que tiene propiedades que protegen al piloto tanto de impactos como de los rayos del sol. Sus características varían según el tipo de policarbonato y del espesor de la placa.
- **Acrílico.** Este material es recomendable solo para piezas pequeñas o auxiliares del parabrisas, ya que no es tan resistente como el policarbonato. El acrílico tiene la ventaja de ser más ligero que el policarbonato y es más fácil de termoformar y de pulir.
- **Película de control solar (mylar reflejante).** Estas películas son muy importantes en los parabrisas de autos que compiten bajo condiciones de mucha radiación solar, porque evitan la entrada de los rayos ultravioleta y la de los infrarrojos que pueden producir fuertes quemaduras a los conductores.
- **PET laminado.** Este material se utiliza para hacer parabrisas sencillos que no tienen doble curvatura y no se pueden termoformar.

Existen muchas clases diferentes de películas de control solar que ofrecen diversos grados de protección a los rayos solares e incluso en algunos casos contra impactos, y se pueden encontrar en distintos espesores y colores como plateado, dorado, azul, humo y otros.

2) Espumados plásticos.

Los espumados plásticos son importantes en piezas que deben llevar un relleno estructural. También son muy útiles para la elaboración de modelos preliminares por su gran moldeabilidad. Los espumados plásticos se pueden dividir de la siguiente forma:

Espumas de poliuretano

- **Alta densidad:**
Ideales para rellenos y talla de modelos
- **Baja densidad**
Ideal para acojinamientos o aislante térmico.
- **Esponjosas.**

3) Espumados de Poliestireno

Alta densidad: cuentan con muy buenas características mecánicas, por eso son ideales para el relleno de aletas, spoilers, alerones y toda clase de piezas que se recubran con materiales compuestos.

Esponjoso: este tipo de espumado es muy útil para el acolchonamiento de tubos o barras de parachoques, sobre todo por que una de sus principales presentaciones es tubular.

2.4.3 METALES.

1) Aluminio.

Existen distintos tipos de aluminio; el aluminio convencional no es muy recomendable para hacer estructuras ya que tiene un bajo coeficiente de flexión y esto lo hace muy inseguro. Este problema puede solucionarse utilizando tubos de pared gruesa o tubos de cédula. Lo último a veces no tiene mucho caso por que se tiene que reforzar mucho la estructura de un chasis para que funcione adecuadamente, provocando un aumento de peso que equivaldría a una estructura sencilla hecha con tubos de acero convencional.

Las aleaciones de aluminio desarrolladas para uso aeronáutico o duraluminios, resultan ser muy adecuadas para la fabricación de chasis, ya que cuentan con la ligereza del aluminio aunada a un gran coeficiente de dureza y rigidez proporcionada por los materiales con los que se alea el aluminio.

Existen muchos tipos, pero entre las mas comerciales se encuentran el duraluminio aleación 6061-t6 y duraluminio aleación 2014-t6.

2) Acero al cromo molibdeno.

Esta aleación es una de las más empleadas en todo tipo de máquinas en donde dureza, resistencia y ligereza son requisitos indispensables.

Este metal color gris oscuro resulta ser muy adecuado cuando se tiene en mente construir un chasis muy sencillo y ligero, ya que presenta gran resistencia a la flexión, a la torsión, al esfuerzo cortante y a la fatiga. Afortunadamente ya se pueden encontrar perfiles tubulares, barras y placas incluso con secciones especiales de silueta aerodinámica.

3) Acero al carbón.

El acero al carbón es un material noble, por sus características mecánicas es fácil de soldar y tiene un precio muy accesible. Con este material hay que ser muy cauteloso a la hora de diseñar un chasis tubular, ya que su peso puede ser un elemento en contra para este tipo de vehículos pues es fácil saturar la estructura de elementos no necesarios por el temor a fallas o rupturas estructurales.

Hay que tomar en cuenta que una estructura bien pensada en acero al carbón puede ser tan eficaz como alguna otra pensada en otro material.

Material	Resistencia a la tensión (MPa)	Módulo de Young (GPa)	Densidad (g/cm ³)
Aleaciones			
Acero dulce	400	210	7.8
Magnesio AZ31b	250	45	1.77
Aluminio 6061 T0	124	70	2.72
Aluminio 6061 T6	310	70	2.72
Titanio B120VLA	1379	110	4.85
Acero Cr-Mb 4130	2068	205	7.90
Fibras			
Vidrio-E	3448	73	2.54
Vidrio-S	4482	86	2.49
AS-4 Carbón	4000	228	1.8
IM-7 Carbón	5413	276	1.77
P-100 Carbón	2242	690	2.16
Aramida Kevlar 49	3792	131	1.47
Boron	3516	400	2.49
Madera	100	8-13	0.4-0.8

Tabla 2.2 Propiedades de los materiales usados en la construcción de coche eléctricos.

2.5 Elementos de un auto de competencias.

2.5.1 CHASIS.

Se define como chasis a la estructura o parte principal de un vehículo en donde van montados todos los componentes del sistema mecánico y los componentes del sistema eléctrico, así como también el habitáculo o cabina del piloto.

El chasis se puede construir con fibras compuestas formando un monocasco o con perfiles tubulares de metal formando una estructura.

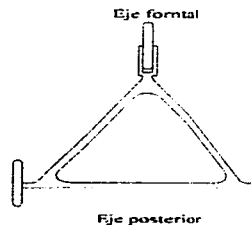
El primer caso tiene la ventaja de ser además de un chasis, una parte de la carrocería, haciendo más sencillo al vehículo por reducir la cantidad de elementos que lo componen y al mismo tiempo proporcionándole rigidez y ligereza propios de estos materiales.

En el segundo caso el chasis está compuesto por una estructura tubular, ofreciendo rigidez y ligereza según el material del que esté hecho, como por ejemplo de alguna aleación de duraluminio o de acero al cromo molibdeno.

La forma que puede adquirir la estructura de un chasis tubular o de materiales compuestos se deriva directamente de diseño del automóvil, pero existen tres configuraciones básicas que deben tomarse en cuenta al definir el diseño:

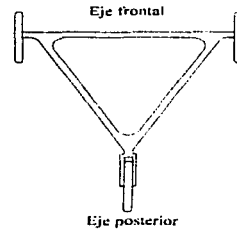
1) Configuración triciclo en flecha:

Esta configuración nos permite tener un chasis que presenta un sistema mecánico muy sencillo a nivel de suspensión y dirección, ya que solo cuenta con una rueda directriz. Desafortunadamente, este tipo de configuración de ruedas proporciona menor estabilidad al maniobrar el vehículo bruscamente, pudiendo volcarse cuando se conduce a alta velocidad.



2) Configuración de Triciclo inverso:

Una gran ventaja que otorga un chasis con configuración triangular es la reducción del coeficiente de rodamiento en comparación a un chasis de cuatro ruedas.

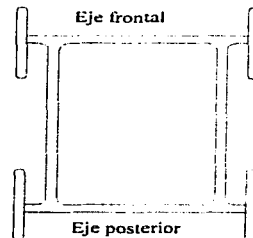


En el caso del triciclo inverso la dirección y la suspensión son más complejas que en el caso anterior, ya que se deben de tomar en cuenta ángulos de divergencia, camber, caster y geometría de la suspensión que son factores importantes para el buen funcionamiento del vehículo.

La tracción está localizada en el eje trasero o posterior.

3) Configuración de cuatro ruedas.

El chasis de cuatro ruedas puede resultar ser la configuración más estable, sin embargo, el grado de complejidad aumenta, ya que adicionada a la estabilidad tenemos un mayor número de componentes necesarios para proporcionar un buen comportamiento y seguridad del auto. Por otra parte el factor peso y resistencia al rodamiento también se ven afectados.



Es importante aclarar que la configuración que el diseñador del vehículo elija tiene que centrarse fundamentalmente en el diseño en particular, pudiendo ajustar y jugar con las tres opciones antes expuestas.

La geometría de la suspensión, ángulos de divergencia, camber y caster se explican más adelante.

2.5.2 CARROCERÍA

La carrocería de un vehículo es la envoltura o cubierta del chasis. Esta envoltura proporciona al auto características que le ayudan aerodinámica y estáticamente. En algunos casos, como ya se mencionó, la carrocería puede ser parte estructural del vehículo en el caso en que estos tienen una configuración de monocasco fabricada de materiales compuestos. En otros casos, la carrocería solo se coloca cubriendo al chasis o se combinan estos elementos (chasis y materiales compuestos) para estructurar al auto.

Para construir una carrocería es muy importante tomar en cuenta la ligereza de los materiales que se emplearán, así como los acabados finales. El acabado final debe ser muy liso, pues así causará menor fricción con el aire (skin resistance).

Se recomienda que la carrocería tenga formas curvas muy suaves siguiendo patrones aerodinámicos, también es necesario que todas las entradas de aire se canalicen de tal forma que encuentren una salida para que el aire circule y no quede atrapado provocando un freno del vehículo.

2.5.3 SISTEMAS MECÁNICOS.

El sistema mecánico es el conjunto de partes móviles que integran los diferentes sistemas que proporcionan movilidad a un vehículo. Estos sistemas se dividen en sistema de transmisión, sistema de suspensión, sistema de dirección y sistema de frenado. A continuación, analizaremos algunos de los mecanismos más convencionalmente utilizados en automóviles solares y electrón para tener una idea del funcionamiento en general de este tipo de autos y así poder partir de esto para comenzar a diseñar.

Transmisión.

La transmisión de un vehículo se compone por aquellas partes que transmiten el movimiento del motor al tren motriz.

En el caso de un vehículo eléctrico, el motor es un componente muy simple, los problemas empiezan cuando hay que transmitir el movimiento a las ruedas de la manera más adecuada, eficiente y ligera. Es muy importante tomar en cuenta el grupo de características que integran el sistema que se utilizará, porque vale la pena recordar que entre mejor sea el funcionamiento del motor, el consumo de energía es menor aumentando la eficiencia del aparato.

- **la transmisión de cadena - catarina puede llegar a ser un mecanismo muy eficiente siempre que exista un perfecto ajuste de la tensión de la cadena y una alineación adecuada del piñón y la catarina.**
- **el diámetro de las catarinas reductoras y del piñón lo determinarán las especificaciones del motor y el terreno en donde vaya a correr el vehículo. Determinar correctamente el diámetro de la catarina es un factor fundamental para el desempeño y eficiencia de motor eléctrico.**

Un sistema muy similar al de piñón, cadena y catarina es el de banda o correa y poleas dentadas, este sistema no es tan barato y accesible como el de cadena pero presenta muchas ventajas. En primer lugar el ajuste de una banda o correa de hule siempre será a la tensión máxima que permite el material, además de que el mecanismo de tensión puede llegar a ser más simple y ligero.

Otra ganancia que obtenemos con este sistema es la reducción de peso en los componentes, ya que como el desgaste que genera el material de la banda es menor al de una cadena metálica, las poleas pueden fabricarse en materiales ligeros como el nylon y el aluminio. Por otro lado el sobrecalentamiento del sistema por fricción se ve disminuido considerablemente.

Comparando los sistemas anteriores se puede decir que el sistema piñón - catarina - cadena puede llegar a tener un alto grado de eficiencia en cuanto a la disminución de pérdidas mecánicas en la transmisión del movimiento, pero esto solo se logra llegando al punto óptimo de ajuste entre sus componentes sin permitir errores, por lo tanto si se desajusta algún componente la eficiencia disminuye. El sistema de poleas y banda dentada no es tan estricto con el ajuste y permite tener un margen de error más amplio sin que la eficiencia se vea alterada en gran medida, pero involucra una inversión mayor.

-Sistema de motor directo a la rueda o llanta motorizada.

Este sistema es el más nuevo de los sistemas aplicados a vehículos eléctricos y su gran ventaja está en eliminar gran parte de los componentes ya conocidos en una transmisión, tales como catarinas, poleas, etc. El eliminar las fuentes de rozamiento en una transmisión, significa que se van a evitar pérdidas de energía y el rendimiento del motor no se afectará.

El sistema de rueda motorizada recibe este nombre por el hecho de tener un motor integrado en el mismo rin de tal forma que el eje de éste es la armadura o embobinado del motor y el rin es un imán permanente formando un motor completo.

Existen diversos tipos de mecanismos con este mismo principio que a veces integran piñones o sistemas de reducción de r.p.m. (revoluciones por minuto). Pero todos resultan ser más eficientes que los sistemas que separan sus componentes.

Este tipo de ruedas motorizadas están cumpliendo su última etapa de pruebas y por consiguiente su precio es todavía elevado en comparación con un sistema convencional de cadena y catarina.

El último de los sistemas que se va a mencionar resulta ser uno de los más comunes en vehículos de combustión interna, este tipo de transmisión es por medio de flechas. Este sistema, al igual que el sistema de piñón - catarina - cadena, presenta un alto índice de eficiencia al transmitir el movimiento, además de que cuenta con la ventaja de poder colocarse en diversos sitios del auto, incluyendo fuera de la suspensión de la llanta del motor a diferencia de los sistemas anteriores; esto quiere decir que una flecha o cardán puede transmitir el movimiento sin importar la alineación del eje de la rueda motriz y del motor. Cuando tenemos un tren motriz de dos llantas separadas el sistema funciona muy bien acompañado de una caja de satélites o diferencial. Pero es muy importante recalcar que un motor eléctrico es un componente delicado que puede perder su eficiencia fácilmente, por lo tanto, entre más componentes mecánicos de transmisión del movimiento se tengan aumentarán las pérdidas de energía por fricción.

Los sistemas de flecha o cardán siempre van acompañados por rótulas para poder absorber las vibraciones causadas por la suspensión.

Se debe utilizar el sistema de transmisión más simple (menos componentes) para aminorar pérdidas por fricción y peso.

Suspensión.

El sistema de suspensión es aquel que evita que las vibraciones producidas por el terreno en que transita el vehículo se transmitan al habitáculo del vehículo, mejora la estabilidad del vehículo haciéndolo más seguro en vueltas o virajes a altas velocidades.

En los autos solares resulta indispensable un buen sistema de suspensión porque llevan dentro de sí componentes delicados que sufrirían desperfectos a causa de las vibraciones.

En el caso de los autos electrón, el sistema de suspensión puede llegar a ser muy simple o inclusive carecer de éste, ya que la morfología de este tipo de carros es muy sencilla.

A continuación se presentan algunos de los sistemas más utilizados en estos vehículos y se muestra una idea general de su funcionamiento.

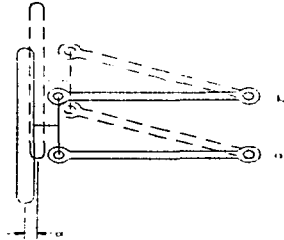
Primeramente tenemos que conocer la forma de diseñar la geometría de la suspensión, para esto se deben conocer algunos términos importantes.

Una buena suspensión debe poseer una buena absorción y elasticidad. La elasticidad evita que las desigualdades de la carretera se transmitan como impactos a la estructura y a los ocupantes del auto. Esta elasticidad es proporcionada por muelles, que es un elemento que guarda la energía cuando se deforma utilizándola para volver a su forma original. La absorción es la capacidad de frenar un golpe (quitarle velocidad) mediante un amortiguador. Si esta energía no fuera absorbida, la muelle continuaría oscilando produciendo que el vehículo no dejara de botar.

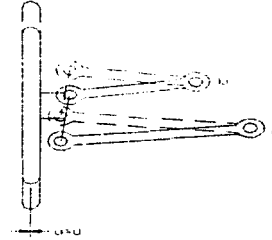
La unión de muelles con instrumentos de amortiguación nos dan una suspensión que disminuye las vibraciones y ruidos, haciendo la marcha del vehículo más confortable. Además de los conceptos anteriores, el sistema de suspensión tiene que basar su funcionamiento en un desarrollo geométrico que establezca su adecuado funcionamiento.

Para diseñar una buena suspensión es necesario analizar cómo se comporta o cuáles son los movimientos que tiene un automóvil cuando se desplaza. Por ejemplo, un móvil se encuentra con curvas, baches y una gran cantidad de factores que provocan desavenencias en su trayectoria, transformándose en inseguridad para el tripulante.

El efecto paralelogramo es un principio que se aplica a la geometría de la suspensión que nos ayuda a controlar los desplazamientos de las llantas (Fig. 2.4).



Los brazos de suspensión con longitud igual ($a=b$) provocan un desplazamiento horizontal (d) que no es muy apropiado al entrar a una curva y además se generan pérdidas por fricción.



Los brazos con diferente longitud ($a \neq b$) ayudan al equilibrio del coche al entrar a una curva y se evitan las pérdidas por fricción.

2.4 Desplazamientos en una suspensión

Existen diversas variantes de suspensiones, pero respetando el funcionamiento de los principios antes mencionados, podemos desarrollar una suspensión lo bastante simple y funcional como para lograr un vehículo solar o un electrótron muy confiable.

Centro de gravedad.

El centro de gravedad o centro de masa es el punto exacto de balance entre los ejes del vehículo. Este punto puede situarse hacia adelante o hacia atrás.

Localizar adecuadamente el centro de gravedad de un vehículo es un factor crítico para la maniobrabilidad y estabilidad.

Se recomienda que la posición del piloto sea tan baja como sea posible, así como las baterías y el motor.

El centro de masa que incluye al piloto debe ser situado de tal forma que cada una de las ruedas del auto soporten el mismo peso, esto es que el peso total del vehículo se encuentre distribuido en partes iguales en cada rueda.

Geometría de la suspensión

Los diferentes términos usados para definir la geometría de una suspensión se ilustran en la figura 2.5.

- El **Ángulo del perno maestro** es la inclinación del perno maestro visto desde el frente.
- **NKTP** distancia que existe entre la horquilla superior y la inferior. (medida en el perno maestro)
- El **Desplazamiento de la dirección** es la distancia transversal entre el punto donde el eje de la dirección toca con el piso y el centro del contacto de la llanta. Un desplazamiento diferente de cero hace que la rueda describa un arco al dar la vuelta.
- El **Ángulo de camber** es el ángulo que tiene la llanta con la vertical visto de frente. Para asegurar una menor resistencia al rodamiento, el camber debe de ser lo mas cercano a cero.

Ángulo de caída negativo. Esta posición mejora la estabilidad, pero dificulta el giro de las ruedas directrices.

Ángulo de caída positivo. Las ruedas en esta posición permiten el fácil manejo del auto y evitan el desgaste del mecanismo de dirección.

Ángulo de caída cero. Esta posición sin ángulo de caída dificulta el manejo del auto y envía mucha carga a los pivotes de dirección.

- El **Ángulo de caster** es el ángulo que forma el eje de la dirección (o perno maestro) con la vertical visto de lado.
- El **Desplazamiento del caster** es la distancia horizontal entre el eje de la dirección y una línea paralela que pase por el centro de la llanta vista de lado.
- El **Trail** es la distancia horizontal que existe entre el punto donde el eje de la dirección intersecta con el piso y el punto de contacto de la llanta vista de lado.
- El **Toe** es la variación del paralelismo que tienen las llantas en un mismo eje (visto desde arriba), causando divergencia o convergencia en las llantas. Cualquier variación diferente de cero causará pérdidas por fricción. Normalmente un eje sin tracción se calibra con un poco de convergencia (cuando está parado el vehículo), para que las fuerzas generadas por el movimiento del vehículo pongan paralelas las llantas, y reduciendo así las pérdidas

Sistema de dirección.

La dirección es el sistema que le da al tripulante el control del vehículo, y se basa principalmente en un volante o mecanismo de control y un sistema de transmisión del movimiento a las llantas. Para poder diseñar y construir un sistema de dirección hay que conocer algunos conceptos que son muy importantes y forman parte de la geometría de la dirección.

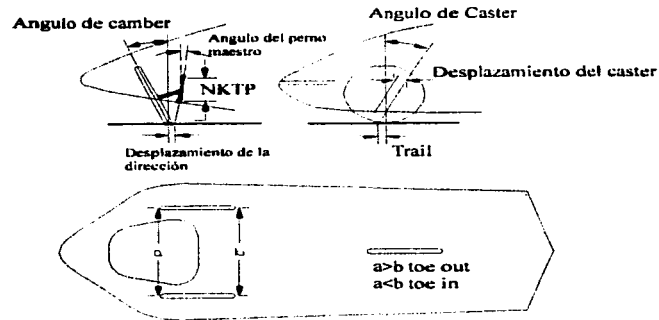


Fig. 2.5 Términos utilizados en el diseño de una suspensión.

El principio de Ackerman.

Este principio nos indica que la prolongación del eje de las ruedas móviles tiene que nacer del centro común al radio de giro del auto (Fig. 2.6). Esto significa que cuando las llantas móviles de un vehículo giran para producir una vuelta, no lo hacen paralelamente sino que describen ángulos desiguales de acuerdo a centro de giro que describe el vehículo (Fig. 2.7).

Si el giro de las ruedas fuera paralelo, la llanta exterior rozaría con el pavimento lateralmente y provocaría pérdidas por rozamiento y fricción. Como la barra de acoplamiento de la dirección es más corta que el conjunto del eje delantero, la rueda derecha se mueve con un ángulo mayor que el de la izquierda al girar hacia la derecha y viceversa.

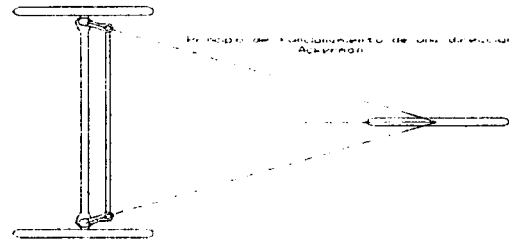


Fig. 2.6 Dirección Ackerman.

Reducción de la dirección.

Se llama **Reducción** a la relación que existe entre los ángulos de rotación del volante de dirección y de las ruedas. Por ejemplo, un giro completo del volante podría hacer girar a las ruedas 30° y se diría que la reducción es de 12:1.

Por lo tanto: 1 giro completo de volante = 360°

Giro de rueda = 30°

Relación = $360^\circ / 30^\circ = 12$

Relación = 12 veces a 1 (12:1)

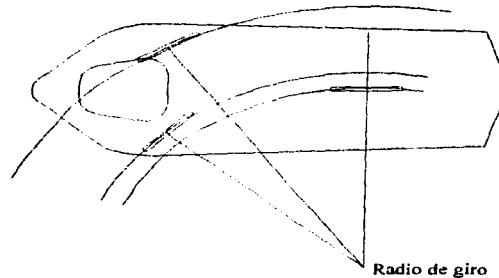


Fig. 2.7 Comportamiento de un dirección Ackerman al dar la vuelta.

Para un auto de poco peso como un electrón es recomendable una relación de 6:1, es decir que el volante gire una vez para completar un giro de las ruedas de 60° entre los topes de la dirección.

Si un automóvil careciera de un sistema de reducción se diría que su relación entre el volante y las ruedas es de 1:1. Esto causaría que la dirección fuera muy difícil de mover, además de causar imprecisión en los movimientos.

Los automóviles deben tener unos toques que limiten el movimiento de giro de las ruedas, para que éstas no rocen o golpeen con la carrocería cuando se gira al máximo el sistema. Estos toques pueden situarse indistintamente en el pivote de la rueda o en el mecanismo de la dirección según los variados diseños de los autos.

Existen diversos sistemas de reducción, de relación de poleas, de palancas y de piñón y cremallera entre los más sencillos.

Llantas y rines.

Uno de los factores más importantes para un buen ahorro de energía son los neumáticos. Para el tipo de autos eléctricos de categoría electratrón, se había hecho pruebas con ruedas de bicicleta, de go-kart, de silla de ruedas y algunas otras, con lo que se ha observado que las llantas con superficies más lisas son las que mejores características presentan. Este tipo de llantas presentan buena flexibilidad y agarre al momento de frenado.

Otro factor importante, es la capacidad de inflado, a mayor presión, menor es el coeficiente de arrastre y viceversa. Para poder lograr una presión arriba de los 100 psi (libras por pulgada cuadrada), se necesita contar con una rueda especial de tipo "slicks". La marca que pueden tener ruedas con estas características son "avocet". Estas llantas "slicks" son completamente lisas y pueden soportar hasta 120 psi. Se recomienda que el inflado de los neumáticos se encuentre entre un rango de 60 psi a 100 psi (variando según el peso y tamaño de la llanta), siempre y cuando el neumático lo permita.

Lo principal a considerar es darle al coche el área de contacto mínima para que el vehículo se comporte bien y no se tengan pérdidas por fricción. Es necesario recordar que uno de los principales factores que se persiguen en la construcción de un vehículo eléctrico es la ligereza, y por lo mismo, los rines que se seleccionen o diseñen deben de cumplir con las características de una elevada resistencia y un bajo peso.

Existen diferentes tipos de rines:

- [1] Aro-rayos-masa.
- [2] tapones y aros de materiales compuestos, con masa
- [3] plato macizo de metal, con baleros
- [3] Aro-hilos de kevlar-masa.

Todos los tipos son recomendables, solo se deben buscar en el mercado o diseñarlos adecuadamente de acuerdo con el auto que se construye.

Frenos

Un buen sistema de frenado es 100% indispensable para todo vehículo, además de que en el tipo de eventos en donde autos solares y electratrón participan, la seguridad es uno de los principales y más estrictos factores que se persiguen. Las pruebas que se han realizado

en competencia han demostrado que los frenos hidráulicos para el sistema de mordaza y disco, de los utilizados para go-karts, son los que mejores resultados han tenido.

Otro tipo de frenos, principalmente recomendados para autos electrón con peso menor a 180 kg. es el sistema compuesto por un fleje y un tambor.

El sistema de disco y mordaza presenta algunas ventajas sobre el sistema de fleje y tambor. Indudablemente, un sistema hidráulico siempre será mas eficaz que uno mecánico, pero esto no descarta a los segundos de ser buenos candidatos para los autos electrón. El sistema hidráulico de disco y mordaza se recomienda para autos que pesen arriba de los 180 kg. o bien que desarrollen velocidades superiores a los 60 km./h.

Lo anterior se debe a que este tipo de sistemas tienen una alta velocidad de reacción al frenado y pueden aplicar una mayor presión al sistema, mejorando los resultados. Pero para que este tipo de sistemas funcionen eficazmente, el ajuste y el equilibrado del mismo debe ser muy preciso.

Este ajuste involucra revisar que dentro de la línea hidráulica no existan burbujas de aire, esto se logra purgando el sistema, llenando la línea y bombeando el pedal de freno hasta ver que las mordazas aplican la misma presión y las burbujas de aire escapan por los purgadores. Otro factor importante es cuidar que las mordazas de cada disco funcionen de igual forma para equilibrar el sistema, pues si el sistema se encontrara desequilibrado, el auto al momento de frenar tendería a jalarsé hacia algún lado o podría llegar a despurgarse propiciando deficiencia en el frenado.

En los autos convencionales la distancia que hay entre la zapata de la mordaza y el disco es de aproximadamente de 0.5 a 1.0 mm o en muchos casos, la zapata roza ligeramente al disco. Recordemos que para un vehículo eléctrico es requisito indispensable evitar todo tipo de pérdidas. Si se decide instalar un sistema de disco y mordaza se tiene que prever que las zapatas de las mordazas no rocen con el disco.

Por último, es bueno revisar que toda la línea del sistema hidráulico tenga siempre el mismo diámetro, que no existan dobleces bruscos y que no tenga fugas para que el líquido circule libremente.

En el caso del sistema de fleje y tambor las cosas no son tan graves, pero si debemos hacer hincapié de que este tipo de sistemas mecánicos no son recomendables para autos solares debido a su gran masa y peso.

Por otra parte los frenos de esta especie son los más recomendados para los autos electrátón ya que son sencillos, ligeros, baratos y fáciles de ajustar en comparación con los sistemas hidráulicos. Pero así como en este último son importantes los factores de equilibrio y rozamiento del sistema, en el de fleje y tambor se debe cuidar que el fleje no tenga contacto con el tambor sino hasta que el pedal de freno sea accionado.

2.5.4 SISTEMA ELÉCTRICO.

El sistema eléctrico de un vehículo electrátón o solar se divide en dos subsistemas fundamentales:

El principal llamado primario, es el encargado de organizar y suministrar la energía para el funcionamiento del auto. Y el secundario, que se deriva del primario y se especializa en todo lo que tiene que ver con la instrumentación, controles y accesorios del vehículo.

Estos sistemas varían un poco entre autos solares y electrátón, debido a que su complejidad es diferente para cada caso, y la manera más fácil de ejemplificar esta diferencia es haciendo los diagramas eléctricos correspondientes, mostrando cada componente y mencionando su función para dar una idea general del funcionamiento de cada uno de estos sistemas.

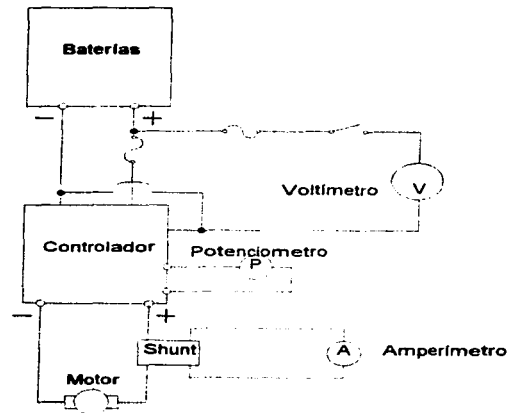


Fig. 2.9 Diagrama de conexiones de un vehículo electrátón.

El principio de funcionamiento de un vehículo electrón es muy sencillo, de hecho el vehículo electrón es el auto eléctrico en su mínima expresión. Básicamente se compone de baterías y el motor, pero además tenemos también una serie de componentes que ayudan a controlar y medir la energía para lograr un funcionamiento completo del sistema.

Por ejemplo, el diagrama anterior indica una fuente de energía que alimenta al motor por medio de un cerebro que controla los movimientos del mismo, y a su vez esta fuente también se encarga de la alimentación del sistema secundario, el cual se ocupa de mantener informado al piloto del comportamiento eléctrico del auto mediante medidores de voltaje y corriente (shunt). Todos los indicadores y componentes como luces, claxon y otros, también están suministrados de energía por la misma fuente. En cuanto al factor seguridad se refiere, tanto el sistema primario como el secundario cuentan con contactores o interruptores de corriente.

En el caso de un vehículo solar, el principio fundamental es igual al de un vehículo electrón, solo que llevado a una expresión más compleja, ya que son vehículos más grandes, poderosos y cuentan con más componentes.

El panel solar se encarga de alimentar un banco de baterías por medio de la interacción de un cerebro que administra la corriente. El banco de baterías, al igual que en los vehículos electrón, tiene la labor de suministrar la corriente almacenada al motor por medio del controlador. A su vez, también se distribuye la corriente al sistema secundario que se encuentra en la cabina principalmente.

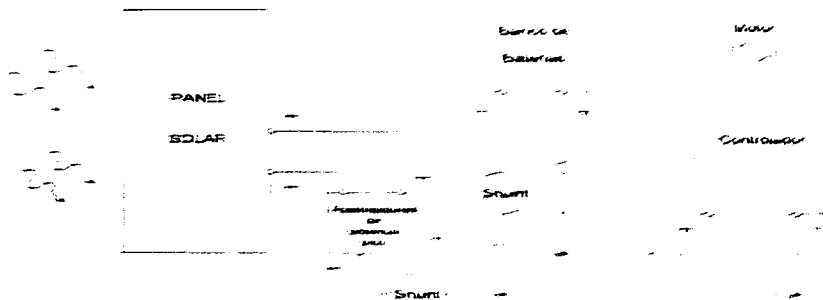


Fig. 2.8 Diagrama de conexiones de un vehículo solar-eléctrico

El factor seguridad tanto del banco de baterías como del motor y el sistema eléctrico secundario se desactivan independientemente por medio de contactores, además, debido a que el panel solar y el banco de baterías generan alta corriente y ésta se dirige a la cabina poniendo en peligro al piloto, la corriente se hace pasar por un divisor de voltaje y corriente para protección del piloto por descarga eléctrica.

