



## Title: Análisis aerodinámico en CFD de los alerones en automóviles convencionales

**Author: HORTELANO-CAPETILLO, Juan Gregorio**

Editorial label **ECORFAN**: 607-8695  
BCONIMI Control Number: 2020-21  
BCONIMI Classification (2020): 120320-00021

**Pages: 20**  
**RNA: 03-2010-032610115700-14**

**ECORFAN-México, S.C.**  
143 – 50 Itzopan Street  
La Florida, Ecatepec Municipality  
Mexico State, 55120 Zipcode  
Phone: +52 1 55 6159 2296  
Skype: ecorfan-mexico.s.c.  
E-mail: contacto@ecorfan.org  
Facebook: ECORFAN-México S. C.  
Twitter: @EcorfanC

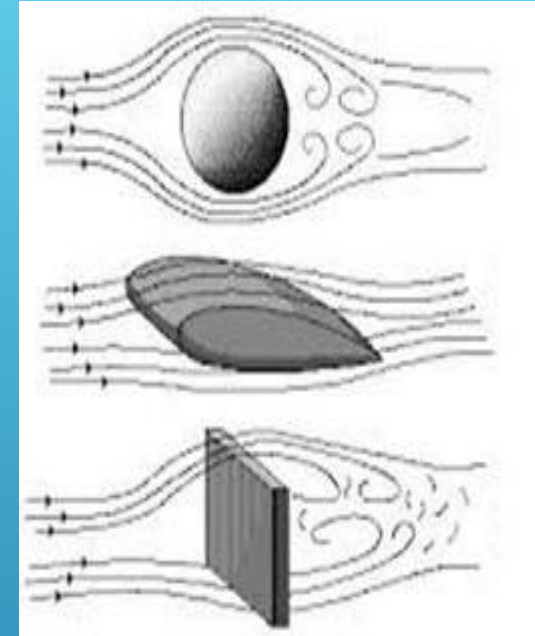
[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

### Holdings

Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

## La aerodinámica.

- ▶ La aerodinámica es el estudio del aire en movimiento sobre un sólido determinando las presiones y las fuerzas.
- ▶ Se originan 3 tipos de fueras sobre el automóvil:
  - ▶ \*Fuerza de arrastre.
  - ▶ \*Fuerza de sustentación
  - ▶ \*Fuerza lateral



**Figura 1. Flujo de aire sobre un objeto.**



FIGURA 2. MÉTODOS DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS AERODINÁMICOS: TÉCNICAS EN CFD Y TÚNEL DE VIENTO.

**Aerodinámica en los automóviles.**



Porsche 550 Spyder en 1956.



Chaparral 2E en 1966.



BMW CSL 3.0 en 1973.



Porsche 911 Turbo en 1978.



Nissan Skyline GT-R en 1990.



Bugatti Veyron en el 2005.

Figura 3. Alerones en diferentes diseños de automóviles.

Michael May implemento un alerón en el Porche 550 Spyder en 1956.

Jim Hall implemento un alerón en el Chaparral 2E en 1966.



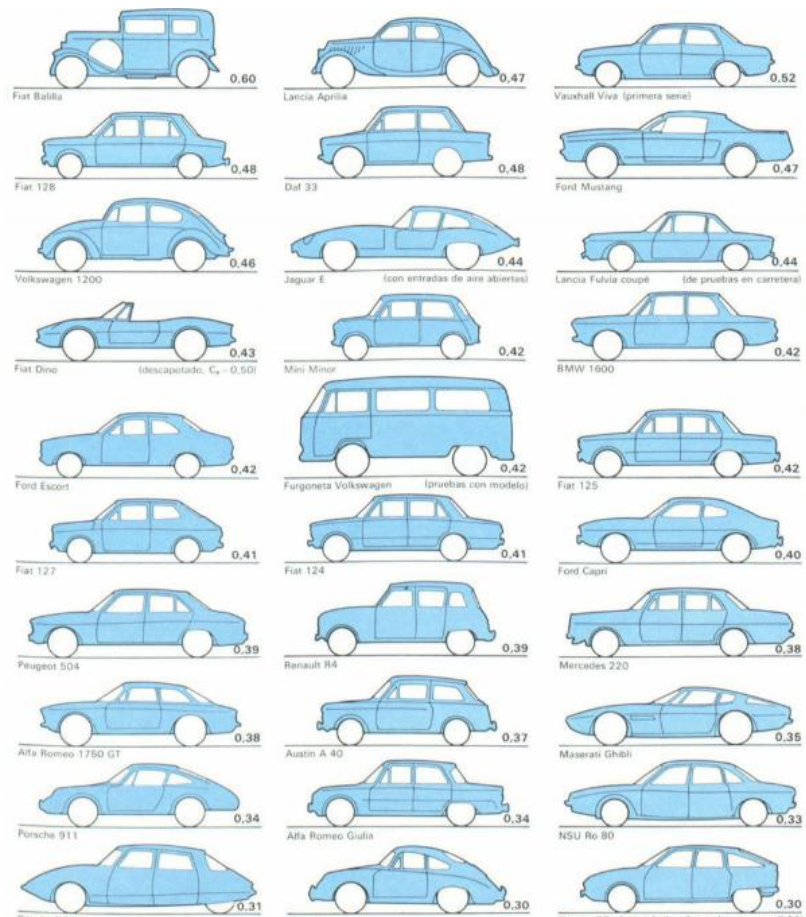


Figura 4. Coeficientes de arrastre para diferentes diseños de automóviles.

## Objetivo.

- ▶ Analizar las fuerzas de arrastre y sustentación en 2 autos convencionales implementando un alerón a diferentes alturas.

