

# Estudio y optimización desde el punto de vista de la seguridad de la estructura resistente de un vehículo de competición

CARDO, Matías<sup>(1)</sup>, BONIFAZI, Emiliano Rubén<sup>(1)</sup>, LEGORBURU, Ezequiel<sup>(1)</sup>, GAMBERONI, Daniel<sup>(1)</sup>, DEL BASSO, Milton Darian<sup>(1)</sup>, ARRAC, Juan<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Facultad Regional Venado Tuerto - Universidad Tecnológica Nacional  
Laprida 651 – Venado Tuerto – Argentina

[cienciaytec@frvt.utn.edu.ar](mailto:cienciaytec@frvt.utn.edu.ar)

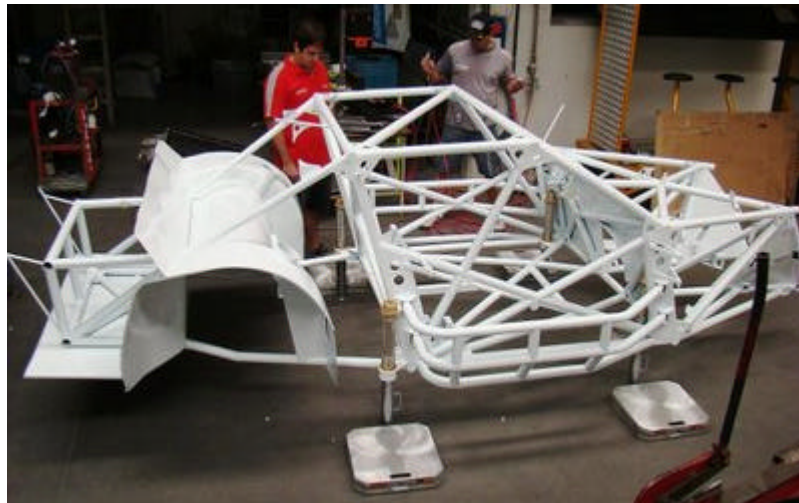
**Palabras claves:** automóvil, estructura, seguridad, optimización.

## RESUMEN

*El trabajo consistió en realizar un estudio pormenorizado por medio del método de los elementos finitos de las tensiones resultantes en la jaula de seguridad de un automóvil de competición (categoría de Turismo Carretera) en caso de impacto, determinando secciones críticas y proponiendo en base a ello mejoras que hagan a la seguridad del piloto, en la misma.*

## INTRODUCCIÓN

En los automóviles de competición existe una jaula de seguridad que protege al piloto de eventuales golpes y aplastamientos en caso de colisión. La misma está realizada en caños estructurales de distintas secciones soldados entre sí, que difieren en su espesor y diámetro, existiendo a su vez pequeñas diferencias de acuerdo a la marca de automóvil para la que será destinada, como puede apreciarse en la figura 1.

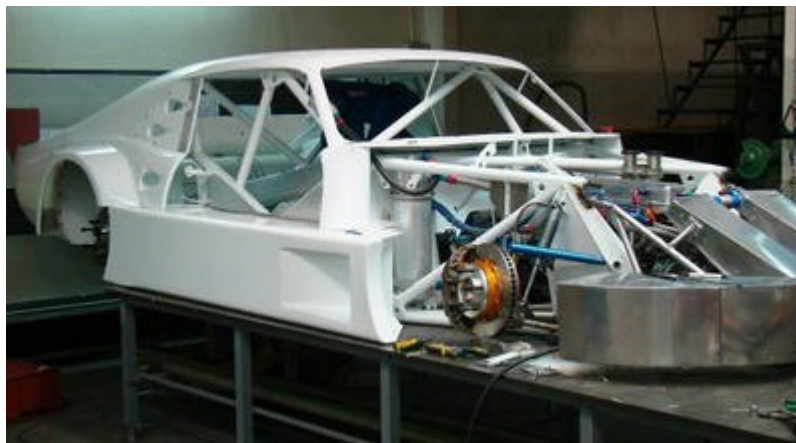


**Fig. 1:** Jaula de un auto de turismo carretera en construcción

Sobre dicha jaula se montan: el motor, la suspensión, los distintos órganos de la transmisión y otros accesorios, adosándose finalmente en forma exterior, la carrocería de las distintas marcas, la cual otorga sólo un perfil aerodinámico, característica de cada marca, no teniendo prácticamente ninguna incidencia en la protección del piloto en caso de siniestro, recayendo ésta función únicamente sobre la jaula citada

anteriormente que hace a su vez de chasis del vehículo. (Figura 2).

