

# SEGUNDA JORNADA DE ACTUALIZACIÓN

## EN TEMAS DE INGENIERÍA MECÁNICA

INNOVACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

 18 - 22 DE MAYO 2020

MEDIANTE VIDEOCONFERENCIAS



ISSN: 2745-1011



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

VIGILADA MINEDUCACIÓN - SNIES 1704



Vigencia por seis años.



Acreditación Institucional  
Internacional





# UNIVERSIDAD SANTO TOMAS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

VIGILADA MINEDUCACIÓN - SNIES 1704

## Segunda Jornada de Actualización en Temas de Ingeniería Mecánica, Innovación y Desarrollo

© Universidad Santo Tomás - Sede Villavicencio, 2020

ISSN: 2745-1011

*Comité Organizador Universidad Santo Tomás, Sede Villavicencio*

Doc. Jhon Jairo Gil Peláez  
Decano de la Facultad de Ingeniería Mecánica

Ms. Brayan Andrés Rodríguez Herreño  
Líder de Proyección Social de la Facultad de Ingeniería Mecánica

Ms. Lauren Genith Isaza Domínguez  
Líder de Investigación de la Facultad de Ingeniería Mecánica

Doc. Duberney Hincapie Ladino  
Líder de Curriculum de la Facultad de Ingeniería Mecánica

Ms. Katherine Duarte Barón  
Líder ante UDIES de la Facultad de Ingeniería Mecánica

### Ediciones USTA

Universidad Santo Tomás, Sede Villavicencio

Teléfono: (57-8) 6784260, ext. 4077

[editorial@usantotomas.edu.co](mailto:editorial@usantotomas.edu.co)

[coord.editorialvillavo@ustantotomas.edu.co](mailto:coord.editorialvillavo@ustantotomas.edu.co)

<http://ediciones.usta.edu.co>

**Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0  
International (CC BY-NC-SA 4.0)**



# Contenido

## Presentación

### EXPERIENCIAS INVESTIGATIVAS

#### Edificios confortables y eficientemente energéticos

*Guadalupe Huelsz Lesbros*

#### Casos de estudio en índices de calidad para ferrovías: ruedas y rieles

*Dany Michell Andrade Centeno*

#### Ciencia e ingeniería de los polímeros: propiedades, aplicaciones y medio ambiente

*Joan Manuel Molina Romero*

#### Eco-driving y conducción autónoma en vehículos eléctricos: revisión general y estado del arte

*José del Carmen Julio Rodríguez*

#### Obtención y caracterización de combustibles alternativos para motores de combustión interna

*José Manuel Riesco Ávila*

#### Ingeniería de materiales en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero

*José Wilmar Calderón Hernández*

#### Electrificando el cielo: tendencias futuras en propulsión aeronáutica

*Rudy Cepeda Gómez*

### EXPERIENCIAS EMPRESARIALES

#### Tendencias de la Industria 4.0 en Ingeniería Mecánica

*Gabriel Albeiro Zambrano Cruz*

# EXPERIENCIAS INVESTIGATIVAS





UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

VIGILADA MINEUCACIÓN - SNIES 1704



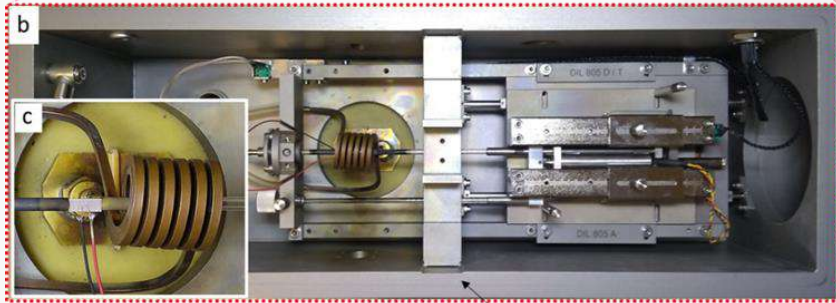
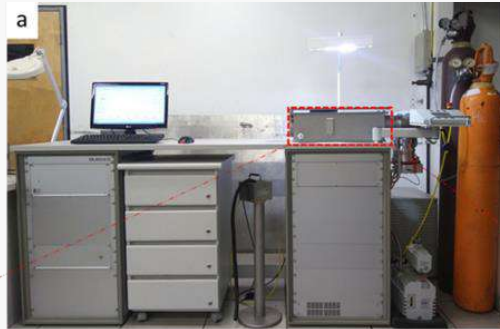
# Casos de estudio en índices de calidad para ferrovías: ruedas y rieles

Ing. Dany M Andrade Centeno, Ph.D.

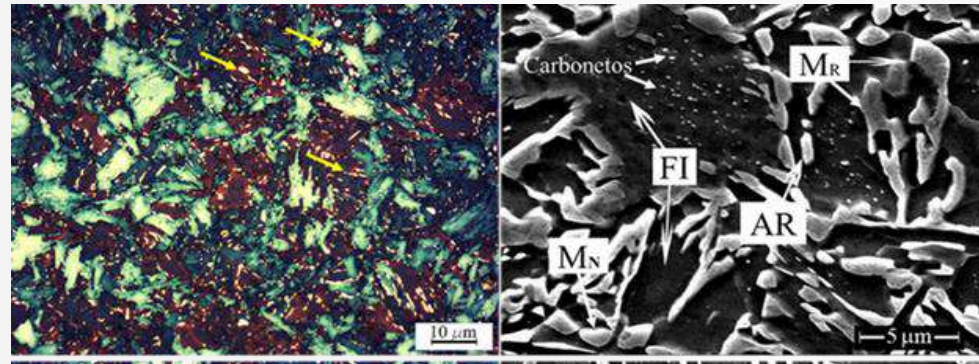
# AGENDA

- Introducción
- Motivación
- Aspectos multifactoriales en el sistema Rueda-Riel
- Casos de estudio para crear un índice de calidad – RQI (RAIL QUALITY INDEX)
- Consideraciones finales

# Dilatómetro Bahr DIL 805L



**Activities:** The research projects conducted by this laboratory aim to combine global methods for monitoring phase transformation with local methods of direct observation. Examples of global methods are measurements of physical and mechanical properties, dilatometry, thermal analysis, X-ray diffraction, etc. Examples of local methods are metallography techniques applied to optical and electronic microscopy.



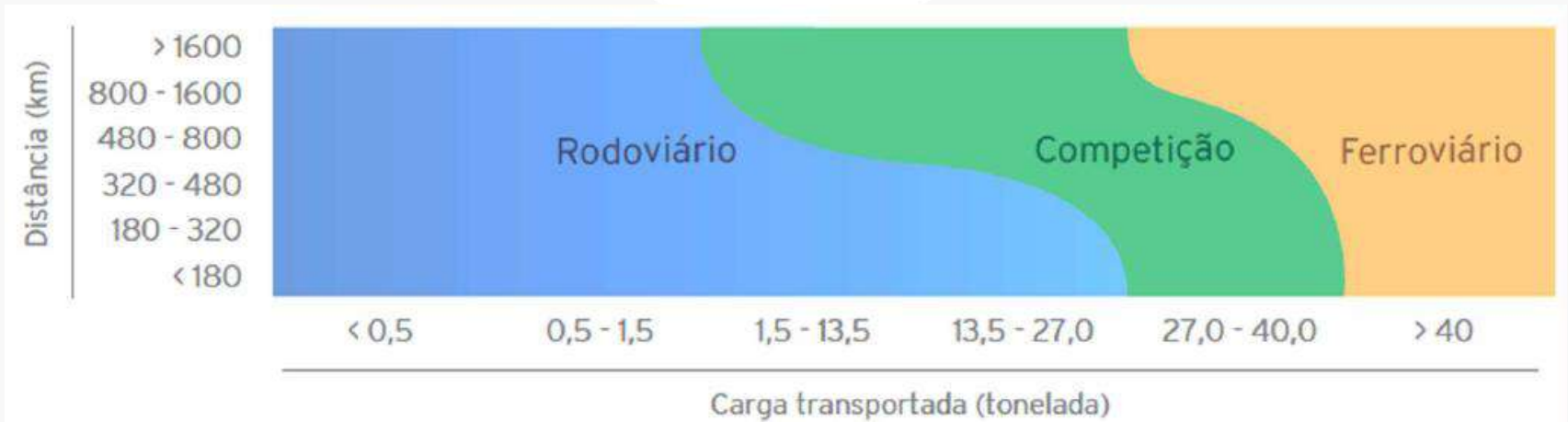
DEPARTMENT OF METALLURGICAL AND MATERIALS ENGINEERING - [POLYTECHNIC SCHOOL OF THE UNIVERSITY OF SÃO PAULO](#)

# INTRODUCCIÓN

El riesgo de falla de un riel como causa primaria de un accidente con agravantes de tragedias humanas y ambientales es una **posibilidad REAL**.

En Europa, Australia y América del Norte, ferrovías, fabricantes de rieles, centros de investigación, agencias reguladoras y órganos especializados, han hecho de este tema objeto constante investigación por su gravedad. Innegablemente, una lupa de mayor aumento ha sido impuesta sobre este asunto, considerando que, sanciones impuestas a las ferrovías pelos órganos competentes puede resultar en multas severas.

La lógica de un accidente ferroviario causado por quiebra catastrófica de un riel, reúne aspectos de orden multifactorial. Por esta razón, se tiene como prioridad la busca constante por el desarrollo de avanzados sistemas de seguridad y prevención, construidos a partir de los principales fundamentos de las ingenierías.



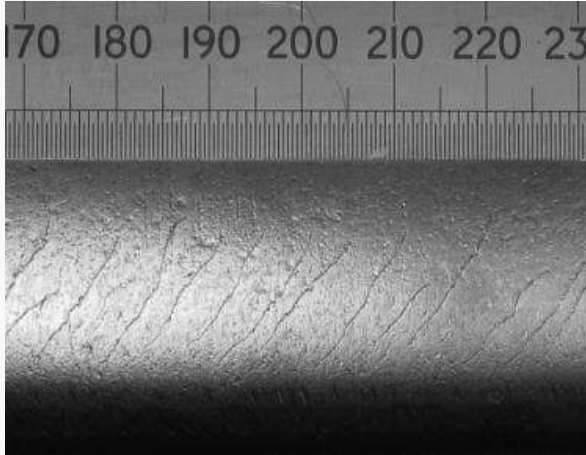
## MOTIVAÇÃO DEL ESTUDIO

Desde los descarrilamientos de trenes de carga como:

- 68QB119, Norfolk Southern Railway Company, New Brighton, Pennsylvania, October 20, 2006 .
- Hatfield Train Crash, United King, October 17, 2000.

El análisis de las principales causas de descarrilamientos en las ferrovías de carga pesada en lo Estados Unidos, 2001-2010, Federal Railroad Administration (FRA) of U.S y Europa, deja en evidencia la necesidad de establecer una constante retroalimentación e inversión en investigación (ciencia) en los diversos campos asociados que garantizan un sistema de total seguridad operacional de las redes ferroviarias. Pero por encima de todo, la vida humana es la principal motivación.

# 1. HATFIELD: Train Crash – UK, Outubro 2000:



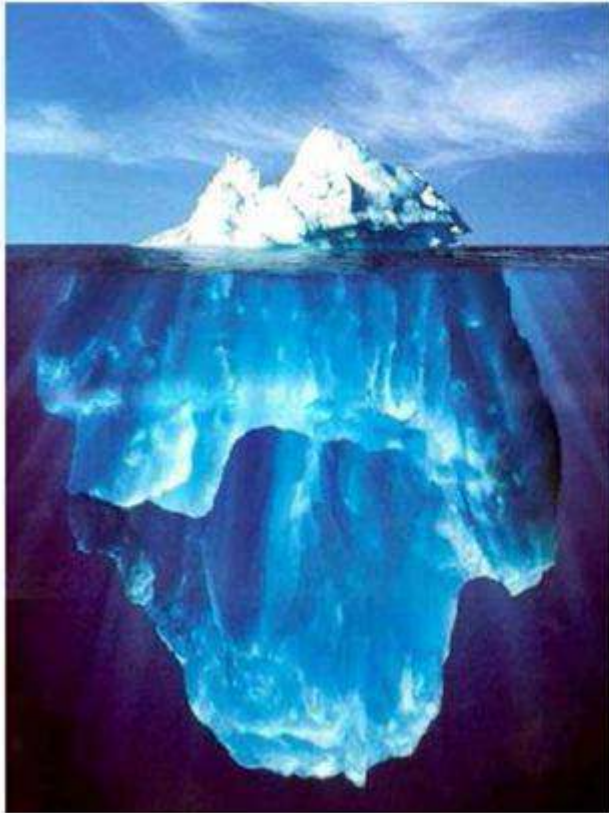
SEGUNDA JORNADA DE ACTUALIZACIÓN EN TEMAS DE INGENIERÍA MECÁNICA

## 2. Train 68QB119, Norfolk Southern Railway Company,



## Aspectos multifactoriales en el sistema Rueda-Riel

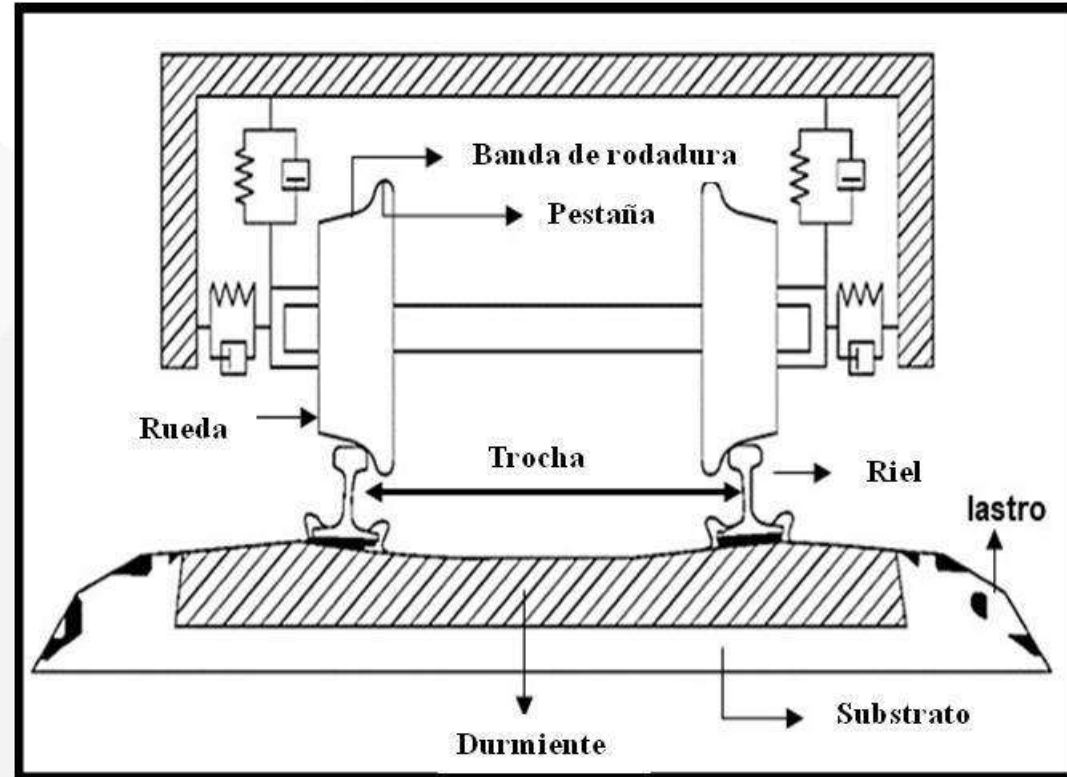
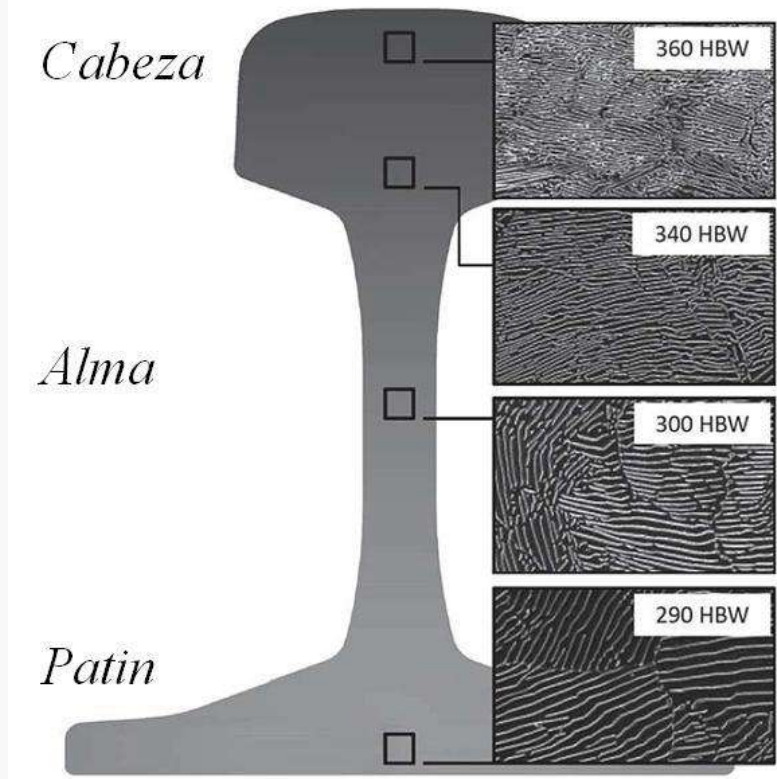
“RAIL FRACTURE – What you see always is what seems to be”



- Mecânica Contato Roda - Trilho
- Prática de esmerilhamento de trilho
- Índice de Manutenção da Via
- Fator de Impacto dinâmico de roda
- Estado de Degradação da Via
- Metalurgia (Rail Quality index - RQI)
- Práticas de manutenção da Via
- Procedimentos operacionais do trem
- Comprimento do trem

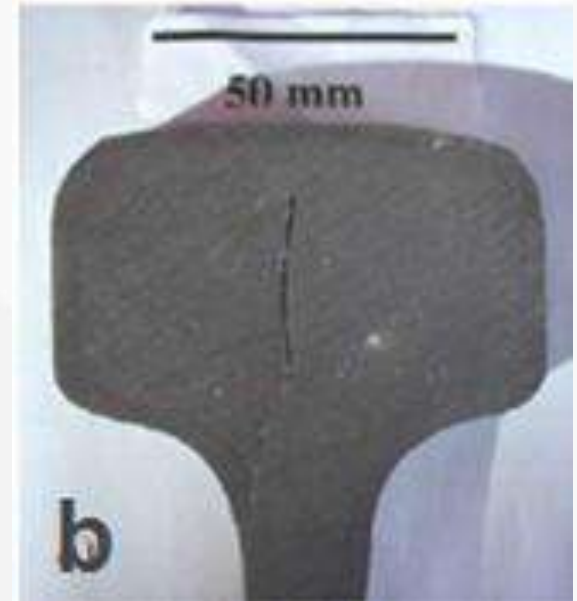
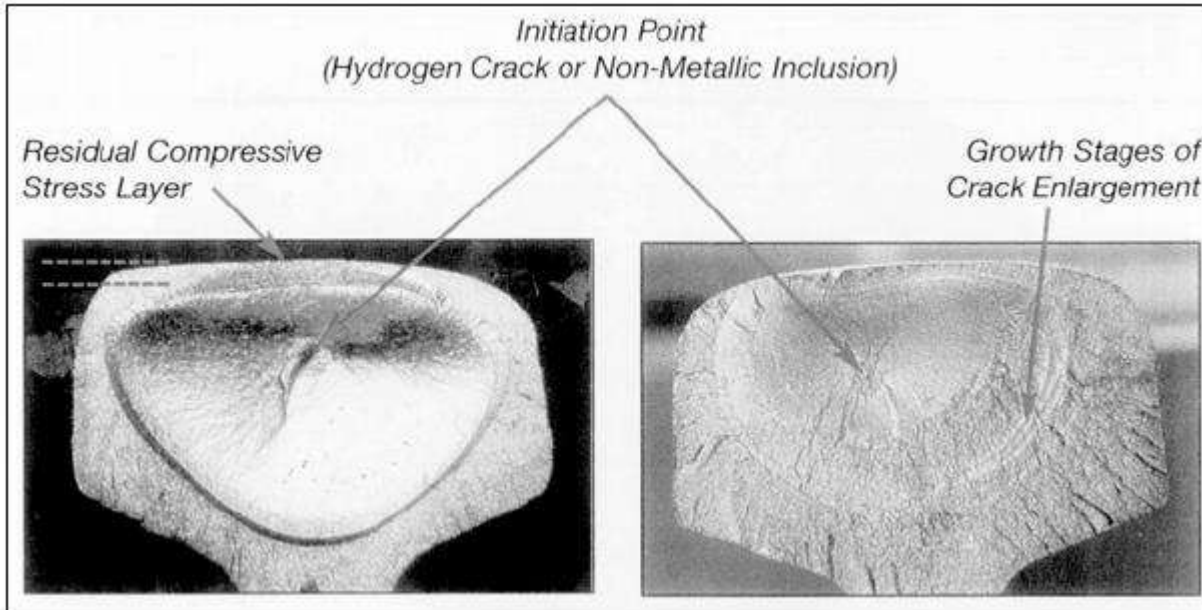
**Fonte: VALE S.A - José Ribamar Santos,**  
*Fraturas em Trilhos Novos (2008 a cima),  
Servtec 3315 – Estudo Conclusivo.  
Contribuição: Voestalpine,.*

## Nociones básicas de las partes del sistema Rueda-Riel

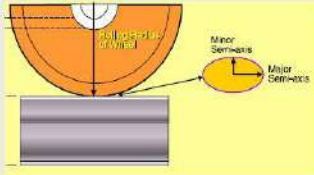


## Gestión técnica del riel

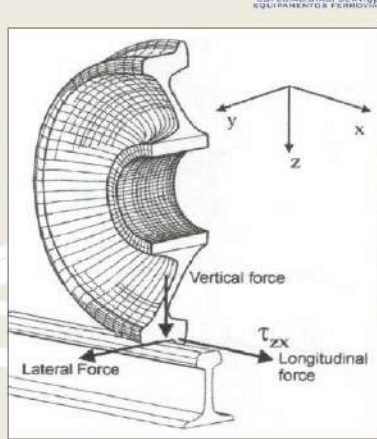
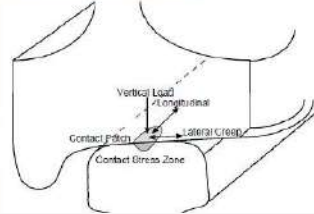
- A pesar de los grandes avances tecnológicos en este aspecto, aún es una parte bastante compleja de tratar debido al efecto multifactorial existente.



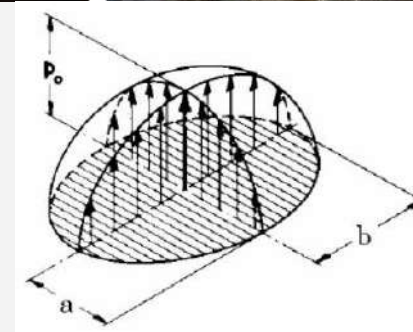
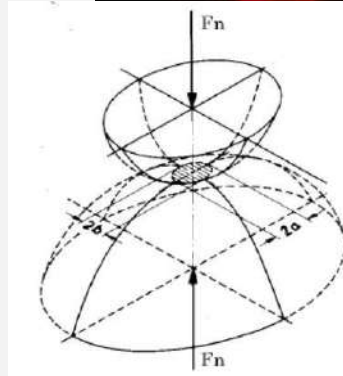
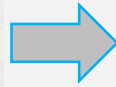
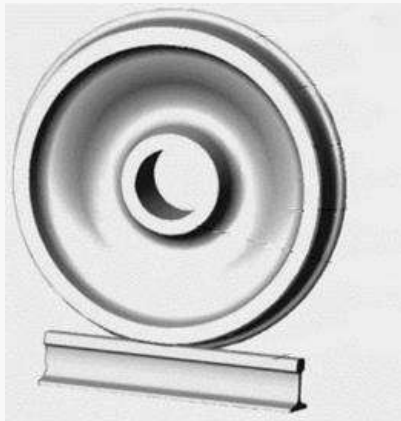
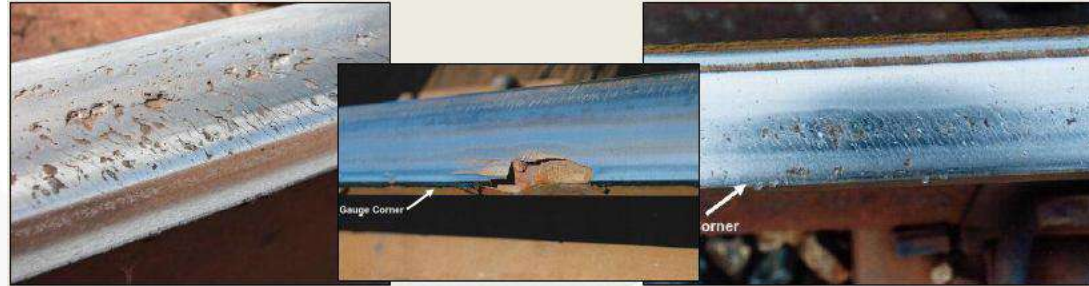
# Sistema de contacto Rueda-Riel



- Na elipse de contato da roda c/trilho ocorre:
- a) Forças (Vertical e Lateral)
  - b) Tensões (tração, compressão e cisalham.)
  - c) Micro-Deslizamento (Creep)

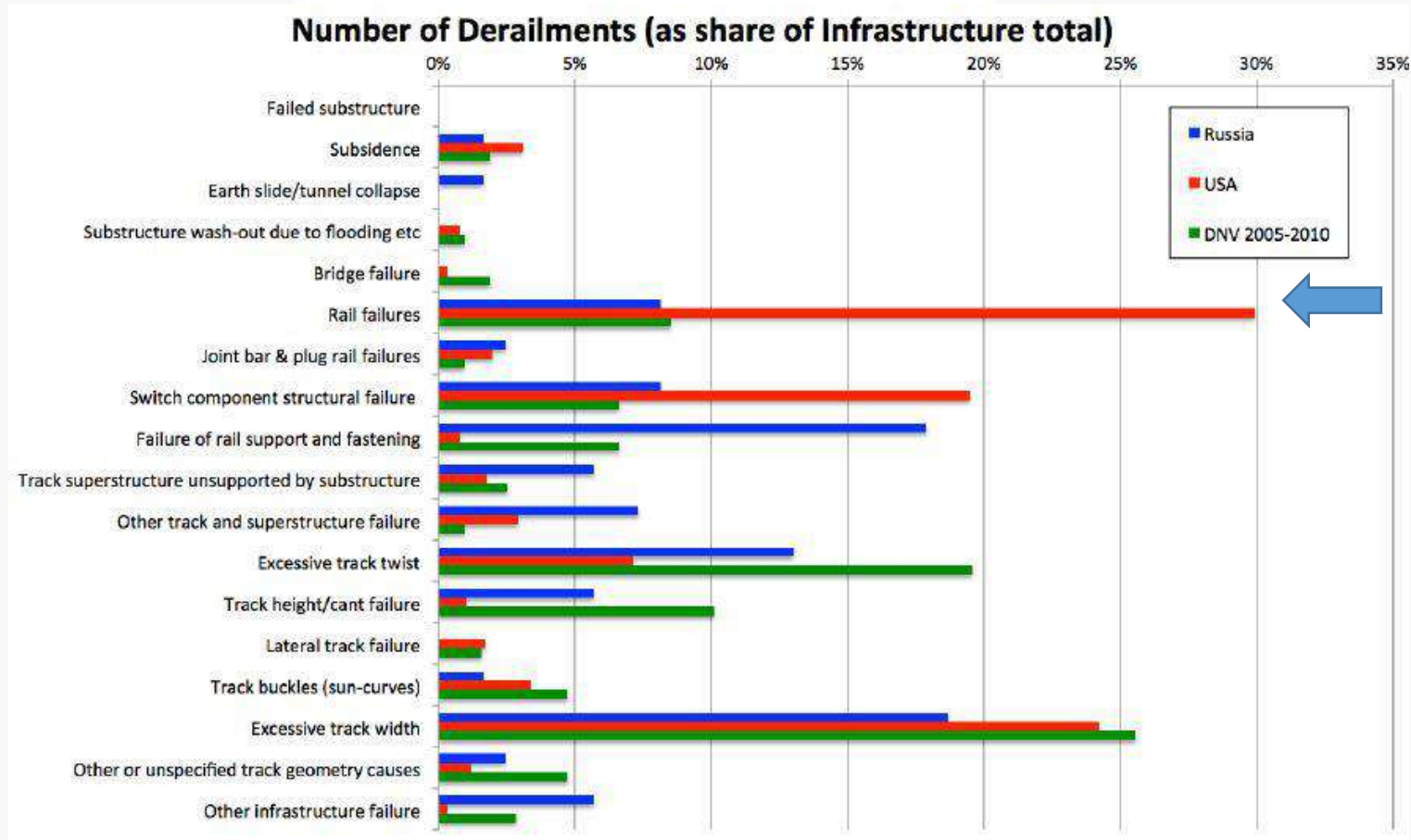


As tensões mais importantes são  $\sigma_{zx}$  e  $\sigma_{zy}$  pois causam cisalhamento na superfície do trilho

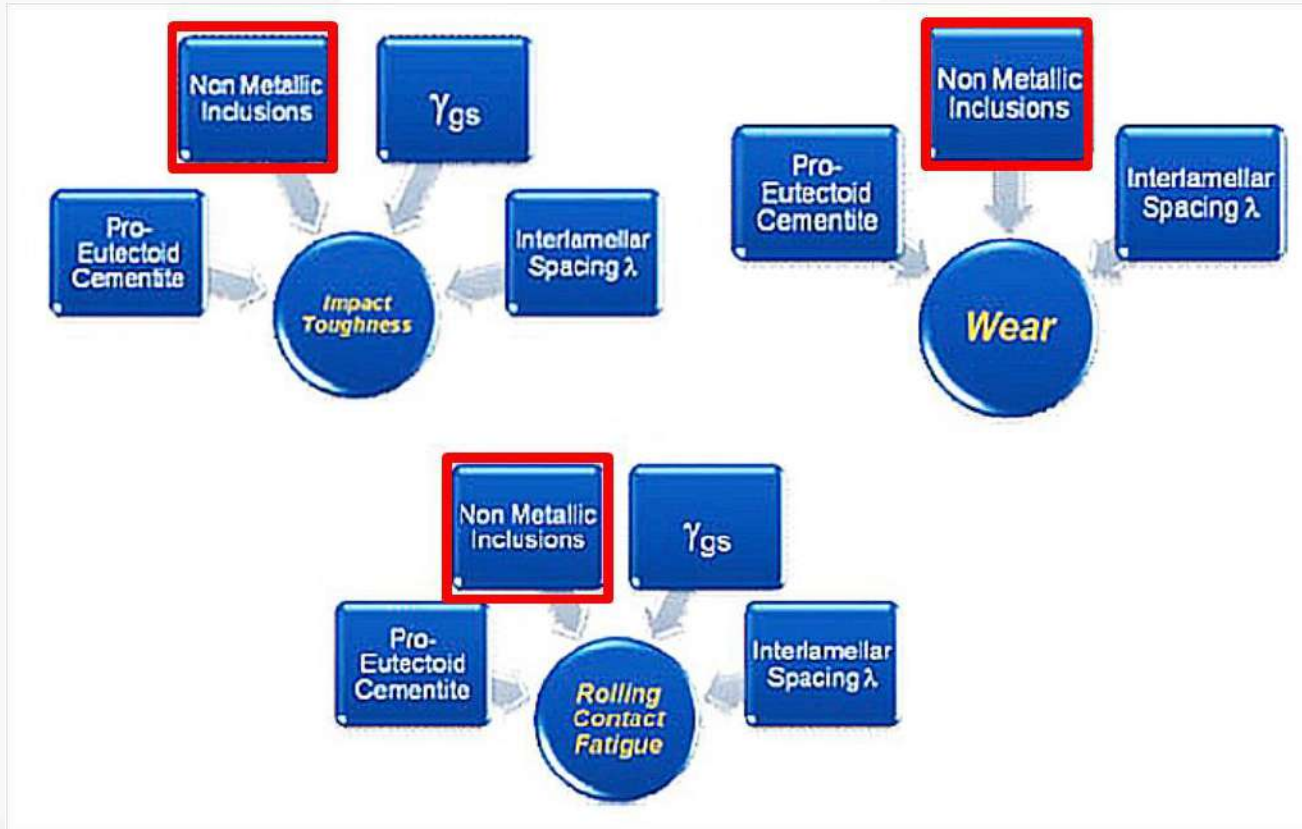


SEGUNDA JORNADA DE ACTUALIZACIÓN EN TEMAS DE INGENIERÍA MECÁNICA

# Estadísticas de descarrilamiento



## Características metalúrgicas relacionadas al desempeño de componentes ferroviarios



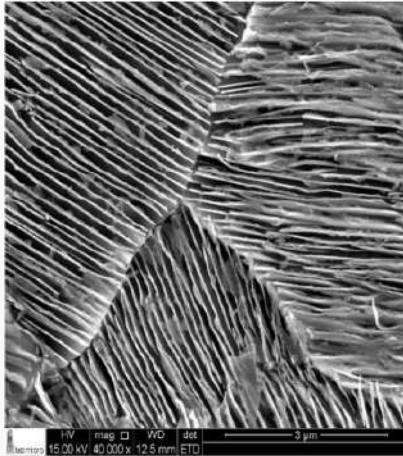
Ordóñez Olivares\*, C.I. Garcia\*, and F.C. Robles Hernández.  
 Metallurgy of high-carbon steels for railroad applications by R.

SEGUNDA JORNADA DE ACTUALIZACIÓN EN TEMAS DE INGENIERÍA MECÁNICA

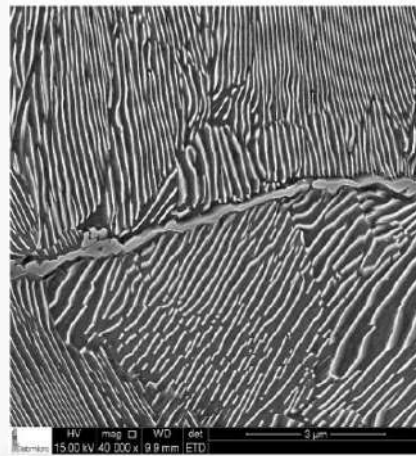
# Casos de estudio para crear un índice de calidad – RQI (Rail Quality Index)

## RQI - Microestructural

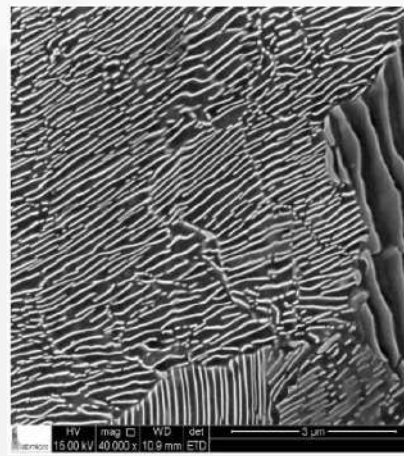
E



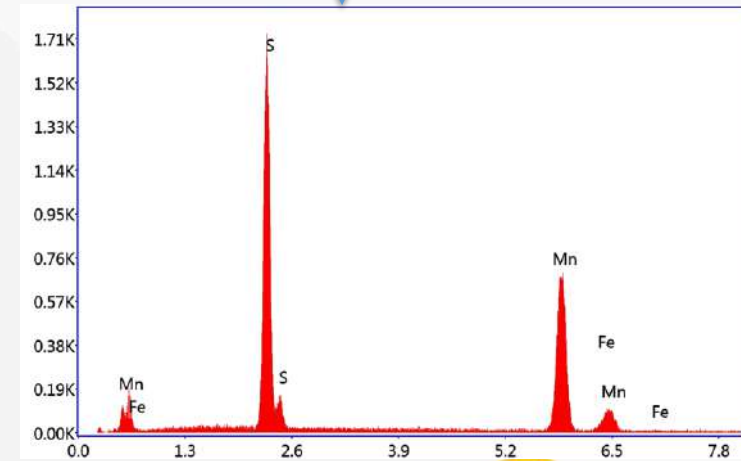
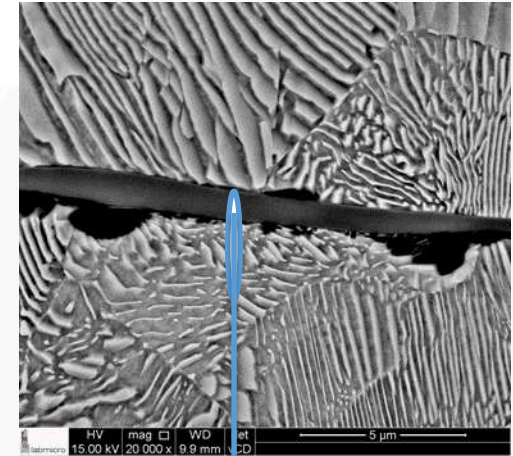
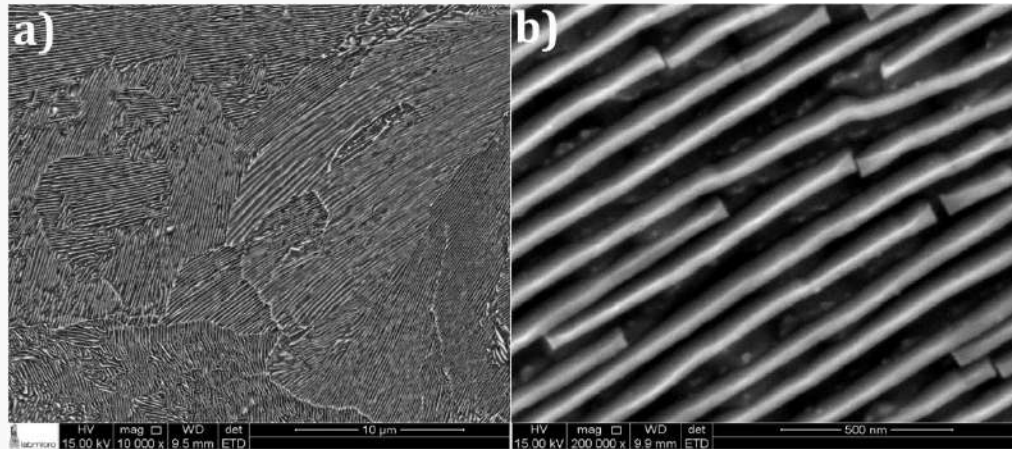
V



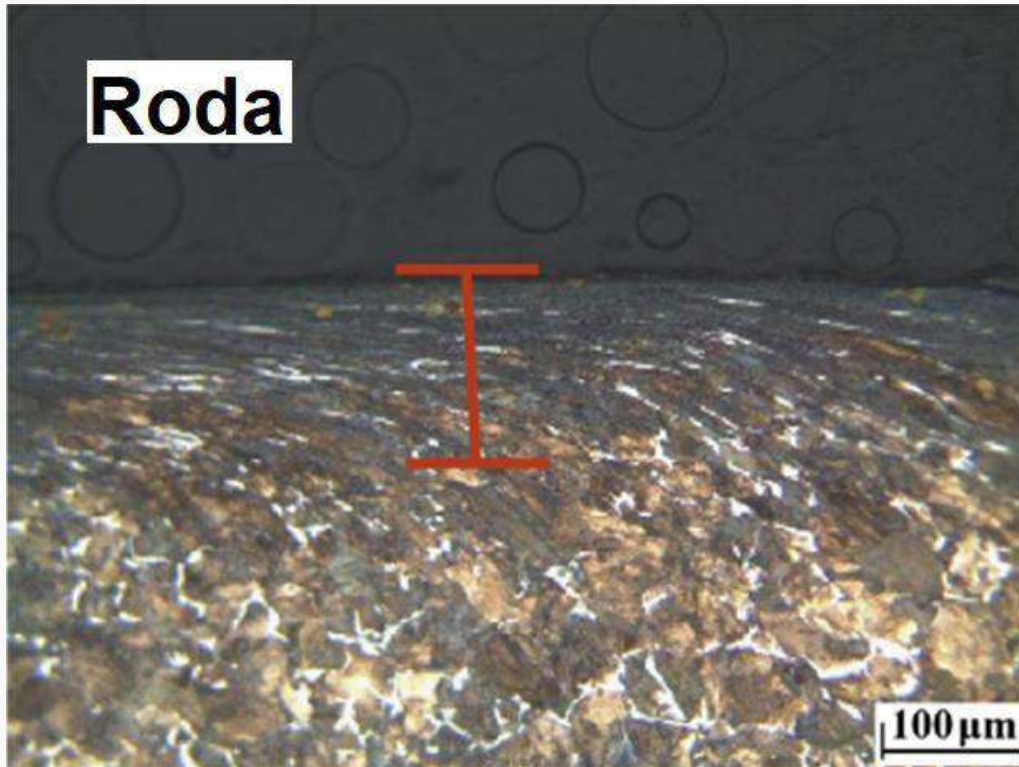
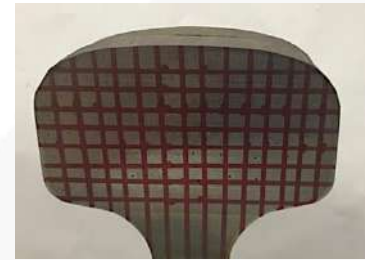
N



# RQI - MICROESTRUCTURAL



# Evaluación Mecánica - Dureza



		383	375	382	387	382	381	382	383	387	388	381		
	366	362	371	375	364	368	372	376	365	363	372	372	366	
366	365	367	362	364	362	367	360	369	364	364	359	368	367	363
363	368	362	359	356	360	359	355	358	359	355	361	365	364	368
365	365	362	357	350	347	343	346	348	353	360	362	366	367	365
360	370	357	352	344	345	340	337	340	341	347	353	360	364	372
385	365	359	353	354	340	336	335	340	344	342	353	359	369	374
385	375	370	360	350	343	340	343	338	342	347	357	363	363	
	365	356	350	347	338	342	338	343	344					

Média	364
	368
	364
	361
	356
	354
	364
	356
	347

Média 378 368 385 361 360 365 352 353 354 355 365 363 367 366 369

(a)

		386	381	375	369	381	364	367	371	374	369	368		
	378	374	374	375	374	375	366	374	367	369	384	365	374	
380	371	371	378	367	365	366	363	363	361	357	361	361	361	366
374	367	373	363	367	360	354	355	353	361	357	366	365	366	370
370	370	367	369	366	351	345	348	348	345	349	356	359	364	372
375	374	367	367	356	355	354	343	339	345	345	349	357	368	362
376	367	361	365	353	353	343	334	330	335	338	348	357	356	366
384	362	367	360	356	346	335	326	327	331	333	341	360	358	357
	357	362	364	346	341	335	318	328	325	326	338	364	369	

