

Fase 1 de la VIII Edición Campeonato Nacional



Desafío 03: Chasis, ergonomía y carrocería Centro: CIFP Juan de Herrera-IES Galileo



Fecha: 10 de enero de 2025

Autores: CIFP Juan de Herrera-IES Galileo

0. Índice

.....	1
1. Introducción	3
2. Chasis	5
2.1 Reglajes y puesta a punto	8
3. Ergonomía	8
4. Carrocería.....	12

1. Introducción

El diseño de un vehículo de competición supone la elección entre diferentes posibilidades de diseño que en muchos casos entran en conflicto entre sí, por lo que es necesario tener una visión de conjunto.

Hemos analizado el reglamento y nuestros objetivos en cuanto al modelo de vehículo de competición a desarrollar mediante un cuadro de doble entrada que nos ayuda a tomar decisiones sobre el diseño. Cuando se genera conflicto entre el diseño deseado y las especificaciones técnicas de la organización adoptaremos la solución técnica en base a:

- Las limitaciones establecidas en el reglamento.
- Las pruebas dinámicas a superar. Priorizando sobre la prueba de eficiencia energética ya que es la que más puntúa.

Nuestro **objetivo es conseguir un vehículo lo más eficiente posible**, lo que se traduce en un vehículo con el menor consumo de energía posible.

Necesitamos, por lo tanto, que tenga las siguientes características generales:

- ✚ Ligereza. Lo más ligero posible.
- ✚ Mínimo rozamiento rodadura.
- ✚ Mínima resistencia aerodinámica. Bajo Cx y mínima sección transversal en la dirección de la marcha.

Además, como se tiene en cuenta la distancia recorrida, debe ser rápido tanto en recta como en curva y capaz de adelantar a otros vehículos por lo que debemos añadir:

- ✚ Buena estabilidad.
- ✚ Buena adherencia en curva, sobre todo tren delantero.
- ✚ Tamaño lo más reducido posible.

A continuación, se establece **el análisis en una tabla de doble entrada** en la que aparecen todas las características del vehículo de competición relacionándolas con las pruebas dinámicas; en la columna de la derecha tenemos las opciones constructivas posibles. Describimos en los puntos de este desafío la opción por la que se ha optado, en base a este análisis. **Nuestra pretensión es conseguir que toda la geometría del vehículo sea regulable.**

PRUEBAS DINÁMICAS

		ACELERACIÓN	SLALOM	FRENADO	EFICIENCIA ENERGÉTICA	
CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO DE COMPETICIÓN	PESO VEHÍCULO	-	-	-	-	Más ligero posible. Objetivo 150 Kg con piloto.
	PESO PILOTO	-	-	-	-	Piloto de 1,70m de alto y 65 Kg.
	LONGITUD	-	-	-	-	Determinada por longitud mínima 2.200mm.
	ANCHURA	=	-	-	-	Determinada por la vía mínima 780mm.
	ALTURA	-	-	-	-	Lo más bajo posible.
	BATALLA	-	-	-	-	Batalla mínima 900mm.
	DISTANCIA AL SUELO	-	-	-	-	La mínima 70 mm teniendo en cuenta la flexibilidad del chasis y recorrido suspensión.
	RETROVISORES	-	-	-	-	Lo más pequeños posible.
	POSICIÓN DEL PILOTO	-	-	-	+	Lo más tumbado posible. Respaldo >40°.
	ALTURA ARCO DELANTERO	-	+	-	-	La mínima que permita cumplir el ángulo de visión establecido.
	NEÚMATICOS-ROZAMIENTO	+	+	+	-	Equilibrio entre pruebas.
	CENTRO DE GRAVEDAD ALTURA	+	+	+	=	Determinado por la postura del piloto. Lo más bajo posible.
	CENTRO DE GRAVEDAD POSICIÓN LONGITUDINAL ATRÁS	+	=	-	=	Balance entre frenada y Aceleración.
	DIRECCIÓN	=	=	=	=	Por bieletas (peso) o cremallera (fácil conducción).
	FRENOS	=	+	+	=	Dos circuitos reguladores de frenada delantero y trasero.
	DISCOS DE FRENO	+	+	-	+	Dentro de la llanta por aerodinámica.
CARROCERÍA	+	+	+	+	Sin alerón y mínima sección frontal	

+ influye positivamente - influye negativamente = no influye

2. Chasis

Tras el estudio de las características, hemos optado por un chasis plano que, por la disposición de los tubos, trabajando a torsión y flexión doten al vehículo de flexibilidad garantizando el contacto necesario con el suelo, absorbiendo las irregularidades del terreno. Hemos desechado la idea de utilizar suspensiones articuladas, que obligarían a realizar un chasis más pesado con una estructura reticular o multitubular.