La misma ha sido diseñada y construida (en su primer prototipo) por la empresa "Alifracó Sport" propiedad del conocido diseñador argentino Walter Alifracó, desarrollada en forma empírica, en base a su larga experiencia en el automovilismo y tomando como referencia algunas normas de categorías similares del extranjero, como NASCAR (National Association for Stock Car Auto Racing), la cual es la más comercial en Estados Unidos y una de las más importante de Stock Cars del mundo. La supervisión del proyecto estuvo a cargo del Ing. Alejandro Solga, Jefe del Departamento Técnico de la ACTC (Asociación de Corredores de Turismo Carretera). Si bien la jaula en cuestión, satisfizo las necesidades originales de la categoría, no poseía un estudio científico y exhaustivo, ni de las tensiones resultantes en ella, ni un análisis estadístico de las cargas y sus puntos de aplicación, por lo que el Ing. Solga se contactó con nuestro grupo con el objeto de realizar dicho estudio, entregándonos la planimetría de la jaula que utiliza una de las marcas más populares de la categoría (Ford), y sobre ella realizamos los cálculos.



**Fig. 2:** Jaula con la carrocería y motor montados

## **DESARROLLO DEL TRABAJO**

Para un correcto estudio de la relación tensión- deformación se realizó un modelado de la misma con el software SolidWorks®, utilizándose posteriormente el módulo "SolidWorks Simulation®", para el cálculo por medio del método de los elementos finitos.

Para la aplicación y valores de las cargas, que para este trabajo se supusieron estáticas, ponderándolas con un coeficiente para compensar el hecho que no hayan sido dinámicas, se utilizó información proveniente de:

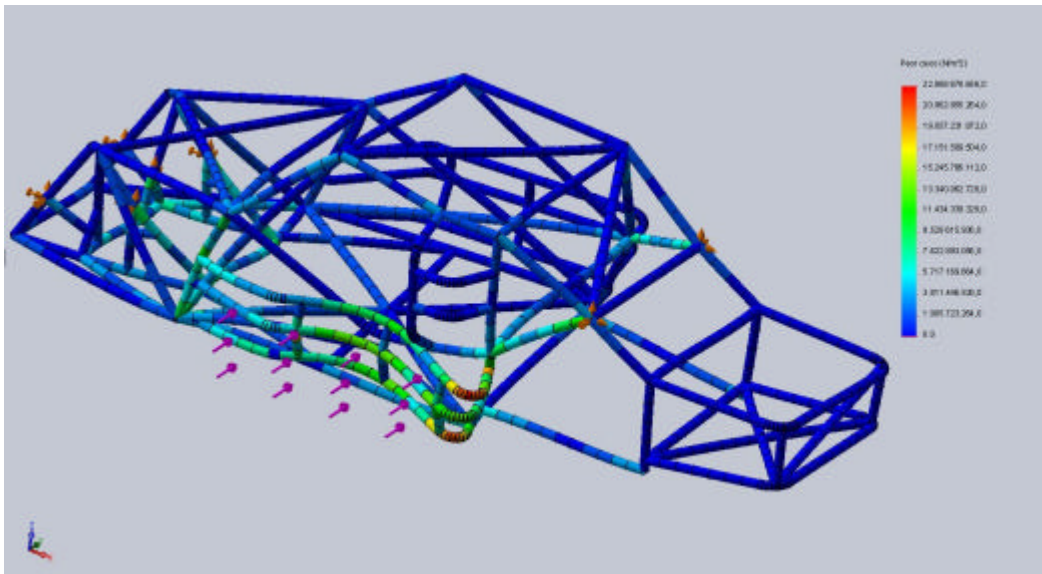
- Datos estadísticos de accidentes proporcionados por el responsable técnico de la ACTC, Ing. Alejandro Solga, el Jefe Técnico de Inspección David Di Mattía y las experiencias relatadas por pilotos de la categoría como Mariano Altuna, Matías Rossi Y Mariano Werner, entre otros.
- Reglamento de FIA (Fédération Internationale de l'Automobile) (FIA Institute – FIA Foundation), que brindan parámetros de seguridad exigidos para los automóviles de competición. En particular se utilizó los valores de deformación máximos permitidos para la seguridad del piloto cuando se aplicaban determinados valores de cargas en distintos puntos de la jaula.
- Datos extraídos de los trabajos de Milliken[1], Olley[2], Wolf-Heinrich Hucho [3] sobre lugares de aplicación y magnitudes de las fuerzas. Resultaron también de interés algunos datos empíricos aportados por el libro de Cascajosa [4], sobre coeficientes de rozamiento con el suelo.