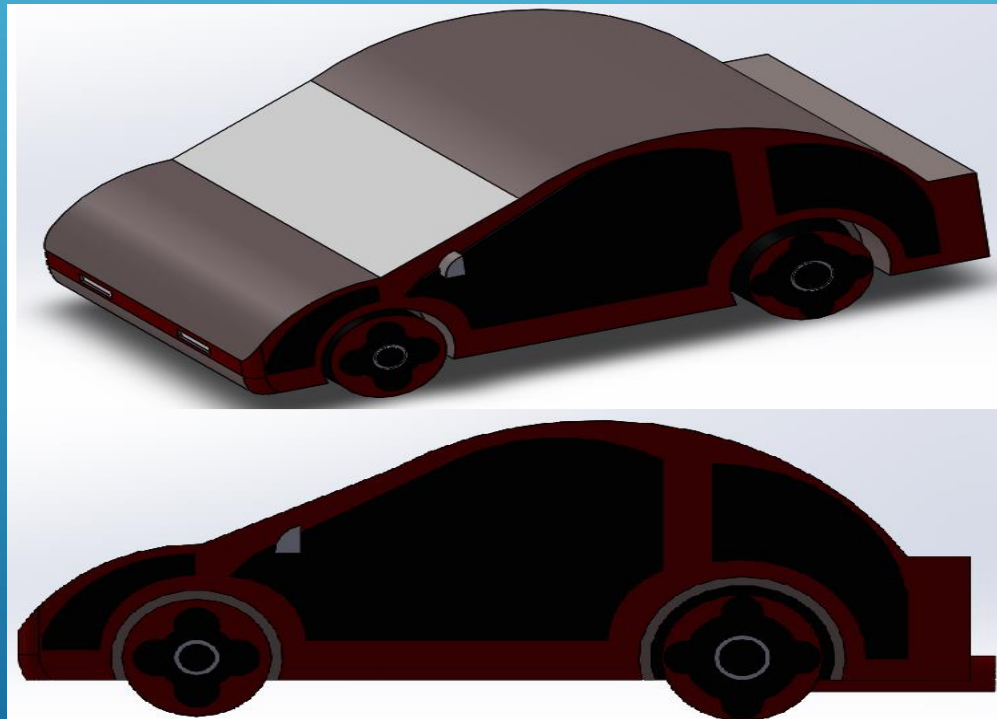


Figura 5. Diseño 1: 1.8 m de alto, 2.6 m de ancho y 4.14 m de largo.

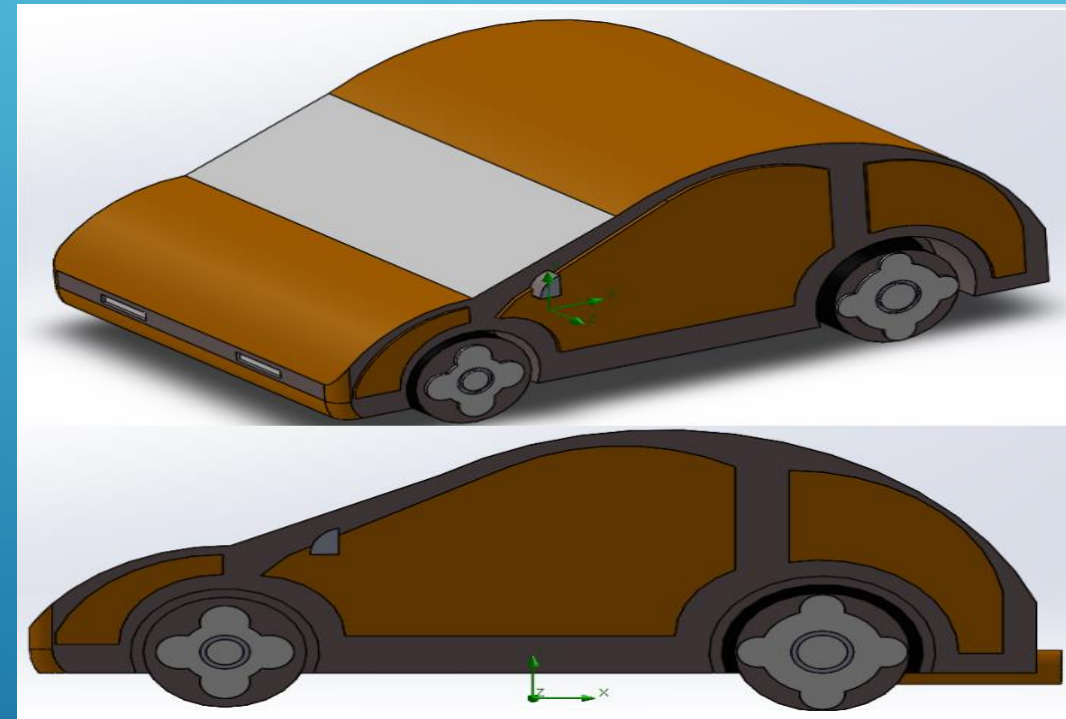


Figura 6. Diseño 2: 1.8 m de alto, 2.6 m de ancho y 4.0 m de largo.

## Alerones implementados en la parte trasera de los Diseños 1 y 2.

Figura 7. Diseño 1: Alerones a las alturas de 10 cm (Diseño 1/Alerón 1) y 45 cm (Diseño 2/Alerón 2).

