



# **INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

**Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias  
Extractivas**

**Departamento de Ingeniería en Metalurgia y Materiales**

---

## **“Ámbito Global en la Adquisición de Acero para la Industria Automotriz”**

Memoria Experiencia Profesional  
que para obtener el título de Ingeniero de Metalúrgico

**Presentan:**

**Jorge Jaimes Gutiérrez**

**Director de Tesis:**

**M. en C. Miguel Ángeles Hernández**

Agosto 2012

México, D.F.





SECRETARÍA  
DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS  
DEPARTAMENTO DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO ACADÉMICO



T-117-12

México, D. F., 15 de Agosto del 2012.

Al C. Pasante:  
**JORGE HUMBERTO JAIMES GUTIÉRREZ**

Boleta:  
**7818245**

Carrera:  
**IM**

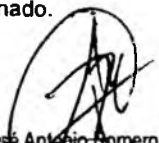
Generación:  
**1985-1989**

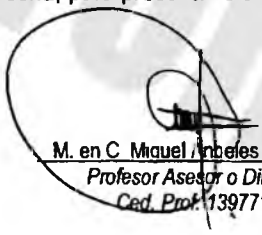
Mediante el presente se hace de su conocimiento que este Departamento acepta que el **C. M. en C. Miguel Ángeles Hernández** sea orientador en el tema que propone usted desarrollar como prueba escrita en la opción **Memoria de Experiencia Profesional**, con el título y contenido siguiente:


***“Ámbito global en la adquisición de Acero para la industria”.***

- Resumen.  
Introducción.  
I.- Experiencia en el proceso (Antecedentes).  
II.- Desarrollo de un método.  
III.- Resultado.  
IV.- Discusión de resultados  
Conclusiones.  
Bibliografía.

Se concede un plazo máximo de un año, a partir de esta fecha, para presentarlo a revisión por el Jurado asignado.

  
Dr. José Antonio Romero Serrano  
Presidente de la Academia de  
Siderurgia y Fundición

  
M. en C. Miguel Ángeles Hernández  
Profesor Asesor o Director  
Ced. Prof. 11397714

  
Lic. Guillermo Alberto de la Torre Arteaga  
Jefe del Departamento de Evaluación y  
Seguimiento Académico

  
Dra. Guadalupe Silva Oliver  
Subdirectora Académica



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS  
**DEPARTAMENTO DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO ACADÉMICO**



T-117-12

México, D. F., 20 de agosto del 2012.

Al C. Pasante:  
**JORGE HUMBERTO JAIMES GUTIÉRREZ**  
**PRESENTE**

Boleta:  
**7818245**

Carrera:  
**IM**

Generación:  
**1985-1989**

Los suscritos tenemos el agrado de informar a usted, que habiendo procedido a revisar el borrador de la modalidad de titulación correspondiente denominado:

**"Ámbito global en la adquisición de Acero para la industria".**

encontramos que el citado Trabajo de **Memoria de Experiencia Profesional**, reúne los requisitos para autorizar el Examen Profesional y **PROCEDER A SU IMPRESIÓN** según el caso, debiendo tomar en consideración las indicaciones y correcciones que al respecto se le hicieron.

Atentamente

**JURADO**

M. en C. Miguel Ángeles Hernández  
**Presidente**

  
Dr. Aurelio Hernández Ramírez  
**Vocal**

  
Dr. José Antonio Romero Serrano  
**Secretario**

c.c.p.- Expediente  
GATA/rcr

## **Agradecimientos**

**A mis padres que con todo su apoyo incansable nos apoyaron al máximo a fin de terminar mi carrera.**

**A mi esposa Rossy e hijas Keryn y Katya que son mi motivación de inspiración diaria.**

**A mis profesores por su valiosa dedicación y apoyo en todo momento.**

**A mis dos hermanos metalúrgicos y demás compañeros por los agradables recuerdos.**

## Índice

- **Objetivo**
- **Resumen**
- **Introducción**

### **I Experiencia en el proceso (Antecedentes)**

- I 1 Insumos primarios y costos de fabricación de acero
- I 2 Costos Alto Horno
- I 3 Costos BOF
- I 4 Costos Arco Eléctrico

### **II Desarrollo de un método**

- II.1 Proceso de Compras
- II.2 Tendencia del mercado internacional y local.
- II.3 Histórico de precios del acero
- II.4 Contratos y Compromisos
- II.5 Estrategia del Producto
- II.6 Presupuesto de compras
- II.7 Metas y objetivos.
- II.8 Tendencia tecnológica
- II.9 Requisiciones de cambio ingeniería (ECR )
- II.10 Costos frente al desafío en el sector Automotriz. (4)
- II.11 Logros en el costo del uso del Acero.
- II.12 El caso del costo del acero vs el aluminio en carrocerías
- II 13 Mirando hacia el futuro
- II.14 La relación entre la reducción de la masa y economía de combustible
- II.15 Reducción de la masa - ¿Cuál es realmente posible?

### **III Resultado**

- III.1 Consideraciones cruciales para un comprador
- III 2 Producción Mundial de Acero 1950-2010
- III.3 Compañías principales productoras de acero en 2011
- III 4 Mayores Países productores 2010 – 201
- III.5 Producción por Proceso
- III.6 Producción en Colada Continua 2009-2011
- III.7 Producción Mensual de Acero Crudo 2008-2011
- III.8 Producción de Acero y Uso por Distribución Geográfica 2001, 2011
- III.9 Mayores productores de acero 2011 (2)
- III 10 Mayores productores de acero 2009
- III 11 Producción mundial 2008-2007 Acero Crudo
- III.12 Producción mundial 2007-2006 Acero Crudo
- III.13 Producción mundial 2006-2005 Acero Crudo
- III 14 Producción de acero en 1973

- III.15 Hacer frente al desafío de Resistencia al impacto de vehículos
- III.16 Crecimiento de los Aceros avanzados de alta resistencia "ACEROS AVANZADOS DE ALTA RESISTENCIA "
- III.17 Logros en el acero en pruebas de choque
- III.18 Evolución de pruebas de choque en los EUA.
- III.19 El caso en pruebas de choque
- III.20 Mirando al futuro
- III.21 Seguridad en el auto

#### **IV Discusión de resultados**

- IV.1 Definiciones del acero
- IV.2 Ejemplos de las propiedades de los grados de acero por la ULSAB-AVC
- IV.3 Propiedades mecánicas del acero
- IV.4 Propiedades químicas de acero
- IV.5 Tipos de acero
- IV.6 Aceros de Fase Compleja (CP)
- IV.7 Aceros automotrices convencionales de baja y de alta resistencia.
- IV.8 Aceros de doble fase (ACERO DE DOBLE FASE).
- IV.9 Evolución de los tipos de ACEROS AVANZADOS DE ALTA RESISTENCIA.
- IV.10 Aceros Ferríticos-Bainíticos (FB)
- IV.11 Aceros de estampado o formado en caliente (HF)
- IV.12 Aceros Martensíticos
- IV.13 Aceros Post-Formado térmicamente tratables( PFHT)
- IV.14 Acero de transformación plástica inducida (ACERO DE TRANSFORMACION PLASTICA INDUCIDA)
- IV.15 Aceros puros de plasticidad inducida (TWIP)
- IV.16 Producción de Acero Crudo y balance de chatarra
- IV.17 Algunos datos de la producción de acero en Alemania y el mundo
- IV.18 Exportación alemana de aceros laminados
- IV.19 Mercado de abasto interno e importaciones
- IV.20 Ventas netas en la Industria del Acero
- IV.21 Producción de acero crudo en Alemania por proceso
- IV.22 Producción, Empleo y Productividad en Alemania
- IV.23 Producción de Acero en Alemania
- IV.24 Participación de colada continua en la producción de acero crudo
- IV.25 Producción Mundial de Acero al 2011
- IV.26 Producción de Acero en la CEE -27
- IV.27 Producción de Acero en Alemania al 2011
- IV.28 Los 10 mas grandes productores de Acero en 2010
- IV.29 Producción Mundial de Acero
- IV.30 Producción de Acero Crudo por Región
- IV.31 Consumo aparente mundial de acero terminado

Conclusión

Bibliografía

## Objetivo

Este documento pretende dar una idea general al lector de los conceptos básicos sobre los grados de acero utilizados en la industria automotriz principalmente, de las actividades relacionadas en el área de compras para la adquisición de los mismos, así como poder transmitir la experiencia de un egresado de ingeniería metalúrgica en el área de procuración de materia esta prima para la producción de partes automotrices.

## Resumen

A modo de resumen abajo se mencionan las compañías, áreas y puestos durante esta trayectoria y hasta el momento

Sidermex Inc	Siderurgica ( Hoy Mittal y AHMSA)	Analista Exportaciones
Abinsa Acero	Centro de Servicio	Gerente de Exportaciones
Hella	Automotriz Área Iluminacion	Comprador Sr. Importaciones
Carcoustics	Automotriz Área Anti ruidos	Gerente Compras
Johnson Controls	Automotriz Área Asientos	Comprador Sr Nafta Acero y Tubería
Ford Motor Co	Automotriz Área	Comprador Estratégico Estampados
Faurecia	Automotriz Área Asientos	Comprador de Producto Acero y Tubería
Thyssenkrupp	Siderúrgica Automotriz	Líder de procesos exteriores

Para el tema de esta tesis a una área específica dentro de la trayectoria se plasman detalles de los procesos de adquisición principalmente de aceros y partes estampadas de acero para la industria automotriz y aún más a detalle en la compra de aceros planos en rollo para la producción de asientos automotrices.

El hecho de haber comenzado en una compañía siderúrgica en un área comercial exportando acero a todo el mundo (Excepto los EUA), incrementó y aportó conocimientos de los productos de acero, sus diferentes formas, tipos y grados, así como nuevo por completo el aprendizaje del interesante mundo de las negociaciones a nivel internacional en las cuales y hasta la fecha ha sido la mayor área experimentada y por un poco mas de 20 años.

Se dió inicio la experiencia profesional en la exportación de productos de acero Mexicanos tales como Planchón, Varilla y Alambrón de Sicartsa Lámina Caliente y Fría, Alambrón ,Tochos, Perfiles , alambre e inclusive clavos producidos por AHMSA (Altos Hornos de México) en sus localidades de Monclova y Lechería.

La disponibilidad y limitaciones de cada producto para su comercialización es definido principalmente por los molinos y plantas basadas en sus capacidades técnicas, estrategias de mercado y directrices corporativas.

Tradicionalmente existen productos como por ejemplo, varilla y laminas tanto en caliente o fría que por dichas limitaciones, ya sea por dimensiones , tipos o grados se

restringe su volumen de venta, dando en algunos casos como en el pasado en Sidermex, preferencia al mercado local , como compañía gubernamental.

Generalmente los diámetros y espesores menores son los que se limitan más tanto por demanda local o simplemente por productividad.

Las negociaciones para exportación de volúmenes masivos, por ejemplo, de 10 a 30 mil Toneladas por trimestre y producto se determinaban en Sidermex a nivel de grupo e involucrando al gerente de exportaciones, vicepresidente de ventas e involucrando a las plantas productoras.

Con lo que respecta a la industria automotriz, las practicas y políticas de compras de productos varios varían de empresa a empresa y de ramo a ramo, de su localidad y de las estrategias globales cuando se tratan de corporativos mundiales.

Es importante mencionar que dichas practicas y directrices han evolucionado desde hace 20 años que se inició con esta labor en el sector automotriz, en donde prácticamente se ha laborado todo este tiempo dentro de el área de procuración de los bienes necesarios para las plantas productivas , de los cuales 10 prácticamente como responsable para el surtimiento de materias primas y materiales no productivos para multinacionales en México y los 10 últimos en los EUA, enfocados en la estrategia de compras de estampados, tubería y acero en rollos y cintas como materias primas para diversas corporaciones del sector automotriz y para sus operaciones en Norte América.

Durante esta segunda etapa, con un mayor enfoque y dedicación a la negociación de precios de acero con molinos productores y centros de servicio procesadores de acero.

La próxima responsabilidad, al laborar para el mas grande productor de acero de Alemania "Thyssenkrupp" será el de dirigir y negociar procesos externos de procesamiento de este material con diversos centros de servicio en los EUA y México para acero producido en la nueva planta de laminado en Mobile, Alabama .

Cabe mencionar que por estrategia, tanto en Alabama como en estados vecinos como Tennessee y Carolina del Norte, ya prácticamente se encuentran en producción las principales plantas armadoras de autos Alemanes, tales como MB, BMW, VW así como también es objetivo importante el de surtir de acero a compañías como VW en Puebla México y otros clientes potenciales tanto automotrices como de otro tipo de industria

El producto que se procesa y reduce ya actualmente en Mobile proviene de también de una planta nueva del grupo en Brasil que envía el planchón para su procesamiento.



## Introducción

**El Acero es una piedra angular y un elemento clave en la economía mundial. (2)**

Esta industria mundialmente emplea directamente más de dos millones de personas, por arriba de dos millones de contratistas y cuatro millones en industrias de soporte.

Incluyendo industrias tales como construcción, transporte y energía, la industria del acero es una fuente de empleo para más de 50 millones de personas.