Média	373
	371
	366
	362
	357
	356
	351
	348
	343

Média 383 368 370 360 361 357 354 346 348 348 350 354 360 362 364

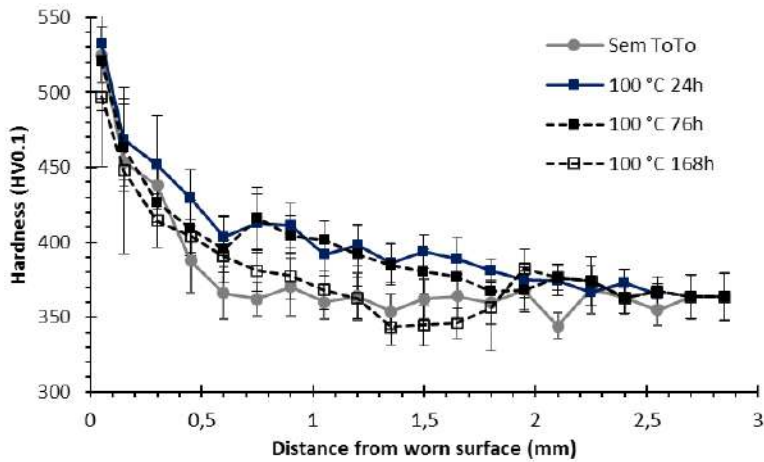
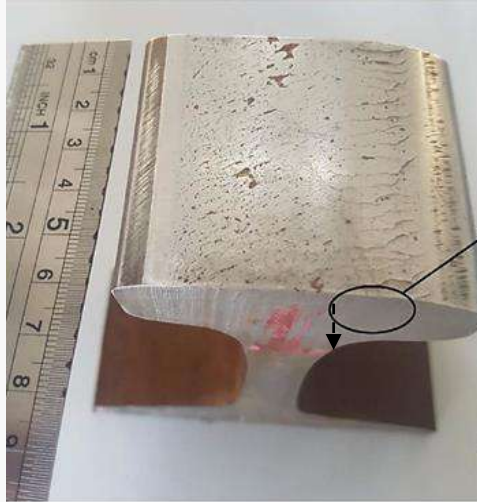
(b)

		406	402	384	398	384	391	387	401	402	403	414	415		
412	389	394	380	386	383	391	385	386	385	384	383	387	408		
406	382	383	385	388	386	381	383	386	386	391	380	388	397	402	
406	379	373	385	381	384	378	387	379	385	385	382	380	380	389	
388	383	375	372	374	374	367	366	363	370	371	377	378	382	391	
385	379	375	373	369	359	356	358	360	360	367	372	373	390	389	
385	375	367	368	361	355	348	344	351	356	356	368	372	373	369	
385	366	366	364	357	349	337	335	337	344	355	368	369	371		
		353	346	339	335	332	333	335	354						

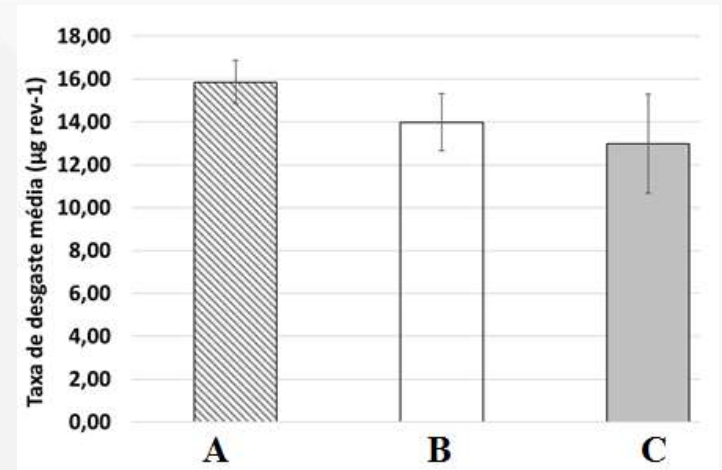
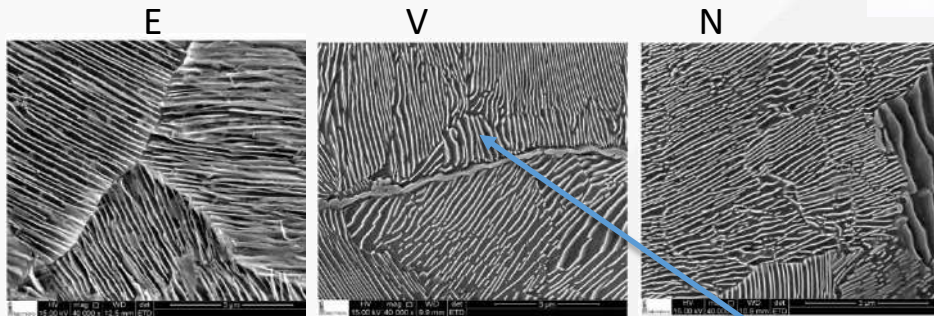
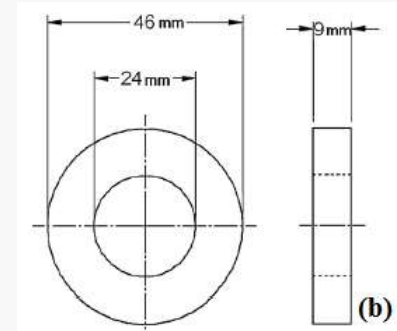
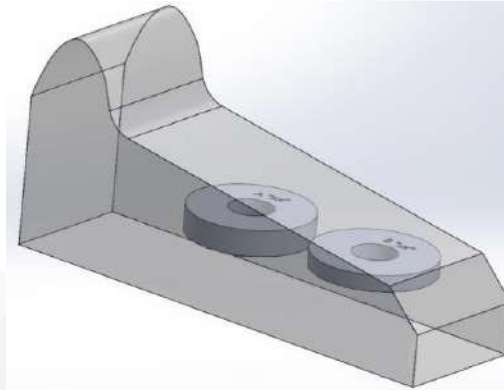
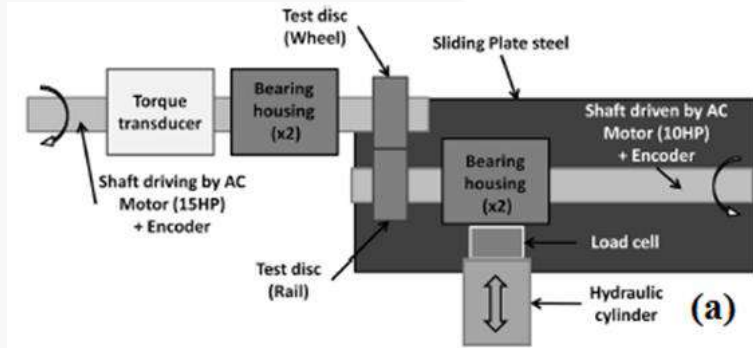
Média	413
	383
	380
	384
	375
	371
	365
	357
	341

Média 386 385 379 377 374 369 365 364 366 369 374 380 383 386 384

(c)

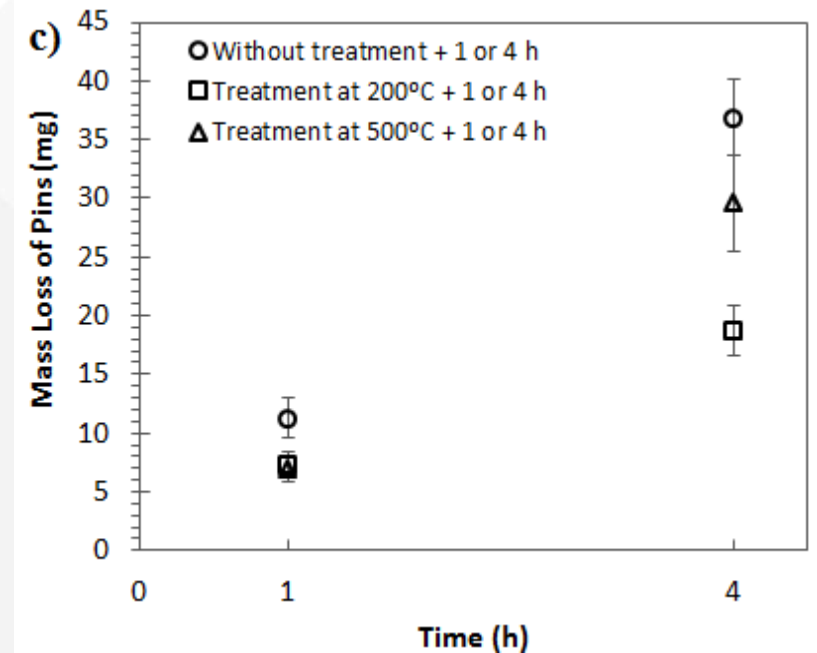
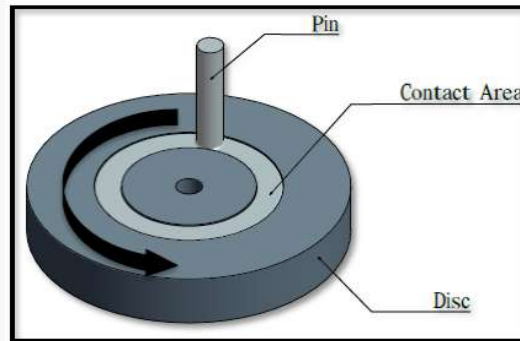


# RQI-RCF – Ensayos de desgaste en discos

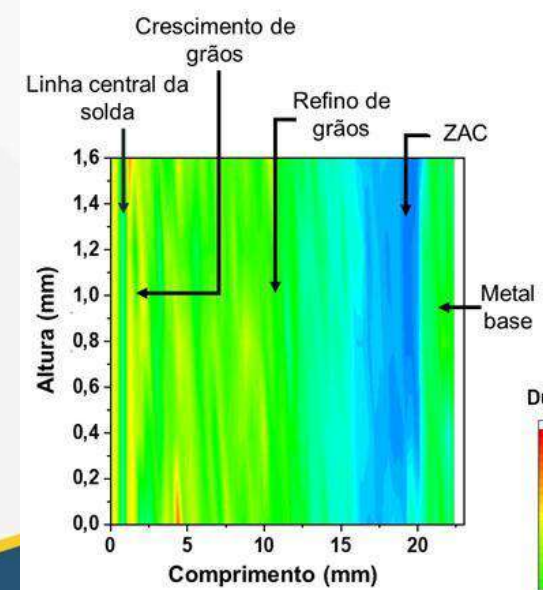
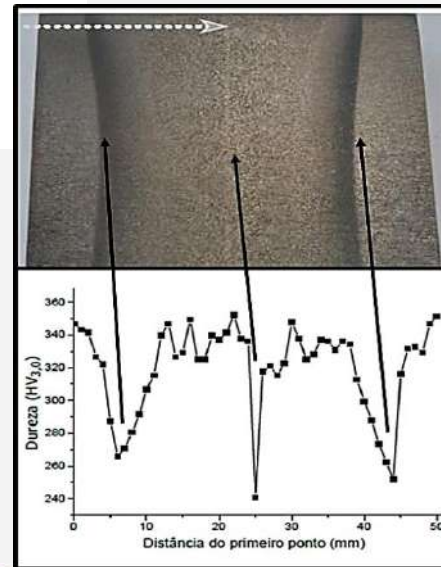
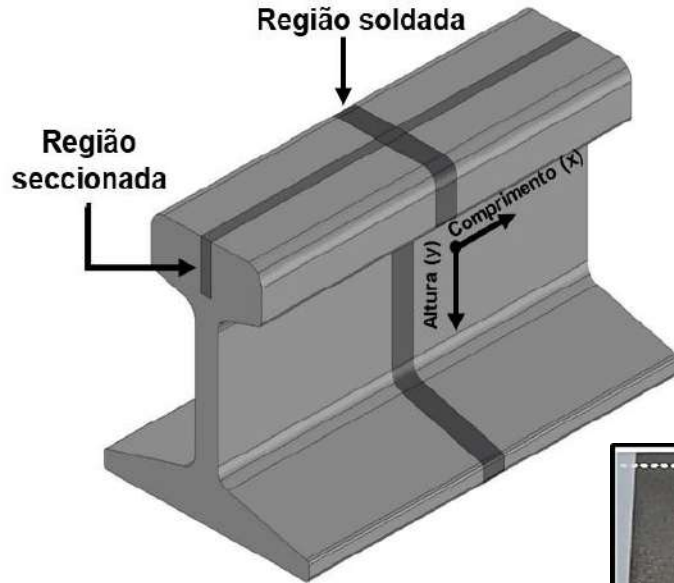
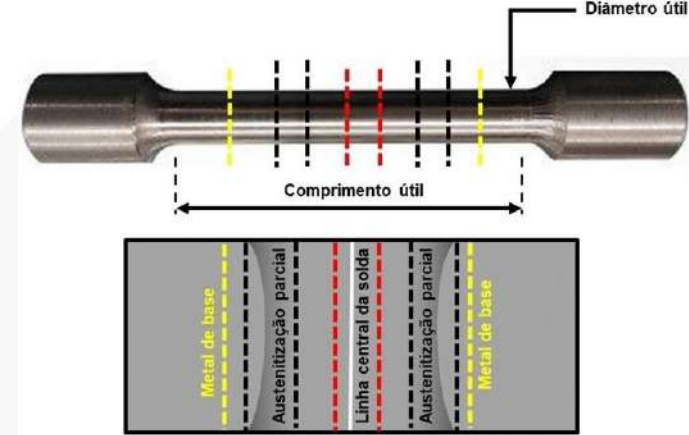


- Riel B: Menor % de inclusiones con presencia de fases frágiles
- Rieles A e C: % de inclusiones iguales

# RQI-RCF – Ensayos de desgaste en Pino-Discos

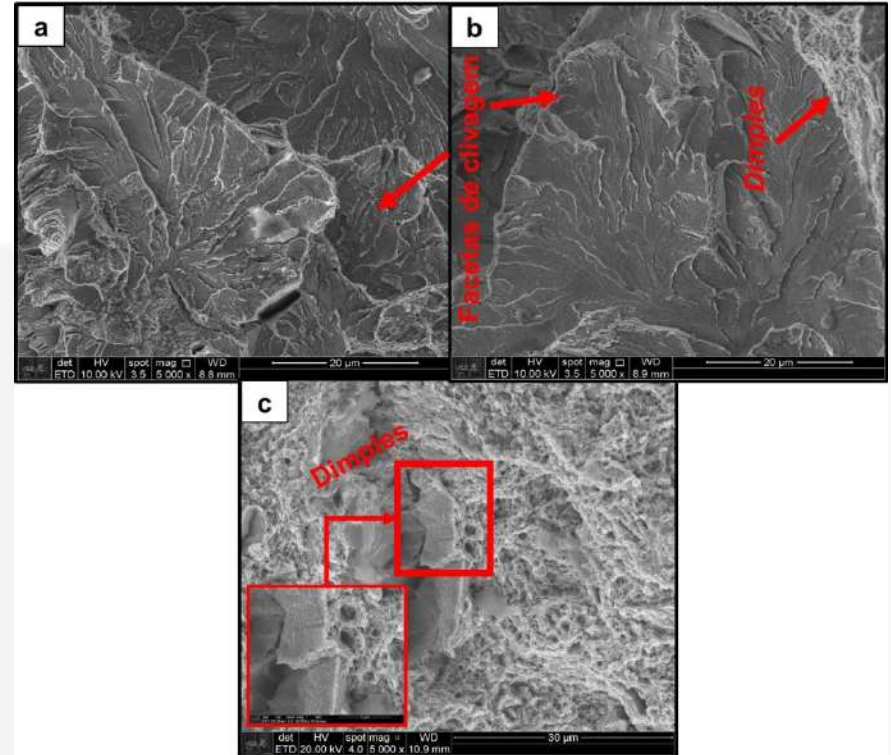
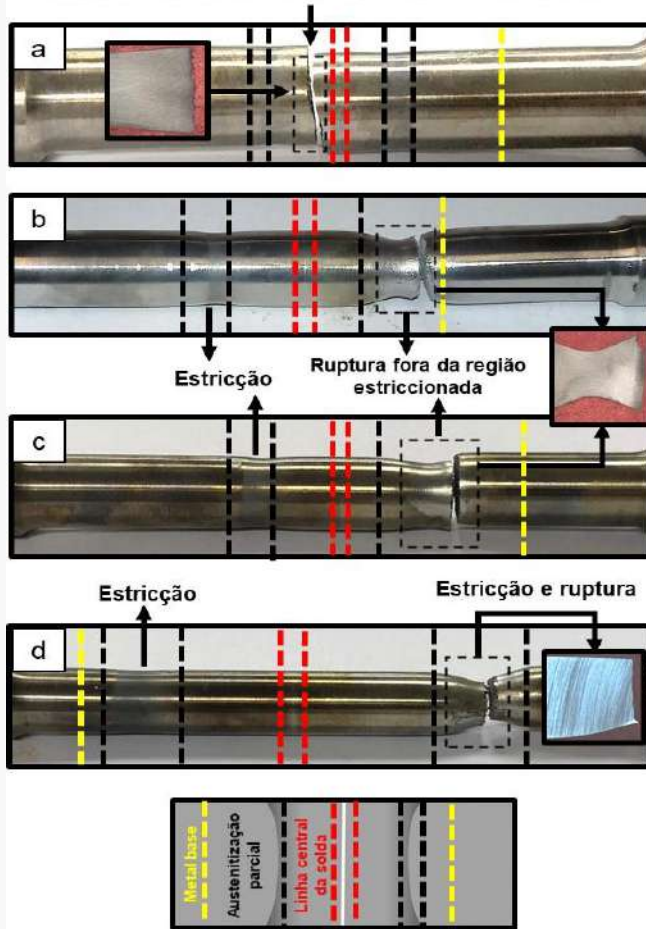


# RQI- Soldabilidad



# RQI- Soldabilidad

Ruptura entre a linha central da solda e o limite ZAC



SEGUNDA JORNADA DE ATUALIZACIÓN EN TEMAS DE INGENIERÍA MECÁNICA

## Consideraciones finales

Siendo el sistema Rueda-Riel pieza fundamental de la red ferroviaria, cualquier tipo de avance en ingeniería que maximice la seguridad y la vida operacional del conjunto es un punto prioritario de estudio.

El estudio de los índices de calidad, por su condición multifactorial, involucra diversas áreas de la ingeniería desde sus fundamentos básicos.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

VIGILADA MINEUCACIÓN - SNIES 1704



# Ciencia e ingeniería de los polímeros: propiedades, aplicaciones y medio ambiente

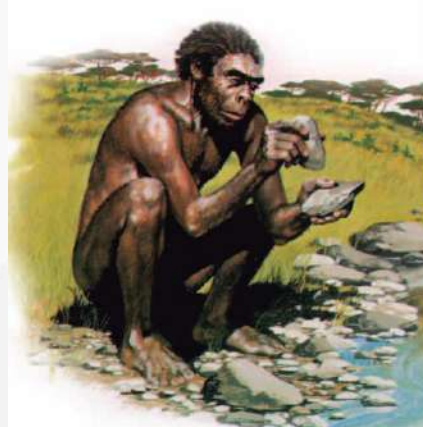
Ing. Joan Manuel Molina Romero, M.S.

# Retrospectiva

## Edad de Piedra (50,000 A.C.)



Piedra de pedernal [1]



Tallado de piedras de los primeros hombres [2]



Progreso social de los primeros hombres [3]

# Retrospectiva

Edad de Piedra  
(50,000 A.C.)

Edad de bronce  
(3,000 A.C.)



Primeras herramientas fabricadas en bronce [4]



Armas típicas del bronce medio [5]



Progreso social en la edad de bronce [3]

# Retrospectiva

Edad de Piedra  
(50,000 A.C.)

Edad de bronce  
(3,000 A.C.)

Edad de hierro  
(300 A.C.)



Fabricación de Armas  
de hierro [3]



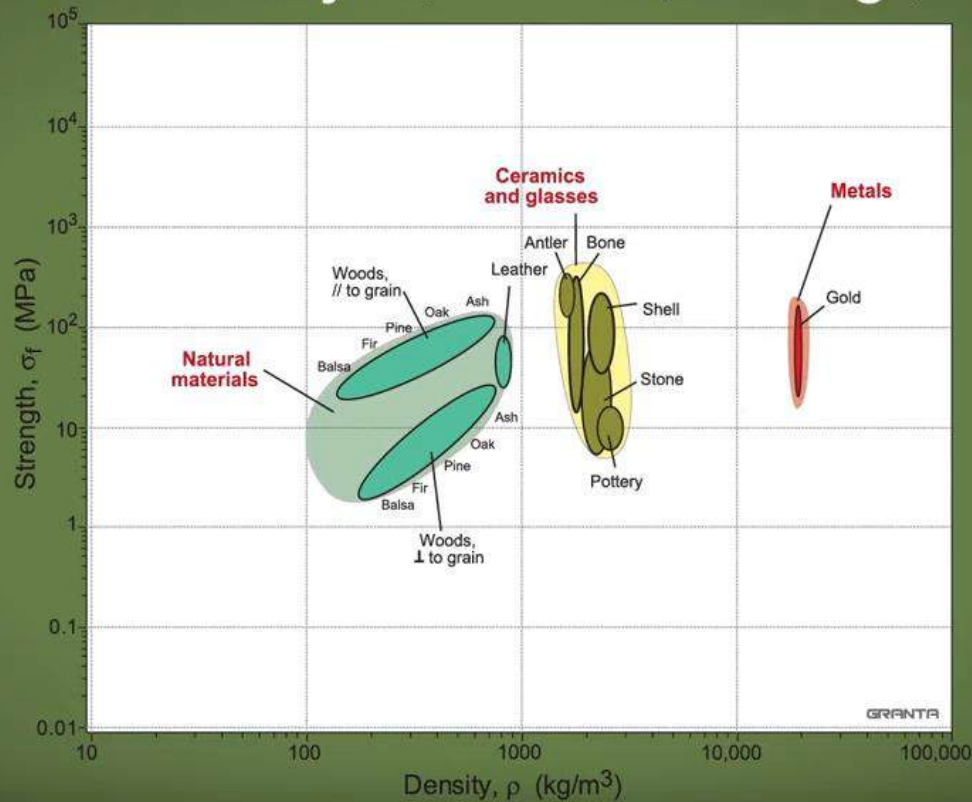
Casco de hierro[6]



Desarrollo de las primeras  
herrerías [7]

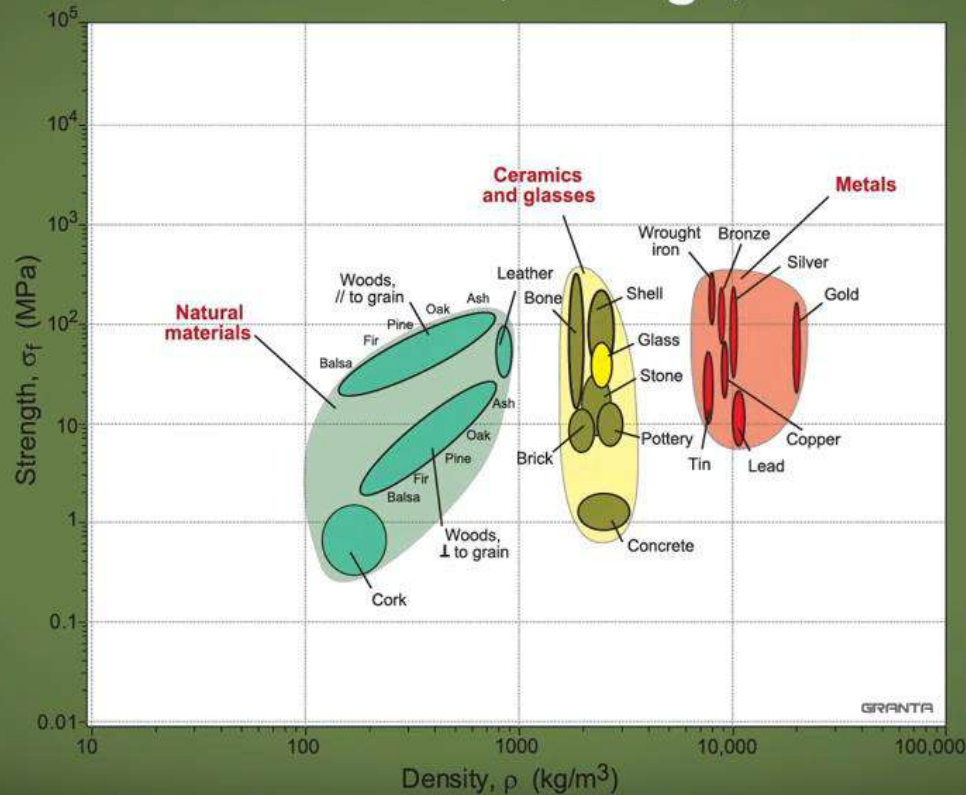
# Cronología de los materiales [8]

## Prehistory 50,000 BCE (Stone Age)

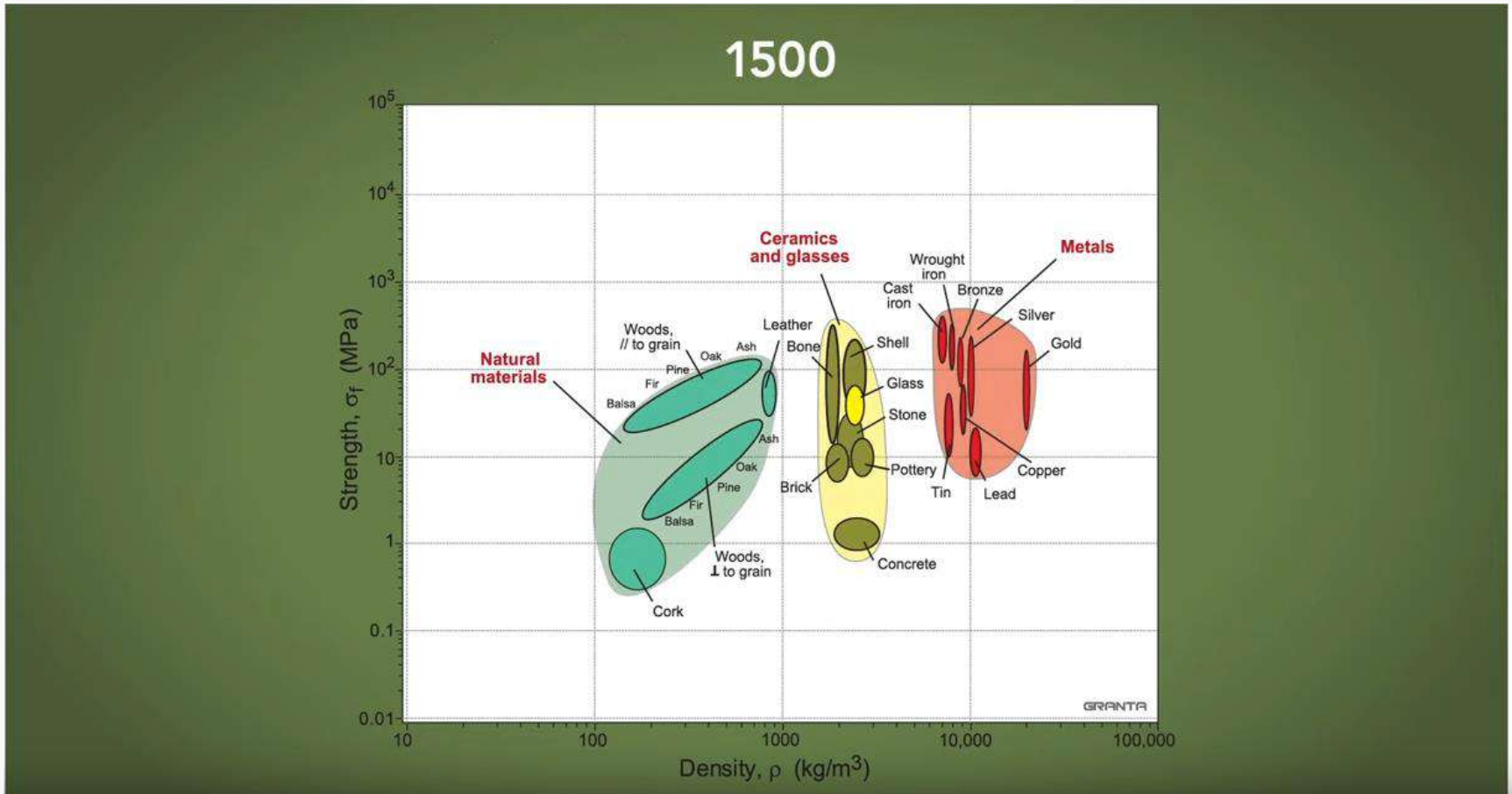


# Cronología de los materiales [8]

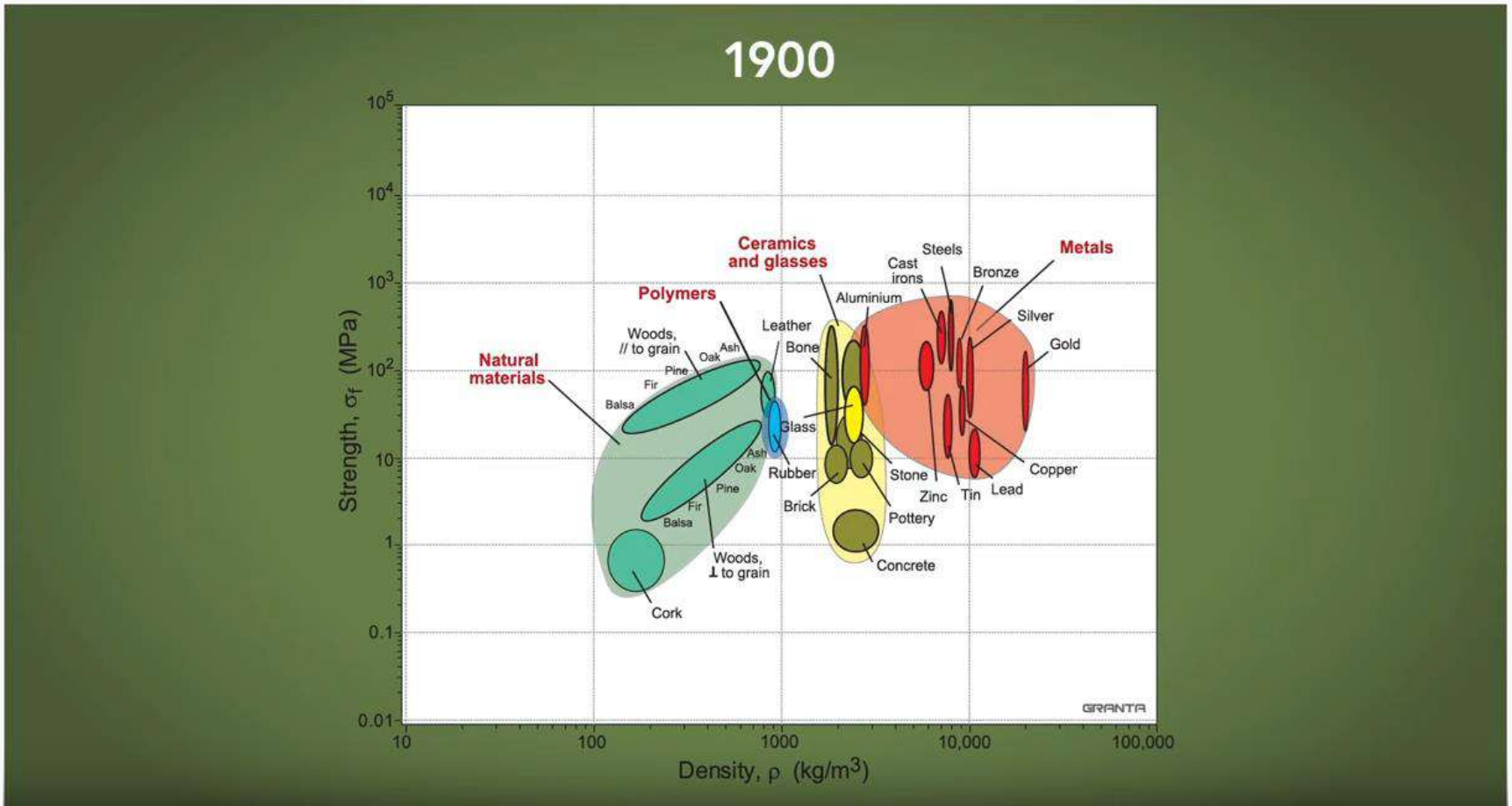
## 50 BCE (Iron Age)



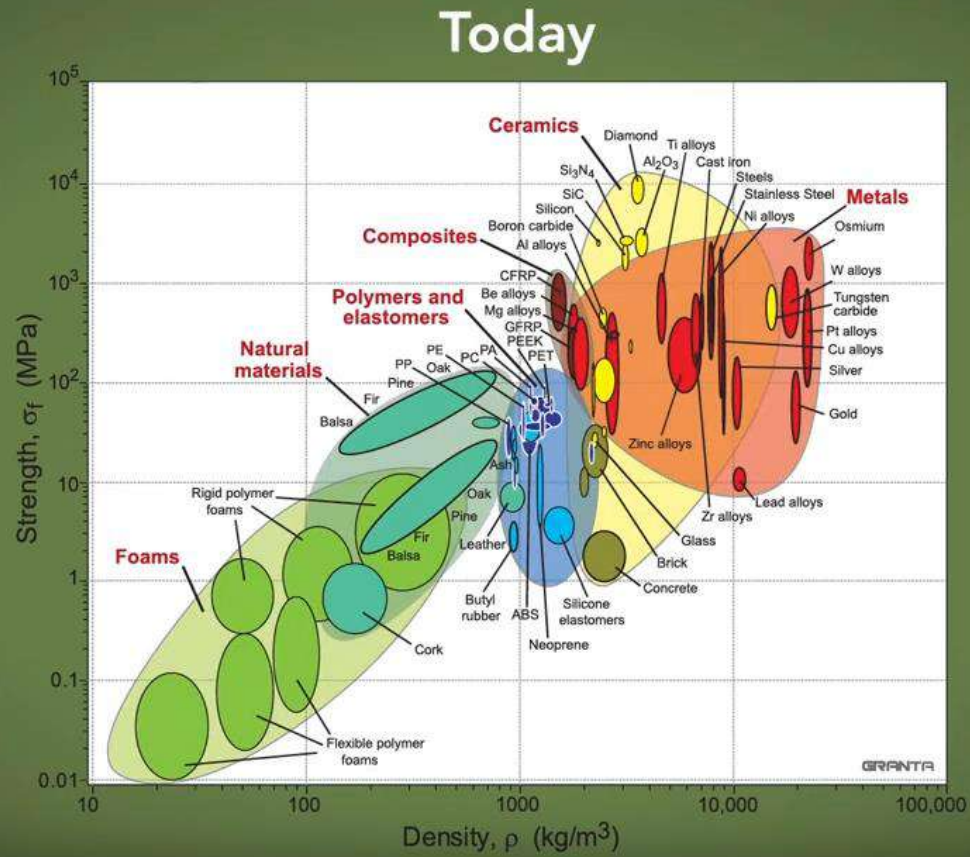
# Cronología de los materiales [8]



# Cronología de los materiales [8]



# Cronología de los materiales [8]



# Cronología de los materiales [8]



# Introducción



Telas fabricadas a partir de botellas de PET [9]



# Introducción



**MADERAS**



**PLÁSTICOS**



**METALES**



**PÉTREOS**



**CERÁMICOS**



**TEXTILES**

# Introducción



# Motivación



*“Dentro de los 10 primeros países líderes en producción de vehículos automóviles en el mundo” - AMIA*

## Plantas de ensamble de vehículos ligeros y motores



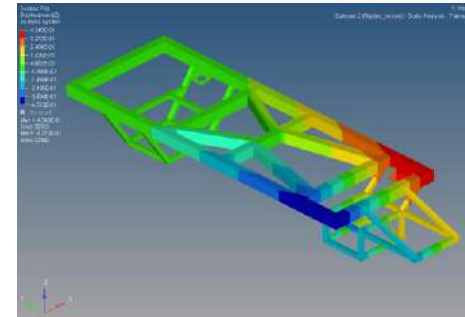
# Motivación



Proyectos de movilidad eléctrica y autónoma



Evaluación de materiales



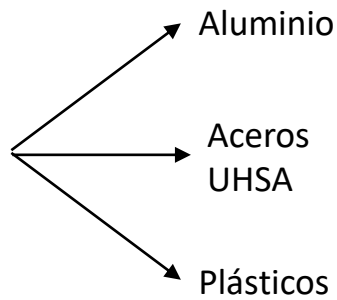
Diseño y fabricación de componentes – (JDD-2019)



*“Actualmente, los plásticos representan entre el 12 al 15% de la masa de un automóvil”*

# Motivación

*“Tendencia hacia la sustitución de componentes con materiales pesados por materiales ligeros”*



# Motivación



*Nanofibras de celulosa se utiliza en las puertas y el capó de este auto de carreras. (Foto cortesía del equipo Samurai Speed racing) [Asian Review, 2019]*

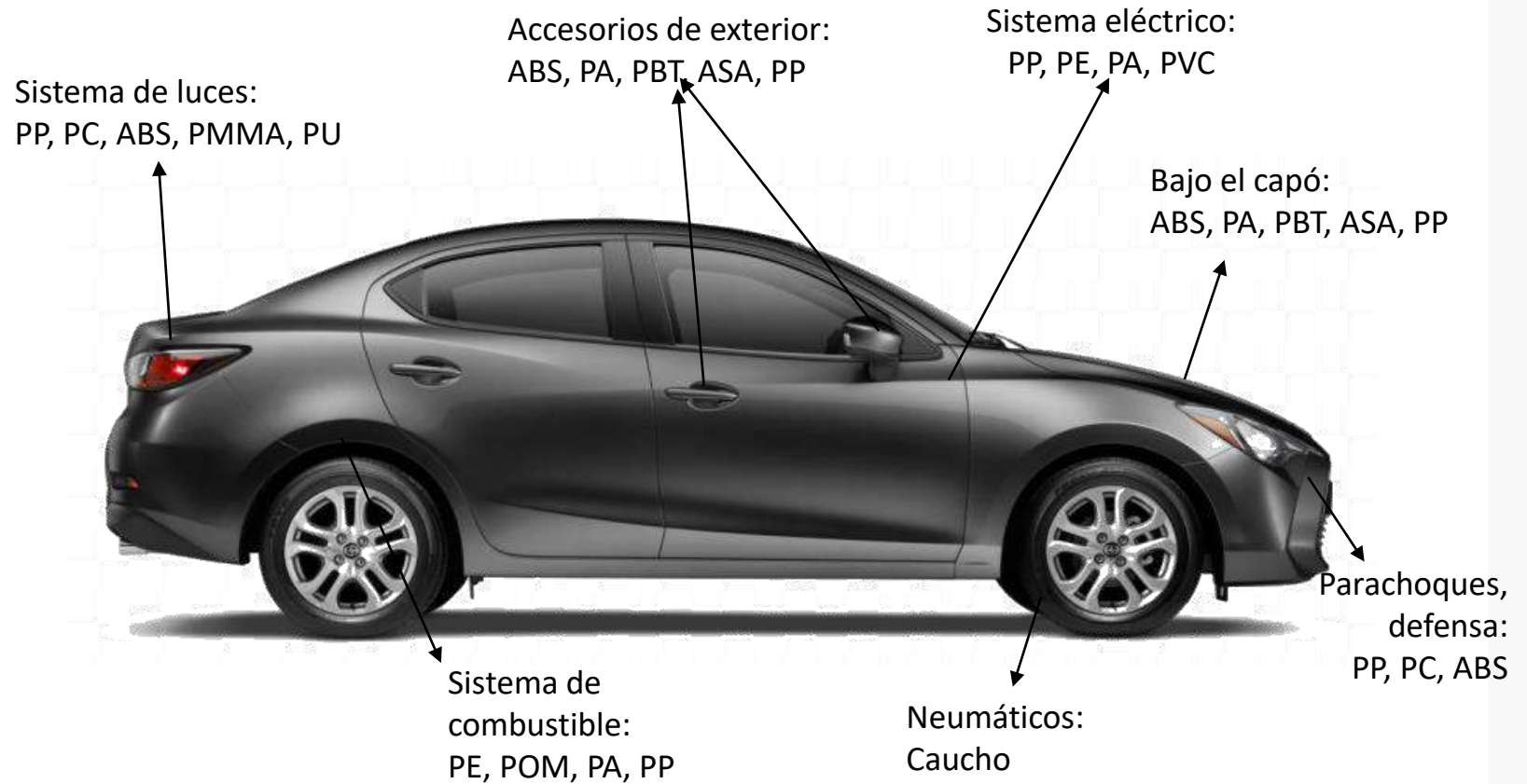
## Material

Chapa de acero  
CNF

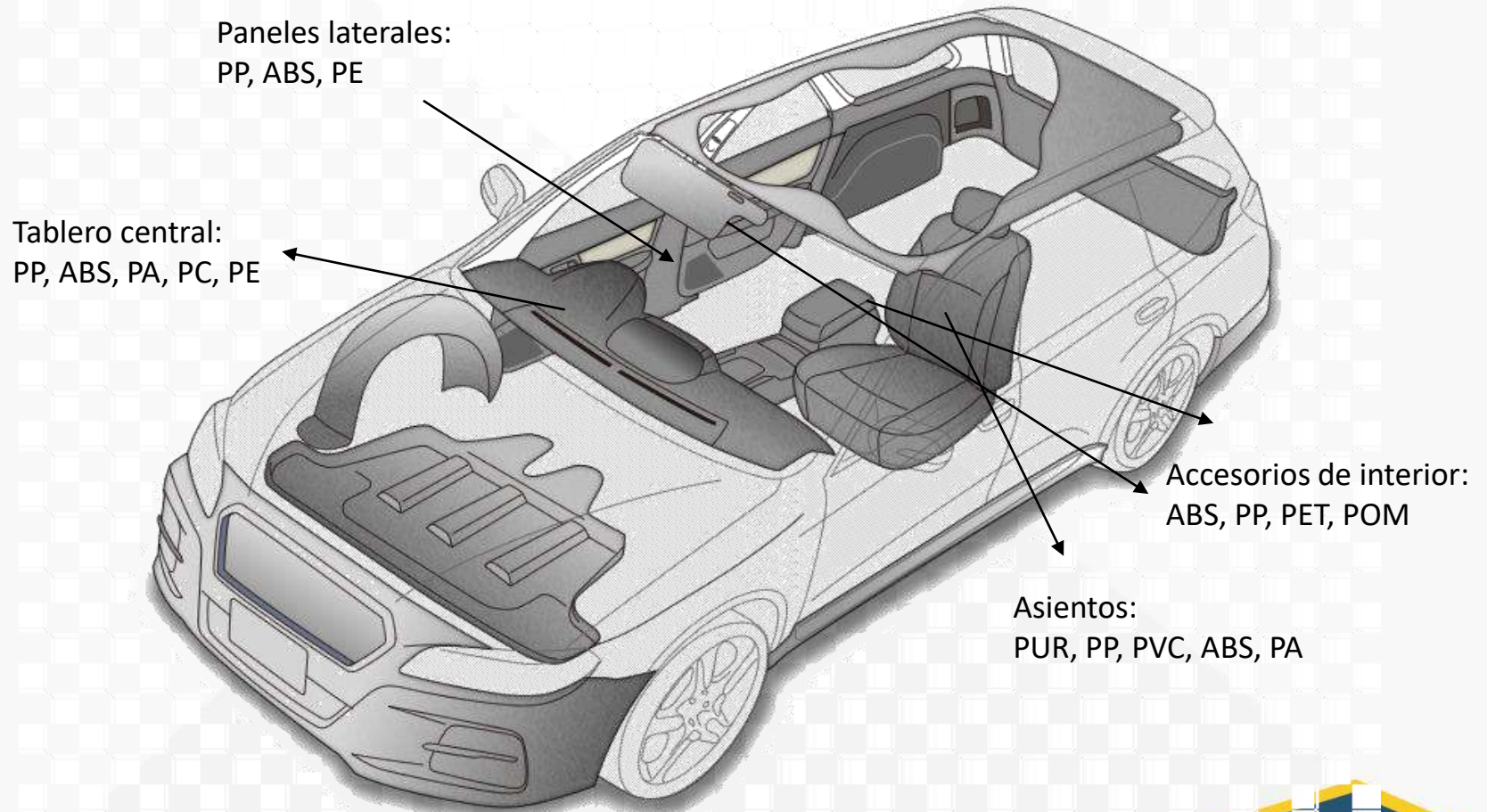
## Precio

1-5 USD/kg  
90 USD/kg

# Motivación



# Motivación



# Marco Teórico – Resistencia de Materiales



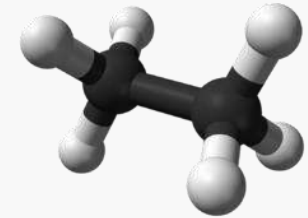
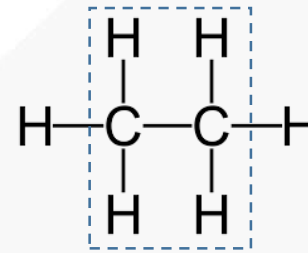
# Marco Teórico – Polímeros