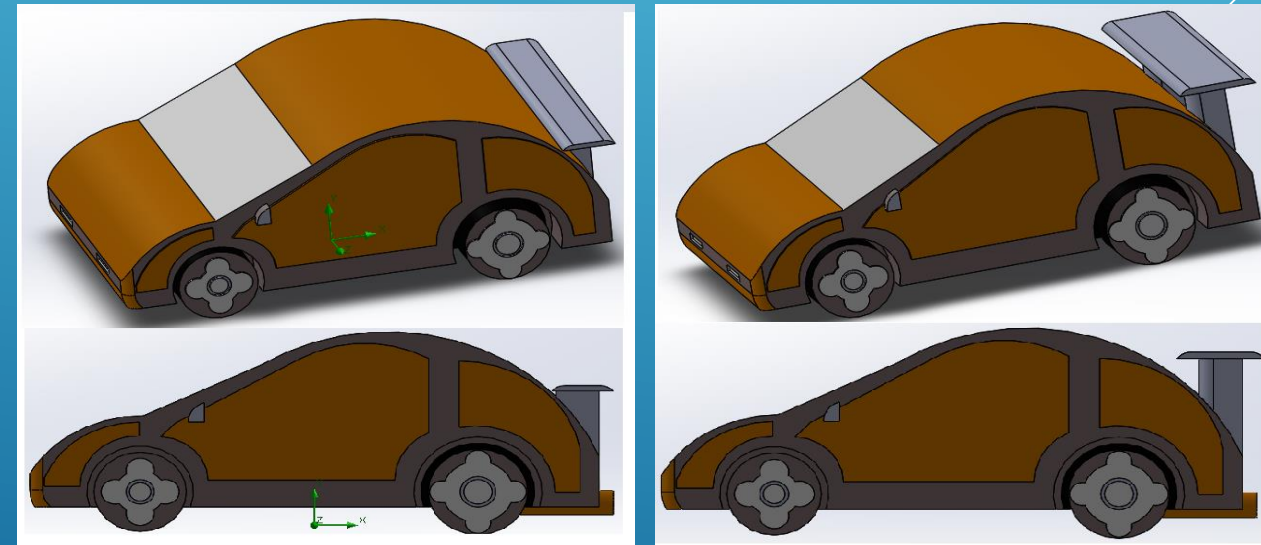


Figura 8. Diseño 2: Alerones a las alturas de 10 cm (Diseño 2/Alerón 1) y 45 cm (Diseño 2/Alerón 2).





Figura 9. Pasos para la simulación en CFD.

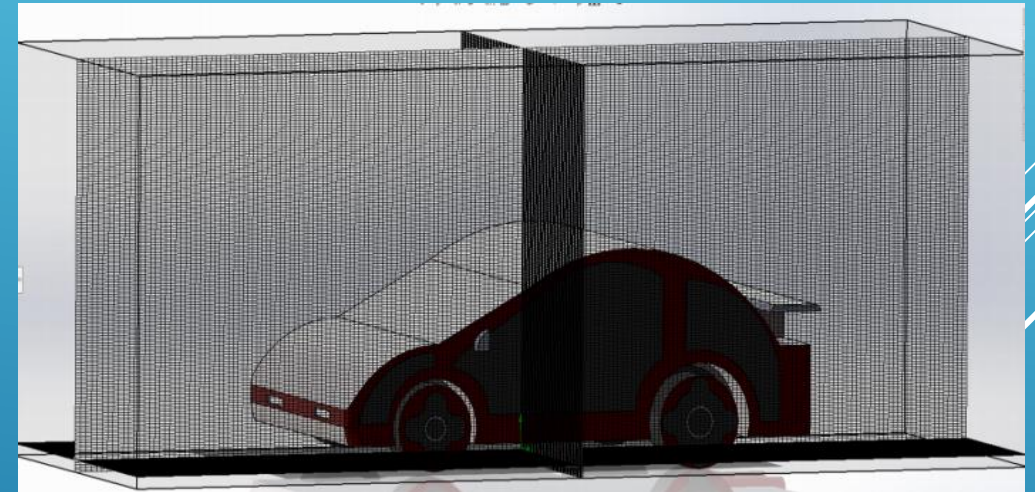


Figura 10. Volumen de control con 5313028 celdas en el mallado.



## Representación numérica en CFD.

La ecuación de continuidad esta representada por

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

Las ecuaciones de Navier Stokes se expresan de la siguiente forma

$$\rho \left( \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) = \rho g_x - \frac{\partial P}{\partial x} + \mu \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \quad (2)$$

$$\rho \left( \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \right) = \rho g_y - \frac{\partial P}{\partial y} + \mu \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) \quad (3)$$

$$\rho \left( \frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} \right) = \rho g_z - \frac{\partial P}{\partial z} + \mu \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) \quad (4)$$

Para flujos turbulentos de aplica el modelo Standard  $k$ - $\varepsilon$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + G_k + G_b - \rho \varepsilon - Y_m + S_k \quad (5)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho \varepsilon u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} (G_k + C_{3\varepsilon} G_b) - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} + S_\varepsilon$$

# Cálculos de los coeficientes de arrastre y sustentación.

## Coeficiente de Arrastre

$$\text{▶ } C_d = \frac{F_x}{(1/2)\rho v^2 A} \quad (1)$$

- ▶  $F_x$  es la fuerza de arrastre (N).
- ▶  $\rho$  es la densidad del aire ( $\text{kg/m}^3$ ).
- ▶  $v$  es la velocidad del aire (m/s).
- ▶  $A$  es el área frontal del automóvil, para este estudio el área es de  $4.68 \text{ m}^2$ .

## Coeficiente de sustentación

$$\text{▶ } C_l = \frac{F_y}{(1/2)\rho v^2 A} \quad (2)$$

- ▶  $F_y$  es la fuerza de sustentación (N).