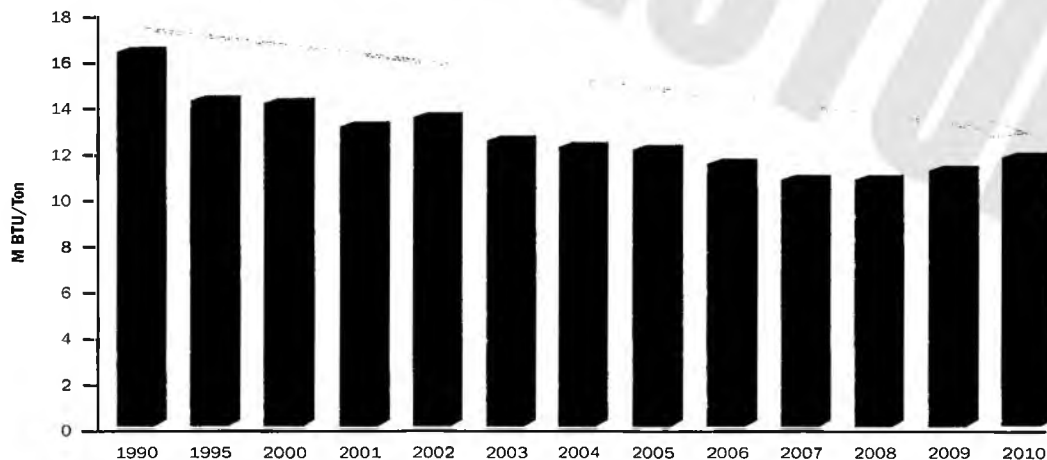
**El acero es clave en la economía verde , en la cual el crecimiento económico y la responsabilidad ambiental trabajan mano a mano.**

El acero es el material principal utilizado en entregar energía renovable : solar, mareomotriz ( tidal) y de viento. Todo el acero inclusive el fabricado desde hace 150 años se puede reciclar hoy y usar en nuevos productos y aplicaciones.

La cantidad de energía para producir una tonelada se ha reducido en 50% en los últimos 30 años.

**La industria del acero ha mejorado su eficiencia de energía en 27% desde 1990 como se indica en la Fig. 1.**

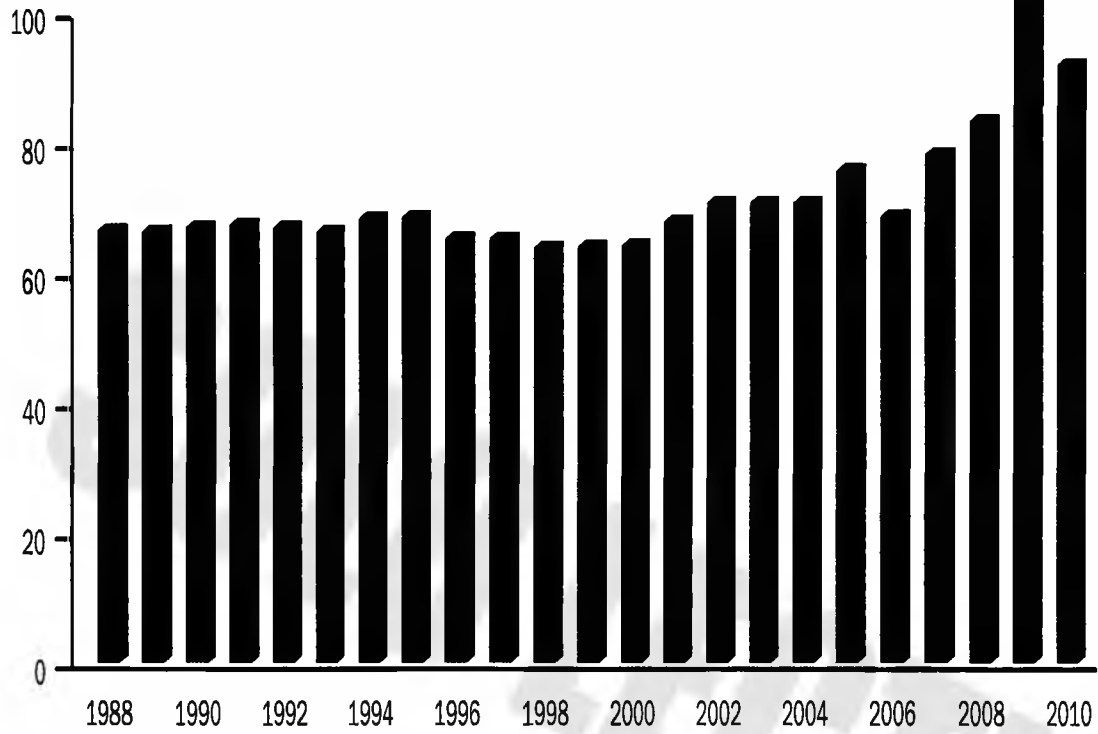
Una BTU equivale aproximadamente a:  
252 calorías ó 1.055,056 julios



**Figura 1. Consumo de energía requerida para producir una tonelada de acero del 1990 al 2010 .**

El reciclado infinito del acero es superior al de los demás materiales , el cual se puede reciclar una y otra vez sin pérdida en su calidad.

La razón de reciclado del acero sobrepasa por mucho la de otros materiales. La Figura 2 abajo muestra las razones de reciclaje hasta el 2010



**Figura 2.** Razón de reciclado del Acero al 2010 (7)

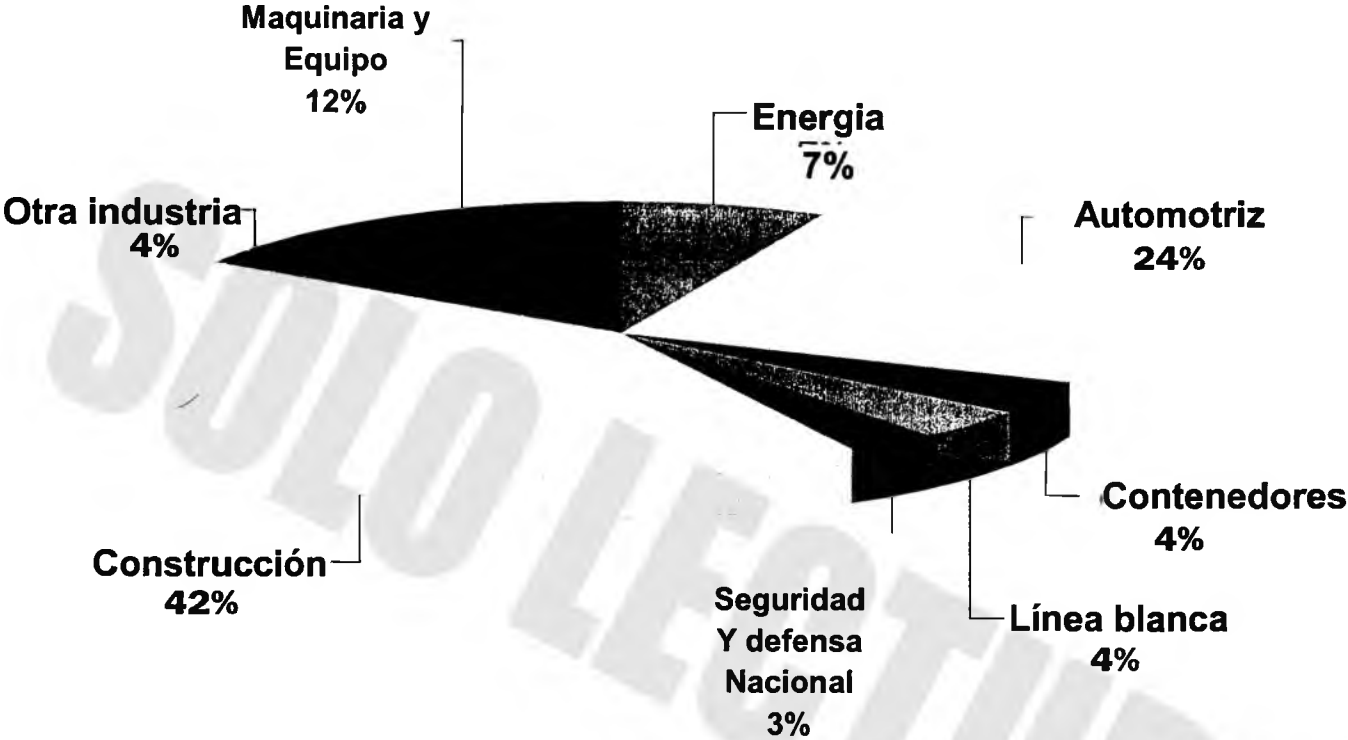
**El acero esta presente en cada aspecto de nuestras vidas . Ningún otro material tiene la misma combinación de resistencia, formalidad y versatilidad**

Las superficies de acero son higiénicas y fáciles de limpiar.

Equipo quirúrgico, de seguridad y cocinas comerciales son hechas de este material. Cerca de 2 billones de latas para comida se producen cada año. Las latas aseguran que la comida se preserve segura y nutritiva, y no gasta energía ya que no requiere refrigeración. La lata es 100% reciclable.

**SOLO LECTURA**

La siguiente Figura 3 muestra entre varios tipos de industria en los EUA y generalmente en el mundo entero la gran participación en el consumo de acero por principalmente dos industrias, la Automotriz y la de Construcción, ambas con un 66 % del consumo total.



**Figura 3.** Clasificación de embarques (consumo) de Acero por segmento en los EUA en 2011

## El acero es una industria innovadora progresiva comprometida a la seguridad y salud de su gente

La industria está comprometida a lograr un ambiente de trabajo libre de accidentes. Medidas de seguridad muestran que la frecuencia de pérdida de tiempo por accidentes está disminuyendo.

Mundialmente la industria del acero gasta 12 Billones de € cada año en la mejora de procesos, desarrollo de nuevos productos y tecnología futura de punta.

Con la Figura 4. abajo se muestra la drástica reducción de las hora hombre requeridas en los últimos 20 años. para producir una tonelada de acero , alrededor de 80% de reducción.

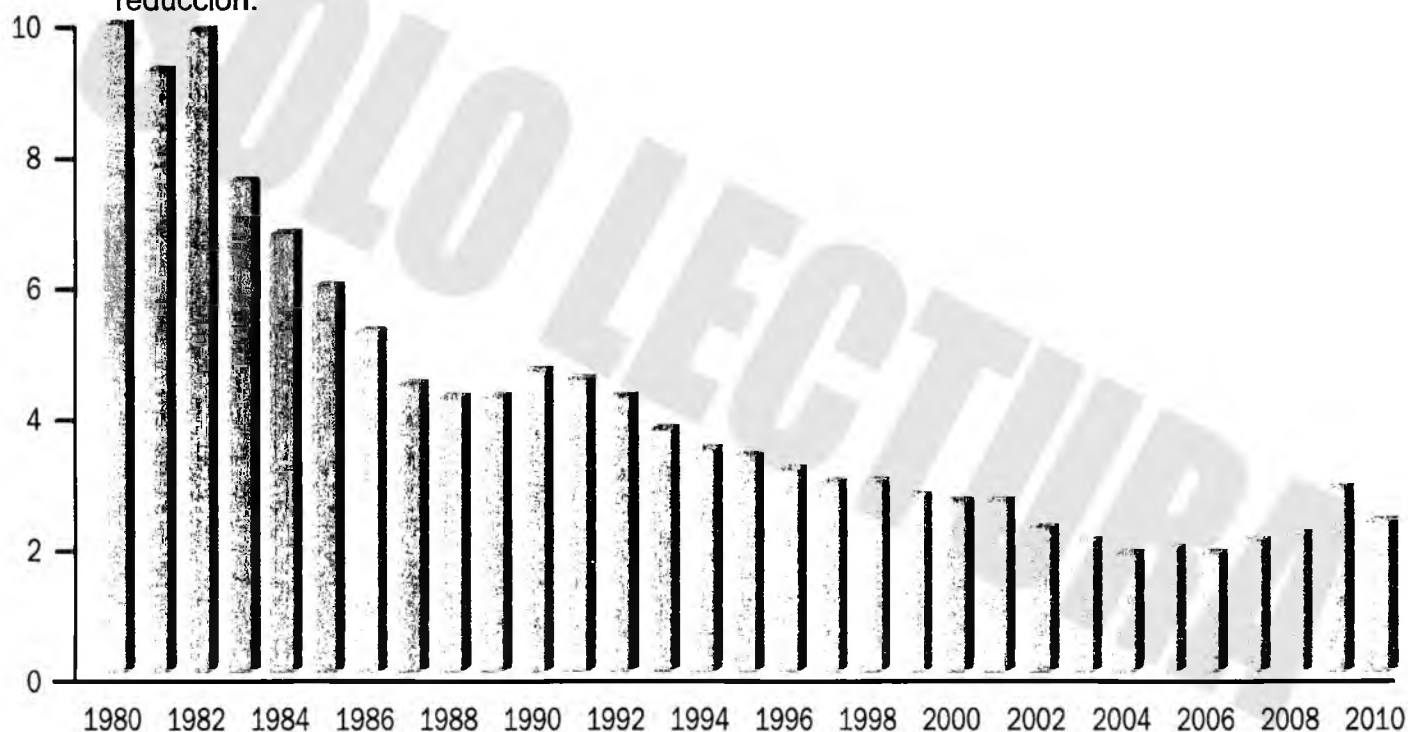


Figura 4. Horas hombre por tonelada de Acero desde los 80's.