**Polímeros**

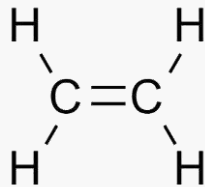
Polys → “muchos”

Meros → “partes”

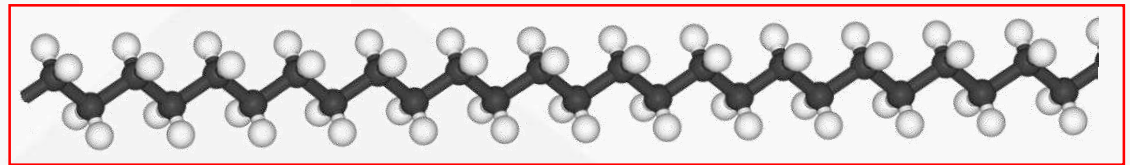
“Macromoléculas constituidas por una gran cantidad de enlaces carbono-carbono, con la presencia de diferentes grupos funcionales”



Molécula del etano



Monómero de etileno

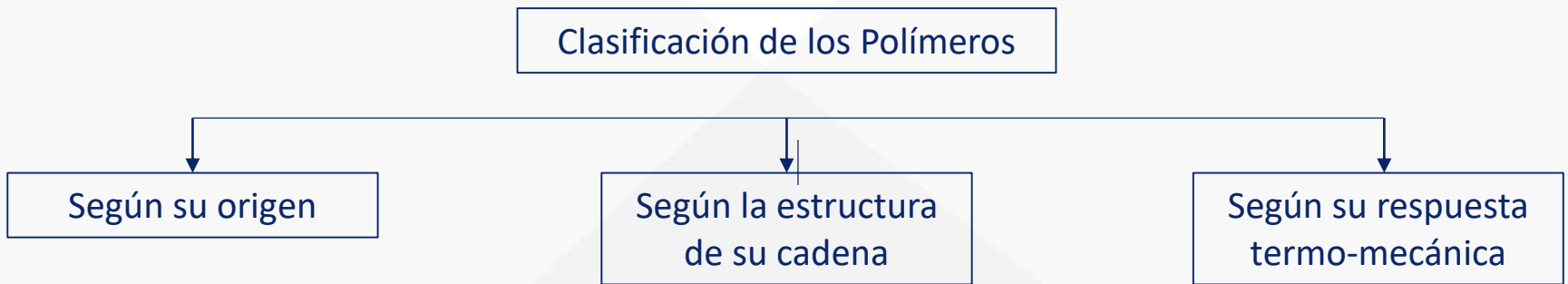


Estructura del polietileno (UF and AG, 2013)

**Polimerización**

“Proceso químico mediante el cual, los monómeros se agrupan entre sí, dando lugar a un polímero”

# Marco Teórico – Clasificación de los Polímeros



# Marco Teórico – Clasificación de los Polímeros

## Clasificación de los Polímeros

Según su origen

Plástico

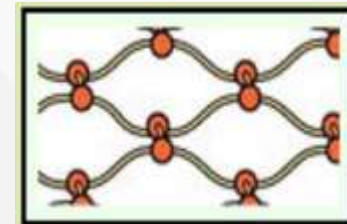
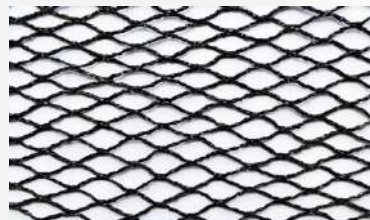
Según la estructura de su cadena



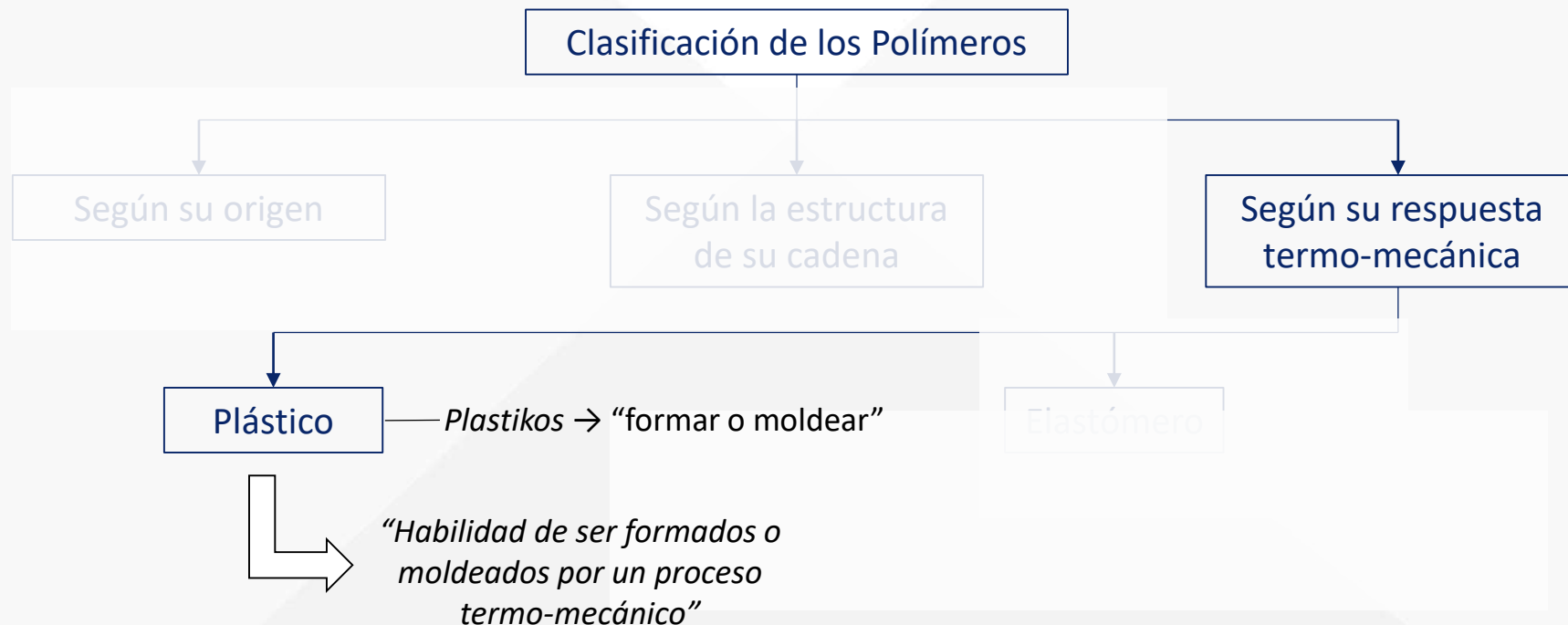
Malla para la protección de capullos [10]

Según su respuesta termo-mecánica

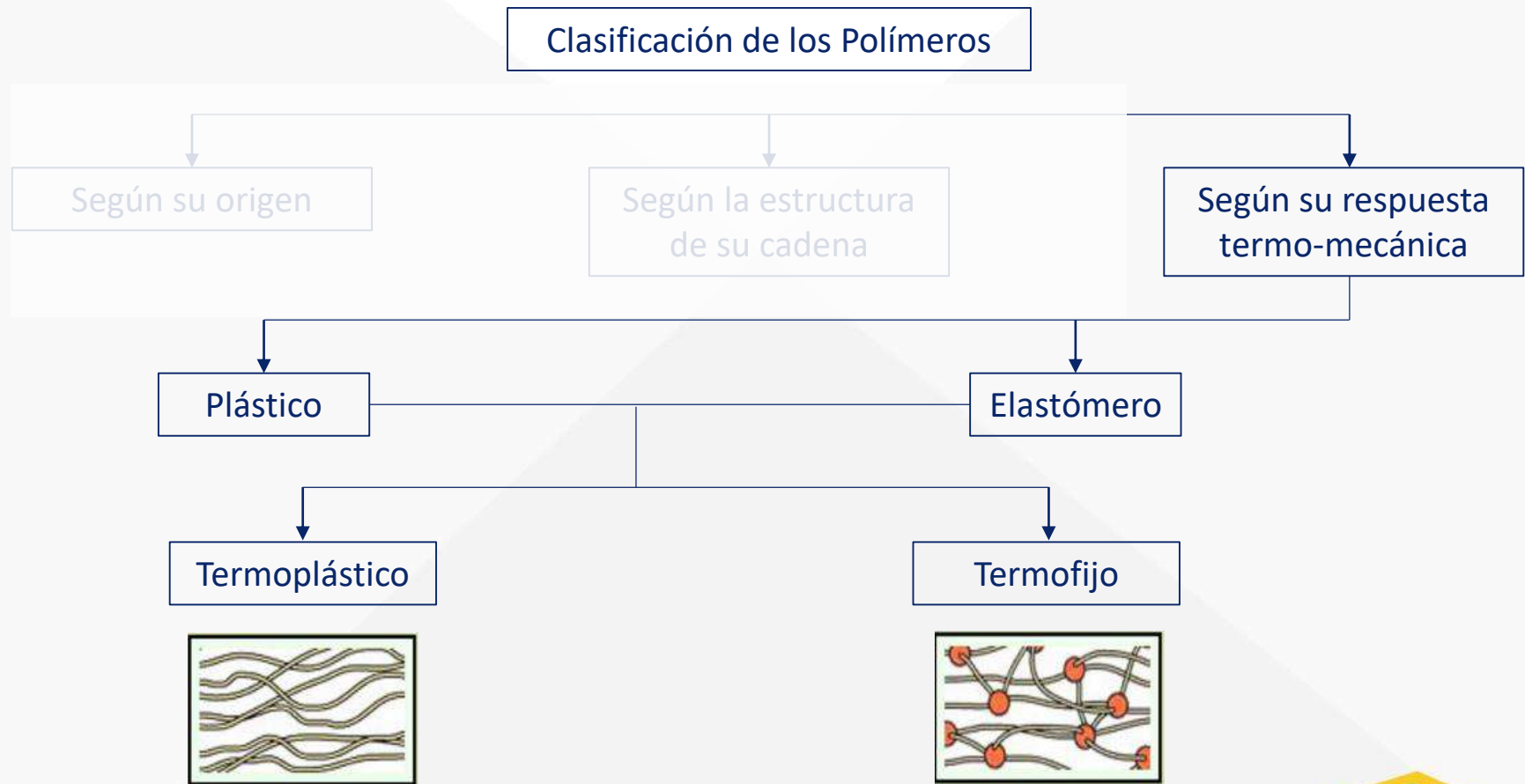
Elastómero



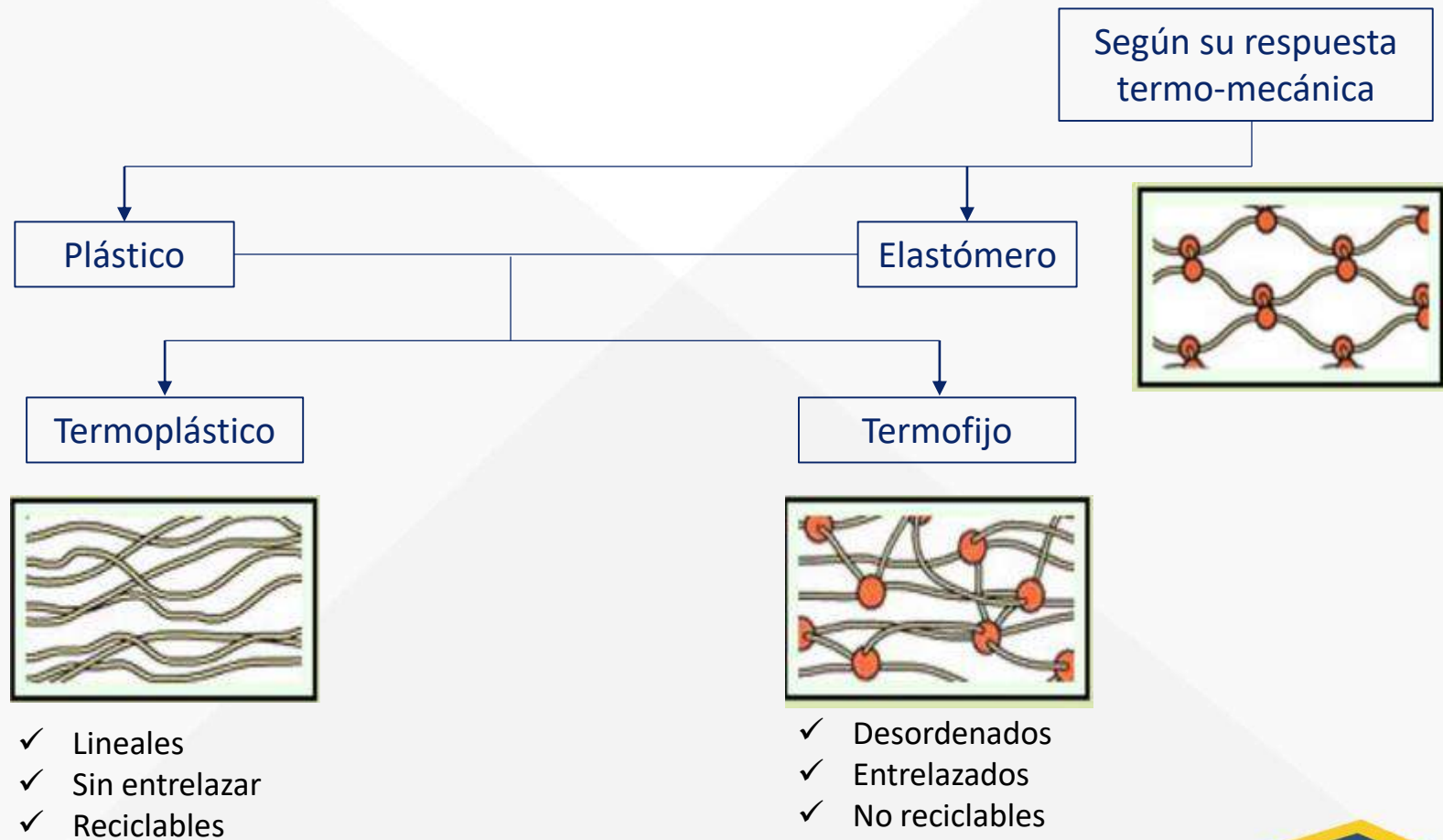
# Marco Teórico – Clasificación de los Polímeros



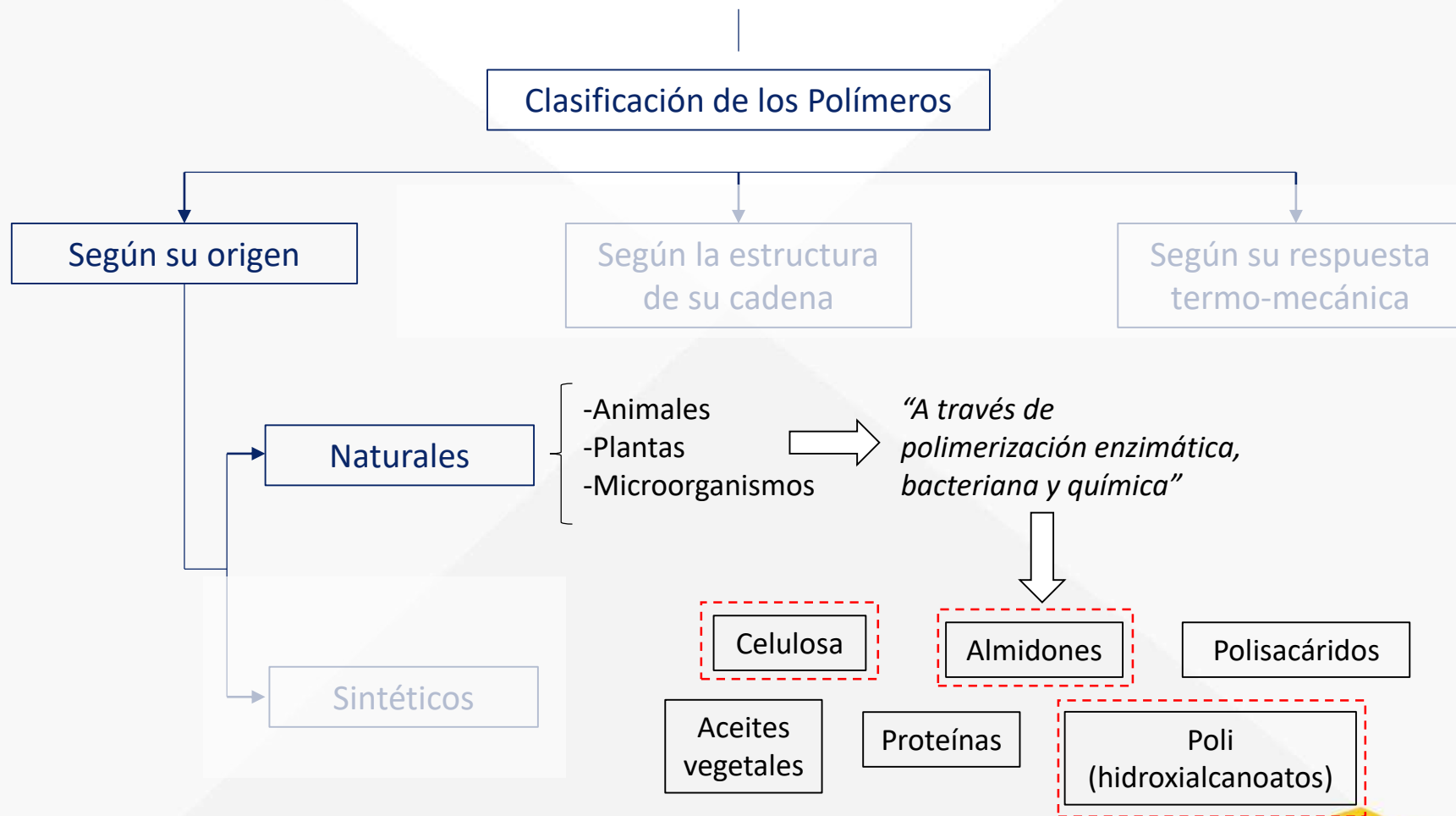
# Marco Teórico – Clasificación de los Polímeros



# Marco Teórico – Clasificación de los Polímeros



# Marco Teórico – Clasificación de los Polímeros



# Marco Teórico – Clasificación de los Polímeros

## Clasificación de los Polímeros



# Marco Teórico – Clasificación de los Polímeros

## Clasificación de los Polímeros

Según su origen

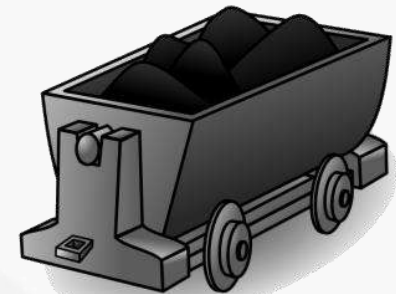
Naturales

Sintéticos

Según la estructura de su cadena

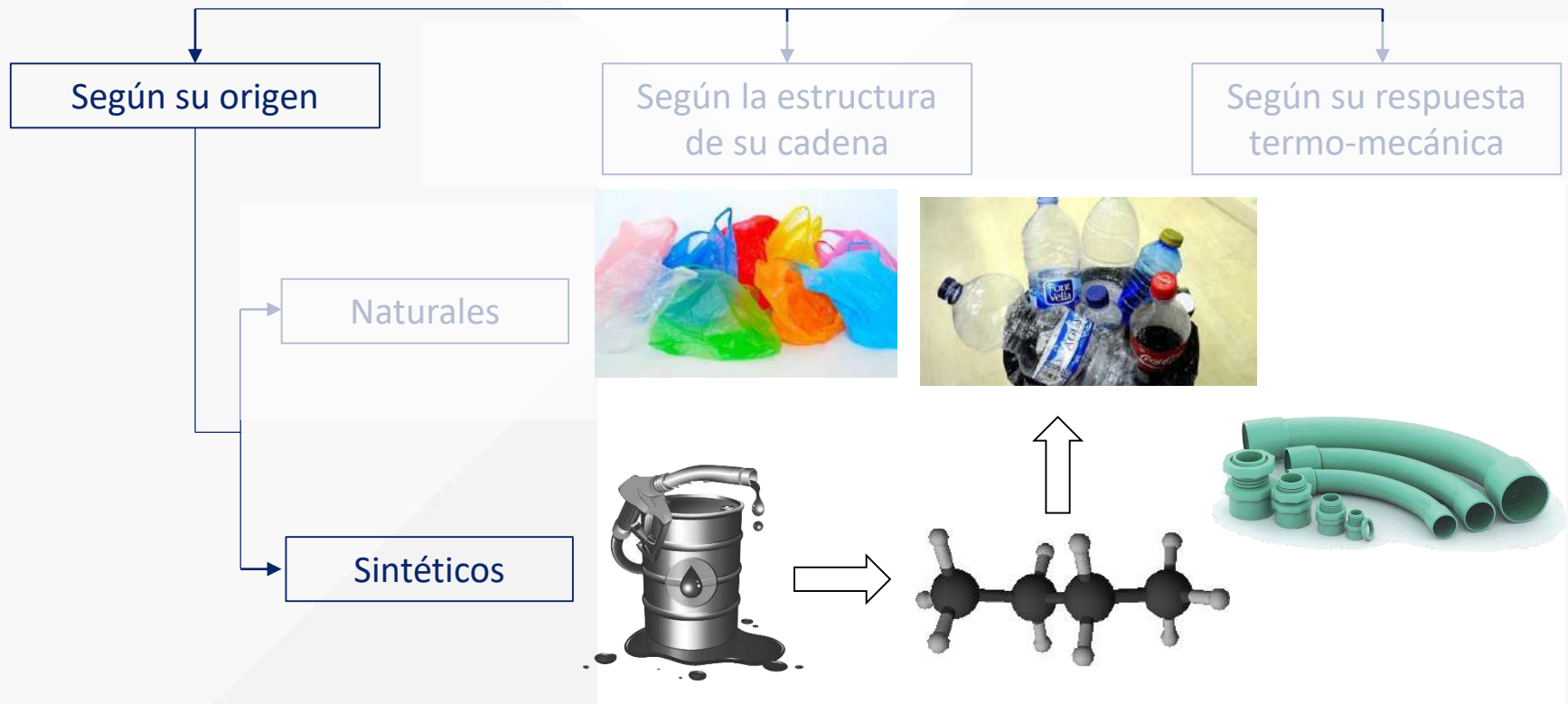


Según su respuesta termo-mecánica



# Marco Teórico – Clasificación de los Polímeros

## Clasificación de los Polímeros



# Problemática

Producción de material plástico a través de los años en millones de toneladas



Roland Geyer, Jenna R. Jambeck et al. Sciences advances, 2017

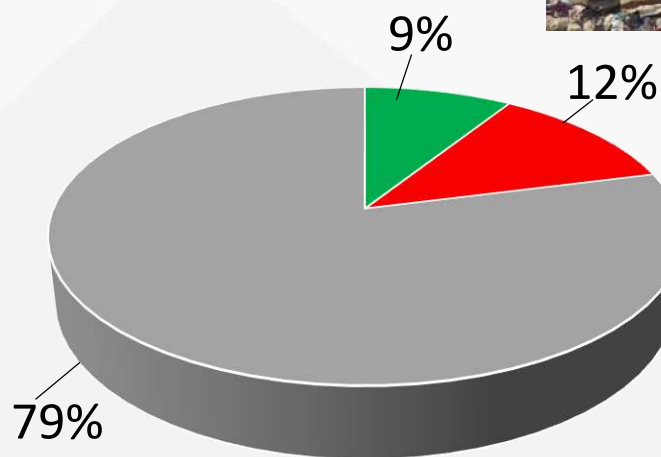
**WORLDWATCH**  
INSTITUTE  
Vision for a Sustainable World



# Problemática



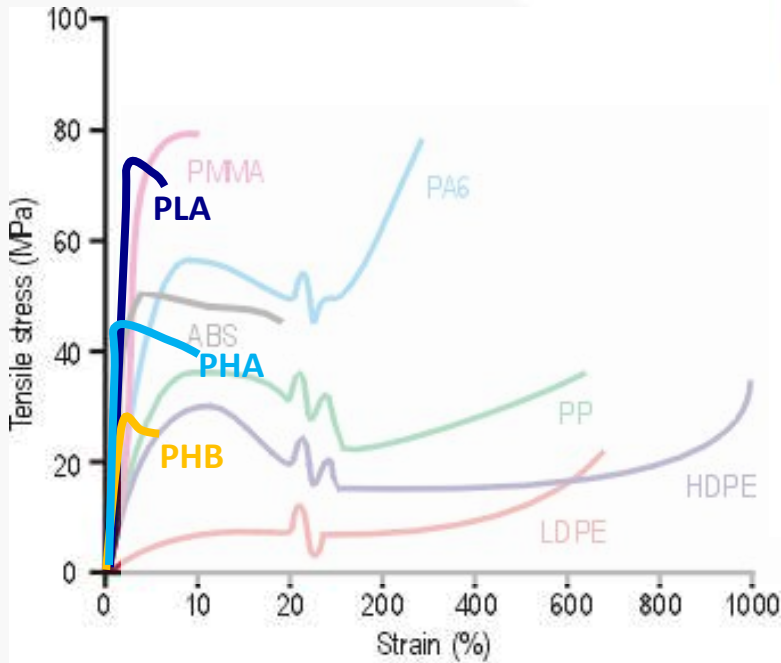
Isla de Basura. Océano Pacífico.  
(3.4 mill km2 de superficie)



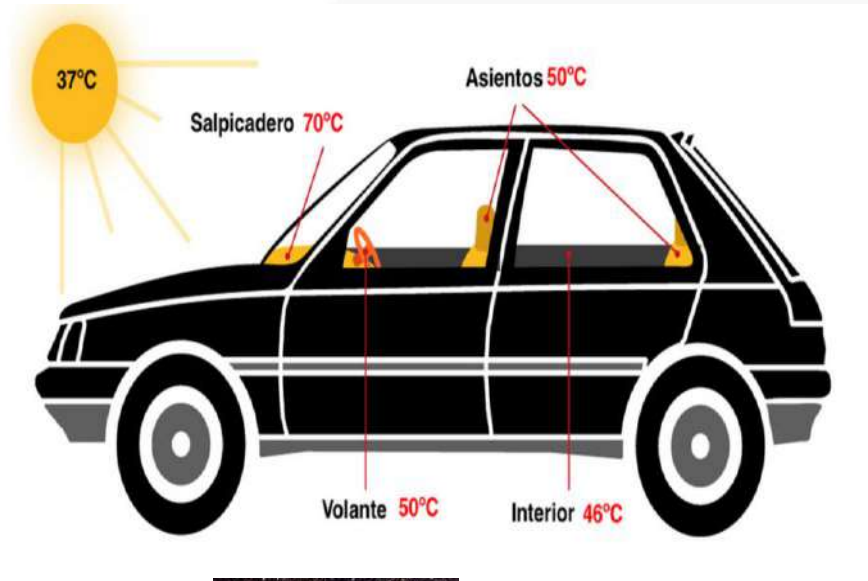
# Propuesta– Uso de materiales biológicos



# Limitantes



Applications of Polymer Blends in Automotive Industry (Goettler et al., 2014)



# Descripción del proyecto



**Biodegradable**



almidón, celulosa,  
Poli(hidroxialcanoatos)



Mezcla de materiales



Fabricación de componentes  
de interiores

# ¿Que se pretende con el material biodegradable?

1.
    - Incrementar su resistencia al impacto
    - Mejorar su tenacidad
  2.
    - Mejorar su resistencia al calor
  3.
    - Al mezclarlo, se pueda obtener una buena interacción en la interfaz
    - Buena morfología
  4.
    - Evaluar su biodegradación
- Sin comprometer demasiado su rigidez

# Entregables



Manija de apertura de puerta

Manija de cierre de puerta



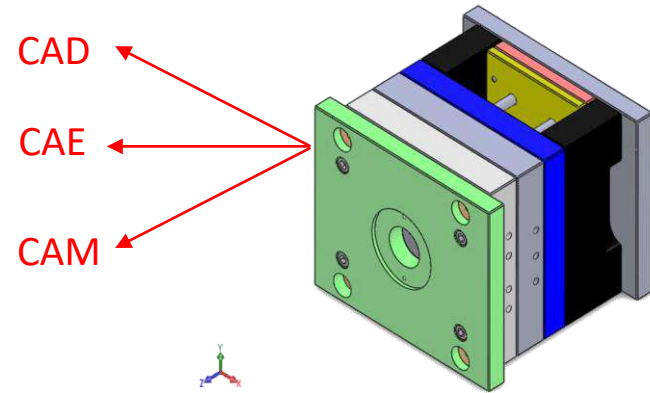
Consola del tablero central de instrumentos



# Entregables



Máquina de Moldeo por Inyección de Plásticos –  
TEC Campus Estado de México



Diseño de un molde para inyección de  
plástico (SEG, 2019)

# Entregables



Figura 1. Diseño original

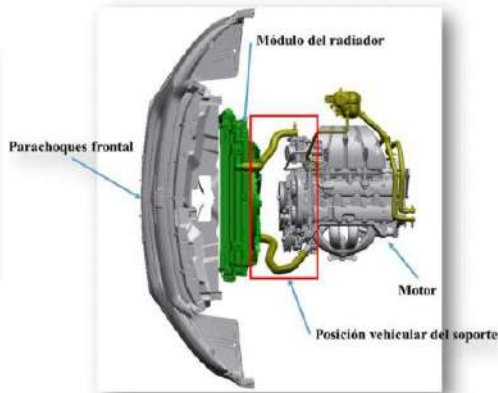


Figura 2. Ubicación del soporte

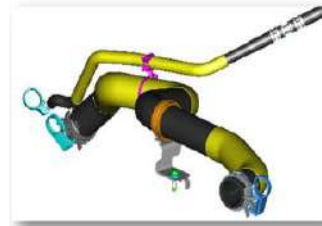
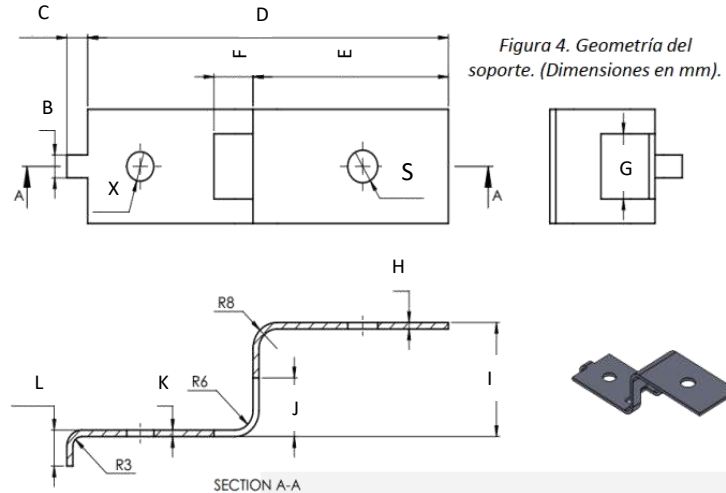


Figura 3. Condiciones de trabajo del soporte

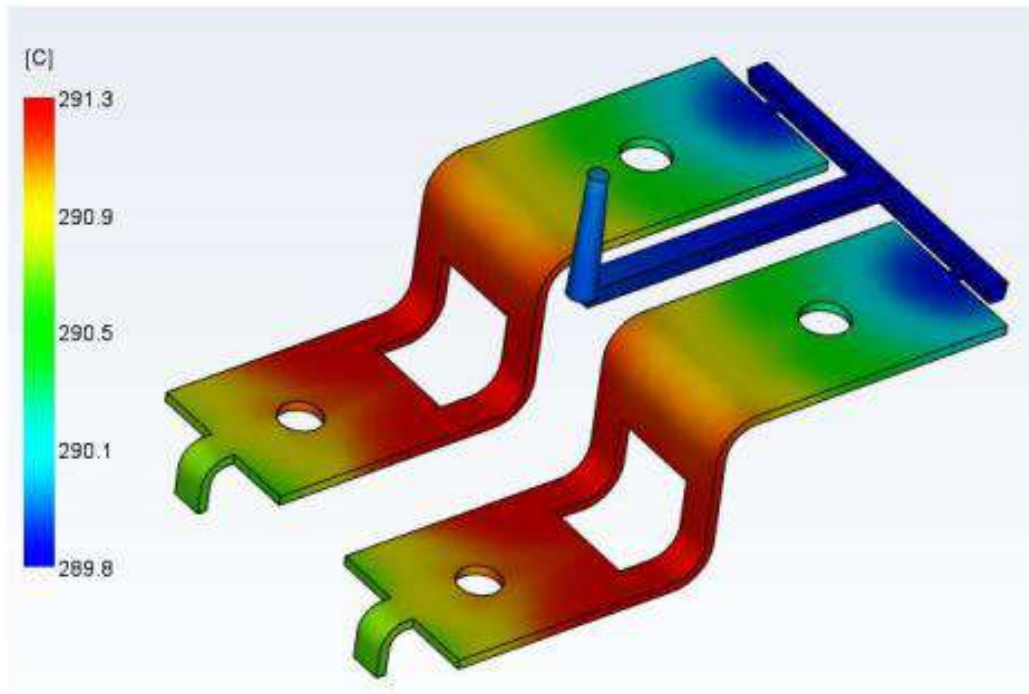
Diseño del molde:

- Distribución de cavidades
- Canales de alimentación
- Compuerta
- Bebederos
- Canales de Enfriamiento (UF and AG, 2013)

CAD



# Entregables



Predicción:

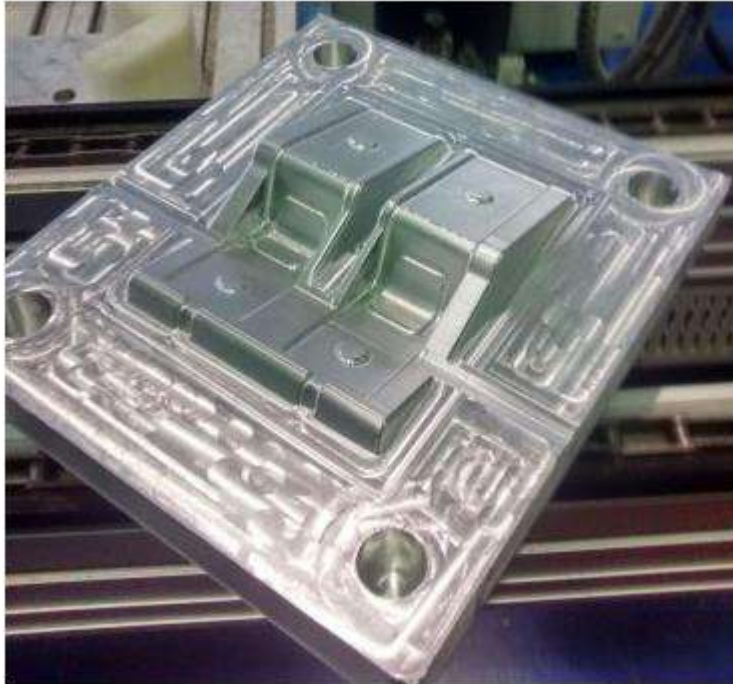
- Volumen inyectado
- Temperatura de inyección
- Confianza de llenado
- Atrapamientos de aire
- Líneas de soldadura

(UF and AG, 2013)

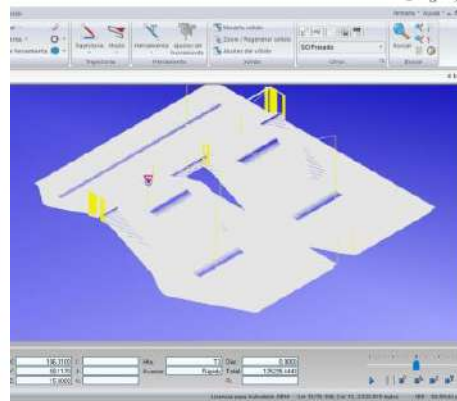
CAE

*Figura 13. Temperatura del frente de flujo para el diseño original.*

# Entregables



Mecanizado del molde final



Edición del código G de la placa móvil

## Mecanizado:

- Placa móvil
- Placa fija
- Inserto
- Selección de herramienta
- Re-mecanizado

CAM

# Entregables



Figura 30. Inyectora Belken serie SS. Modelo SSF500 K5. Campus Estado de México - ITESM

# Entregables

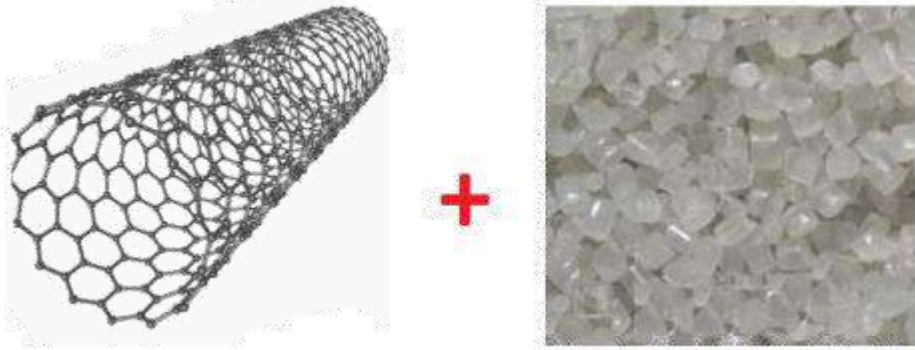


*Figura 33. Primeros resultados.*

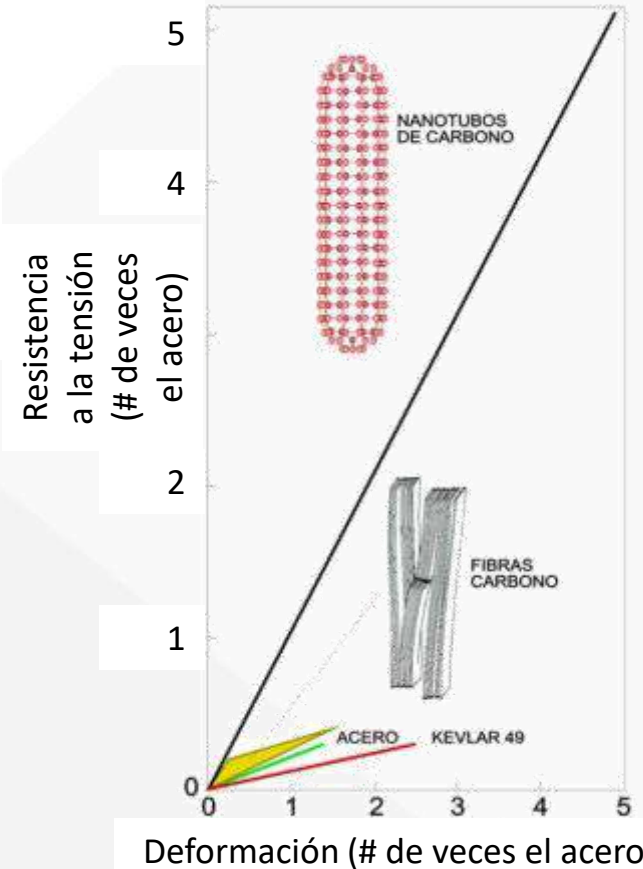


*Figura 34. Primeros resultados.*

# Nanotecnología



“Desarrollo de un material nanocompuesto polimérico biodegradable reforzado con nanotubos de carbono” (EOM, 2020)



“Tensile loading of ropes of single wall carbon nanotubes and their mechanical properties” (Ruoff et al., 2000)

# Tecnología para el futuro

*Un automóvil fabricado en plástico biodegradable reforzado con nanotecnología... ¿Por qué no?*



*“Después de todo... Todo está hecho de algo, y siempre se puede mejorar...”*

*~[Mark Miodownik](#)*

# Referencias

- [1] Punta oval de pedernal. Francia: Paleomundo. Recuperado de [https://paleomundo.com/producto/punta\\_oval\\_de\\_pedernal/439](https://paleomundo.com/producto/punta_oval_de_pedernal/439)
- [2] Carlos Oldani, Silvina Angelozzi et al., S.XXI La era de los materiales: Nanos, inteligentes y compuestos. Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Provincia de Córdoba, 2011.
- [3] Marino, A. (2018). Historiando. Recuperado de <https://www.historiando.org/edad-de-piedra/>
- [4] Fernández, M. (2018) La Edad del Bronce resurge en Mula. La opinión de Murcia. Recuperado de <https://www.laopiniondemurcia.es/municipios/2018/10/26/edad-bronce-resurge/966430.html>
- [5] (2011) On the Road to Civilization – The Discovery of Bronze. Ripcas Well Studio. Recuperado de <https://ripcaswellstudio.wordpress.com/>
- [6] Marino, A. (2018). Edad de Hierro. Historiando. Recuperado de <https://www.historiando.org/edad-de-hierro/>
- [7] Bilski E. (S.F.). Características de la Edad de los Metales. Disponible en: <https://www.caracteristicass.de/edad-de-los-metales/>
- [8] CES EduPack. Ansys/GRANTA [2019b]
- [9] Jose Antonio Romero. (2019). Telas a partir de botellas de PET. Avatar Energía. Recuperado de <https://avatarenergia.com/telas-a-partir-de-botellas-de-pet/>
- [10] Malla para la protección de Capullos. Chile: *Marienberg*. Recuperado de: <http://www.mbg.cl/productos/mallas-extruidas-diamante/malla-proteccion-capullos/>



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

VIGILADA MINEUCACIÓN - SNIES 1704



**Contacto:** Joan Manuel Molina Romero

**Email:** [a01368436@Itesm.mx](mailto:a01368436@Itesm.mx)

[johan3011@Hotmail.com](mailto:johan3011@Hotmail.com)



Tecnológico  
de Monterrey



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

VIGILADA MINEDUCACIÓN - SNIES 1704



# Eco-Driving y conducción autónoma en vehículos eléctricos: revisión general y estado del arte

Ing. José del Carmen Julio Rodríguez, M.Sc.