		PRUEBAS DINÁMICAS				
		ACELERACIÓN	SLALOM	FRENADO	EFICIENCIA ENERGÉTICA	
CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO DE COMPETICIÓN	PESO VEHÍCULO	-	-	-	-	Más ligero posible. Objetivo 150 Kg con piloto.
	PESO PILOTO	-	-	-	-	Piloto de 1,70m de alto y 65 Kg.
	LONGITUD	-	-	-	-	Determinada por longitud mínima 2.200mm.
	ANCHURA	=	-	-	-	Determinada por la vía mínima 780mm.
	ALTURA	-	-	-	-	Lo más bajo posible.
	BATALLA	-	-	-	-	Batalla mínima 900mm.
	DISTANCIA AL SUELO	-	-	-	-	La mínima 70 mm teniendo en cuenta la flexibilidad del chasis y recorrido suspensión.
	RETROVISORES	-	-	-	-	Lo más pequeños posible.
	POSICIÓN DEL PILOTO	-	-	-	+	Lo más tumbado posible. Respaldo >40°.
	ALTURA ARCO DELANTERO	-	+	-	-	La mínima que permita cumplir el ángulo de visión establecido.
	NEUMÁTICOS-ROZAMIENTO	+	+	+	-	Equilibrio entre pruebas.
	CENTRO DE GRAVEDAD ALTURA	+	+	+	=	Determinado por la postura del piloto. Lo más bajo posible.
	CENTRO DE GRAVEDAD POSICIÓN LONGITUDINAL ATRÁS	+	=	-	=	Balance entre frenada y Aceleración.
	DIRECCIÓN	=	=	=	=	Por bieletas (peso). Cremallera (Fácil conducción).
	FRENOS	=	+	+	=	Dos circuitos reguladores de frenada delantero y trasero.
	DISCOS DE FRENO	+	+	-	+	Dentro de la llanta por aerodinámica.
CARROCERÍA	+	+	+	+	Sin alerón y mínima sección frontal	

En azul se señalan todas las características que afectan en la elección del chasis.

Los criterios prioritarios que se han considerado en su diseño son los siguientes:

- ✚ Las características mecánicas de material utilizado en función de los esfuerzos a los que se somete (flexión o torsión) y los parámetros establecidos en el reglamento.
- ✚ La sección del material en función de la economía y la resistencia.
- ✚ La geometría del tren delantero, regulable para facilitar encontrar los reglajes de mayor rendimiento.
- ✚ El tren trasero está diseñado con eje rígido y transmisión a las dos ruedas.

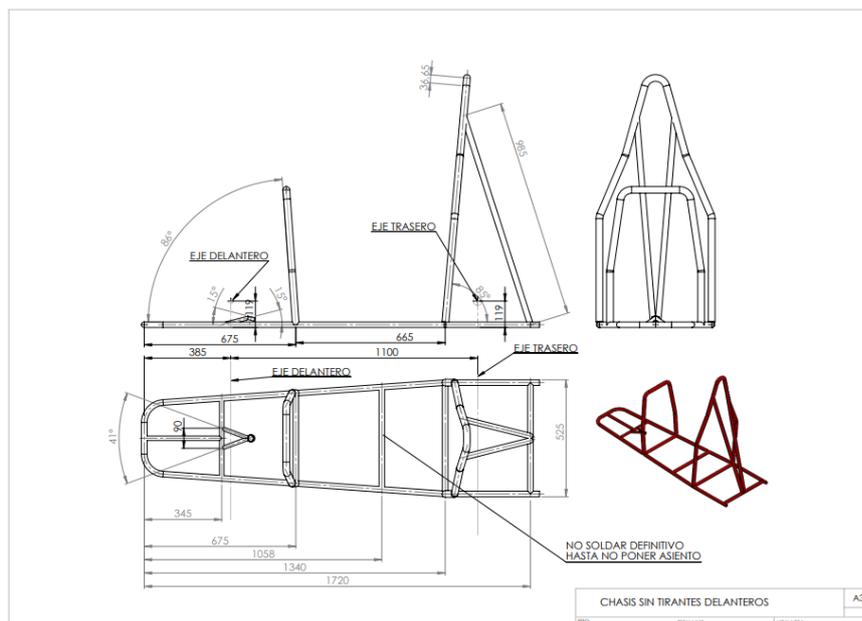
✚ La suspensión por torsión y flexión del chasis.

Con estas consideraciones previas y, las normas establecidas en el reglamento se ha diseñado un chasis de **estructura tubular en acero 25CrMo4** en diámetros de 25/30mm y espesores de 1,5/2mm teniendo en cuenta las especificaciones de los arcos de seguridad y, sabiendo que las características de esta aleación superan las establecidas por el reglamento.

La aleación de acero **25CrMo4/AISI 4130** pertenece a la familia de las aleaciones de cromo molibdeno, que se caracteriza por su alta resistencia con buena ductilidad y tenacidad; excelente resistencia a la fatiga y a los impactos; buena soldabilidad y formabilidad; excelente templabilidad y resistencia al calor; resistente al desgaste y la abrasión.