### **Pensamiento de Ciclo de Vida: nuevas soluciones para nuevos tiempos**

Una asesoría de ciclo de vida considera, producción, manufactura, fase de uso y fin de vida de reciclado y generación de basura. Pensamiento de Ciclo de Vida (PCV) conlleva beneficios inmediatos ambientales.

PCV es fácil de implementar, efectiva en costo y produce soluciones benéficas y accesibles para toma de decisiones en la manufactura de materiales y diseño de productos

**SOLO LECTURA**

## I Experiencia en el proceso (jj)

### I.1 Insumos primarios y costos referencia para la fabricación de acero

IncurSIONAR en algunos datos interesantes en la producción de acero y sus costos cabe aclarar, que, siendo el acero único, su precio no se define como el de un Producto tradicional y algún otro metal, si no que el precio de venta se define por una infinidad de factores y sobre todo en la oferta y demanda, capacidad disponible y ahora más que nunca en las condiciones económicas globales.

### I.2 Alto Horno - Costos de fabricación de acero 2011 (1)

Tabla 1. Datos de costos de materias primas para producir una tonelada de arrabio. (1)

Año/Mes	Carbón Térmico \$/ton	Coque \$/Ton	Mineral de Fe. C/dmtu	Gas Natural \$/000 m3	Chatarra \$/ton	Electricidad C/KwH
2010 M1	103.9	143.2	125.9	273.2	276	6.53
2010 M2	100.9	143.2	127.6	273.2	298	6.55
2010 M3	101.1	143.2	139.8	273.2	310	6.51
2010 M4	107.3	144.8	172.5	300.6	357	6.59
2010 M5	107.3	144.8	161.4	283.3	358	6.66
2010 M6	105.2	144.8	143.6	290.2	353	7.0
2010 M7	102.8	148.7	126.4	305.3	333	7.28
2010 M8	96.2	148.7	145.3	308.5	323	7.18
2010 M9	101.7	148.7	140.6	305.6	363	7.04
2010 M10	104.4	176.6	148.5	311.0	393	6.82
2010 M11	114.8	176.6	160.6	313.6	349	6.59
2010 M12	126.7	176.6	168.5	314.3	331	6.59
2011 M1	141.9	169.3	179.6	330.8	420	6.73
2011 M2	137.5	169.3	187.2	329.0	457	6.72
2011 M3	135.1	169.3	169.4	328.3	461	6.59
2011 M4	131.3	183.6	179.3	361.1	454	6.58
2011 M5	127.6	183.6	177.1	360.7	430	6.76
2011 M6	127.8	183.6	170.9	360.0	443	7.21
2011 M7	128.6	191.1	173.0	403.2	450	7.39
2011 M8	127.8	191.1	177.5	400.0	426	7.46
2011 M9	131.3	191.1	177.2	400.0	433	7.23
2011 M10	127.5	190.4	150.4	436.0	421	6.82
2011 M11	121.9	190.4	135.5	432.7	401	6.60
2011 M12	117.5	190.4	136.5	436.0	356	6.60
2012 M1	124.7	n/a	140.4	443.9	397	6.50
2012 M2	123.4	n/a	140.4	439.9	433	6.52
2012 M3	112.6	n/a	144.7	450.4	440c	n/a
2012 M4	108.0	n/a	147.7	452.5	440c	n/a

Enseguida se muestran algunos indicadores de publicaciones sobre costos de producción de aceros tanto en BOF como en EAF en los EUA.

### I.3 Costos de conversión para la producción en BOF

Tabla 2 Modelo de Costos para Acero Crudo “ Molino integrado “

Producto \$/unidad	Factor	Unidad	costo unidad	fijo	variable	total
mineral de hierro	1.435	t	124		177.94	177.94
Su transporte	1.435	t	20		28.7	28.7
Carbón de coqueo	0.519	t	200		103.80	103.80
Su transporte	0.519	t	19.5		10.12	10.12
Chatarra de acero	0.162	t	330		53.46	53.46
Su transporte	0.162	t	5		0.81	0.81
Oxígeno	83	m <sup>3</sup>	0.085		7.06	7.06
Ferroaleaciones	0.014	t	1650		23.10	23.10
Fundentes	0.59	t	45		26.55	26.55
Refractarios	0.011	t	650		7.15	7.15
Otros costos	1		14.25	3.56	10.69	14.25
Créditos subproductos					-21.6	-21.6
Energía térmica, neta	-2.67	GJ	12.50		-33.38	-33.38
Electricidad	0.122	MWh	100	1.83	10.37	12.2
Mano de obra	0.48	Man hr	37	4.44	13.32	17.76
Depreciación				48.00		48.00
Intereses				58.00		58.00
<b>Total</b>				<b>115.83</b>	<b>418.09</b>	<b>533.92</b>



#### I.4 Horno Eléctrico - Costos de fabricación de acero 2011

**Tabla 3** Costos de conversión para la producción en EAF

Aquí se muestra Modelo de Costos para Acero Crudo producido en Horno Eléctrico.

Producto \$/unidad	Factor	Unidad	costo unidad	fijo	variable	total
Chatarra de acero	1.132	t	330		373.56	373.56
Su transporte	1.132	t	5		5.66	5.66
Arrabio /DRI	0	t	400		0.00	0.00
Su transporte	0	t	40		0.00	0.00
Oxigeno	14	m 3	0.085		1.19	1.19
Ferroaleaciones	0.014	t	1650		23.10	23.10
Fundente	0.043	t	45		1.94	1.94
Electrodos	0.001	t	8900		8.90	8.90
Refractarios	0.005	t	650		3.25	3.25
Otros Costos	1	unit	8.60	2.15	6.45	8.60
Energía termal	0.426	GJ	12.5		5.33	5.33
Electricidad	0.331	MW hr	100	4.97	28.14	33.10
Mano de obra	0.344	Man hr	37	3.18	9.55	12.73
Depreciación	1			8		8.00
Intereses	1			11.50		11.50
<b>Total</b>				<b>29.80</b>	<b>467.05</b>	<b>496.85</b>

Los costos arriba mencionados son en Dólares Americanos por tonelada corta (2000 lb. )

De acuerdo a estos datos se comenta en esta publicación que el costo de producción en el 2011 fue 7.5% mas caro en un BOF que en un EAF.

Notando que los elementos primordiales en cada proceso , mineral de hierro y chatarra para el BOF y EAF respectivamente y sabiendo que ambos costos fluctúan independientemente e influenciados por varios factores tanto globales como locales, esta diferencia de costos de producción entre ambos procesos es extremadamente dinámica y con grandes variaciones

Mas adelante se presentarán más detalles de algunos de estos mercados.

## **II Desarrollo de un método**

### **II.1 Generalidades en el Proceso de Compras de Aceros Planos para la industria Automotriz (jj)**

En el área automotriz, la compra de acero se debe de efectuar primordialmente por personal con experiencia en el ramo, ya que la combinación de compras y acero es difícil de encontrarlas en alguna academia como tal por lo que se requiere un conocimiento importante de los materiales, pero sobre todo conocimientos técnicos en Ingeniería Metalúrgica.

Las prácticas comerciales en la compra de acero ha cambiado drásticamente en los últimos años debido a la dinámica global y siendo la industria automotriz un gran consumidor de este producto, y cayendo ésta en crisis en 2005, se da un giro radical en la forma de efectuar contratos de compra venta .

En el área automotriz y la industria siderúrgica, acostumbraban establecer contratos anuales como práctica normal. Desde hace un par de años esta practica cambio debido principalmente a la presión ejercida por los contados consorcios mundiales proveedores de mineral de hierro, para cambiar a firmar contratos trimestrales que con excusas de volatilidad e incremento en sus costos de extracción y producción prácticamente le impusieron a la industria siderúrgica y así en cadena a la industria automotriz y sub proveedores.

Dándose esta nueva tendencia, los consorcios consumidores de acero emplean hoy más personal capacitado y con experiencia específica en el acero a fin de poder darle frente a la dinámica tan cambiante en la forma de negociar, firmar contratos y al mismo tiempo asegurar el flujo adecuado de material sin causar inconvenientes en toda la cadena productiva del auto.

En algunos casos la industria opta incluso por contratar abasto mensualmente con los ajustes y mecanismos correspondientes.

Teniendo la estructura de compras ya definida o no dentro de la compañía enseguida se plasman los procesos generales y detallados para considerar las decisiones en la compra de acero.

Algunas de las consideraciones para la compra de acero automotriz son:

- Tendencia del mercado internacional y local
- Histórico de precios del acero
- Contratos y Compromisos
- Estrategia del Producto
- Presupuesto de compras
- Metas y objetivos.
- Tendencia tecnológica
- Cambios potenciales de ingeniería ("ECR" Engineering Change Request )
- Costos frente al desafío automotriz
- Logros en el costo del acero
- Caso, costo del acero vs. Aluminio en uso
- Mirando al futuro
- Relación entre la reducción de peso y economía de combustible

## II.2 Mercado

Los precios del acero como se mencionó anteriormente no son como los de un Producto metálico tradicional el cual se puede adquirir mediante mecanismos de precios y periodos futuros definidos. Los precios del acero dependen de un sin número de factores económicos , sociales , políticos, escenarios globales, demanda, materias primas, energéticos , especulación , regulaciones de comercio internacional , etc.

Un comprador debe de estar consciente de estos escenarios y actualizado a fin de poder llevar a acabo una negociación efectiva y lograr los objetivos deseados.

## II 3 Histórico de precios

Si bien este punto se contempla en las consideraciones anteriores, es importante remarcar la necesidad de conocer el comportamiento de los precios del acero en el pasado , las predicciones y pronósticos, contar con información y registros que permitan analizar los sucesos y condiciones históricas y su efecto e influencia en la tendencia de los precios.

Esto aplica tanto para los precios del mercado del acero como también para las materias primas y principales elementos que influyen el precio final del producto , tales como mineral de hierro, chatarra, coque, gas, electricidad, ferroaleaciones, gasolina (para estimación de costos de fletes ) principalmente.

A la falta de mecanismos para compras futuras , se cuenta con publicaciones dedicadas a estimar , predecir y proyectar precios potenciales esperados para determinados productos y periodos de tiempo.

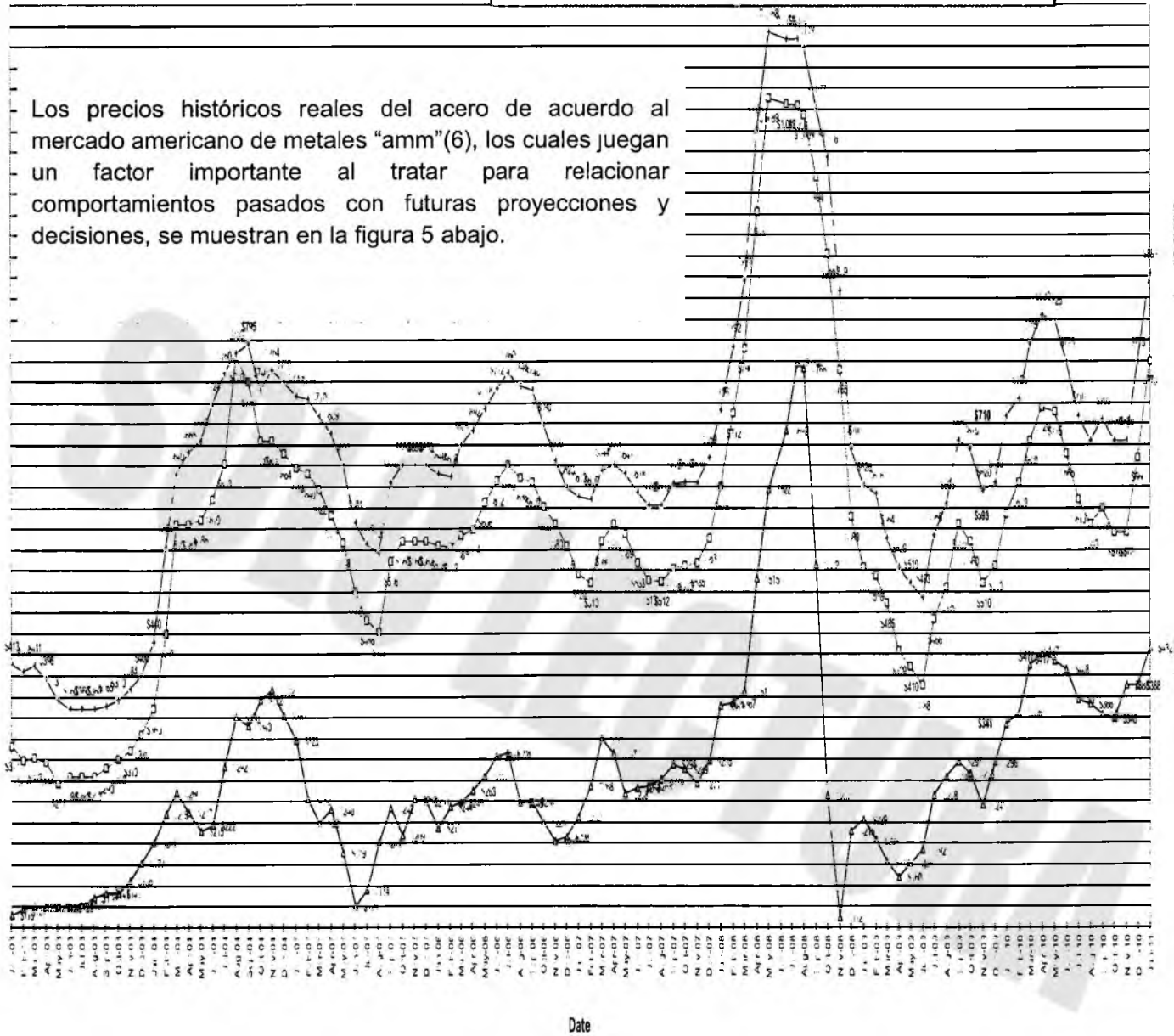
Algunas de estas principales publicaciones son AMM (American Metal Market) , CRU (Commodities Research Unit) para Norte América y para Europa SBB ( Steel Business Briefing) y MEPS (Management Engineering & Production Services ) .