# AGENDA

- Presentación del Centro de Investigación en Mecatrónica Automotriz
- Pruebas de desempeño energético de Vehículos Eléctricos (VE)
- Proyecto VR1: Mejora del desempeño energético de un VE
- Eco-Driving y conducción autónoma



# Centro de Investigación en Mecatrónica Automotriz (CIMA)

Toluca, México

SEGUNDA JORNADA DE ACTUALIZACIÓN EN TEMAS DE  
INGENIERÍA MECÁNICA

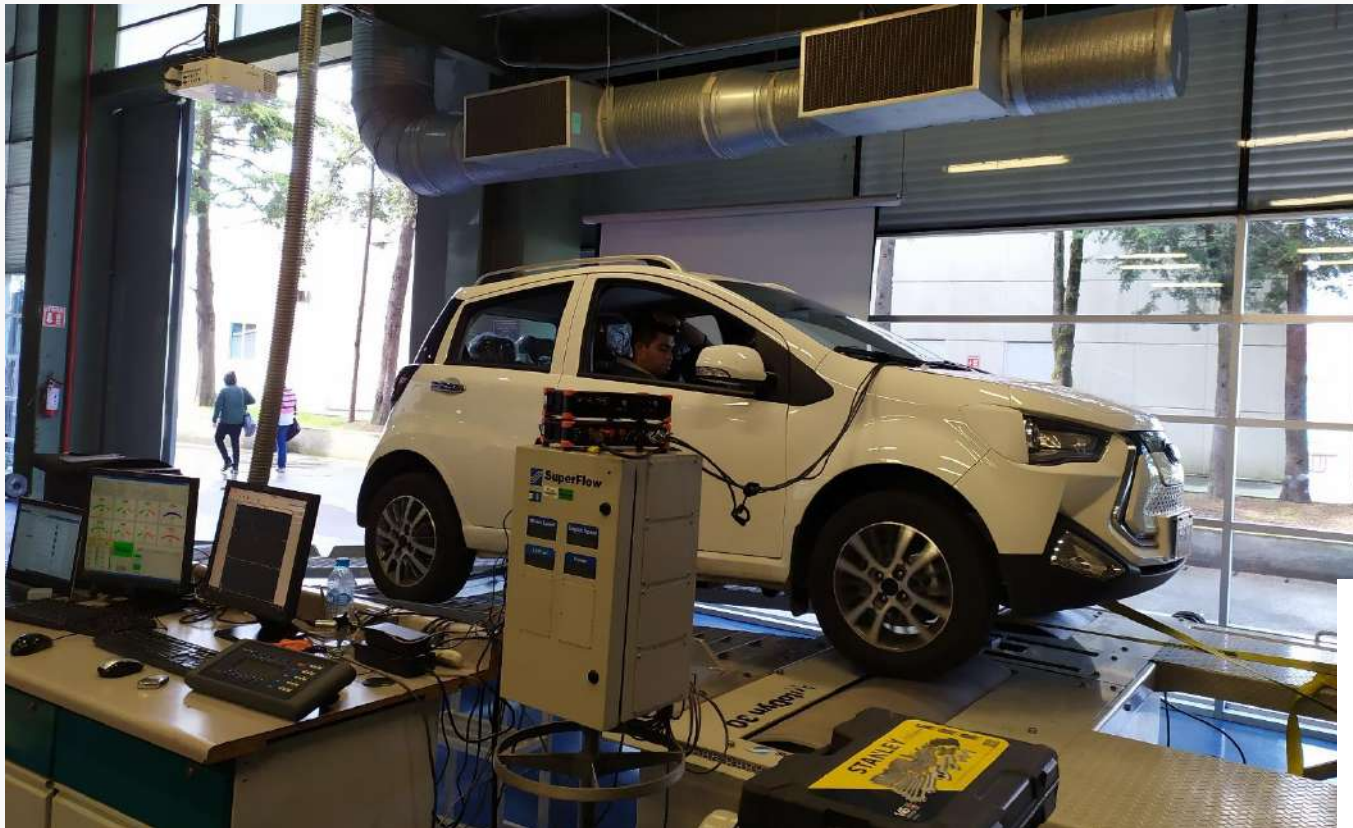
# CIMA

Apoyo a la industria automotriz en México en las áreas de:

- Diseño y manufactura
- Sistemas de instrumentación
- Optimización de medios de producción
- Desempeño de los sistemas de potencia de los vehículos

# Pruebas de desempeño energético de vehículos eléctricos

SEGUNDA JORNADA DE ACTUALIZACIÓN EN TEMAS DE INGENIERÍA MECÁNICA



©CIMA 2020

SEGUNDA JORNADA DE ACTUALIZACIÓN EN TEMAS DE INGENIERÍA MECÁNICA

# Proyecto: taxi eléctrico de la Ciudad de México



©CIMA 2020

# Proyecto: taxi eléctrico de la Ciudad de México



©CIMA 2020

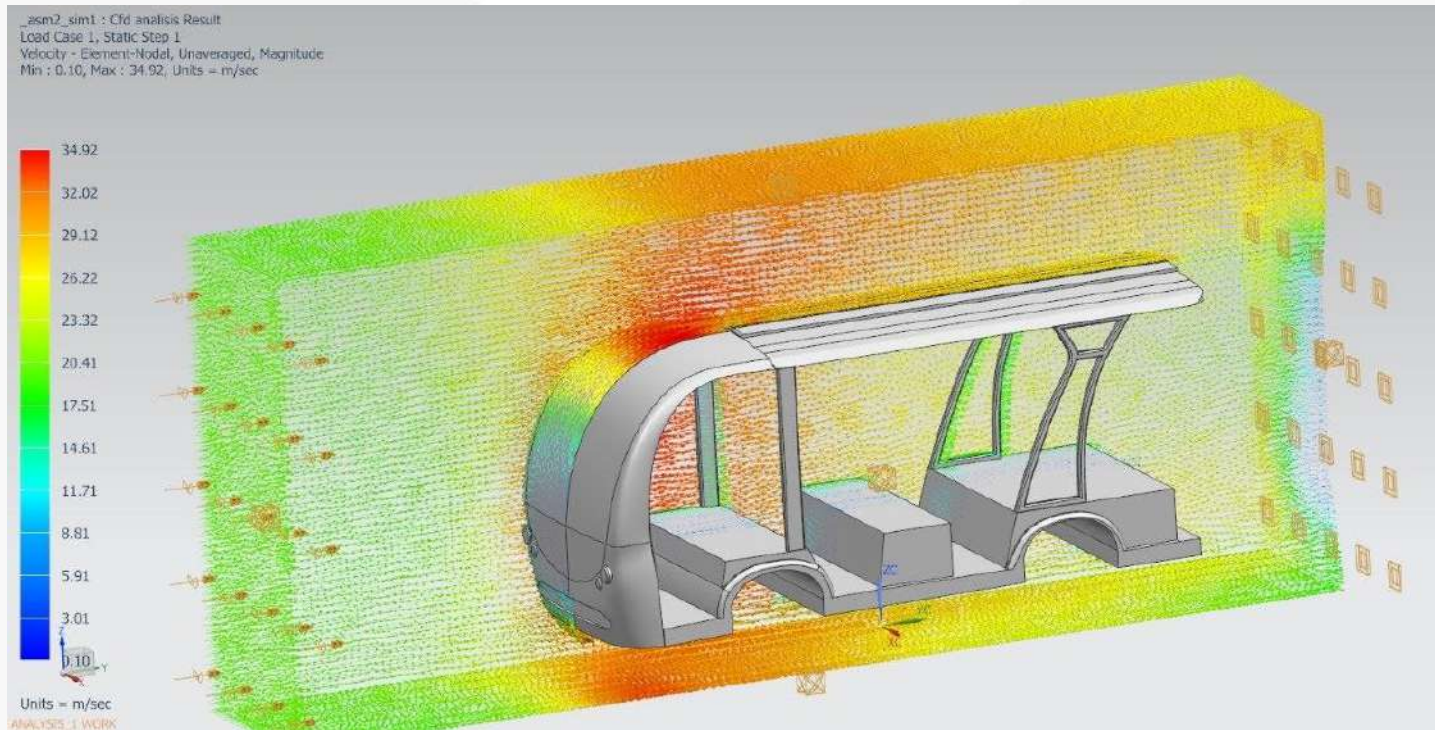
Evaluación y caracterización energética de 4 vehículos eléctricos y 1 de combustión

# Evaluación de vehículos eléctricos



©CIMA 2020

# Análisis CFD para obtener datos de resistencia aerodinámica



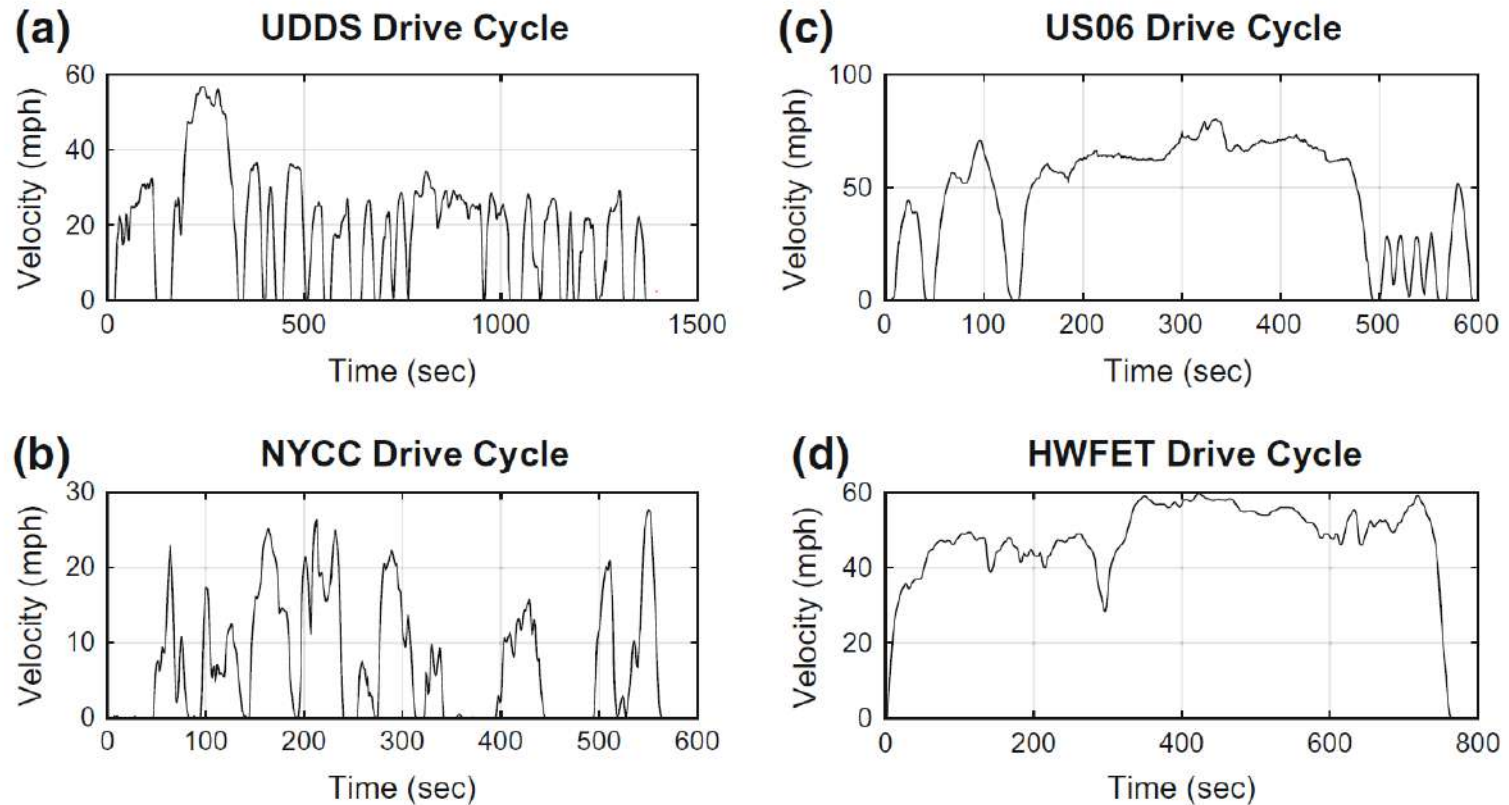
©CIMA 2020

# Pruebas en dinamómetro de chasis



©CIMA 2020

# Ciclos de manejo estandarizados



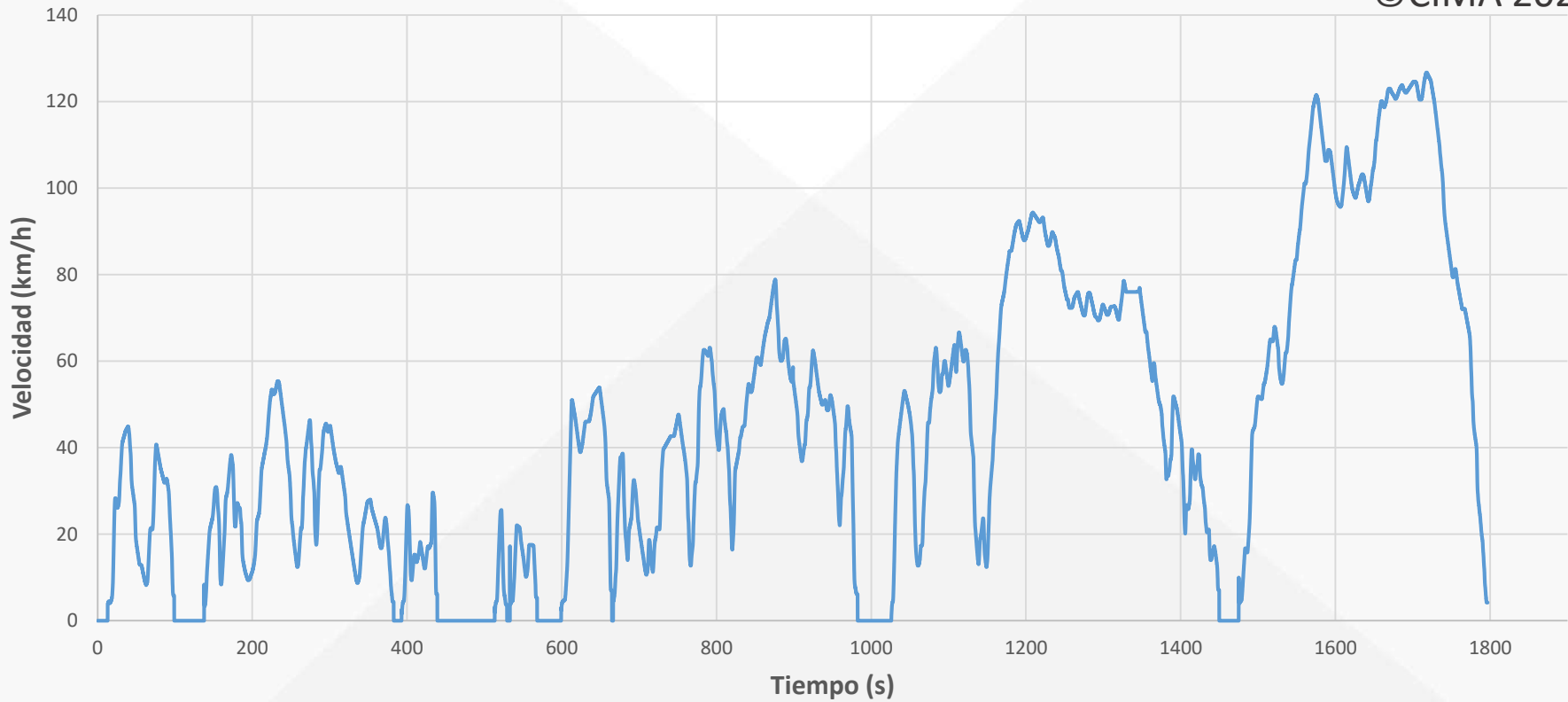
**Fig. 4** Four US drive cycles frequently used by the Environmental Protection Agency (EPA)

(Asher *et al*, 2018)

# Ciclos de manejo WLTC3 - Perfil de velocidad requerido

CICLO DE MANEJO WLTC-3

©CIMA 2020



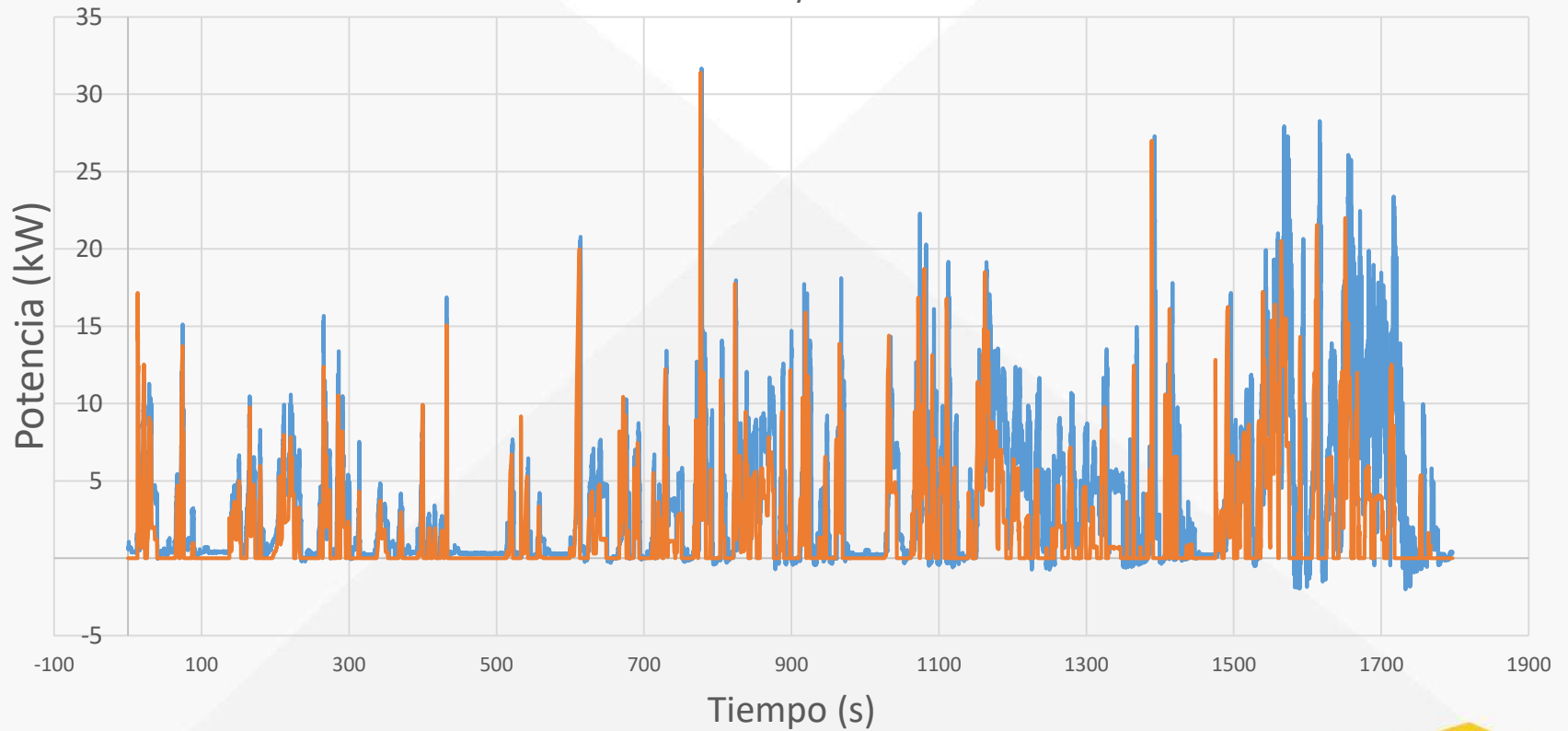
Worldwide harmonized Light-duty vehicles Test Cycles

# Ciclo WLTC3

## Resultado de potencias Mecánica y Eléctrica en Dinamómetro

Potencia de Batería y Potencia Mecánica

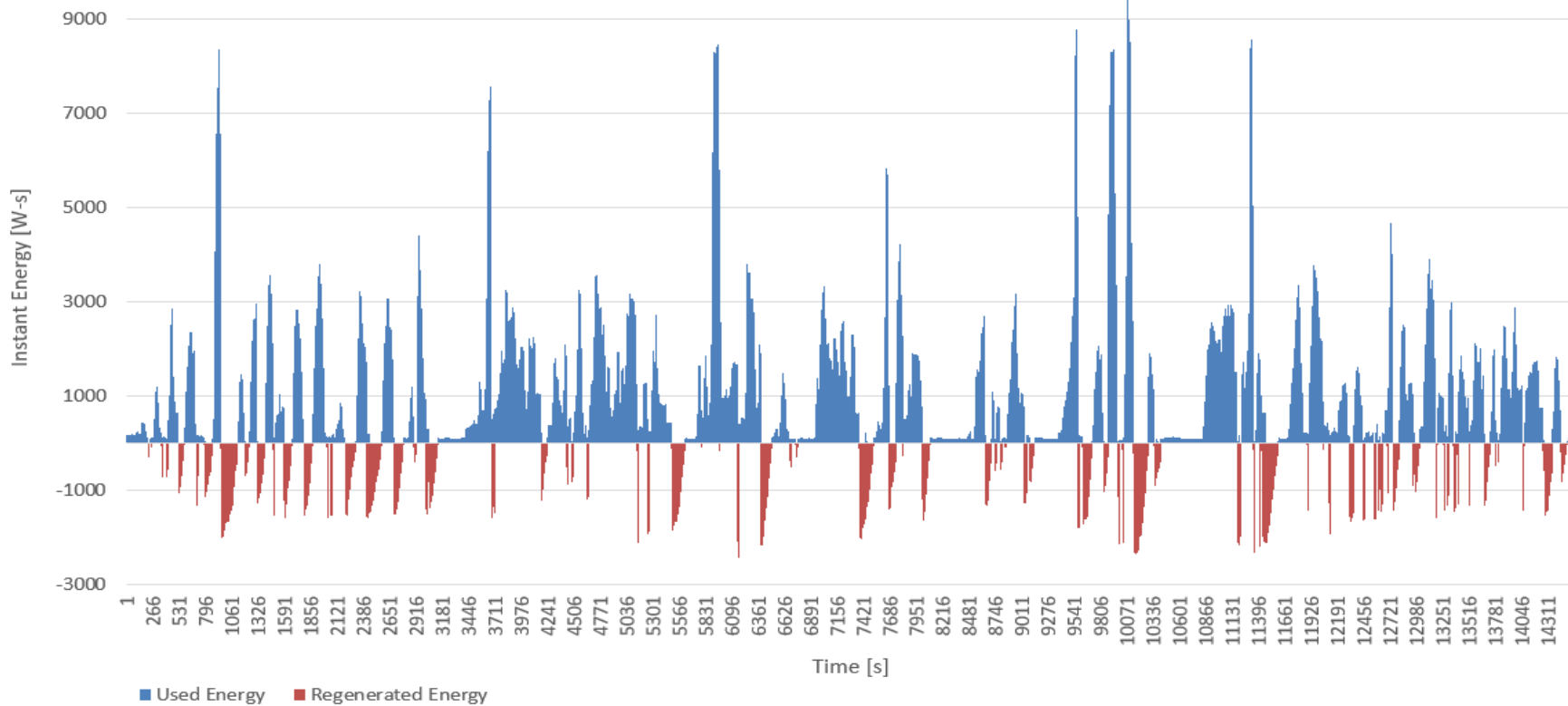
©CIMA 2020



— Potencia Batería — Potencia Mecánica

# Prueba en ruta – consumo y regeneración

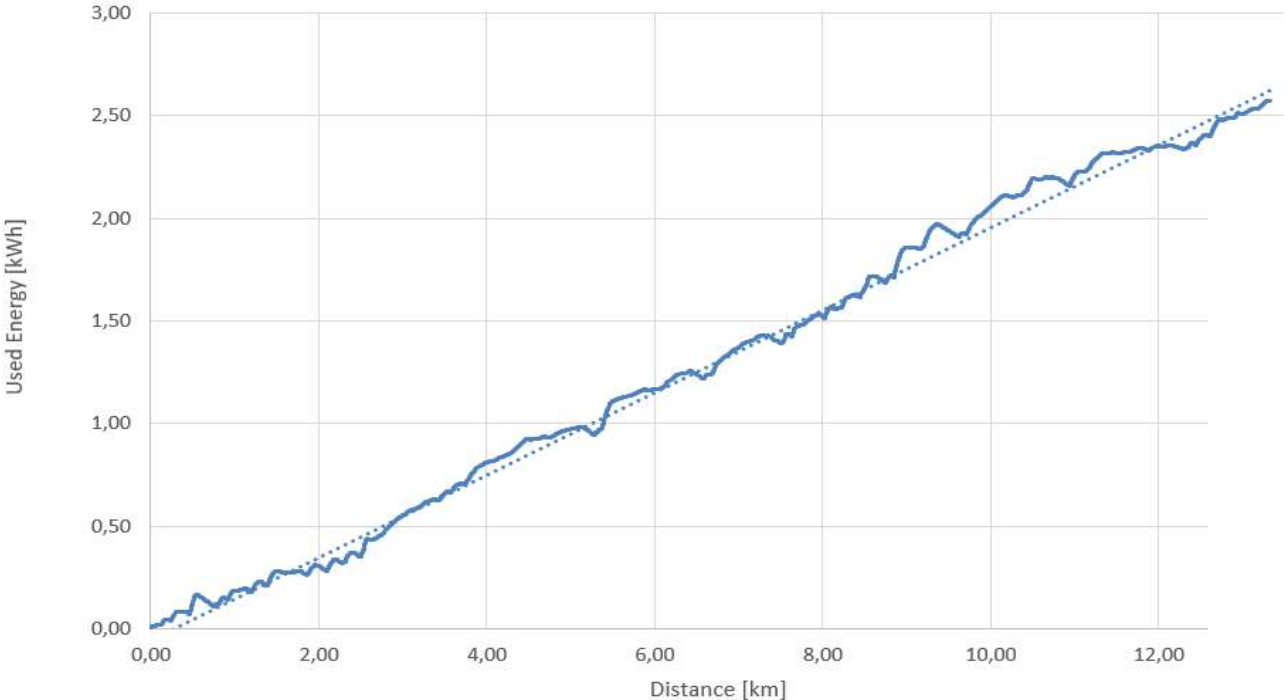
INSTANT ENERGY - USAGE AND REGENERATION



Prueba de ruta real - VE  
©CIMA 2020

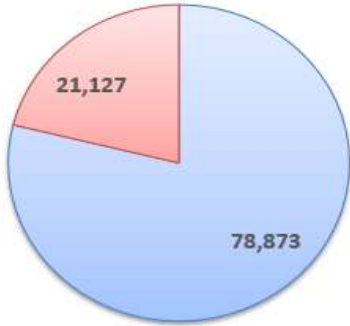
# Prueba en ruta: energía total del recorrido y proporción de regeneración

Used Energy Vs Distance



EV Route test  
CIMA 2020

Used Energy ESi2



■ Battery ■ Regenerated



# Proyecto VR1



©CIMA 2020



## Equipo Chroma 17040

Sistema para prueba de bancos de baterías con capacidad de flujo de energía bidireccional (carga y descarga). También permite administrar potencia eléctrica desde y hacia un equipo eléctrico, actuando como una fuente de alta potencia (hasta 180 kW).



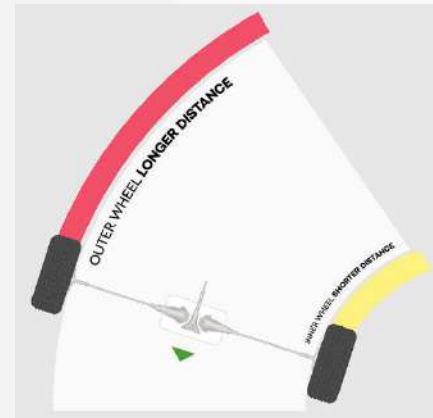
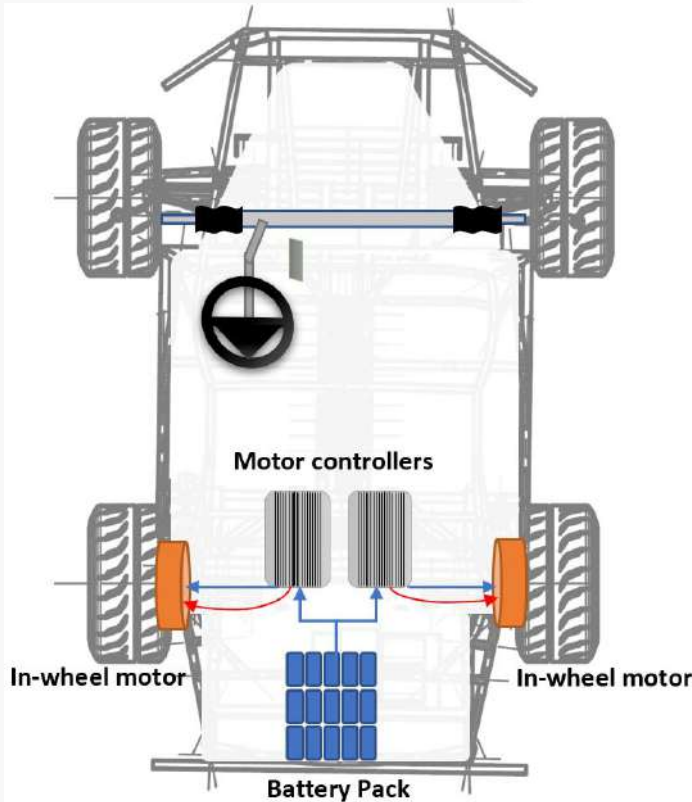
©CIMA 2020

# Proyecto VR1: Mejora del desempeño energético de un VE

# Diferencial electrónico para el VR1

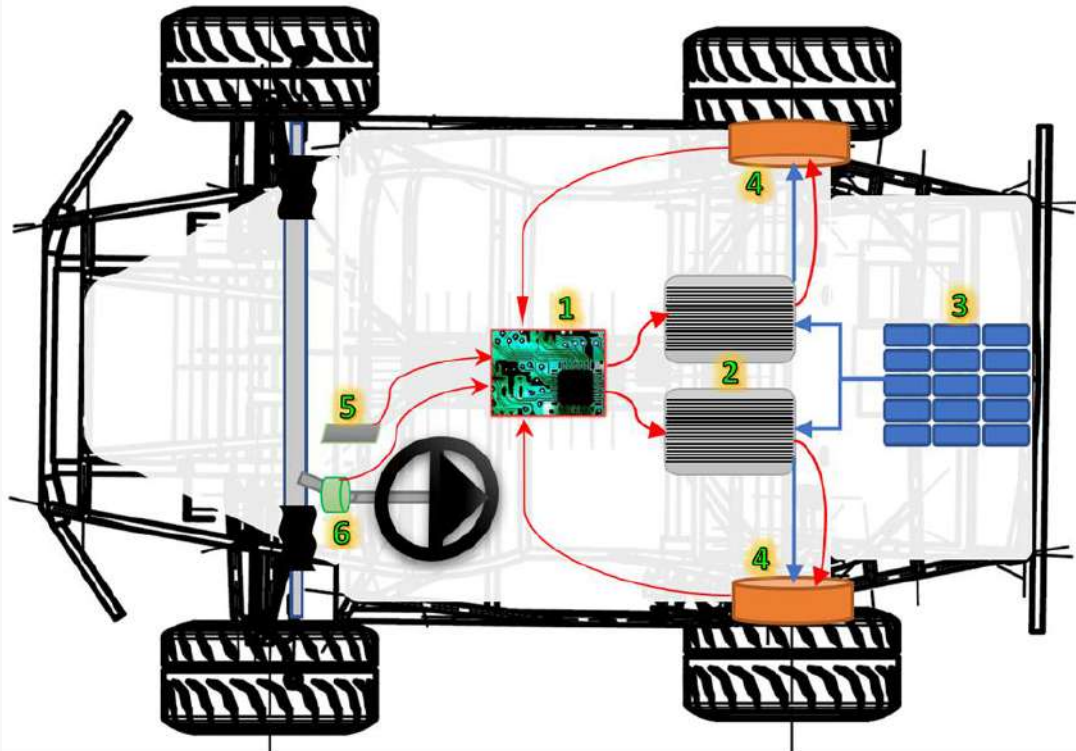
Dos motores In-Wheel en las dos ruedas del eje trasero

Los dos motores independientes crean la necesidad de implementar un diferencial electrónico para garantizar la estabilidad dinámica y eficiencia energética del auto.



©CIMA 2020

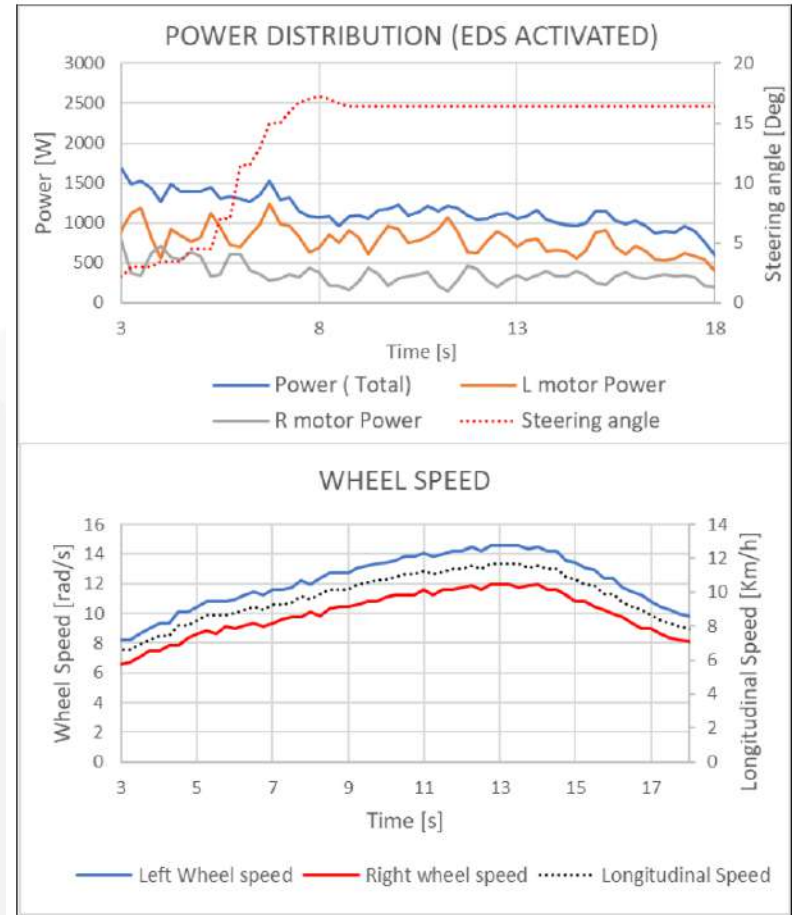
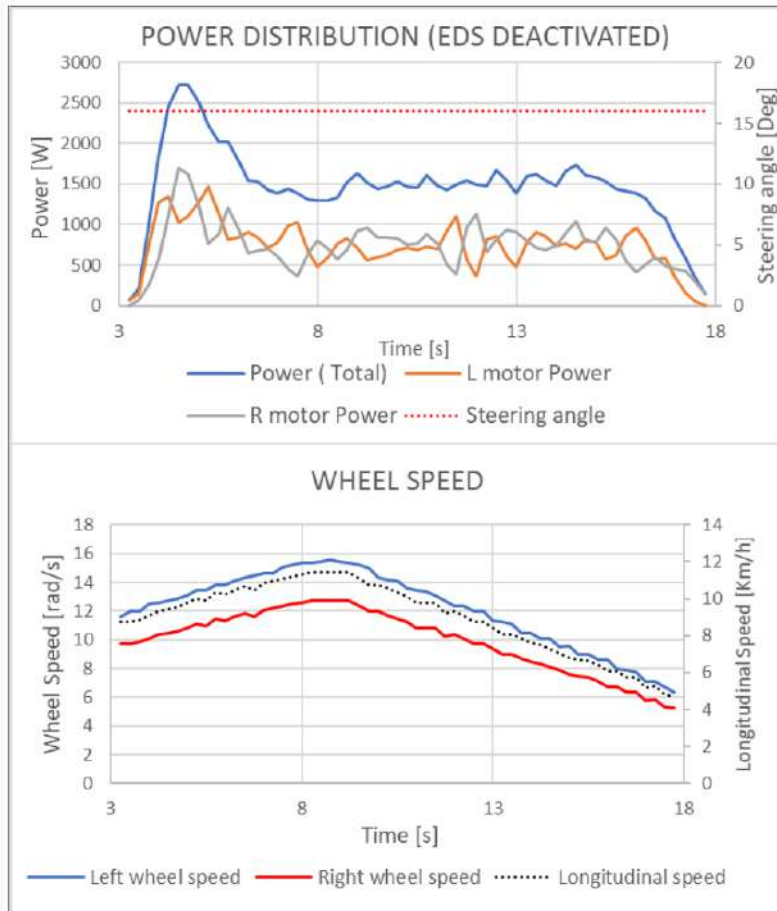
# Arquitectura del diferencial electrónico



1	Electronic Differential (ED)
2	Motor controllers
3	Battery pack
4	Electric In-wheel motors
5	Throttle pedal
6	Rotary Encoder
↗	Signal communication in the direction of the arrow
↘	Electric power delivery in the direction of the arrow

©CIMA 2020

# Impacto del diferencial en el uso de energía

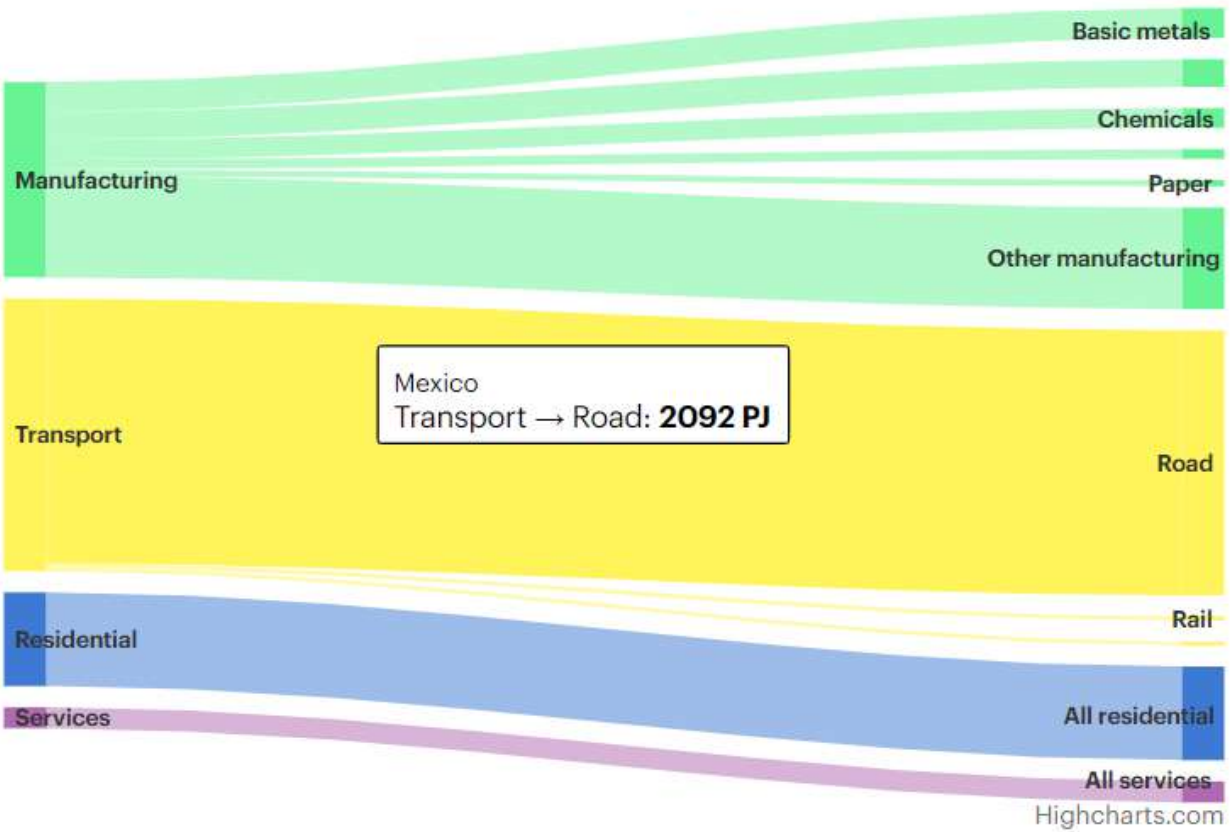


Hasta 33% de ahorro en energía

(Julio and Santana, 2020)

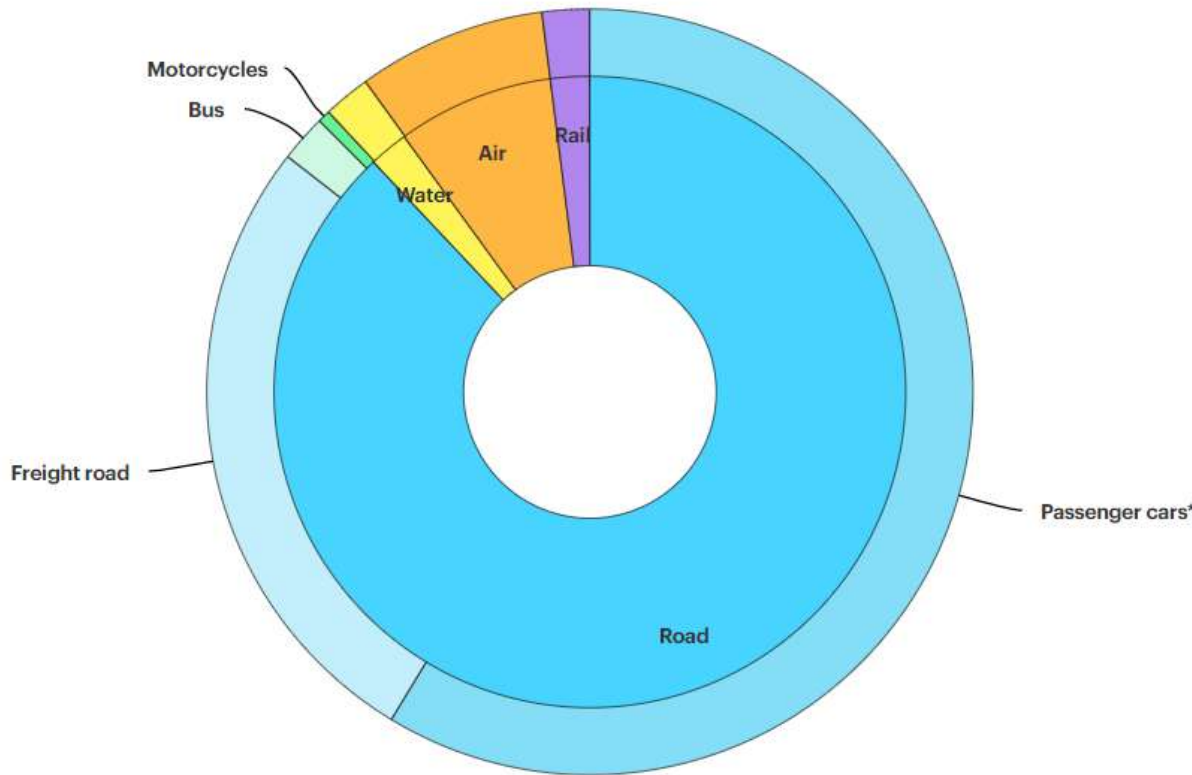
# Distribución de energía consumida por cada sector

Show breakdown of final energy consumption for  in 2017



IEA (2019), Energy Efficiency Indicators 2019

# Distribución de energía consumida en transporte



88% Road vehicles  
(62%) Passenger cars

A 5 percent improvement in 5 percent of the totality of road vehicles in México would account for 1453 GWh saved each year.