Una de las diferencias de funcionamiento entre un sistema solar y uno para electratrón, radica en que mientras el sistema solar puede recargar el banco de baterías y mantenerse en funcionamiento autónomamente, el sistema de un vehículo electratrón, solo permite su funcionamiento mientras su banco de baterías se encuentre cargado. De no ser así, el auto tiene que abastecerse por medio de un recargador auxiliar externo al sistema, y por lo tanto, el rango de funcionamiento es menor.

Otra diferencia entre autos electratrón y solares es que las especificaciones de muchos de sus componentes, en especial del motor y su controlador así como del cableado, contactores e instrumentos de medición son diferentes, debido a que los de los autos solares requieren de más precisión y eficiencia para su funcionamiento. Con el propósito de explicar mejor estos sistemas a continuación se enuncia el funcionamiento de algunos componentes eléctricos.

1) Controlador del motor.

Este aparato es un cerebro electrónico que gobierna el funcionamiento del motor de varias maneras para lograr un mayor rango de utilidad. La primera función del controlador es dosificar la entrada de corriente y voltaje para que el motor no sufra daños por picos de corriente inesperados. Además tiene la capacidad de cambiar de corriente alterna (ac) a corriente directa (dc) o viceversa.

La segunda función de este cerebro es la de funcionar como caja electrónica de velocidades, brindando la posibilidad de tener dos velocidades, una hacia al frente y otra hacia atrás.

La última de estas funciones es el freno regenerativo que funciona transformando al motor en un generador, aprovechando el impulso del auto para recargar el banco de baterías mientras que el auto frena por la acción del magnetismo producido por la regeneración de energía.

2) Rastreadores de potencia pico (pick power trackers).

Este instrumento resulta indispensable para un auto solar con un panel mayor a los 5m² de área de captación, ya que éste es un cerebro que ayuda a administrar la corriente y el voltaje entre el controlador y las baterías, además de mantener siempre la potencia de salida del panel solar. Otra gran función es la de mantener un equilibrio energético entre las baterías y el panel solar. Por ejemplo, cuando el banco de baterías está un poco descargado, la energía sobrante que viene del panel se dirige directamente ahí, y cuando sobra energía, aún cuando las baterías estén recargadas, ésta es dirigida al motor.

Para el caso de los autos electrón los rastreadores de potencia pico no son necesarios, aun si éste está provisto de un panel solar, que por reglamentación de estos autos no es mayor a un metro cuadrado.

3) Contactor.

El contactor es un interruptor que funciona por medio de una bobina electromagnética y sirve para desactivar sistemas con mucha corriente de por medio.

4) Potenciómetro.

Es un regulador de corriente que está conectado directamente al controlador y por medio de una bobina controla la velocidad.

5) Voltímetro.

Es un instrumento de medición que detecta el voltaje existente en el banco de baterías.

6) Amperímetro.

Es un instrumento que mide la cantidad de corriente en el sistema.

7) Amperorímetro.

Este instrumento mide el grado de descarga del banco de baterías.

CAPITULO 3

DISEÑO CONCEPTUAL.

En los capítulos anteriores se describió la teoría en el diseño general de un vehículo eléctrico de competencias, en este capítulo y los siguientes se detallará este diseño para un vehículo en particular.

Al diseñar el vehículo se debe tomar en cuenta el reglamento de competencias fórmula electratón (apéndice A), así como las características que queremos del vehículo. Entre éstas se desea obtener un coche que sea ligero, pequeño, que en él quepa una persona de entre 1.70 y 1.60 m de altura de compleción media, que tenga buena maniobrabilidad en curvas cerradas (radio de giro entre 2.5 y 5 m) a una velocidad de 30 km/h, que su velocidad máxima sea igual a 45 km/h, que el piloto esté en una posición lo suficientemente cómoda para maniobrar por circuitos una hora, así como contar con la seguridad que se requiere en caso de un impacto.

3.1 Diseño del chasis.

Todas las consideraciones que a continuación se presentan se basan en la experiencia adquirida en la construcción de vehículos de este tipo así como en la participación en carreras de coches eléctricos, éstas sirven como variables de entrada para el diseño de un prototipo y sólo a través de pruebas y cálculos matemáticos se llegará al diseño final del coche. Como se desea tener un vehículo eficiente se usará un chasis de tres ruedas, ya que así se tendrán menos componentes mecánicos y la resistencia al rodamiento será menor. Utilizaremos un triciclo inverso (2 llantas adelante, 1 atrás) ya que éste es más estable en curvas muy cerradas, la tracción estará en la rueda trasera, y la dirección en la delantera. Se busca que la posición del piloto sea lo más acostada posible para así tener una carrocería bastante aerodinámica, por lo que el chasis deberá ser lo suficientemente largo para que la persona que lo maneja (piloto) quepa dentro del mismo, el peso del piloto debe de estar soportado entre las ruedas delanteras y trasera y no tener extremidades del piloto fuera de éstas. Tomando esto en cuenta, la distancia entre ejes del vehículo sería aproximadamente de 1.70 m. La distancia entre las llantas delanteras (track) no debe de ser muy grande ya que esto evitaría que el coche diera vueltas cerradas, pero tampoco muy pequeño ya que el coche se puede voltear, el valor máximo permitido por el reglamento de competencias es de 1.50 m, para el diseño propuesto será aproximadamente de 1.30 m el chasis se hará de aluminio tubular para la estructura principal del chasis y de acero tubular Cr-Mb 4130 para los elementos de la suspensión utilizando una barra de material de epoxi-fibra para los elementos de amortiguación y

muelle. A continuación se hará un análisis mas detallado de los elementos que componen el chasis.

Estructura principal.

Esta estructura es donde se acoplan la suspensión delantera y trasera, donde se montan las baterías, motor y sistemas eléctricos y también donde va el piloto, está definida principalmente por el tamaño y posición del piloto.

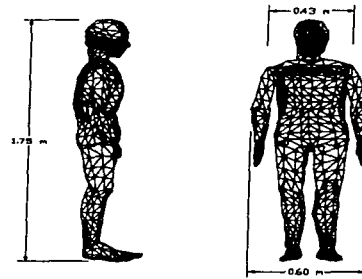


Fig. 3.1 Compleción del piloto.

Estas son las características principales del piloto. La posición del mismo, como ya se mencionó anteriormente, va a ser lo mas acostado posible, sacrificando el confort para ganar en lo aerodinámico, pero tomando en cuenta los factores de visibilidad, seguridad y ergonomía.

Después de probar físicamente con varias posiciones logramos encontrar una que no resultaba tan incómoda para el piloto, si se le daba un buen soporte a la espalda y a las piernas, así se empezó a diseñar el chasis alrededor de esta posición.

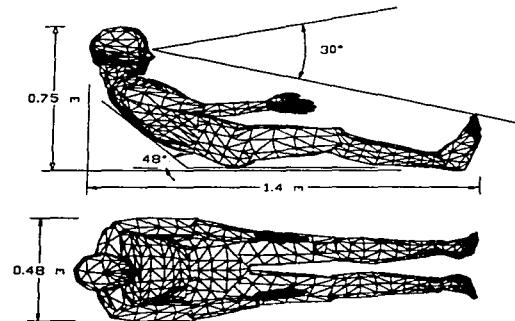


Fig. 3.2 Posición del piloto dentro de la cabina.

Una vez definida la posición del piloto empezamos a desarrollar varios chasis y carrocerías que pudieran ajustarse a esta posición, de todas las ideas que surgieron al final nos quedamos con tres que se evaluaron para ver cual era la más fácil del construir.

Caso 1

El primer concepto a manejar fue el de hacer un coche completamente de materiales compuestos, es decir el mismo chasis era la carrocería, la idea era fabricarlo de una pieza con un sandwich de fibra de vidrio el cual iba a ser muy resistente y ligero, a esta pieza se le iban a poner unos insertos metálicos de los cuales se iban a fijar la suspensión trasera y delantera.



Fig. 3.3 Chasis y carrocería para el Caso 1

Este diseño se tuvo que desechar ya que los costos de fabricación de las piezas eran muy elevados, también nos dimos cuenta que en caso de algún accidente, la reparación sería muy difícil de hacer.

Caso 2

Tomando ideas del primer concepto que se manejó, se pensó en un vehículo a partir de una esfera y formas parabólicas que pudieran albergar al piloto en una manera espaciosa. El chasis, hecho principalmente de aluminio es la estructura principal del coche y sobre éste se define la forma de la carrocería, teniendo varias piezas del chasis con curvas suaves y estéticas. El interior de coche contaba con una zona para situar un tablero de control bastante accesible al piloto, contaba con protecciones para golpes laterales y volcaduras.

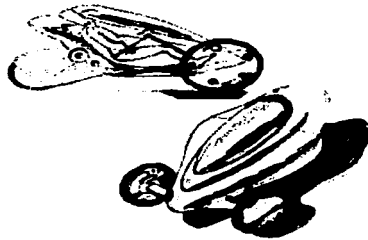


Fig. 3.4
Representación de la carrocería del caso 2.

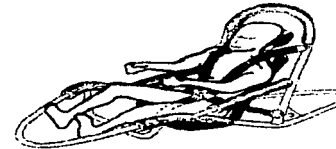


Fig. 3.5
Representación del chasis para el caso 2.

Esta idea se desechó ya que ya que observamos en pruebas realizadas al material, que no soportaba el peso de las batería y el piloto, así como las cargas que surgen durante la carrera, por lo que la estructura tubular se tendría que reforzar mucho más, elevando el peso del coche y los costos de fabricación.

Caso 3

Después de evaluar varias ideas decidimos hacer un chasis de una pieza tubular central, el cual se encargaría de soportar todo el peso del piloto, baterías, suspensión y carrocería. Este tubo da la resistencia para soportar las cargas durante la carrera, además de ser bastante ligero. Al ser el tubo una sola pieza, se reducen los costos de fabricación del coche. Tomando ideas del caso anterior se diseña una canastilla bastante sencilla para soportar al piloto y para dar protecciones en caso de impacto, también la carrocería contará con refuerzos de sandwich de material compuesto para darle mas rigidez a la estructura. La forma exterior sería muy parecida a la del caso 2.

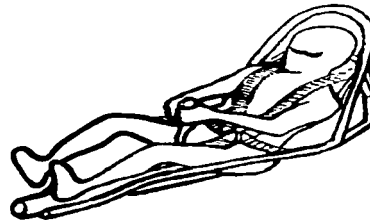


Fig. 3.6 Representación Caso 3.

Análisis estructural.

Para poder llegar al concepto final de la estructura principal es necesario hacer un análisis de esfuerzos en la estructura, éste nos ayudará a definir exactamente el tamaño de los tubos, así como su perfil; este análisis se hará bajo dos conceptos, el primero se basa en los esfuerzos generados sobre la estructura cuando el vehículo ruede bajo condiciones normales de aceleración, frenado y en una curva. El segundo análisis se realizará para proteger al piloto en caso de un impacto; es decir se diseñará una estructura que soporte un impacto frontal, lateral, posterior y de volcadura, sin comprometer la seguridad del piloto.

Análisis de esfuerzos.

Como ya se mencionó anteriormente, se debe realizar un análisis de esfuerzos sobre el chasis, este debe de tener una gran resistencia a la torsión. En los automóviles de calle no es tan importante la torsión del chasis, pero en un vehículo de carreras se necesita una estructura rígida torsionalmente, para así poder calibrar la suspensión delantera con la trasera.

La ecuación que define la rigidez torsional de un chasis sugiere que el chasis debe de ser un tubo con radio tan grande como sea posible. La rigidez torsional de un tubo es directamente proporcional al producto de G , módulo al cortante (propiedad del material) y J , el momento de inercia polar, que para un tubo es de $2\pi r^3 t$, donde r es el radio y t el espesor de la pared. La masa, m , del tubo es $2\pi r t \rho$, donde ρ es la densidad del material. Por lo tanto la rigidez por unidad de masa es

$$\frac{GJ}{m} = \frac{2\pi r^3 t G}{2\pi r t \rho} = r^2 \frac{G}{\rho}$$

G/ρ es el modulo de cortante específico del material. Por lo tanto para una rigidez máxima y peso mínimo, la solución es elevar el radio. Sin embargo, mientras más grande es el radio, menor la pared del tubo, por lo que eventualmente el tubo no sería capaz de soportar su propio peso. Para evitar este problema es necesario hacer un pequeña estructura que se sitúe alrededor del tubo principal y así simular el cuerpo estructural. Después de varias iteraciones en papel, se preparó un modelo para hacer un análisis en un programa de elemento finito.

El diseño de las cargas se obtuvo de los datos obtenidos en un coche de carreras y las de un vehículo de pasajeros comercial. Considerando como g a la fuerza de gravedad sobre el vehículo, las cargas quedaron de la siguiente manera:

- 4 g Bache Para el caso en el que la gravedad esta empujando en las tres ruedas.
- 2 g Torsión Cuando el peso del coche esta soportado en una de las llantas delanteras y la trasera.
- 1 g Vuelta Con un coeficiente de fricción en las llantas de 1, y con una transferencia de peso hacia afuera del vehículo.
- 1 g Freno Con un coeficiente de fricción de 1 en las llantas, y con una transferencia de masa hacia adelante del vehículo.

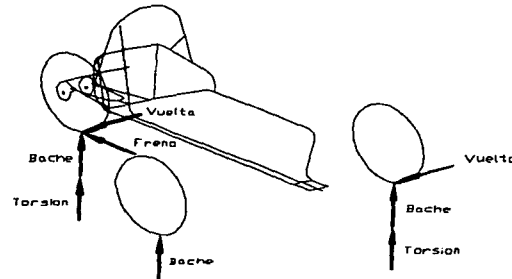


Fig. 3.7 distribución de cargas dinámicas.

Para una distribución de peso aproximada de 40% en el eje frontal y 60% en el trasero, con un peso total igual a:

Piloto	55kg.
Baterías	34kg.
Motor/controlador	12kg.
Chasis	20kg.
Carrocería	10kg.
Total	131kg.

Tabla 3.1 Peso total estimado del vehículo.

Análisis de impacto.

Como ya se mencionó anteriormente, el chasis debe de mantener su integridad en caso de un impacto, este análisis se hará bajo la suposición de que el vehículo está fijo y se le aplicarán cargas por separado en diferentes zonas del chasis para así observar los efectos de éstas sobre el mismo. También se analizarán los elementos fijos dentro del coche para que no se desprendan y pudieran golpear al piloto.

La aceleración de un vehículo es igual al cambio de velocidad de éste con respecto al tiempo. Para hacer la simulación del impacto del coche se calcula la desaceleración que sufre el coche al chocar a una velocidad de 10km/h. Teniendo como velocidad inicial $V_0=10\text{km/h}$, velocidad final $V_f=0$ y un desplazamiento no mayor a 15 cm, ya que de excedernos en esta distancia el impacto puede lastimar alguna de la extremidades del piloto, se obtiene:

$$a = V_0 \frac{dv}{dx} = V_0 \frac{(V_f - V_0)}{\Delta X} = 10/3.6 \frac{(0 - 10/3.6)}{0.15} \cong -51 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Por lo tanto el coche sufre aproximadamente 5g de desaceleración, es decir para los cálculos de impacto frontal o posterior se considera una fuerza obtenida para estas condiciones, para el caso del impacto lateral y volcadura se considera 1g.

Es importante considerar que los elementos que se encuentran dentro del coche estén bien sujetos al coche y en caso de que estos se desprendan durante el impacto no golpeen al piloto.

Geometría de la suspensión

Como ya se mencionó en capítulos anteriores, existen varias configuraciones que se pueden utilizar para la suspensión de un vehículo. Viendo las diferentes opciones existentes se optó por utilizar en la parte delantera del vehículo una suspensión que no tuviera brazos independientes sino hacer que un cuadro que se uniera al chasis a través de una muelle de material flexible. En la parte trasera del coche se decidió utilizar una suspensión rígida de bicicleta. El *eje de giro de la dirección* se puso adelante de la llanta para así darle una estabilidad direccional al coche, que permita que si se suelta el volante del coche este tienda a irse de frente. Para evitar cargas laterales excesivas en las llantas se puso el *eje de giro de la dirección* sobre el punto de contacto de la llanta. Por lo que se refiere al *camber* este será variable ya que dependiendo de la condiciones de la pista se ajustará para que el coche trabaje en condiciones óptimas. Es importante mencionar que para simplificar el modelo para el análisis de esfuerzos e impactos se consideró la

suspensión delantera como rígida. El error que se genere de esto no trae consecuencias sobre el análisis ya que la suspensión absorbe cierta cantidad de las cargas dinámicas por lo que las condiciones sobre las que se simula son peores que las reales.

3.2 Sistema de dirección.

Existen dos sistemas en el funcionamiento de la dirección de un vehículo, por un lado se tiene el sistema de control, el cual es el que el piloto opera para poder virar el vehículo, por otro lado se tiene el sistema de multiplicación, el cual se encarga de transmitir la fuerza del sistema de control hacia el eje de las llantas. Entre los sistemas de control con los que se cuenta esta el volante y las palancas, ya sea con movimiento lateral o hacia adelante y hacia atrás. En los sistemas de multiplicación tenemos el sistema de piñón y cremallera, de palanca, poleas-chicotes entre otros.

En cuanto a los sistemas de multiplicación se decidió utilizar el de palanca ya que es el más sencillo de todos y el que menos componentes mecánicos tiene. Para los sistemas de control se decidió utilizar el de palancas ya que el volante ocupaba mucho espacio en la cabina, se usaron dos palancas, una a cada lado del piloto y a través de movimientos hacia adelante y hacia atrás se vira el vehículo. Este arreglo permitía manipular las palancas con mayor fuerza que otro sistema.

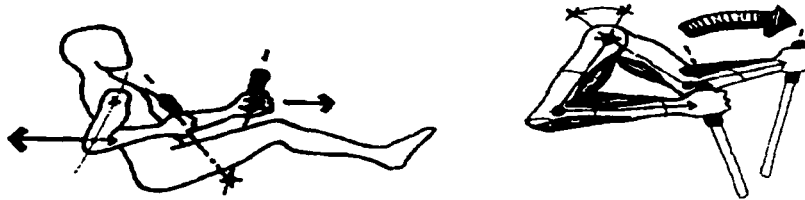


Fig3.6 Sistema de dirección con palancas laterales.

Este sistema se probó sobre un prototipo, y se encontró que la velocidad de respuesta era muy lenta, sobre todo a grandes velocidades y en curvas cerradas, por lo que finalmente se decidió utilizar una palanca central con movimiento lateral.

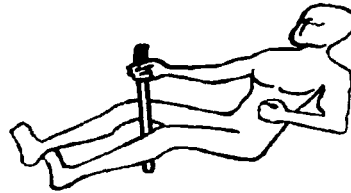


Fig. 3.7 Sistema dirección con palanca central.

Para poder calcular la dirección del coche se debe tomar en cuenta el desplazamiento máximo que la palanca puede tener entre las piernas del piloto, para la palanca de multiplicación se tiene una restricción de tamaño debido a que el eje de articulación de la palanca se cruza con el chasis, por lo que ésta no puede ser mayor a 7 cm de largo. Tomando estas características debemos de diseñar una dirección que pueda describir el radio de giro mínimo descrito en el reglamento y que sea posible hacer este movimiento con una palanca situado entre las piernas del piloto.

Tomando en cuenta el principio de Ackerman para el diseño de una dirección, y teniendo como radio de giro máximo permisible 5 m (según reglamento fórmula sol, Apéndice A), obteniendo el ángulo que describe la palanca entre las piernas del piloto, que es de 30 grados, se tiene un desplazamiento después de la multiplicación de 7 cm, este desplazamiento debe de hacer girar las llantas, vistas desde arriba, 15 grados, por lo que el brazo Ackerman debe de tener un largo de 6 cm. Figuras 3.8 y 3.9

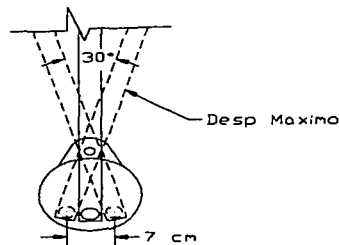


Fig. 3.8 Desplazamiento de la barra de la dirección.

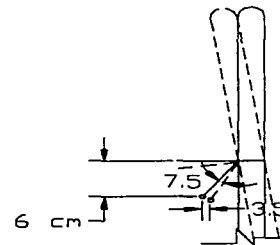


Fig. 3.9 Desplazamiento de la llanta.

3.3 Sistema de transmisión.

A) CALCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR.

El modelo matemático que nos permite calcular el drag total de un vehículo a velocidad constante es:

$$D = W(\sin(\arctan G) + C_{r1} \cos(\arctan G)) + NC_{r2}V + \frac{1}{2}CdA\rho(V + V_w)^2 \quad (3.1)$$

donde W es el peso total del vehículo, C_{r1} es el coeficiente de resistencia al rodamiento a baja velocidad, G es la pendiente (ascenso o descenso), N el número de ruedas, C_{r2} es la variación de la resistencia al rodamiento al aumentar la velocidad, V es la velocidad del coche, Cd es coeficiente de drag aerodinámico, A el área frontal, ρ la densidad del aire y V_w es la velocidad del viento frontal o posterior teniendo signo positivo para el viento frontal.

Para calcular la potencia en watts sobre la llanta trasera se multiplica la ecuación 3.1 por la velocidad obteniendo:

$$P = WV(\sin(\arctan G) + C_{r1} \cos(\arctan G)) + NC_{r2}V^2 + \frac{1}{2}CdA\rho V(V + V_w)^2 \quad (3.2)$$

El primer término de la ecuación 3.2 nos da la potencia debida a la fuerza de gravedad en condiciones de ascenso y descenso, con signo positivo para las subidas y negativo para las bajadas. El segundo término es la potencia que se debe a la resistencia al rodamiento, el valor de C_{r1} se estimó a partir de valores obtenidos por fabricantes de este tipo de vehículos en el extranjero [1,2,3], el cuarto término se debe a la potencia necesaria para vencer la resistencia aerodinámica del vehículo. En el tercer término de la ecuación se combina el drag debido a las pérdidas generadas por los baleros de las llantas, pérdidas aerodinámicas en las mismas y la fricción dependiente de la velocidad generada en las llantas [1]. Un valor de $C_{r2} = 0.0502$ Ns/m se determinó para una llanta avocet de bicicleta, en pruebas realizadas por la General Motors en 1987 [3]. Aparentemente no existe otra referencia con respecto a este factor.

Para obtener el valor de la pendiente (G), se realizó una visita de campo a los lugares en los que anteriormente se han efectuado carreras de este tipo y en los que se sabía que nosotros íbamos a participar. En las visitas se midió la pendiente promedio del circuito, esta medida se hizo utilizando un hilo de cáñamo bastante largo el cual se ponía en dos puntos del circuito registrando la pendiente con un nivel electrónico, este proceso se repetía varias veces en un mismo circuito para obtener un valor promedio final. De las visitas realizadas se obtuvieron los siguientes resultados:

Circuito	Pendiente promedio
Estadio CU	.015
Feria Chapultepec	.005
Museo CFE	.005
UDLA	.008
Zócalo Capitalino	.005

Tabla 3.2 Pendientes en los circuitos.

Para el cálculo del término aerodinámico primeramente se debe calcular el área frontal de la carrocería. Esto se hace fácilmente a través una vista frontal. Mediante un programa de CAD se obtiene el valor del área.

Para el cálculo del C_d del coche sería necesario construir un modelo a escala y hacer un análisis aerodinámico en túnel de viento, esto representa un costo muy elevado y muchas horas hombre, por lo que este valor se estimó en base a las experiencias obtenidas en prácticas realizadas en la Universidad y valores descritos en el capítulo 2.

Con estas consideraciones se calcula la potencia para diferentes casos para que posteriormente se pueda tomar una decisión con respecto al motor a utilizar en el vehículo. La velocidad de diseño es de 35 km/h (9.72 m/s) con valores pico de 40 km/h (11.11 m/s). El peso del vehículo es de 131 kg. El C_d es 0.25, el área frontal es de 0.75 m², para un vehículo de 3 ruedas, $C_{rr1} = 0.0055$ y $C_{rr2} = .0502$ Ns/m. La densidad del aire se consideró de 0.85 kg/m³.

Caso	Velocidad (m/s)	Pendiente (G)	Vel. Viento V_w (m/s)	Potencia (W)
1	9.72	0.0076	0	265
2	9.72	0.0076	5	378
3	9.72	0.015	0	357
4	9.72	0.015	5	470
5	11.11	0.0076	0	336
6	11.11	0.0076	5	480
7	11.11	0.015	0	441
8	11.11	0.015	5	586

Tabla 3.3 Cálculo de la potencia necesaria para diferentes casos durante una carrera.

Observando los resultados de las diferentes condiciones de trabajo del coche, se requiere una potencia entre 265 y 586 wats (tabla 3.3) ó 0.35 y .78 hp. Es decir la potencia máxima necesaria es aproximadamente de $\frac{1}{4}$ de caballo de potencia. Realizando un sondeo en el mercado de motores eléctricos en México se logró encontrar un motor de imán permanente, de corriente directa y de uso continuo, el cual tiene un precio accesible y una eficiencia muy alta. Las características de este motor son las siguientes:

Potencia: ¼ de caballo de potencia
RPM : 1800
Voltaje: 24 V
Amperaje: 24 A
Peso: 8 kg.
Controlador: Curtis de 24 Volts, 150 amperes.

El hecho de que el motor sea de imán permanente nos permite hacer uso de un freno regenerativo, esto es que cuando se retire el pie del acelerador el motor funciona como generador y se recargan las baterías.

2) CALCULO DE LA RELACIÓN DE TRANSMISIÓN.

Una vez que se ha definido el motor se debe calcular la relación de transmisión necesaria para poder ir a la velocidad deseada. Para una velocidad de crucero de 9.72 m/s (35 km/h) se debe tener el motor funcionando en su punto óptimo de operación (1800 RPM). Si se tiene que la llanta trasera tiene un diámetro de 20 pulgadas (0.508 m) obtenemos:

El desplazamiento de la llanta es igual a su perímetro:

$$P = \pi(0.508\text{m}) \cong 1.6\text{ m}$$

Por lo que el número de revoluciones que la llanta debe hacer para el vehículo viaje a 9.72 m/s es:

$$\text{RPM}_{\text{Llanta}} = \frac{1\text{ rev}}{1.6\text{m}} \frac{9.72\text{m}}{\text{s}} = 6.09 \frac{\text{rev}}{\text{s}} = \frac{6.09\text{rev}}{\text{s}} \frac{60\text{s}}{1\text{min}} = 365.4\text{RPM}$$

Finalmente:

$$\text{Relación} = \frac{\text{RPM}_{\text{Motor}}}{\text{RPM}_{\text{Llanta}}} = \frac{1800}{365.4} = 4.926$$

Es decir una relación 1:4.9

En cuanto al diseño del tipo de transmisión entre las opciones ya mencionadas en el capítulo 2 se decidió usar una relación de banda de tiempo, esto debido a que este tipo de

sistemas no requieren de mantenimiento (como la lubricación) y el chequeo continuo de la tensión de la banda, además el sistema es bastante silencioso y como los esfuerzos que ejerce la banda sobre las poleas son muy bajos, es posible utilizar materiales muy ligeros como el aluminio y el Nylamid (Nylon).

Para calcular el tipo de banda y el tamaño de las poleas a utilizar en nuestra transmisión es necesario utilizar las tablas que los fabricantes ofrecen para estas aplicaciones [4] Apéndice B. El proceso para la selección de la banda es el siguiente:

PASO 1 *Calcular la potencia de diseño*

$$\text{Potencia de diseño} = (\text{Factor de servicio}) * (\text{Potencia requerida})$$

El Factor de servicio se obtiene en el cuadro 1 en la página 4 del apéndice B y depende del tipo de máquina que se utiliza en la transmisión. Para nuestro sistema el valor es de 1.4 por lo tanto:

$$\text{Potencia de diseño} = 1.4 * .75 = 1.05 \text{ HP}$$

PASO 2 *Selección del paso de la banda*

De las tablas en la página 5 del apéndice B se obtiene directamente el paso de la banda y el tamaño mínimo recomendado para la polea pequeña (la más rápida). El paso que obtenemos para nuestro sistema es el L (Ligero) y corresponde a un paso de 3/8 de pulgada. En cuanto al tamaño de la polea no existe ninguna restricción para nuestro sistema.

PASO 3 *Selección del tamaño de las poleas y largo de la banda.*

En la tabla 3 del apéndice B se busca la relación de transmisión más cercana a la calculada anteriormente, en la tabla hay varias combinaciones de poleas que cumplen con esta relación obteniendo los siguientes valores:

Polea Motor	Polea Llanta	Relación
10	48	4.8
20	96	4.8
17	84	4.941

El largo de la banda se obtiene en la misma tabla utilizando el valor de la distancia de centros entre el motor y la llanta, que es de aproximadamente 12.5 pulgadas, es importante mencionar que nuestro sistema permite muy poca carrera para ajustar la

tensión de la banda por lo que la combinación más apropiada es la de 20:96 con una banda 480L de 128 dientes.

PASO 4 *Selección del ancho de la banda*

Las tablas 10,11,12 del apéndice B nos muestran la potencia permisible para diferentes anchos de bandas paso L, en estas se debe encontrar el punto de operación de nuestra transmisión, a las RPM del motor y para el tamaño de la polea más pequeña. El valor que se obtenga debe de ser mayor que el valor de potencia de diseño obtenido en el paso 1. Por lo tanto el ancho que cumple con nuestra transmisión es de 0.75 pulg. ya que para una polea de 20 dientes a 1800 RPM el valor de potencia es de 1.33 HP, que es mayor a 1.05 HP obtenidos en el paso 1.

El apéndice B también cuenta con la información necesaria sobre las condiciones de operación de las bandas, así como el mantenimiento de las mismas.

CAPITULO 4

ANÁLISIS DE RESULTADOS.

De las figuras 4.1 a la 4.25 se obtiene la información necesaria para completar el diseño del vehículo, estas gráficas son el resultado obtenido en el análisis dinámico y de impactos realizado a través de un programa de elemento finito. Los resultados son de: deformación, esfuerzos cortantes y esfuerzos de flexión para los diferentes casos establecidos en el capítulo anterior. De estas gráficas se puede elaborar la siguiente tabla que nos ayudará a describir los resultados obtenidos.

Análisis dinámico	Análisis de impacto	Deformación máxima (cm)	Esfuerzo cortante Max. (N/cm ²)	Esfuerzos de flexión Max. (N/cm ²)
Bache Delantero		0.94	11070	23300
Bache Trasero		1.5	12470	23170
Vuelta		1.4	24200	47550
Freno		0.6	24690	24590
Torsión		7	24600	23100
	Frontal	5	17690	27000
	Posterior	8	49220	49180
	Lateral	3	13330	26600
	Volcadura	3.6	59050	11960

Tabla 4.1 Resumen resultados del análisis estructural y de impacto.

Los valores de la tabla 4.1 se deben comparar con las de los materiales utilizados en la construcción del vehículo, y si se podrá demostrar la fiabilidad del mismo. Para el caso del análisis dinámico es importante que los esfuerzos en el chasis, flexión y cortante, no sobrepasen el punto de fluencia del material y que las deformaciones no sean muy altas ya que esto haría que el coche fuera inestable. Para el caso del análisis de impacto se debe intentar que los esfuerzos del chasis no sobrepasen el esfuerzo final del material, y mantener las deformaciones en las zonas cercanas al piloto bajas ya que con esto se evita que el impacto lastime al piloto.