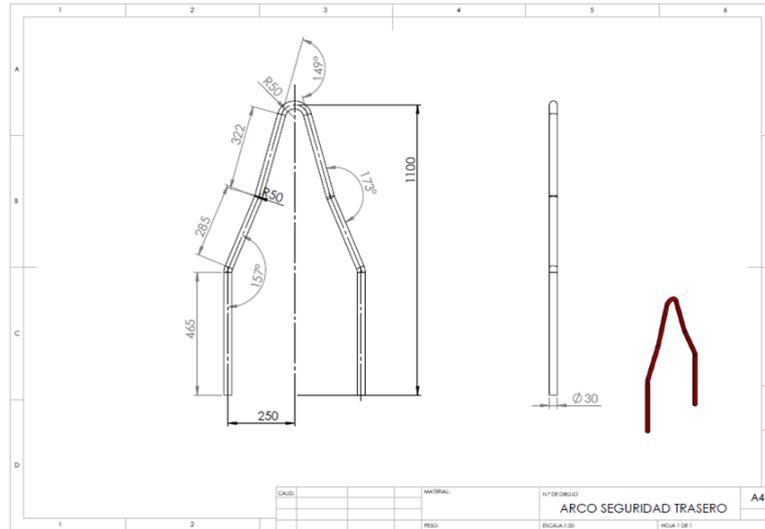
Propiedades mecánicas

Material	Condición	Tensión de rotura (MPa)	Límite elástico (MPa)	Elongación en 5 cm [%]	Dureza (Rockwell)
4130	Obtenidos en frío—normalizada	590–760 MPa	480–590 MPa	20–30	B 90–96

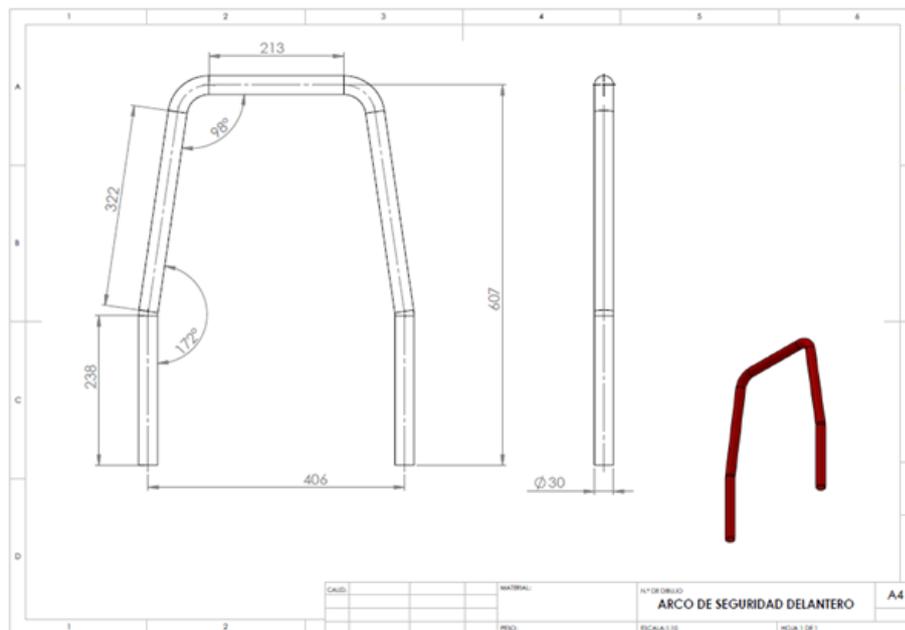


Dada la importancia de seguridad se ha prestado especial atención a los **arcos de seguridad**:

✚ **Arco trasero:** se encuentra detrás del piloto tiene una altura de 1.107mm y una inclinación de 85° proporcionando protección en caso de vuelco, manteniendo una estructura resistente y adecuada para evitar que el piloto quede expuesto.



- Arco delantero: situado frente al piloto, tiene una inclinación de 96 grados, optimizando la rigidez estructural y la protección en caso de impacto frontal.



- Distancia entre el techo del vehículo y la cabeza del piloto: varía entre 103mm y 157 mm, un rango que asegura que haya suficiente espacio para la seguridad del piloto sin comprometer la rigidez del habitáculo.
- Altura de la barra antivuelco: es de 1.102mm, ofreciendo un refuerzo adicional a la estructura del vehículo para proteger al piloto en situaciones de vuelco.

Todos los elementos de contacto con el piloto irán acolchados con espuma de mínimo 10mm de espesor.

Se incorporarán dos **paragolpes**, uno delantero y otro trasero y cuatro laterales realizados todos ellos en aluminio y, dos puntos de remolque, delantero y trasero.

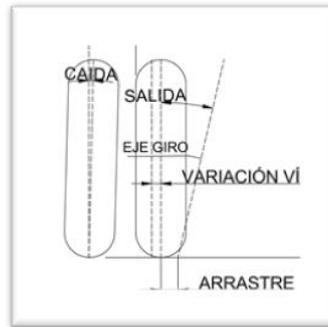
La **base** estará hecha con aluminio o fibra de vidrio presentando la estabilidad suficiente para evitar pandeo.