Energy Consumption Distribution in AEI Countries

IEA (2019), Energy Efficiency Indicators 2019

# Eco-Driving y conducción autónoma

SEGUNDA JORNADA DE ACTUALIZACIÓN EN TEMAS DE  
INGENIERÍA MECÁNICA

Autonomous

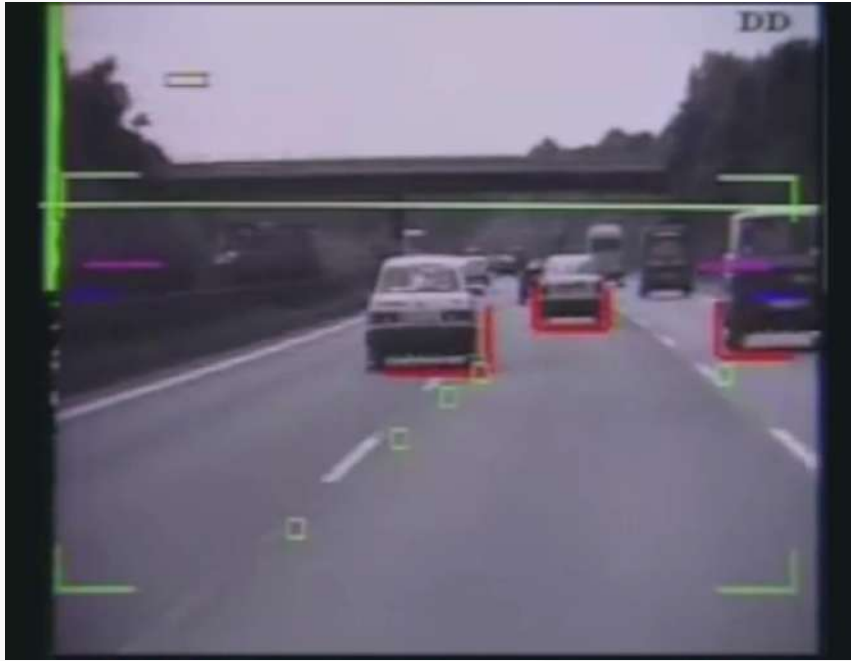


Electric



ecodriving

# Vehículos autónomos modernos - inicios



1986 - University of Munich

Robotic car that could drive fully autonomously without traffic 1987, it drove it speeds up to 60 kilometers per hour.

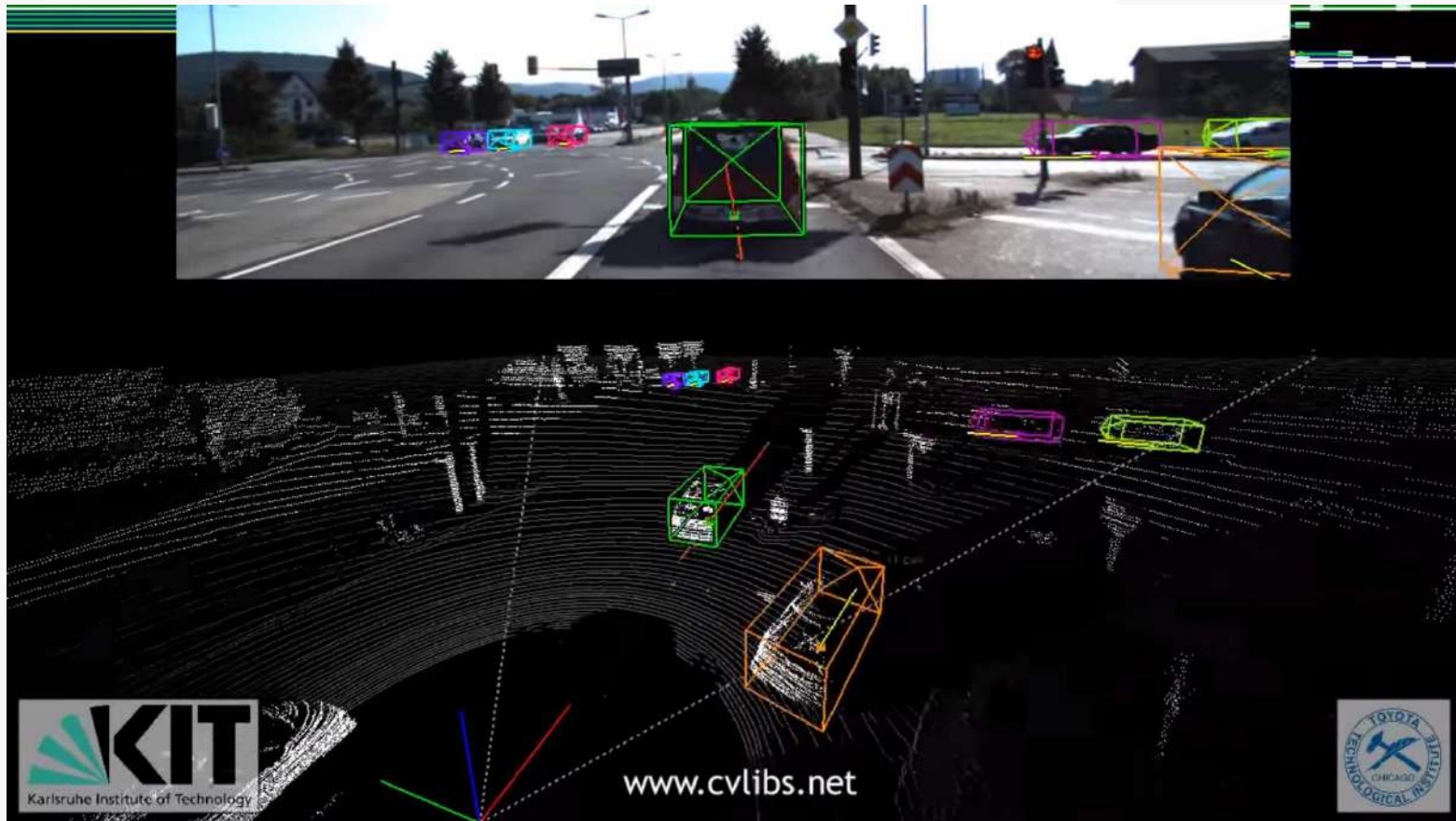
## Vehículos autónomos modernos - inicios



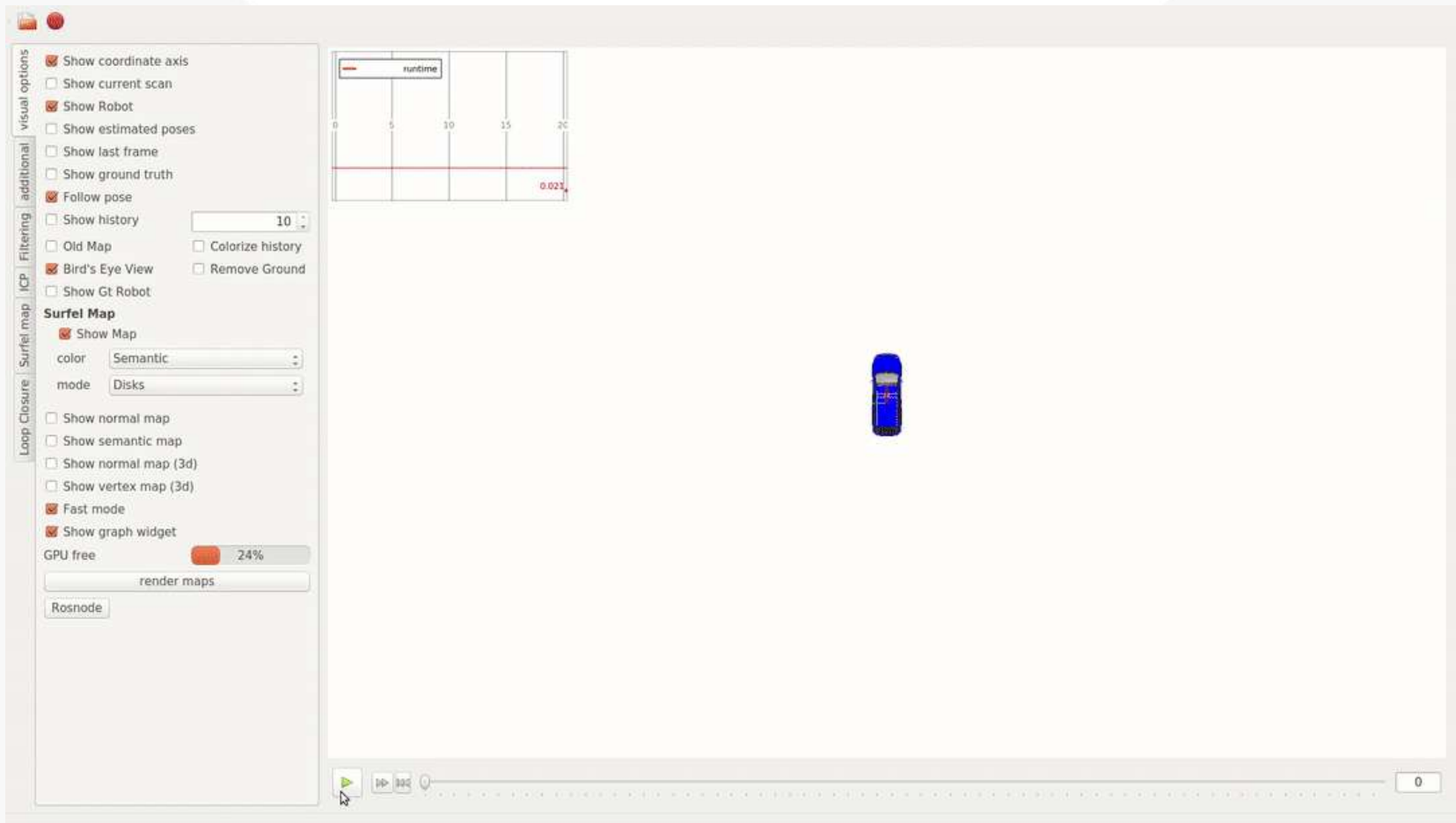
1990, Navlab2

- a modified Humvee which could perform autonomously both off than on-road,
- reached autonomous speeds of **110 kilometers per hour** on the road.

# Evolución de sensores y técnicas de procesamiento

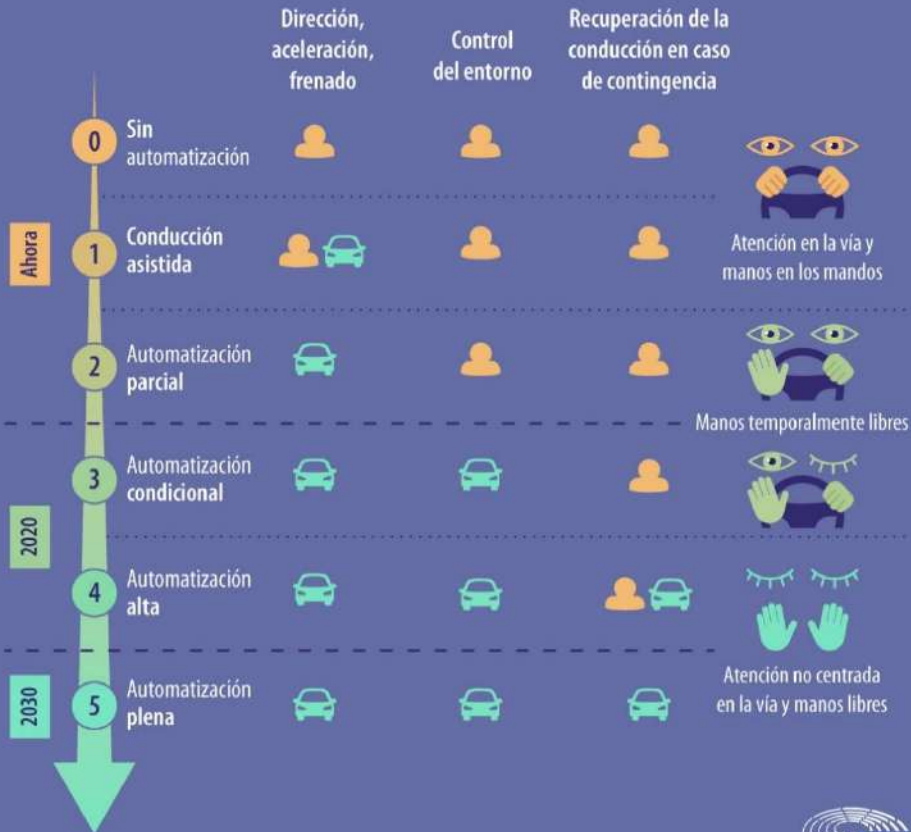


Efficient LiDAR-based Semantic SLAM ( Chen and Behley, 2019)



Mayor capacidad de procesamiento; más datos a mayor velocidad

# SAE INTERNATIONAL NIVELES DE CONDUCCIÓN AUTÓNOMA



Fuentes: Servicios de Estudios del Parlamento Europeo y Comisión Europea



# Eco-Driving

Es una filosofía de conducción en la que el conductor es consciente del efecto de sus decisiones y acciones en el uso de energía.

Estrategias de conducción para minimizar el uso de energía al conducir.

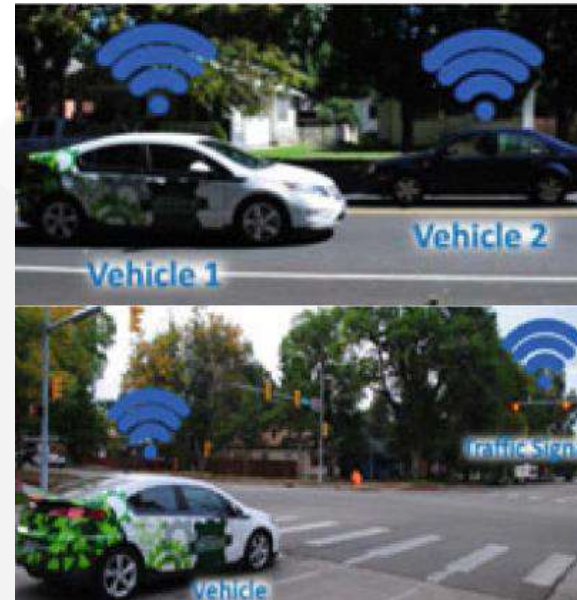
## Set of strategies

- Moderation of acceleration
- Keeping the engine at low RPM: moderation of gear shifts (ICE)
- Anticipating traffic signals avoiding sudden start-stops (Look ahead while driving.)
- Maintaining an even driving pace (including use of cruise control and coasting)
- Driving at or below the speed limit
- Eliminating excessive idling (ICE)
- Minimizing use of auxiliary systems

# Conectividad V2V Y V2I

## Increasing the Fuel Economy of Connected and Autonomous Lithium-Ion Electrified Vehicles

[7] (Zachary D. Asher, David A. Trinko and Thomas H. Bradley - Springer Nature 2018)

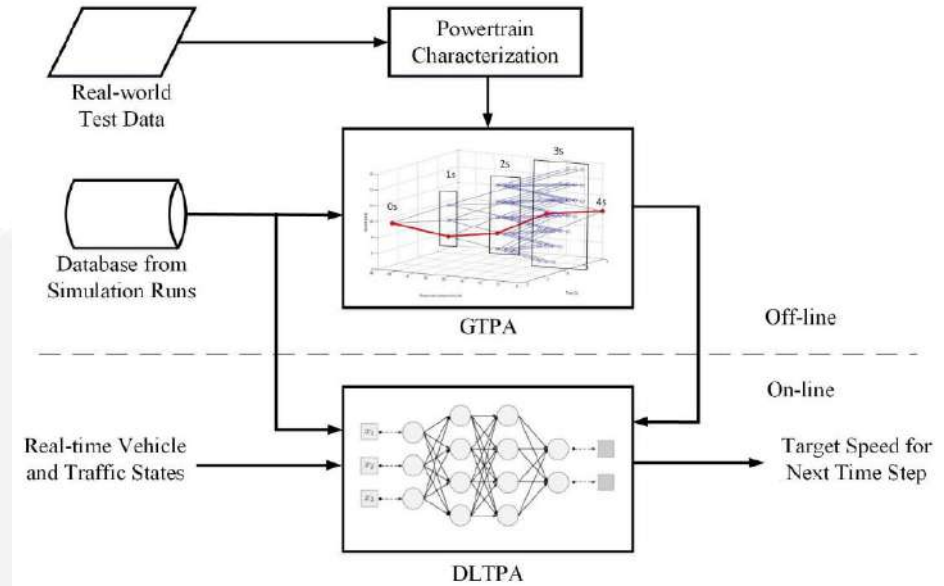


# Aproximación y cruce de intersecciones



## Eco Approach and Departure at Signalized Intersections

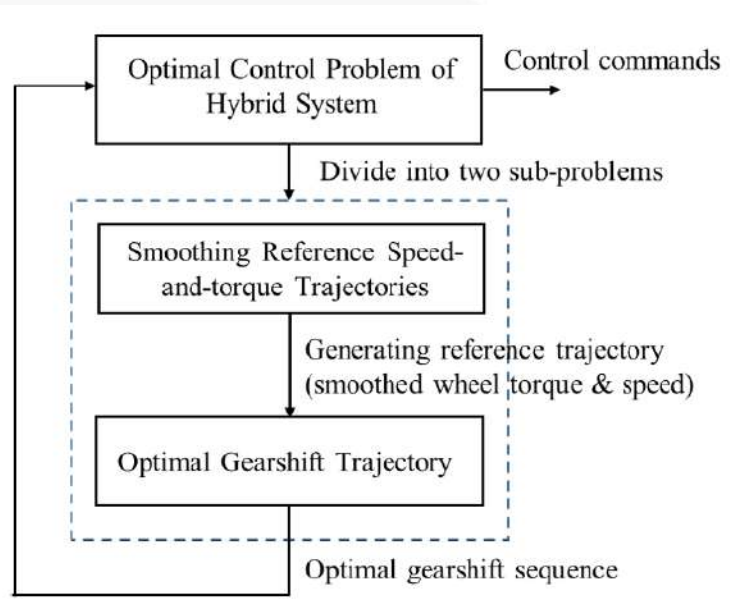
[3] (US Department of Transportation , 2019)



## Deep Learning–based Eco-Approach and Departure

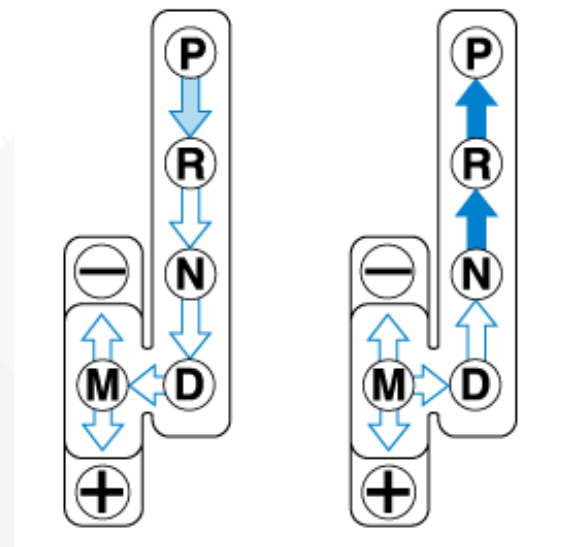
[2] (Hao et al, 2019)

# Optimización del cambio de marchas



**Co-optimization of Speed and Gearshift Control for Battery Electric Vehicles**

[4] (Han et al, 2019)



**Optimal Vehicle Speed and Gear Position Control for Connected and Autonomous Vehicles**

[20] (Yunli Shao, Zongxuan Sun, 2019)

# Perfiles de velocidad optimizados mediante asistencia al conductor

- Generación de perfiles de velocidad optimizados usando redes neuronales
- Información presentada al conductor



## Real-Time Optimal Eco-Driving for Hybrid-Electric Vehicles

[21] ( Jiamin ZHU Caroline NGO Antonio SCIARRETTA , 2019)



# Optimización del uso de energía en caravanas de vehículos

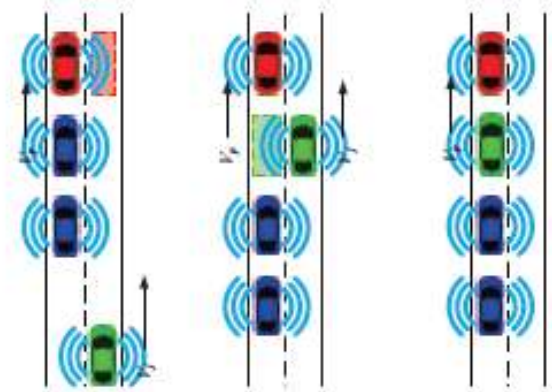


Fig. 4. A vehicle joins an existing 3-vehicle platoon from adjacent lane.

## Cooperative Adaptive Cruise Control with Fuel Efficiency Using PMP Technique

[15] (Ehtsham Rasool et al, 2019)

## Developing a Platoon-Wide Eco-Cooperative Adaptive Cruise Control (CACC) System

[16] (Ziran Wang, *Student Member*, Guoyuan Wu, *Senior* Peng Hao, Kanok Boriboonsomsin and Matthew Barth, 2017)

# Calculo de perfil de velocidad optimo en curvas

## On the Optimal Speed Profile for Eco-Driving on Curved Roads

[8] (Feng Ding and Hui Jin, 2018)

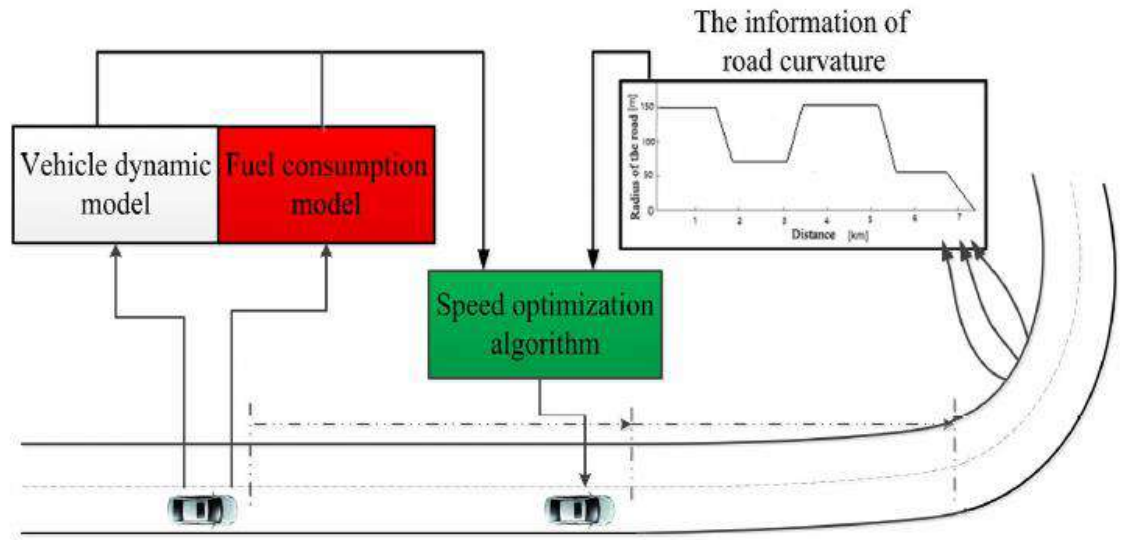
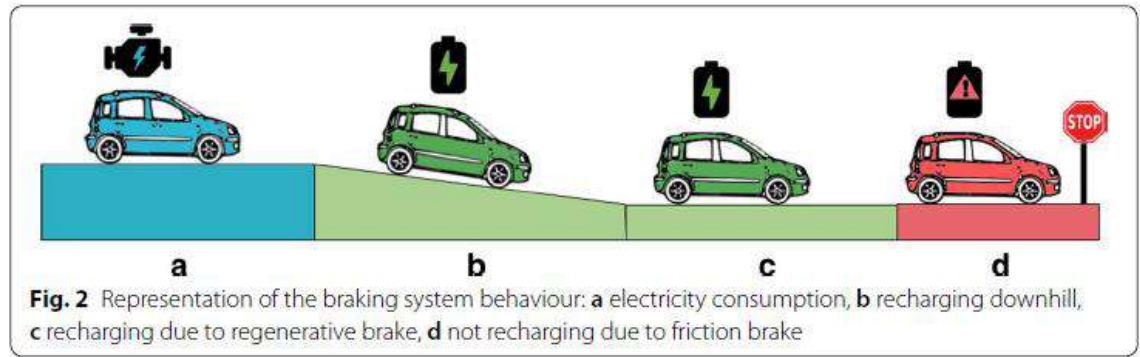


Fig. 1. The basic concept of eco-driving on curved roads.

# Maximización de recuperación de energía del freno regenerativo

On combining Big Data and machine learning to support eco-driving behaviors

[19] (Giovanni Delnevo et al, 2019)

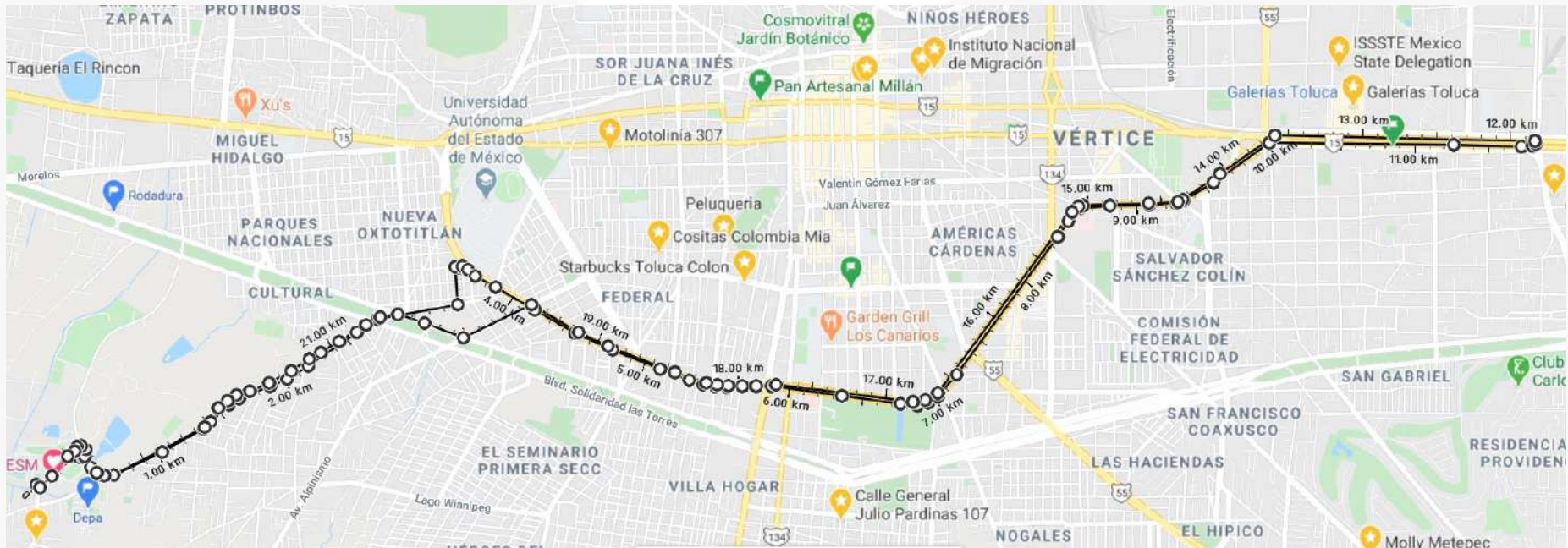


Development of an ADAS system using a predictive model that helps the driver to maximize braking regeneration.

WORK	FUNCTIONS	MODEL	METHODS	EVALUATION
[1] Wu et al, 2019	Speed forecasting (3s), EAD* optimization	Data-driven approach	Artificial Neural Network	Speed profile control in SIMULATION runs
[2] Bae et al, 2018	V2I, EAD, Surrounding traffic consideration	Vehicle Dynamics Model	Robust Model Predictive Control	ACC** tested in a Hardware in the Loop setup with SPAT*** information
[3] Orfila et al, 2019	Velocity profile optimization for predefined route	Data-driven approach	Global Optimization using Simulated Annealing	Velocity profile data comparison - Algorithm results Vs human drivers experimental data
[4] Han et al, 2019	Cooptimization of Speed and Gearshift control	Vehicle Dynamics Model, Battery SoC Model	Hierarchical Co-Optimization	Controller evaluation in UDDS SIMULATION
[5] Kim et al, 2019	Cruise control optimization on predefined route	Data-driven approach - Vehicle dynamics and fuel consumption Model	Learning Model Predictive Control	Controller trip SIMULATION runs
[6] Pallet et al, 2018	Driving mode customization	Conceptual Model	N/A (Pattent details not discussed)	Driving modes change several vehicle subsystems behavior when implemented
[7] Asher et al, 2018	Energy Management, V2V, Enviroment Perception	Vehicle Dynamics Model, Energy Management Model	Dynamic programming and Pontryagin's Minimization Principle	SIMULATION using models to compare results of different control strategies
[8] Ding et al, 2019	Velocity profile optimization for curved roads	Vehicle Dynamics Model, Fuel Consumption Model	Dynamic programming Optimization	Algorithm verification using co-simulation of CarSim and Matlab/Simulink
[9] Meng et al, 2019	Aceleration/Speed profile optimization, V2I	Vehicle Dynamics Model	Real-time online Analitical Solution	Algorithm is tested in SIMULATION
[10] Hu et al, 2018	Energy Management	HEV Model	Deep Reinforcement Learning	Trained control Algorithm tested in MATHLAB and ADVISOR Co-simulation
[11] Jeoung et al, 2019	Rule based controller, Energy Management	Paralel Type2 HEV Model	Dynamic programming and Pontryagin's Minimization Principle	Controller algorithm evaluation in SIMULATION HEV MODEL

WORK	FUNCTIONS	MODEL	METHODS	EVALUATION
[12] Kazemi et al, 2018	CACC, Surrounding traffic consideration, V2V	Data-driven approach	Artificial Neural Network	Model Predictive Controller evaluated in SIMULATED test runs from a real driving tests dataset
[13] Bai et al, 2019	CACC, platoon control, V2V	Theoretical Model	Numerical method which based on dynamic programming	Theoretical Analysis/simulation of the platoon cooperative controller
[14] Almutairi et al, 2017	CACC, V2I	Traffic Model	Numerical method which based on dynamic programming	Traffic behavior testing in INTEGRATION micro traffic simulation software
[15] Rasool et al, 2019	CACC, Surrounding traffic consideration	Platoon model, ICE power train Model	Pontryagin's Minimization Principle	Validation of the controller with the models in a SIMULATION
[16] Wang et al, 2017	CACC, V2V, Platoon control	Platoon model, ICE power train Model	Not disclosed	Matlab/Simulink is used to test the platoon energy consumption and emissions with the CACC
[17] Sun et al, 2018	ACC, ADAS, Regenerative braking distribution	Drivin style Model	Nonlinear Model Prediction Control Optimization	Controllers evaluation in co-simulation environment Carsim2016.1-RT <sup>®</sup> and Mathwork Simulink <sup>®</sup>
[18] Shao et al, 2019	ACC, Vehicle testing	Vehicle and road Models	Hardware in the loop	A real vehicle is controlled by an ACC to simulate a human driver and is tested on the testbed
[19] Delnevo et al, 2019	HMI, ADAS	Data-driven approach	Machine Learning	Algorithm testing in SIMULATION using real data
[20] Shao et al, 2019	Cooptimization of Speed and Gearshift control	Mathematical Model	Optimal control numeric solution	SIMULATION and Hardware-in-the-Loop testing of the control algorithm
[21] Zhu et al, 2019	ADAS, HEV	Data-driven approach	Dynamic programming Optimization/Artificial Neural Network	Mutual Validation of the obtained speed profiles using DPO and ANN methods

# Recolección de datos en circuito Tollocan, Toluca

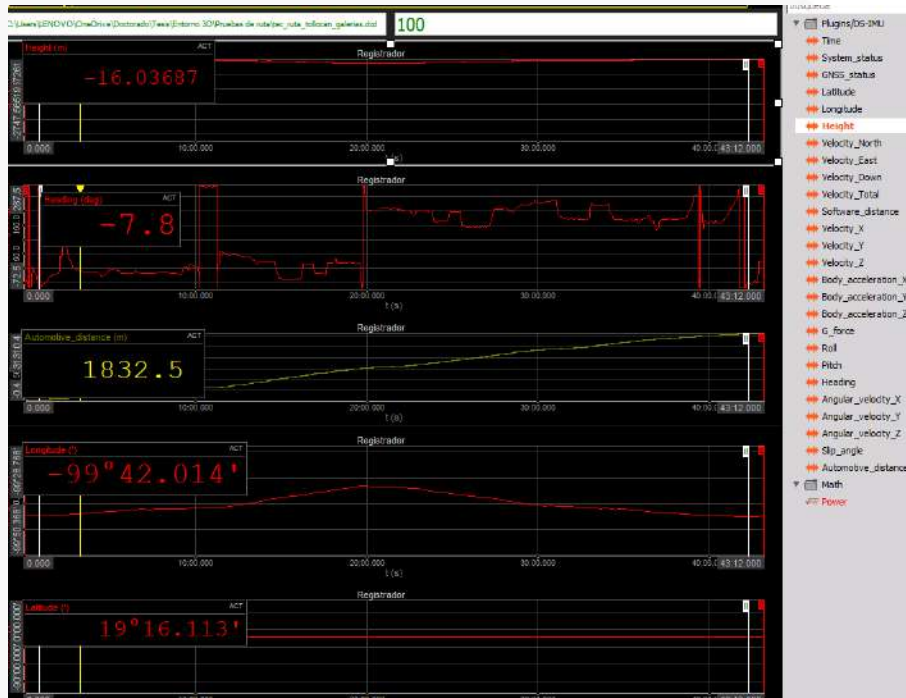


Recorrido de 23 km

# Recolección de datos en circuito Tollocan, Toluca

Dewesoft SIRIUS route test

Recording of the route using 360° Camera



# Variables y algoritmo de control

## Input variables

### Vehicle characteristics

- Mass (brute, passengers, cargo)
- Aerodynamics ( FA, C\_d)
- Rolling Resistance (RRc)
- Physical Dimensions
- Wheels effective diameter

### Terrain variables

- Height
- Slope
- Terrain roughness (measured with the g-force and z-axis accelerometers)

### Vehicle dynamics

- Instant longitudinal speed
- Longitudinal acceleration
- Lateral acceleration
- Yaw rate
- Slip angle
- Rolling angle

### Driver profile

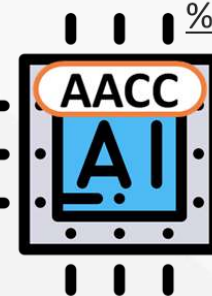
Classified by the A.I ( Cautious, aggressive, nervous, Eco, runner)

### Environmental variables

- Air density (IoT)
- Rain (IoT)

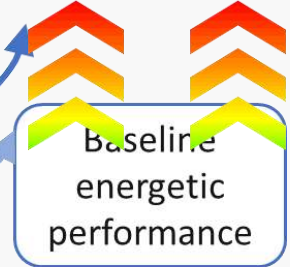
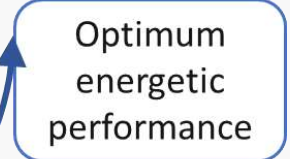
### Traffic

- Traffic information (IoT)
- Front vehicle speed (Sensor)
- Obstacle detection (Sensor)



### Output variables

- Throttle
- Braking
- %Regeneration



©Julio R, Jose del C.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

VIGILADA MINEUCACIÓN - SNIES 1704



Tecnológico  
de Monterrey



**Contacto:** José del Carmen Julio Rodríguez

**Email:** [A01368435@ITESM.MX](mailto:A01368435@ITESM.MX)  
[JoseJulioRodriguez@live.com](mailto:JoseJulioRodriguez@live.com)



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

VIGILADA MINEEDUCACIÓN - SNIES 1704



# Obtención y caracterización de combustibles alternativos para motores de combustión interna

José Manuel Riesco Ávila  
Departamento de Ingeniería Mecánica  
División de Ingenierías  
Campus Irapuato-Salamanca  
Universidad de Guanajuato  
México

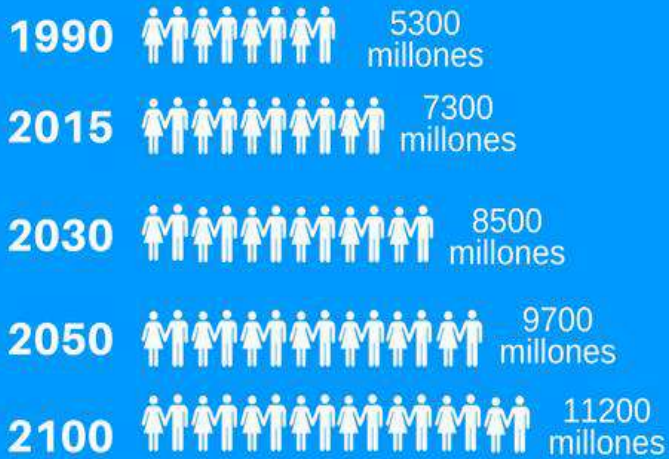
# Contenido

- Introducción
- Objetivo
- Herramientas experimentales
- Residuos plásticos
- Aceites lubricantes usados
- Neumáticos usados
- Conclusiones

# INTRODUCCIÓN

## Población mundial

Población mundial proyectada hasta 2100



Fuente: Revisión de 2015 de la publicación *World Population Prospects* (Perspectivas demográficas mundiales)  
División de Población del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas.  
Edición: Departamento de Información Pública



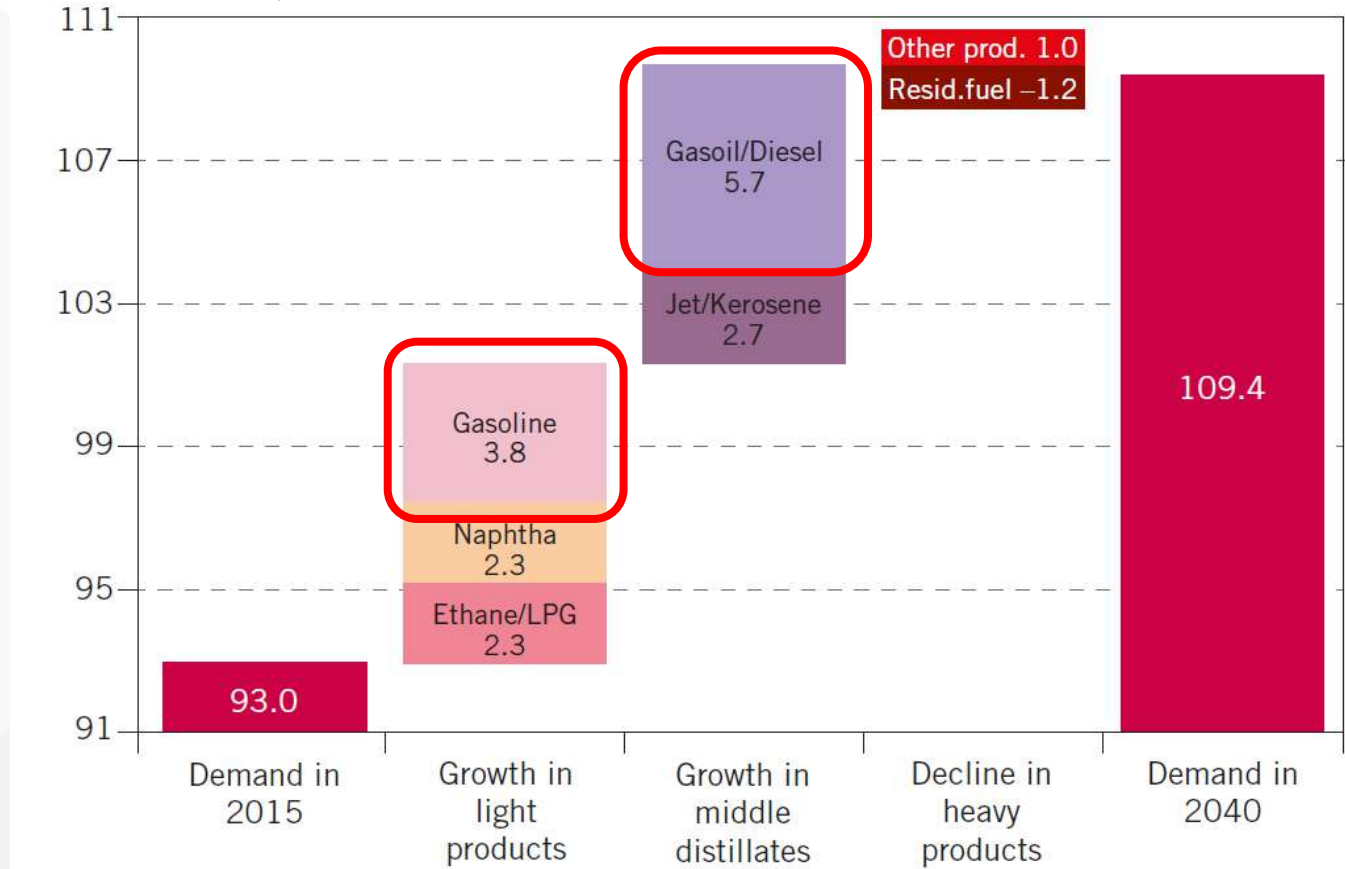
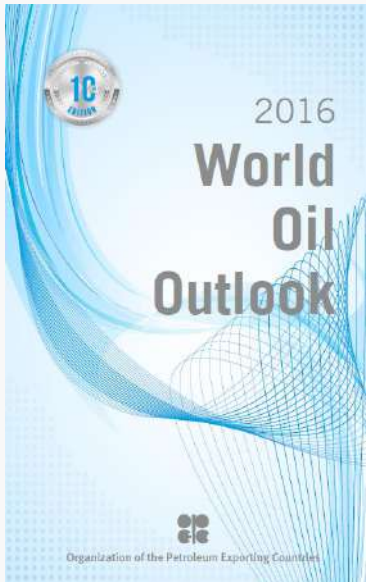
Naciones Unidas

Según el informe del Banco Mundial titulado *What a Waste 2.0* (Los desechos 2.0), (i) en el mundo se generan anualmente 2010 millones de toneladas de desechos sólidos municipales, y al menos el 33 % de ellos no se gestionan sin riesgo para el medio ambiente.