La siguiente tabla muestra las características de los materiales utilizados en la construcción del vehículo.

Material	Esfuerzos de fluencia (N/cm ²)		Esfuerzo final (N/cm ²)	
	Tracción	Cortante	Tracción	Cortante
Aluminio 6061-T6	25500	14000	29000	18500
Acero Cr-Mb 4130	69000	38000	82500	43000

Tabla 4.2 Propiedades de los materiales usados en el coche.

A continuación se discutirán cada uno de los casos para demostrar la fiabilidad del coche.

Bache delantero. (Fig. 4.1, 4.2, 4.17)

Para este caso se detecta que el punto crítico en el chasis sucede en la suspensión delantera en la unión de los tubos de la horquilla con la base de la misma. El valor de esfuerzos en este punto es de 11070 N/cm² en cortante y 23300 N/cm² en flexión, esta zona del chasis es de Acero al Cr-Mb. Estos esfuerzos son menores que los valores de fluencia para este material por lo que el coche está trabajando en una zona fiable. La deformación que sufre la suspensión es de 1 cm aproximadamente, esta deformación no es muy grande como para generar problemas de estabilidad en el vehículo. Es importante observar los esfuerzos máximos sobre la estructura de aluminio ya que estos pueden sobrepasar las características del material. Para este caso el esfuerzo máximo en la estructura de aluminio es aproximadamente 3680 N/cm² en cortante y 7796 N/cm² en flexión y no exceden los valores de fluencia del aluminio.

Bache trasero (Fig. 4.3, 4.4, 4.18)

Para este caso se detecta que el punto crítico está en la horquilla trasera en el extremo de la misma, el valor del esfuerzo cortante es de 12470 N/cm² y para la flexión es de 23170 N/cm², esta zona de chasis es de Acero al Cr-Mb. Estos valores son menores que los de fluencia del material. La deformación en esta zona es de 1.5 cm y tampoco representa un problema para el vehículo. En este caso los esfuerzos en la estructura de aluminio son muy pequeños para ser considerados.

Vuelta (Fig. 4.5, 4.6, 4.19)

En este caso se detecta que el punto crítico es la zona donde el tubo central se une con la suspensión trasera, el valor de esfuerzo cortante es de 24200 N/cm² y 47550 N/cm² de flexión, esta zona del coche es de Acero al Cr-Mb por lo que los esfuerzos de fluencia, respectivamente, son mayores que los obtenidos. La deformación para este caso es de 3 cm. Los esfuerzos en el punto crítico de la estructura de aluminio son de 10700 N/cm² en cortante y 8197 N/cm² en flexión y tampoco exceden los valores de fluencia del material.

Freno (Fig. 4.24, 4.25)

En este caso la zona crítica se encuentra en la unión del tubo central y la suspensión trasera, el esfuerzo cortante en esta zona es de 24690 N/cm^2 y el de flexión es de 24590 N/cm^2 estos valores no exceden el valor de fluencia del material.

Torsión (Fig. 4.7, 4.8, 4.20)

La zona crítica para este caso se encuentra en la unión del tubo central y la suspensión trasera, el valor de esfuerzo cortante es de 24600 N/cm^2 y el de flexión de 23100 N/cm^2 el material de la zona es Acero al Cr-Mb por lo que los esfuerzos son permisibles, la deformación es este caso es elevada, 7 cm, esto se debe a que este caso se refiere al punto en que el vehículo está cargando todo el peso del coche en dos llantas, y por lo mismo este tiende a tener las tres en el piso. En la zona de la estructura de aluminio el valor máximos para el esfuerzo cortante es de 10830 N/cm^2 y de flexión de 15480 N/cm^2 , estos valores no exceden el punto de fluencia.

Impacto Frontal (Fig. 4.9, 4.10)

Para este caso la zona crítica se encuentra sobre el tubo central, el valor de esfuerzo cortante es de 17690 N/cm^2 y el de flexión 27000 N/cm^2 el material de la tubo central es aluminio 6061-T6 los valores de los esfuerzos exceden los valores de fluencia del material, pero no los esfuerzos finales. Obviamente después del impacto el coche queda inservible pero la deformación que sufre el vehículo, 5 cm, no es suficiente como para que el impacto lastime al piloto.

Impacto posterior (Fig. 4.11, 4.12, 4.22)

En este caso la zona crítica se encuentra en la suspensión trasera con un valor de 49220 N/cm^2 de esfuerzo cortante y 49180 N/cm^2 de esfuerzo de flexión. El material en esta zona es Acero al Cr-Mb el esfuerzo cortante excede su valor de fluencia, sin embargo no el valor final, para el caso de la flexión este no excede el valor de fluencia, esto significa que las uniones del tubo probablemente fallen, pero la deformación final, 8 cm, no sobrepasa la zona de seguridad del piloto.

Impacto lateral (Fig. 4.13, 4.14, 4.21)

En este caso la zona crítica se encuentra en la unión entre el tubo central y la canastilla que soporta al piloto. El esfuerzo cortante en esta zona es de 13330 N/cm^2 y de 26610 N/cm^2 de flexión. El esfuerzo cortante no excede el punto de fluencia del material, para la flexión éste excede por poco el punto de fluencia, sin embargo la deformación es de 3 cm, y el impacto no lastima al piloto.

Volcadura (Fig. 4.15, 4.16, 4.23)

En esta caso existen dos puntos críticos que se deben analizar, estos son los puntos de contacto del vehículo con el piso en caso de volcadura, por un lado tenemos el roll-bar, que tiene un esfuerzo cortante de 3325 N/cm^2 y de flexión de 1196 N/cm^2 , también se tienen esfuerzos cortantes elevados en toda la estructura de aluminio, aproximadamente 3990 N/cm^2 y un esfuerzo cortante máximo de 5905 N/cm^2 en la unión del tubo central con la suspensión trasera. La deformaciones en este caso son de 2 cm y cumplen con los requisitos de seguridad para el piloto.

Como se pudo observar en varios casos el punto crítico se encuentra en la unión del tubo central con la suspensión trasera. Para evitar cualquier problema que pudiera surgir en esta zona al combinarse alguna de la situaciones descritas en esta unión, se realizará un refuerzo de acero que asegure la integridad de la pieza.

Es importante mencionar que para el caso de los análisis de impacto frontal y posterior en los que se excede el valor de fluencia de los materiales existe un error en el cálculo de la deformaciones, esto se debe a que el programa que realiza el análisis no considera la zona plástica del material, sino que este lo considera elástico para todo instante, sin embargo el error que se genera no es lo suficientemente grande como para causar un problema.

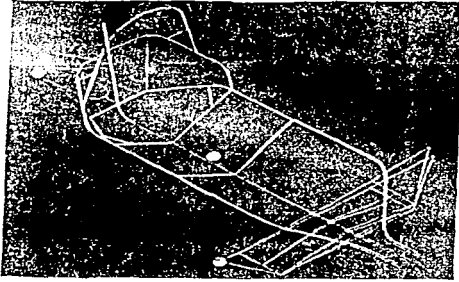


Fig. 4.1 Deformación para un bache en la llanta delantera

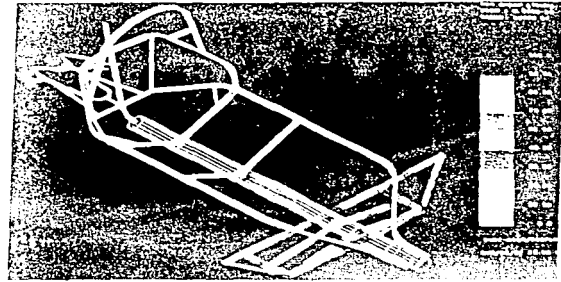


Fig. 4.2 Estructuras cortantes bache llanta delantera

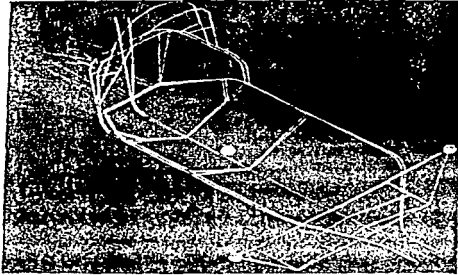


Fig. 4.3 Deformación para un bache en la llanta trasera

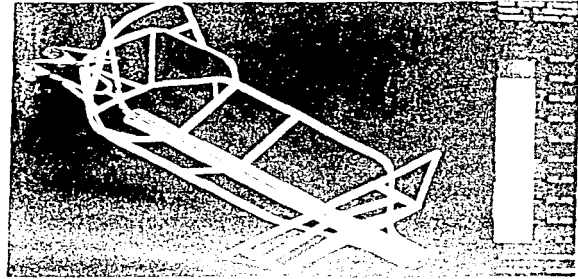


Fig. 4.4 Estructuras cortantes bache llanta trasera

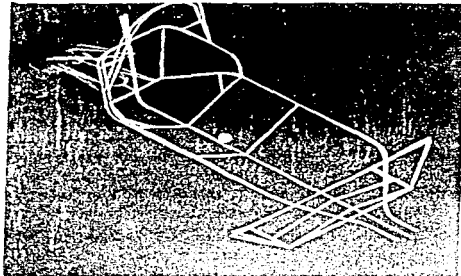


Fig. 4.5 Deformación para un bache en las llantas

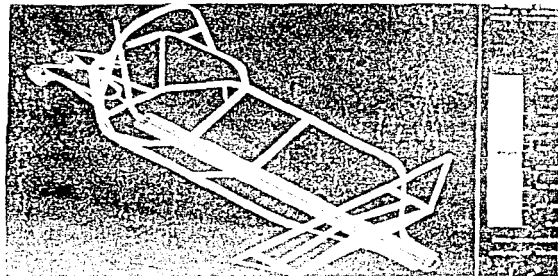


Fig. 4.6 Estructuras cortantes bache en las llantas

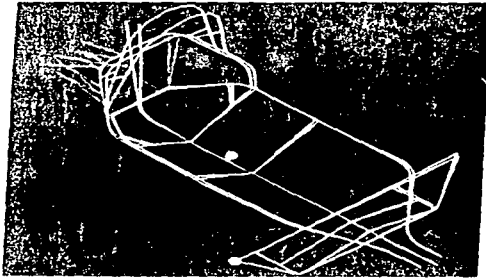


Fig 4 7 Deformación para cargas cruzadas

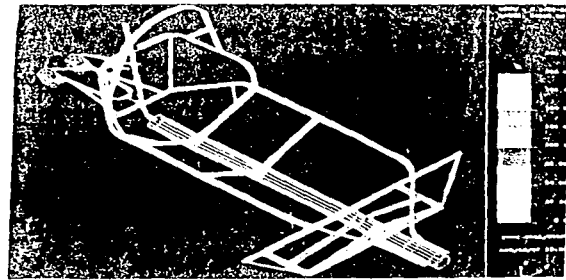


Fig 4 8 Esfuerzos cortantes para cargas cruzadas

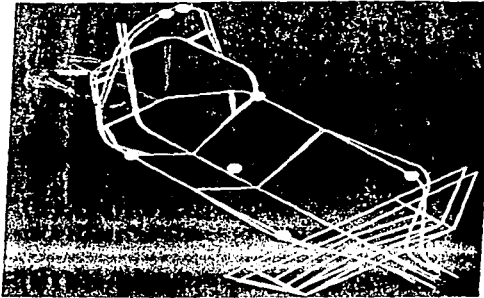


Fig 4 9 Deformación para un impacto frontal

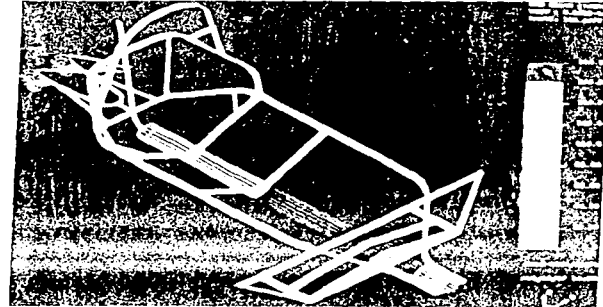


Fig 4 10 Esfuerzos cortantes para un impacto frontal

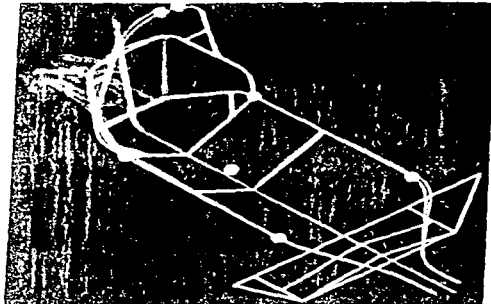


Fig 4 11 Deformación para un impacto posterior

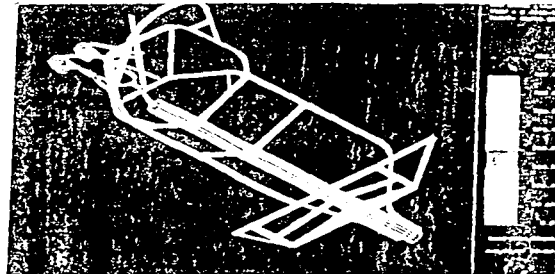


Fig 4 12 Esfuerzos cortantes para un impacto posterior

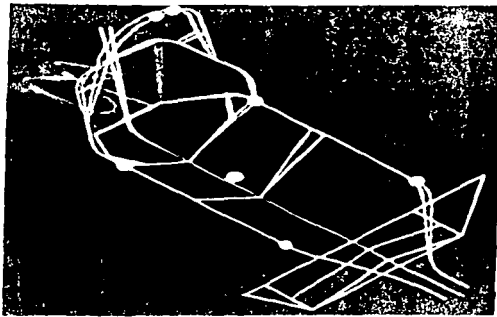


Fig. 4.13 Deformación para impacto lateral.

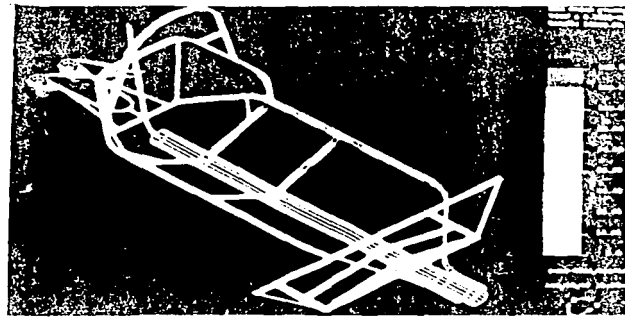


Fig. 4.14 Esfuerzos cortantes para impacto lateral.

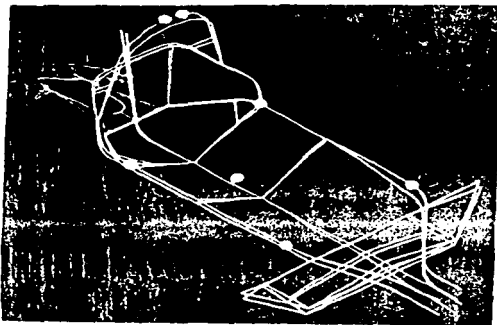


Fig. 4.15 Deformación para una volcadura.

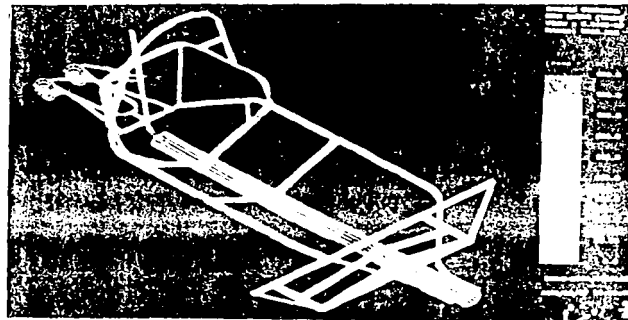


Fig. 4.16 Esfuerzos cortantes para una volcadura.

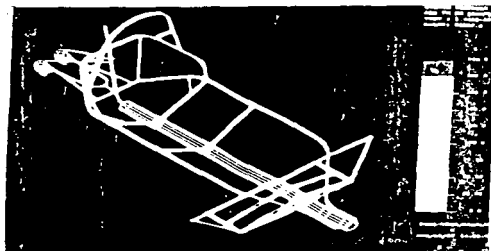


Fig. 4.17 Esfuerzos de flexión para un bache llanta delantera.

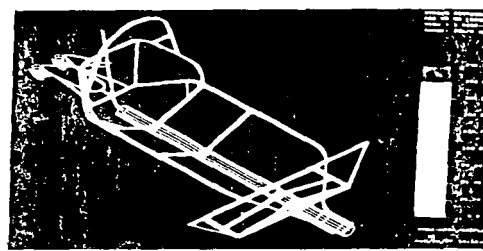


Fig. 4.18 Esfuerzos de flexión para un bache llanta trasera.

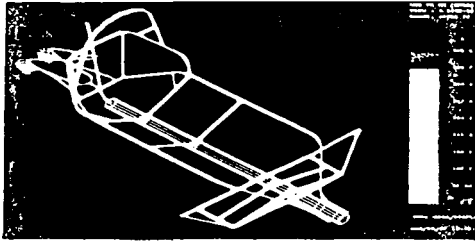


Fig. 4.19 Esfuerzos de flexión cargas laterales.

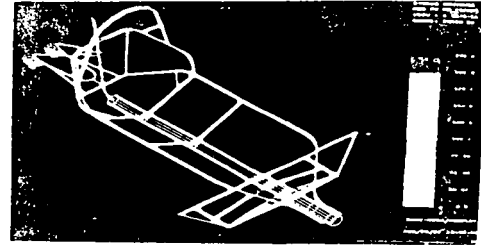


Fig. 4.20 Esfuerzos de flexión cargas cruzadas.

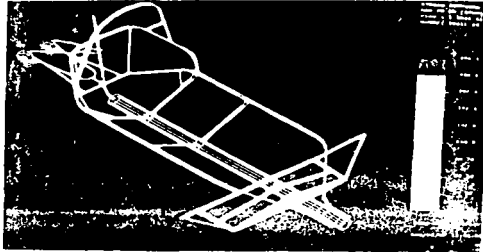


Fig. 4.21 Esfuerzos de flexión impacto lateral

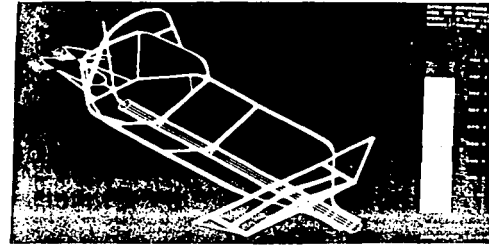


Fig. 4.22 Esfuerzos de flexión para un impacto posterior.

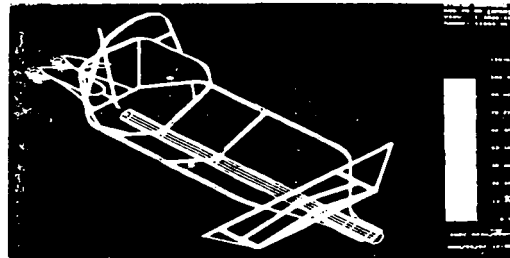


Fig. 4.23 Esfuerzos de flexión para una volcadura.

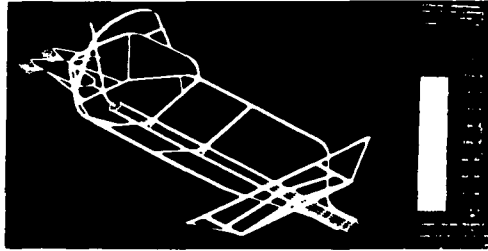


Fig. 4.24 Esfuerzos de flexión freno.

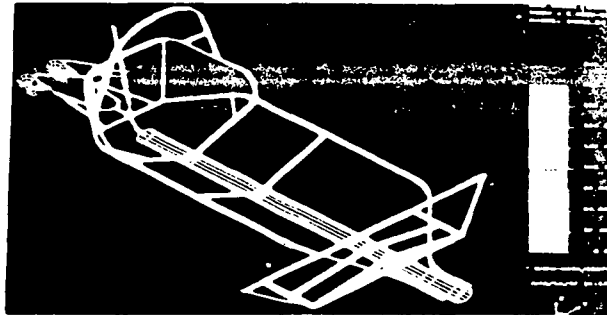


Fig. 4.25 Esfuerzos cortantes freno.

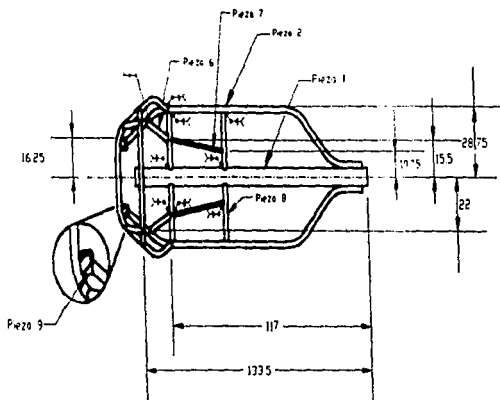
CAPITULO 5

DISEÑO DE DETALLE.

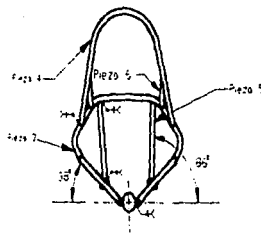
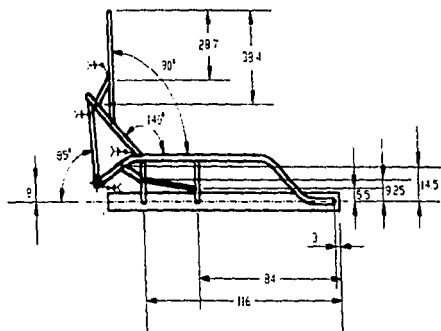
En los capítulos anteriores se describió cada uno de los sistemas que componen un vehículo eléctrico así como algunas de sus características, durante el proceso de definición del vehículo se examinaron varias posibilidades de diseño y éstas se fueron eliminando después de realizar un análisis de cada una de estas partes. En este capítulo se muestran los planos de detalle de cada una de las piezas que componen el diseño final de este vehículo.


El coche quedo compuesto en su estructura por cinco sistemas principales que son:

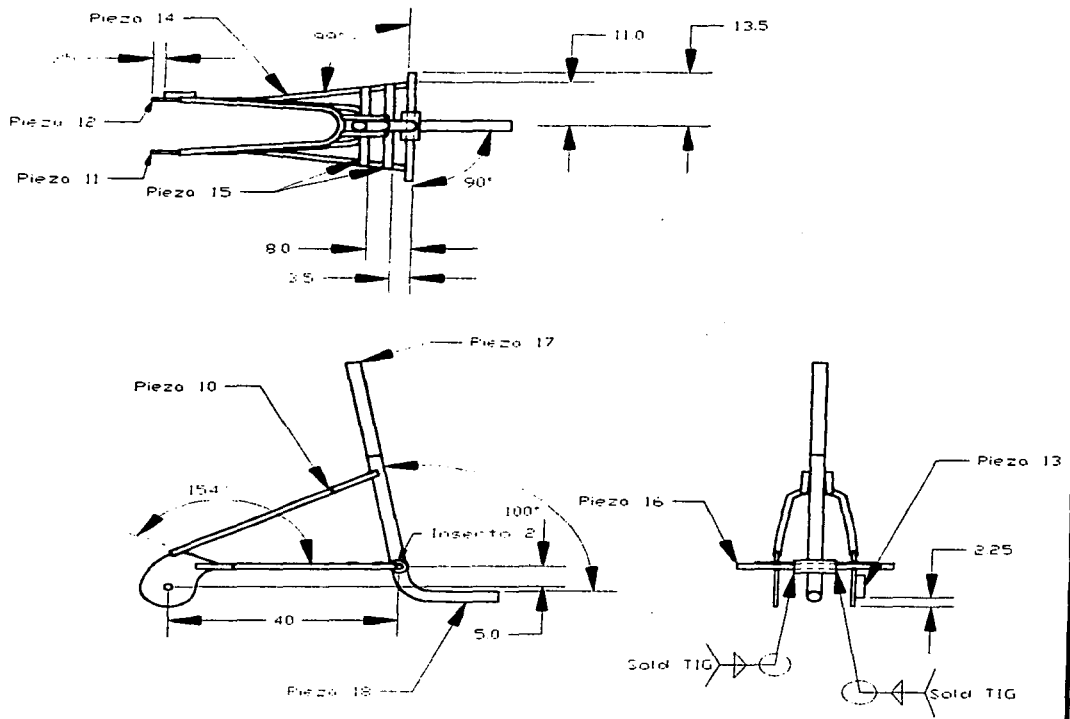
- Chasis**
- Suspensión delantera**
- Suspensión trasera**
- Sistema de dirección.**
- Sistema de transmisión.**



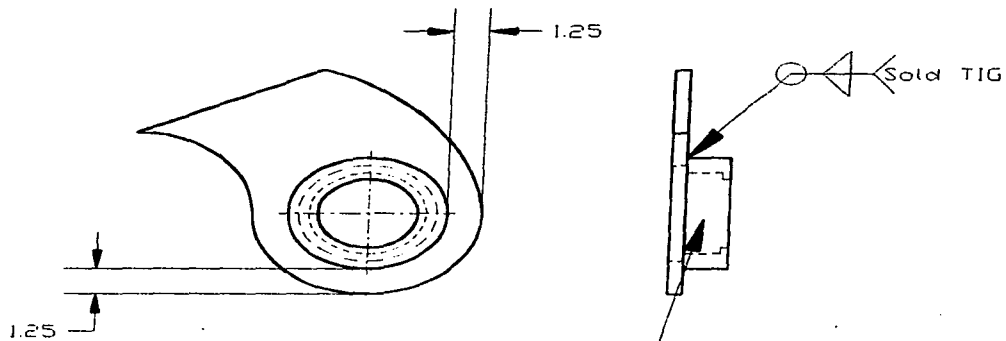
Todas las soldaduras son TIG



	PROYECTO XIPER		ESCALA 1:6
	TITULO ENSAMBLE CHASIS		ACOTACIONES cm
	DISEÑO GCH	DIBUJO GCH	CLAVE CONG-280970
	FECHA 18-08-97	RESP GCH	PLANO E01

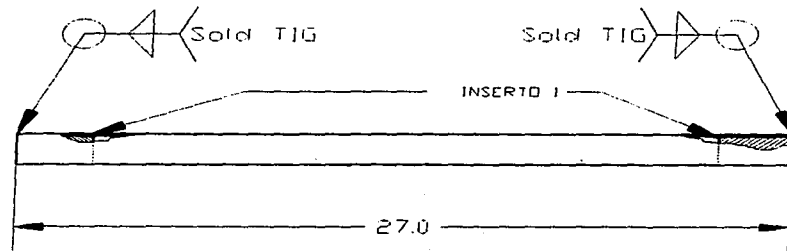


PROYECTO		ESCALA
TITULO		1:10
ENSAMBLE SUSPENSION TRASERA		ACOTACIONES CM
DISEÑO GCN	DIBUJO GCN	CLAVE CONG-280970
FECHA 14-08-97	PEEP GCN	PLANO E02



Cavidad para bala
 17 mm diámetro interior -0.03
 40 mm diámetro exterior -0.03

PROYECTO		ESCALA
II III III		1:2
TITULO		ACOTACIONES
ENSAMBLE PIEZAS 12 Y 13		CM
DISEÑO	DIBUJO	CLAVE
GCN	GCN	CDNG-280970
FECHA	RESP.	PLANO
14-08-97	GCN	E06



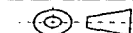
Tubo de acero al Cr-Mn 4130
 3/4 de pulg. diámetro
 Cédula 5S

PROYECTO

ESCALA
 1:2

TÍTULO
 P I E Z A 1 0

ACOTACIONES
 CM



DISEÑO
 GCN

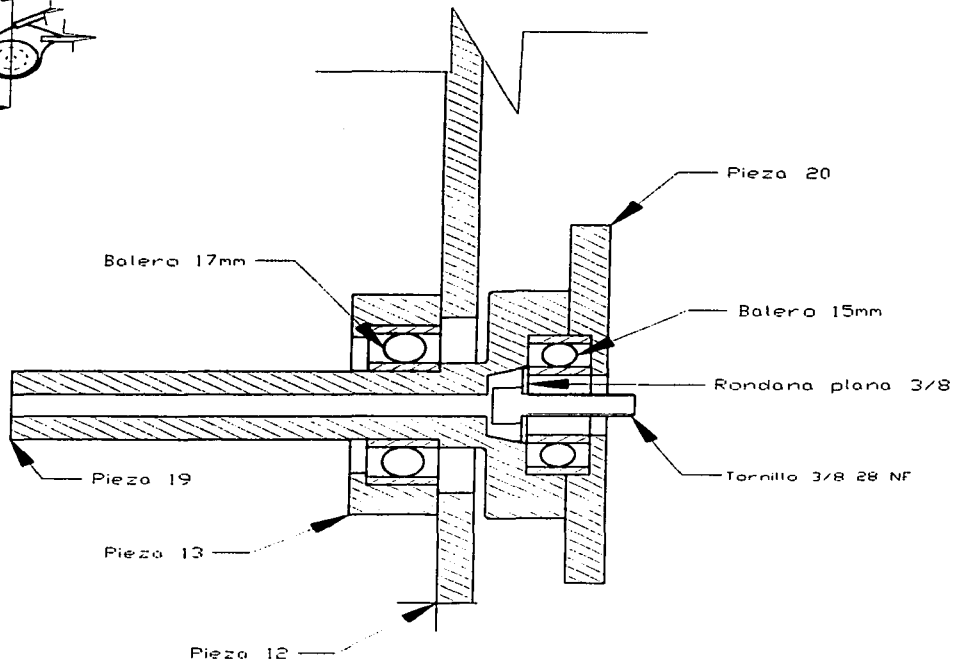
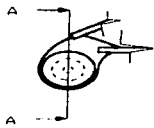
DIBUJO
 GCN

CLAVE
 CONG-280970

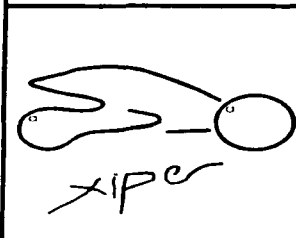
FECHA
 14-08-97

FESP.
 GCN

PLANO
 E04

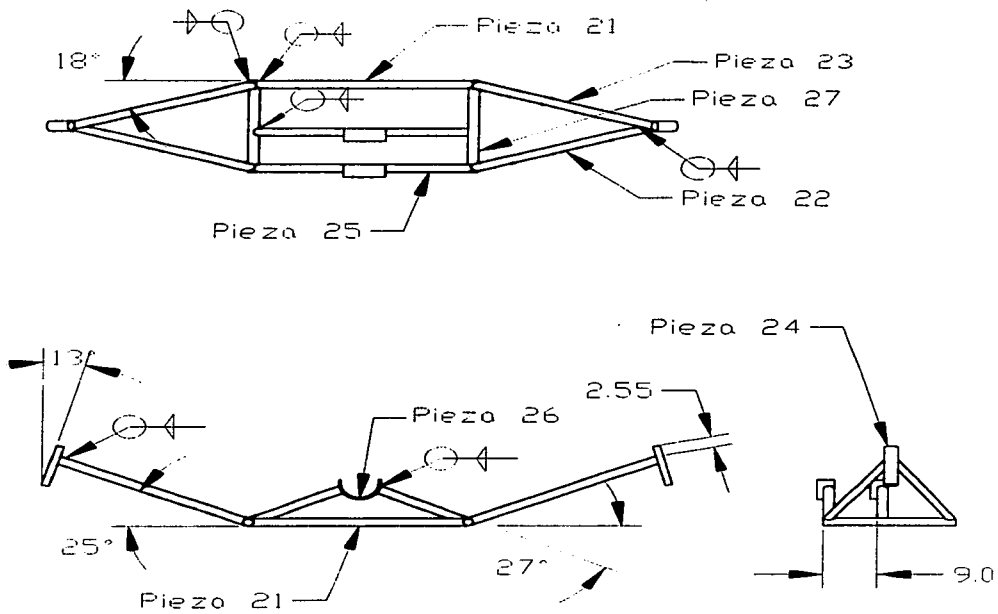


Corte A-A'