A fin de una mejor aproximación al problema, se dividió la estructura en tres partes:

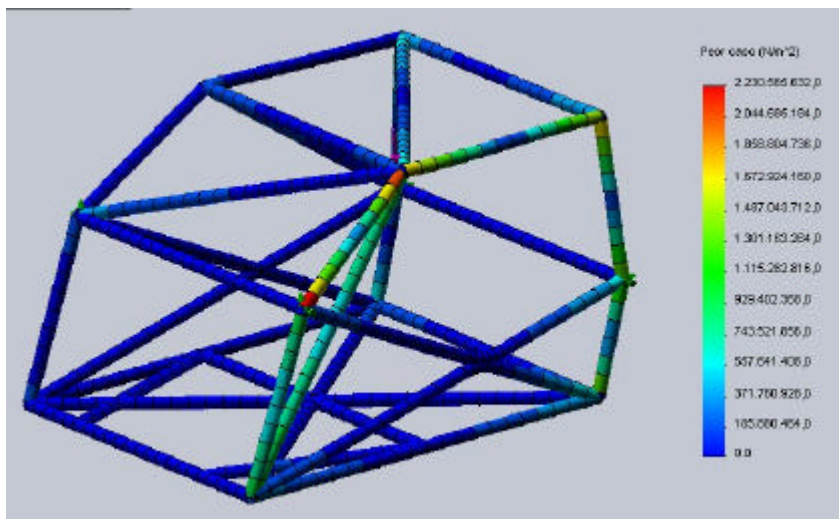
- parte frontal, que soporta el motor y el tren delantero
- parte central, que es la que resguarda al piloto
- parte trasera, que soporta al tren trasero (motriz)

para finalmente proceder al ensamblado de la misma en un solo conjunto, que en la práctica sugerimos fuese abulonado además de soldado.

Una vez establecida las relaciones de vínculo, se creó una malla de elementos “tipo viga” (de acuerdo a lo sugerido por Gómez González [5]) en toda la estructura (tomada como un solo conjunto) y se procedió al cálculo, determinándose las tensiones y deformaciones y en base a ello se pudo visualizar las secciones más comprometidas de la jaula de seguridad, como puede observarse en las figuras 3 y 4, visualizadas en color rojo, resultando azules la menos comprometidas.



**Fig. 3:** Jaula ensayada en un choque lateral



**Fig. 4:** Jaula ensayada con una carga puntual sobre el techo

Para la ponderación del comportamiento del conjunto se adoptó el criterio de comparación de tensiones de Von Mises (criterio de rotura aplicable a materiales dúctiles basado en la energía de distorsión absorbida) que es aplicable a este tipo de estructuras, aunque también el programa nos permitió identificar punto por punto el valor de las tensiones normales y de corte según cada eje coordinado

Un dato que no resulta menor, es el valor de las deformaciones sufridas, que en ocasiones pueden resultar muy importantes para la seguridad del piloto, las mismas también pudieron ser estudiadas en el presente trabajo, arrojando especial importancia las de la parte lateral y techo de la cabina.

## **CONCLUSIONES**

Observados los resultados obtenidos se extrajeron las siguientes conclusiones:

- Se pudo comprobar una buena rigidez de la jaula, y estabilidad dimensional de la misma, ante choques frontales, laterales y traseros.
- De la observación de las tensiones y deformaciones resultantes, pudo verificarse lo acertado de haber realizado los anclajes del pontón (construido en caños estructurales) en forma abulonada en lugar de soldada, evitando que la ruptura abrupta de la misma provoque la intromisión, tanto del elemento que choca como de partes estructurales desprendidas, dentro del habitáculo, cosa que pondría en serio riesgo la seguridad del piloto. La unión abulonada se comporta mucho mejor en caso de falla.
- En caso de vuelco, la jaula se comporta correctamente, ya que pudo soportar en buena forma el ensayo con cargas en el techo.
- Una mejora sugerida es colocar en los pontones laterales, material que absorba mayor cantidad de energía, para que en caso de colisión lateral el piloto reciba la menor cantidad de la misma, haciendo el tiempo de impacto más largo y menos severo el shock por colisión.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- [1] –William Milliken - Douglas Milliken. “*Race Car Vehicle Dynamics*”. Warrendale. Pa. (USA). Editorial Society of Automotive Engineers, Inc
- [2] Maurice Olley -W. Milliken - D. Milliken. “*Chassis Design, Principles and Analysis*”. Warrendale. Pa. (USA). Editorial Society of Automotive Engineers, Inc
- [3] Wolf Heinrich Hucho- Syed Ahmed – Bernward Bayer. “*Aerodynamics of Road Vehicles*”. Warrendale. Pa. (USA). Editorial Society of Automotive Engineers, Inc.
- [4] Cascajosa, Manuel. “*Ingeniería de Vehículos*” - Madrid - Ed. Alfaomega
- [5] - Gómez González Sergio. “*SolidWorks Simulation*”- Barcelona. Editorial Alfaomega