2.1 Reglajes y puesta a punto

Como es nuestra primera edición y partimos de cero experiencia, en el diseño es fundamental que se puedan **variar todas las cotas que influyen en la dinámica del vehículo** como son:

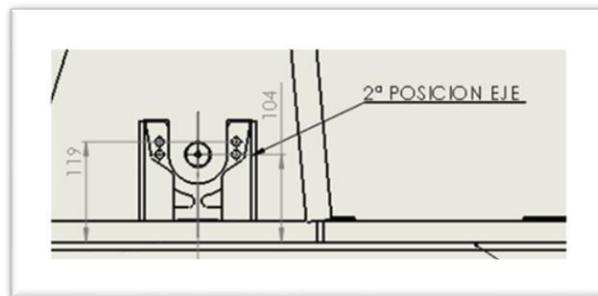
En el tren delantero:

- Vía delantera.
- Ángulo de avance.
- Ángulo de caída.
- Arrastre.
- Ackerman.
- Altura del tren delantero.
- Flexibilidad.



En el tren trasero:

- Vía trasera.
- Flexibilidad.
- Altura del tren trasero.



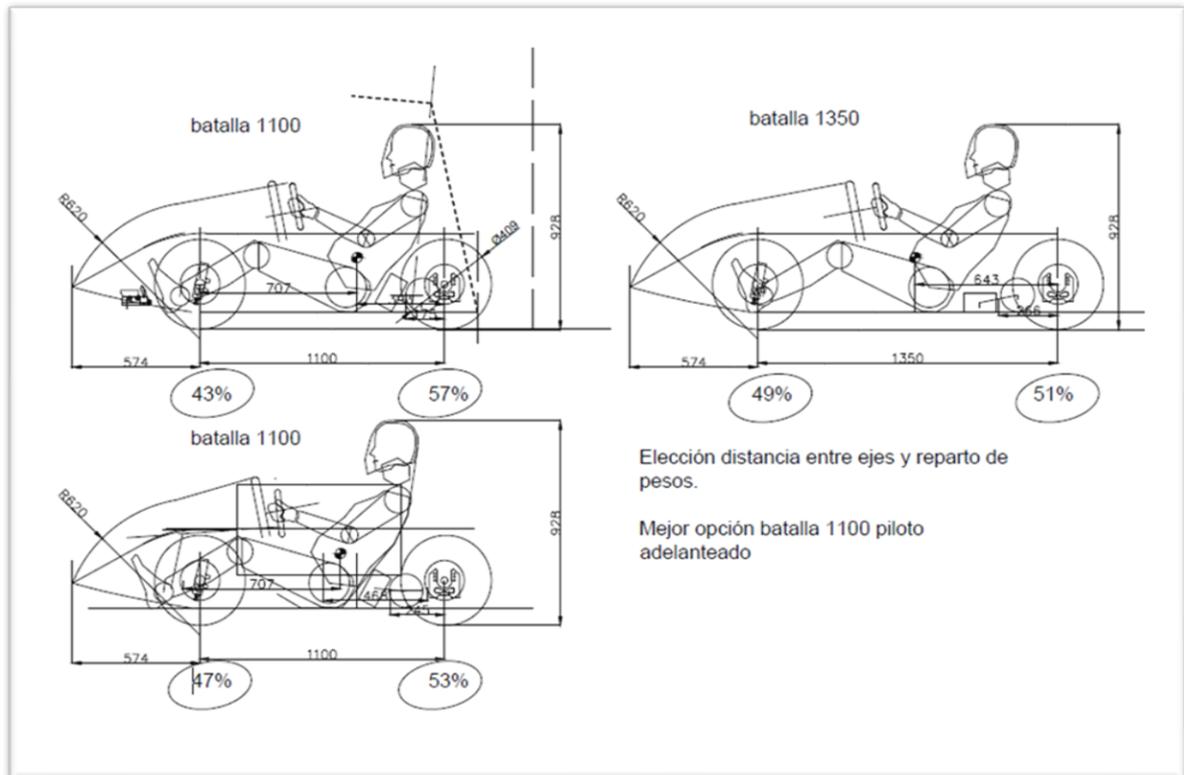
3. Ergonomía

Para el estudio de la ergonomía se tienen en cuenta las características sombreadas en verde