En el informe de 2018, se proyecta que la rápida urbanización, el crecimiento de la población y el desarrollo económico harán que la cantidad de desechos a nivel mundial aumente 70 % en los próximos 30 años y llegue a un volumen asombroso de **3400 millones de toneladas de desechos generados anualmente**.

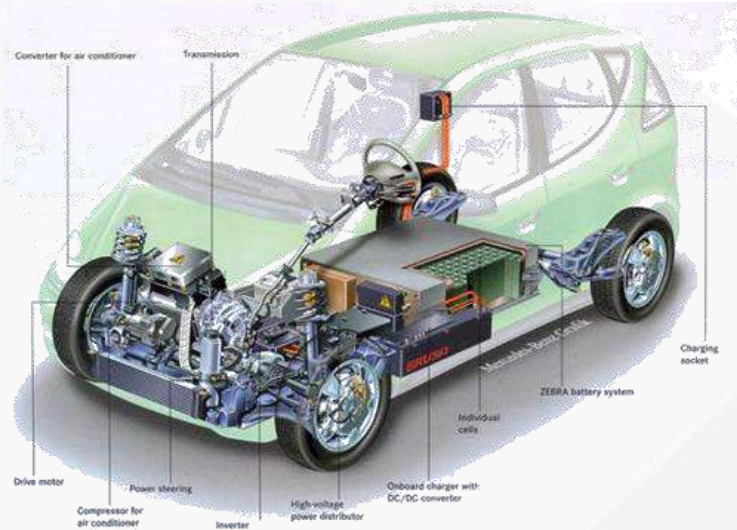
# Introducción

Millones de barriles/día

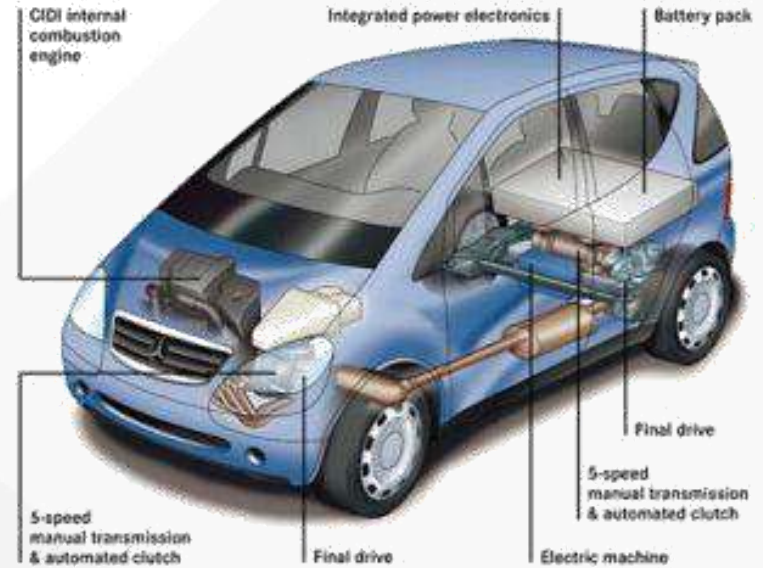


Proyección del aumento en la demanda de petróleo desde 2015 hasta 2040.

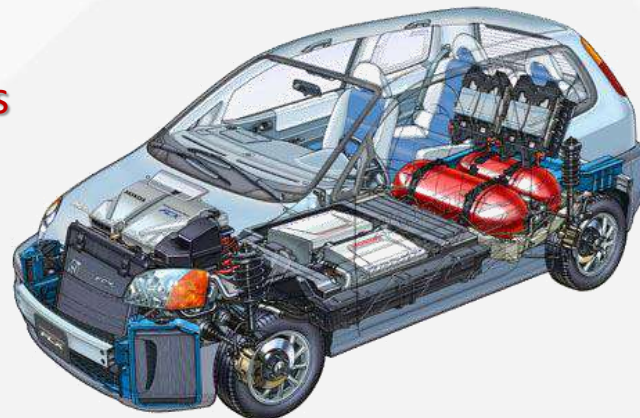
# Introducción



Vehículos eléctricos



Vehículos híbridos



Vehículos de celdas de combustible

# INTRODUCCIÓN

## Combustibles Alternativos



Bio-  
combustibles

- Biodiesel
- Bioetanol
- Biogás
- Otros

Derivados de  
residuos

- Plásticos
- Aceites lubricantes
- Llantas
- Otros

# OBJETIVO

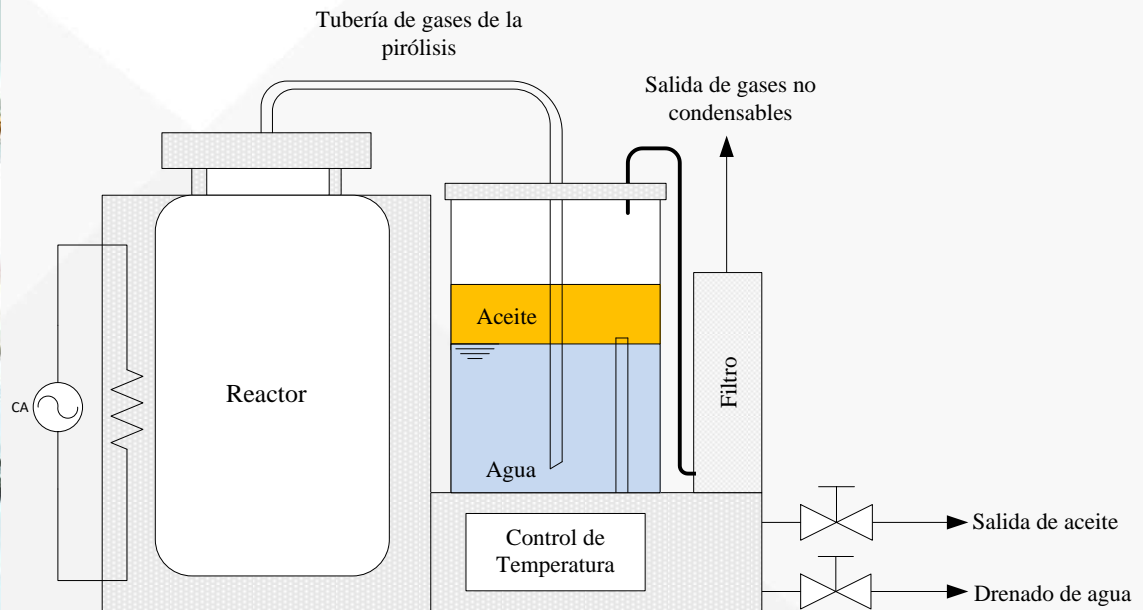
El objetivo general de este proyecto es obtener y caracterizar combustibles derivados de residuos: plásticos, aceites lubricantes y neumáticos, que puedan complementar a los combustibles tradicionales usados en motores de combustión interna.

## Objetivos particulares:

1. Caracterizar el proceso de obtención de combustibles a partir de la pirólisis de residuos.
2. Determinar las características físico-químicas de dichos combustibles.
3. Analizar el efecto del uso de estos combustibles en las prestaciones de motores de combustión interna cuando se usan mezclados en diferentes proporciones con los combustibles tradicionales.

# Herramientas experimentales

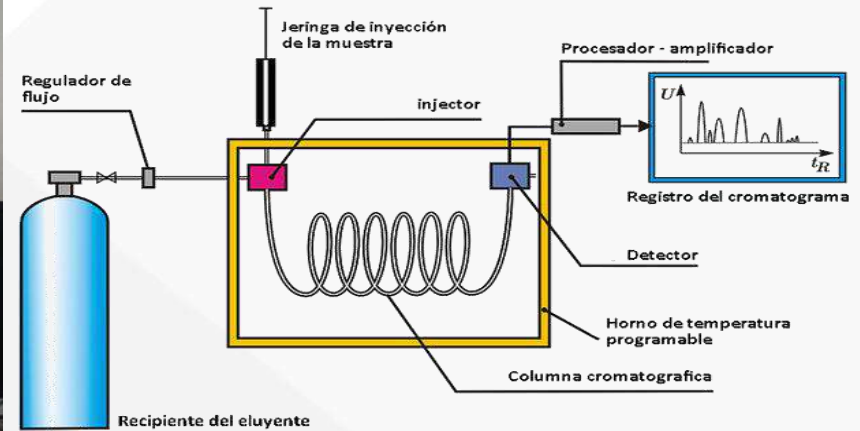
## Pirolizador



## Reactor por lotes (*batch*)

# Herramientas experimentales

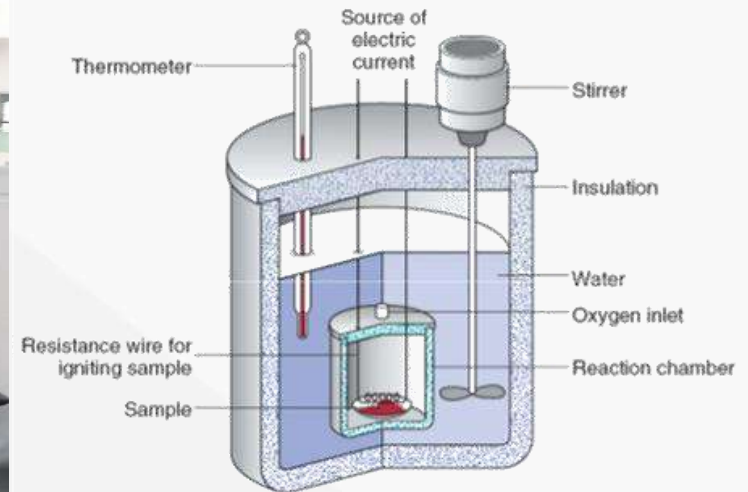
## Cromatógrafo



## Cromatógrafo de gases Varian 450-CG

# Herramientas experimentales

## Bomba Calorimétrica



Bomba calorimétrica IKA Werke modelo C3000

# Herramientas experimentales



Balanza Analítica y Picnómetro



Viscosímetro Cannon-Fenske



Bomba de vacío



Papel filtro Whatman

# Residuos plásticos

El plástico es uno de los grandes inventos del siglo XX, es un material ligero, flexible, versátil y barato, por lo que es utilizado para la fabricación de una infinidad de productos en todo tipo de sectores (hogar, comercio, industria, agricultura, construcción, automoción, etc.).



# Residuos plásticos

Sin embargo, el incremento en el uso de estos productos en los últimos años está provocando que cada vez haya más residuos plásticos, lo cual, aunado a su lenta degradación, representa una grave amenaza para el medio ambiente.

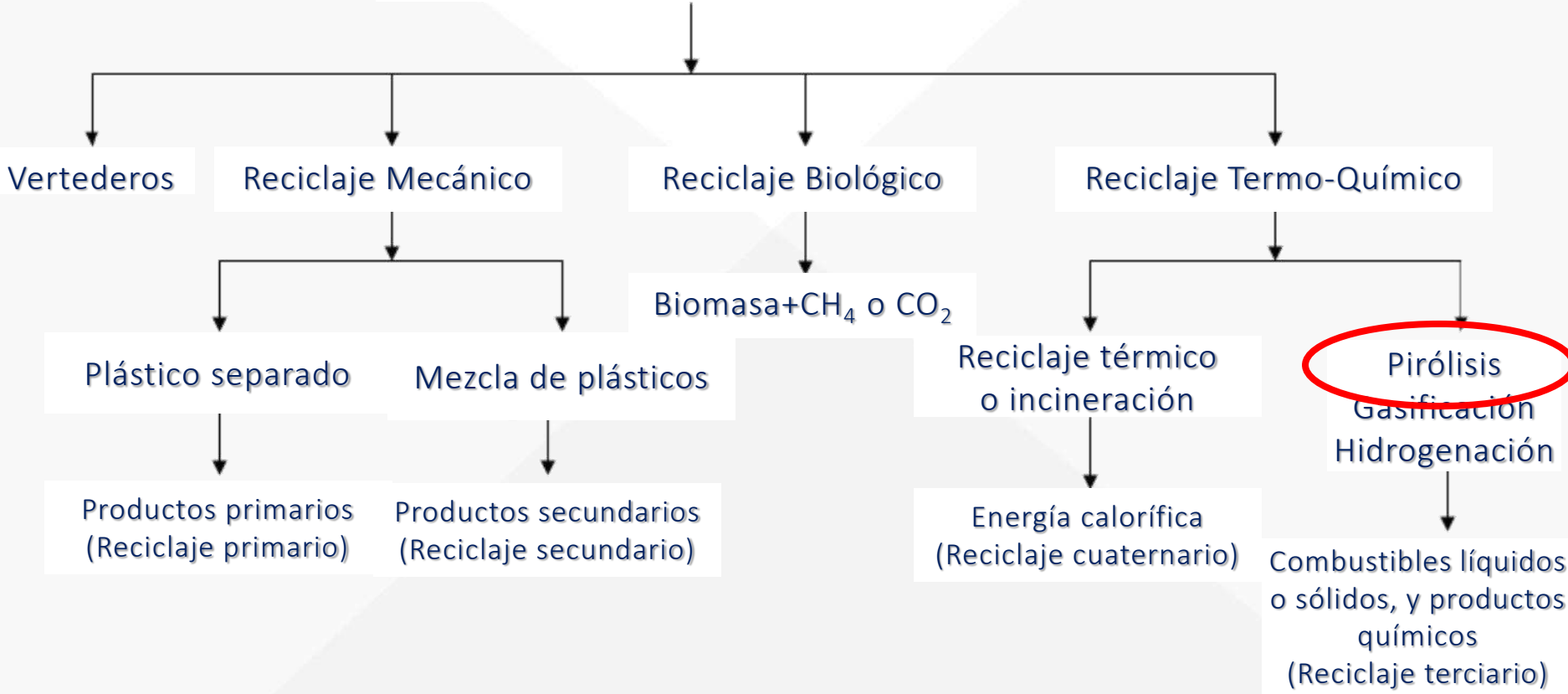


Los plásticos representan más del 12% de los residuos sólidos urbanos.



# Residuos plásticos

## Gestión de Residuos Plásticos



# Residuos plásticos

## Metodología

MEZCLA	PP [%]	LDPE [%]	HDPE [%]
Mezcla 1	33	33	33
Mezcla 2	50	25	25
Mezcla 3	25	50	25
Mezcla 4	25	25	50
Mezcla 5 (arbitraria)	--	--	--



(a)



(b)



(c)



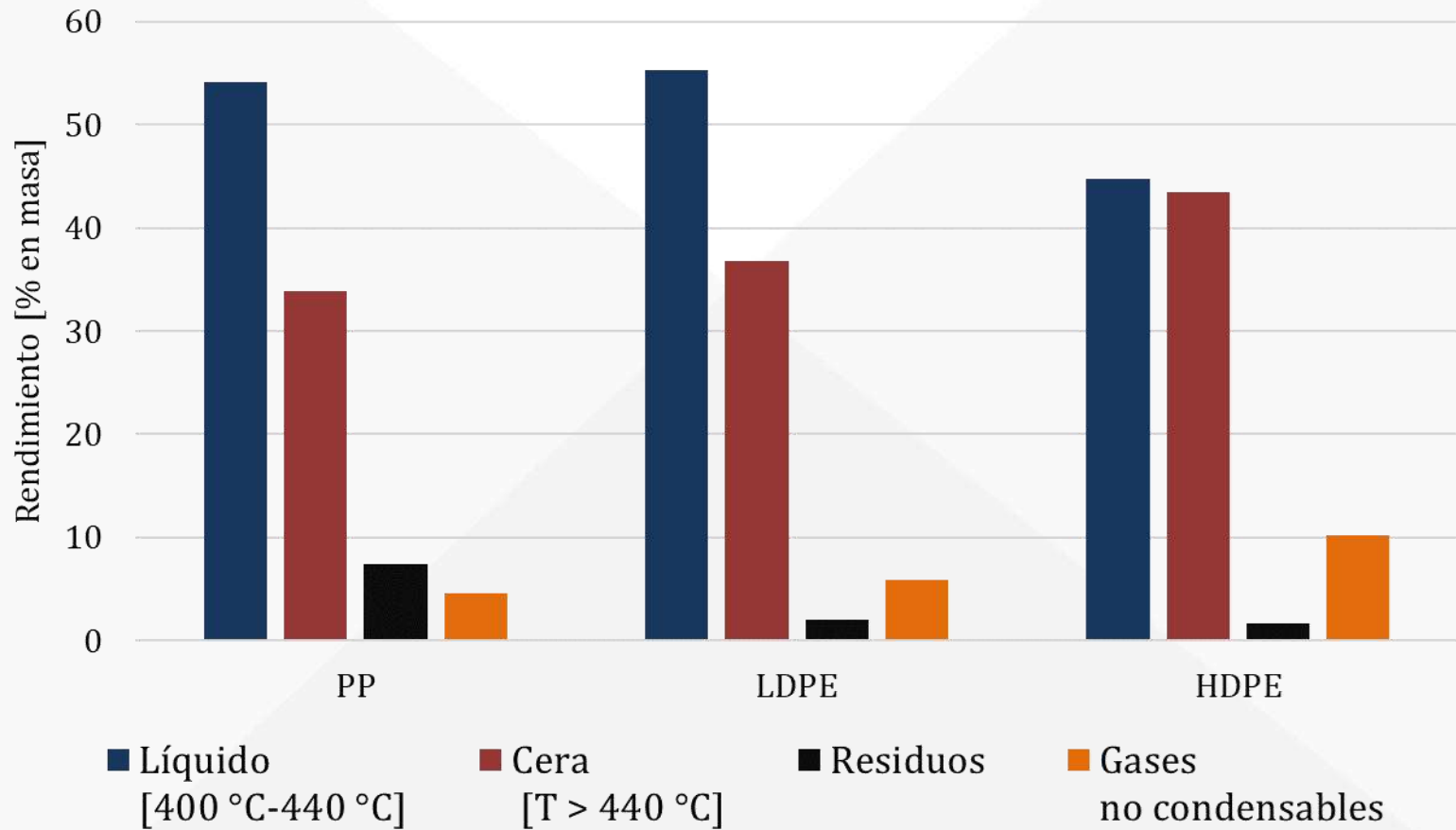
(d)

**Material es usados: (a) PP, (b) LDPE, (c) HDPE**

**y (d) mezcla arbitraria.**

# Residuos plásticos

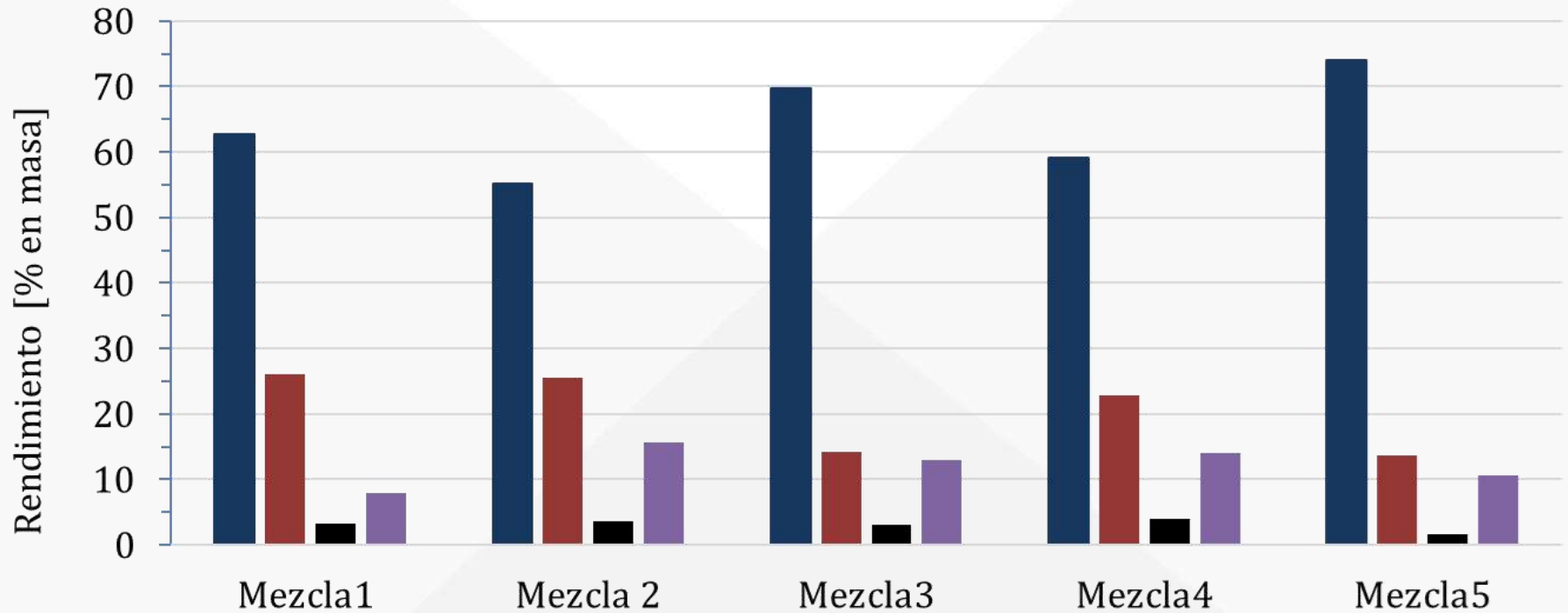
## Resultados



## Rendimiento de la pirólisis del PP, HDPE y LDPE

# Residuos plásticos

## Resultados

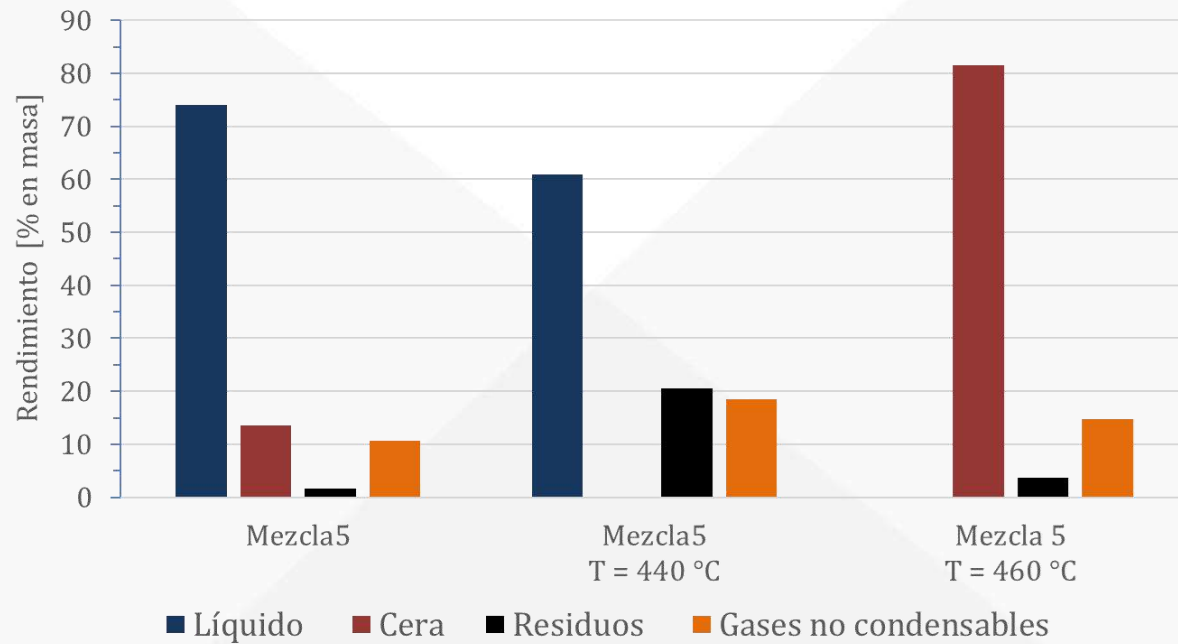


■ Líquido ■ Cera ■ Residuos ■ Gases no condensables

**Rendimiento de la pirólisis de las mezclas [440 °C máx.]**

# Residuos plásticos

## Productos de la pirólisis



Producto pirólisis 440°C

Residuo pirólisis 440°C

Producto pirólisis 460°C

Residuo pirólisis 460°C

# Residuos plásticos

## Destilación

180 °C



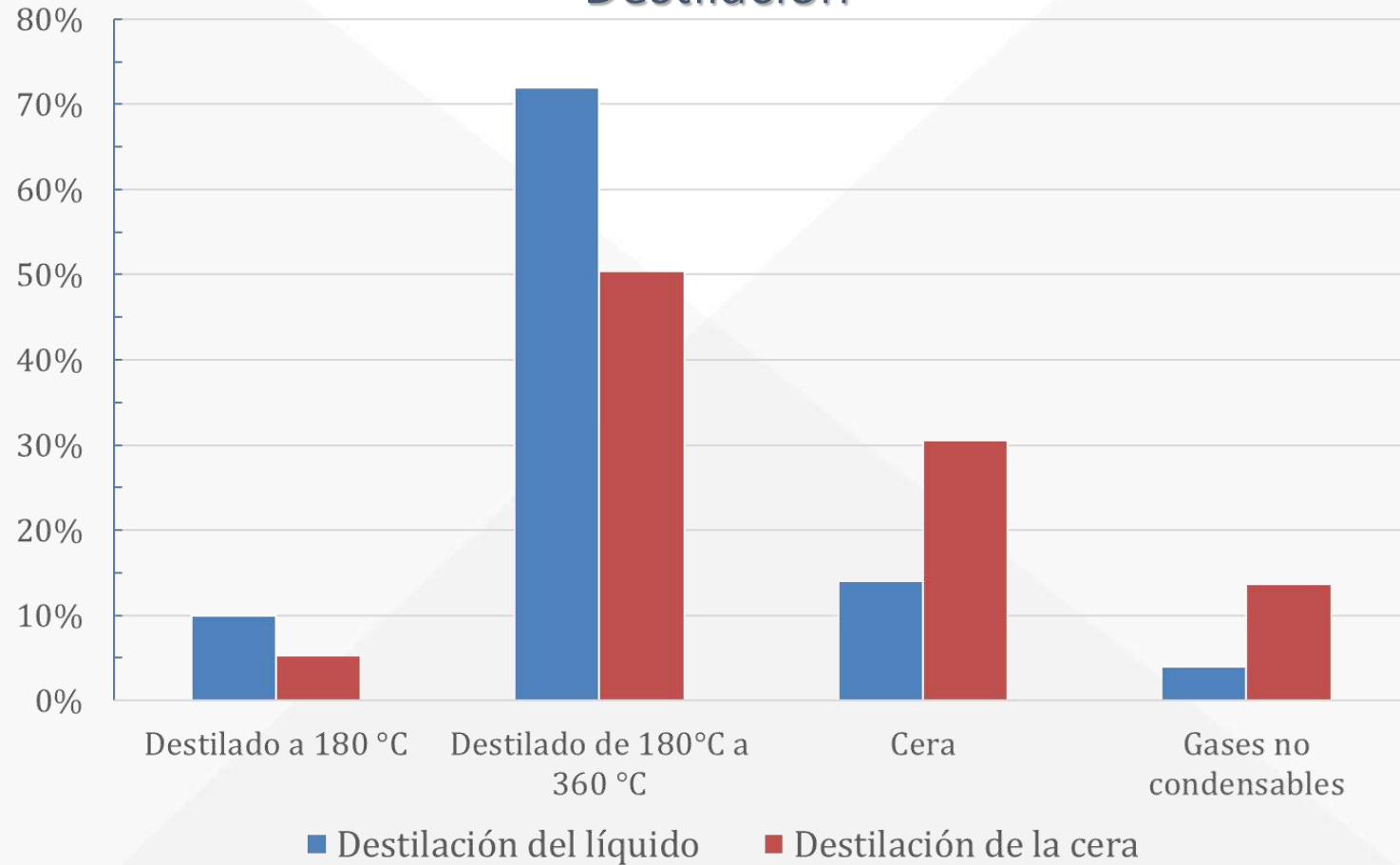
180 - 360 °C



Muestras de los productos obtenidos

# Residuos plásticos

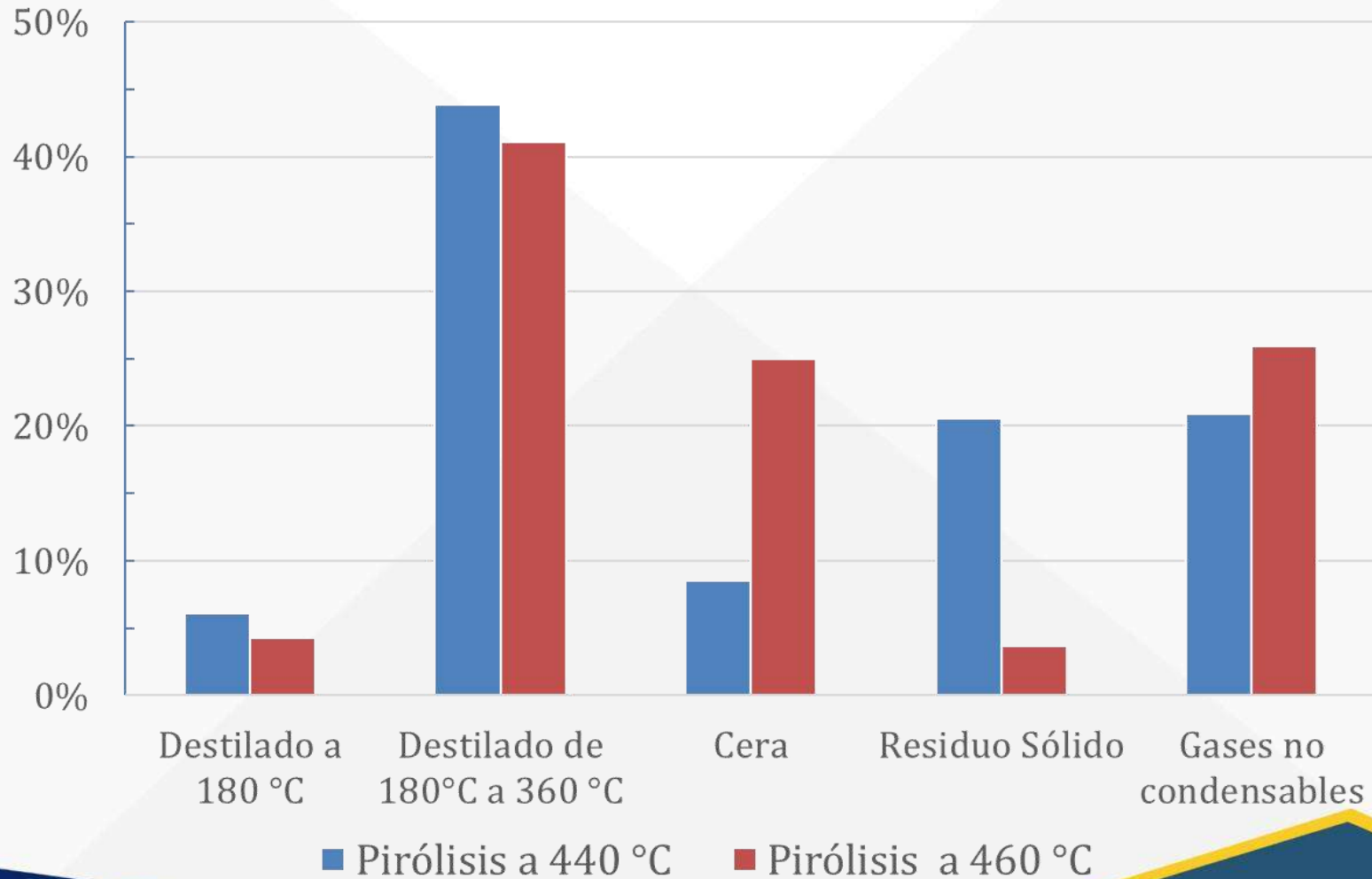
## Destilación



**Porcentajes promedio de los productos destilados**

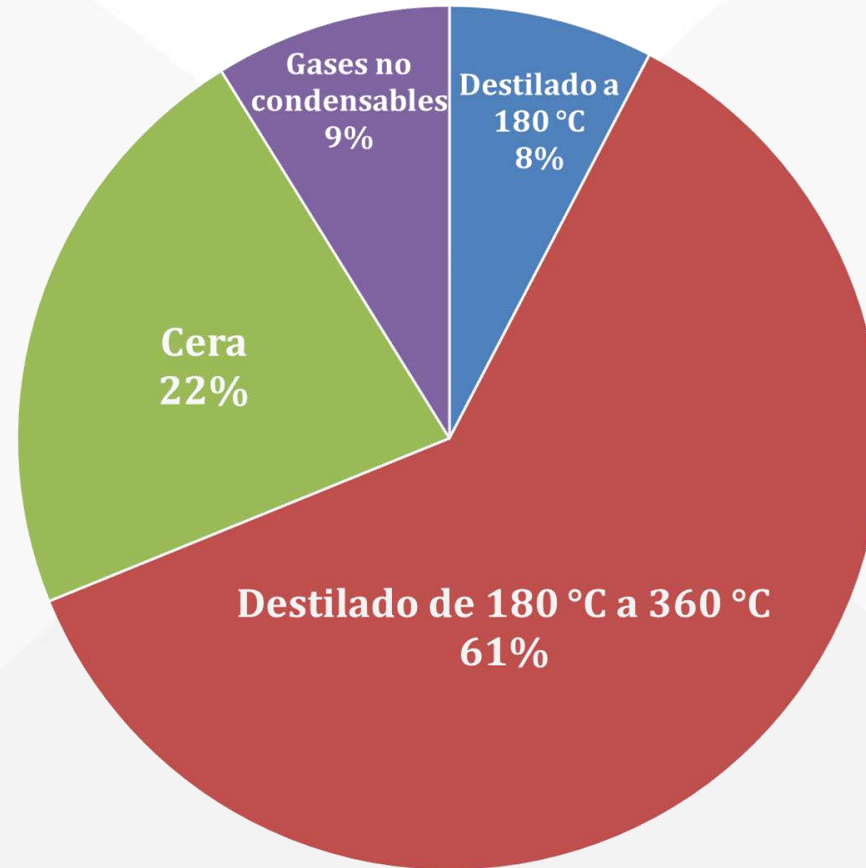
# Residuos plásticos

## Rendimiento Global



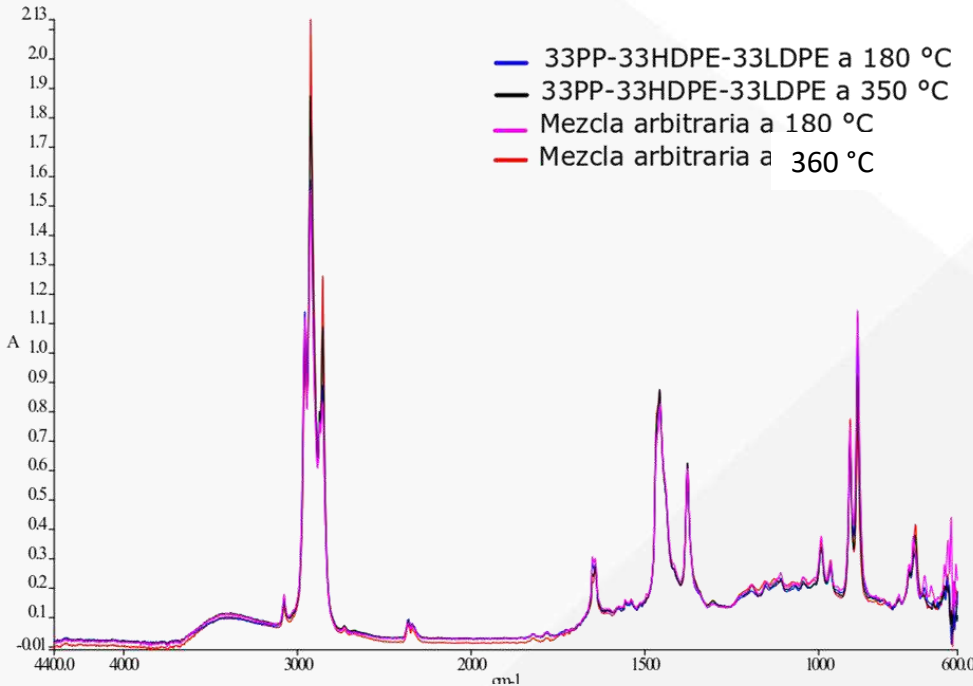
# Residuos plásticos

## Rendimiento Global

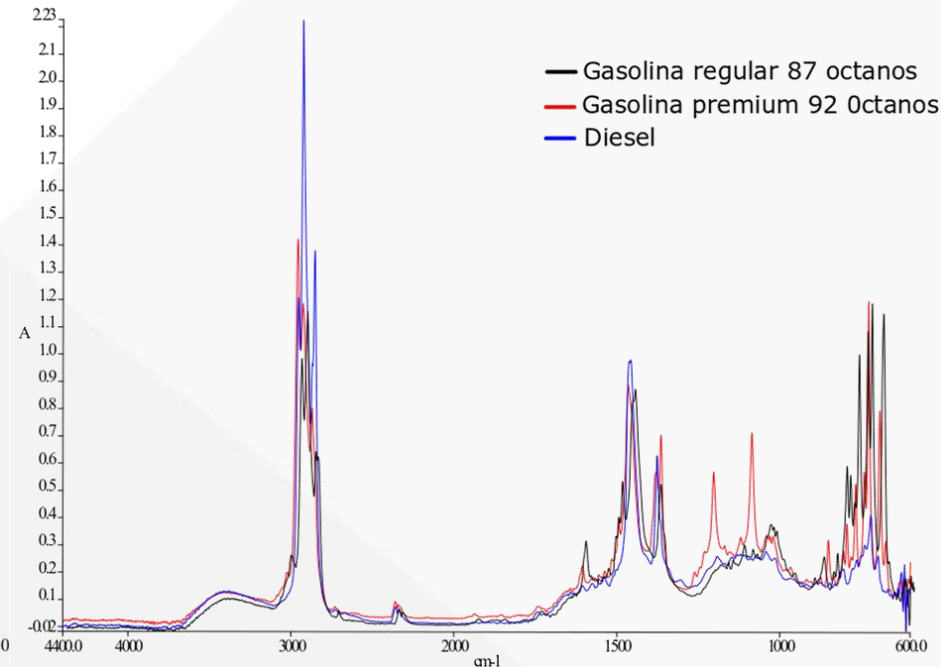


## Pirólisis de residuos plásticos

## Espectrometría infrarroja



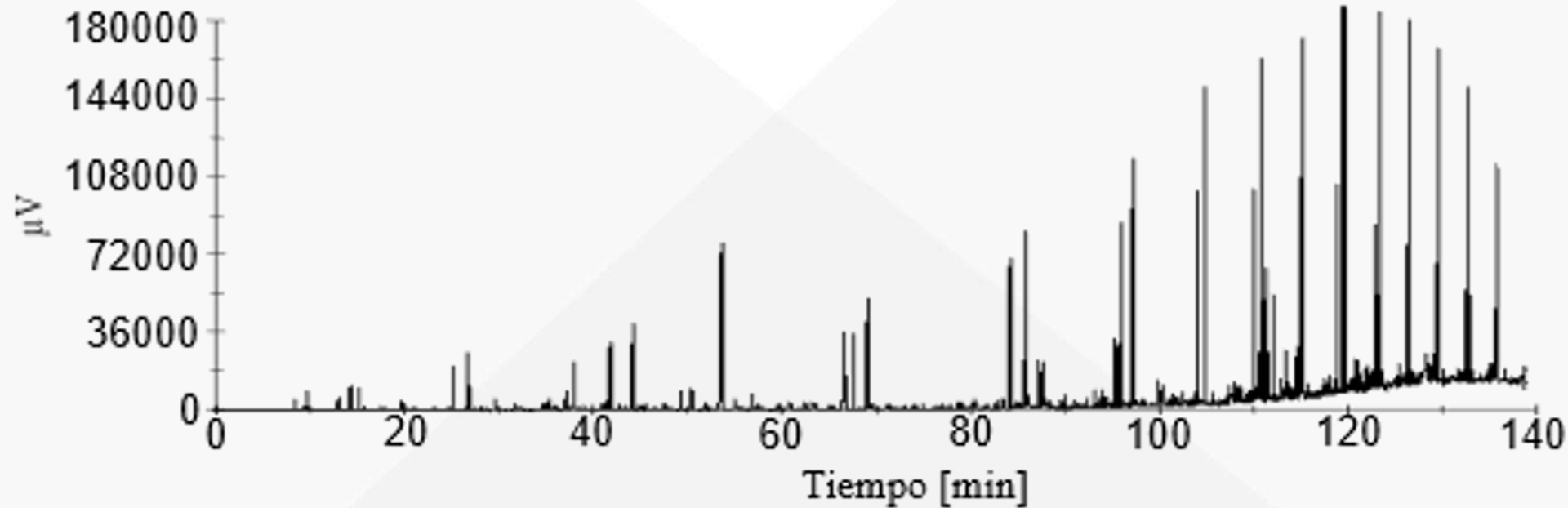
Espectro infrarrojo de absorción para los destilados de la cera de la mezcla 33PP-33HDPE-33LDPE y de la mezcla arbitraria de ceras a las temperaturas de 180 y 360 °C



Espectro infrarrojo de absorción para combustibles convencionales.