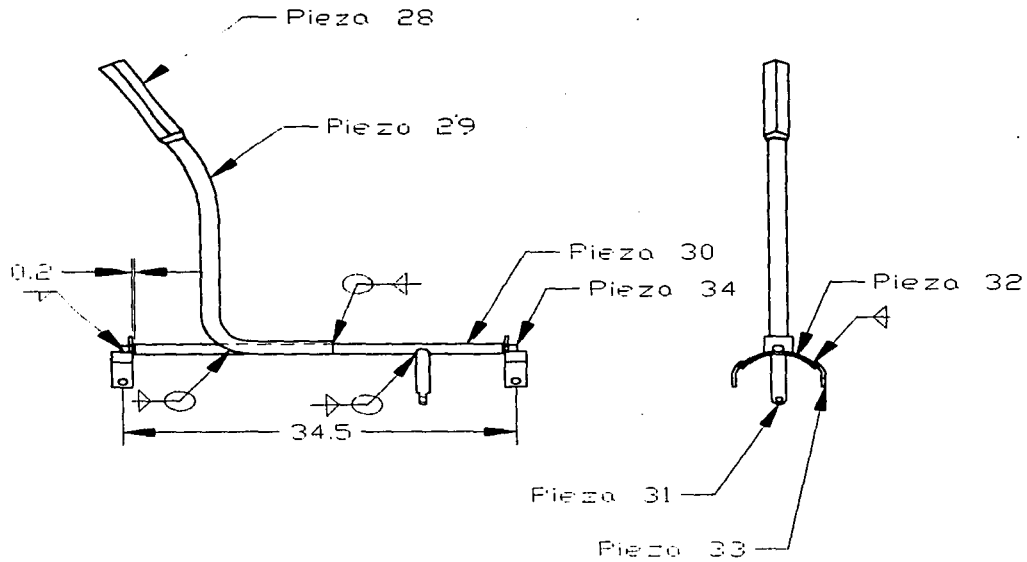
PROYECTO			
TITULO			
ENSAMBLE MASA TRASERA			
DISEÑO GCN	DIBUJO GCN		
FECHA 14-08-97	PEP. GCN		

ESCALA	1:1
ACOTACIONES	CM
CLAVE	CONG-280970
PLANO	E05





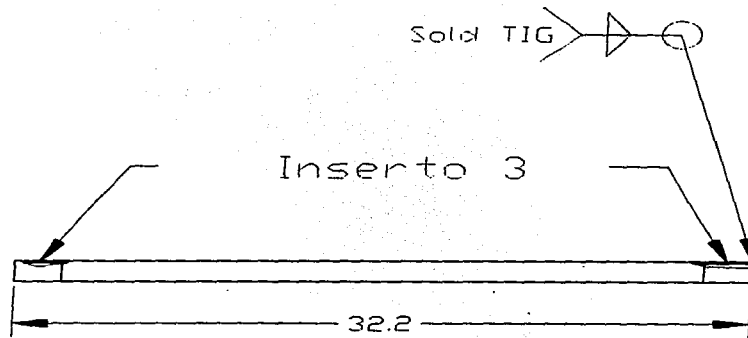
Todas las soldaduras son TIG

	PROYECTO 		ESCALA 1:10	
	TITULO ENSAMBLE SUSPENSION DELANTERA		ACOTACIONES CM	
	DISEÑO GCN		DIBUJO GCN	CLAVE CONG-280970
	FECHA 18-08-97		RESP. GCN	PLANO E06



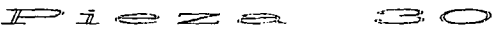
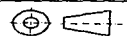


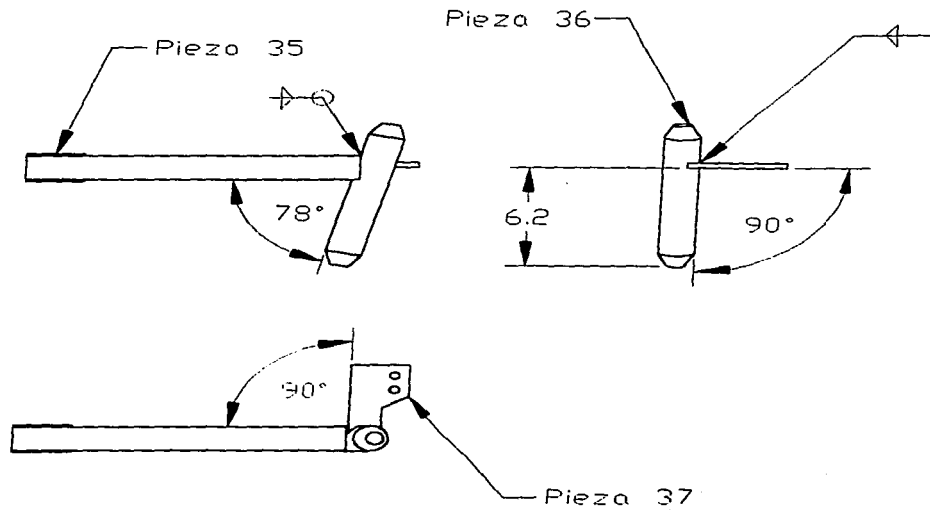
Todas las soldaduras son TIG

	PROYECTO 		ESCALA 1:5
	TITULO ENSAMBLE PALANCA DIRECCION		ACOTACIONES CM
	DISEÑO GCN	DIBUJO GCN	CLAVE CONG-280970
	FECHA 21-08-97	RESP. GCN	PLANO E07



Tubo acero 4130
 1/2 pulg. diametro
 Cedula 5S

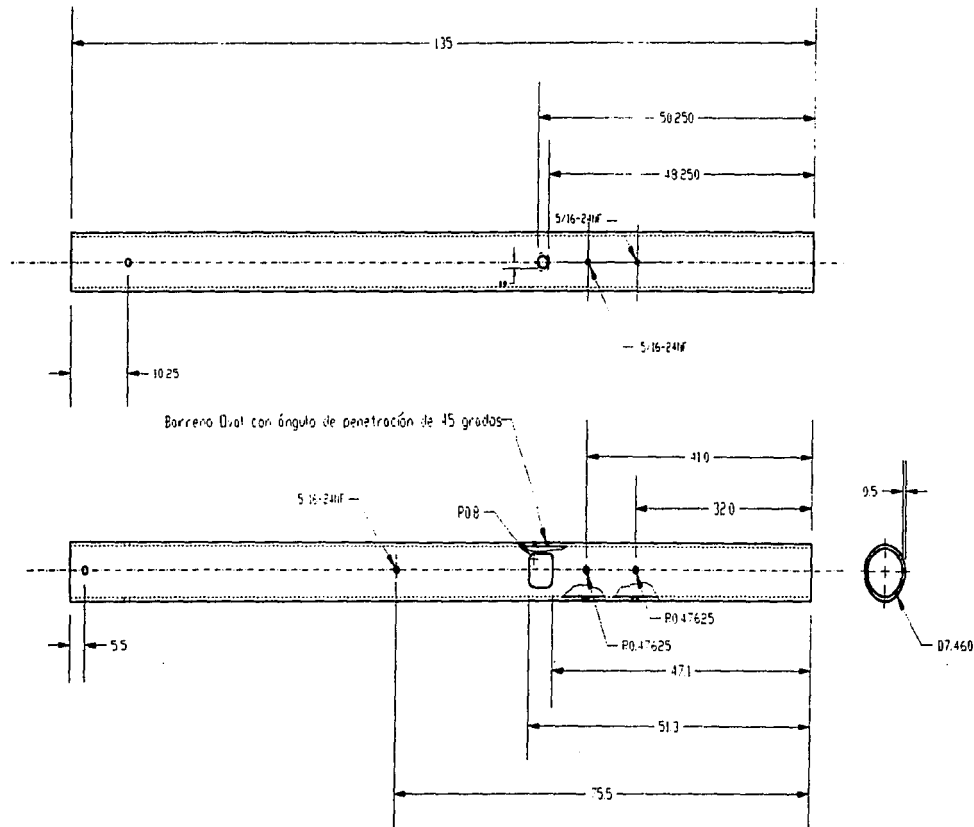
	PROYECTO		ESCALA
			1:2.5
	TITULO		ACOTACIONES
			CM
			
DISENO	DIBUJO	CLAVE	
GCN	GCN	CONG-280970	
FECHA	RESP	PLANO	
21-08-97	GCN	E08	



Todos los soldaduras son TIG
 Dos piezas

XIPU

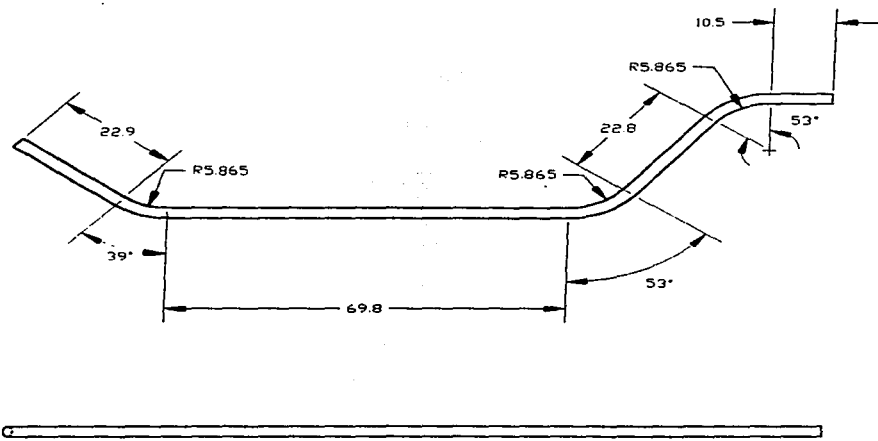
PROYECTO		ESCALA
TITULO		1:2.5
Perno maestro		ACOTACIONES CM
DISEÑO GCN	DIBUJO GCN	CLAVE CONG-280970
FECHA 18-08-97	RESP. GCN	PLANO E 09



Barrero Oval con ángulo de penetración de 45 grados

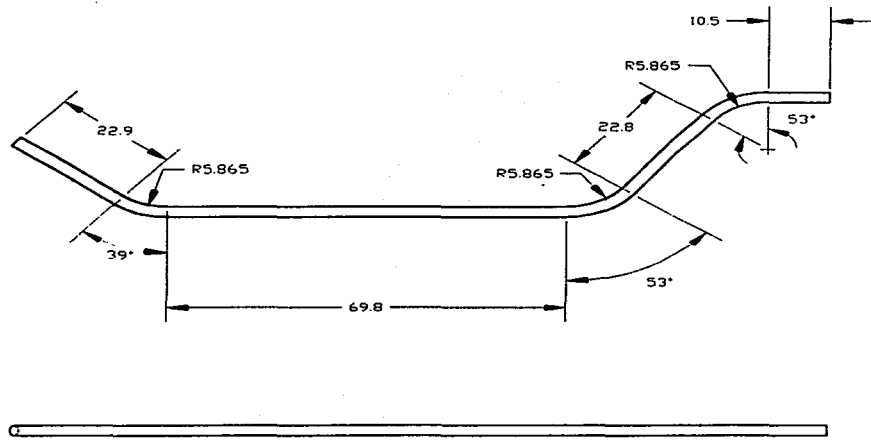
Tubo de aluminio 6061-t6
 Diámetro 3 pulg.
 Cédulo 40

	PROYECTO XIP	ESCALA 1:5
	TÍTULO PIEZA 1	ACOTACIONES cm
DISEÑO GCN	DIBUJO GCN	
FECHA 18-08-97	RESP. GCN	CLAVE COND 280979
		PLANO 01

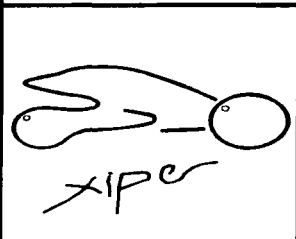


Tubo aluminio 6061-T6
 1 pulg. diámetro
 cédula 40

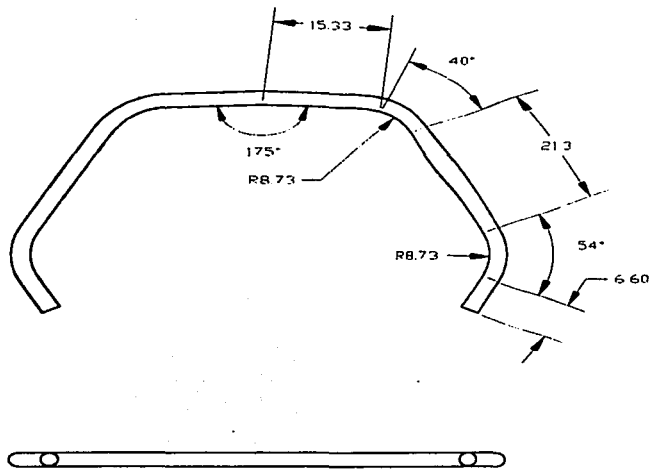
	PROYECTO XXXXXXXXXX		ESCALA 1:10
	TITULO PIEZA S		ACOTACIONES CM
	DISEÑO GCN	DIBUJO GCN	
	FECHA 10-08-97	RESP GCN	CLAVE CONG-280970 PLANO 02






Tubo aluminio 6061-T6
 1 pulg. diámetro
 cédula 40

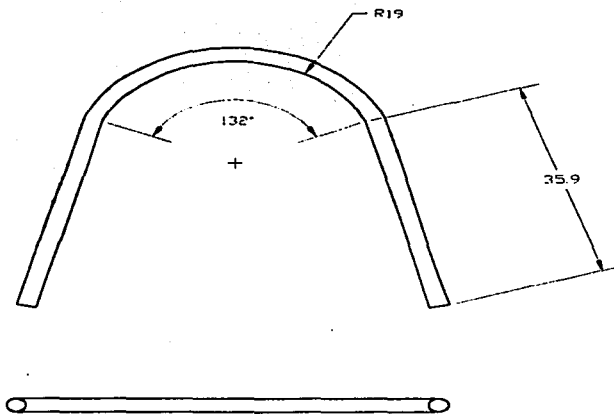


PROYECTO		ESCALA
XIPU		1:10
TITULO		ACOTACIONES
PIEZA 2		CM
DISEÑO GCN		DIBUJO GCN
FECHA 10-08-97		RESP. GCN
		CLAVE CONG-280970
		PLANO 02



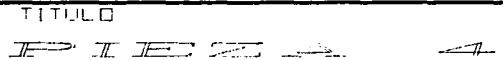
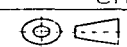


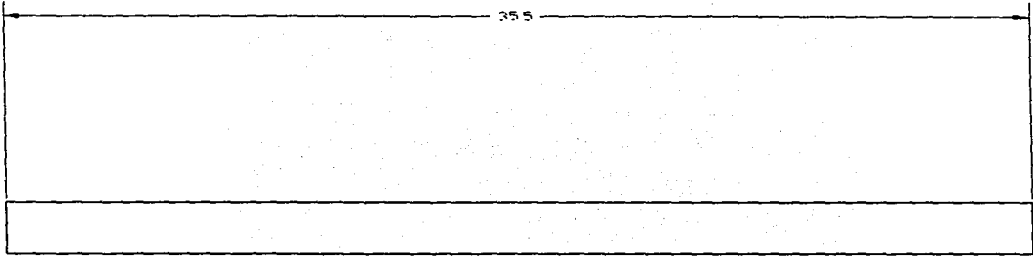
Tubo aluminio 6061-T6
 1 pulg. diámetro
 cédula 40

	PROYECTO 		ESCALA 1:7.5
	TITULO 		ACOTACIONES CM
	DISEÑO GCN	DIBUJO GCN	CLAVE CONG-280970
	FECHA 10-08-97	RESP GCN	PLANO 03


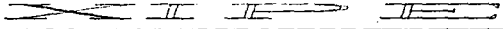
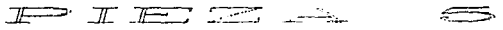


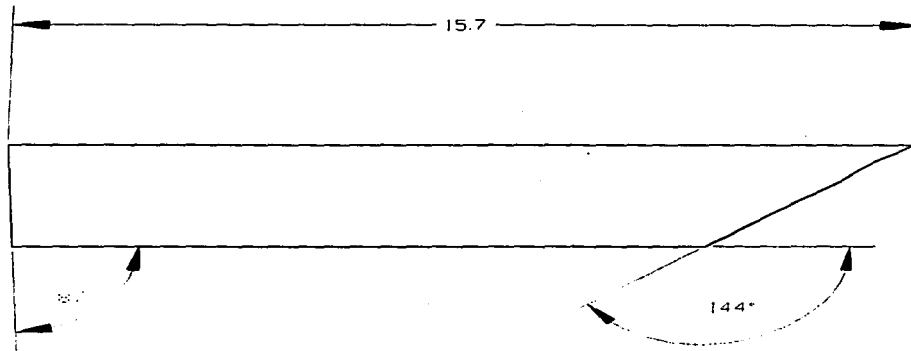
Tubo de aluminio 6061-T6
 1 pulg. diámetro
 cedulo 40

	PROYECTO 		ESCALA 1:7.5
	TITULO 		ACOTACIONES CM
	DISEÑO GCN	DIBUJO GCN	
	FECHA 10-08-97	RESP. GCN	CLAVE CONG-280970 PLANO 04



Tubo aluminio 6061-T6
 1 pulg. diámetro
 Cedula 40
 Dos piezas

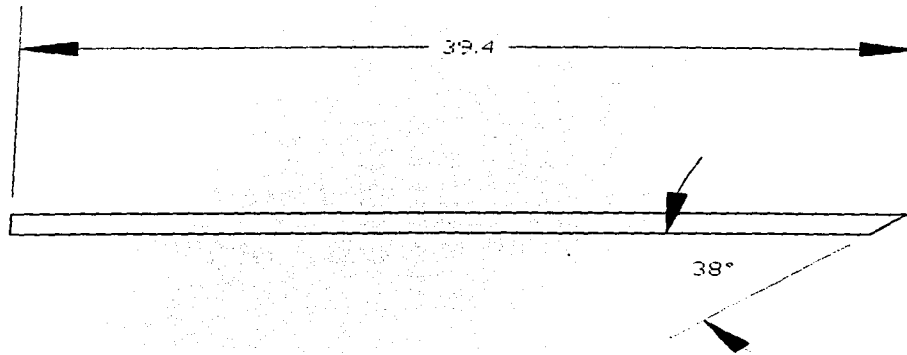
	PROYECTO 		ESCALA 1:2
	TITULO 		ACOTACIONES CM
	DISEÑO GCN	DIBUJO GCN	CLAVE CONG-280970
	FECHA 10-08-97	RETO GCN	PLANO 05



Tubo aluminio 6061-T6
 1 pulg. diametro
 cedula 40
 Cuatro piezas

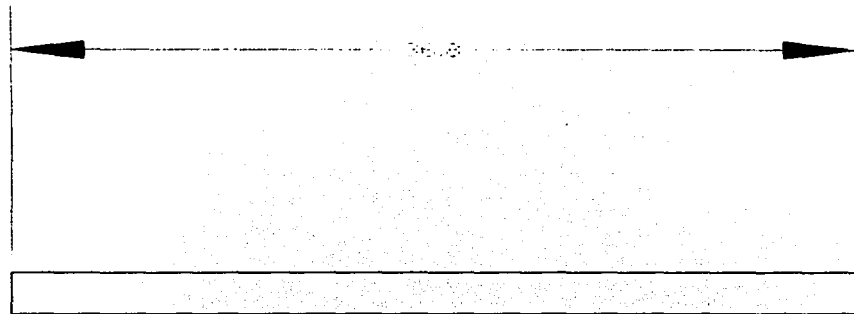
XIPU

PROYECTO		ESCALA
TITULO		1:1
PIEZA		ACOTACIONES CM
DISEÑO GCN		CLAVE CONG-280970
FECHA 10-08-97	DIBUJO GCN	PLANO 06
	RESP. GCN	


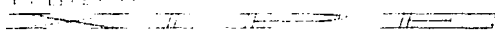



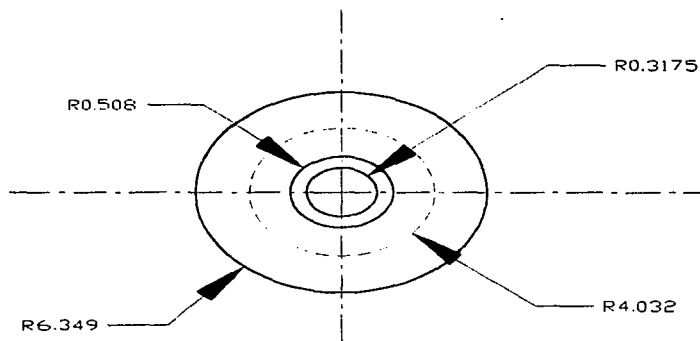
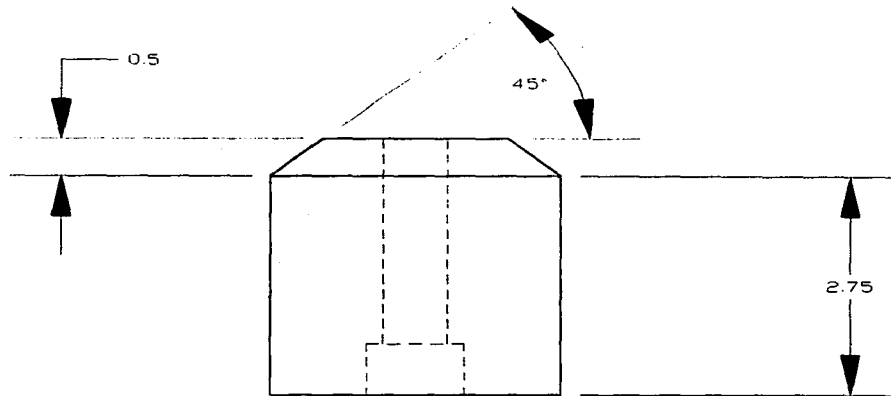
Tubo aluminio 6061-T6
 1/2 pulg. diámetro
 Cédula 10

PROYECTO 		ESCALA 1:2.5
TÍTULO PIEZA		ACOTACIONES CM
DISEÑO GCN	DIBUJO GCN	CLAVE CONG-280970
FECHA 10-08-97	REF. GCN	PLANO 07


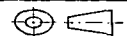
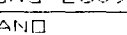


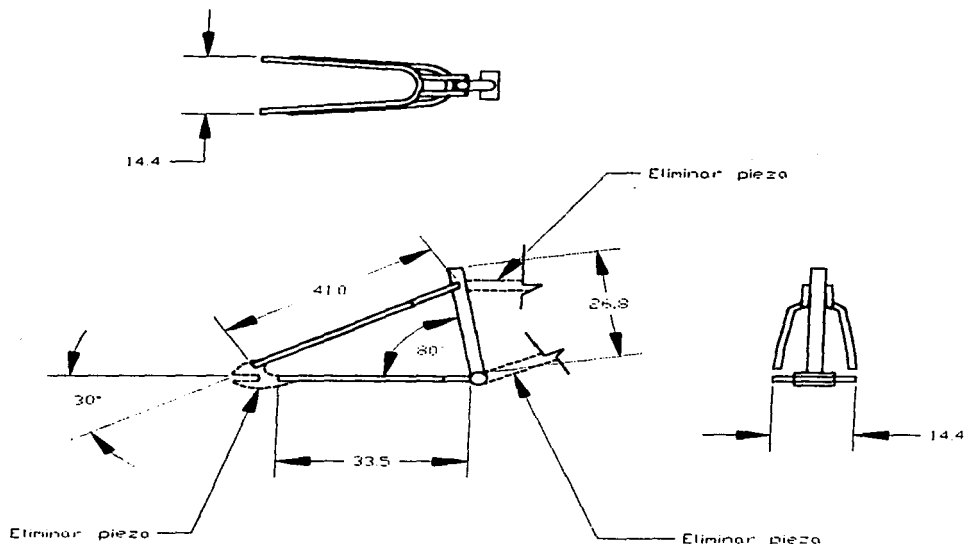
Tubo aluminio 6061-T6
 1 pulg. diametro
 cédulo 40

	PROYECTO 		ESCALA 1:2.5
	TITULO PIEZA 		ACOTACIONES CM
	DISEÑO GCN	DIBUJO GCN	CLAVE CONG-280970
	FECHA 14 de mayo de 1977	REFERENCIA 100-100-100	PLANO 08



Barra de aluminio 6061-T6

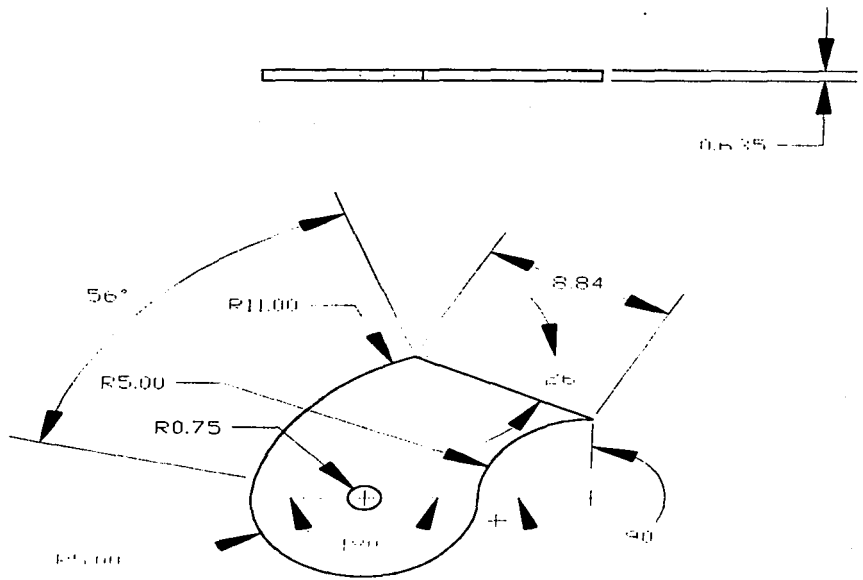
	PROYECTO		ESCALA
	XXXXXXXXXX		1:2.5
	TITULO		ACOTACIONES
	PIEZA		CM
DISEÑO	DIBUJO		
GCN	GCN		
FECHA	RESE	CLAVE	
14-08-97	GCN	CONG-280970	
		PLANO	09





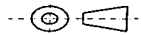
Esta pieza se obtiene de modificar una horquilla de una bicicleta tipo BMX marca benotto.
 Los medidos representan los caracteristicos aprox. de la pieza

PROYECTO		ESCALA 1:10
TITULO		
PIEZA 10		ACOTACIONES CM
DISEÑO GCN	DIBUJO GCN	CLAVE CDNG-280970
FECHA 14-08-17	RESE GCN	PLANO 10

ESCALA 1:10
ACOTACIONES CM
CLAVE CDNG-280970
PLANO 10

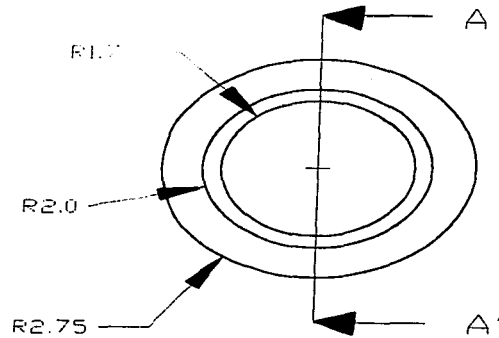


Placa de acero inox.
 La placa 12 tiene la misma forma
 y espesor al tener un
 diámetro

	PROYECTO 		ESCALA 1:2.5
	TITULO PIEZAS 11 Y 12		ACOTACIONES CM
	DISEÑO GON	DIBUJO GON	CLAVE CDNG-280970
	FECHA 14-08-97	REV. GON	PLANO 11
			

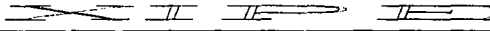


Corte A-A'



Barro de acero de 2 pulg
Cold-rolled

PROYECTO

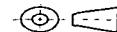


ESCALA 2:1

TITULO

PISTON 1.3

ACOTACIONES
CM



DISENO
GCN

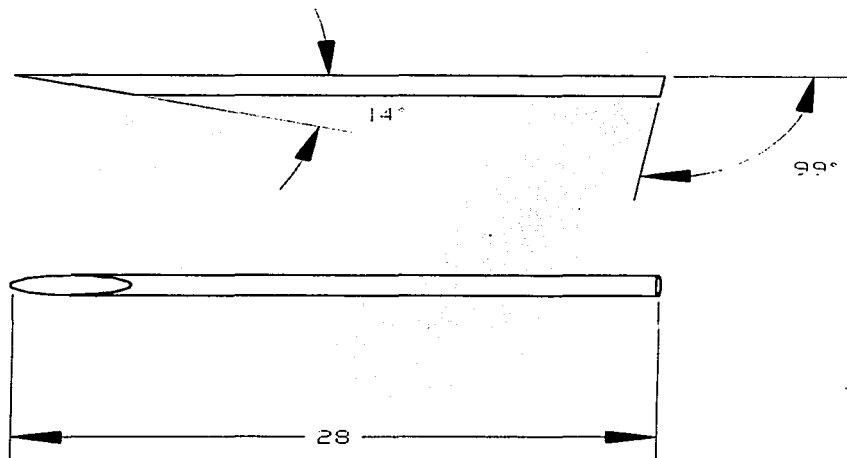
DIBUO
GCN

CLAVE
CONG-280970


FECHA
1-10-87

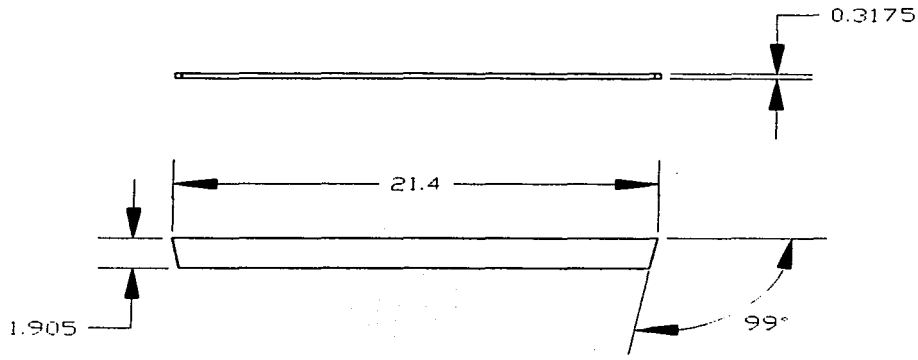
PROF.
GCN

PLANO
12



Tubo de Acero al Cr-Mn 4130
 1/2 pulg. de diámetro
 Cédula 5S

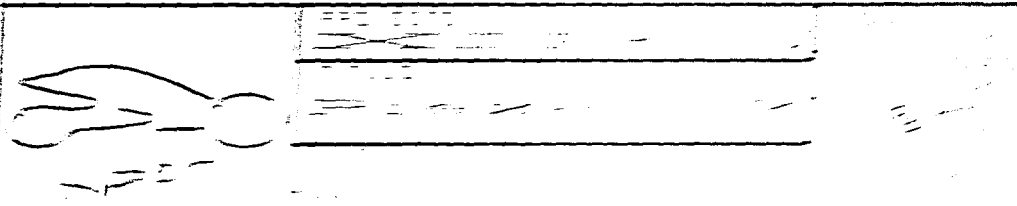
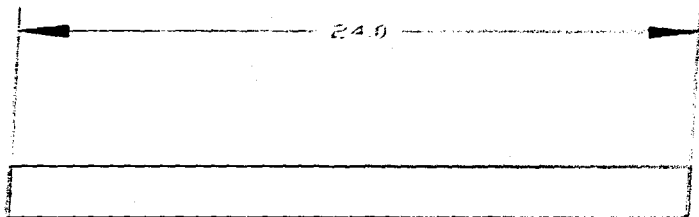
	PROYECTO XXXXXXXXXX		ESCALA 1:2.5
	TÍTULO PIEZA 14		ACOTACIONES CM
	DISEÑO GCN	DIBUJO GCN	CLAVE CONG-280970
	FECHA 14 08 92	PEP GCN	PLANO 13