# Resultados.

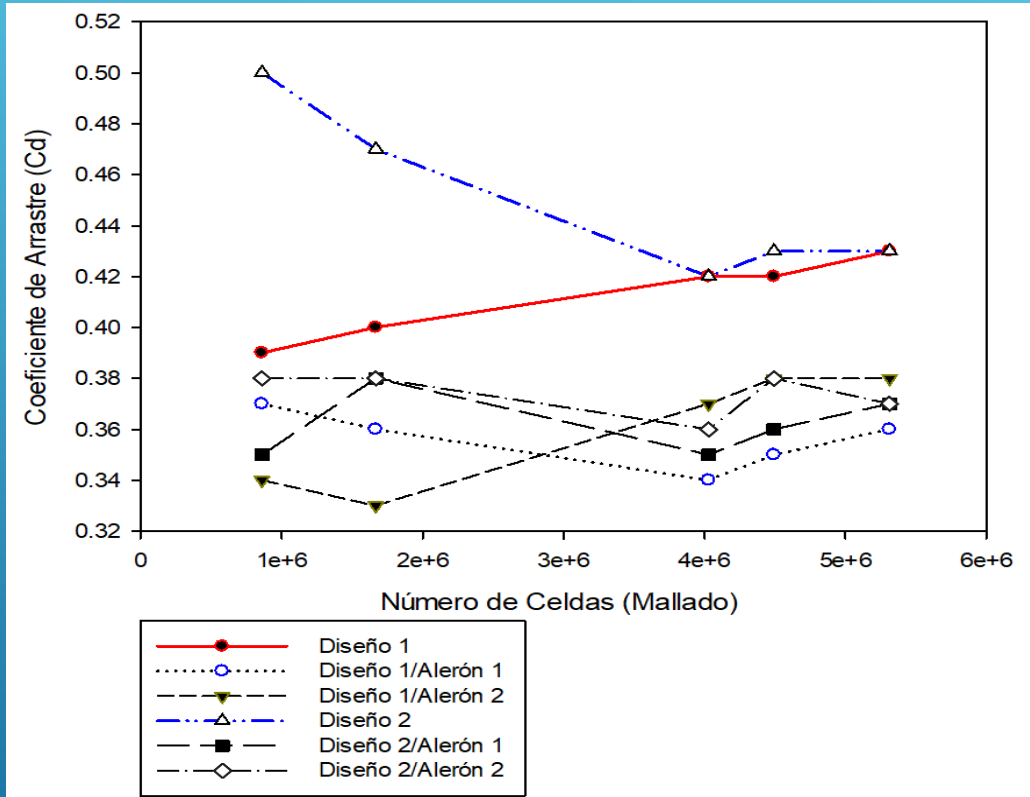


Figura 11. Resultados de los coeficientes de arrastre.

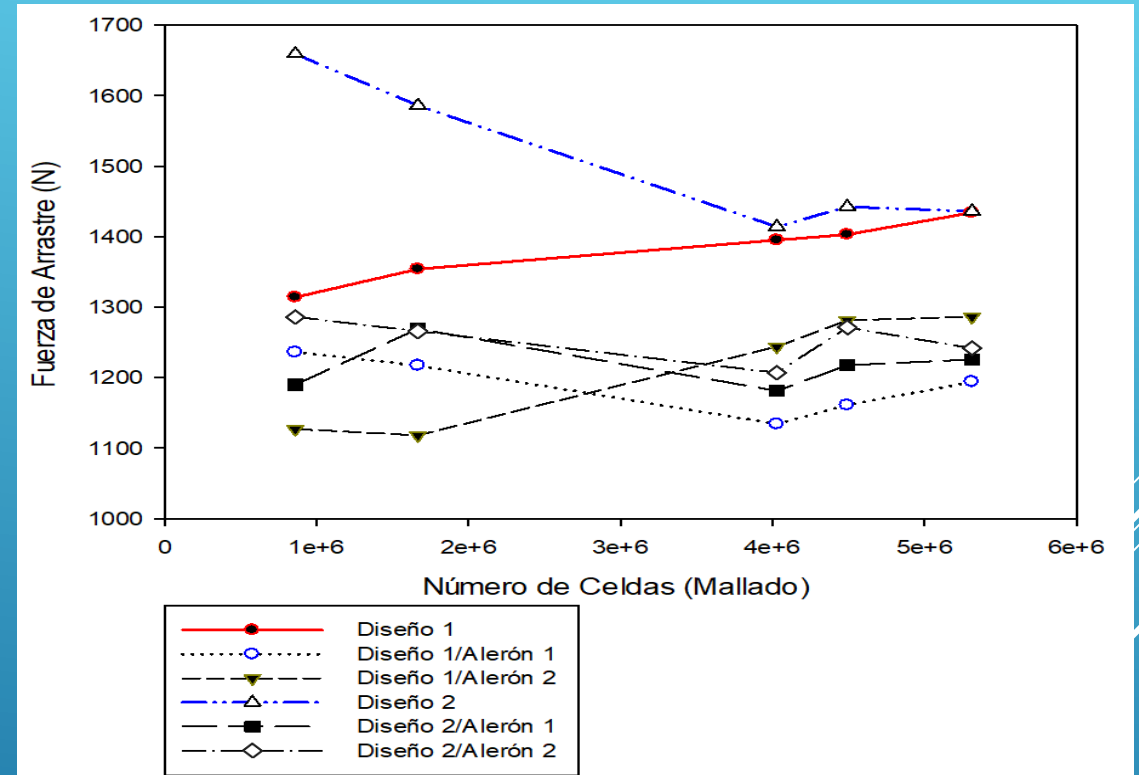


Figura 12. Resultados de la fuerza de arrastre.