	PRUEBAS DINÁMICAS				
	ACELERACIÓN	SLALOM	FRENADO	EFICIENCIA ENERGÉTICA	
PESO VEHÍCULO	-	-	-	-	Más ligero posible. Objetivo 150 kg con piloto.
PESO PILOTO	-	-	-	-	Piloto de 1,70m de alto y 65 Kg.
LONGITUD	-	-	-	-	Determinada por longitud mínima 2.200mm.
ANCHURA	=	-	-	-	Determinada por la vía mínima 780mm.
ALTURA	-	-	-	-	Lo más bajo posible.
BATALLA	-	-	-	-	Batalla mínima 900mm.
DISTANCIA AL SUELO	-	-	-	-	La mínima 70 mm teniendo en cuenta la flexibilidad del chasis y recorrido suspensión.
RETROVISORES	-	-	-	-	Lo más pequeños posible.
POSICIÓN DEL PILOTO	-	-	-	+	Lo más tumbado posible. Respaldo >40°.
ALTURA ARCO DELANTERO	-	+	-	-	La mínima que permita cumplir el ángulo de visión establecido.
NEUMÁTICOS-ROZAMIENTO	+	+	+	-	Equilibrio entre pruebas.
CENTRO DE GRAVEDAD ALTURA	+	+	+	=	Determinado por la postura del piloto. Lo más bajo posible.
CENTRO DE GRAVEDAD POSICIÓN LONGITUDINAL ATRÁS	+	=	-	=	Balance entre frenada y Aceleración.
DIRECCIÓN	=	=	=	=	Por bieletas (peso) Cremallera (fácil conducción).
FRENOS	=	+	+	=	Dos circuitos reguladores de frenada delantero y trasero.
DISCOS DE FRENO	+	+	-	+	Dentro de la llanta por aerodinámica.
CARROCERÍA	+	+	+	+	Sin alerón y mínima sección frontal

La posición del piloto viene condicionada por las dimensiones de vehículo y, principalmente por la situación del centro de gravedad del piloto; ya que es el elemento más pesado, se puede modificar su posición respecto de la distancia a los ejes delanteros y traseros lo que determinará el reparto de pesos y el comportamiento dinámico del vehículo.

Nuestro objetivo de reparto de pesos es de 50%-50%, siendo el rendimiento del vehículo la prioridad y por tanto lo que determina la posición del piloto, aunque también ayuda a garantizar la seguridad y el manejo perfecto del vehículo.

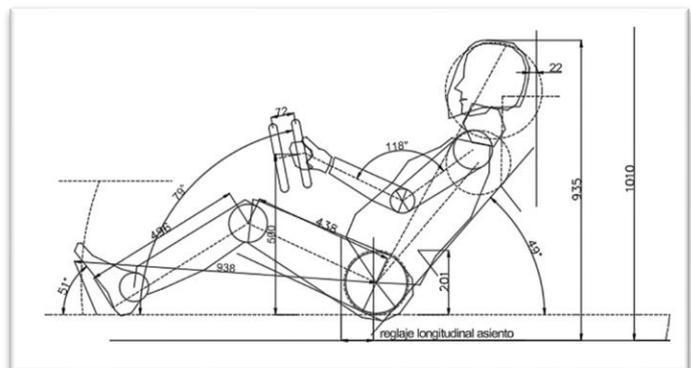


Para obtener la menor sección transversal (resistencia aerodinámica) el piloto irá los más tumbado posible que permite el reglamento, de tal manera que los talones del piloto estarán a la misma altura que la base del asiento.

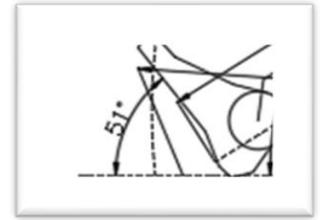
El ángulo del volante respecto horizontal será de 79°, con una variación mínima de distancia de la parte superior del volante al respaldo al girar el volante se fuerzan menos las muñecas que si está más horizontal.

La distancia del volante se puede regular 70 mm.

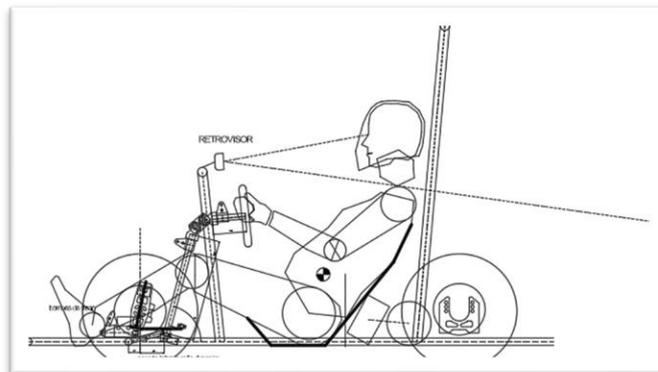
El brazo y antebrazo forman 120° lo que permite un buen manejo del volante.



Las **piernas** están ligeramente **flexionadas** para mantener un vehículo de reducidas dimensiones, lo que obliga a una **posición de los pedales** de 50° aproximadamente, para no forzar la articulación del tobillo.

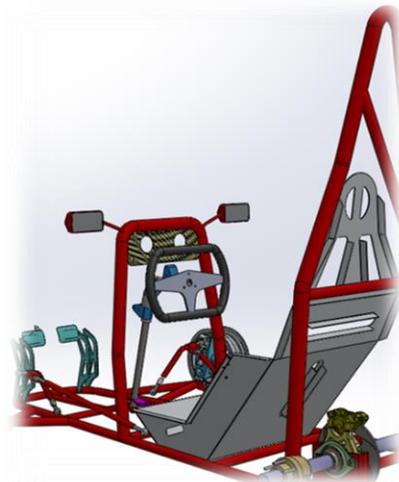
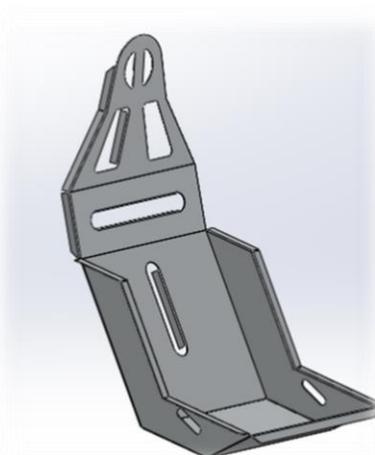


Los **retrovisores** serán de 112x57, suficiente para tener una visibilidad aceptable y ofrecer poca resistencia aerodinámica. Irán anclados al arco delantero a unos 100 mm por debajo de la altura de los ojos del piloto.