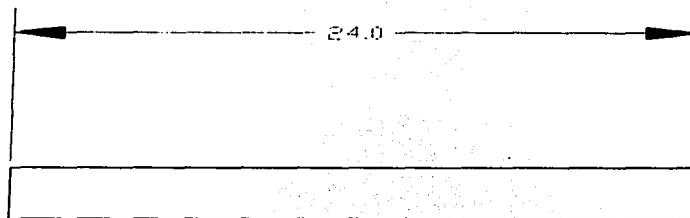


Solera de 1 pulgada
 1/8 de pulgada de espesor
 se deben hacer dos piezas
 pero la segunda es de 20 cm de
 largo



PROYECTO <i>CONSTRUCION DE</i>	
TITULO <i>PIEZA 15</i>	
DISEÑO GCN	DIBUJO GCN
FECHA 14-08-97	REVISOR GCN

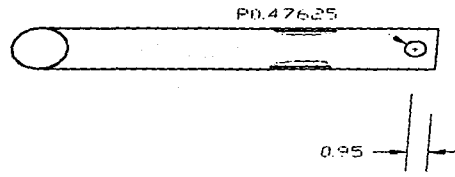
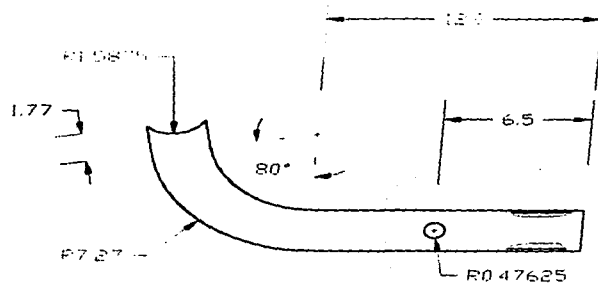
ESCALA 1:2.5
ACOTACIONES CM
CLAVE CONG-280970
PLANO 14





Tubo acero al Cr-Mn
 3/4 de pulg. diámetro
 Cédula 55

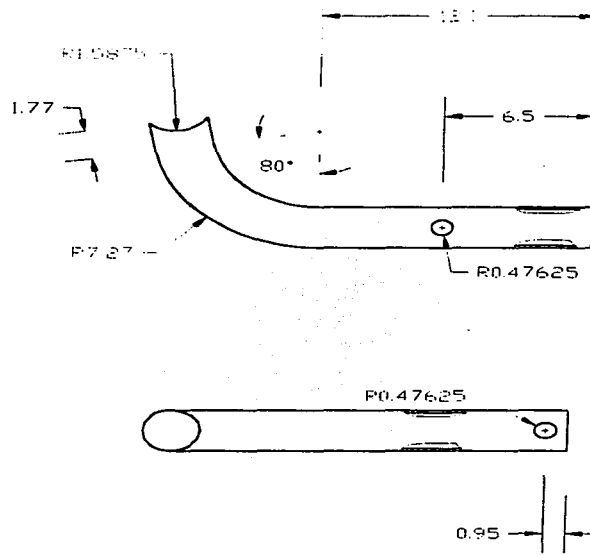
	PROYECTO 		ESCALA 1:2
	TITULO Pieza 17		ACOTACIONES CM
	DISEÑO GEN	DIBUJO GEN	CLAVE CONG-280970
	FECHA 14-08-97	REVIS GEN	PLANO 15



Tubo de acero al Cr-Mn
 3/4 de pulg. diametro
 Densidad 5

XIPU

PROYECTO		ESCALA 1:2.5
TITULO		ACOTACIONES CM
DISEÑO GCN	DIBUJO GCN	CLAVE COND-280-70
FECHA 14-08-97	RECIBO GCN	PLANO 16



Tubo de acero al Cr-Mn
 3/4 de pulg. diametro
 Cedula 50

PROYECTO
 P E T I F E I E

TITULO
 PIEZA 18

DISENO
 GCN

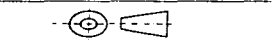
DIRTADO
 GCN

FECHA
 14-08-97

RECF
 GCN

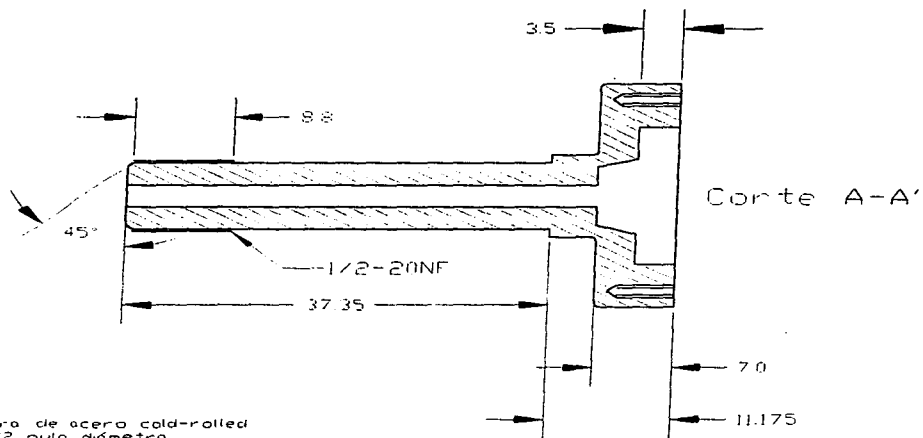
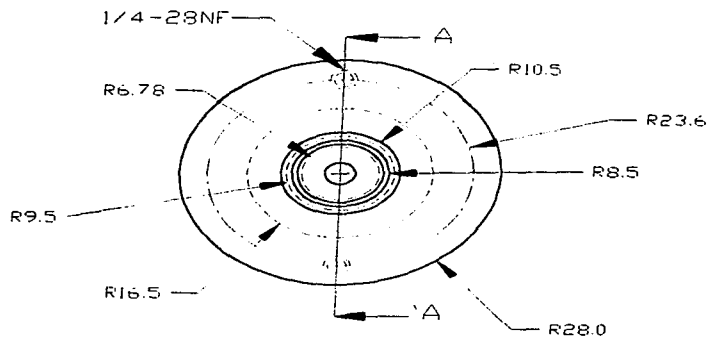
ESCALA
 1:2.5

ACOTACIONES
 CM



CLAVE
 LONG-280970

PLANO
 16



Barro de acero cold-rolled
1 1/2 pulg diámetro

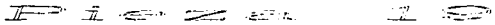
PROYECTO



ESCALA

1:1

TÍTULO



ACOTACIONES

(1:1)

DISENO
GCN

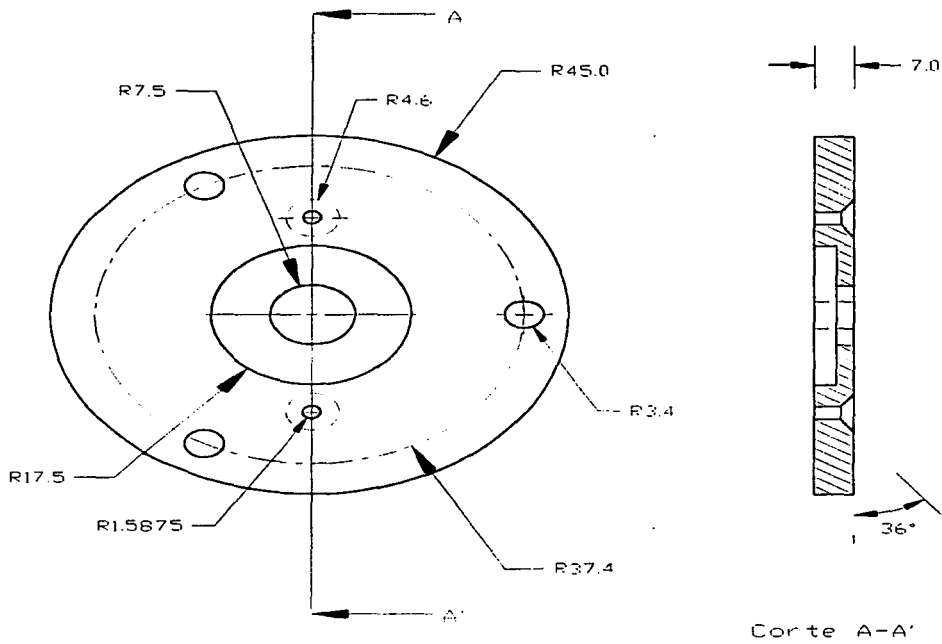
DIBUJO
GCN

CLAVE
CONG-280970

FECHA
14-08-97

PESQ.
GLN

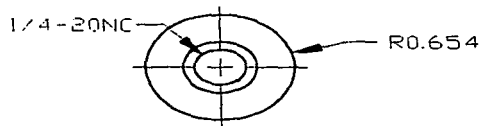
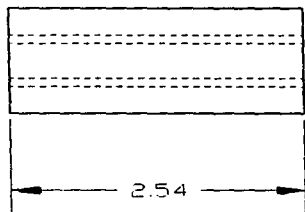
PLANO
17





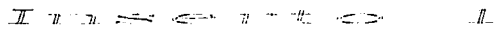
Barra de aluminio 6061-T6
 3 1/2 pulg. diámetro
 los barrenos estan a 120 grados.

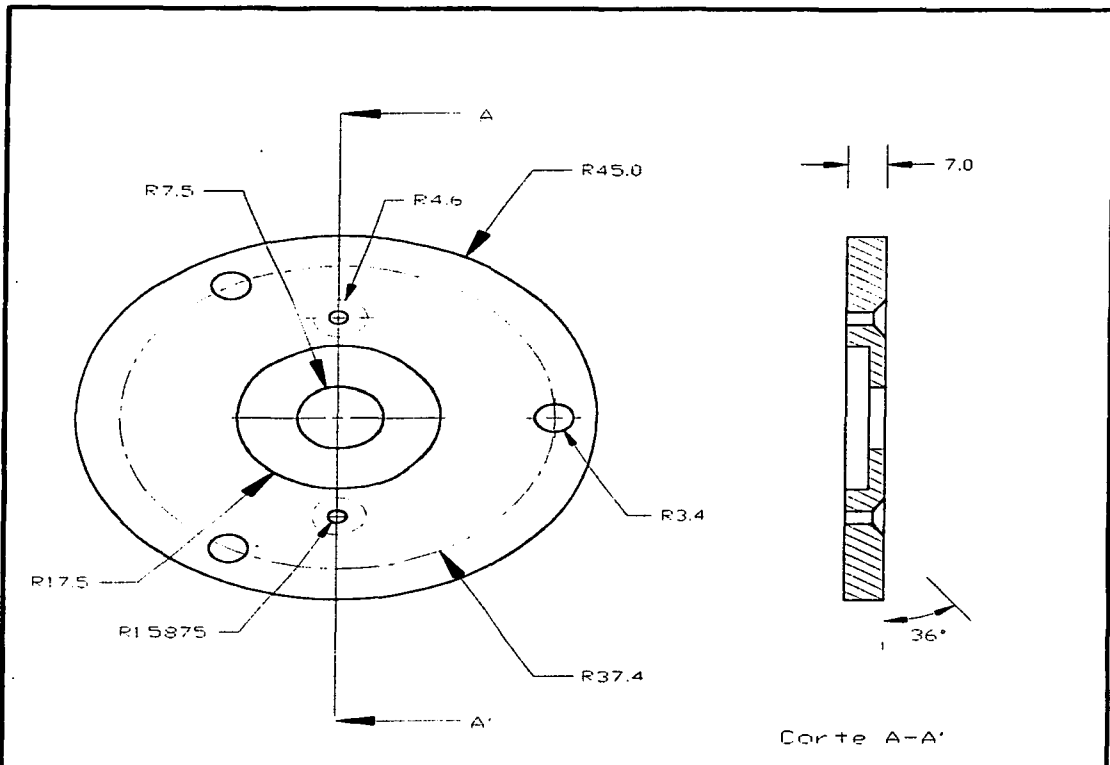
XIPER

PROYECTO		ESCALA
TITULO		ACOTACIONES
PIEZA 20		mm
DISEÑO	DIBUJO	CLAVE
GCN	GCN	CONG-280970
FECHA	REP.	PLANO
		18



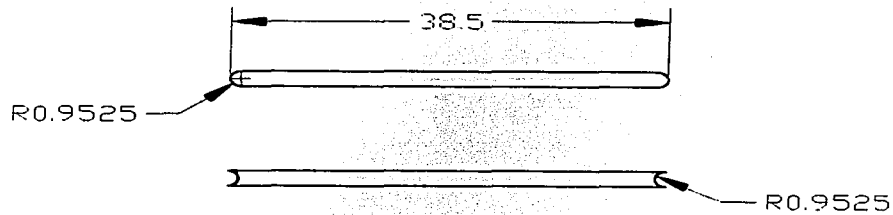
Barra de acero 4140-R
 3/4 de pulg. diámetro

	PROYECTO 		ESCALA 1:1
	TÍTULO 		ACOTACIONES CM
	DISEÑO GCN	DIBUJO GCN	CLAVE CONG-280970
	FECHA 14-08-97	RESP GCN	PLANO 19



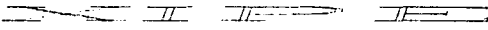
Barra de aluminio 6061-T6
 3 1/2 pulg. diámetro
 los barrenos estan a 120 grados.

	PROYECTO 		ESCALA 1:1
	TITULO PIEZA 20		ACOTACIONES mm
	DISEÑO GCN	DIBUJO GCN	
	FECHA 14-08-97	RESP. GCN	CLAVE CONG-280970 PLANO 18



Tubo acero 4130
 3/4 pulg. diámetro
 Cédula 5S
 Dos piezas

PROYECTO



ESCALA

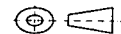
1:5

TÍTULO

P i e z a s 2 1

ACOTACIONES

CM



DISENO

GCN

DIBUJO

GCN

CLAVE

CONG-280970

FECHA

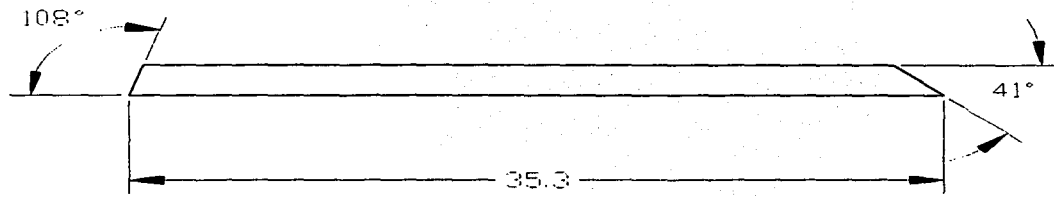
18-08-97

RESF


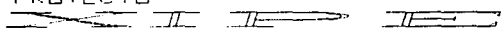
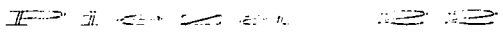
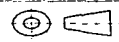
GCN

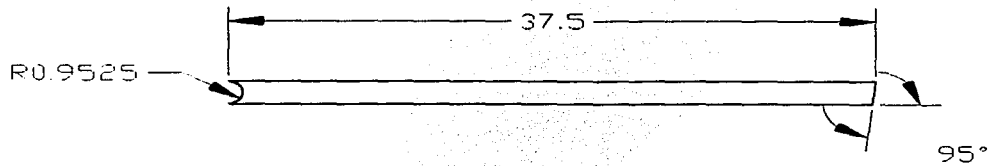
PLANO

21


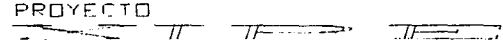
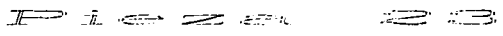
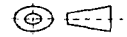


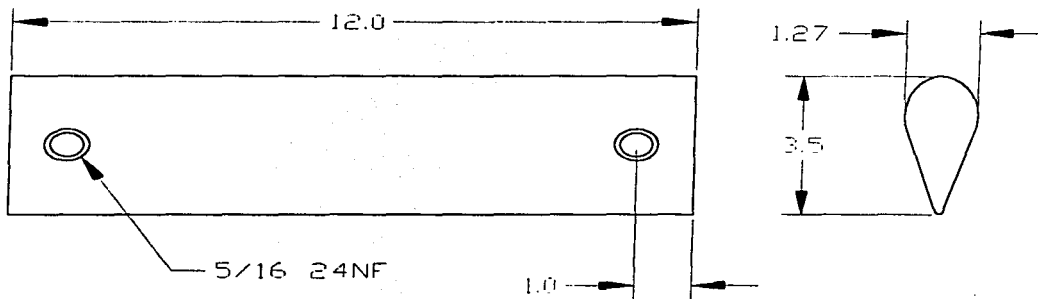
Tubo de acero 4130
 3/4 pulg. diametro
 Cédulo 50
 Dos piezas

	PROYECTO 		ESCALA 1:2.5
	TITULO 		ACOTACIONES CM 
	DISEÑO GCN	DIBUJO GCN	CLAVE CONG-280970
	FECHA 18-08-94	REVIS GCN	PLANO 22


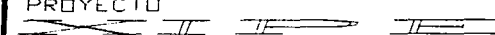
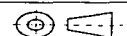


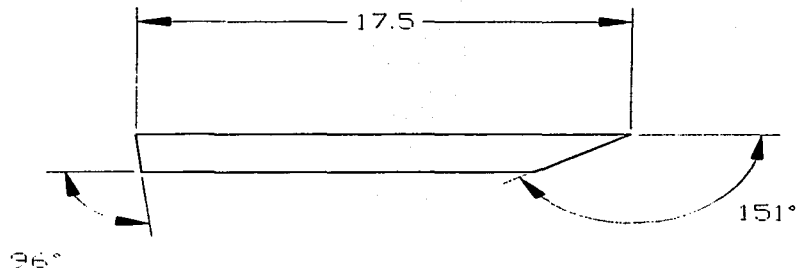
Tubo de acero 4130
 3/4 pulg. diámetro
 Cédula 50
 Dos piezas

	PROYECTO 		ESCALA 1:3.33
	TÍTULO 		ACOTACIONES CM
	DISEÑO GCN	DIBUJO GCN	
	FECHA 18 DE 11	REVIS. GCN	PLAVE CONG-280970 PLANO 23


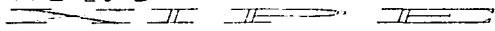
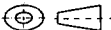


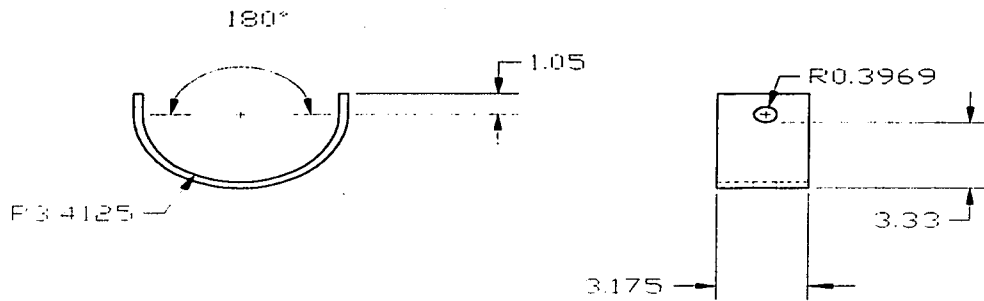
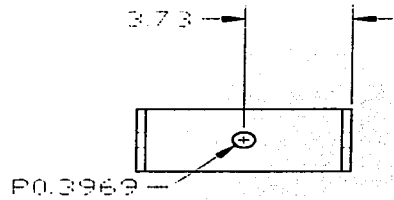
Tubo acero 4130
 Perfil aerodinámico
 Cédula 55
 Dos piezas

	PROYECTO		ESCALA
			1:1
	TÍTULO		ACOTACIONES
	<i>Pieza 24</i>		CM
DISEÑO	DIBUJO		
GCN	GCN		
FECHA	RECF	CLAVE	PLANO
18-08-97	GCN	CONG-280970	24



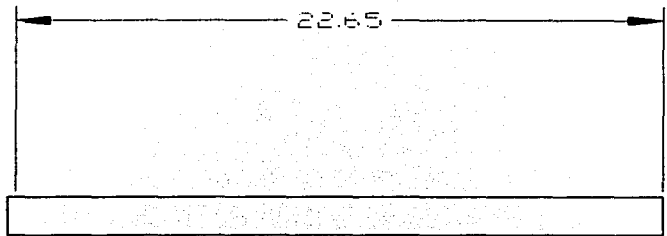
Tubo acero 4130
 3/4 pulg. diámetro
 Cedula 95
 Cuatro piezas

	PROYECTO 		ESCALA 1:2
	TÍTULO Pieza 25		ACOTACIONES CM
	DISEÑO GCN	DIBUJO GCN	
	FECHA 18-08-97	DETER. GCN	CLAVE CONG-280970 PLANO 25


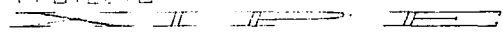
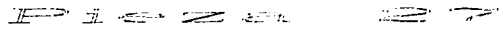


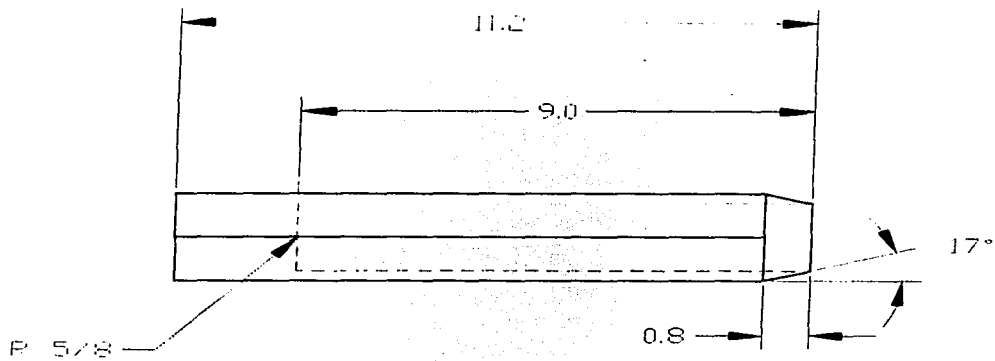
Solera de acero
1/8 pulg de espesor
Dos piezas

	PROYECTO 	ESCALA 1:2
	TITULO 	ACOTACIONES CM
	DE DISEÑO: REVISADO:	
	FECHA: 18/09/07 LUGAR:	PLANO: 25


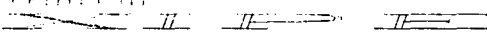
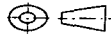


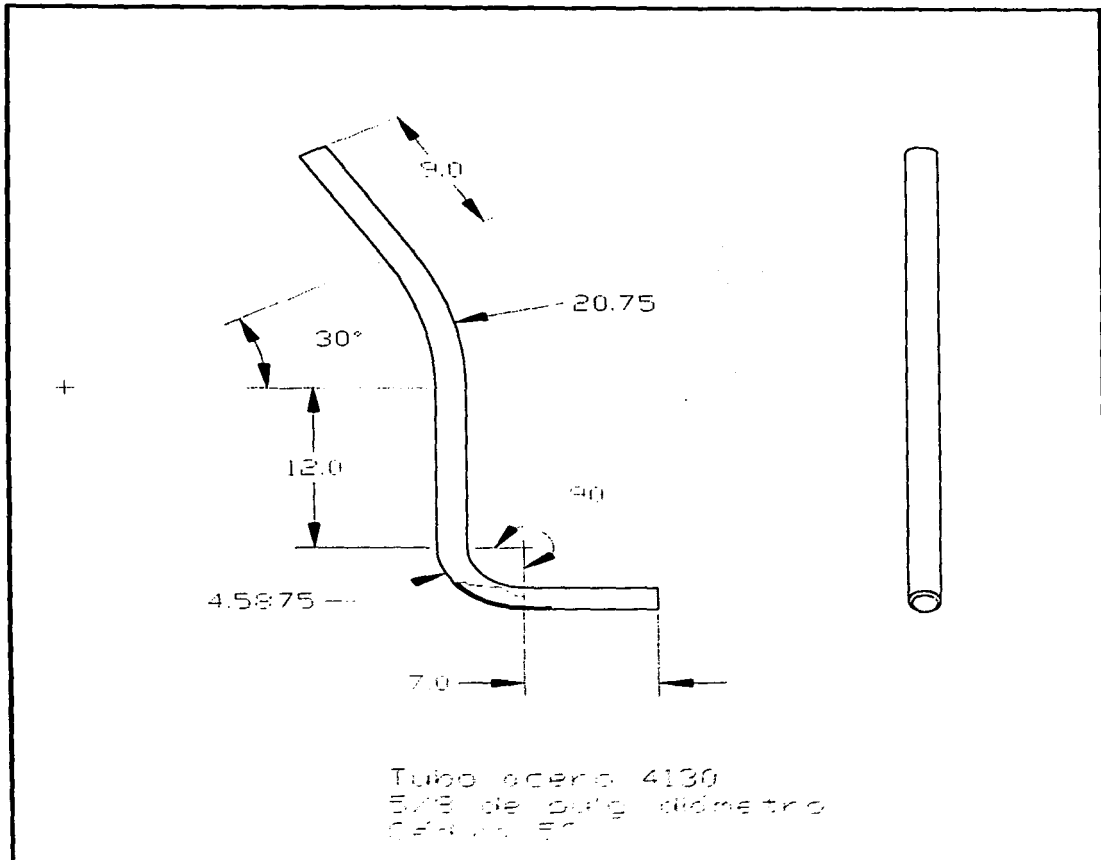
Tubo acero 4130
 3/4 pulg. diámetro
 Cedula 53
 dos piezas

	PROYECTO 		ESCALA 1:2
	TITULO 		ACOTACIONES CM
	DISEÑO GCN	DIBUJO GCN	CLAVE CONG-280970
	FECHA 19/01/74	P. TR. S. S.	PLANO 27



Barro Hexagonal aluminio
3/4 pulgada de ancho

	PROYECTO 	ESCALA 1:1	
	TITULO Pieza 28	ACOTACIONES CM	
	DISEÑO GCN	DISEÑO GCN	
	REVISADO GCN	REVISADO GCN	CLAVE CONG-280970
		PLANO 28	

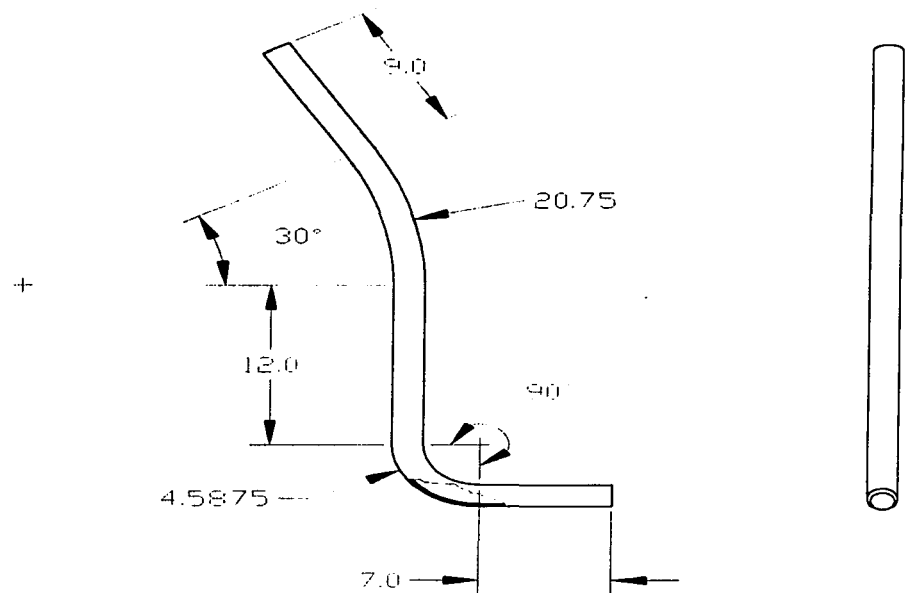


Tubo acero 4130
 5/8 de pulg diametro
 0.625 esp

XIPU

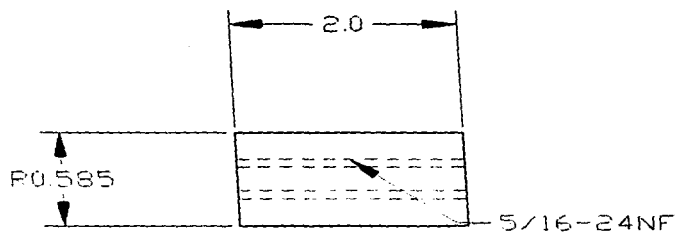
REVISION	1	FECHA	10/10/2010
PROYECTO	Pieza 29		
DISEÑO	10/10/2010	REVISADO	10/10/2010
PROYECTADO	10/10/2010	REVISADO	10/10/2010
ELABORADO	10/10/2010	REVISADO	10/10/2010






ESCALA	1:1
PROYECTADO	XIPU
REVISADO	XIPU
FECHA	10/10/2010
PROYECTO	10/10/2010

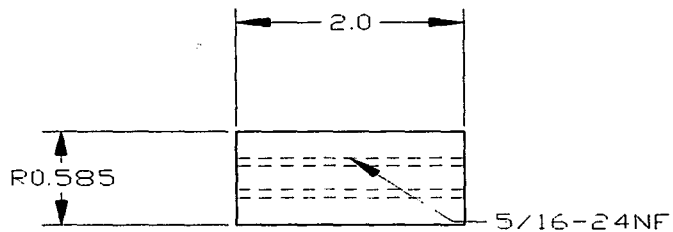




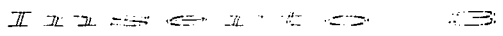
Tubo acero 4130
 5/8 de pulg. diámetro
 Cédula 55

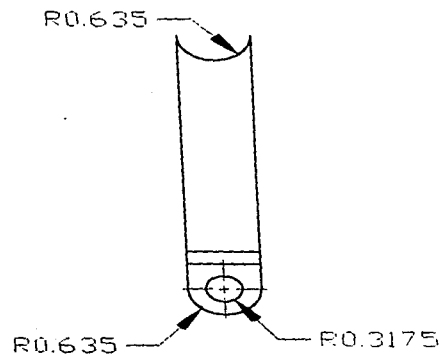
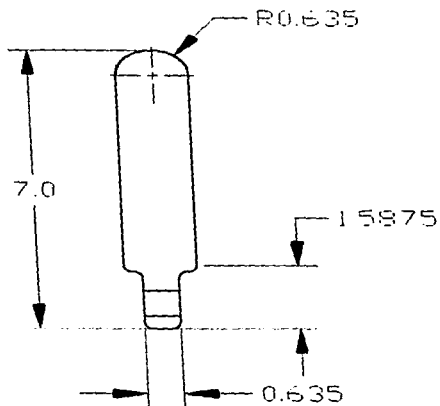
	PROYECTO 		ESCALA 1:3
	TITULO <i>P i e z a s</i>		ACOTACIONES CM
	DISEÑO GCN	DIBUJO GCN	CLAVE CDNG-280970
	FECHA 21-08-97	RESP. GCN	PLANO 29