# Resultados.

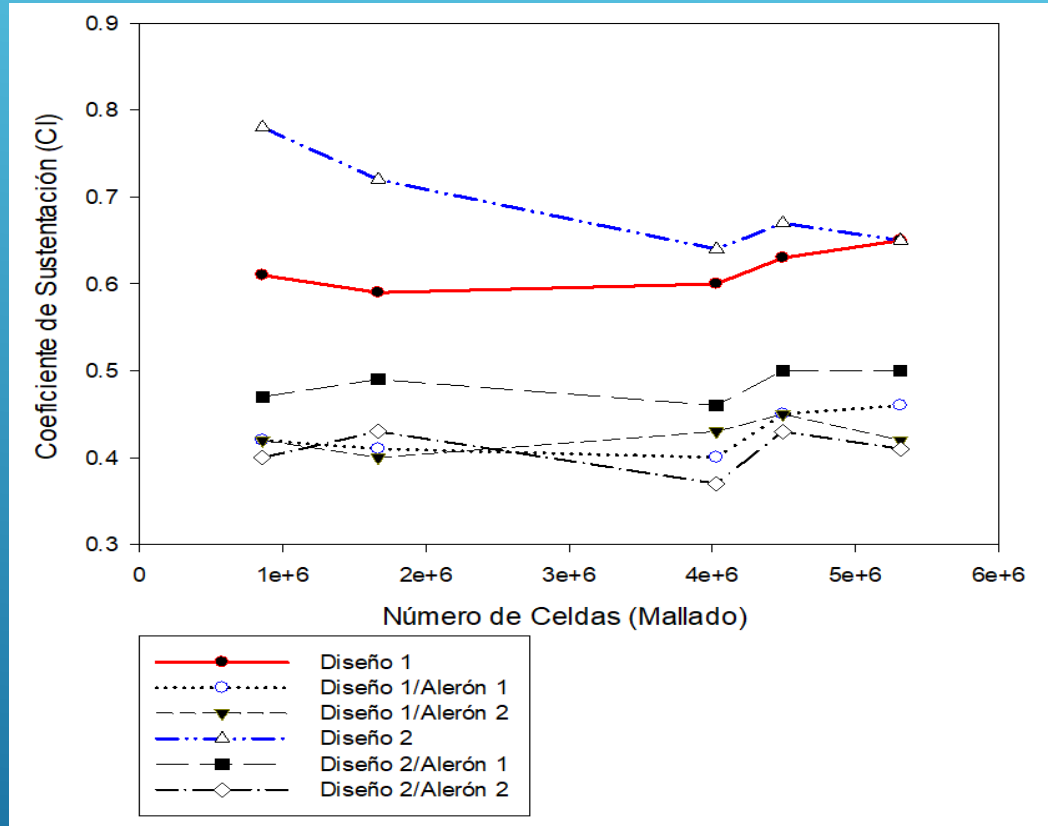


Figura 13. Resultados de los coeficientes de sustentación.

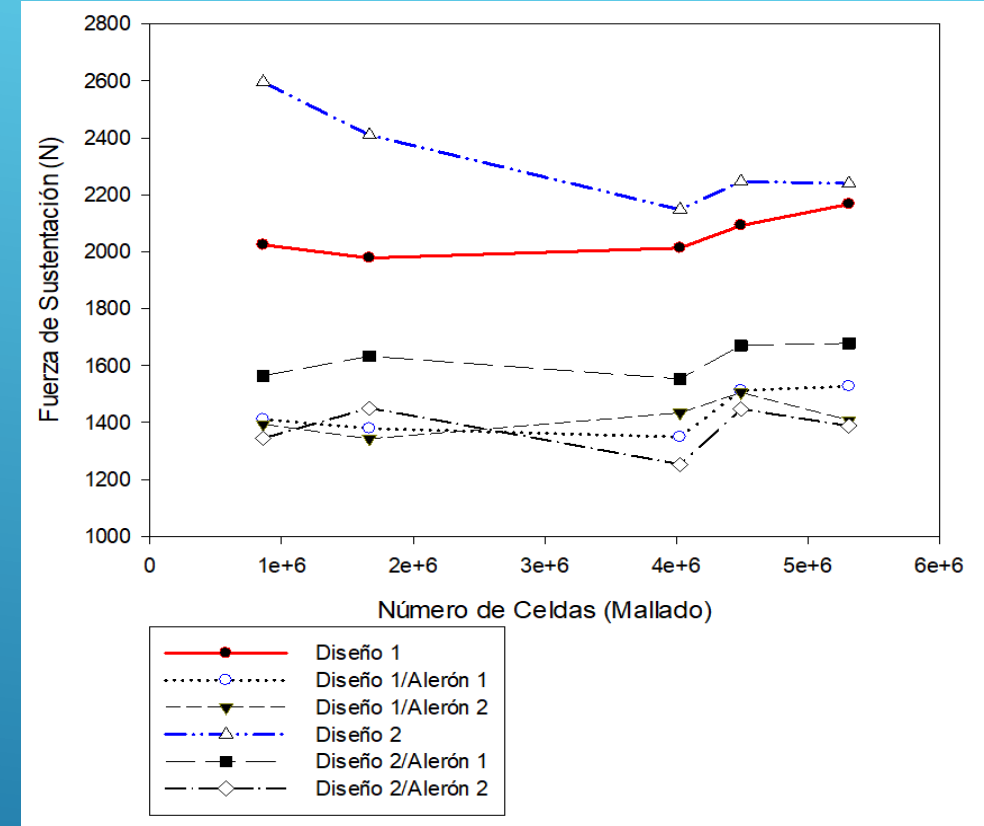


Figura 14. Resultados de la fuerza de sustentación.



# Resultados del modelo 1.

Diseño 1	Diseño 1/Alerón 1	Diseño 1/Alerón 2
0.43	0.36	0.38
%Reducción	16.76	10.34

Tabla 1. Resultados de los coeficientes de arrastre y su reducción del modelo 1.

Diseño 1	Diseño 1/Alerón 1	Diseño 1/Alerón 2
0.65	0.46	0.42
%Reducción	29.54	35

Tabla 2. Resultados de los coeficientes de sustentación y su reducción del modelo 1.

## Resultados del modelo 1.

Diseño 2	Diseño 2/Alerón 1	Diseño 2/Alerón 2
0.43	0.37	0.375
%Reducción	14.65	13.53

Tabla 4. Resultados de los coeficientes de arrastre y su reducción del modelo 2.

Diseño 2	Diseño 2/Alerón 1	Diseño 2/Alerón 2
0.65	0.5	0.42
%Reducción	22.54	36

Tabla 5. Resultados de los coeficientes de sustentación y su reducción del modelo 2.