El punto fino cuando se cuenta con este conocimiento es el de relacionar el comportamiento histórico con el resultado en negociaciones históricas; es decir, relacionar las proyecciones , su precisión , entorno local y global y comparar los valores con el de las negociaciones pasadas en el periodo de tiempo a analizar.

**SOLO LECTURA**

- ROLADO EN CALIENTE
- △- ROLADO EN FRIO
- \*- CHATARRA

Los precios históricos reales del acero de acuerdo al mercado americano de metales "amm"(6), los cuales juegan un factor importante al tratar para relacionar comportamientos pasados con futuras proyecciones y decisiones, se muestran en la figura 5 abajo.



**Figura 5** Precios en Dolares Americanos /Tonelada corta de acuerdo al AMM (Mercado Americano de Metales) desde el 2003 al Enero del 2011. Las crisis en esta industria se notan claramente, por ejemplo Noviembre del 2008-

## II.4 Contratos y compromisos

Una Empresa en pie y activa tiene su adquisición actual de acero de alguna fuente en donde los proveedores están sujetos a la estrategia definida por el comprador y avalada por la gerencia y mandos superiores incluyendo a los VP (Vice Presidentes ) de compra tanto locales como globales sí aplica.

Al momento de negociar nuevas adquisiciones de acero con los proveedores mediante contratos , ordenes de compra o algún otro mecanismo, se tiene que considerar la estrategia y aplicar las acciones necesarias para avanzar en los objetivos planteados con cada proveedor, segmento de producto o producto individual.

En relación al mecanismo de compra, generalmente en la industria automotriz se efectúan contratos por productos y periodos determinados que después se plasman en ordenes de compra dentro de un sistema de cómputo, estos mecanismos dependen de cada compañía y de si al acero que es utilizado por la misma compañía o existen terceros recibiendo acero para la manufactura de productos. En este caso se implementan programas de compra-venta comúnmente llamados programa de reventa (resale program) los cuales se definen comercialmente por la compañía que adjudica las compras y utiliza las partes metálicas fabricadas por un tercero.

Básicamente con estos programas se define un precio del acero entre el surtidor y el usuario de las partes metálicas para posteriormente definir un mecanismo de precio al que el tercero y fabricante de las partes adquirirá este material.

Existen varios mecanismos que varían dependiendo de cada compañía.

La idea principal de este tipo de programas es principalmente el de aprovechar el poder de compra de las grandes compañías por un periodo definido de acuerdo al contrato y en algunos casos, el de proteger de fluctuaciones de mercado al tercero (productor de partes).

En algunos casos los usuarios de partes dejan a sus fabricantes que ellos mismos se hagan cargo de los precios y adquisición de su propia materia prima.

## Situaciones reales – Contratos de Compras

Las negociaciones de compra en el ambiente del acero implica riesgos tanto para el que vende como para el que compra.

Se requiere de la habilidad y conocimiento necesario por parte de el comprador a fin de poder lograr los objetivos y minimizar los impactos potenciales que se pudieran presentar por cuestiones varias e impredecibles, relativas a diversos factores tales como la volatilidad de mercados de los varios componentes del costo del acero.

En la Figura 6 abajo se ejemplifica la variabilidad del costo de la chatarra que **pudiera impactar terriblemente** los acuerdo si es que se establecen mecanismos de precios indexados a este tipo de variables y sin delimitar topes en los valores dentro de los términos y condiciones de compra .

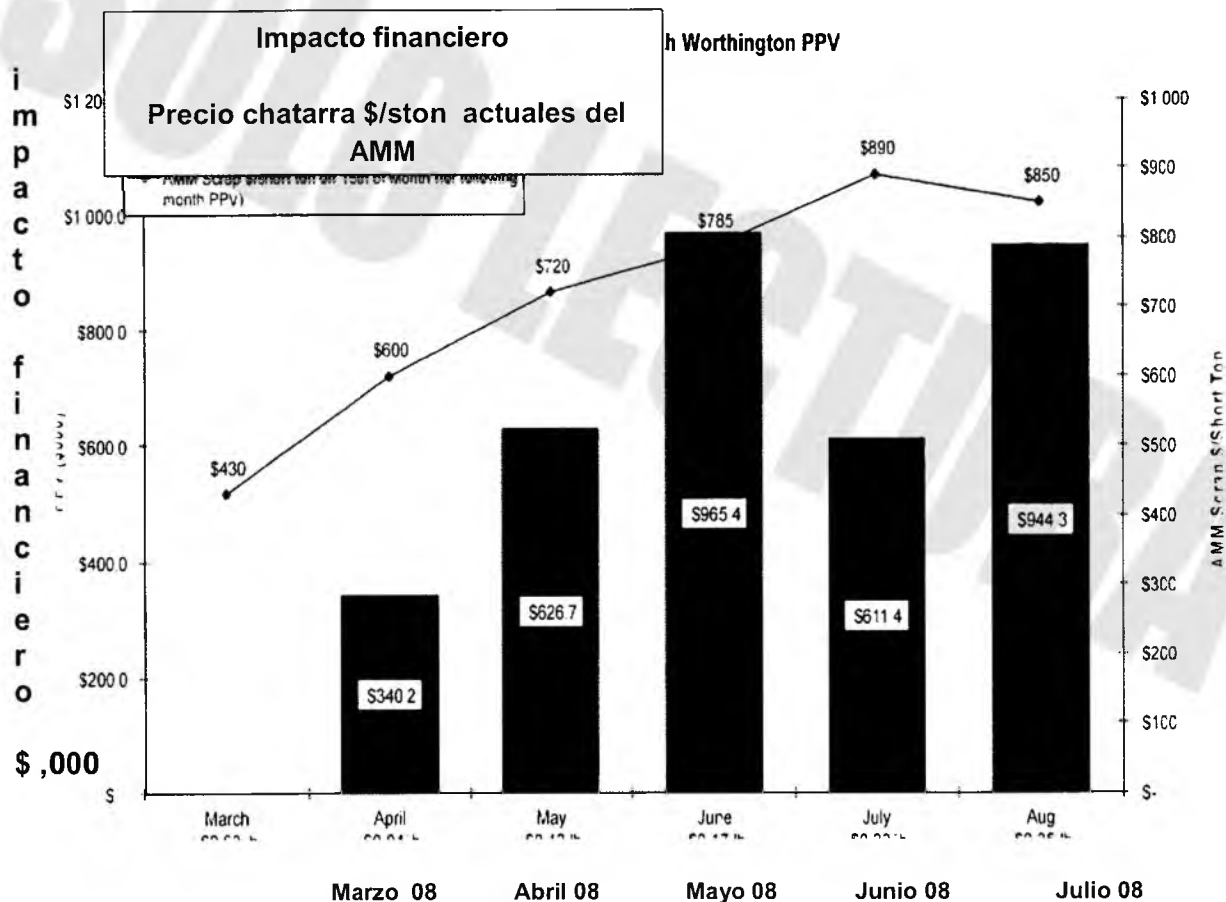


Figura 6 Ilustración de impacto económico por cuestiones de incremento en la chatarra.

Por cuestiones de confidencialidad no se pueden proporcionar más detalles de precios, y solo se pueden, ejemplificar impactos potenciales por la falta de establecer límites en acuerdos que incluyen precios ligados a índices variables, como el de chatarra , AMM o CRU.

Como lecciones aprendidas, una compañía no puede asumir el riesgo en los escenarios inciertos impredecibles y volátiles. Es imperativo conocer el poder de compra con que se cuenta al momento adecuado a fin de lograr la mejor negociación posible.

El mercado es tan volátil y dependiendo de la capacidad de producción de los molinos en los periodos en que se negocia, como otro factor crítico, se puede contar con mayor o menor ventajas para negociar.

En la Figura 7. Abajo se muestra un caso en particular y puntual de un análisis de precios contractuales por región y contra precios actuales del mercado.

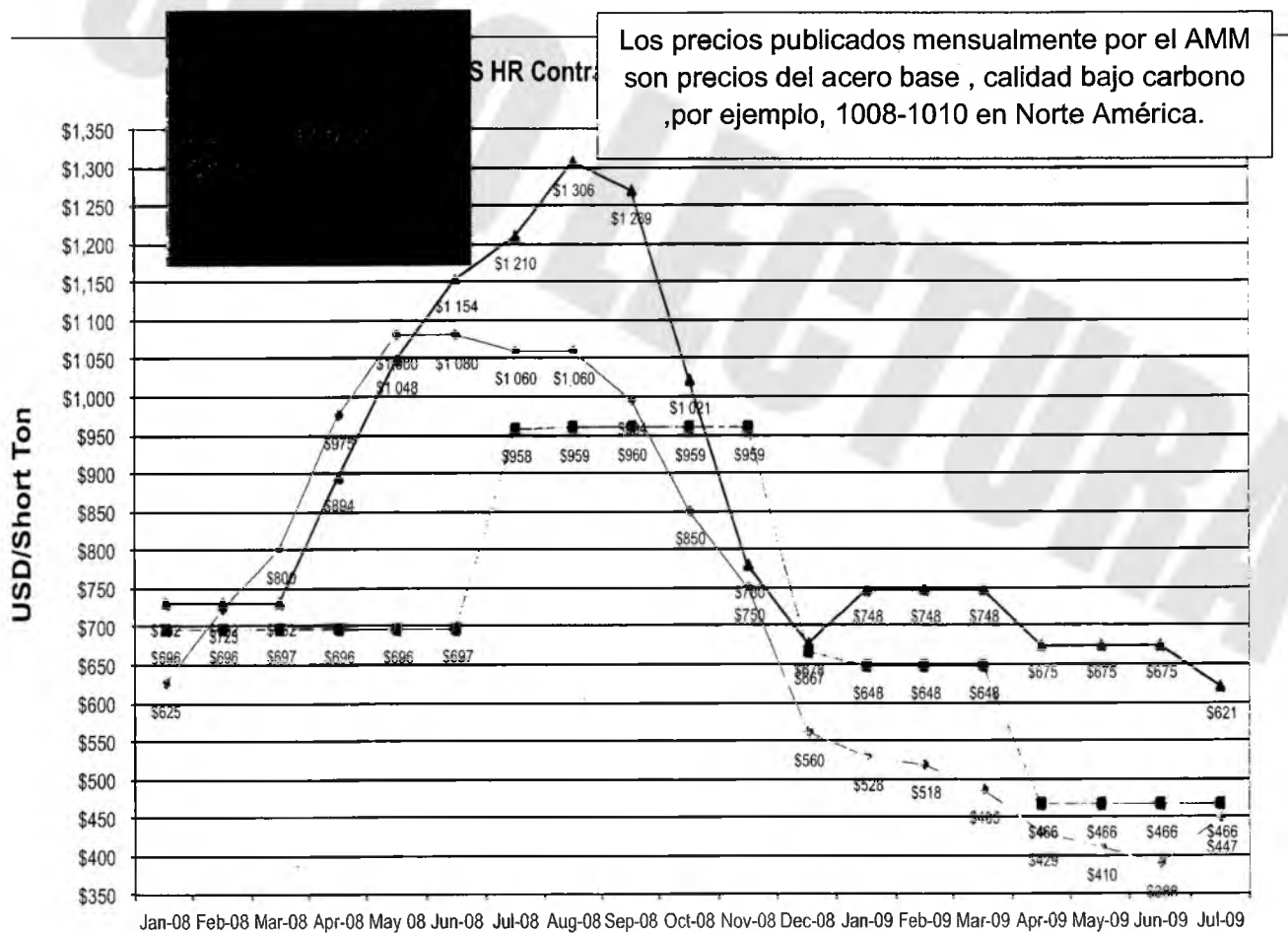


Figura 7 Análisis de precios de contrato por región. –



## II.5 - Estrategia

Es factor importante el de conocer los volúmenes estimados de consumo por grupo de productos y por productos claves de manera tal que se tenga en cuenta el poder de compra y proveedores potenciales.

Por otro lado se debe identificar técnicamente el grupo y productos individuales a fin de establecer los objetivos y proveedores potenciales los cuales son parte de la estrategia.

Las localidades de manufactura de los que forman la cadena productiva es clave para la determinación de los costos, su competitividad y permanencia en el mercado.