	PROYECTO    		ESCALA 2:1
	TITULO LISTA DE MATERIALES		ASOCIACIONES 2M
	DISEÑO DCN	DISEÑO DCN	SEÑAL CONG-280970
	FECHA 21-08-27	REV. 1 DCN	PLANO 30

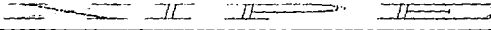


	PROYECTO 		ESCALA 2:1
	TITULO 		ACOTACIONES CM
	DISEÑO GCN	DIBUJO GCN	CLAVE CONG-280970
	FECHA 21-08-97	REVISOR GCN	PLANO 30



La reducción de área en el tubo se hace aplastando el tubo
 Todos los radios no marcados son de 1/16 de pulg.
 Tubo de acero 4130
 1/2 pulg. diámetro
 Cédulo 53

PROYECTO



TÍTULO

PIEZA 31

DISEÑO GCN DIBUJO GCN

FECHA 21-08-97 RESP. GCN

ESCALA

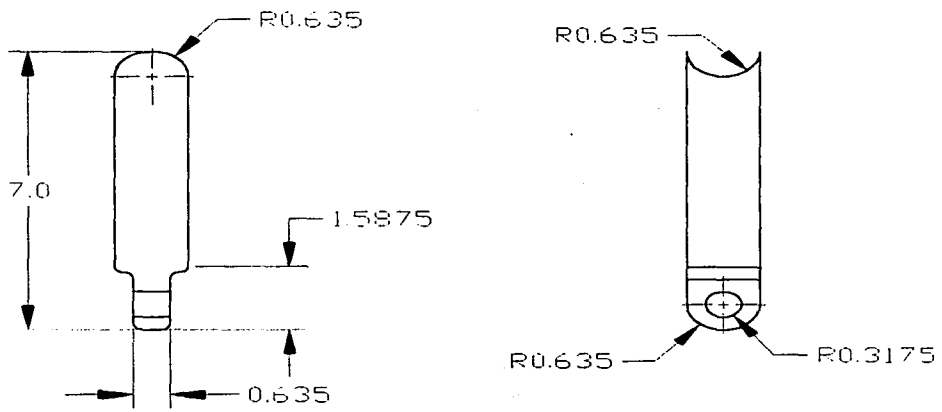
1:1

ACOTACIONES


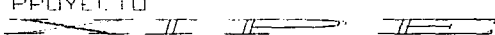
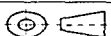
CM

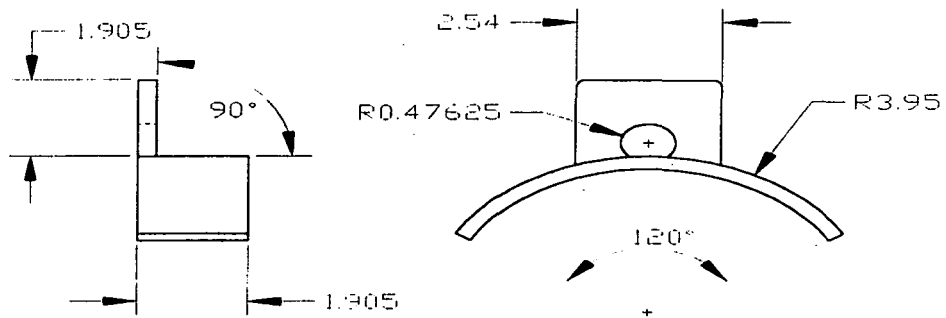
CLAVE CONG-280970

PLANO 31



La reducción de área en el tubo se hace aplastando el tubo
 Todos los radios no marcados son de 1/16 de pulg.
 Tubo de acero 4130
 1/2 pulg. diámetro
 Cédulo 55

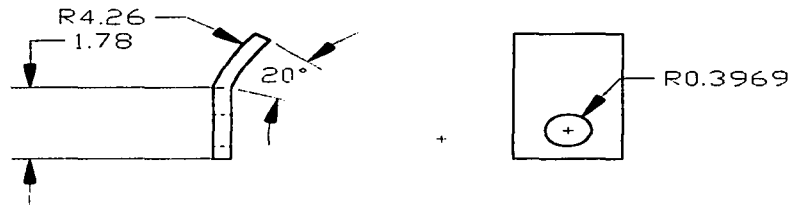
	PROYECTO		ESCALA
			1:1
	TÍTULO		ACOTACIONES
	<i>P i e z a 31</i>		CM
DISEÑO	DIBUJO		
GCN	GCN		
FECHA	RESP.	CLAVE	PLANO
21-08-97	GCN	CONG-280970	31




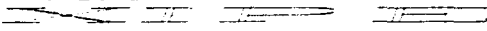
Solera de acero
 1/5 pulg. de ancho
 0.3175 de espesor
 Dos piezas

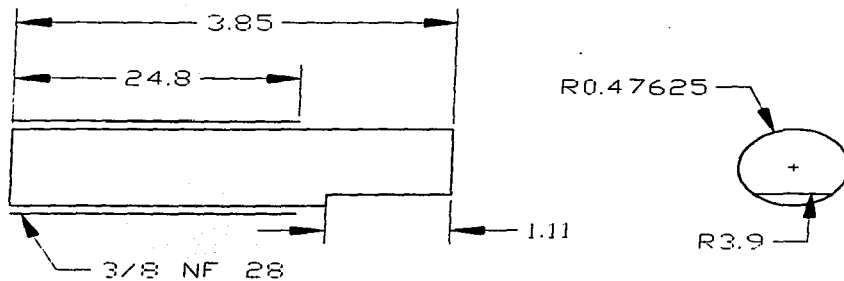
Xiper

PROYECTO		ESCALA
TITULO		1:1
PIEZAS 32		ACOTACIONES CM
DISEÑO GCN		CLAVE CONS-280970
FECHA 21-08-87		PLANO 32
DIBUJO GCN		
RESP GCN		



Coteria de acero
 3/4 de pulg. de ancho
 0.3175 de espesor
 Cuatro piezas

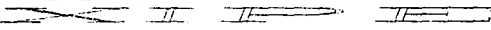
	PROYECTO 	ESCALA 1:1	
	TITULO Pieza 33	ANOTACIONES CM	
	DISEÑO 30%	DISEÑO 30%	CLAVE 1010-220970
	FECHA 30-09-87	REVIS 30%	PLANO 13



Barra de acero 4140-R
1/2 pulg. diámetro
dos piezas

XIPU

PROYECTO



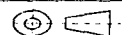
ESCALA

2:1

TÍTULO

PIEZAS 34

ACOTACIONES
CM



DISEÑO
GCN

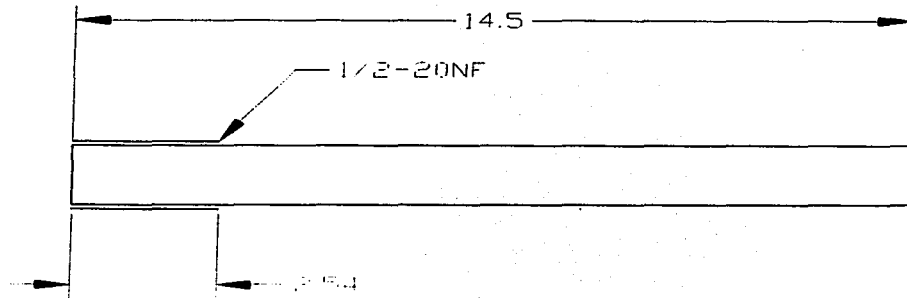
REVISÓ
GCN

CLAVE
CONG-280970

FECHA
21-08-97

RESP
GCN

PLANO
34



Barro de acero cold-rolled
 5/8 puig. diámetro
 dos piezas

PROYECTO

TÍTULO

PIEZAS

DISEÑO
GCN

DIBUJO
GCN

FECHA
18-08-97

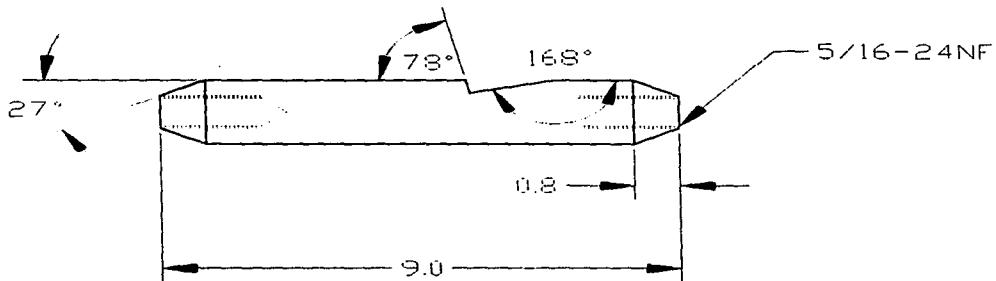
FECP
GCN

ESCALA
1:1

ACOTACIONES
CM

CLAVE
CONG-280970

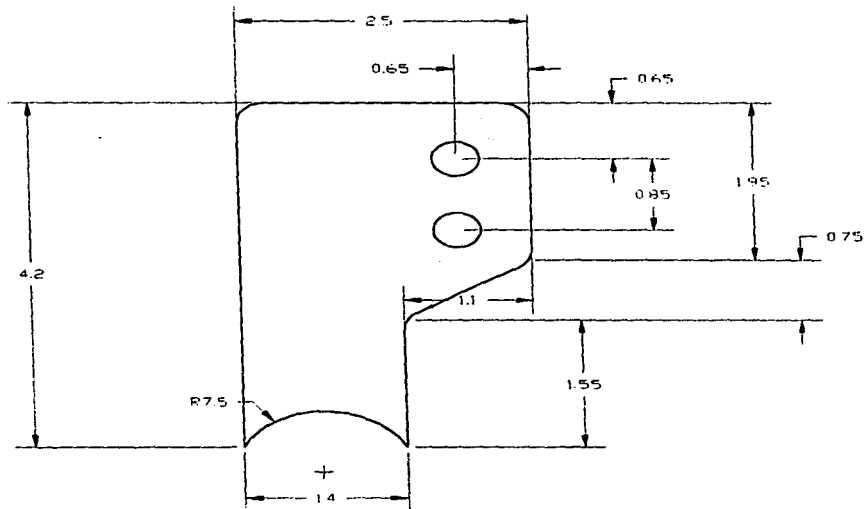
PLANO
35



Barra de acero cold-rolled
5/8 pulg. de diámetro
Dos piezas

XIP

PROYECTO 		ESCALA 1:1
TÍTULO 		ACOTACIONES CM
DISEÑO SON	DIBUJO SON	CLAVE CDNG-280970
FECHA 1978-11	PROF. SON	PLANO 35



Barrenos de 5/16 de pulg.
 Solera de acero 1/8 de pulg. espesor
 los radios no marcados son de R0.25
 Dos piezas

XIPU

PROYECTO

TITULO

PIEZA 137

DISEÑO

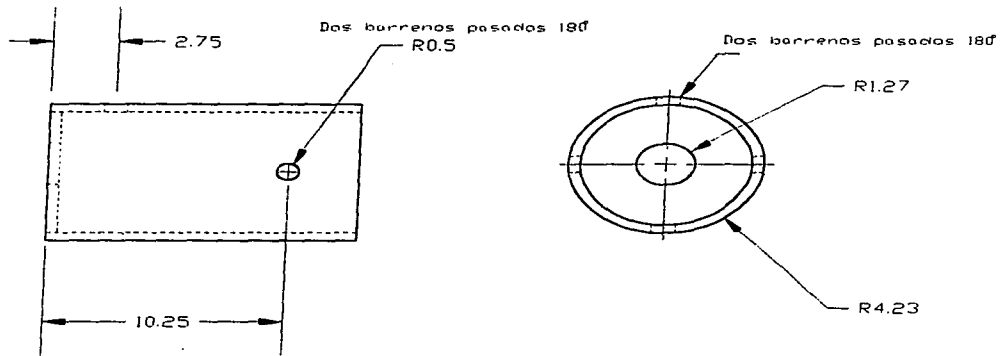
FECHA

ESCALA 2:1


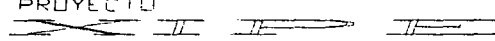
ABSTACIONES

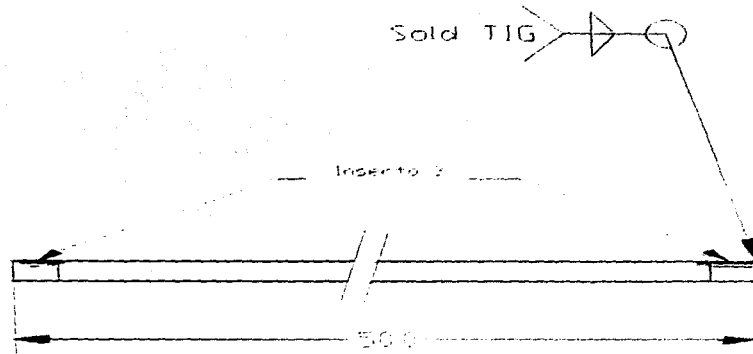
PLANO

37



Tubo de acero
 3 1/2 pulg. diametro
 cédula 40

	PROYECTO 		ESCALA 1:2
	TITULO COPLE SUSPENSION TRASERA		ACOTACIONES mm
	DISEÑO GCN	DIBUJO GCN	CLAVE CONG-280970
	FECHA 25-08-97	RESP GCN	PLANO 38

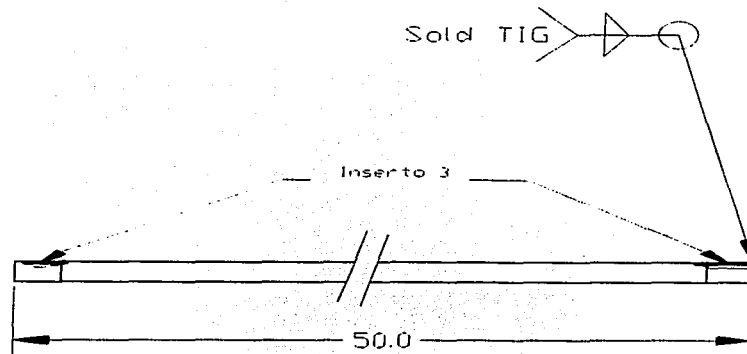


Tubo acero 4130
 1/2" Diámetro
 Largo 500



XIP

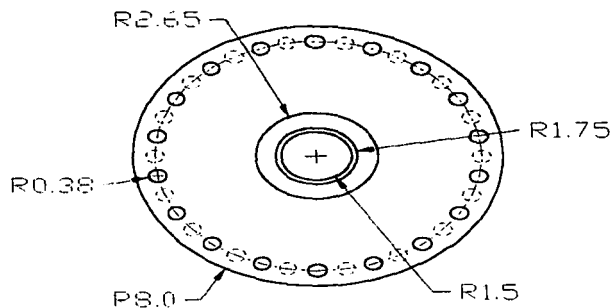
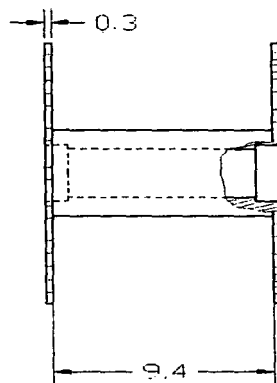
REFERENCE
TÍTULO MANIFIESTA DE DEFECTOS
FECHA LUGAR

Aprobado
 Autorizado



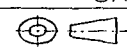


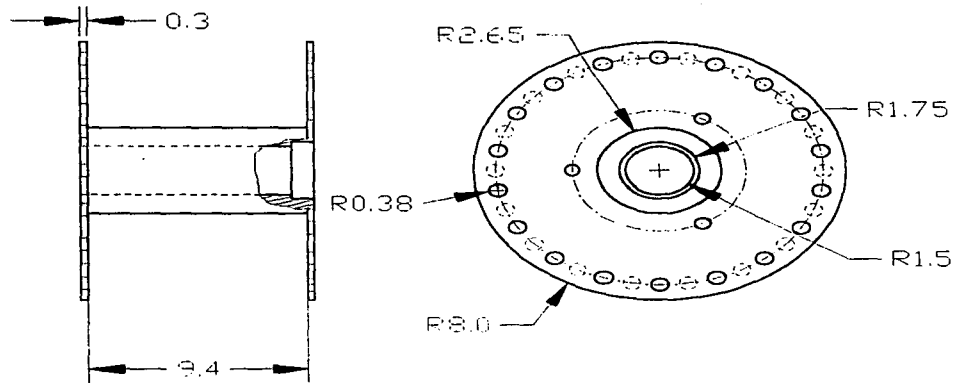
Tubo acero 4130
 1/2 pulg. diametro
 Cedula 55

	PROYECTO 		ESCALA
	TITULO BARRA DE DIRRECCION		ACOTACIONES CM
	DISEÑO GCN	DIBUJO GCN	CLAVE CONG-280970
	FECHA 21-08-97	PETA GCN	PLANO 39



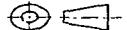


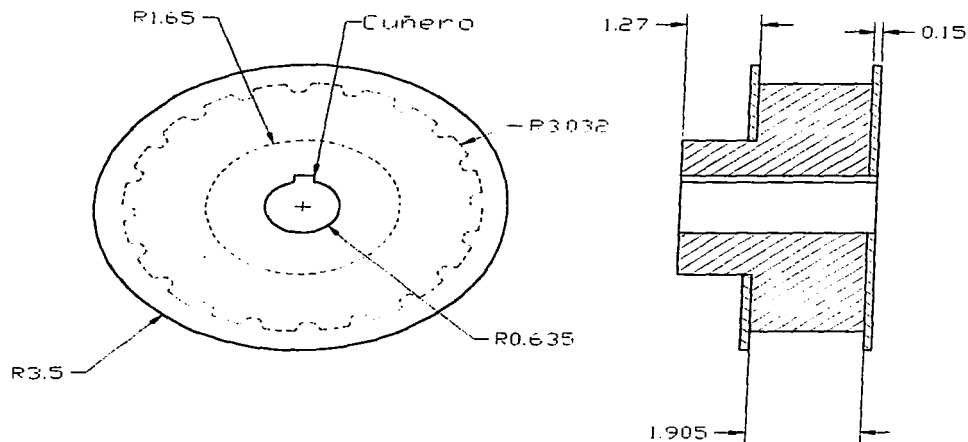
18 barrenos en cada lado
 20 grados de separación
 Intercalados 10 grados
 Dos piezas

	PROYECTO		ESCALA
			1:2.5
	TITULO		ACOTACIONES
	<i>Masa delantera</i>		CM
DISEÑO		DIBUJO	
GCN	GCN	CLAVE	
FECHA		PEEP	PLANO
18-08-97		GCN	40



18 barrenos en cada lado
 20 grados de separación
 Intercalados 10 grados

	PROYECTO 		ESCALA 1:2.5
	TITULO <i>Masa trasera</i>		ACOTACIONES CM
	DISEÑO GCN	DIBUJO GCN	
	FECHA 18-08-97	PESP GCN	CLAVE CONG-280970 PLANO 41



Barra de aluminio 6061-T6
 3 pulg. diámetro
 Cuñero cuadrado de 1/4 de pulg.
 Pinon para banda de tiempo paso 1
 20 dientes

PROYECTO

TITULO

DISEÑO
GCN

FECHA
25-08-97

DIBUJO
GCN

PESF
GCN

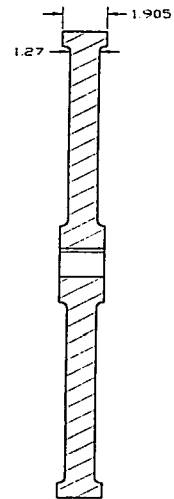
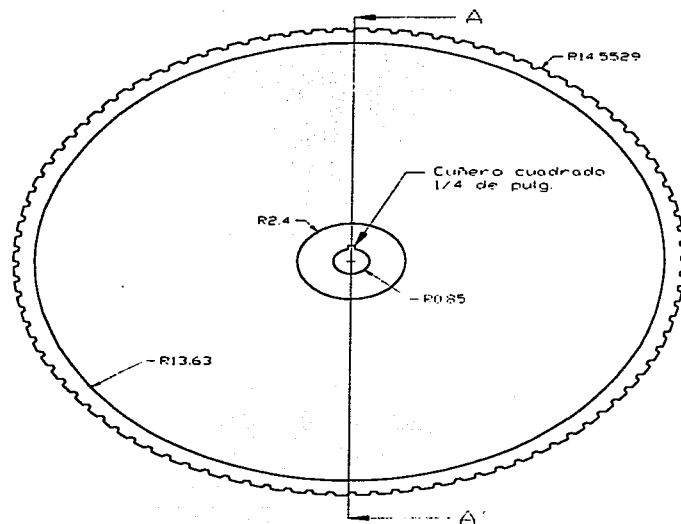
ESCALA

1:1

ACOTACIONES
mm

CLAVE
CONG-280970

PLANO
42



Corte A-A'

Placa de nylonid
 Catarina para banda de tiempo paso L
 96 dientes
 Todos los radios no marcados son de R0.3

XIPU

PROYECTO			
TITULO		CATARINA	
DISEÑO	GCN	DIBUJO	GCN
FECHA	25/08/17	PESQ.	GCN

ESCALA	1:2.5
ACOTACIONES	mm
CLAVE	CONG-280970
PLANO	43

CAPITULO 6

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.

En el capítulo anterior se indicó la forma de construir el vehículo eléctrico de competencias, a continuación se describen las pruebas que se realizaron al vehículo, estas servirán para poner a punto el coche, así como para observar si este cumple con la expectativas planteadas.

Para el proceso de pruebas se realizaron 6 pruebas con una duración de una hora cada una y una distancia total de 230 km., en las que se tomaban medidas de consumo, velocidad promedio, y se sometía al coche a condiciones extremas de manejo para comprobar su durabilidad. Es importante mencionar que de estas 6 pruebas, 3 se realizaron en el tercer campeonato formula electratrón México. La razón de esto fue por la falta de tiempo y presupuesto y el vehículo se terminó de construir solo días antes de que el campeonato empezara.

Prueba 1

Esta se realizó en el estacionamiento No 1 de estadio de C.U. el circuito era un óvalo de 300 m de largo. Esta prueba la realizamos solos por lo que al no tener otros vehículos marcando el paso, la velocidad promedio alcanzada fue baja, 29 Km/h. Es importante mencionar que esta prueba sirvió para eliminar la suspensión delantera del vehículo, y poner el eje delantero rígido, esto debido a que las fuerzas laterales generadas en la curva eran muy grandes y hacían que el coche se cargara hacia afuera, para evitar este problema se debía de poner un barra estabilizadora en la suspensión haciéndola mas complicada, por lo que se decidió que era mejor eliminarla. En esta prueba se trabajó en la puesta a punto del vehículo, esto es, los ángulos óptimos para las llantas (camber, caster, toe, etc.). No se presentaron fallas mecánicas en el vehículo. El consumo de baterías después de una hora de pruebas fue de 70 % de la carga total.

Prueba 2 (Pruebas de escrutinio)

Esta prueba también se realizó en el estacionamiento del estadio de C.U. y es la prueba de calificación para el campeonato de carreras fórmula electratrón. En esta pruebas unos jueces revisan el vehículo estática y dinámicamente para comprobar que el coche cumple con el reglamento de competencia y que es seguro. En estas pruebas se examinan las conexiones eléctricas del coche, los componentes mecánicos del mismo y el comportamiento del coche mientras frena y al esquivar de unos conos, las características de las pruebas se describen en el Apéndice A. En estas pruebas el coche tuvo problemas en la prueba de frenado, que aunque cumplió con lo estipulado por los jueces, las gomas de los frenos rozaban con la llanta. Después se corrigió el problema.

Prueba 3 (Carrera No.1 Museo tecnológico CFE)

El circuito de esta carrera era demasiado sinuoso por lo que las velocidades esperadas iban a ser bajas, en el circuito había dos curvas que al coche le costaba mucho trabajo tomar y después de 30 min. de carrera una de las soldaduras de la suspensión delantera empezó a fallar, se tuvo que parar para soldar este tubo perdiendo posiciones en la carrera. Posteriormente los esfuerzos que se generaron en la llanta trasera ocasionaron que una barra de aluminio se desgastara ocasionado un poco de inestabilidad en el coche. Faltando 10 minutos para que terminara la carrera uno de los tornillos que soportan las barras de la dirección se zafó ocasionando que las rótulas que detienen la llanta se rompieran quedando fuera de la carrera. El promedio de velocidad durante la carrera fue 30.1 km/h y el consumo solo fue de 55 %, el coche no corrió 20 min. de la hora que duró la carrera, debido a fallas, sin embargo su promedio de velocidad fue mayor que el del ganador de la carrera. Posición final 6° lugar de 12 coches.

Prueba 4

Esta prueba se realizó también en el estacionamiento del estadio de C.U., se corrigieron los errores observados en la carrera anterior. El coche corrió con las baterías que había utilizado en la carrera (sin recargarlas), y corrió durante una hora a un promedio de velocidad de 28 km/h. No se detectaron errores en el vehículo. Las baterías acabaron totalmente descargadas.

Prueba 5 (Carrera No. 2 Estadio de C.U.)

Este circuito es un óvalo bastante rápido y con curvas muy abiertas la velocidad promedio esperada era de 35 km/h. La carrera se dio sin ningún problema, el coche se estaba comportando muy bien después de 35 min. de carrera. El coche iba a la delantera cuando al entrar a una curva se enlartó con otro vehículo causando que una de las rótulas de la llanta se doblara. Tuvimos que parar a reparar esta perdiendo 15 min. de carrera. El promedio de velocidad durante la carrera fue de 30 km/h y se consumió el 60% de la carga de batería. Posición final 6 lugar de 12 coches.

Prueba 6 (Circuito espacio escultórico C.U)

Este circuito tenía 520m de largo con una curva descendente, una subida con una pendiente pronunciada y una curva cerrada con baches y topes, lo que lo hacía el circuito mas difícil hasta el momento. La velocidad promedio esperada era de 28 km/h. Esta

carrera transcurrió sin ningún percance de principio a fin, pero por desgracia la subida pronunciada hacía que el coche bajara su velocidad, con todo y esto el coche terminó en tercer lugar con un promedio de velocidad de 30 km/h. y consumo de 70% de la carga total.

7. CONCLUSIONES

El vehículo resulta estable en condiciones de curvas cerradas, y cumple con las expectativas de velocidad establecidas.

El vehículo es un coche competitivo ya que teniendo un motor más pequeño que los demás participantes los vence en cuanto a rendimiento y velocidad promedio.

El análisis de esfuerzos de elemento finito y sus consideraciones fueron correctos ya que la estructura del coche se comportó perfectamente en condiciones similares a las descritas.

La utilización de materiales como el aluminio resulta favorable ya que cumple con las expectativas de peso y resistencia.

La eficiencia del tren motriz y el buen diseño de los sistemas de suspensión del vehículo son parte fundamental en un coche eléctrico que consume poca energía.

De la presión, material y área de contacto de llantas depende mucho la velocidad que el vehículo pueda alcanzar y el consumo del mismo.

8. RECOMENDACIONES.

Mantener los ángulos de camber y toe lo mas cercanos a cero.

Usar llantas lisas o con la menor cantidad de dibujo, para tener mayor área de contacto y por lo tanto más estabilidad.

Tener un compuesto suave en las llantas y una presión cercana a los 50 psi.

Usar la presión antes mencionada en una llanta que nominalmente lo soporte.

Usar disipadores de calor en el motor con una entrada de aire del exterior en caso de tener carrocería.

Mantener el centro de gravedad del coche lo más cercano al piso y así evitar posibles volcaduras.

Usar carrocerías ligeras que cubran todo el coche, incluyendo al piloto.

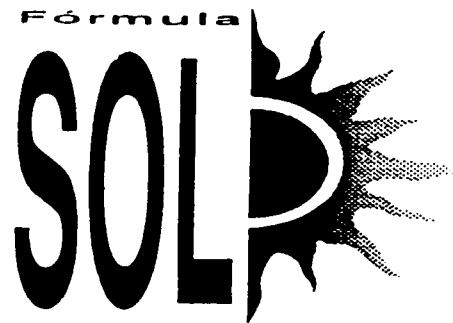
Evitar que los frenos toquen o rocen cuando no se esté presionando el pedal.

Evitar aceleraciones bruscas que consuman mucha corriente y provoquen sobrecalentamiento en el motor.

Bibliografía:

- 1.-GM Sunrayer Case History. SAE Instituto de tecnología de California 1988
- 2.-C.R Kyle, J.W.V Storey Solar Racing Cars. Australian Government Publising Service 1993.
- 3.- T.D. Gillespie, Fundamentals of Vehicles Dynamics, SAE, Warrendale, PA, 1992.
- 4.- D. Bastow, Car Suspension and Handling, Pentech Press, Londres, 1987.
- 5.-P. Beer, R. Johnston, Mecánica de Materiales. Mc Graw-Hill, México 1982.
- 6.- Autores varios, Reglamento de Competencias Electrón, Fórmula Sol, México 1994.
- 7.-R.F. Gibson, Principles of Composite Material Mechanics. McGraw Hill, Nueva York 1994
- 8.- A. Chevalier, Dibujo industrial, Montanier y Simon S.A., 1979.
- 9.- Philip Terpstra, 1993 World Wide Electric Vehicle Directory, Spirit Publications, 1993.
- 10.- Robert Q. Riley, Alternative Cars in the 21st Century, Sae International, 1993
- 11.- Micheal P. Brown, Shary Prnge, Convert It, Future Books, 1993
- 12.- Frank M. White, Mecánica de Fluidos. McGraw Hill México, 1988.
- 13.- Donald R. Askeland, La ciencia e Ingeniería de los Materiales. Grupo editorial Iberoamericano, Mexico 1985
- 14.- Beer y Johnston, Mecánica Vectorial para Ingenieros. McGraw Hill, Mexico, 1988

APENDICE A



**REGLAMENTO
DE DISEÑO Y COMPETENCIA
" ELECTRATÓN MÉXICO "**

Febrero 1996

FÓRMULA SOL, S.C.

Lago Mask 163
Colonia Anáhuac
México, D.F. 11320

Teléfono y fax manual
(5) 250 8707 / 536 6854 / 532 6177

Fórmula Sol, S.C. reconoce que el presente reglamento fue adaptado a partir del documento "1992 Electric Motor Sport Regulations and Competition Guidelines" editado por Clean Air Revival, Inc., 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 '95.

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

Este reglamento está registrado en Derechos de Autor y rige todos los eventos ELECTRATÓN MÉXICO organizados por Fórmula Sol, S.C. Si usted desea hacer modificaciones, adiciones, comentarios o aclaraciones, por favor póngase en contacto con las oficinas de Fórmula Sol, S.C.

De acuerdo con Clean Air Revival, cualquier organización que desee usar este reglamento como directriz para sus propios eventos podrá hacerlo y recibirá nuestro apoyo, siempre y cuando se reconozca el esfuerzo realizado por Clean Air Revival, Inc. y por Fórmula Sol, S.C.