# Resultados de los contornos de velocidad.

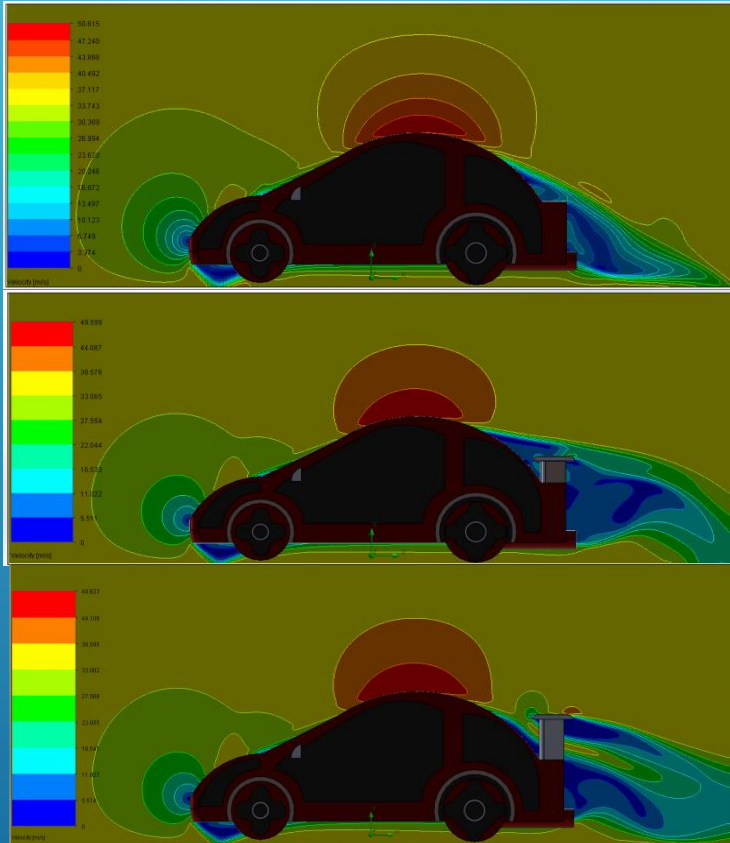


Figura 15. Contornos de velocidad del modelo 1.

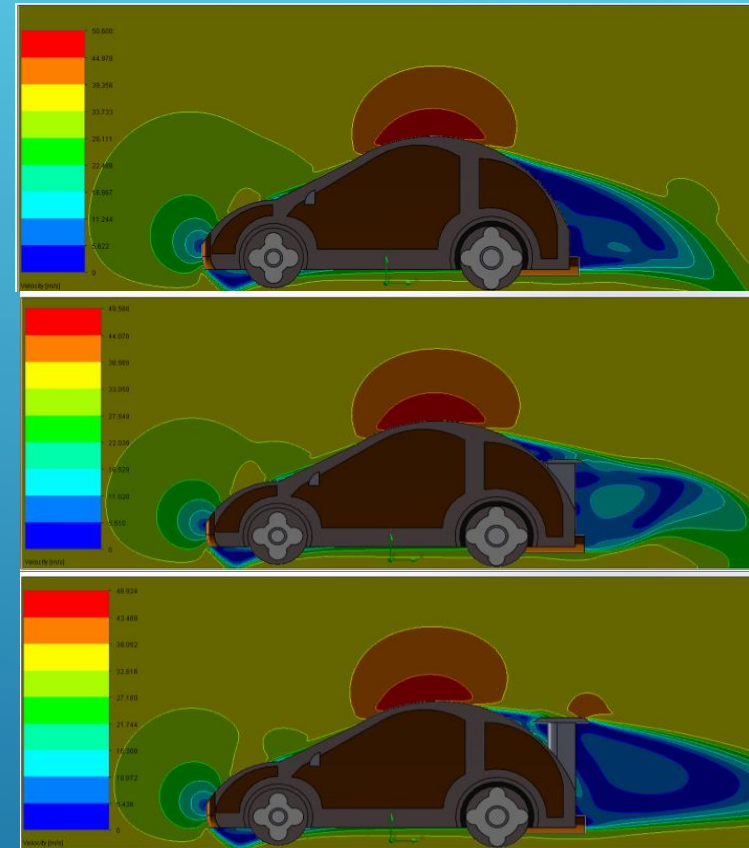


Figura 16. Contornos de velocidad del modelo 2.