Con la globalización y tratados mundiales, el acceso a la compra de productos de importación se ha incrementado a tal grado que se puede comprar productos básicamente de cualquier parte del mundo; sin embargo se tienen que tener en cuenta factores determinantes tanto técnicos como comerciales para el éxito de estas operaciones.

Existen ventajas cuando un producto se produce localmente contra las operaciones de importación; sin embargo en los casos en los que el producto no esta disponible en el área local por razones técnicas , comerciales o simple estrategia, se tiene que recurrir a los mecanismos de importación con desventajas tales como:

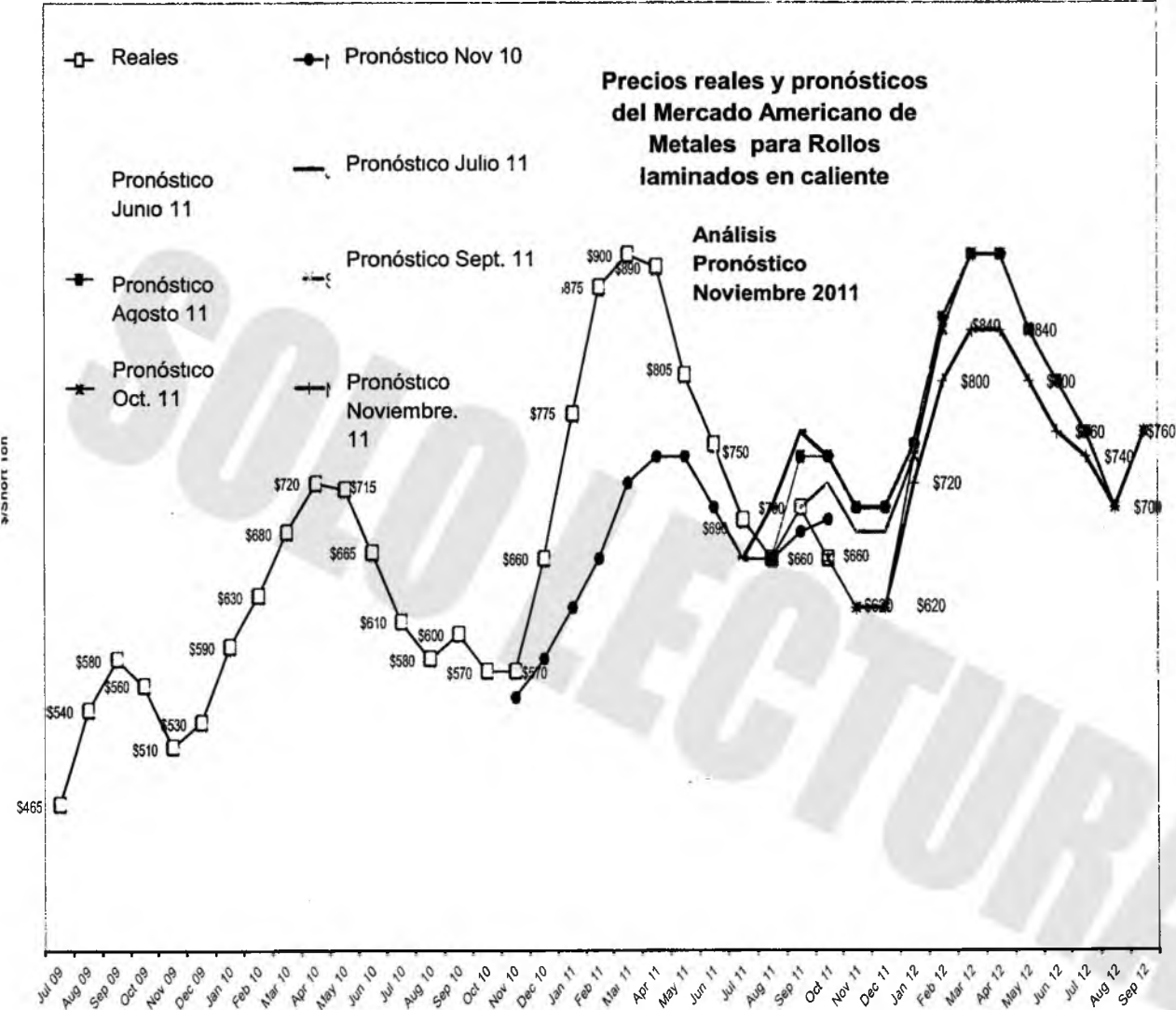
Inconvenientes en la comunicación y entendimiento con proveedores en el extranjero

- Tiempos de entrega
- Problemas potenciales de oxidación y empaque
- Costos de empaque especiales requeridos
- Manejo de inventarios
- Reacción para remplazo de material en caso de defectos
- Paridad y fluctuación
- Costos por visitas de calidad

En el caso específico del acero para asientos automotrices la mayoría de los grados de acero se pueden producir por acerías locales, cuando se habla de la estructura principal del asiento, no obstante pueden existir productos que desarrollados en Europa; por ejemplo para mecanismos de reclinación que debido a la tecnológica adelantada en el viejo continente no son factibles de conseguir en Norte América o que su desarrollo implica años de trabajo.

Existen productos sensibles tanto por su diseño, proceso de manufactura y/o volumen de consumo requieren de una logística precisa , cercana una con otra para garantizar la entrega continua y sin interrupciones.

Los precios históricos reales y los diversos pronósticos mensuales del AMM (Mercado Americano de Metales) son una herramienta principal en el análisis de precios que ofrecen información crítica en la toma de decisiones, como se observa en la Figura 8 abajo.



**Figura 8** Análisis de precios reales del mercado contra proyecciones (estimaciones) de precios futuros de varios meses

Adicional a los precios históricos de “actuales o reales” tanto de rollos laminados en caliente como en frío del (Mercado Americano de Metales) los costos reales de chatarra y precios de importación sirven como herramientas importantes en el análisis en la toma de decisiones como se observa en la Figura 9 abajo.

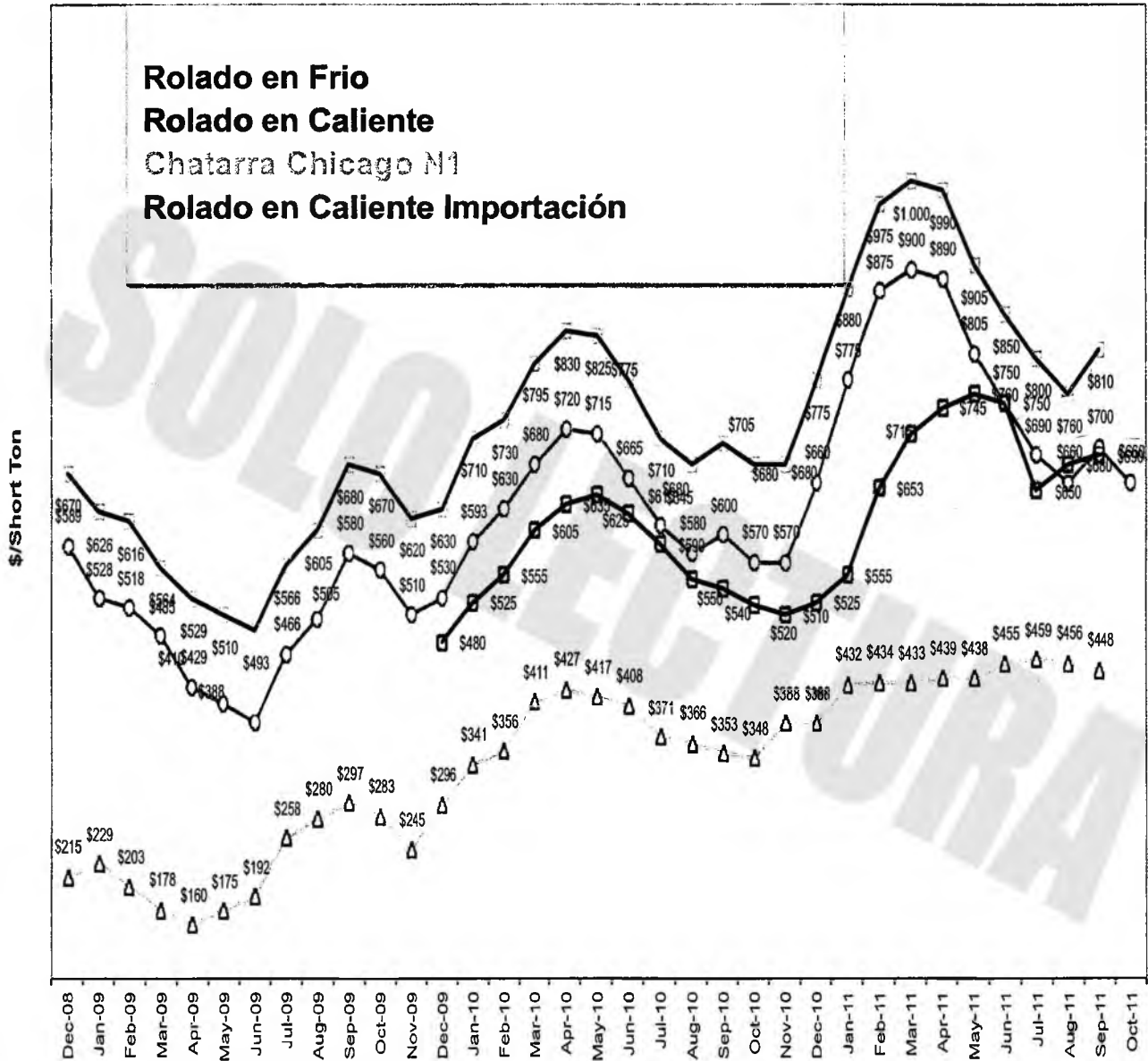


Figura 9 Costos históricos del 2008 al 2011 de acero en caliente, frío , chatarra e costos de material de importación.

Con este tipo de gráficas se puede dar una idea de si podría ser factible y conveniente o no importar productos en lugar de efectuar compras locales en Norte América, calor que faltan mucho mayor detalles de otros factores como todos los costos de importación, tanto fletes como desembarques y tarifas de importación de determinados orígenes

## II.6. - Presupuesto en partes automotrices que utilizan acero

Dependiendo de la empresa se generan presupuestos anuales, semestrales y sus respectivas ajustes en actualizaciones conforme transcurre el periodo en cuestión.

Dichos presupuestos se generan por número de producto terminado que se requiere por la producción tanto interna como a través de terceros, en este caso el enfoque es determinar la cantidad de acero requerido para cada número de parte.

### Ejemplo

Parte Nro. XYZ  
Descripción panel de asiento  
Peso bruto = 2.8 kg  
Peso neto = 1.8 kg  
volumen anual = 400,000 piezas

Con estos datos se entiende obviamente que el consumo anual estimado de compra es de 1,120 Mt (Tonelada Métrica)

### Algunas consideraciones unitarias

1 Mt (tonelada métrica) = 1,000 kg = 2,200 lb  
1 St (tonelada corta) = 2,000 kg  
Cwt (hundred weight, Cien Libras) = 100 lb

Esto debido a que en los EUA es común el negociar precios en USD/cwt lo cual implica cálculos sensibles cuando se reportan precios en USD/Mt.

Una vez que se cuentan con el volumen total presupuestado, este se utiliza como dato primordial en las negociaciones.

Desafortunadamente inclusive en grandes corporaciones se adolecen de sistemas robustos y ágiles que apoyen en cálculo de volúmenes precisos para la compra de acero y esto implica una labor manual impresionante y exhaustiva por la enorme cantidad de datos y cálculos tan dinámicos que se tienen que efectuar fuera de un sistema y en estos casos recurrir al potencial de hojas de cálculo.

Por lo general los presupuestos de compra de acero se elaboran y manejan en base de datos (hojas de cálculo) por lo comentado anteriormente quedan sujetos al diseño y necesidades del autor y usuarios con las ventajas y desventajas de una hoja de cálculo

A continuación se expresa la información que se debe de considerar en las hojas de cálculo:

- Número de parte
- Descripción de la parte
- Peso bruto
- Descripción del acero utilizado
- Tipo del acero
- Grado del acero
- Espesor
- Tolerancia del espesor
- Ancho
- Tolerancia del ancho
- Volúmenes mensuales piezas
- Costo estándar por unidad de peso (Dic 2011 por ejemplo )
- Costos mensuales por unidad de peso

con estos datos y en la misma hoja se calculan:

- Volumen mensual (peso) por parte , por grado por tipo
- Volumen anual (peso )
- \$ Costo estándar
- \$ Costo mensual
- ... y demás datos relevantes para la emisión de reportes y toma de decisiones.

Abajo una idea de los tipos de acero y grados comunes consumidos en el área de producción de asientos automotrices.

Grados:

SAE J2340 340, 420, 460, 550 tanto en HR como en CR

HA800, ACERO DE DOBLE FASE 600 , ACERO DE DOBLE FASE 800 , SAE J2340 490 para rieles de deslizamiento

ASTM 1008, 1010 , 1018 tanto en HR y CR 4130, 4140 , 1018 para partes de estampado fino utilizados en mecanismo de ajuste del asiento.

El mayor volumen se concentra en los ceros de alta resistencia, aceros de alta resistencia y mas específicamente en los grados 340, 550 e incrementando su volumen recientemente el grado 420 en CR que por razones técnicas poco molinos en los EUA pueden producir.