" ELECTRATÓN MÉXICO "

REGLAMENTO DE DISEÑO Y COMPETENCIA

CONTENIDO:

- I Introducción (pag. 1)
- II Reglamento de Diseño (pag. 2)
 - A. Sistema Eléctrico (pag. 2)
 - B. Sistema Mecánico (pag. 4)
 - C. Seguridad (pag. 5)
 - D. Carrocería (pag. 7)
- III Reglamento de Competencia (pag. 9)
 - E. Reglas Suplementarias (pag. 9)
 - F. Reglas de Pista (pag. 12)

I INTRODUCCIÓN

El reglamento aquí presentado se ha desarrollado como base para PROMOVER LA PARTICIPACIÓN DEL PÚBLICO en un reto que tiene gran potencial para contribuir a la regeneración del equilibrio ecológico por medio de la capacitación, el deporte y la recreación: las competencias de vehículos eléctricos categoría Fórmula Electrátón Experimental (F/Ex).

La categoría F/Ex se define como el vehículo eléctrico en su mínima expresión, simplificado al máximo; tiene la cualidad de estar constituida por vehículos de muy bajo costo y fácil construcción, por lo cual inevitablemente lleva a un más rápido desarrollo de la tecnología del transporte limpio y sustentable que tanto se necesita.

Los vehículos eléctricos, comparados con los propulsados por gasolina, son sorprendentemente simples, requieren muy poco mantenimiento, no emiten contaminantes, virtualmente no hacen ruido y su manejo es divertido.

En años recientes ha sido notable el incremento en el conocimiento de los vehículos eléctricos. El acceso a componentes de buena calidad para construir uno se ha mejorado tan dramáticamente que la construcción de transporte eléctrico práctico está ahora al alcance del presupuesto de cualquier mecánico amateur. Cualquier ciudadano puede ser un valioso participante, gracias a la tecnología fácilmente accesible de la categoría F/Ex.

Al revisar la historia, vemos que gran parte de la tecnología del automóvil se ha desarrollado en el ámbito de las competencias de autos. Ahora el vehículo eléctrico está siguiendo el mismo patrón de evolución que siguió el auto de gasolina hace alrededor de cien años, con una diferencia: el diseño y la construcción de vehículos eléctricos está actualmente reconocido como un compromiso esencial si se espera mantener una calidad de vida aceptable en este planeta. Aun considerando los esfuerzos recientes de la industria automotriz por crear transporte eléctrico, esta es una área donde la educación del público es un factor directriz, pues la industria responde a las demandas del mercado.

El reglamento aquí presentado es producto de 17 años de experiencia en competencias de vehículos electrátón: desde 1978 cuando éstas se iniciaron en Inglaterra, continuando después en Australia, Estados Unidos y México (el reglamento internacional ya incluye una regla surgida de la experiencia mexicana). Este reglamento busca servir como formato mediante el cual un individuo pueda contribuir al esfuerzo de desarrollo tecnológico, y a la regeneración del equilibrio ecológico, en auténtico espíritu deportivo.

¡Nos vemos en la pista!

II REGLAMENTO DE DISEÑO DE VEHÍCULOS ELECTRATÓN

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). Las reglas han sido creadas para la seguridad de los participantes.

Los vehículos que utilicen técnicas de construcción y materiales diferentes a las que se exponen aquí serán evaluados en cuanto a su seguridad y maniobrabilidad; si aprueban favorablemente estos parámetros, podrán competir en los eventos organizados por Fórmula Sol. De esta manera deseamos promover que nuevas tecnologías sean incorporadas en los vehículos.

A. SISTEMA ELÉCTRICO

1) BATERÍAS

- 1.1) Las baterías deberán ser de tipo comercial, recargables, de plomo-ácido y no podrán ser modificadas para incrementar su desempeño.
- 1.2) EL PESO MÁXIMO PERMITIDO PARA BATERÍAS ES DE 40 KILOS.
- 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 caja de baterías deberá sujetarse a la estructura del vehículo de manera que permanezca en su lugar en caso de volcadura o colisión. Esta caja deberá tener una tapa sujeta firmemente que no se libere en caso de volcadura, y deberá ser capaz de retener el ácido de las baterías en caso de accidente. La caja de las baterías deberá tener un letrero de 15 x 15 cm con la leyenda "Precaución Acido Corrosivo".
- 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.
- 1.5) El vehículo deberá usar las mismas baterías durante toda la competencia.
- 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.

2) CELDAS SOLARES

- 2.1) Se permite colocar sobre el vehículo un metro cuadrado de celdas solares. Esta área incluye el área de captación fotovoltaica, mas no el espacio entre celdas. Las celdas deberán estar montadas sobre la carrocería de tal manera que no sobresalgan ni pongan en peligro a otros.

3) BATERÍAS SUPLEMENTARIAS

- 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.

4) CALIBRES DE CABLE

- 4.1) Los cables de potencia que conectan a las baterías con el controlador y el motor, deberán ser del calibre adecuado para la corriente máxima que se puede esperar, conforme a las tablas estándares de la NEC (National Electrical Code). Las tablas NEC son tablas estándares que se manejan mundialmente. Se pueden encontrar en cualquier libro de instalaciones electromecánicas o en tiendas de material eléctrico.

5) FUSIBLES E INTERRUPTORES

- 5.1) Todos los vehículos deberán tener un fusible y un interruptor de circuitos entre el controlador y la batería. Un interruptor maestro o un interruptor de circuitos deberá estar fácilmente accesible tanto al piloto como a los oficiales durante la carrera.

5.2) FUSIBLE PRINCIPAL

Todos los vehículos deberán tener un fusible de capacidad no mayor a 150% de la máxima corriente esperada. El fusible deberá estar conectado en serie con el banco de baterías, en la terminal positiva, sin que haya ningún otro componente entre ellos. Para el fusible principal no está permitido utilizar interruptores termomagnéticos.

5.3) INTERRUPTOR PRINCIPAL

Todos los vehículos deberán tener un interruptor principal capaz de interrumpir a plena carga cualquier suministro de corriente al motor. Este 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.

6) ACELERADOR

- 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.

7) AISLAMIENTO DEL CHASIS

- 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.

B. SISTEMA MECÁNICO

8) RUEDAS Y EJES

- 8.1) El peso de los vehículos deberá estar apoyado en un mínimo de tres ruedas.
- 8.2) Las ruedas y ejes deberán ser lo suficientemente fuertes para someterse a las pruebas de escrutinio para frenos y maniobrabilidad. Las ruedas deberán estar cubiertas si existe la posibilidad de que el piloto tenga un contacto inadvertido con las ruedas.

9) DIRECCIÓN

- 9.1) Tamaños mínimos han sido establecidos para las partes de dirección con el fin de disminuir la probabilidad de fallas. Los brazos de dirección, las rótulas (ball joints) y los soportes utilizados para montar todos los componentes de la dirección, deberán ser no más débiles que una barra de acero de 5/16" de diámetro. El uso de espárragos de acero dulce no está permitido.
- 9.2) El giro de la dirección debe tener topes físicos que limiten su carrera para evitar un exceso de giro en las ruedas.
- 9.3) 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.
- 9.4) Los tornillos que fijan el volante al poste de la dirección deben de quedar ocultos o tener cabeza de bola para proteger al piloto contra lesiones.
- 9.5) Los pernos guía (king pins) deberán estar hechos de un material tan resistente o más que una barra sólida de acero de 1/2" a 5/8".
- 9.6) Los vehículos deberán tener un radio máximo de giro no mayor que 5 metros.
- 9.7) El vehículo debe ser capaz de esquivar diez conos espaciados entre sí por 8 metros, en menos de 20 segundos (prueba de "slalom").

10) FRENOS

- 10.1) 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.

Antes del campeonato, 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.

11) TREN MOTRIZ

- 11.1) Todas las cadenas, engranes, etc., deberán estar cubiertos, para evitar que hagan daño al piloto, al conductor de otro vehículo o a los espectadores, y para evitar riesgos por rupturas.

C. SEGURIDAD

12) ESPEJOS Y VISIBILIDAD

- 12.1) Todos los vehículos deberán tener mínimo dos espejos retrovisores, ya sean cóncavos o planos. Si los espejos son cuadrados, sus dimensiones mínimas deben ser de 2" por 2"; si son redondos, el diámetro mínimo permitido es de 2".
- 12.2) Los espejos deberán estar sujetos perfectamente a la estructura para evitar que las vibraciones los muevan de su posición original.
- 12.3) El conductor deberá 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 está exenta de esta regla.

13) PROTUBERANCIAS

- 13.1) Los vehículos no deberán tener protuberancias ni en sus superficies ni en los miembros estructurales.

14) DIMENSIONES

- 14.2) La longitud máxima de un vehículo Electratorón es de 4 metros; el ancho máximo es de 1.5 metros.

15) PROTECCIÓN CONTRA CHOQUES

- 15.1) Todos los vehículos deberán tener miembros estructurales y acojinamientos que protejan al conductor en caso de colisiones frontales, laterales o traseras. La medida mínima de tales miembros estructurales deberá ser:

tubo redondo o cuadrado de 3/4" con el calibre correspondiente, según las siguientes especificaciones:

- 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).

- 15.2) Estructuras que no estén construidas de ninguno de los materiales descritos anteriormente serán permitidas a discreción de los oficiales.

16) BARRA ENTRE CAJA DE BATERÍAS Y PILOTO

- 16.1) En caso de que la caja de baterías esté colocada atrás del piloto, deberá existir una barra que impida el desplazamiento de esta caja hacia el piloto en caso de impacto, con las mismas especificaciones que la tabla anterior.

17) BARRAS ANTIVUELCO ("ROLL BARS")

- 17.1) 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 atrás del piloto y sujeta al chasis con, por lo menos, cuatro puntos de anclaje.
- 17.2) 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 espesor de pared.
- 17.3) Si se traza una línea imaginaria desde el punto más alto de la barra antivuelco, hasta la parte estructural delantera del vehículo, ninguna parte del piloto, incluyendo las extremidades y el casco, debe quedar arriba de esta línea.
- 17.4) La barra antivuelco deberá tener acojinamiento para prevenir que el conductor pueda lastimarse por el contacto contra la barra en un accidente. El acojinamiento debe ser de 3/4" de espesor y deberá estar hecho de espuma de celdas cerradas ("closed cell foam"), siendo suficiente usar espuma aislante de celdas cerradas para tuberías.
- 17.5) Las barras antivuelco que sean construidas de materiales diferentes a los aprobados anteriormente serán permitidas a discreción de los jueces. Los corredores deberán demostrar a los jueces la resistencia física de tal protección contra volcaduras.

18) CABECERA

- 18.1) La cabecera deberá estar constituida por dos partes:
1. un tubo que funja como soporte de la cabecera y que esté firmemente anclado al chasis, y
 2. un área plana o ergonómica con un área mínima de 20 por 20 cm, que sirva de apoyo a la cabeza.
- 18.2) Se requiere emplear una cabecera capaz de soportar una fuerza de 50 kg en dirección de adelante hacia atrás para prevenir el cabeceo. Deberá tener acojinamiento para evitar que el conductor sea herido por el contacto de su cabeza con el tubo-soporte o con la cabecera en caso de accidente.

19) PROTECCIÓN DE EXTREMIDADES

- 19.1) Esta regla, aceptada internacionalmente, surgió de la experiencia mexicana. El vehículo debe estar diseñado de tal manera que, durante una volcadura, ni los brazos ni las piernas del piloto puedan salir del vehículo. Para esto, está permitido utilizar correas, mallas o tela. En caso de utilizar correas, éstas no deben impedir que el piloto salga del vehículo en máximo seis segundos.

20) CINTURONES DE SEGURIDAD

- 20.1) Todos los vehículos deberán tener un cinturón con, por lo menos, tres puntos de sujeción (dos abajo y uno arriba). Las cintas deben ser comerciales con, por lo menos, 2 pulgadas de ancho (automotriz) y deberán ser lo suficientemente fuertes y sujetas al vehículo de tal manera que el vehículo completo con baterías pueda ser levantado del suelo por el cinturón.
- 20.2) 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 8 con tuercas de seguridad.
- 20.3) El cinturón de seguridad debe de sostener al conductor para que no haga contacto con el suelo en caso de volcadura.

21) TIEMPO PARA SALIR DEL VEHÍCULO

- 21.1) El conductor, teniendo todos los aditamentos de competencia puestos (casco, guantes, etc.), debe de poder salir del vehículo sin ayuda en 6 (seis) segundos o menos, incluyendo el tiempo para desabrochar cinturones de seguridad.

22) VEHÍCULOS INCLINABLES

- 22.1) 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 parado, 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.

D. CARROCERÍA

23) NÚMEROS DEL VEHÍCULO

- 23.1) Los números para vehículos F/Ex serán asignados por Fórmula Sol, S.C.
- 23.2) Un número específico será asignado al primero en solicitarlo. Usted podrá perder su número si deja de participar en competencias electratón durante seis meses.
- 23.3) En el caso de un conflicto con los números, éste será resuelto por los jueces en la carrera. El número 1 (uno) estará reservado para el campeón "Electratón México" de la temporada anterior.
- 23.4) Los números deben colocarse en ambos costados del vehículo, de tal manera que se vean claramente. Cada dígito deberá ser de por lo menos 15 cm. de alto por 7 cm. de ancho (excepto el número uno, cuyo ancho mínimo debe ser de 2 cm.). El número del vehículo deberá ser negro sobre blanco, y las dimensiones del fondo deberán exceder en mínimo 5 cm. los contornos exteriores del número.

24) ESPACIO EN CARROCERÍA PARA PATROCINADORES DEL EVENTO

- 24.1) La carrocería del vehículo electrotón debe dejar espacios de buena visibilidad para colocar las calcomanías de los patrocinadores del campeonato, durante el tiempo especificado por Fórmula Sol, S.C. Las calcomanías para estos logotipos serán proporcionadas por Fórmula Sol, S.C. 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 20 cm. de altura.

NOTA:

TODAS LAS REGLAS EN ESTE "REGLAMENTO DE DISEÑO" SON ABSOLUTAS. SI NO SE CUMPLEN, NO SE PODRÁ COMPETIR EN LOS EVENTOS ORGANIZADOS POR FÓRMULA SOL, S.C.

III REGLAMENTO DE COMPETENCIA

E.

REGLAS SUPLEMENTARIAS

Los reglamentos siguientes rigen todos los eventos de competencia "Electrón México" y de la categoría Fórmula Electrón Experimental (F/Ex). Los asuntos no cubiertos o que necesiten aclaración de estas reglas suplementarias o asuntos mercedores de excepciones están sujetos a la discreción del oficial en jefe de Fórmula Sol, S.C.

25) LICENCIA DE CONDUCIR

25.1) El piloto deberá tener licencia para conducir vigente emitida por la FMAD para poder participar en las carreras de vehículos eléctricos de Fórmula Sol. Para poder competir, los pilotos deberán portar su licencia de la FMAD. Se recomienda que los participantes tengan el mayor entrenamiento y conocimientos de manejo posible.

25.2) Para registrarse en cada competencia, el piloto deberá mostrar su licencia FMAD.

La FMAD tiene secciones con representantes estatales en casi todo México y puede indicar cuál es el más cercano a usted. Las solicitudes para obtener la membresía de FMAD pueden hacerse directamente a sus oficinas: Av. Revolución 586, Col. San Pedro de los Pinos, C.P. 03800, México, D.F. Teléfonos: 598 8316 y 598 8326, fax: 611 3818.

26) CASCOS, ROPA Y PROTECCIÓN DE OJOS

26.1) 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.

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

26.3) Los pilotos deben usar protección de ojos.

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

27) INTOXICANTES

27.1) Todo participante (conductor, equipo, ayudante) que entre intoxicado al evento y/o consuma intoxicantes durante el evento, causará severa penalización a su escudería. Esta restricción dejará de ser aplicable cuando termine la premiación de la carrera del día.

28) CONDICIÓN MÉDICA

28.1) 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 joyas de cualquier tipo, 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.

29) RECHAZO A INSCRIPCIÓN

29.1) Fórmula Sol, S.C. se reserva el derecho a rechazar una inscripción en cualquier momento, dando aviso al interesado según lo permitan las circunstancias.

30) INSPECCIÓN TÉCNICA

30.1) Habrán minuciosas pruebas de calificación y escrutinio generales antes de cada campeonato, para verificar que los vehículos estén plenamente dentro del reglamento de diseño y competencia del evento. En ese momento se le asignará un libro de bitácora. Esta bitácora deberá mantenerse con la escudería para la cual fue emitida y presentarse para registro en cada evento subsecuente. Todas las participaciones en eventos, incidentes en pista, violaciones y amonestaciones deberán registrarse en la bitácora del vehículo.

30.2) Además, de las pruebas de calificación y escrutinio pre-campeonato, todos los vehículos deben presentarse para la inspección técnica antes de cada competencia. Al finalizar la competencia, antes de entrar a pits, los pilotos deberán conducir sus vehículos al parque cerrado para la inspección técnica final. Sólo pilotos y capitanes de escuderías podrán estar en el parque cerrado durante las inspecciones técnicas.

30.3) 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.

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

31) RESULTADOS

31.1) 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 que será enviado a todos los participantes.

32) SUMINISTROS

- 32.1) 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.

33) EXTINGUIDOR Y NEUTRALIZADOR DE ÁCIDO

- 33.1) 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.

34) PÉRDIDA DE EQUIPO

- 34.1) Fórmula Sol, S.C., o personas relacionadas con la operación de los eventos de "Electratón México" no se responsabilizan de ninguna pérdida o robo de cualquier cosa traída a las competencias.

35) INVITADOS

- 35.1) En los pits y dentro de la pista NO está permitida la presencia de invitados de las escuderías.

36) MASCOTAS

- 36.1) Mascotas sin correa o jaula no serán permitidas en ningún momento. Las mascotas con correa deberán estar sujetas por un adulto a lo largo de la duración del evento.

37) PROTESTAS

- 37.1) Protestas por escrito serán aceptadas sólo a discreción del Oficial en Jefe de la competencia. La cuota por protesta es de N\$100.00, misma que será retenida si la protesta, a juicio del oficial en jefe, no tiene méritos para proceder. Si sí procede la protesta, el dinero les será reembolsado. La mayoría de los asuntos podrán ser resueltos por el Oficial en Jefe sin la necesidad de una protesta.

38) FICHAS TÉCNICAS

- 38.1) Cada escudería recibirá la forma de "Ficha Técnica General" que le será proporcionada por Fórmula Sol. Esta Ficha Técnica General, debidamente llenada, deberá ser entregada a Fórmula Sol el día de las pruebas de escrutinio y calificación pre-campeonato.
- 38.2) Al comenzar el campeonato, Fórmula Sol entregará el formato de "Ficha Técnica Para Cada Competencia". Después de cada carrera del campeonato, cada escudería deberá llenar y entregar a Fórmula Sol, S.C. esta ficha técnica.

F.

REGLAS DE PISTA

Los eventos Electratrón 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.

39) VEHÍCULO INSIGNIA ("PACE CAR") Y DE SEGURIDAD

39.1) En raras ocasiones un vehículo insignia se introduce en el recorrido. Dado el caso, cada estación de curva desplegará una bandera amarilla y la línea de salida/meta tendrá una bandera amarilla y una señal de "vehículo insignia". Antes de abandonar el circuito, el vehículo de seguridad apagará sus luces intermitentes. Entonces una bandera verde será mostrada al líder. Después de la bandera verde, todas las banderas amarillas serán bajadas simultáneamente y la competencia continuará. Todos los vehículos deben conservar su posición hasta que la bandera verde sea mostrada.

40) BANDERAS

40.1) 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 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". Los tableros de conteo y el orden de arranque se regresarán a como estaban en la última vuelta antes de la bandera roja. Cuando una bandera roja se muestra en la línea de salida/meta, todas las otras estaciones de bandera deberán ondear una bandera roja. Todas las otras banderas continuarán siendo aplicables a sus respectivas indicaciones e incidentes individuales.

AMARILLA: La bandera amarilla significa "PELIGRO, disminuya su velocidad y mantenga su posición (intervalo) respecto al vehículo de enfrente. No rebese sino hasta que vuelva a aparecer la bandera verde. Confirme señalamiento".

(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.

NEGRA: En la línea de salida/meta esta señal quiere decir "complete la vuelta en la que está; después abandone la carrera y dirijase a la zona de pits para consulta". Siempre se mostrará la bandera negra con el número del vehículo.

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 con el número del 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. Dirijase 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". Seguir corriendo después de haber pasado la bandera a cuadros implica una penalización de -2 vueltas por cada vuelta que se pase.

41) ARRANQUE

- 41.1) 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.
- 41.2) 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.
- 41.3) El arranque será a auto parado, mostrándose primero la bandera amarilla y después la verde.

42) DERECHO DE VÍA / VEHÍCULO LENTO

- 42.1) El 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 con seguridad.

43) REBASES

- 43.1) 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.
- 43.2) 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.

44) CONTACTO ENTRE VEHICULOS

- 44.1) 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 involuntario debido a una gran falta de cuidado o negligencia, será excluido de participar en el evento, y puede ser impedido de participar en futuras competencias por el periodo que se juzgue pertinente.

45) VEHÍCULO DAÑADO

- 45.1) 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.

46) VEHÍCULO PARADO

- 46.1) Si un conductor se ve forzado a detener su vehículo en el circuito durante el evento, es su obligación, tan pronto como sea posible, colocarlo de manera que no cause peligro u obstrucción.

47) AYUDA A VEHÍCULOS

- 47.1) La ayuda a un vehículo parado está limitada a dos personas (uniformadas) por vehículo, quienes deberán llegar hasta su vehículo con suma precaución.

48) DIRECCIÓN DE LA PISTA

- 48.1) 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".

49) MANEJO INSEGURO

- 49.1) A cualquier conductor que maneje de manera inapropiada y peligrosa, le será aplicada una bandera negra y será llamado a detenerse en los "pits" para ser (A) advertido, (B) sacado del circuito o (C) suspendido o amonestado para futuros eventos de Fórmula Sol.

50) ACCIDENTES

- 50.1) Todos los accidentes serán minuciosamente investigados. Si fueron causados por descuido, exceso de agresividad o manejo peligroso, una penalización apropiada será aplicada.

NOTA:

EL INCUMPLIMIENTO DE ESTE "REGLAMENTO DE COMPETENCIA" OCASIONARÁ PENALIZACIONES QUE PODRÁN VARIAR DESDE EL NO VOLVER A PARTICIPAR EN CUALQUIER EVENTO ORGANIZADO POR FÓRMULA SOL, S.C., EL NO VOLVER A COMPETIR EN EL ACTUAL CAMPEONATO, EL NO COMPETIR EN LA ACTUAL CARRERA, ASÍ COMO PENALIZACIONES EN EL NÚMERO DE VUELTAS Y LOS PUNTOS OTORGADOS EN LAS COMPETENCIAS.

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

México, D.F. Abril, 1996.

Fórmula Sol, S.C. es una sociedad sin fines de lucro dedicada a promover el desarrollo del transporte limpio. Esta obra no puede ser reproducida, total o parcialmente sin previa autorización. En cualquiera de los usos del contenido de este documento, se deberá dar crédito a Fórmula Sol, S.C. Derechos reservados.

Editado por Fórmula Sol, S.C.

Autores y editores: Beatriz Padilla, Daniel Amador, Jorge Rodríguez, Guillermo Margules, Cecilia Zolla, Lily Cohen, Juan Carlos Zacate y Berenice Tapia.

APENDICE B

Gates PowerGrip® Timing Belts

Recommended For: Mechanical power transmission on drives where the use of chain and gear is not desired and where synchronization of driveN speed to driveR speed is required.

Gates PowerGrip Timing Belt drives operate on the tooth-grip principle, with the molded teeth of the belt designed to make positive engagement with the mating grooves on the pulleys. The teeth enter and leave the grooves in a smooth, rolling manner and with low friction, and they function in much the same way as teeth on a gear.

Where synchronization of the driveN speed to the driveR speed is required, PowerGrip drives offer many advantages over gear and chain. Maintenance costs are lower because lubrication is eliminated. PowerGrip drives also are recommended where center distance adjustment for takeup is limited, or where drives are inaccessible making tension maintenance difficult. They are quiet in operation, light in weight and economical.

Nomenclature:

Gates PowerGrip Timing Belts are measured by:

Length
Pitch
Width

Length — The length of a PowerGrip Timing Belt is shown in the first part of the belt designation. This first number is the pitch length in tenths of inches. A 300L075 is a belt 30.0" in pitch length.

Pitch — The pitch of a PowerGrip Timing Belt is the distance from center to center of the teeth (in inches). It is shown in the second part of the belt designation by a letter or letters. Letters correspond to pitches as follows:

MXL = Mini Extra Light	= 0.050" (1/20") pitch
XL = Extra Light	= 0.200" (1/5") pitch
L = Light	= 0.375" (3/8") pitch
H = Heavy	= 0.500" (1/2") pitch
XH = Extra Heavy	= 0.675" (5/8") pitch
XXH = Double Extra Heavy	= 1.250" (1 1/4") pitch

A 300L075 belt is a belt with a 0.375" (3/8") pitch

Width — The width of a PowerGrip Timing Belt is shown in the last part of the belt designation. This last number is the width in hundredths of inches. A 300L075 is a belt 3/4" wide



Gates PowerGrip® Timing Belts

STOCK BELTS

0.080" pitch
mini extra light (MXL)

Available in
1/2", 3/4" and 1" widths

Length and Pitch Designation	Pitch Length, inches	Number of Teeth
35MXL	3/8	42
40MXL	1/2	50
44MXL	3/4	58
48MXL	1	66
52MXL	1 1/8	74
56MXL	1 1/4	82
60MXL	1 1/2	90
64MXL	1 3/4	98
68MXL	1 7/8	106
72MXL	2	114
76MXL	2 1/8	122
80MXL	2 1/4	130
84MXL	2 3/8	138
88MXL	2 1/2	146
92MXL	2 5/8	154
96MXL	2 3/4	162
100MXL	2 7/8	170
104MXL	3	178
108MXL	3 1/8	186
112MXL	3 1/4	194
116MXL	3 3/8	202
120MXL	3 1/2	210
124MXL	3 5/8	218
128MXL	3 3/4	226
132MXL	3 7/8	234
136MXL	4	242
140MXL	4 1/8	250
144MXL	4 1/4	258
148MXL	4 3/8	266
152MXL	4 1/2	274
156MXL	4 5/8	282
160MXL	4 3/4	290
164MXL	4 7/8	298
168MXL	5	306
172MXL	5 1/8	314
176MXL	5 1/4	322
180MXL	5 3/8	330
184MXL	5 1/2	338
188MXL	5 5/8	346
192MXL	5 3/4	354
196MXL	5 7/8	362
200MXL	6	370

0.200" pitch
extra light (XL)

Available in
1/2" and 3/4" widths

Length and Pitch Designation	Pitch Length, inches	Number of Teeth
60XL	6/8	36
70XL	1	42
80XL	1 1/4	48
90XL	1 1/2	54
100XL	1 3/4	60
110XL	2	66
120XL	2 1/4	72
130XL	2 1/2	78
140XL	2 3/4	84
150XL	3	90
160XL	3 1/4	96
170XL	3 1/2	102
180XL	3 3/4	108
190XL	3 1/2	114
200XL	4	120
210XL	4 1/4	126
220XL	4 1/2	132
230XL	4 3/4	138
240XL	4 1/2	144
250XL	4 3/4	150
260XL	4 1/2	156

0.375" pitch
light (L)

Available in
1/2", 3/4" and 1" widths

Length and Pitch Designation	Pitch Length, inches	Number of Teeth
124L	12 3/8	33
150L	15 1/8	40
187L	18 7/8	50
210L	21 1/8	56
225L	22 1/4	60
240L	24 1/8	64
245L	24 1/2	66
270L	27 1/8	72
285L	28 3/8	76
300L	30 1/8	80
322L	32 1/4	86
345L	34 1/2	92
367L	36 3/4	98
390L	39 1/8	104
420L	42 1/4	112
450L	45 1/8	120
480L	48 1/4	128
510L	51 1/8	136
540L	54 1/4	144
600L	60 1/8	160

0.500" pitch
heavy (H)

Available in
3/4", 1", 1 1/2", 2" and 3" widths

Length and Pitch Designation	Pitch Length, inches	Number of Teeth
240H	24 1/4	48
270H	27 1/4	54
300H	30 1/4	60
330H	33 1/4	66
360H	36 1/4	72
390H	39 1/4	78
420H	42 1/4	84
450H	45 1/4	90
480H	48 1/4	96
510H	51 1/4	102
540H	54 1/4	108
570H	57 1/4	114
600H	60 1/4	120
630H	63 1/4	126
660H	66 1/4	132
690H	69 1/4	138
720H	72 1/4	144
750H	75 1/4	150
800H	80 1/4	160
850H	85 1/4	170
900H	90 1/4	180
1000H	100 1/4	200
1100H	110 1/4	220
1200H	120 1/4	240
1300H	130 1/4	260
1400H	140 1/4	280
1500H	150 1/4	300

0.875" pitch
extra heavy (XH)

Available in
2", 3" and 4" widths

Length and Pitch Designation	Pitch Length, inches	Number of Teeth
507XH	50 7/8	56
560XH	56 1/4	64
630XH	63 1/4	72
700XH	70 1/4	80
770XH	77 1/4	88
840XH	84 1/4	96
910XH	91 1/4	104
1110XH	111 1/4	124
1260XH	126 1/4	144
1400XH	140 1/4	160
1540XH	154 1/4	176
1750XH	175 1/4	200

1.250" pitch
double extra heavy (XXH)

Available in
2", 3", 4" and 5" widths

Length and Pitch Designation	Pitch Length, inches	Number of Teeth
700XXH	70 1/4	84
800XXH	80 1/4	96
900XXH	90 1/4	108
1000XXH	100 1/4	120
1200XXH	120 1/4	144
1400XXH	140 1/4	168
1600XXH	160 1/4	192
1800XXH	180 1/4	216

NOTE: Belt lengths other than those shown may be available as a made-to-order item. Contact your local Gates representative for details.