# Residuos plásticos

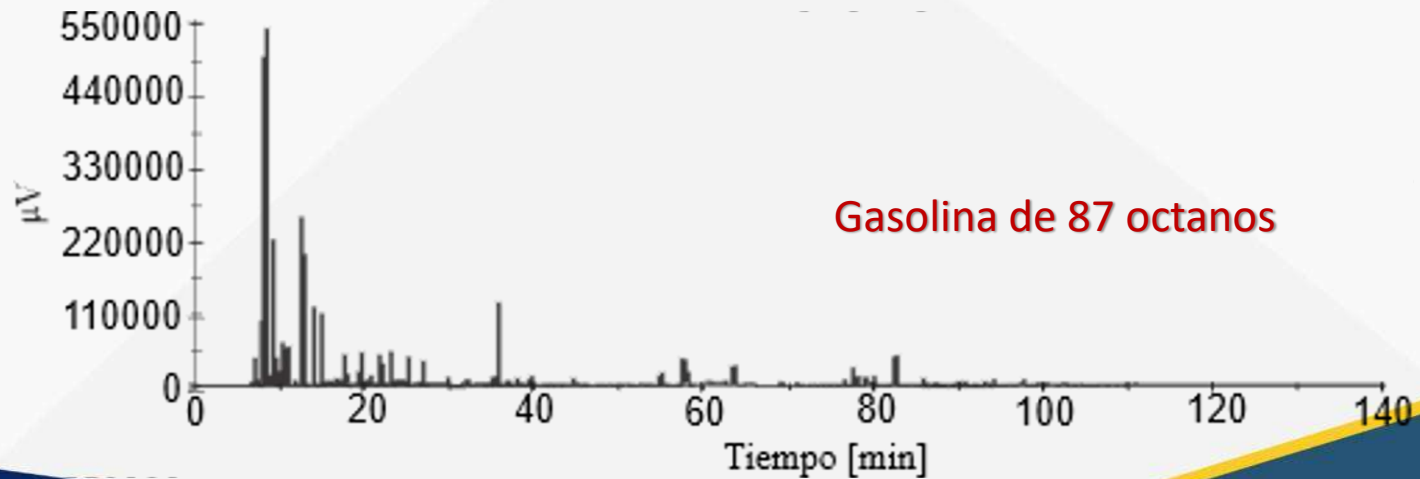
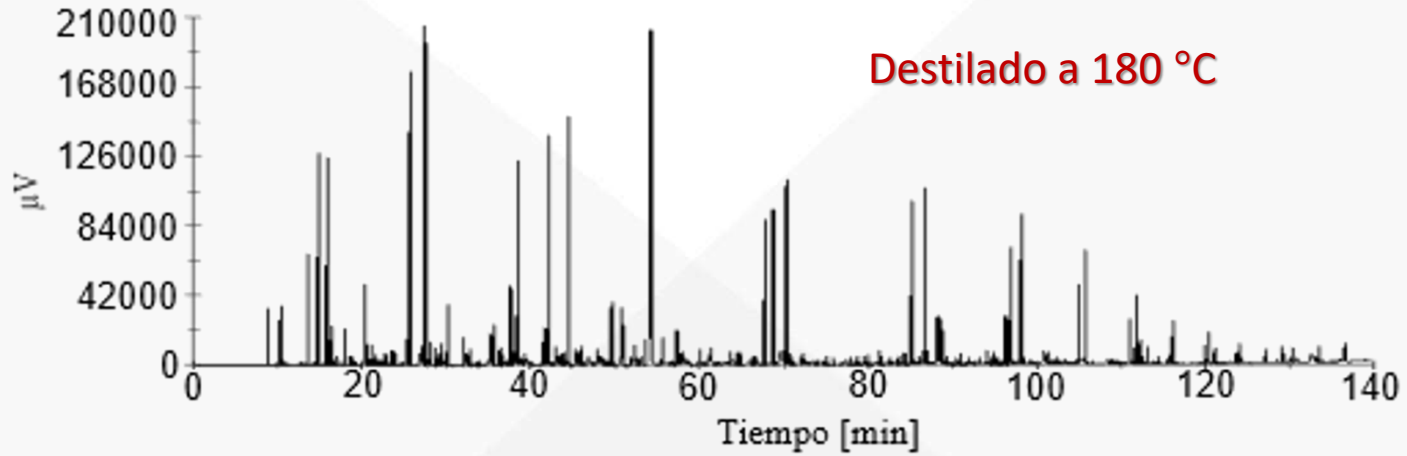
## Cromatografía



## Producto de la pirólisis

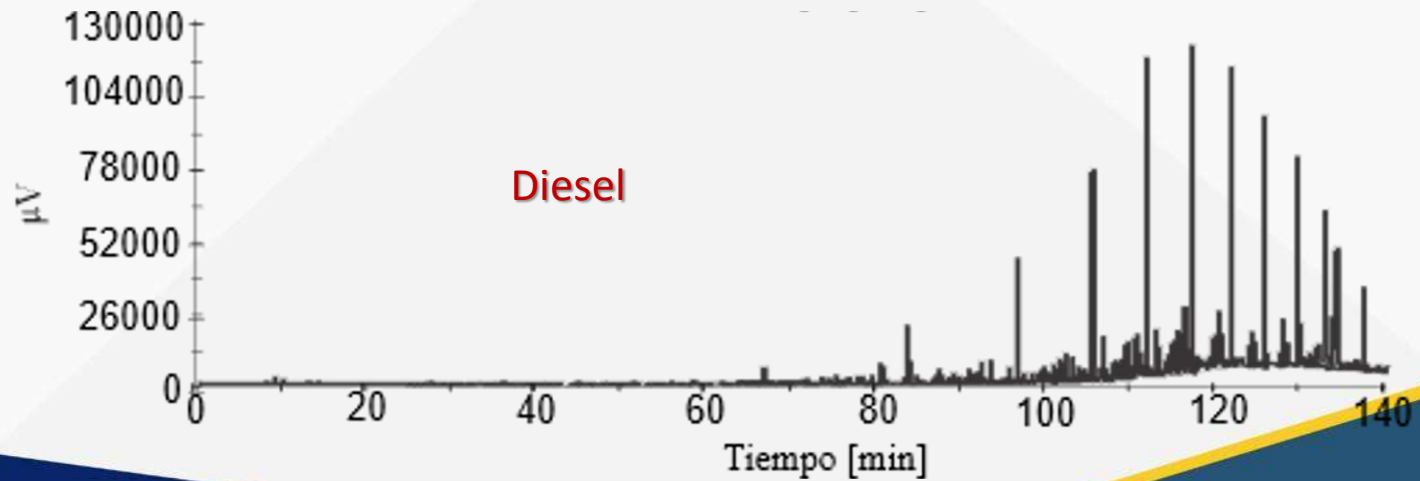
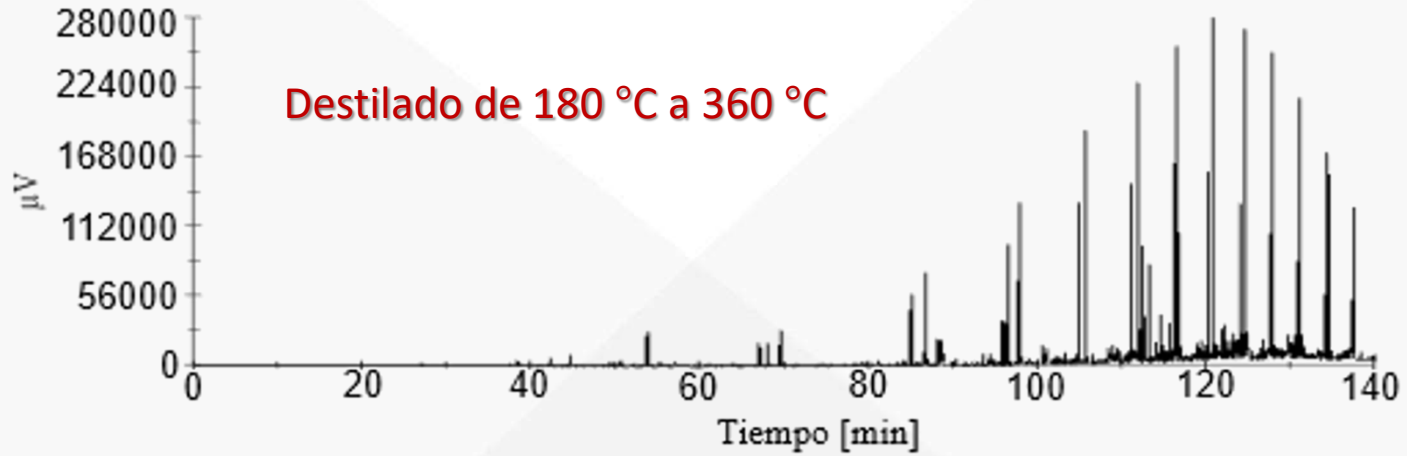
# Residuos plásticos

## Cromatografía



# Residuos plásticos

## Cromatografía



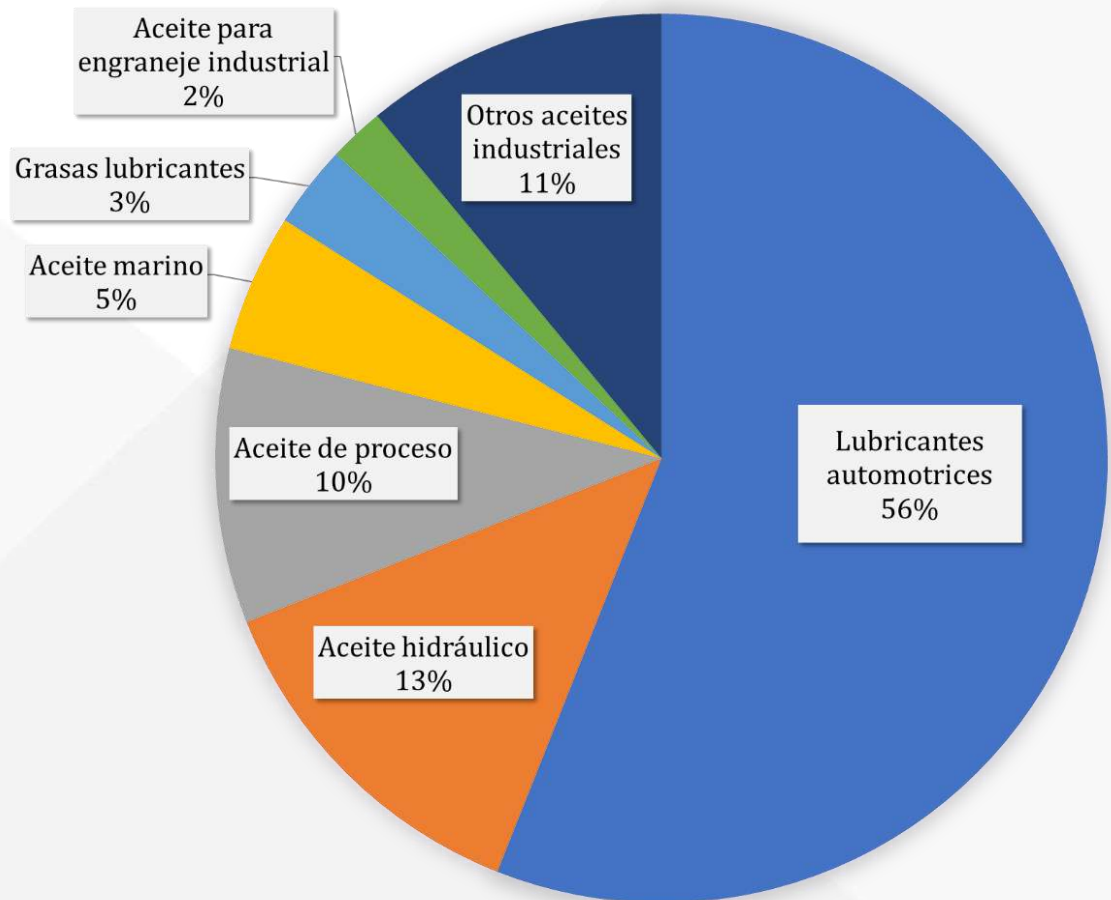
# Residuos plásticos

## Propiedades

Sustancia	Viscosidad cinemática [mm <sup>2</sup> /s] @40 °C	Densidad relativa @ 20 °C	Poder calorífico superior [MJ/kg]	Poder calorífico inferior [MJ/kg]
Producto de pirólisis	3.060	0.791	45.584	43.815
Destilado 180 °C	1.335	0.755	46.356	44.146
Destilado 180-360 °C	3.167	0.797	45.489	44.034
Gasolina 87 Octanos	1.050	0.749	45.600	42.813
Gasolina 92 Octanos	1.060	0.734	45.554	43.014
Diesel	3.620	0.831	44.595	43.463

## ACEITE LUBRICANTE

Se estima que anualmente se generan en el mundo 45 millones de toneladas de aceites residuales provenientes de diferentes sectores, de los cuales sólo el 40% es recolectado y desechado adecuadamente, lo que representa un grave impacto para la salud y el medio ambiente, debido a su contenido en metales y otros contaminantes que quedan de los aditivos.



Porcentaje de uso de diferentes lubricantes

# Aceite lubricante

## Metodología

4 Pruebas

- 2 kg (aproximadamente).

1er. y 2da. Prueba

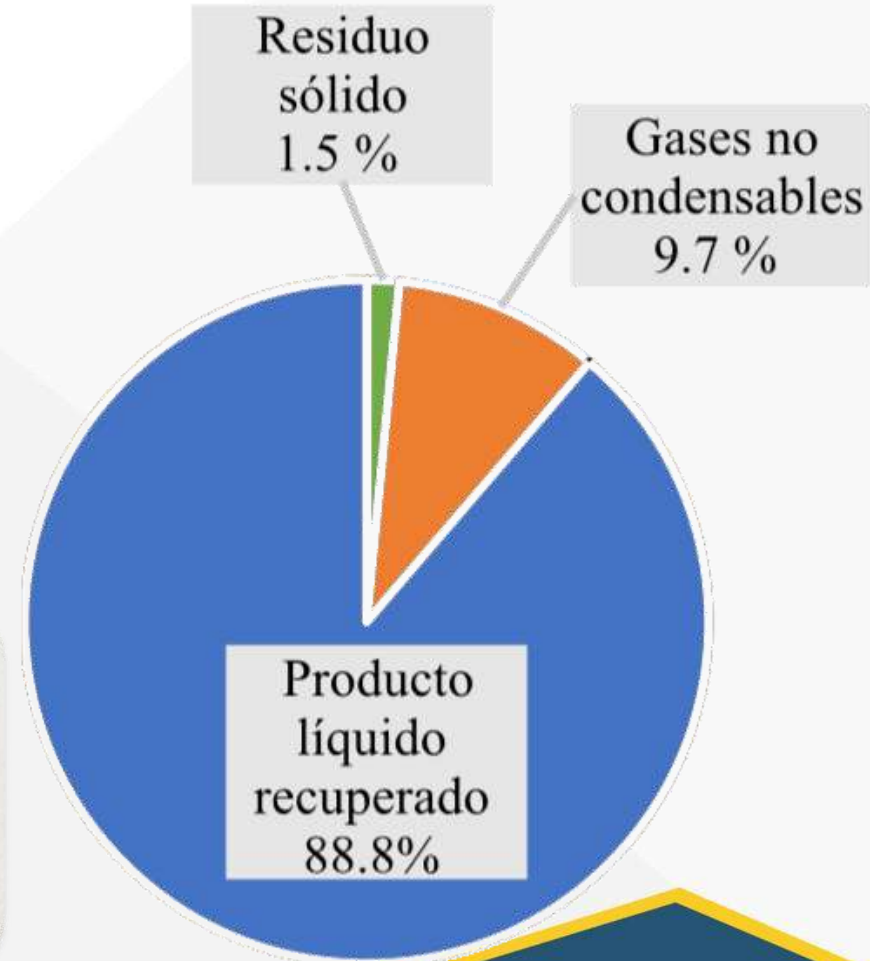
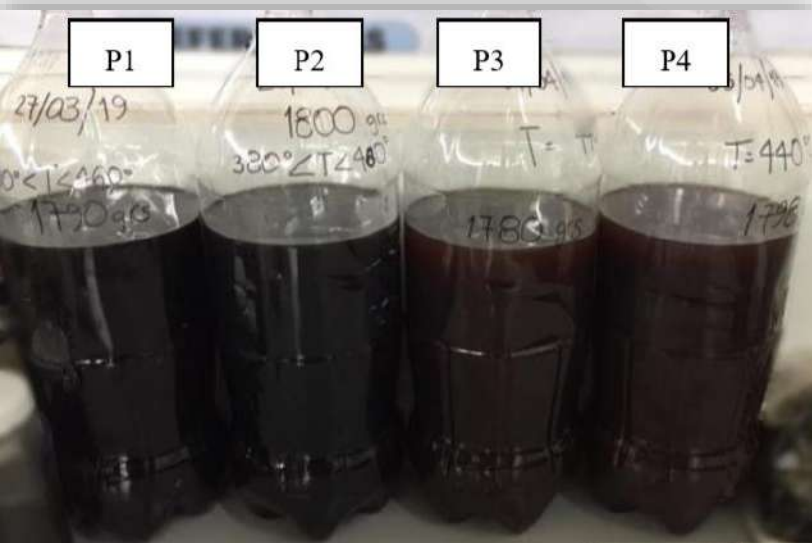
- 380 – 440 °C
- $\Delta T = 20$  °C
- 6 horas.

3er. y 4ta. Prueba

- 440 °C
- 4 horas.

# Aceite lubricante

## Productos de la pirólisis



# Aceite lubricante

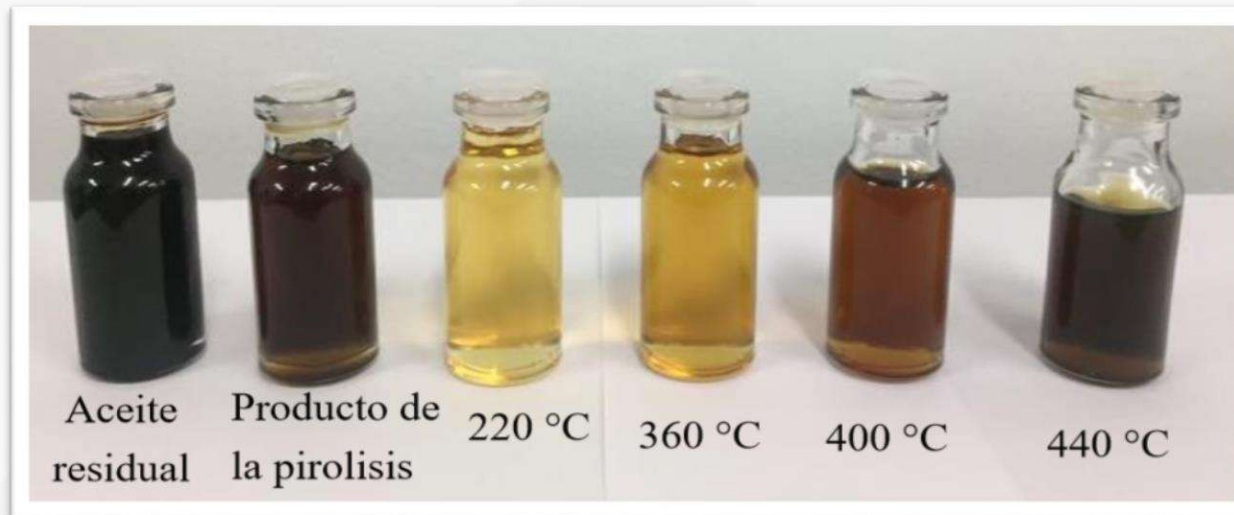
## Destilación

220 °C

360 °C

400 °C

440 °C



Muestras de los productos obtenidos

# Aceite lubricante

## Destilación

### Porcentajes en masa recuperada de las destilaciones

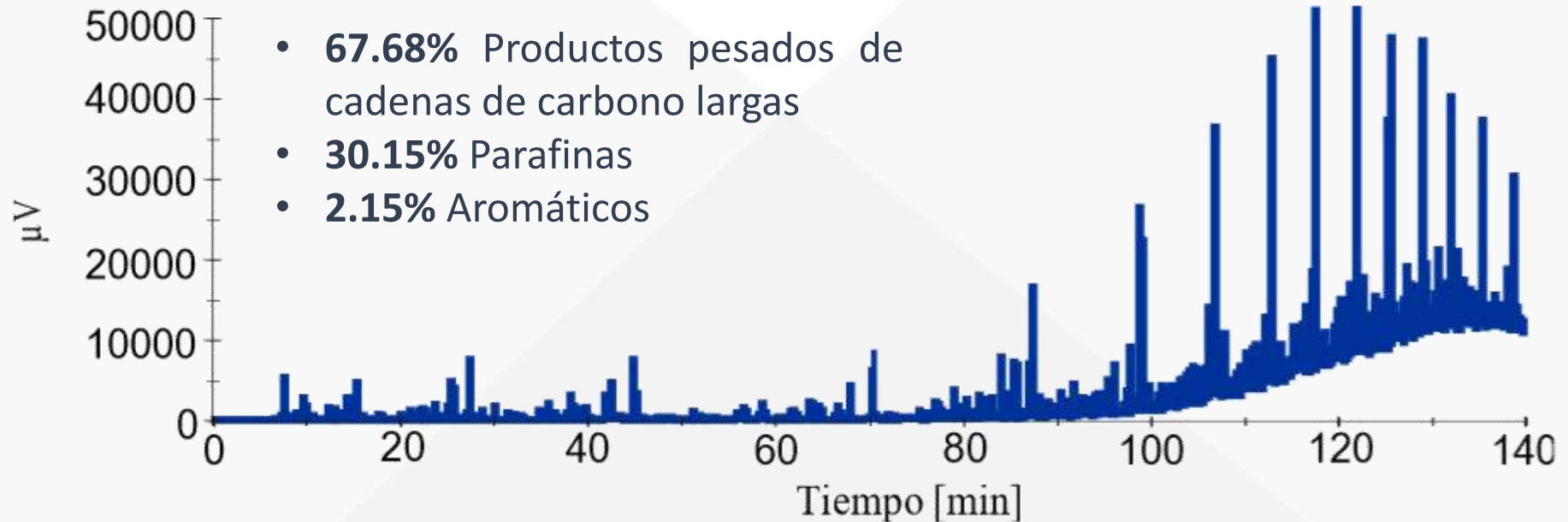
	Masa Inicial [g]	220 °C	360 °C	400 °C	440 °C	Producto Recuperado
D1	1598	4.13%	23.28%	22.90%	41.30%	91.61%
D2	1600	3.50%	37.00%	23.38%	28.38%	92.25%
D3	1582	0.88%	35.15%	23.14%	29.08%	88.24%

### Porcentajes en masa final

Masa al Inicio [g]	Masa Recuperada Final [g]	Porcentaje Recuperado Final [%]
2010	1464	72.84%
2028	1476	72.78%
2026	1396	68.90%

# Aceite lubricante

## Cromatografía

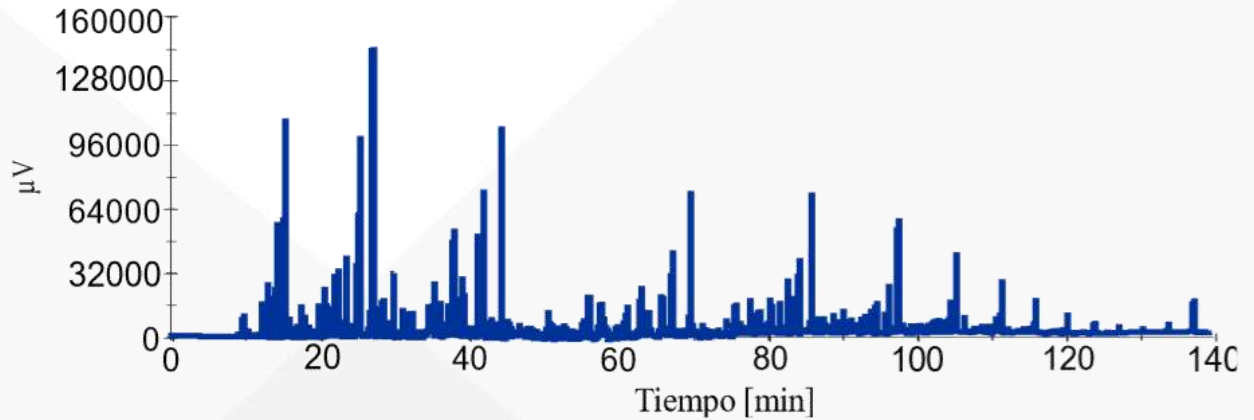


## Producto de la pirólisis

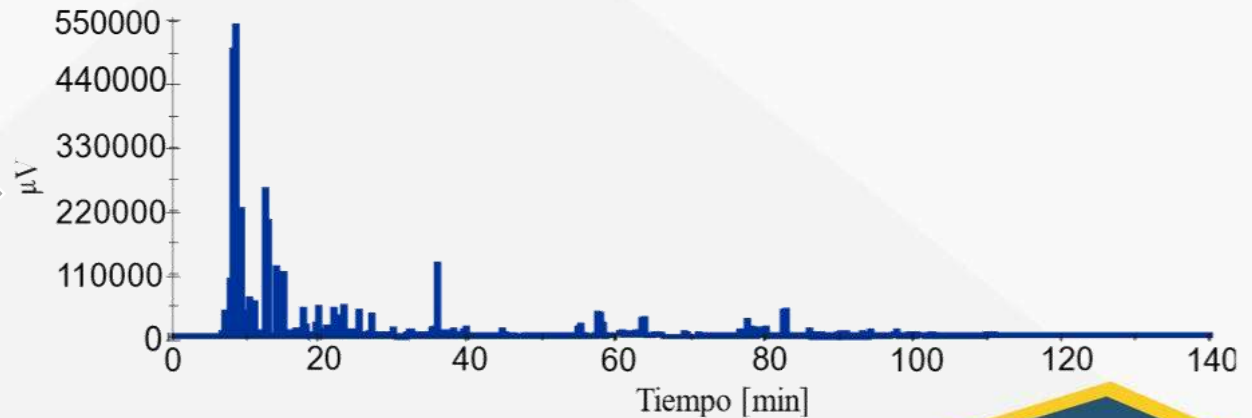
# Aceite lubricante

## Cromatografía

Destilado  
220 °C



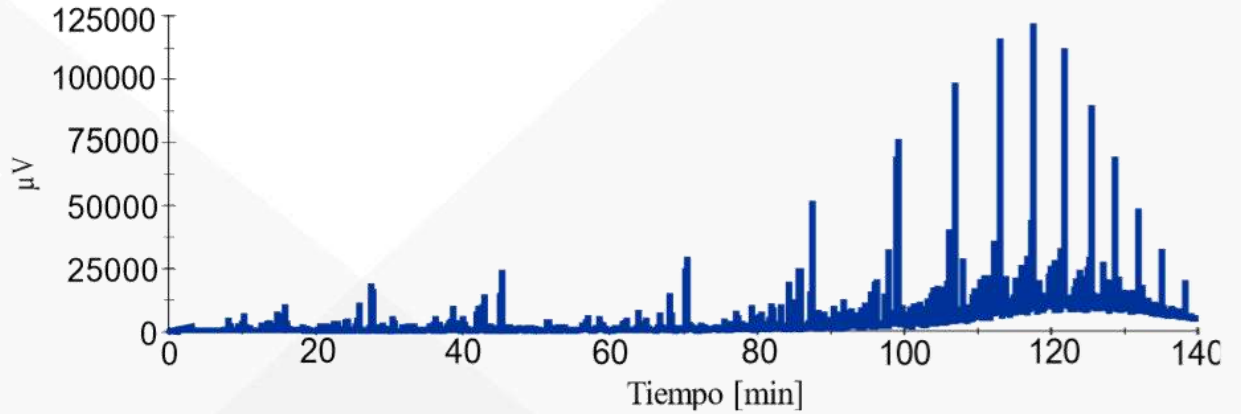
Gasolina  
87 octanos



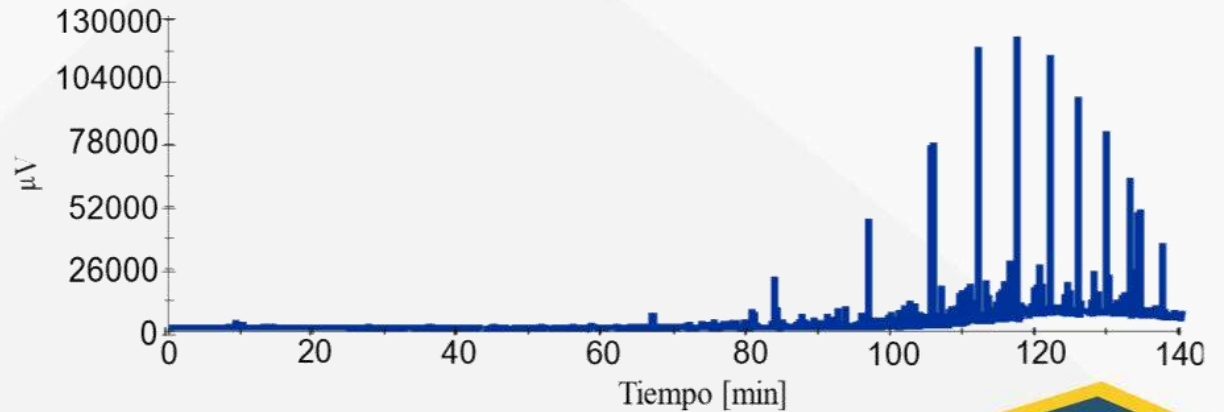
# Aceite lubricante

## Cromatografía

Destilado  
360 °C



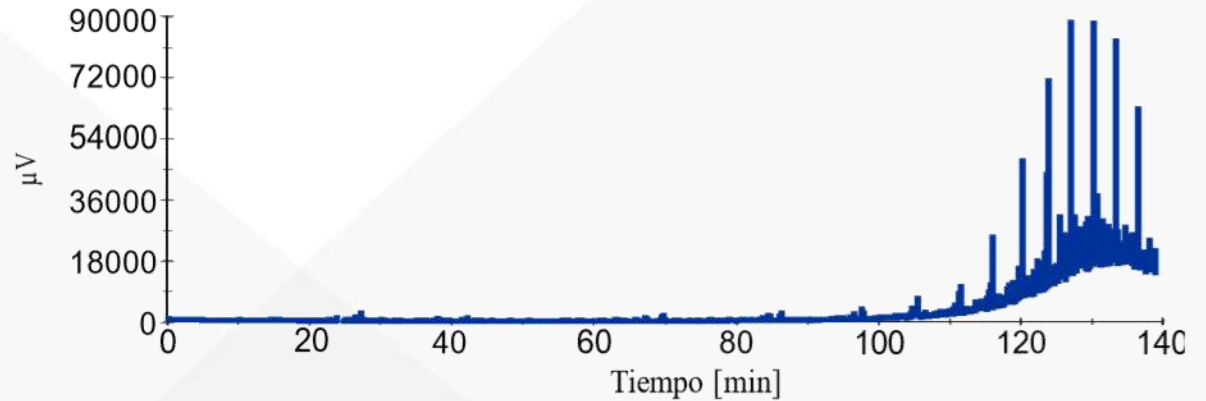
Diesel



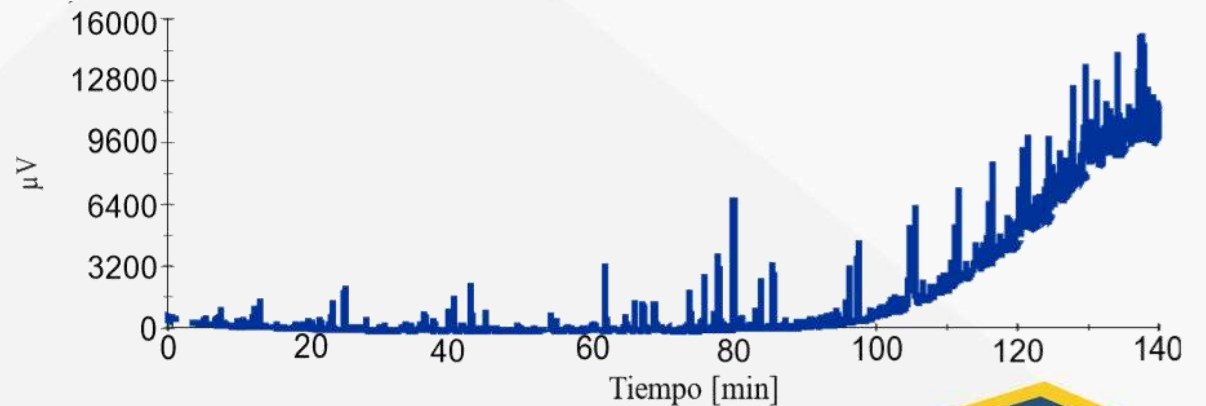
# Aceite lubricante

## Cromatografía

Destilado  
400 °C



Destilación  
440 °C



# Aceite lubricante

## Propiedades

Sustancia	Viscosidad cinemática [mm <sup>2</sup> /s] @40 °C	Densidad relativa @ 20 °C	Poder calorífico superior [MJ/kg]	Poder calorífico inferior [MJ/kg]
<b>Aceite residual</b>	48.607	0.861		
<b>Aceite de pirólisis</b>	9.243	0.835	45.264	43.895
<b>Destilado 220 °C</b>	1.369	0.755	45.061	43.940
<b>Destilado 360 °C</b>	2.534	0.805	45.210	43.562
<b>Destilado 400 °C</b>	8.670	0.837	44.632	43.925
<b>Destilado 440 °C</b>	14.007	0.843		
<b>Gasolina 87 Octanos</b>	1.050	0.749	45.600	42.813
<b>Diesel</b>	3.620	0.831	44.595	43.463

# Neumáticos usados

Debido al incremento en el uso de vehículos, miles de toneladas de llantas usadas son generadas en todo el mundo. Se estima que en países desarrollados anualmente se desecha una llanta por persona. La disposición final de las llantas usadas es el confinamiento en rellenos sanitarios a modo de pilas al aire libre, generando así problemas de salud y riesgo de incendio.



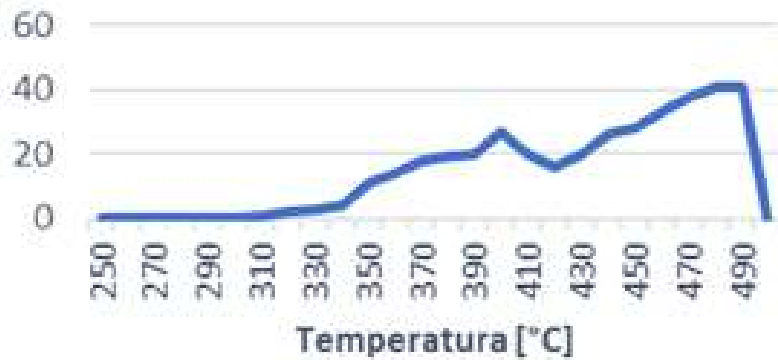
Disposición a cielo abierto de llantas usadas

# Neumáticos usados

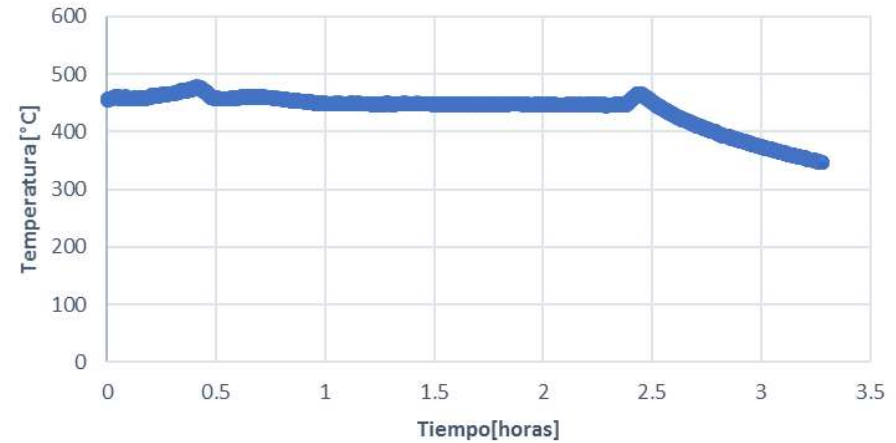
## Metodología

Aceite [g]

Prueba 1 [500 g]



Prueba 2 [500 g]



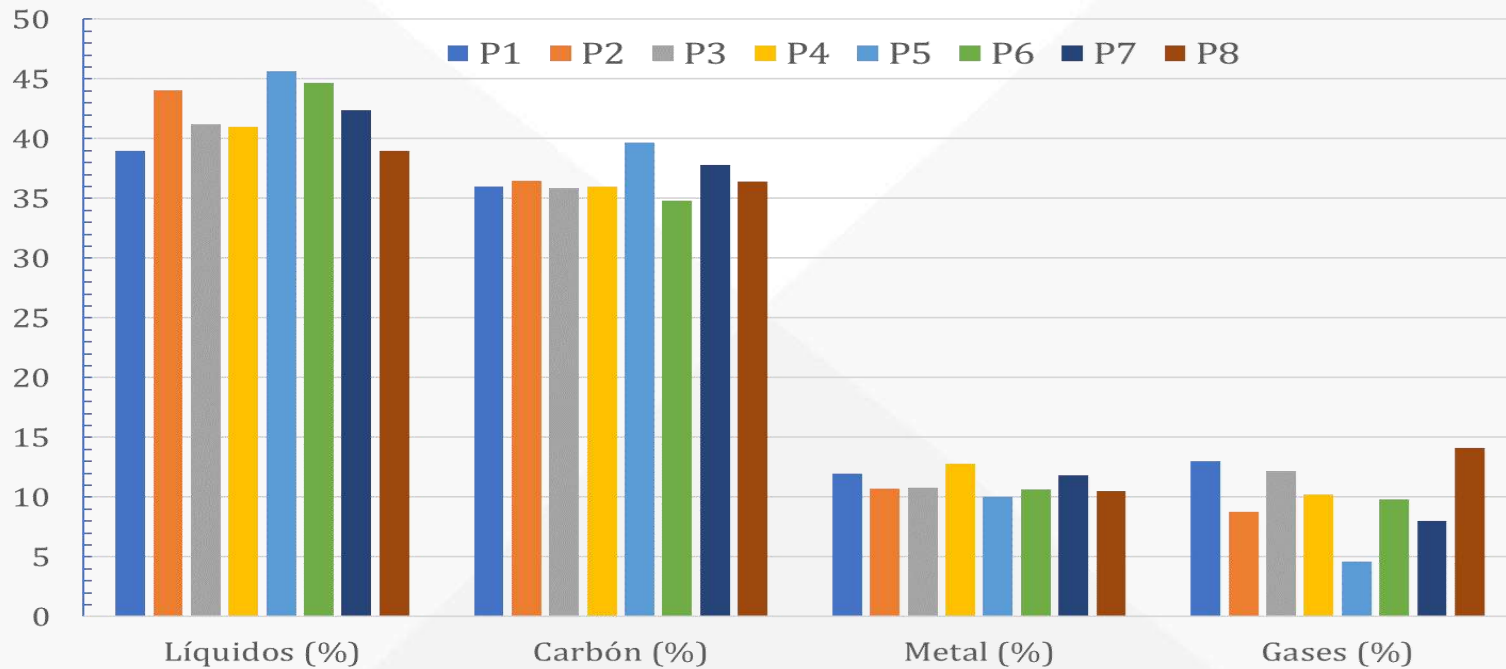
# Neumáticos usados

## Metodología

Prueba	Masa [g]	Temperatura [°C]
P1	500	490
P2		
P3		
P4		
P5	750	
P6		
P7	1 000	
P8		

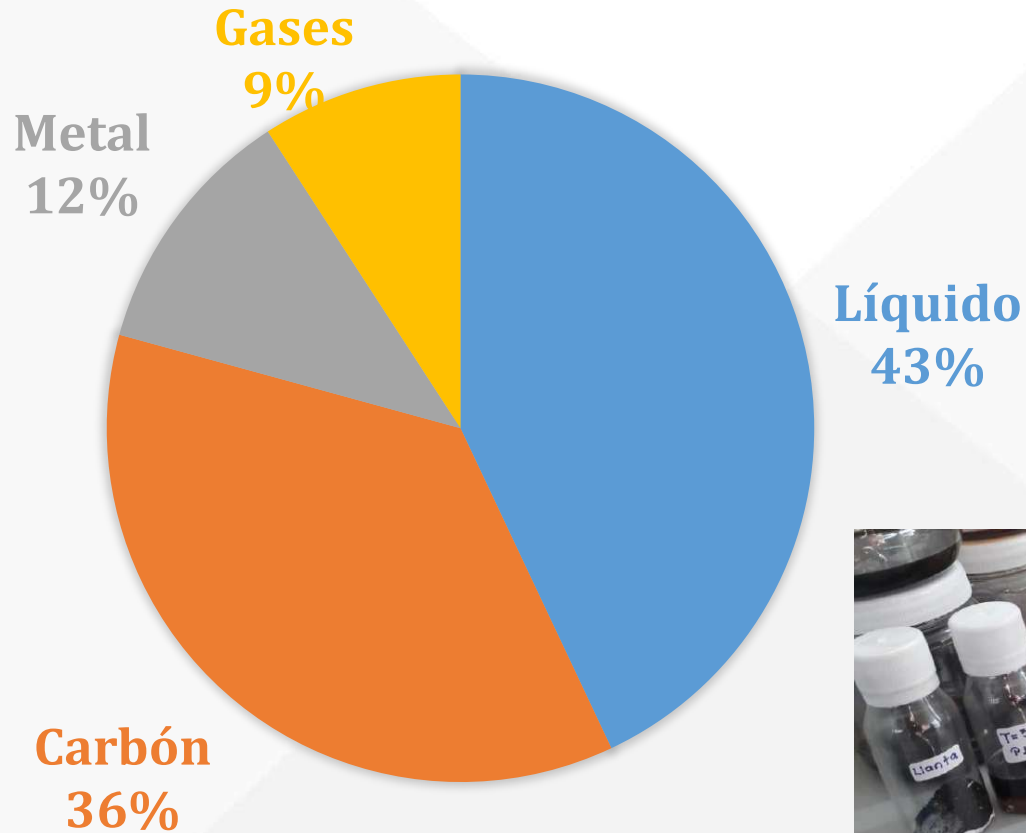
# Neumáticos usados

## Productos de la pirólisis



# Neumáticos usados

## Productos de la pirólisis



## Conclusiones

- ❖ La pirólisis de los **residuos plásticos** a 460 °C, incrementa la rapidez de conversión, obteniéndose en su mayoría un producto sólido, que al ser destilado, genera combustibles con propiedades semejantes a las de la gasolina y al diesel, además de grasa y gases no condensables en menores proporciones.



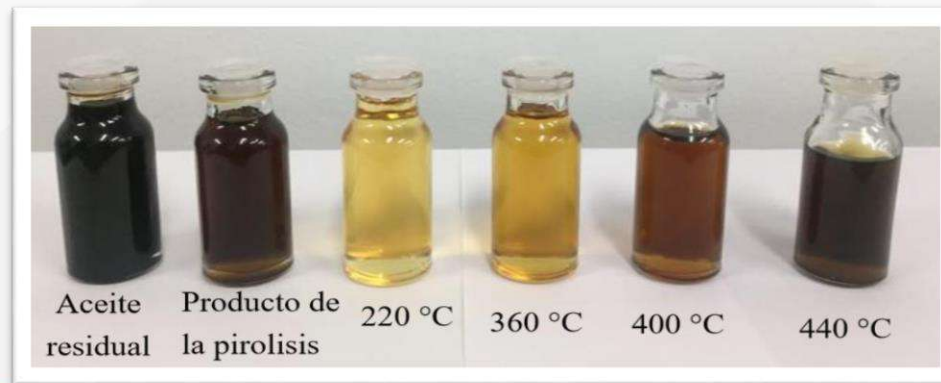
## Conclusiones

- ❖ La pirólisis de los **residuos plásticos** a  $460\text{ }^{\circ}\text{C}$ , incrementa la rapidez de conversión, obteniéndose en su mayoría un producto sólido, que al ser destilado, genera combustibles con propiedades semejantes a las de la gasolina y al diesel, además de grasa y gases no condensables en menores proporciones.