# Resultados de los contornos de presión.

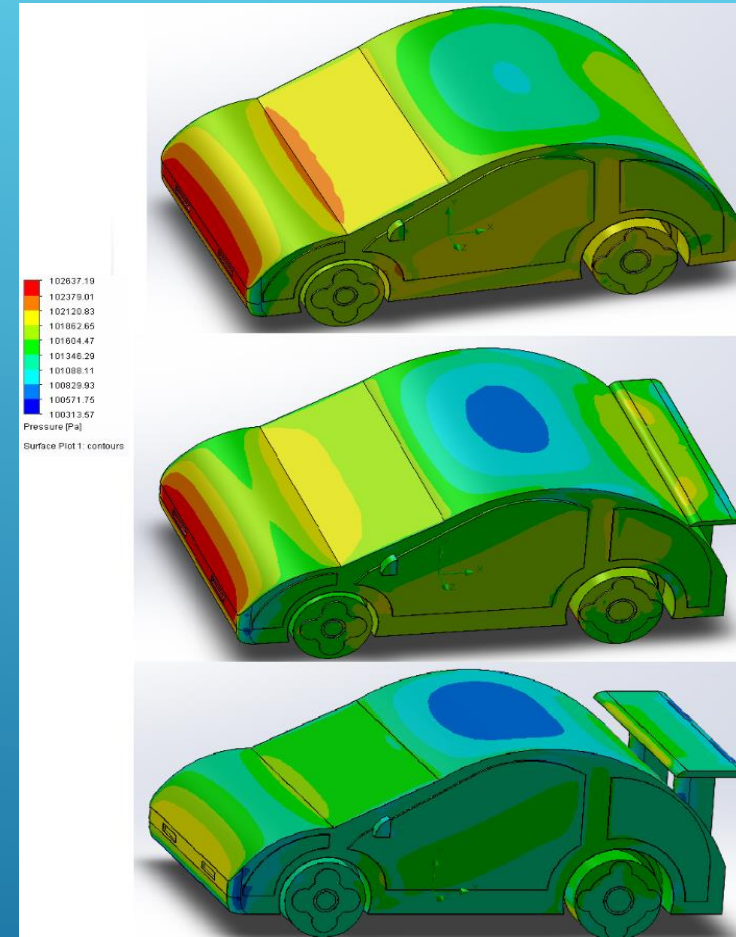
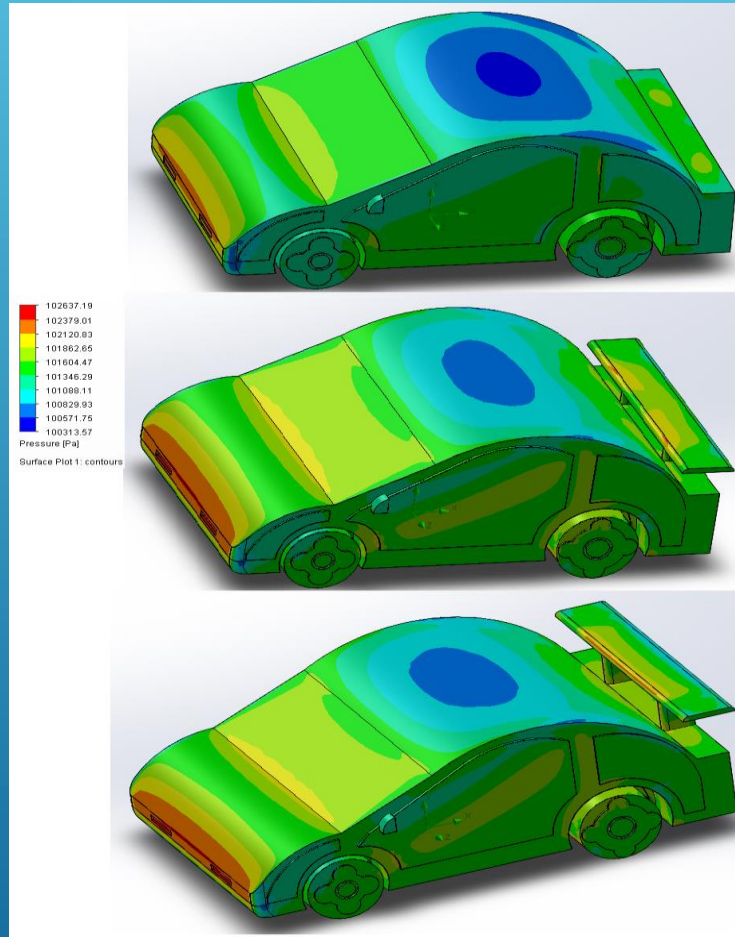


Figura 17. Contornos de presión del modelo 1.

Figura 18. Contornos de presión del modelo 2.



# Resultados de los contornos de velocidad.

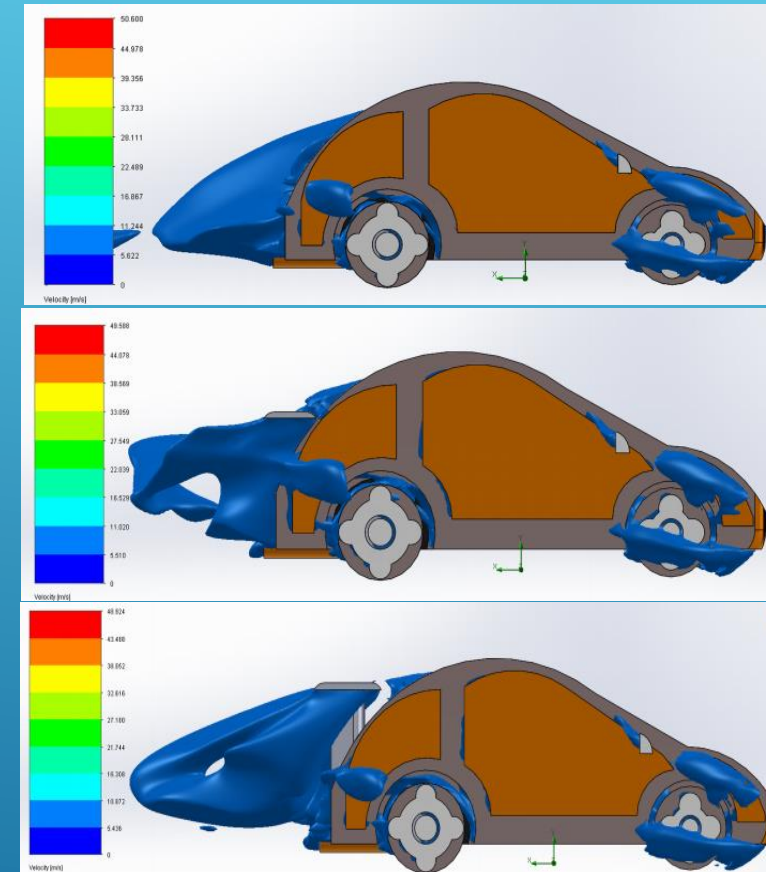
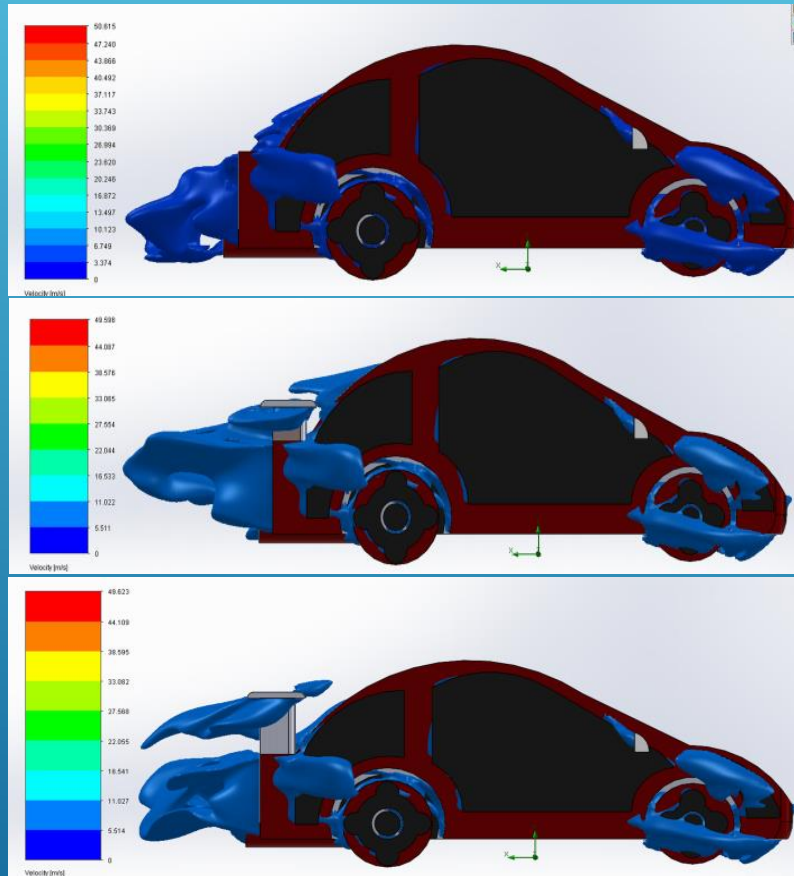