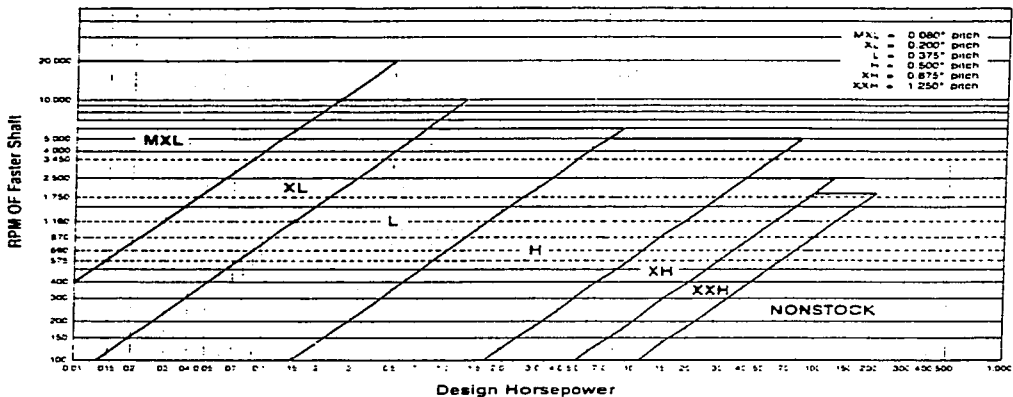
Gates PowerGrip® Timing Belt

Drive Selection Procedure — continued

Chart 1 — Service Factors

Driven Machine The driven machines listed below are representative samples only. Select a driven machine whose load characteristics most closely approximate those of the machine being considered.	DriveR					
	AC Motors: Normal Torque Squirrel Cage, Synchronous, Split Phase DC Motors: Shunt Wound Engines: Multiple Cylinder Internal Combustion			AC Motors: High Torque, High Slip, Repulsion-Induction, Single Phase, Series Wound, Slip Ring DC Motors: Series Wound, Compound Wound Engines: Single Cylinder Internal Combustion		
	Intermittent Service	Normal Service	Continuous Service	Intermittent Service	Normal Service	Continuous Service
	3-5 Hours Daily or Seasonal	8-10 Hours Daily	16-24 Hours Daily	3-5 Hours Daily or Seasonal	8-10 Hours Daily	16-24 Hours Daily
Display Equipment Dispensing Equipment Instrumentation Projection Equipment Measuring Devices Medical Equipment	1.0	1.2	1.4	1.2	1.4	1.6
Appliances, Sweepers Sewing Machines Office Equipment	1.2	1.4	1.6	1.4	1.6	1.8
Conveyors, Belt, Light Package Screens, Over, Screens, Drum, Conical Wood Lathes, Band Saws	1.4	1.5	1.7	1.5	1.7	1.9
Agitators for Liquids Dough Mixers Drill Press Lathes Screw Machines, Joiners Circular Saws, Planers Laundry Machinery Paper Machinery (except Pulpers) Printing Machinery	1.4	1.6	1.8	1.6	1.8	2.0
Agitators for semi-liquids Conveyor Belt, Ore, Coal, Sand Line Shafts Machine Tools, Grinders, Shapers Boring Mill, Milling Machines Pumps, Centrifugal, Gear Rotary Pipeline Screens, Vibrating Cam Type Textile Warpers, Reels Compressor, Centrifugal	1.5	1.7	1.9	1.7	1.9	2.1
Brick Machinery (except Pug Mills) Conveyor, Apron, Pan, Bucket, Elevator Extractors, Washers Fans, Blowers, Centrifugal Inducers, Draft Exhausters Generators & Exciters Hoists, Elevators Rubber Calender, Mills, Extruders Saw Mill Machinery Textile Machinery, Looms, Spinning Frames, Twistlers	1.6	1.8	2.0	1.8	2.0	2.2
Centrifuges Conveyor's Flight, Screw Hammer Mills Paper Pulpers	1.7	1.9	2.1	1.9	2.1	2.3
Brick & Clay Pug Mills Fans, Blowers, Propeller, Mine Fans Positive Blowers	1.8	2.0	2.2	2.0	2.2	2.4
Reciprocating Compressors M.C. Bal., Rod Feeder, etc. Pumps, Reciprocating	1.9	2.1	2.3	2.1	2.3	2.5

Belt Pitch Selection Guide



Minimum Recommended Pulley Outside Diameters for General Purpose Electric Motors Synchronous Belts

Motor Horsepower	Motor RPM (60 Cycle and 50 Cycle Electric Motors)						
	575 485*	590 575*	870 725*	1180 950*	1750 1425*	2450 2050*	
1/2	—	—	2.0	2.0	—	—	—
3/4	2.7	3.3	3.3	3.3	—	—	—
1	3.4	4.1	4.1	4.1	—	—	—
1 1/2	4.1	4.1	4.1	4.1	—	—	—
2	4.7	4.7	4.7	4.7	—	—	—
3	5.4	5.4	5.4	5.4	—	—	—
4	6.1	6.1	6.1	6.1	—	—	—
5	6.8	6.8	6.8	6.8	—	—	—
7 1/2	7.4	7.4	7.4	7.4	—	—	—
10	8.1	8.1	8.1	8.1	—	—	—
15	9.8	9.8	9.8	9.8	—	—	—
20	10.5	10.5	10.5	10.5	—	—	—
25	11.2	11.2	11.2	11.2	—	—	—
30	12.0	12.0	12.0	12.0	—	—	—
40	13.8	13.8	13.8	13.8	—	—	—
50	15.6	15.6	15.6	15.6	—	—	—
60	16.5	16.5	16.5	16.5	—	—	—
75	18.3	18.3	18.3	18.3	—	—	—
100	20.1	20.1	20.1	20.1	—	—	—
125	21.9	21.9	21.9	21.9	—	—	—
150	23.7	23.7	23.7	23.7	—	—	—
200	27.4	27.4	27.4	27.4	—	—	—
250	31.1	31.1	31.1	31.1	—	—	—
300	34.8	34.8	34.8	34.8	—	—	—

* These RPM are for 50 cycle electric motors.
* Use BE for Frame Number 444 T only.

Data in the white area are from NEMA Standard MG-11-42, June, 1973, while data in the light blue area are from MG-11-43, January, 1965. The dark blue area is a composite of electric motor manufacturers data. They are generally conservative and specific motors and bearings may permit the use of a smaller motor pulley. Consult the motor manufacturer.

NOTE: For a given motor horsepower and speed, the load per pulley is related to the motor pulley size. As this size decreases, the load per pulley increases. Therefore, to limit the resultant load on motor shaft and bearings, NEMA lists minimum pulley sizes for the various motors. The pulley on the motor (Drive Pulley) should be at least this large.



Table 10

Horsepower Rating for 0.50 Inch Wide L Section Belt (0.375 Inch Pitch)

RPM of Faste [®] Snat [®]	Rated Horsepower for Small Pulley (Number of Grooves and Pitch Diameter, Inches)																		
	12L	12L	14L	16L	17L	18L	19L	20L	21L	22L	24L	26L	28L	30L	32L	36L	40L	44L	48L
	1.194	1.432	1.671	1.910	2.029	2.31	2.266	2.367	2.507	2.626	2.865	3.104	3.342	3.581	3.820	4.297	4.775	5.252	5.730
725	0.17	0.21	0.24	0.27	0.29	0.31	0.32	0.34	0.36	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.55	0.61	0.68	0.75	0.81
870	0.21	0.25	0.29	0.33	0.35	0.37	0.39	0.41	0.43	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65	0.73	0.81	0.89	0.97
950	0.22	0.27	0.31	0.36	0.38	0.40	0.43	0.45	0.47	0.49	0.54	0.58	0.62	0.67	0.71	0.80	0.89	0.97	1.06
1160	0.27	0.33	0.38	0.44	0.46	0.49	0.52	0.55	0.57	0.60	0.65	0.71	0.76	0.81	0.87	0.97	1.07	1.18	1.26
1425	0.34	0.40	0.47	0.54	0.57	0.60	0.64	0.67	0.70	0.73	0.80	0.86	0.93	0.99	1.06	1.18	1.30	1.42	1.54
1750	0.41	0.49	0.58	0.66	0.70	0.74	0.76	0.82	0.86	0.90	0.98	1.05	1.13	1.21	1.28	1.43	1.57	1.71	1.85
2050	0.48	0.58	0.69	0.81	0.86	0.90	0.94	1.00	1.05	1.10	1.19	1.28	1.37	1.46	1.56	1.73	1.91	2.10	2.28
3450	0.80	0.93	1.06	1.12	1.18	1.24	1.30	1.36	1.43	1.54	1.66	1.77	1.88	1.98	2.17	2.35	2.50	2.77	2.86
100	0.024	0.028	0.033	0.038	0.040	0.043	0.045	0.047	0.050	0.052	0.057	0.061	0.066	0.071	0.076	0.085	0.095	0.10	0.11
200	0.047	0.057	0.066	0.076	0.080	0.085	0.090	0.095	0.099	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.17	0.19	0.21	0.23
300	0.071	0.085	0.099	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20	0.21	0.22	0.25	0.28	0.31	0.34
400	0.095	0.11	0.13	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.28	0.31	0.34	0.41
500	0.12	0.14	0.17	0.19	0.20	0.21	0.22	0.24	0.25	0.26	0.28	0.31	0.33	0.35	0.38	0.42	0.47	0.52	0.56
600	0.14	0.17	0.20	0.23	0.24	0.26	0.27	0.28	0.30	0.31	0.34	0.37	0.40	0.42	0.45	0.51	0.56	0.62	0.68
700	0.17	0.20	0.23	0.26	0.28	0.30	0.31	0.33	0.35	0.36	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.59	0.66	0.72	0.79
800	0.19	0.23	0.26	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38	0.40	0.41	0.45	0.49	0.53	0.56	0.60	0.68	0.75	0.82	0.89
900	0.21	0.25	0.30	0.34	0.36	0.38	0.40	0.42	0.45	0.47	0.51	0.55	0.59	0.63	0.68	0.76	0.84	0.92	1.00
1000	0.24	0.28	0.33	0.38	0.40	0.42	0.45	0.47	0.49	0.52	0.56	0.61	0.66	0.70	0.75	0.84	0.93	1.02	1.11
1100	0.26	0.31	0.36	0.41	0.44	0.47	0.49	0.52	0.54	0.57	0.62	0.67	0.72	0.77	0.82	0.92	1.02	1.12	1.21
1200	0.28	0.34	0.40	0.45	0.48	0.51	0.54	0.56	0.59	0.62	0.68	0.73	0.79	0.84	0.89	1.00	1.11	1.21	1.32
1300	0.31	0.37	0.43	0.49	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.67	0.72	0.79	0.85	0.91	0.97	1.08	1.20	1.31	1.42
1400	0.33	0.40	0.46	0.53	0.56	0.59	0.62	0.66	0.70	0.75	0.81	0.88	0.94	1.01	1.08	1.16	1.28	1.40	1.52
1500	0.35	0.42	0.49	0.56	0.60	0.63	0.67	0.70	0.74	0.77	0.84	0.91	0.98	1.04	1.11	1.24	1.37	1.49	1.61
1600	0.38	0.45	0.53	0.60	0.64	0.68	0.71	0.75	0.79	0.82	0.89	0.97	1.04	1.11	1.18	1.32	1.45	1.58	1.71
1700	0.40	0.48	0.56	0.64	0.68	0.72	0.76	0.79	0.82	0.87	0.95	1.02	1.10	1.17	1.25	1.39	1.53	1.67	1.80
1800	0.51	0.59	0.68	0.77	0.76	0.80	0.84	0.88	0.92	1.00	1.08	1.16	1.24	1.32	1.41	1.47	1.61	1.76	1.89
1900	0.54	0.62	0.71	0.76	0.80	0.84	0.89	0.93	0.97	1.06	1.14	1.22	1.30	1.38	1.54	1.69	1.84	1.98	2.06
2000	0.56	0.66	0.75	0.79	0.84	0.88	0.93	0.96	1.02	1.11	1.20	1.28	1.37	1.45	1.61	1.77	1.92	2.08	2.22
2200	0.62	0.72	0.82	0.87	0.92	0.97	1.02	1.07	1.12	1.21	1.31	1.40	1.49	1.58	1.76	1.92	2.08	2.22	2.37
2400	0.67	0.79	0.89	0.95	1.00	1.06	1.11	1.16	1.21	1.32	1.42	1.52	1.61	1.71	1.89	2.06	2.22	2.37	2.54
2600	0.73	0.85	0.97	1.02	1.08	1.14	1.20	1.25	1.31	1.42	1.53	1.63	1.73	1.83	2.02	2.20	2.35	2.50	2.68
2800	0.79	0.91	1.04	1.10	1.16	1.22	1.28	1.34	1.40	1.52	1.63	1.74	1.85	1.96	2.06	2.26	2.43	2.58	2.71
3000	0.84	1.00	1.13	1.17	1.24	1.30	1.37	1.43	1.49	1.61	1.73	1.85	1.96	2.06	2.26	2.43	2.58	2.71	2.84
3200	1.04	1.18	1.25	1.32	1.38	1.45	1.52	1.58	1.71	1.83	1.95	2.06	2.17	2.37	2.54	2.68	2.75	2.84	2.95
3400	1.10	1.25	1.32	1.39	1.46	1.53	1.60	1.67	1.80	1.93	2.05	2.16	2.27	2.47	2.63	2.76	2.84	2.95	3.06
3600	1.16	1.32	1.39	1.47	1.54	1.61	1.68	1.76	1.89	2.02	2.14	2.26	2.37	2.56	2.71	2.82	2.89	2.98	3.06
3800	1.22	1.38	1.46	1.54	1.61	1.68	1.77	1.84	2.06	2.20	2.32	2.43	2.54	2.72	2.83	2.89	2.98	3.06	3.14
4000	1.28	1.45	1.53	1.61	1.69	1.77	1.85	1.92	2.06	2.20	2.32	2.43	2.54	2.72	2.83	2.89	2.98	3.06	3.14
4200	1.52	1.60	1.65	1.77	1.85	1.92	2.00	2.08	2.14	2.28	2.40	2.51	2.61	2.77	2.87	2.90	2.98	3.06	3.14
4400	1.58	1.67	1.76	1.84	1.92	2.00	2.08	2.16	2.22	2.36	2.48	2.59	2.69	2.85	2.95	2.98	3.06	3.14	3.22
4600	1.65	1.74	1.82	1.91	1.99	2.08	2.17	2.25	2.31	2.46	2.58	2.70	2.80	2.96	3.06	3.09	3.17	3.25	3.33
4800	1.71	1.80	1.88	1.97	2.05	2.13	2.21	2.29	2.35	2.50	2.62	2.74	2.84	2.99	3.09	3.12	3.20	3.28	3.36
5000	1.77	1.87	1.96	2.05	2.13	2.21	2.29	2.37	2.43	2.58	2.70	2.82	2.92	3.07	3.17	3.20	3.28	3.36	3.44
5200	1.83	1.93	2.02	2.11	2.20	2.28	2.36	2.44	2.50	2.65	2.77	2.89	2.99	3.14	3.24	3.27	3.35	3.43	3.51
5400	1.89	1.99	2.08	2.17	2.26	2.34	2.42	2.50	2.56	2.71	2.83	2.95	3.05	3.20	3.30	3.33	3.41	3.49	3.57
5600	1.95	2.05	2.14	2.23	2.32	2.40	2.48	2.56	2.62	2.77	2.89	3.01	3.11	3.26	3.36	3.39	3.47	3.55	3.63
5800	2.01	2.11	2.20	2.29	2.38	2.46	2.54	2.62	2.68	2.83	2.95	3.07	3.17	3.32	3.42	3.45	3.53	3.61	3.69
6000	2.06	2.16	2.26	2.35	2.44	2.52	2.60	2.68	2.74	2.89	3.01	3.13	3.23	3.38	3.48	3.51	3.59	3.67	3.75

Use this pulley and form only, if required to obtain speed ratio or to meet diameter limitations. See Page 44.
 Pulley surface speeds over 6,500 fpm; special pulleys are required. See Page 44.



Table 11

Horsepower Rating for 0.75 Inch Wide L Section Belt (0.375 Inch Pitch)

RPM of Faast Shaft	Rated Horsepower for Small Pulley (Number of Grooves and Pitch Diameter, Inches)																	
	10L	12L	14L	16L	17L	18L	19L	20L	21L	22L	24L	26L	29L	32L	36L	40L	44L	48L
	1.194	1.432	1.671	1.910	2.029	2.149	2.267	2.387	2.507	2.626	2.865	3.104	3.342	3.581	3.820	4.275	4.524	4.773
725	0.27	0.33	0.38	0.43	0.46	0.49	0.52	0.54	0.57	0.60	0.65	0.70	0.76	0.81	0.87	1.08	1.18	1.25
870	0.33	0.39	0.46	0.52	0.55	0.59	0.62	0.65	0.68	0.71	0.78	0.84	0.91	0.97	1.04	1.16	1.29	1.41
950	0.36	0.43	0.50	0.57	0.60	0.64	0.67	0.71	0.74	0.78	0.85	0.92	0.99	1.06	1.13	1.27	1.40	1.54
1160	0.43	0.52	0.61	0.69	0.74	0.78	0.82	0.85	0.91	0.95	1.04	1.12	1.20	1.29	1.37	1.54	1.70	1.86
1425	0.53	0.64	0.74	0.85	0.90	0.96	1.01	1.06	1.11	1.16	1.27	1.37	1.47	1.57	1.67	1.87	2.07	2.26
1750	0.65	0.78	0.91	1.04	1.11	1.17	1.23	1.30	1.36	1.42	1.55	1.67	1.75	1.91	2.03	2.27	2.50	2.72
2050	0.77	0.92	1.07	1.23	1.30	1.37	1.44	1.51	1.58	1.65	1.80	1.93	2.02	2.17	2.34	2.57	2.83	3.07
2400	0.93	1.10	1.27	1.47	1.57	1.67	1.77	1.87	1.97	2.07	2.26	2.45	2.63	2.80	2.97	3.14	3.45	3.73
2850	1.11	1.31	1.51	1.74	1.86	1.99	2.12	2.24	2.35	2.46	2.68	2.89	3.10	3.29	3.47	3.64	3.95	4.20
3450	1.37	1.61	1.85	2.13	2.28	2.44	2.60	2.75	2.90	3.05	3.33	3.60	3.87	4.14	4.41	4.68	5.00	5.31
4200	1.67	1.96	2.25	2.58	2.76	2.95	3.13	3.31	3.49	3.67	4.00	4.33	4.66	4.99	5.32	5.65	6.00	6.33
5100	2.03	2.37	2.71	3.10	3.30	3.50	3.69	3.88	4.07	4.26	4.65	5.04	5.43	5.82	6.21	6.60	7.00	7.39
6000	2.45	2.84	3.23	3.71	3.93	4.15	4.36	4.57	4.78	4.99	5.43	5.87	6.31	6.75	7.19	7.63	8.07	8.51
7200	2.97	3.46	3.95	4.53	4.78	5.02	5.25	5.48	5.71	5.94	6.43	6.92	7.41	7.90	8.39	8.88	9.37	9.86
8700	3.61	4.19	4.77	5.45	5.73	5.99	6.25	6.51	6.77	7.03	7.57	8.11	8.65	9.19	9.73	10.27	10.81	11.35
10500	4.37	5.04	5.71	6.49	6.79	7.07	7.35	7.63	7.91	8.19	8.77	9.35	9.93	10.51	11.09	11.67	12.25	12.83
12600	5.25	6.01	6.77	7.65	7.97	8.27	8.57	8.87	9.17	9.47	10.09	10.71	11.33	11.95	12.57	13.19	13.81	14.43
15000	6.25	7.11	7.97	8.95	9.29	9.61	9.93	10.25	10.57	10.89	11.55	12.21	12.87	13.53	14.19	14.85	15.51	16.17
17700	7.37	8.33	9.19	10.27	10.63	10.97	11.31	11.65	11.99	12.33	13.03	13.73	14.43	15.13	15.83	16.53	17.23	17.93
20700	8.63	9.69	10.55	11.73	12.11	12.45	12.79	13.13	13.47	13.81	14.55	15.29	16.03	16.77	17.51	18.25	18.99	19.73
24000	10.03	11.19	12.05	13.33	13.73	14.07	14.41	14.75	15.09	15.43	16.21	17.00	17.79	18.58	19.37	20.16	20.95	21.74
28500	11.57	12.83	13.69	15.07	15.49	15.83	16.17	16.51	16.85	17.19	18.00	18.81	19.62	20.43	21.24	22.05	22.86	23.67
34500	13.25	14.61	15.47	16.95	17.39	17.73	18.07	18.41	18.75	19.09	20.00	20.81	21.62	22.43	23.24	24.05	24.86	25.67
42000	15.07	16.53	17.39	19.07	19.53	19.87	20.21	20.55	20.89	21.23	22.16	23.00	23.81	24.62	25.43	26.24	27.05	27.86
51000	17.03	18.59	19.45	21.33	21.81	22.15	22.49	22.83	23.17	23.51	24.55	25.40	26.21	27.02	27.83	28.64	29.45	30.26
60000	19.13	20.79	21.65	23.73	24.23	24.57	24.91	25.25	25.59	25.93	27.08	28.00	28.81	29.62	30.43	31.24	32.05	32.86
72000	21.27	23.03	23.89	26.17	26.69	27.03	27.37	27.71	28.05	28.39	29.66	30.60	31.41	32.22	33.03	33.84	34.65	35.46
87000	23.53	25.39	26.25	28.73	29.27	29.61	29.95	30.29	30.63	30.97	32.35	33.40	34.21	35.02	35.83	36.64	37.45	38.26
105000	25.93	27.89	28.75	31.43	32.00	32.34	32.68	33.02	33.36	33.70	35.18	36.30	37.11	37.92	38.73	39.54	40.35	41.16
126000	28.47	30.53	31.39	34.27	34.87	35.21	35.55	35.89	36.23	36.57	38.15	39.30	40.11	40.92	41.73	42.54	43.35	44.16
150000	31.15	33.31	34.17	37.27	37.89	38.23	38.57	38.91	39.25	39.59	41.27	42.50	43.31	44.12	44.93	45.74	46.55	47.36
177000	33.97	36.23	37.09	40.37	41.01	41.35	41.69	42.03	42.37	42.71	44.49	45.72	46.53	47.34	48.15	48.96	49.77	50.58
207000	36.93	39.29	40.15	43.57	44.23	44.57	44.91	45.25	45.59	45.93	47.80	49.10	49.91	50.72	51.53	52.34	53.15	53.96
240000	40.03	42.49	43.35	46.87	47.55	47.89	48.23	48.57	48.91	49.25	51.21	52.50	53.31	54.12	54.93	55.74	56.55	57.36
285000	45.33	47.89	48.75	52.27	52.97	53.31	53.65	53.99	54.33	54.67	56.71	58.00	58.81	59.62	60.43	61.24	62.05	62.86
345000	50.83	53.49	54.35	57.97	58.69	59.03	59.37	59.71	60.05	60.39	62.53	63.82	64.63	65.44	66.25	67.06	67.87	68.68
420000	57.53	60.29	61.15	65.07	65.81	66.15	66.49	66.83	67.17	67.51	70.75	72.04	72.85	73.66	74.47	75.28	76.09	76.90
510000	64.53	67.39	68.25	72.47	73.23	73.57	73.91	74.25	74.59	74.93	78.27	79.56	80.37	81.18	81.99	82.80	83.61	84.42
600000	71.83	74.79	75.65	80.07	80.85	81.19	81.53	81.87	82.21	82.55	85.99	87.28	88.09	88.90	89.71	90.52	91.33	92.14

1 - Use this table, and RPM only if required to obtain speed ratio, to meet diameter limitations. See Page 44.
 2 - Pulley surface speeds over 6,500 fpm, special pulleys are required. See Page 44.

Table 12

Horsepower Rating for 1.00 Inch Wide L Section Belt (0.375 Inch Pitch)

RPM of Faster Shaft	Rated Horsepower for Small Pulley (Number of Grooves and Pitch Diameter, Inches)																			
	10L 1.194	12L 1.432	14L 1.671	16L 1.910	17L 2.029	18L 2.148	19L 2.266	20L 2.385	21L 2.504	22L 2.623	24L 2.865	26L 3.104	28L 3.342	30L 3.581	32L 3.820	36L 4.297	40L 4.775	44L 5.252	48L 5.730	
	10	12	14	16	17	18	19	20	21	22	24	26	28	30	32	36	40	44	48	
725	0.38	0.45	0.53	0.60	0.64	0.68	0.72	0.75	0.79	0.83	0.90	0.98	1.05	1.13	1.20	1.35	1.50	1.64	1.76	
870	0.45	0.54	0.63	0.72	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	0.99	1.08	1.17	1.26	1.35	1.44	1.61	1.79	1.95	2.14	
950	0.49	0.59	0.69	0.79	0.84	0.88	0.94	0.99	1.03	1.08	1.18	1.28	1.37	1.47	1.57	1.76	1.95	2.14	2.32	
1160	0.60	0.72	0.84	0.96	1.02	1.06	1.14	1.20	1.26	1.32	1.44	1.56	1.67	1.79	1.91	2.14	2.36	2.59	2.81	
1425	0.74	0.89	1.03	1.18	1.25	1.31	1.40	1.47	1.54	1.61	1.76	1.90	2.04	2.18	2.32	2.60	2.87	3.14	3.41	
1750	0.91	1.09	1.27	1.45	1.53	1.61	1.71	1.80	1.89	1.97	2.15	2.32	2.49	2.66	2.82	3.15	3.47	3.77	4.05	
2850	1.08	1.28	1.48	1.68	1.76	1.84	1.94	2.03	2.12	2.21	2.40	2.65	2.89	3.13	3.36	3.79	4.17	4.51	4.81	
3450	1.26	1.48	1.70	1.92	2.00	2.08	2.18	2.27	2.36	2.45	2.64	2.90	3.14	3.37	3.60	4.03	4.41	4.74	5.03	
400	0.052	0.062	0.073	0.083	0.087	0.091	0.095	0.10	0.11	0.11	0.12	0.14	0.15	0.16	0.17	0.19	0.21	0.23	0.25	
700	0.10	0.12	0.15	0.17	0.18	0.19	0.20	0.21	0.22	0.23	0.25	0.27	0.29	0.31	0.33	0.37	0.42	0.46	0.50	
300	0.16	0.19	0.22	0.25	0.27	0.28	0.30	0.31	0.33	0.34	0.37	0.41	0.44	0.47	0.50	0.56	0.62	0.69	0.75	
400	0.21	0.25	0.29	0.33	0.35	0.37	0.40	0.42	0.44	0.46	0.50	0.54	0.58	0.62	0.67	0.75	0.83	0.91	1.00	
500	0.26	0.31	0.36	0.42	0.44	0.47	0.49	0.52	0.55	0.57	0.62	0.68	0.73	0.78	0.83	0.93	1.04	1.14	1.24	
600	0.31	0.37	0.44	0.50	0.53	0.56	0.58	0.62	0.65	0.69	0.75	0.81	0.87	0.93	1.00	1.12	1.24	1.36	1.45	
700	0.36	0.44	0.51	0.58	0.62	0.65	0.68	0.73	0.76	0.80	0.87	0.94	1.02	1.09	1.16	1.30	1.45	1.59	1.73	
800	0.42	0.50	0.58	0.67	0.71	0.75	0.78	0.83	0.87	0.91	1.00	1.08	1.16	1.24	1.32	1.49	1.65	1.81	1.97	
900	0.47	0.56	0.65	0.75	0.79	0.84	0.88	0.93	0.98	1.03	1.12	1.21	1.30	1.40	1.49	1.67	1.85	2.03	2.21	
1000	0.52	0.62	0.73	0.83	0.88	0.93	0.98	1.04	1.09	1.14	1.24	1.34	1.45	1.55	1.65	1.85	2.05	2.25	2.44	
1100	0.57	0.68	0.80	0.91	0.97	1.02	1.08	1.14	1.20	1.25	1.36	1.48	1.59	1.70	1.81	2.03	2.25	2.46	2.67	
1200	0.62	0.75	0.87	1.00	1.06	1.12	1.18	1.24	1.30	1.36	1.49	1.61	1.73	1.85	1.97	2.21	2.44	2.67	2.90	
1300	0.68	0.81	0.94	1.08	1.14	1.20	1.26	1.34	1.41	1.46	1.61	1.74	1.87	2.00	2.13	2.38	2.63	2.88	3.12	
1400	0.73	0.87	1.02	1.16	1.23	1.30	1.37	1.45	1.52	1.59	1.75	1.87	2.01	2.15	2.28	2.56	2.82	3.09	3.34	
1500	0.78	0.93	1.09	1.24	1.32	1.40	1.47	1.55	1.62	1.70	1.85	2.00	2.15	2.30	2.44	2.73	3.01	3.29	3.56	
1600	0.83	1.00	1.16	1.32	1.41	1.49	1.57	1.65	1.73	1.81	1.97	2.13	2.29	2.44	2.60	2.90	3.20	3.49	3.77	
1700	0.88	1.06	1.23	1.41	1.49	1.58	1.66	1.75	1.83	1.92	2.09	2.26	2.42	2.59	2.75	3.07	3.37	3.68	3.97	
1800	1.12	1.30	1.49	1.68	1.76	1.85	1.94	2.03	2.11	2.20	2.38	2.56	2.73	2.90	3.07	3.23	3.56	3.87	4.17	
1900	1.18	1.37	1.57	1.76	1.84	1.93	2.02	2.11	2.20	2.29	2.47	2.65	2.82	3.00	3.17	3.25	3.40	3.73	4.05	
2000	1.24	1.45	1.65	1.85	1.93	2.02	2.11	2.20	2.29	2.38	2.56	2.73	2.90	3.07	3.25	3.35	3.50	3.83	4.15	
2200	1.36	1.59	1.81	1.92	2.01	2.10	2.19	2.28	2.37	2.46	2.67	2.88	3.09	3.29	3.49	3.58	3.72	4.05	4.36	
2400	1.49	1.73	1.97	2.09	2.21	2.32	2.44	2.56	2.67	2.90	3.12	3.34	3.56	3.77	4.17	4.54	4.89	5.21		
2600	1.61	1.87	2.13	2.26	2.38	2.51	2.63	2.76	2.88	3.12	3.36	3.59	3.82	4.04	4.45	4.84	5.19	5.50		
2800	1.73	2.01	2.29	2.42	2.56	2.69	2.82	2.96	3.09	3.34	3.59	3.83	4.07	4.30	4.72	5.11	5.45	5.75		
3000	1.85	2.15	2.44	2.59	2.73	2.87	3.01	3.15	3.29	3.56	3.82	4.07	4.31	4.54	4.98	5.36	5.69	5.97		
3200	2.29	2.60	2.75	2.90	3.05	3.20	3.34	3.49	3.77	4.04	4.29	4.54	4.78	5.21	5.59	5.90	6.14	6.37		
3400	2.42	2.75	2.91	3.07	3.22	3.37	3.52	3.68	3.97	4.25	4.51	4.77	5.00	5.43	5.79	6.07	6.27	6.46		
3500	2.56	2.90	3.07	3.23	3.40	3.56	3.71	3.87	4.17	4.45	4.72	4.96	5.21	5.63	5.97	6.21	6.31	6.38		
3600	2.69	3.05	3.22	3.38	3.55	3.72	3.88	4.05	4.36	4.65	4.92	5.17	5.41	5.81	6.11	6.31	6.38	6.38		
4000	2.82	3.20	3.38	3.55	3.72	3.89	4.07	4.23	4.54	4.84	5.11	5.36	5.59	6.03	6.37	6.37	6.37	6.37		
4200	3.34	3.53	3.71	3.88	4.05	4.22	4.40	4.57	4.92	5.02	5.29	5.53	5.75	6.10	6.32	6.39	6.39	6.39		
4400	3.49	3.68	3.85	4.02	4.19	4.36	4.53	4.69	5.05	5.15	5.45	5.67	5.87	6.21	6.37	6.37	6.37	6.37		
4600	3.87	4.05	4.22	4.39	4.56	4.72	4.88	5.05	5.41	5.51	5.81	6.03	6.24	6.57	6.36	6.36	6.36	6.36		
4800	3.77	4.11	4.28	4.45	4.62	4.78	4.94	5.10	5.46	5.56	5.86	6.08	6.29	6.62	6.38	6.38	6.38	6.38		
5000	3.90	4.11	4.31	4.51	4.65	4.85	5.04	5.23	5.59	5.69	6.00	6.22	6.43	6.76	6.38	6.38	6.38	6.38		
5200	4.04	4.25	4.45	4.65	4.84	5.02	5.19	5.37	5.73	5.83	6.14	6.36	6.57	6.90	6.38	6.38	6.38	6.38		
5400	4.17	4.38	4.55	4.75	4.95	5.16	5.32	5.51	5.87	5.97	6.28	6.50	6.71	7.04	6.38	6.38	6.38	6.38		
5600	4.31	4.51	4.72	4.92	5.12	5.32	5.52	5.72	6.08	6.18	6.49	6.70	6.91	7.24	6.38	6.38	6.38	6.38		
5800	4.44	4.64	4.85	5.05	5.24	5.44	5.64	5.84	6.20	6.30	6.61	6.82	7.03	7.36	6.38	6.38	6.38	6.38		
6000	4.54	4.76	4.98	5.17	5.36	5.55	5.75	5.95	6.31	6.41	6.72	6.93	7.14	7.47	6.38	6.38	6.38	6.38		

Use this pulley and rpm only if required to obtain speed ratio or to meet diameter limitations. See Page 44.

Pulley surface speeds over 6,500 fpm; special pulleys are required. See Page 44.