## II.7 Metas y objetivos

Generalmente las empresas automotrices tienen dentro de su área de compras definidos a sus compradores por el tipo de Producto ; por ejemplo, y para citar la división de asientos de una compañía , a esos se podrían nombrar compradores para plásticos , para sujetadores ( fasteners), para acero y tubería, para pieles y telas (trim), de electromecánicos (mecatronics) básicamente , los cuales confirman los componentes de un asiento.

Estos compradores se nombran básicamente compradores de Producto, los cuales son responsables de elaborar la estrategia del Producto y que soportan a los compradores de programa y en algunos casos al comprador de serie , dependiendo de la compañía.

En la mayoría de organizaciones estas actividades de compras se efectúa solo por dos tipos de compradores, el del Producto y el operativo, en donde los títulos pueden variar como comprador Sr , Core , de Producto etc.

Enfocados a la actividad del comprador del Producto, una vez definida la estrategia la cual considera el presupuesto de compras como principal información sobre:

- partes a comprar y su nivel de ingeniería
- volumen de compra de cada parte
- precio de compra proyectada en determinado periodo de tiempo.

Cabe aclarar que toda esta información es muy sensible para la correcta planeación y estrategia de compra.

Independientemente de qué área prepare el presupuesto con los datos (generalmente finanzas colecta los datos de la áreas correspondientes ) la información debe de ser escrupulosamente revisada por el comprador o compradores involucrados o responsables por cada parte y programa ( plataforma o modelo del vehículo ) y validar dicha información incluyendo los precios como responsabilidad de compras.

Debido a la gran dinámica que existe en la industria automotriz,, estas actividades de revisión de presupuestos resultan de las actividades internas más estresantes por la cantidad de información y sensibilidad.

En el caso específico de los aceros es doblemente más complicado por la falta, en la mayoría de los casos, de sistemas de cómputo robustos para la conversión del presupuesto en partes a peso (kg o lb) para la elaboración del presupuesto único del acero.

Estas actividades generan una dinámica bastante intensa entre todas las áreas relacionadas, compras, finanzas, ingeniería por nombrar las principales.

Con la mayor precisión posible el comprador de Producto elabora la estrategia la presenta a su jefe inmediato, que podría ser un gerente o director, se revisa conjuntamente y posteriormente se presenta a el equipo para su validación y ejecución.

El equipo varia de Empresa a Empresa y puede involucrar generalmente al siguiente personal tanto local como global y corporativo como se indica a continuación:

- Compradores operativos, de serie y de programa
- Director de Calidad
- Gerente e ingenieros de calidad
- Gerentes de Programa ( responsables de una plataforma-modelo de vehículo)
- Gerentes y Directores de Compras
- VP de compras
- Programación de las plantas involucradas
- Gerentes de planta
- Gerentes de ingeniería
- Personal de finanzas

Hoy en día la participación de estos títulos aunque listados de manera prioritaria su participación de cada uno o algún representante es critica para la validación y consideraciones para su ejecución.

La forma en que las compañías determinan los presupuestos para la compra de los aceros, es generalmente basada en el acuerdo mutuo y retos mismos dictados por los altos mandos de las compañías en conjunto con las expectativas no muy claras de las perspectivas económicas por lo general no muy claras e inciertas en el mundo del hacer.

Lo anterior quiere decir que a la falta de predictores, los presupuestos se determinan con la mejor esperanza de poder lograr los objetivos y a la misma vez hacer el mejor papel durante las negociaciones.

Los recursos asignados a esta labor compleja para establecer y determinar un precio objetivo de compra para una negociación para determinado periodo de tiempo, depende generalmente de el tamaño de la organización, del entendimiento de dicha complejidad por parte de la citada organización y presupuesto para contratar los expertos en acero.

A fin de proporcionar sólo una idea , en dos compañías productoras de asientos automotrices , proveedores de equipo original de las grandes armadoras , de entre aproximadamente 20 billones de USD de venta anual , destinan a un solo comprador experto de acero.

En Ford, se cuenta por lo menos con una veintena de compradores y gerentes y otros funcionarios relacionados a la compra de acero, en donde a nivel corporativo un grupo de por lo menos 3 o 4 especialistas a nivel doctorado se juntan para combinar una

veintena de graficas y tendencias económicas relacionadas al acero y determinar una formula y revelar el punto optimo de compra de acero.

En épocas en donde el comprador es favorecido por el mercado y los precios tanto de los minerales y chatarra tienden a la baja , todo serán logros satisfactorios.

En momentos en donde el mercado y la demanda de el acero es lo suficiente para que los molinos dicten sus precios a lo que mejor les convenga, en este caso, los compradores tendrán que ser muy habiles a fin de tratar de minimizar el impacto contra el presupuesto dictado.

En estos casos , y en los últimos 5 años generalmente se recurren a la firma de contratos de corto plazo e inclusive mensuales con esperanzas de que el mercado deje de incrementarse , la demanda baje, los precios declinen y existan mejores alternativas.

Otra de las opciones es la de recurrir a otros mercados en donde existan mejores oportunidades y se pudiera recurrir a la importación de productos, lo cual se debe de determinar con mucha cautela , tanto por la consideración de todos los costos involucrados, detalles de manejo de los matariles , dimensiones y especificaciones de los materiales requeridos.

Estos datos de los materiales son críticos a fin de que los materiales que se produzcan en el extranjero sean los que realmente se requieren y funcionen .

Esto quiere decir que se debe de considerar tanto las tolerancias de los espesores como la de los anchos requeridos.

Mas criticos aún son las especificaciones, ya que estas deben de ser cumplidas al 100% y teniendo mucho cuidado cuando se utilizan equivalentes con normas extranjeras.

## **II.8 Tendencias tecnológicas de los aceros en la industria automotriz**

Enfocándose en el área de consumo de acero para la producción de asientos para auto , se comenta que el volumen de mayor consumo de aceros de alta resistencia se ha concentrado durante los últimos 10 años que se ha participado en estas áreas en los grados 340 Mpa (Mega pascales ) y con una fuerte tendencia a los de 420 Mpa de resistencia a la tensión, obviamente buscando una reducción en el espesor y peso de las partes respectivamente.

Esta tendencia también se aplica en la tubería utilizada para formar los marcos de los asientos.

En cuanto a los grados para partes de los mecanismos de reclinación,el volumen de mayor consumo resulta ser un grado 1018 (CE18 en Europa ) con algunas restricciones y características únicas tanto en el contenido químico, mecánico y tolerancias



dimensionales que por experiencia hacen complicado desarrollar proveedores alternos en NA ( Norte América), a pesar de que es un grado bajo carbono relativamente fácil de producir.

Los aceros para rieles de deslizamiento del asiento son únicos y extremadamente sensibles en su desempeño, cuando se trata de introducir diferentes proveedores utilizando diferentes productores del substrato (tratándose de un rolado en frio) y proceso de reducción en frio aun cuando las características químicas y mecánicas cumplan la especificación originalmente dictada.

## **II.9 ECR , De las siglas en ingles se traduce como "Requerimiento de Cambios de Ingeniería")**

Aunque por su nombre en ingles el "engineering change request" podría parecer que sólo los diseñadores o ingenieros son los que promueven por alguna razón técnica como cambio en el diseño de una parte o de material . Definitivamente cualquier área ó persona dentro de una corporación tiene el potencial de sugerir y promover cambios de cualquier tipo en los productos y procesos que potencialmente generen mejoras y/o reducción de costos, de acuerdo a un sistema de gestión de calidad.

Es altamente recomendable y dependiendo de la aplicación de la parte , se corran pruebas que valide el área de ingeniería y producción a fin de asegurar y minimizar cualquier riesgo potencial de funcionamiento adecuado del acero a utilizar.

Dentro del área de los asientos, se ha experimentado el desarrollo de materiales alternos y preferentemente de proveedores locales que dependiendo de la parte y el grado del acero a desarrollar , puede tardar desde un par de meses hasta años de trabajo intenso tanto por parte de el proveedor potencial como por la compañía que adquiere esos materiales.

Estos desarrollos son en muchas ocasiones interrumpidas y frustrantes generalmente por la falta de expertos metalúrgicos que dirijan dichos proyectos, e interrumpidas en ocasiones por cuestiones en donde el mercado y condiciones generales no se prestan para la definición de un caso de negocios " business case" para continuar con dichos proyectos motivando a los equipos de trabajo.

El caso en particular de el desarrollo del material para los rieles del asiento como para las parte del sistema de reclinación son complejos, particularmente cuando estas partes se desarrollan en países europeos y se requieren desarrollar con proveedores diferentes a los productores en el área NAFTA , en donde se nota un retardo claro en el desarrollo tecnológico y de infraestructura comparado con otros bloques o países .

Al preparar un caso de negocios para una propuesta de cambio de proveedor, el cual implica un cambio de material ya sea respetando el grado actual o sugiriendo algún otro es importante considerar y contar con:

- Validación de ingeniería, la cual debe de satisfacer las pruebas requeridas.
- Validación del área de calidad de los PPAP (reportes de muestra inicial) a cualquier grado requerido.
- Aprobación y auditoría de planta y proceso del nuevo proveedor.
- Consentimiento de la planta y su área de logística para la correcta planeación durante el cambio planeado en forma y tiempo.
- Validación del caso de negocios por los altos directivos durante un “comité de abasto”
- Elaboración de un plan de acción y ejecución de dicha propuesta de cambio que generalmente será dirigido por el comprador de Producto en conjunto con el gerente, comprador e ingeniero de calidad del programa afectado principalmente y no limitante.
- Ingreso de información relevante en sistema de computo a fin de implementar las acciones requeridas vía sistema, tales como el registro de los “cambios de ingeniería “ y lanzar las actividades y acciones correspondientes a cada individuo.
- En caso de una afectación de partes a nivel global, se requiere involucrar a las mismas posiciones involucradas a ese mismo nivel.
- Validación del estado financiero del proveedor potencial e implicaciones potenciales comerciales por la balanza de clientes actuales del proveedor. Esto quiere decir, se tiene que tener cuidado que el proveedor a aprobar no dependa en gran parte de un solo cliente y así evitar riesgos potenciales en caso de quiebra.

Las actividades anteriores son generalmente consideradas en los casos en donde por alguna razón económica o de logística se requiere validar materiales y proveedores alternos. Por ejemplo, simplemente el validar proveedores en el área Nafta (TLC) en lugar de proveedores en Europa.

En los casos en donde se requieren cambios de grados más comunes en donde se requiere validar, por ejemplo, un cambio de centro de servicio sin cambio en el productor del acero.

Ésta validación generalmente se limitara a validar el mismo centro de servicio, solicitándole certificados a fin de verificar datos, corroborarlos y proceder a la aprobación.

## **II.10 Costos frente al desafío en el sector Automotriz. (4)**

Los fabricantes de automóviles se enfrentan a un doble desafío: al mismo tiempo de un llamado a reducir el peso del vehículo, se les pide mejorar la seguridad y mantener los costos competitivos, estos son requisitos que se contraponen entre sí.

Para hacer frente a los costos, la selección del material se convierte en el factor crucial. Materiales de la competencia, tales como el aluminio, están en una desventaja significativa en el costo de acero por todos los aspectos del proceso de fabricación de la estructura de la carrocería.

Además, los altos costos del aluminio, impulsado por la energía requerida para producirlo, representan sólo el 15% de los costos, siendo el resto un resultado de los altos costos de fabricación y de montaje asociados con este material de baja densidad.

### **Acero vs. Aluminio**

- **En costo de materias primas, el aluminio es 3 veces mas caro que el acero.**
- **En costos de conversión, el aluminio es 2 veces mas caro que el acero.**
- **En el ensamble, el aluminio es de 20 a 30% mas caro que el acero.**
- **En total, una estructura de aluminio es estimado entre 60 y 80% mas caro que un diseño convencional en acero.**

## II.11 Logros en el costo del uso del Acero

El acero es el único material de automoción que cierra la brecha en el desempeño de los costos.

- **Estructuras optimizadas de acero usando Aceros avanzados de alta resistencia pueden ser construidas a bajo o sin costos relativos a una estructura de acero convencional.**
- **Ha sido demostrado claramente por los investigadores del ULSAB (16). Ambos diseños en 25% más ligeros de acero como el 25% del Aceros avanzados de alta resistencia cumplen con los requisitos agresivos de pruebas de choque , y no representa costos adicionales a los fabricantes.**
- **Los fabricantes automotrices han sido capaces de duplicar estos resultados en sus propios diseños y han alcanzado las mismas conclusiones sobre la economía en la reducción de masa soportado por los diseños optimizados de los aceros avanzados.**

## **II.12 Caso del costo del acero vs. el aluminio en carrocería y cuerpo automotriz (15)**

Una presentación en la Conferencia Internacional de Aluminio por Richard Schultz, consultor de aluminio y ex Presidente de Estructuras de Alcoa Automotriz, concluye que un cuerpo de estructura de carrocería de aluminio cuesta a los fabricantes de automóviles entre los 1.400 a 4.600 dólares americanos por vehículo más caro, en promedio, dependiendo del volumen de producción, ó un 65% sobre una carrocería de acero.