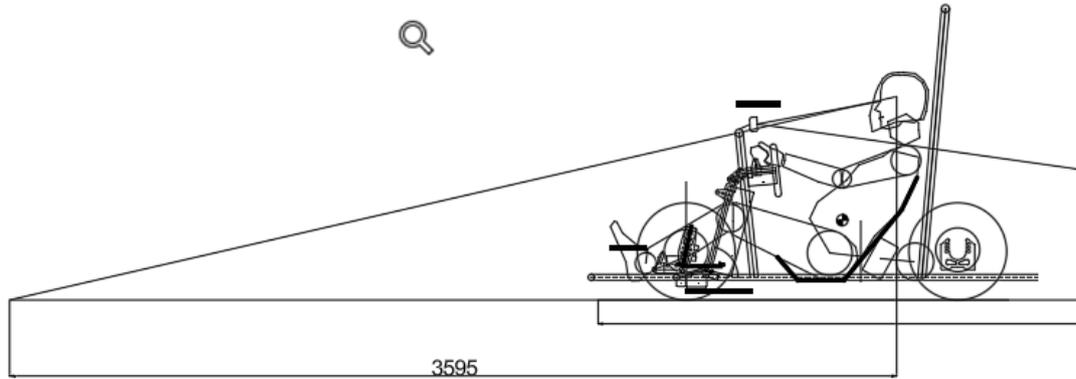


El **asiento** se realizará en chapa de aluminio de 3 mm. Para una perfecta adaptación al cuerpo del piloto se utilizaría espuma de poliuretanos de dos componentes o similar.

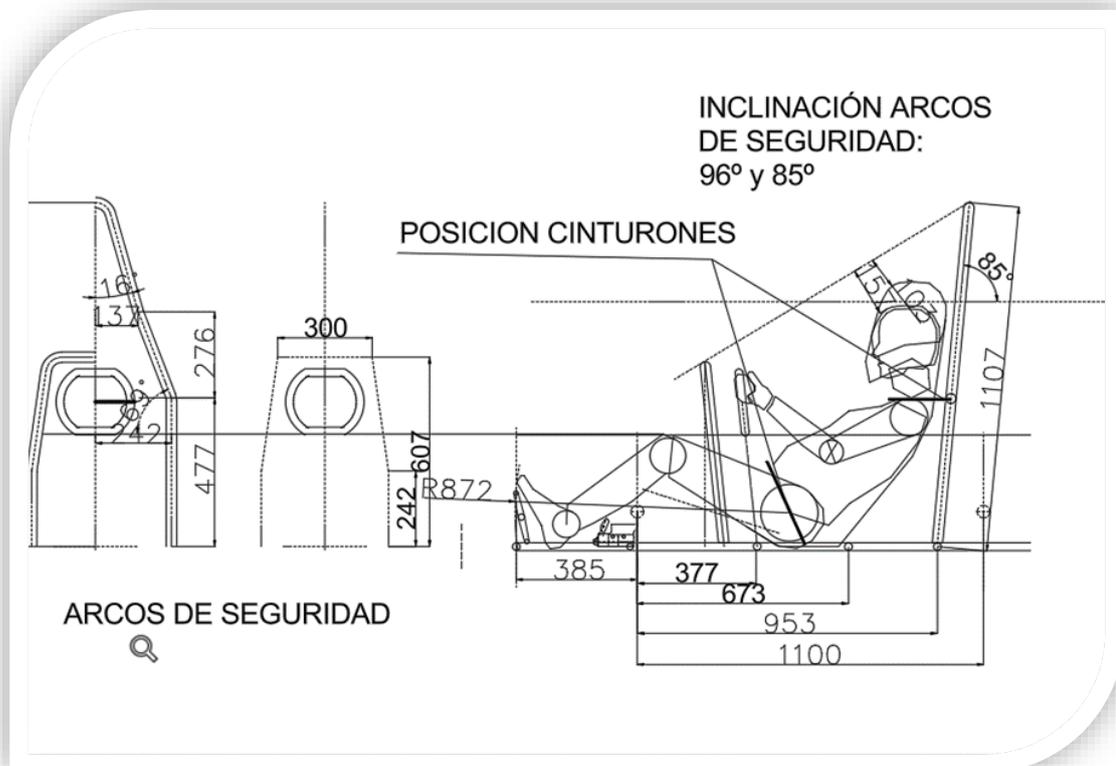
El accionamiento del claxon, pedales, llaves de arranque, display, se puede realizar sin separar la espalda del respaldo ya que estarán ubicados en el arco de seguridad delantero,