## Conclusiones

- ❖ Con la pirólisis de **aceites lubricantes usados** es posible recuperar hasta un 70% de este residuo, en productos más limpios y de mayor valor.
- ❖ En una primera etapa, los aceites residuales son sometidos a un proceso de pirólisis a temperaturas de 380-460 °C, obteniéndose una mezcla de hidrocarburos pesados.
- ❖ Posteriormente, estos hidrocarburos son sometidos a un proceso de destilación a temperaturas de 220, 360, 400 y 440 °C, donde se obtienen hidrocarburos más limpios.
- ❖ Los destilados a 220 y 360 °C tienen propiedades similares a las de la gasolina y el diesel, respectivamente.



# Conclusiones

- ❖ De la pirólisis de **neumáticos usados** se obtiene un 43% de combustible líquido, 36% de carbón, 12% de metal y 9% de gases no condensables.



# Conclusiones

La producción de combustibles alternativos a partir de residuos orgánicos que aquí se propone, no solo disminuiría el consumo de combustibles derivados del petróleo, sino que también ayudaría a proteger el medio ambiente de productos químicos tóxicos y peligrosos.

# Equipo de trabajo

- Dr. Francisco Elizalde Blancas (Profesor del Departamento de Ingeniería Mecánica, DICIS-UG).
- Dr. Juan Manuel García Guendulain (Profesor de la Universidad Politécnica de Querétaro).
- M. en I. Arantxa Montserrat Gonzalez Aguilar (Alumna de Doctorado, DICIS-UG).
- M. en I. José Nolasco Cruz (Alumno de Doctorado, DICIS-UG).
- M. en I. James Ronald Vera Roza (Alumno de Doctorado, DICIS-UG).
- Ing. Juan David Camacho Coy (Alumno de la Maestría en Ing. Mecánica, DICIS-UG).
- Zivoni Dalhi Mosqueda Huerta (Alumna de la Licenciatura en Ing. Mecánica, DICIS-UG).
- Karla Donjuán Martínez (Alumna de la Licenciatura en Ing. Mecánica, DICIS-UG).
- Uriel Roberto Gutiérrez Hernández (Alumno de la Licenciatura en Ing. Mecánica, DICIS-UG).

# Trabajos en desarrollo

- *Análisis numérico y experimental de la pirólisis térmica y catalítica de residuos de poliestireno expandido.* Tesis de Doctorado.
- *Obtención y caracterización de combustibles mediante la conversión termoquímica de residuos plásticos y su efecto en las prestaciones de un MCIA.* Tesis de Doctorado.
- *Estudio de la cavitación hidrodinámica y ultrasónica para la intensificación de reacciones químicas aplicadas a la obtención de biodiesel.* Tesis de Doctorado.
- *Planta piloto para la generación de energía eléctrica usando combustible obtenido de residuos plásticos.* Tesis de Maestría.
- *Diseño y construcción de un cavitador hidrodinámico de placa de orificio para la obtención de biodiesel.* Tesis de Maestría.
- *Diseño, construcción y pruebas de un reactor para la pirólisis de neumáticos usados.* Tesis de Licenciatura.
- *Pirólisis térmica y catalítica de residuos de PET.* Tesis de Licenciatura.
- *Obtención de bio-aceites mediante pirólisis de biomasa.* Tesis de Licenciatura.

## Financiamiento



UNIVERSIDAD  
DE GUANAJUATO

- *Reciclaje de plástico mediante pirólisis para la obtención de combustible para motores de combustión interna.* Fondo de Innovación Tecnológica del Estado de Guanajuato (FINNOVATEG), Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Guanajuato (CONCYTEG). Enero-Noviembre 2015. (50 000 USD)



- *Diseño, construcción y pruebas de prototipo para la conversión termoquímica de residuos plásticos en hidrocarburos líquidos.* Fondo de Innovación Tecnológica del Estado de Guanajuato (FINNOVATEG), Secretaría de Innovación, Ciencia y Educación Superior (SICES) del estado de Guanajuato. Octubre 2016-Septiembre 2017. (100 000 USD)



- *Prototipo para la generación de energía eléctrica usando combustible obtenido de residuos plásticos.* Fondo de Innovación Tecnológica del Estado de Guanajuato (FINNOVATEG), Secretaría de Innovación, Ciencia y Educación Superior (SICES) del estado de Guanajuato. Agosto 2019-Agosto 2020. (100 000 USD)

## Licenciatura

1. Mendoza Rojas, América Eileen. *“Caracterización del proceso de conversión de residuos plásticos en combustible por medio de pirólisis”*. División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato. 8 de diciembre de 2016.  
Primer lugar a nivel licenciatura en el certamen Eficiencia Energética, de los XXVI Certámenes Nacionales de Tesis 2015-2017, promovidos por el Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias (INEEL), la Secretaría de Energía (SENER), la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) y el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE).
2. Flores Patiño, Emma Edith. *“Obtención y caracterización de biodiesel a partir de aceite vegetal usado y su efecto en las prestaciones de un MCI A”*. División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato. 10 de noviembre de 2017.
3. Origel Segura, María Chantal. *“Análisis cromatográfico de combustibles alternativos para motores de combustión interna”*. División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato. 22 de marzo de 2018.

# Tesis concluidas

## Maestría

1. **Espinosa Sandoval, Germán.** *“Prototipo para la conversión de residuos plásticos en combustible por medio de pirólisis”*. División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato. 9 de agosto de 2018.
2. **Pedraza Rosas, Claudia Lorena.** *“Estudio numérico de la conversión termoquímica del poliestireno expandido”*. División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato. 15 de agosto de 2018.
3. **Salamanca Cárdenas, Jefferson David.** *“Estudio experimental de la pirólisis de residuos de polietileno de alta densidad provenientes de la agricultura”*. División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato. 20 de agosto de 2018.
4. **Villegas Alcaraz, José Francisco.** *“Análisis comparativo del desempeño de motores de combustión interna alimentados con diferentes biocombustibles”*. División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato. 30 de agosto de 2018.
5. **López Rodríguez, Henry Luis Alexander.** *“Caracterización del proceso de inyección de un combustible obtenido a partir de residuos plásticos mezclado con diesel”*. División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato. 13 de diciembre de 2018.
6. **Vera Roza, James Ronald.** *“Diseño, construcción y pruebas de un prototipo para la obtención de biodiesel mediante cavitación hidrodinámica”*. División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato. 28 de mayo de 2019.
7. **Rodríguez Herreño, Brayan Andrés.** *“Estudio numérico de un reactor para cavitación hidrodinámica de tipo rotor-estator”*. División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato. 10 de diciembre de 2019.

1. Riesco-Ávila J.M., Barrón-Hernández C.I., Vásquez-Hernández J.B., Elizalde-Blancas F., Zárraga-Núñez R.A., Basayanag-Unnamatla M.V. Conversión de residuos plásticos provenientes de la agricultura en hidrocarburos líquidos mediante pirólisis. XXXII Congreso Nacional de Termodinámica, Cd. De México, 11-14 de septiembre, 2017.
2. Mendoza-Rojas, A.E., Riesco-Ávila J.M., García-Guendulain, J.M., Elizalde-Blancas, F. Producción de hidrocarburos líquidos a partir de la degradación termoquímica de desechos plásticos. XXXIX Encuentro Nacional de la Academia Mexicana de la Investigación y Docencia en Ingeniería Química, A.C. (AMIDIQ), San José del Cabo, BCS, 1-4 de mayo, 2018.
3. Salamanca-Cárdenas J.D., Riesco-Ávila J.M., García-Guendulain J.M., Elizalde-Blancas F., González-Rolón B. Estudio experimental de la pirólisis de residuos de polietileno de alta densidad provenientes de la agricultura. XL Encuentro Nacional de la Academia Mexicana de la Investigación y Docencia en Ingeniería Química, A.C. (AMIDIQ), Huatulco Oaxaca, México. 7-10 de mayo, 2019.
4. Riesco-Ávila, J.M., Rodríguez-Valderrama D.A., Carranco-Gutiérrez L., García-Ordaz J.A., Razo-García A.G., Martínez-Martínez, S. Obtención de combustible alternativo para motores de combustión interna mediante pirólisis de aceite lubricante residual. XXV Congreso Internacional de la SOMIM, Mazatlán, Sin. México, 18-20 de septiembre, 2019.
5. Riesco-Ávila J.M. Combustibles alternativos para motores de combustión interna. Revista ESENCIA UG. Año 3. Núm. 7. Mayo de 2019.
6. Riesco-Ávila, J.M., Rodríguez-Valderrama D.A., Pardo Cely, D.M., Elizalde Blancas F. Combustibles alternativos para motores de combustión interna obtenidos a partir de residuos plásticos. Revista de Energía Química y Física, Vol.1 No.1 1-15, 2019.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

VIGILADA MINEUCACIÓN - SNIES 1704



# Electrificando el cielo: tendencias futuras en propulsión aeronáutica

Ing. Rudy Cepeda Gómez, Ph.D.



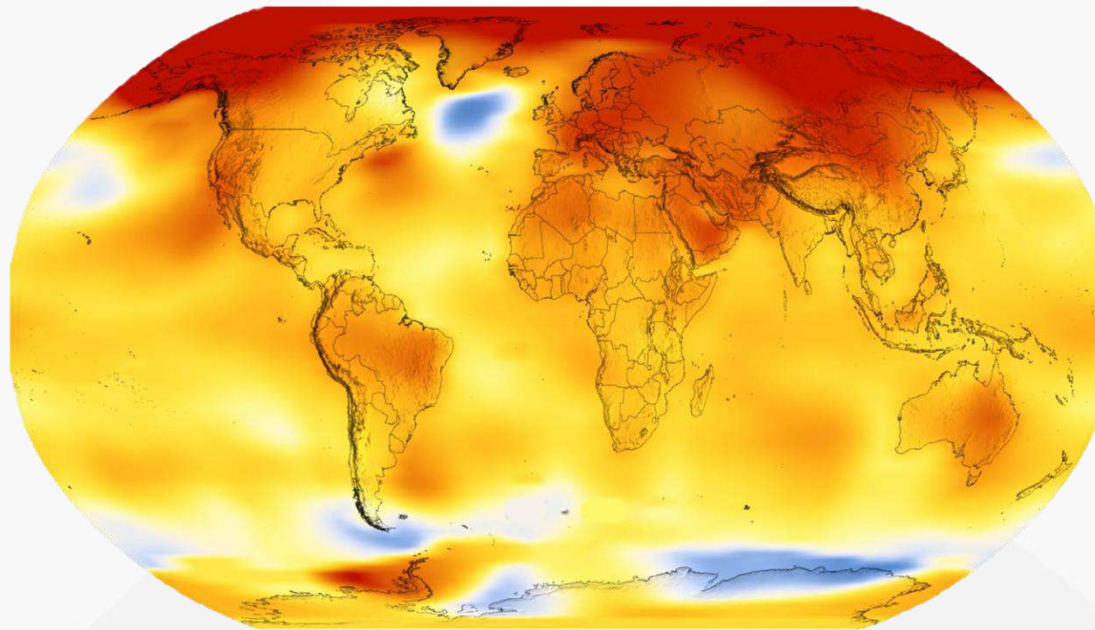
## Aclaración:

Las opiniones emitidas en esta charla son únicamente responsabilidad del presentador y no comprometen a Rolls-Royce Plc ni a ninguna de sus filiales.

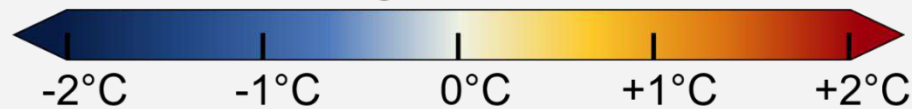
# Agenda

- ¿Por qué es necesario?
- Un poco de historia
- ¿Qué está pasando hoy?
- Retos para el futuro

## Temperature Change in the Last 50 Years



2014-2018 average vs 1951-1980 baseline



Fuente: <https://svs.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/details.cgi?aid=4626>

## Emisiones de transporte en 2017

como porcentaje de las emisiones totales de gases de efecto invernadero de la UE [exc. LULUCF]

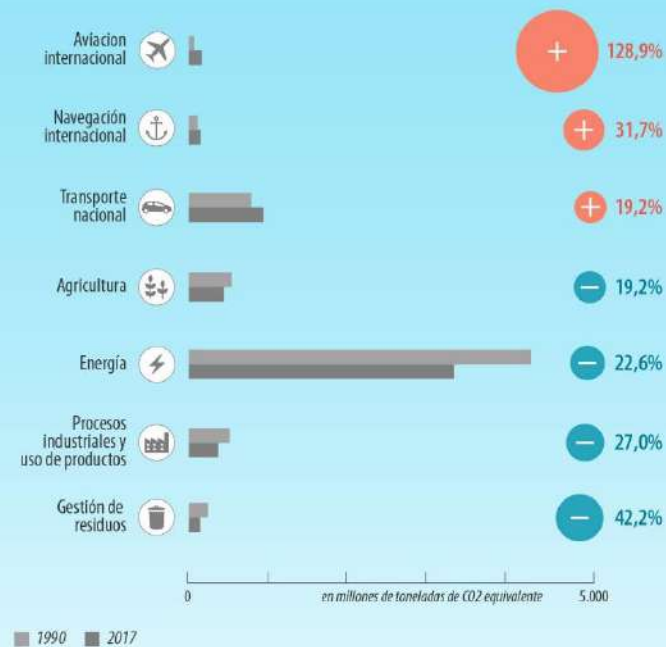


\* Energía, agricultura, procesos industriales y uso de productos, gestión de residuos.

Fuente: Agencia Europea del Medio Ambiente (2019)



## Evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero por sector

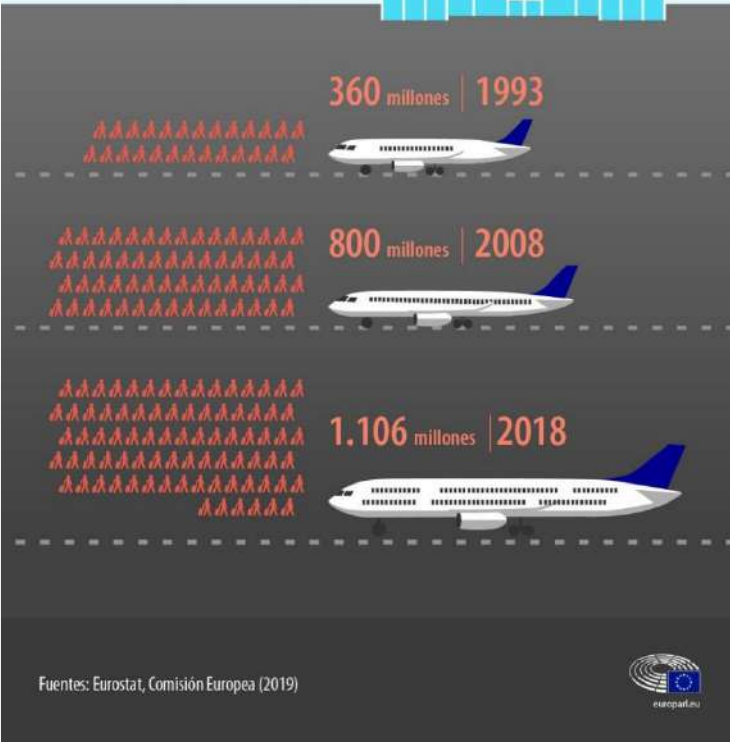


Fuente: Agencia Europea del Medio Ambiente (2019)



SEGUNDA JORNADA DE ACTUALIZACIÓN EN TEMAS DE INGENIERÍA MECÁNICA

## Número de pasajeros aéreos en la UE



Fuentes: Eurostat, Comisión Europea (2019)



SEGUNDA JORNADA DE ACTUALIZACIÓN EN TEMAS DE INGENIERÍA MECÁNICA

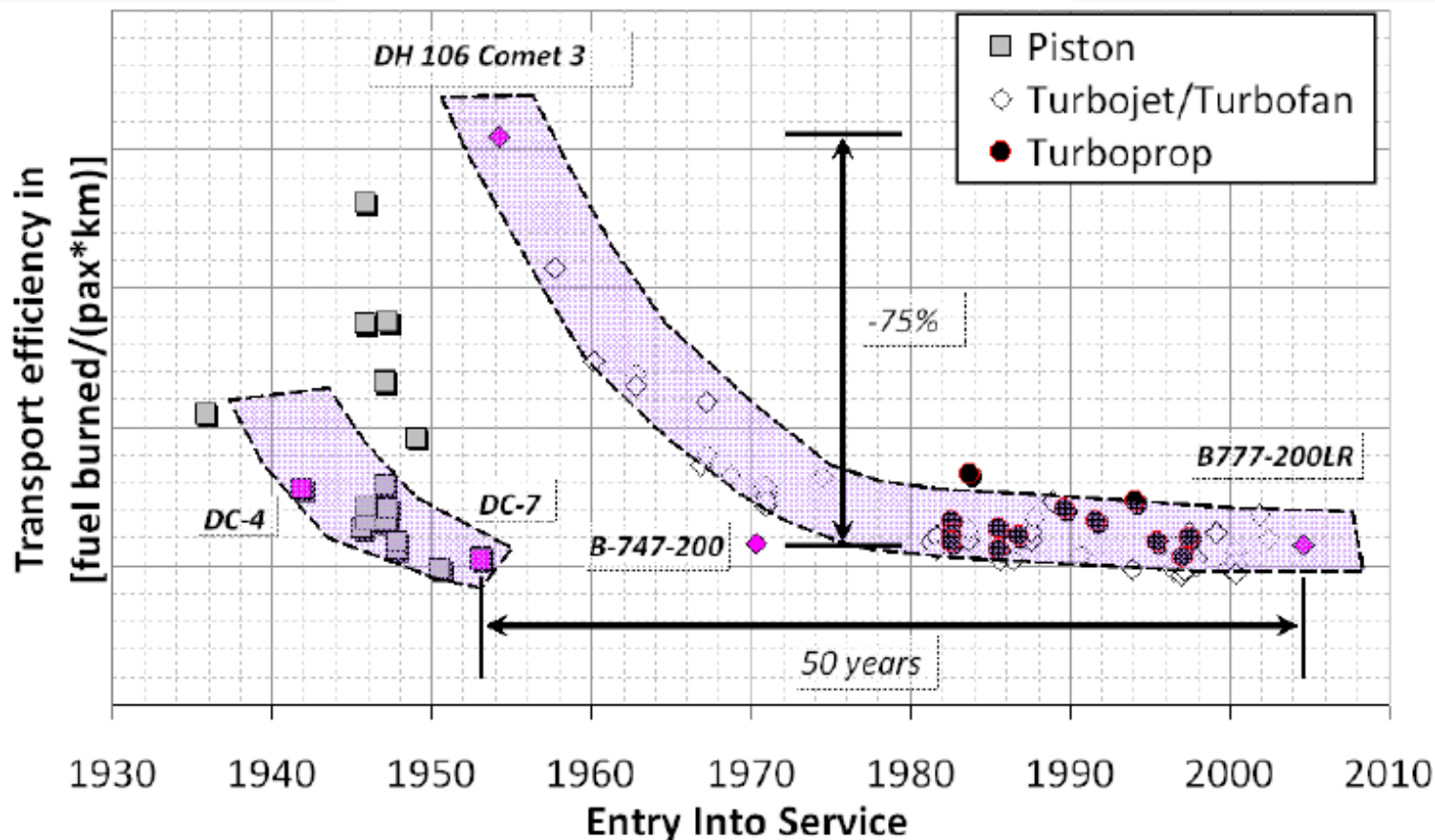


# Universität Rostock



Traditio et Innovatio





Kyprianidis, K. (2011) *Future Aero Engine Designs: An Evolving Vision*. In: Ernesto Benini (ed.), *Advances in Gas Turbine Technology* (pp. 3-24). Rijeka, Croatia: InTech

SEGUNDA JORNADA DE ACTUALIZACIÓN EN TEMAS DE INGENIERÍA MECÁNICA

# Un poco de historia

- Siglo XIX: globos dirigibles en Francia.
- Primeros 3/5 del S. XX: juguetes.
- 23 de octubre de 1973: MB-E1

# Militky-Brditschka MB-1E



Foto: Österreichischer Aero-Club.  
<https://www.prop.at/b618/beginn-des-ferngesteuerten-bzw-manntragenden-elektroflugs.html>

# Militky-Brditschka MB-1E



Foto: Österreichischer Aero-Club. <https://www.prop.at/beginn-des-ferngesteuerten-bzw-manntragenden-elektroflugs.html>

23 de octubre de 1973, Wels, Austria.

# Mauro Solar Riser



By Lestocq - Own work, CC  
BY-SA 4.0,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=62809172>

# NASA Pathfinder (y derivados)



By NASA/Nick Galante -  
<http://www.dfrc.nasa.gov/Gallery/Photo/Pathfinder/HTML/EC97-44287-2.html> (direct link)

# Silent AE-1 (1997)



Foto: Air Energy  
<https://airenergy.de/referenzprojekte/ae-1-silent/>

# ¿Qué está pasando hoy?

- Propulsión puramente eléctrica
- Propulsión híbrida

# Propulsión eléctrica



# Airbus E-Fan



# Pipistrel Alpha Electro



# BRM Aero Energic

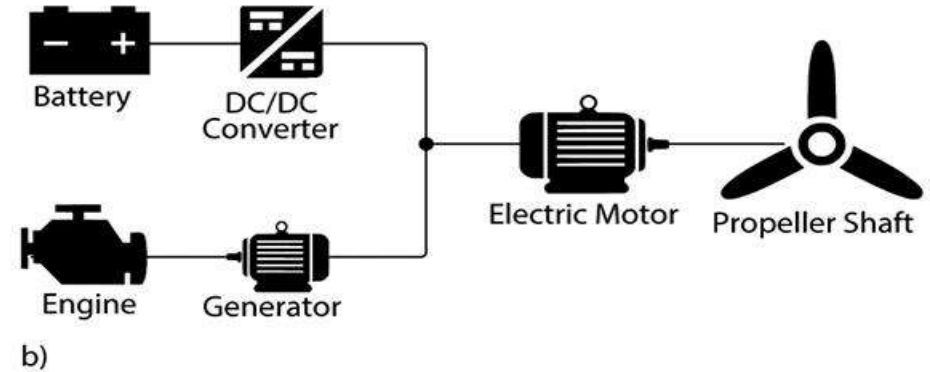
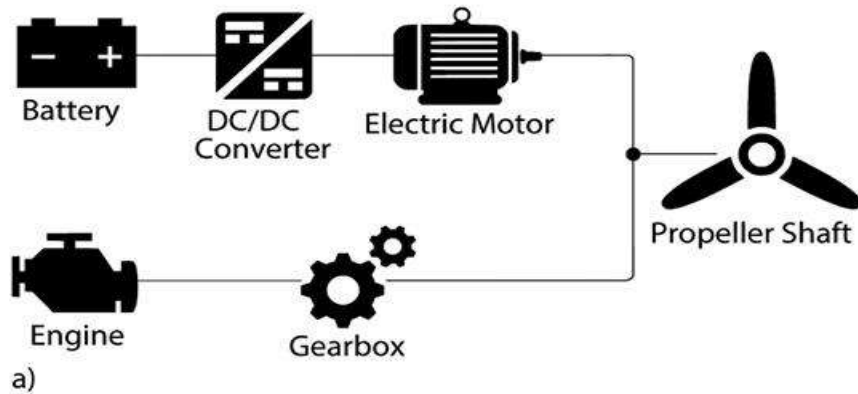


# MagniX Beaver



Foto: Harbour Air

# Propulsión híbrida



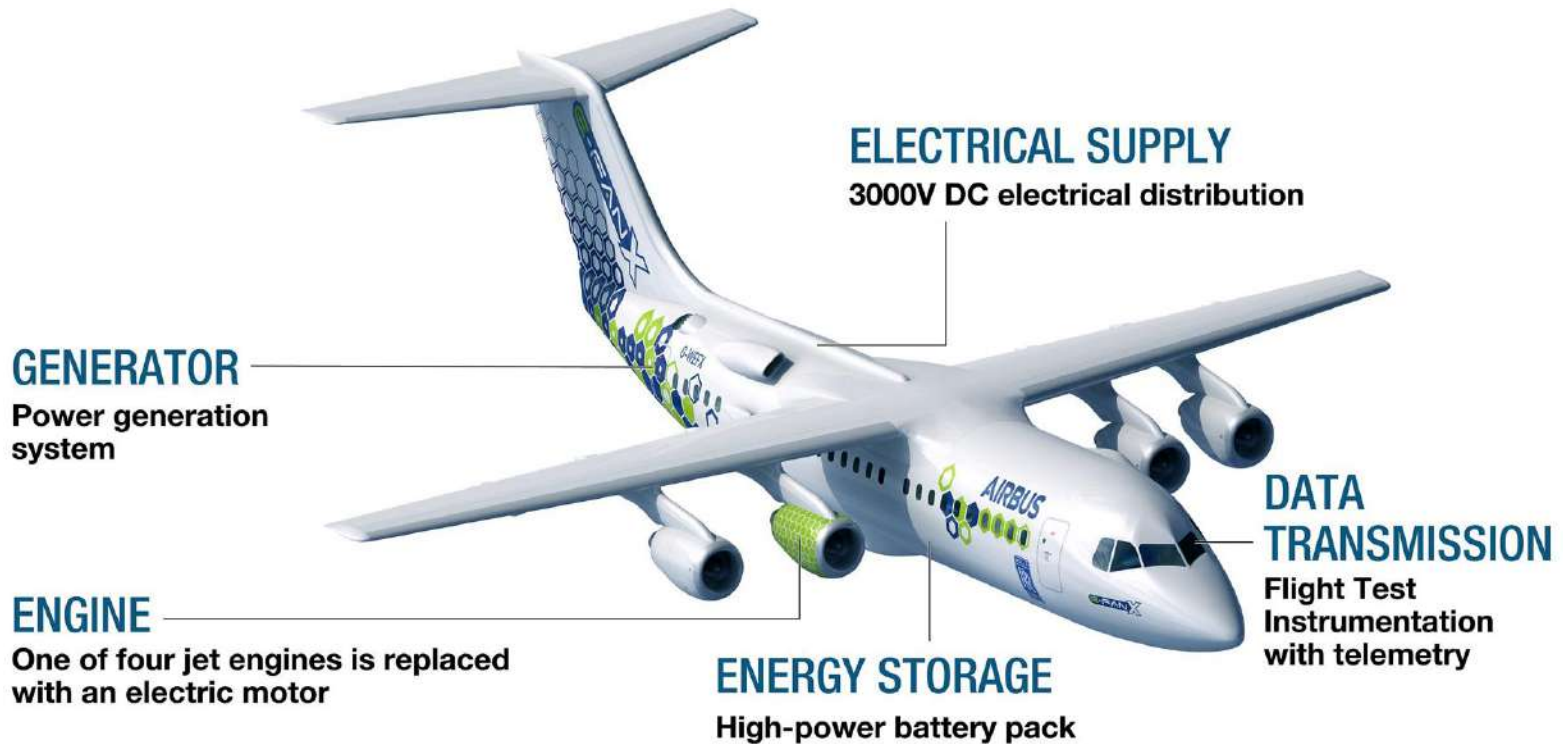
Fuente: <https://www.electrive.net/wp-content/uploads/2018/12/university-of-illinois-simulation-hybrid-aviation-propulsion-system.png>

# Magnus e-Fusion



Fuente: <https://www.flyer.co.uk/siemens-grounds-electric-magnus-efusion-after-crash/>

# E-Fan X



Fuente: Airbus

# APUS i-6



Fuente: Rolls-Royce

# ¿Se me olvida alguno?



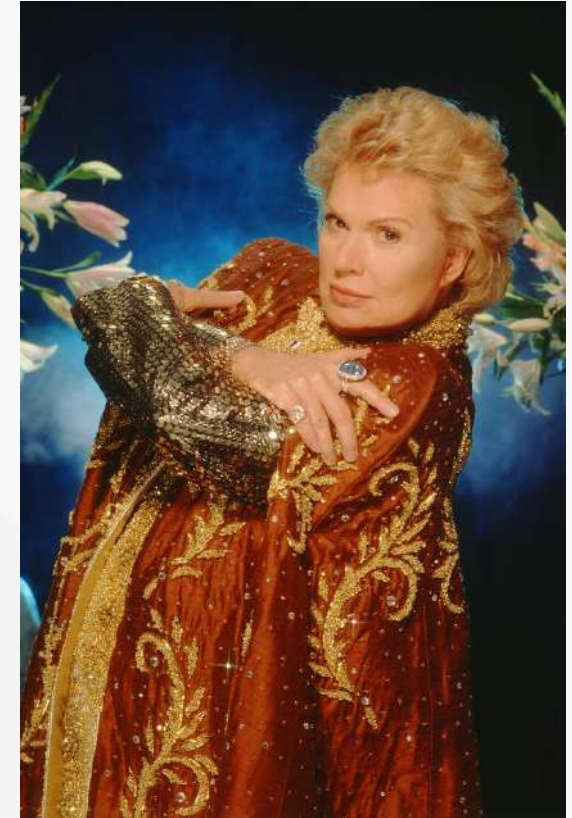
Fotos: Apus, Volcopter, Lilium, Airbus, EasyJet

# Retos para el futuro

- Densidad de energía
- Aspectos de Certificación (CS-E/ FAR Part 33)
- Operación

# Predicciones

- Aviación general: más y más aviones eléctricos.
- Vuelos comerciales regionales: propulsión híbrida.
- Vuelos de largo alcance: turbofan altamente eficientes.





# EXPERIENCIAS EMPRESARIALES





UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

VIGILADA MINEUCACIÓN - SNIES 1704



Vigencia por seis años

# Tendencias de la industria 4.0 en Ingeniería Mecánica

Ing. Albeiro Zambrano Cruz

## Albeiro Zambrano Cruz



### Soporte Técnico Avanzado CESSAM

Festo Central and Spanish South America

### CP Systems Expert

Festo Didactic SE. Denkendorf

Trainer of trainers (PLC, Neumática, Electroneumática).

FACT (Festo Authorized and Certified Training). Col

### Ingeniero Mecatrónico

Universidad ECCI

### Tecnólogo Mecatrónico

SENA


## Revoluciones Industriales | Un Breve Repaso



**Mecanización:**  
Producción mecánica

**Industria 1.0**


Finales del siglo 18



**Industrialización:**  
Producción en masa

**Industria 2.0**

Iniciando el siglo 20



**Automatización:**  
Automatización eléctrica

**Industria 3.0**

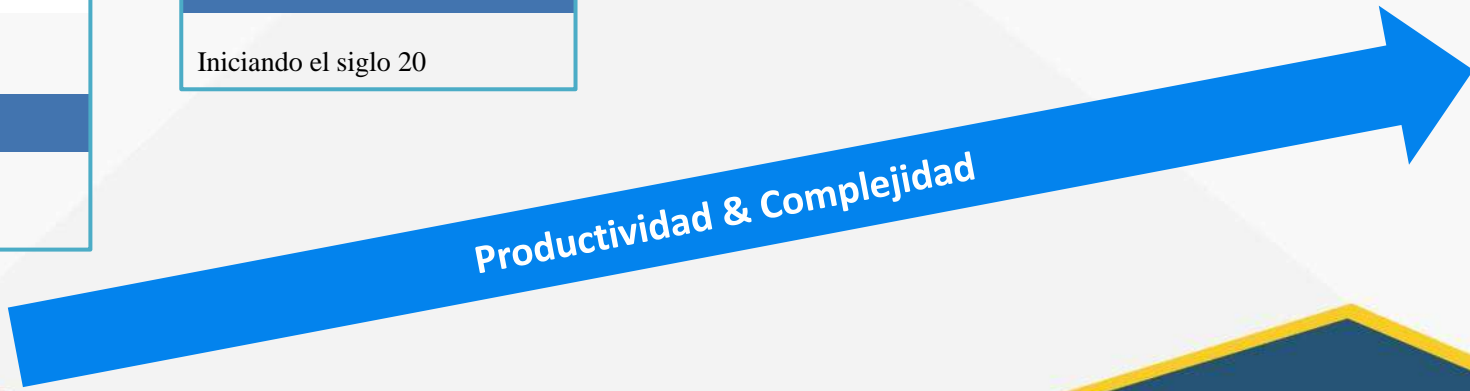
Principios de 1970



**Sistemas cyber-físicos:**  
Automatización Integrada

**Industria 4.0**

Actualidad



## Megatendencias | 4IR - Cuarta (r)evolución



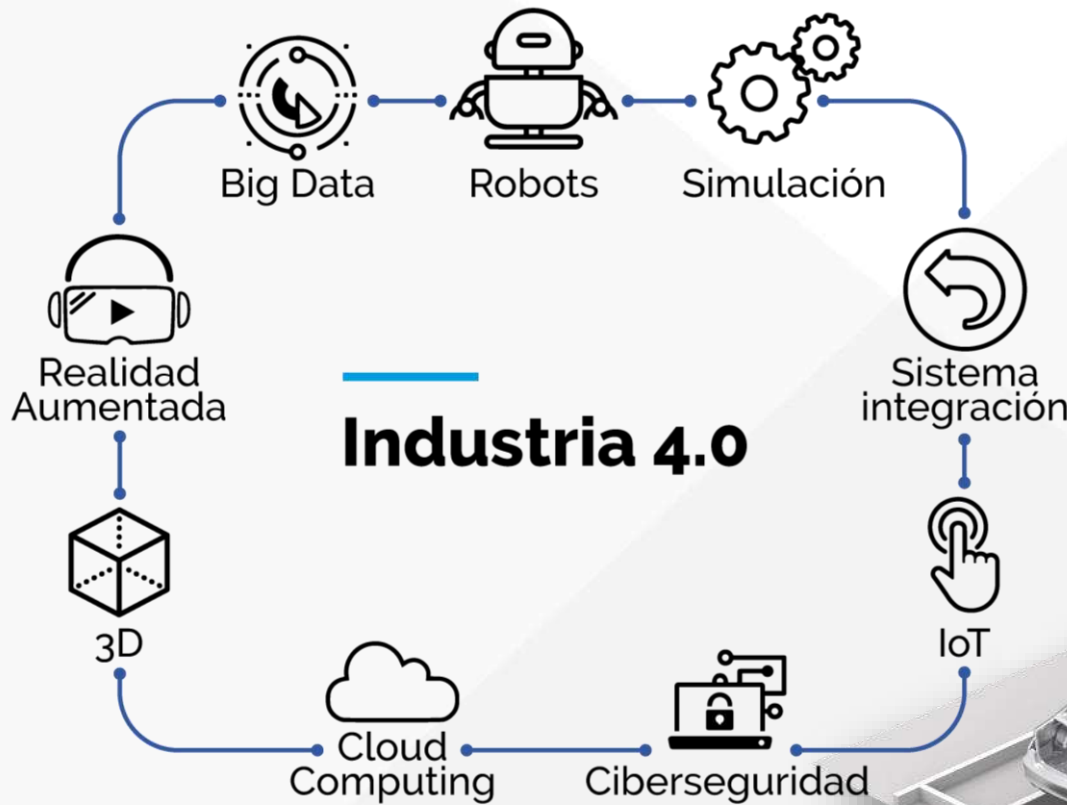
## Revoluciones Industriales | De IoT a Industria 4.0

### THE INTERNET OF THINGS AND SERVICES



Image courtesy of Bosch Rexroth AG

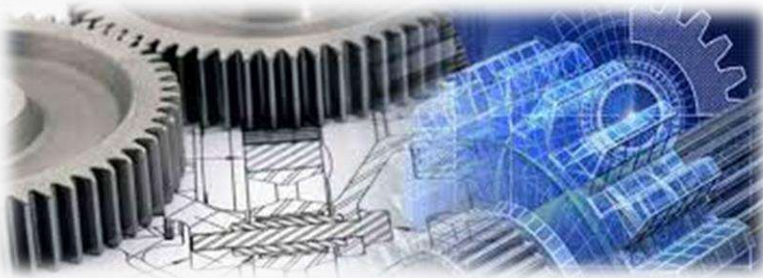
## Industria 4.0 | 9 Pilares



## Smart Factory

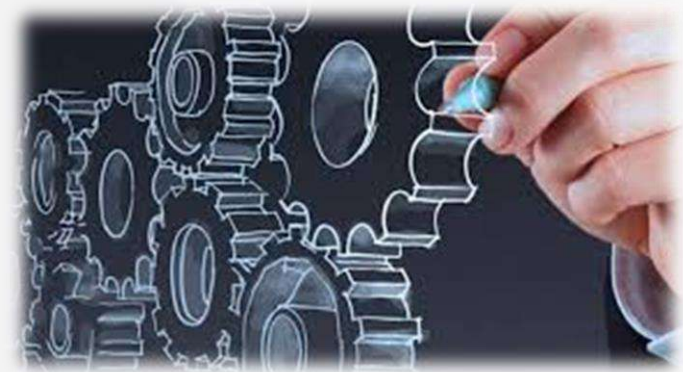


## ¿Qué está sucediendo? | Ingeniería Mecánica



La ingeniería mecánica tal y como la conocemos está fusionándose cada vez más con las tecnologías digitales.

Carácter híbrido, inteligente y altamente interconectado



### DIGITALIZACIÓN

## De Industria 3.0 a 4.0 | ¿Industria 4.0 es una revolución tecnológica?

### Industria 4.0

#### CAD/CAM/CAE

- 1966: Pierre Bézier, desarrolló los principios fundamentales del CAD con su programa UNISURF.
- 1957: El Dr. Patrick Hanratty concebía en el primer software CAM llamado "PRONTO".
- 1970: El Dr. John Swanson desarrolla el software ANSYS, para analizar diseños a partir del Método de los elementos finitos.

#### Impresión 3D

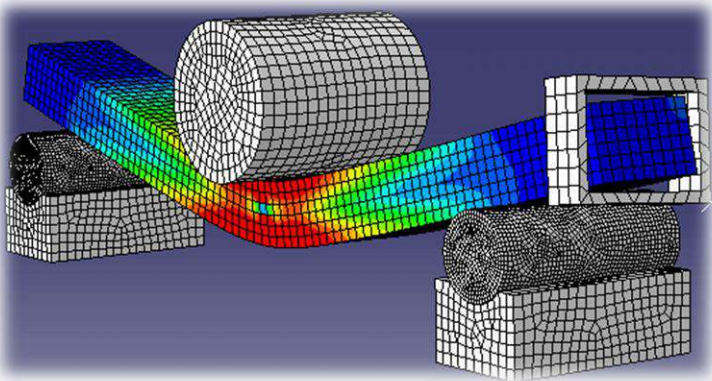
- 1983: Charles Huck inventó el primer procedimiento de impresión 3D en funcionamiento y fundó la empresa **3D Printing Systems**.

#### Realidad Aumentada

- 1968: Ivan Sutherland de la Universidad de Utah desarrolló un primer sistema para mostrar una tercera dimensión
- 1992: Los empleados de Boeing, Tom Caudell y David Mizell, utilizaron por primera vez la frase "Realidad Aumentada"

## Escenarios Industria 4.0 | Ingeniería Mecánica

### Diseño Digital



Modelos y prototipos



Simulaciones virtuales



Análisis en un corto tiempo y  
reducción de los costos en los  
proyectos

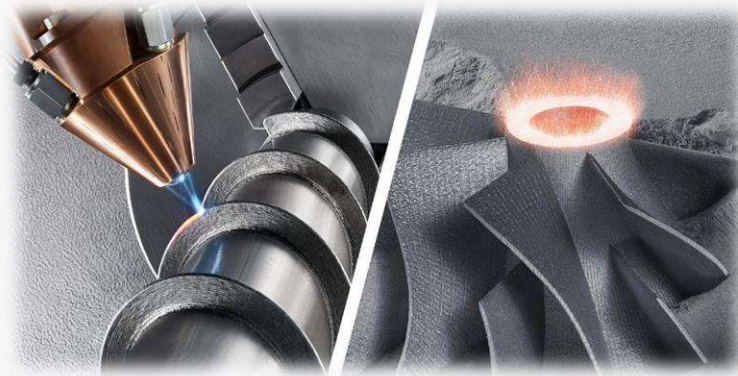
## Escenarios Industria 4.0 | Diseño Digital

### Gemelo Digital



## Escenarios Industria 4.0 | Ingeniería Mecánica

### Manufactura



Hacer los procesos, eficientes,  
flexibles y fiables



Instalaciones de producción  
automatizadas y autooptimizadas



Variantes de producto para lotes  
en masa o individualizados

### Manufactura aditiva



## Escenarios Industria 4.0 | Ingeniería Mecánica

### Inspección



Ensayos y pruebas de laboratorio



Validación de variables del producto en línea sin intervención



Productos y procesos de mejor calidad, reducción de fallas y costos.

## Escenarios Industria 4.0 | Inspección

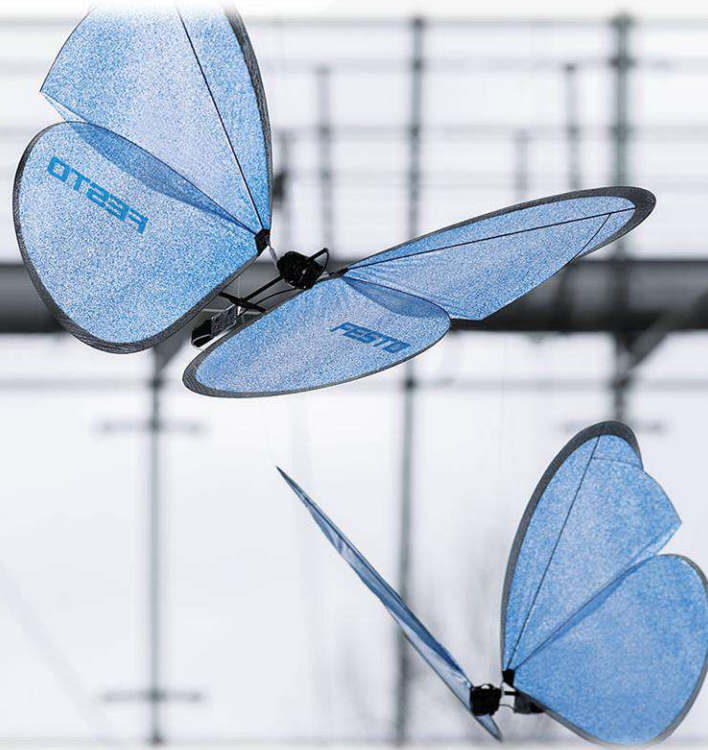


### Monitoreo inteligente

## Gracias por su atención!



[albeiro.zambranocruz@festo.com](mailto:albeiro.zambranocruz@festo.com)  
Soporte Técnico Avanzado CESSAM





UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

VIGILADA MINEUCACIÓN - SNIES 1704



**MUCHAS GRACIAS**