Figura 15. Contornos de velocidad del modelo 1.

Figura 16. Contornos de velocidad del modelo 2.

## Conclusiones.

- ▶ Se logra disminuir los coeficientes de arrastre y sustentación en ambos modelos con la ayuda del alerón.
- ▶ Para el modelo 1, se recomienda que el alerón se coloque a una altura de 45 cm aproximadamente.
- ▶ Para el modelo 2, se recomienda que el alerón tenga una altura de 45 cm aproximadamente.
- ▶ Por parte del equipo de cómputo, mientras el mallado sea mas fino, mas tiempo se tardará en resolver la simulación, dependiendo de las características de la computadora. Para realizar un mallado de mas de 5 millones de celdas, se uso una computadora de 32 GB en RAM dando un total de 30 hrs.

## Referencias Bibliográficas.

- ▶ [1] Introduction to Fluid Mechanics, Sixth Edition, (2003). Robert W. Fox, Alan T. MacDonald, Philip J. Pritchard.
- ▶ [2] J. Kelly (2004). *“American Cars”*, 1960-1972. Every Model, Year by Year. McFlarland. p. 97. ISBN: 9780786412730.
- ▶ [3] F. Milliken, L. Milliken, Race Car Vehicle Dynamics, Twelfth printing, SAE, USA.
- ▶ [4] Hall J. *“What´s Jim Hall Really Like?”* Automobile Quarterly, VIII, 3, Spring 1970. pp. 282-293.
- ▶ [5] R. B. Sharma, Ram Bansal. *“CFD Simulation for Flow over Passenger Car Using Tail Plates for Aerodynamic Drag Reduction, IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR JMCE). ISBN: 2320-334X. 75 (2013) 28-35.*
- ▶ [6] Carr G. W. *“The Aerodynamics of Basic Shapes for Road Vehicles. Part 3: Streamlined Bodies”* The Motor Industry Research Association, Warwickshire, England, Report No. 107/4, 1969.
- ▶ [7] Goetz H. *“The Influence of Wind Tunnel Test on Body Design, Ventilation and Surface Deposits of Sedans and Sports Cars”* SAE paper No. 710212, 1971.

## Referencias Bibliográficas.

- ▶ [8] Liebeck R. H. “*Design of Subsonic Airfoils Systems*” AIAA Journal of Aircraft, 15, 9, September 1978, pp. 547-561.
- ▶ [9] R. H. Barnard, H. Vaughan. “*The Aerodynamic Tuning of a group C Sports Racing Car*” Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 22 (1986) 279-289.
- ▶ [10] Chien Hsiung Tsai, Lung Ming Fu, Chang Hsien Tai, Yen Loung Huang, Jik Chang Leong. “*Computational aero-acoustic analysis of a passenger car with a rear spoiler*” Applied Mathematical Modelling. 33 (2009) 3661-3673.
- ▶ [11] Xingjun Hu, Rui Zhang, Jian Ye, Xu Yan, Zhiming Zhao. “*Influence of Different Diffuser Angle on Sedan’s Aerodynamic Characteristics*”. Physics Procedia 22 (2011) 239-245.
- ▶ [12] S. M. Rakibul Hassan, Toukir Islam, Mohammad Ali, Md. Quamrul Islam. “*Numerical Study on Aerodynamic Drag Reduction of Racing Cars*”. Procedia Engineering 90 (2014) 308-313.
- ▶ [13] Rubel Chandra Das, Mahmud Riyad, “*CFD Analysis of Passenger Vehicle at Various Angle of Rear End Spoiler*”. Procedia Engineering 194 (2017) 160-165.
- ▶ [14] Krzysztof Kurec, Michal Remer, Tobiasz Mayer, Sylwester Tudruj, Janusz Piechna. “*Flow control for a car-mounted rear wing*”. International journal of Mechanical Sciences. Volume 152 (2019) 384-399.
- ▶ [15] Gilhaus, R. Hoffmann. “*Directional Stability, Aerodynamic od Road Vehicles, in: W.H. Hucho (Ed), SAE International, Warrendale. PA, 1998.*”



## Referencias Bibliográficas.

- ▶ [16] J.R. Callister, A.R. George, Wind Noise, Aerodynamics of Road Vehicles, in: W.H. Hucho (Ed.), SAE International, Warrendale, PA, 1998.
- ▶ [17] F.R. Bailey, H.D. Simon, Future Directions in Computing and CFD, AIAA Paper 92-2734, 1992.
- ▶ [18] H. Taeyoung, V. Sumantran, C. Harris, T. Kuzmanov, M. Huebler, T. Zak, Flow-field simulations of three simplified vehicle shapes and comparisons with experimental measurements, SAE Transactions 106 (1996) 820835.



**ECORFAN®**

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCONIMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- ([www.ecorfan.org/](http://www.ecorfan.org/) booklets)