El campo visual del piloto permite ver un punto de referencia en el suelo a menos de 4 metros

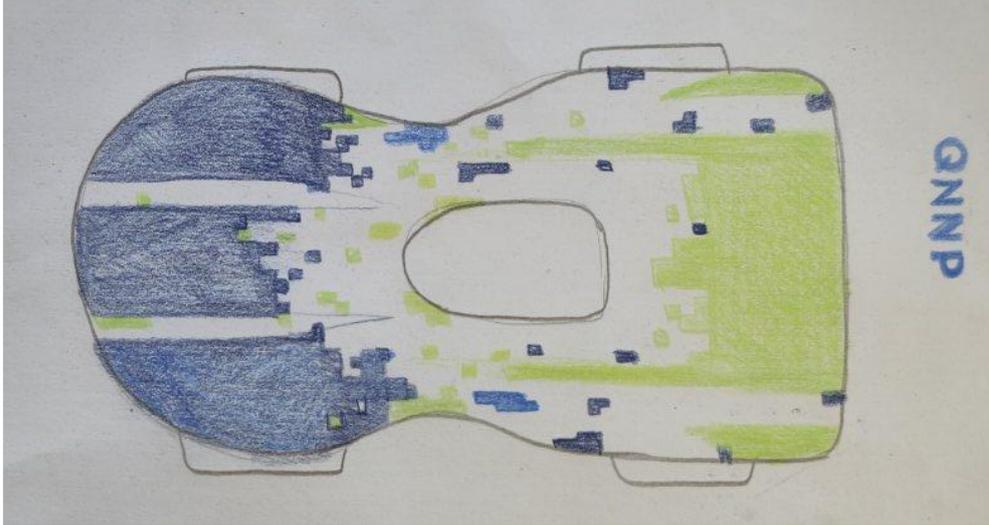


Los arcos de seguridad tendrán una inclinación de 96° y 85°, permitiendo al piloto ver una distancia mayor de 100mm desde la línea imaginaria que une los arcos de seguridad al casco. El arco delantero llevara protección de poliuretano a la altura de las piernas.

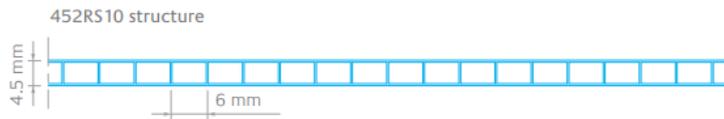


4. Carrocería

Se ha diseñado partiendo de un boceto inicial creado por nuestro compañero Carlos Gil



Se realizará en policarbonato celular translúcido de 4,5mm.



Las especificaciones técnicas y, sus propiedades mecánicas y físicas se representan en la siguiente imagen:

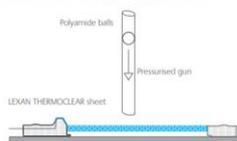
MECHANICAL PROPERTIES

Impact Strength
LEXAN THERMOCLEAR sheet has outstanding impact performance over a wide temperature range, -40°C to +120°C, and also after prolonged outdoor exposure.

Hail Resistance
As a roof glazing material LEXAN THERMOCLEAR sheet provides outstanding impact performance even in extreme weather such as windstorm, hail-stones, snowstorms and ice formation. Virtually unbreakable LEXAN THERMOCLEAR sheet is able to withstand harsh weathering conditions as well as to the subsequent temperature change to sunny conditions without breaking or buckling.

An independent research organization, TNO Science & Industry, tested the properties of Lexan Thermoclear multiwall sheet for simulated hail-stone storm of varying diameters. As a result the material showed no significant damage.

Figure 01: Represents material failure at this speed



A test sample is clamped into a metal frame and polyamide balls of varying diameters are fired at the surface of the sample using a pressurized argon.

In practice, hail-stones with a diameter of 20 mm can reach a terminal velocity of around 21 m/s. Under these conditions materials such as glass and acrylic fail.

While glass and the acrylic showed brittle characteristics when they failed the test, LEXAN THERMOCLEAR sheet showed ductile behavior. The ball left only indentations after impact and the THERMOCLEAR sheet showed no breakage (See fig. 01).

SABIC offers a standard Ten Years Written Limited Warranty on LEXAN THERMOCLEAR sheet covering loss of strength or impact due to weathering.