Un programa efectivo y exitoso de reducción de masa de un vehículo es el que ofrece soluciones asequibles que se pueden sostener en el tiempo.

Un aumento de los costos del 60 a 80% no refleja un logro la reducción de la masa de éxito.

## **II.13 Mirando hacia el futuro**

A través del programa del Vehículo del Futuro de Acero (FSV) , WorldAutoSteel se compromete a promover Aceros avanzados de alta resistencia que aseguran las ventajas continuas en los costos de estos materiales.

Esta conexión ligereza-costos se verá reforzada a través del tiempo con la entrega de los conceptos de cuerpo que consideran sistemas de propulsión alternativos, como los avanzados híbridos, eléctricos, y los sistemas de combustible por celdas.

## II.14 La relación entre la reducción de la masa y economía de combustible

El acero ha sido el material de elección para aplicaciones de automoción por generaciones, y hay una razón para ello.

Se trata de un material flexible que ha sido capaz de evolucionar constantemente para mantenerse al día con los retos siempre cambiantes en los diseños de los vehículos. Y los retos de la mejor economía de combustible no son diferentes.

La evolución de los tipos de Aceros avanzados de alta resistencia se están convirtiendo cada vez en grados más fuertes y mas delgados y moldeables en formas complejas.

En consecuencia, los fabricantes de automóviles hacen gala de una reducción de masa que se acerca a los logrados por el ULSAB, ULSAB AVC-y los proyectos de FSV, lo que demuestra el amplio uso de los Aceros avanzados de alta resistencia de automoción en aplicaciones de peso ligero.

Un estudio de FKA (20), Determinación de Peso Elástico de la economía de combustible para vehículos de ICE convencionales, vehículos híbridos y vehículos de pilas de combustible, investigó ahorro de peso en comparación con el consumo de combustible y se considera la influencia de diferentes clases de vehículos, conduciendo los ciclos y sistemas de propulsión.

Una estadística a menudo en los medios es que una reducción del 10% en masa puede resultar en una reducción del 6 al 8% en el consumo de combustible.

El estudio concluye que los valores de peso elástico puede variar desde 1,9 hasta 8,2% en función del ciclo de conducción, el tamaño del vehículo, la selección del sistema de propulsión y de si o no el tren de potencia es ajustado para la aceleración equivalente para el vehículo de peso reducido.

Valores de peso de elasticidad de 6 a 8% son posibles con el cambio de tamaño del sistema de propulsión para una aceleración equivalente utilizando sistemas de propulsión de gasolina convencionales.

El efecto de cambiar el tamaño del sistema de propulsión tiene más influencia en el ahorro de combustible que lo hace la reducción de masa, especialmente para los ciclos de conducción urbanas. Por lo tanto, estos logros impresionantes de economía de combustible de 6 a 8% por lo general no se realizan en el diseño de los vehículos reales por varias razones:

- Los fabricantes de vehículos no tienen opciones de sistemas de motor y de trenes de potencia suficientes para aplicar a cada paso incrementado en el peso del vehículo.
- Las fuerzas del mercado han provocado un aumento significativo en el rendimiento de la aceleración en lugar de cambiar el tamaño de trenes de potencia de rendimiento equivalente.
- Los datos colectados por la Administración Nacional de Carreteras y Seguridad

de Tráfico de los EUA. en su "actualización de la Automoción 2004 de la economía combustible" y por la Asociación Europea de Fabricantes de Automóviles, indican un aumento significativo de la tecnología del motor durante las últimas dos décadas, pero esta tecnología se aplica al desempeño de la aceleración del vehículo en lugar de la economía de combustible.

El estudio concluye FKA (20) que cuando el motor y el sistema de propulsión no se logra reducir, valores de peso / combustible del consumo elástico sólo se aplica a un 4.2% .

El estudio también considera FKA (20) sistemas de propulsión avanzados, como los híbridos y los vehículos de combustible de celdas.

El estudio concluye que estos sistemas de propulsión avanzados, que aprovechan el frenado regenerativo, no ven la misma gran variación en el peso / elasticidad del consumo de combustible con el cambio de tamaño del sistema de propulsión como los motores convencionales de combustión interna lo hacen.

Históricamente, el dato de peso elasticidad a menudo indicada del 8% no se ha logrado. Esta alta reducción en el consumo de combustible estará casi totalmente fuera del alcance, ya que sistemas de propulsión híbridos y de celdas de combustible son más ampliamente utilizados.

## II.15 Reducción de la masa - ¿Cuál es realmente posible?

Un estudio potencial de la reducción de masa llevada a cabo por FKA (20) (Fahrkartenausgabe) (German railway), investigó los reclamos de reducción de masa hechos por la industria de aluminio y acero comparados con los resultados de proyectos de diseño de vehículos y programa específicos.

La industria de acero documenta que la masa del vehículo puede ser reducida 25% a través de la aplicación de modernos Aceros avanzados de alta resistencia.

Los defensores del Aluminio afirman a veces hasta un ahorro del 50% en masa mediante la sustitución del acero con aluminio.

El estudio documenta algunas situaciones específicas simplificadas donde el aluminio proporciona una reducción del 50% sobre acero dulce convencional; sin embargo, se requiere un aumento del 40% en los requisitos de espacio del compartimiento.

El estudio también demuestra que en otros casos de carga simple utilizando aceros de alta resistencia, a la inversa en realidad puede ser verdad - la masa se puede reducir en un 25% mediante la sustitución de aluminio con aplicaciones en acero de alta resistencia, mientras que favorablemente se reducen los requisitos del espacio del compartimiento en un 60%.

Desafortunadamente, los casos fundamentales de carga con aceros de baja resistencia y sin restricciones de espacio en compartimientos, tiene muy poco que ver con los diseños estructurales reales del automóvil.

Aplicaciones automotrices no se prestan por si mismos a escenarios de simple carga. Son estructuras con condiciones de carga múltiple y complejas que son vitales para el manejo del vehículo y el rendimiento, resistencia, durabilidad y seguridad.

Estos criterios de diseño ha creado exigencias extremas en los materiales que no son fáciles de satisfacer. Además, el espacio del compartimiento está rígidamente limitado por la necesidad de maximizar el espacio para los pasajeros y del sistema de propulsión.

Estas condiciones combinadas dan lugar a importantes barreras cuando se trata de reducir la masa con materiales de menor densidad, como el aluminio.

Los datos citados en el estudio indican que las estructuras reales del cuerpo de aluminio demuestran un ahorro de masa entre el 16 y el 40% relativos a los diseños convencionales de acero que sustituyen.



Sin embargo, las estructuras convencionales del cuerpo de acero estaban desactualizados, y no optimizadas en realidad con diseños construidos con las técnicas tradicionales de fabricación de aceros convencionales y de automóviles.

En comparación, los diseños optimizados con Aceros avanzados de alta resistencia han demostrado del 21 al 25% de ahorro de masa en relación a los diseños convencionales de acero a los que sustituyen.

Este logro se refleja en la familia de investigación ULSAB, así como en los propios diseños de fabricantes de automóviles en los últimos años. Estos proyectos y los vehículos cuentan con diseños que hacen un uso extensivo de Aceros avanzados de alta resistencia y optimizan el diseño integral y mejoran el rendimiento y la seguridad de choque a lo largo del camino.

Los fabricantes de automóviles han adoptado estas soluciones intensivas de acero y han establecido estrategias claras para sus futuros materiales que reflejan los beneficios del uso de estos aceros avanzados.

En general, cuando se mira en la evidencia y el estado actual de arte en la tecnología, la FKA (20) concluye que existen diseños de aluminio que proporcionan de 5 a 20% de ahorro en comparación a la masa en el diseño con Aceros avanzados de alta resistencia.

De hecho, la ventaja de reducción de masa media del aluminio es sólo el 11%, muy inferior a la reducción del 40-50% a menudo comunicada

Si bien en la teoría la reducción de peso en las partes metálicas utilizando materiales avanzados es muy prometedora, en la práctica y por experiencia es crítica como se mencionó en las páginas previas, la actividad de ingeniería en el diseño de las partes .

Principalmente y durante el lanzamiento de nuevas plataformas de vehículos; los intentos por lanzar estos idealmente muchas veces se retrasan o inclusive fracasan por completo.

Es muy común ver una gran cantidad de los muy conocidos "brackets" que en una infinidad de lugares dentro del automóvil, soportando en muchas ocasiones las estructuras en transición.

Por experiencia en la industria del asiento automotriz un caso por nombrar sólo uno muy claro de falla de diseño en donde el riel usado en el deslizamiento de el asiento al pasar de un acero prácticamente HSS grado SAE J2340 490 a un UHSS para una nueva plataforma de vehículos, el espesor permaneció sin cambio en absoluto al del diseño anterior, no pudiendo registrar ventaja de la reducción deseada en peso.

### **III Resultados**

Actualmente se puede dudar de la existencia de una institución educativa en México en donde se imparta una carrera de compras y en caso de existir sería interesante conocer la temática y actividades involucradas.

Si bien no se trata tampoco de ciencias ocultas o de la invención de técnicas complejas es una área en donde la experiencia es generalmente requerida cuando se quiere aspirar a diversos niveles y posiciones en el área de compras.

#### **III.1 Factores que se deben considerar para la compra de partes automotrices: (jj)**

- Conocimiento de mercado local e internacional del acero base (6)
- Conocimiento de mercado local e internacional de la chatarra (6)
- Conocimiento de mercado local e internacional de aleantes (6)
- Conocimiento de los principales productores del acero, local e internacional
- Negociaciones puntuales entre grandes consorcios tanto de el acero como de chatarra u otras materias primas
- Capacidad de producción durante el período actual
- Pronósticos de costos en el corto y largo plazo
- Relación con el proveedor y estrategias mutuas
- Negociaciones especiales
- Conocimiento de tipos y grados de acero usados y el volumen potencial
- Conocimiento de la tendencia tecnológica de los aceros
- Conocimiento de cambios potenciales de tipo y grado actuales
- Experiencia y agilidad del comprador como negociador
- Presupuesto como dato y objetivo clave para el comprador
- Capacidades técnicas de los proveedores y plan de inversiones
- Situación financiera de la compañía y los proveedores
- Claridad y transparencia en las negociaciones

## II.2 Producción Mundial de Acero 1950-2010

Se puede ver en la Figura 10 abajo la siempre creciente producción y demanda global de acero, en especial el porcentaje tan grande en los últimos 10 años.

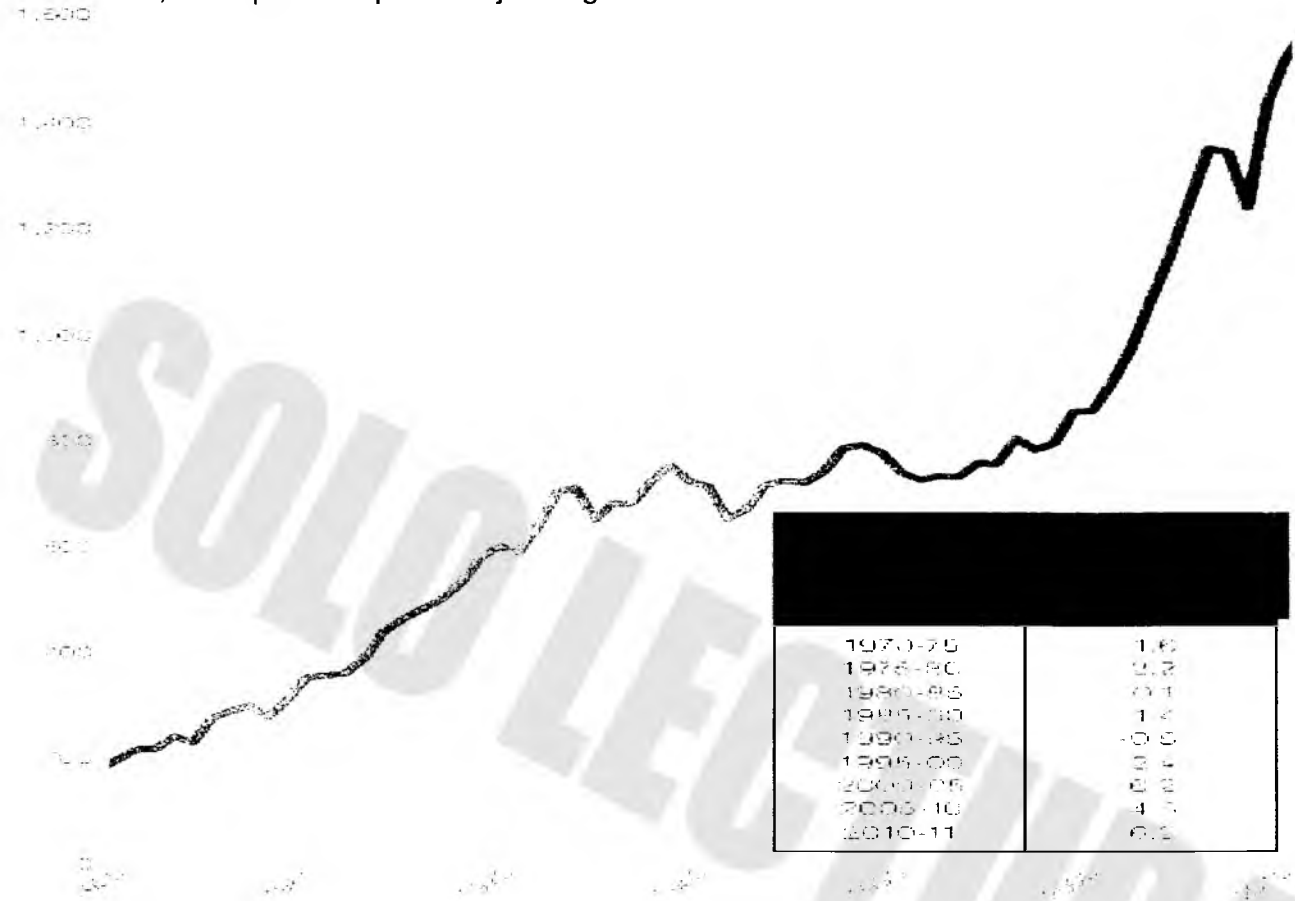


Figura 10 Producción mundial de acero en Millones de toneladas desde 1950 al 2010. Abajo misma información en números.