Table 05: Hail Simulation Test Results

Material	Hail diameter 20mm
Equivalent velocity of hail stones in practice	21 m/s
Acrylic multiwall sheet t=16 mm	7-14 m/s
Float glass t=4 mm	10 m/s
LEXAN THERMOCLEAR sheet t=10 mm	>21 m/s
LEXAN THERMOCLEAR sheet t=16 mm	>21 m/s

PHYSICAL PROPERTIES

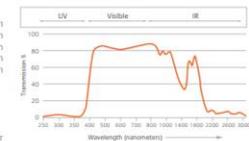
Light Transmission
The wavelength of the sun affecting a thermoclear sheet material ranges from 280 up to 2140 nanometers. This optical window is divided into the following sections:

- UV-B Middle ultraviolet region 280 – 315 nm
- UV-A Near ultraviolet region 315 – 380 nm
- Visible light region 380 – 780 nm
- Near infra-red region 780 – 1400 nm
- Middle infra-red region 1400 – 3000 nm

As shown in Graph 01, LEXAN THERMOCLEAR sheet has the highest transmission in the visible light.

Despite transmitting visible light very well, LEXAN THERMOCLEAR sheet is almost opaque to radiation in the UV and far infra-red region. This useful shielding property can prevent discoloration of sensitive materials such as fabrics or other organic materials placed under or behind LEXAN THERMOCLEAR sheet glazing in, for example, a factory warehouse, museum or shopping centre.

Graph 01: Light Transmission Spectrum of LEXAN THERMOCLEAR sheet



Es un material con buena flexibilidad para adaptarse a un "subchasis" que le proporcione estabilidad y que reforzará la carrocería para cumplir con los requerimientos del reglamento relativos tanto a forma, como a la mínima sección frontal S (superficie de la silueta transversal a la marcha) y cubrir los elementos mecánicos y al piloto para conseguir un buen coeficiente aerodinámico Cx.

Este "subchasis" se realizará en aluminio, irá atornillado al chasis. La carrocería se anclará al subchasis mediante seis puntos de anclaje rápido.

Objetivo mínima sección frontal

Fuerza de arrastre aerodinámico (FA). El FA de un vehículo se calcula mediante la siguiente fórmula matemática:

$$FA = 0,5 \times \rho \times S \times Cx \times V^2.$$

Cx = Coeficiente aerodinámico depende de la forma.

S=Superficie frontal en el sentido de la marcha.

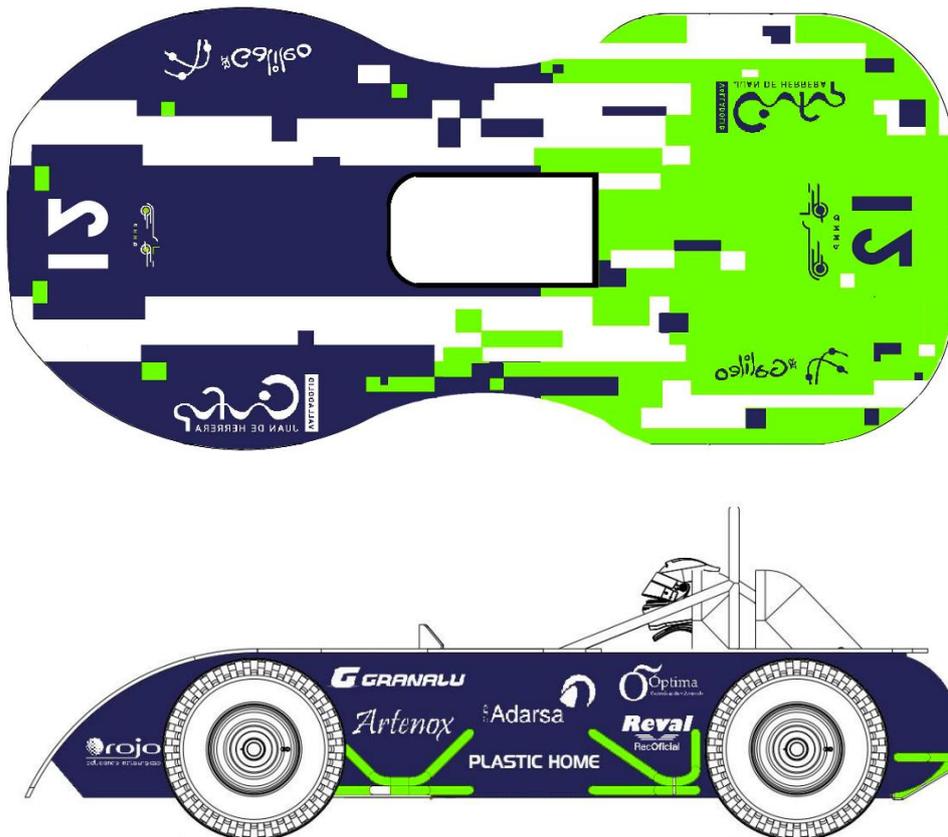
V = Velocidad.

ρ = Densidad del aire.

Para conseguir esta mínima sección frontal:

Altura máxima del piloto 1,70m; posición max. tumbado (respaldo 40°); arco de seguridad delantero lo más bajo posible (limitado por espacio entre volante y piernas).

Volante con el mínimo radio posible y cortado en la parte superior (limita la dureza de la dirección).



En los laterales del vehículo se instalarán **flectores** que canalizarán el aire hacia la batería y motor sirviendo de sistema de refrigeración.

La carrocería se personalizará utilizando técnicas de **pintado** y con **vinilos** publicitarios.