Año	Mundial	Año	Mundial
1970	595	2001	851
1975	644	2002	904
1980	717	2003	970
1985	719	2004	1,061
1990	770	2005	1,147
1995	752	2006	1,249
1996	750	2007	1,347
1997	799	2008	1,341
1998	777	2009	1,236
1999	789	2010	1,429
2000	849	2011	1,518

### III.3 Compañías principales productoras de acero en 2011

(Últimos datos que nos indican el más reciente posicionamiento de las principales compañías productoras de acero.

Durante las actividades en Sidermex, se dió inicio al proceso de venta de Sicartsa al Grupo Indupersa que actualmente hoy es parte del gran complejo empresarial Mittal, con una participación mundial del casi 7%.

**Tabla 4 Volúmenes de producción de acero por compañía en 2011.**

Millones de Toneladas)

Pos	Compañía	Tonelaje	Pos	Compañía	Tonelaje
1	ArcelorMittal	97.2	21	RIVA Group	16.1
2	Hebei Group <sup>(1)</sup>	44.4	22	Valin Group	15.9
3	Baosteel Group	43.3	23	Severstal	15.3
4	POSCO	39.1	24	Metinvest	14.4
5	Wuhan Group	37.7	25	China Steel Corporation	14.0
6	Nippon Steel	33.4	26	SAIL	13.5
7	Shagang Group	31.9	27	Sumitomo Metal	12.7
8	Shougang Group	30.0	28	IMIDRO	12.6
9	JFE	29.9	29	Jianlong Group	12.4
10	Ansteel Group <sup>(2)</sup>	29.8	30	MMK	12.2
11	Shandong Group	24.0	31	NLMK	12.1
12	Tata Steel <sup>(3)</sup>	23.8	32	Rizhao	11.2
13	United States Steel	22.0	33	Baotou	10.2
14	Gerdau	20.5	34	Jiuquan	10.2
15	Nucor <sup>(4)</sup>	19.9	35	Taiyuan	9.9
16	ThyssenKrupp	17.9	36	Techint Group	9.5
17	Evrz	16.8	37	Anyang <sup>(1)</sup>	9.4
18	Maanshan	16.7	38	Pingxiang	9.1
19	Benxi <sup>(2)</sup>	16.5	39	Jinxi	9.0
20	Hyundai Steel	16.3	40	ISD	8.9

### III.4 Mayores Países productores 2010 - 2011

Tabla 5 Producción de Acero en Millones de Toneladas por País en 2010 y 2011

País	2010		2011	
	Pos.	Tonelaje	Pos.	Tonelaje
China	1	637.4	1	683.9
Japan	2	109.6	2	107.6
United States	3	80.5	3	86.4
India	4	68.3	4	71.3
Russia	5	66.9	5	68.9
South Korea	6	58.9	6	68.5
Germany	7	43.8	7	44.3
Ukraine	8	33.4	8	35.3
Brazil	9	32.9	9	35.2
Turkey	10	29.1	10	34.1
Italy	11	25.8	11	28.7
Taiwan, China	12	19.8	12	22.9
Mexico	13	16.9	13	18.1
France	15	15.4	14	15.8
Spain	14	16.3	15	15.5
Iran	17	12.0	16	13.2
Canada	16	13.0	17	13.0
United Kingdom	18	9.7	18	9.5
Poland	19	8.0	19	8.8
Belgium	20	8.0	20	8.0
South Africa	21	7.6	21	7.5
Austria	23	7.2	22	7.5
Netherlands	25	6.7	23	6.9
Egypt	24	6.7	24	6.5
Australia	22	7.3	25	6.4
Malaysia (e)	26	5.7	26	6.0
Argentina	28	5.1	27	5.6
Czech Republic	27	5.2	28	5.6
Saudi Arabia	29	5.0	29	5.3
Sweden	30	4.8	30	4.9
Kazakhstan	33	4.2	31	4.7
Vietnam (e)	32	4.3	32	4.6
Thailand (e)	34	4.1	33	4.4
Slovak Republic	31	4.6	34	4.2
Finland	35	4.0	35	4.0
Indonesia (e)	37	3.7	36	3.9
Romania	36	3.7	37	3.8
Venezuela	40	2.2	38	3.1
Byelorussia	39	2.5	39	2.6
Luxembourg	38	2.5	40	2.5
Qatar (e)	41	2.0	41	2.0
United Arab Emirates (e)	63	0.5	42	2.0
Greece	42	1.8	43	1.9
Hungary	43	1.7	44	1.7
Chile	48	1.0	45	1.6
Switzerland (e)	45	1.3	46	1.4
Serbia	46	1.3	47	1.3
Colombia	47	1.2	48	1.3
Portugal (e)	44	1.4	49	1.2
Peru	49	0.9	50	0.9
Other		13.0		13.5
<b>World</b>		<b>1,429.1</b>		<b>1,517.9</b>

e=estimado MEXICO 13er posicion en produccion como pais productor en 2010 y 2011

CIS = PAÍSES BÁLTICOS

### III.5 Producción por Proceso

**Tabla 6** Volumen de producción de acero por tipo de proceso en 2011.

País	millones deTons	Oxígeno %	Eléctrico %	Hogar abierto %	Otros %	Total %
Austria	7.5	90.8	9.2	-	-	100.0
Belgium	8.0	65.4	34.6	-	-	100.0
Bulgaria	0.8	-	100.0	-	-	100.0
Czech Republic	5.6	91.8	8.2	-	-	100.0
Finland	4.0	32.2	67.8	-	-	100.0
France	15.8	61.2	38.8	-	-	100.0
Germany	44.3	67.9	32.1	-	-	100.0
Greece	1.9	-	100.0	-	-	100.0
Hungary	1.7	89.9	10.1	-	-	100.0
Italy	28.7	34.4	65.6	-	-	100.0
Latvia (e)	0.9	-	-	100.0	-	100.0
Luxembourg	2.5	-	100.0	-	-	100.0
Netherlands	6.9	97.5	2.5	-	-	100.0
Poland	8.8	50.4	49.6	-	-	100.0
Portugal (e)	1.2	-	100.0	-	-	100.0
Romania	3.8	49.0	51.0	-	-	100.0
Slovak Republic	4.2	91.0	9.0	-	-	100.0
Slovenia	0.6	-	100.0	-	-	100.0
Spain	15.5	24.8	75.2	-	-	100.0
Sweden	4.9	65.6	34.4	-	-	100.0
United Kingdom	9.5	73.3	26.7	-	-	100.0
<b>European Union</b>	<b>177.2</b>	<b>58.7</b>	<b>42.6</b>	<b>0.5</b>	<b>-</b>	<b>100.0</b>
Turkey	34.1	25.9	74.1	-	-	100.0
Others	3.8	34.8	65.2	-	-	100.0
<b>Other Europe</b>	<b>37.9</b>	<b>26.8</b>	<b>53.2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>100.0</b>
Russia	68.9	63.4	26.9	9.7	-	100.0
Ukraine	35.3	69.3	4.5	26.2	-	100.0
Other CIS	9.3	50.3	39.4	10.4	-	100.0
<b>CIS</b>	<b>113.5</b>	<b>63.2</b>	<b>20.9</b>	<b>14.9</b>	<b>-</b>	<b>100.0</b>
Canada	13.0	58.3	41.7	-	-	100.0
Mexico	18.1	28.0	72.0	-	-	100.0
United States	86.4	39.7	60.3	-	-	100.0
<b>NAFTA</b>	<b>117.5</b>	<b>39.9</b>	<b>60.1</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>100.0</b>
Argentina	5.6	50.7	49.3	-	-	100.0
Brazil	35.2	75.0	23.5	1.5	-	100.0
Chile	1.6	73.7	26.3	-	-	100.0
Venezuela	3.1	-	100.0	-	-	100.0
Others	3.8	8.7	91.3	-	-	100.0
<b>Central and South America</b>	<b>49.3</b>	<b>62.9</b>	<b>46.6</b>	<b>1.1</b>	<b>-</b>	<b>100.0</b>
Egypt (e)	6.5	8.5	91.5	-	-	100.0
South Africa	7.5	52.9	47.1	-	-	100.0
Other Africa	1.6	29.2	70.8	-	-	100.0
<b>Africa</b>	<b>15.6</b>	<b>32.0</b>	<b>68.0</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>100.0</b>
Iran	13.2	17.4	82.6	-	-	100.0
Saudi Arabia	5.3	-	100.0	-	-	100.0
Other Middle East	2.3	-	100.0	-	-	100.0
<b>Middle East</b>	<b>20.8</b>	<b>11.1</b>	<b>88.9</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>100.0</b>
China	683.9	89.6	10.4	-	-	100.0
India (e)	71.3	38.1	60.5	1.4	-	100.0
Japan	107.6	76.9	23.1	-	-	100.0
South Korea	68.5	61.4	38.6	-	-	100.0
Taiwan, China	22.9	56.8	43.2	-	-	100.0
Other Asia	20.8	-	100.0	-	-	100.0
<b>Asia</b>	<b>974.9</b>	<b>79.8</b>	<b>20.1</b>	<b>0.1</b>	<b>-</b>	<b>100.0</b>
Australia	6.4	80.4	19.6	-	-	100.0
New Zealand	0.8	72.4	27.6	-	-	100.0
<b>Total of above countries</b>	<b>1,514.1</b>	<b>69.5</b>	<b>29.2</b>	<b>1.2</b>	<b>0.0</b>	<b>100.0</b>

e= estimado

Los países en esta tabla contaron en la producción de mas del 99% del volumen de acero crudo producido en 2011. **CIS = PAÍSES BÁLTICOS**

Dato interesante e increíble que se produzca todavía 1.2 % en horno de hogar abierto. Notoria la gran producción de acero en Asia con un 64% y contra un casi 8% del Nafta. De manera global en el mundo 70% se produce en BOF y 29 % en EAF.

### III.6 Producción en Colada Continua 2009-2011

(2)

Tabla 7 Producción de acero por país en 2009, 2010 y 2011

	Millones de toneladas			% salida acero crudo		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011
Austria	5.5	6.9	7.2	96.6	96.2	96.3
Belgium	5.6	8.0	8.0	100.0	100.0	100.0
Bulgaria	0.7	0.7	0.8	98.2	100.4	100.0
Czech Republic	4.2	4.7	5.0	91.3	89.9	90.1
Finland	3.1	4.0	4.0	99.6	99.6	99.5
France	12.4	14.8	15.0	96.4	95.9	95.3
Germany	31.6	42.4	42.6	96.7	96.7	96.3
Greece	2.0	1.8	1.9	100.0	100.0	100.0
Hungary	1.4	1.7	1.7	100.0	100.0	100.0
Italy	18.9	24.6	27.4	95.2	95.7	95.2
Latvia (e)	0.7	0.7	0.9	100.0	100.0	100.0
Luxembourg	2.1	2.5	2.5	100.0	100.0	100.0
Netherlands	5.1	6.5	6.8	98.8	98.1	97.5
Poland	6.9	7.8	8.6	97.1	97.4	97.6
Portugal (e)	1.6	1.3	1.2	98.7	98.5	98.3
Romania	2.7	3.6	3.7	96.9	97.1	97.0
Slovak Republic	3.7	4.6	4.2	99.6	99.7	99.7
Slovenia	0.4	0.5	0.5	82.0	82.2	81.8
Spain	14.2	16.1	15.3	98.6	98.6	98.6
Sweden	2.5	4.3	4.2	87.6	88.5	86.9
United Kingdom	9.9	9.6	9.3	98.6	98.4	97.8
European Union	135.1	167.1	170.9	96.9	96.8	96.4
Turkey	25.3	29.1	34.1	100.0	100.0	100.0
Others	2.1	2.5	2.7	99.6	99.2	99.3
Other Europe	27.4	31.6	36.8	100.0	99.9	100.0
Russia	48.4	54.0	55.6	80.6	80.7	80.7
Ukraine	14.3	18.0	19.0	47.9	53.8	53.9
Other CIS	7.7	7.8	8.5	99.3	99.3	99.7
CIS	70.4	79.8	83.0	72.1	73.7	73.7
Canada	9.0	12.9	12.7	97.3	98.8	97.9
Mexico	14.1	16.7	18.1	99.8	98.9	99.9
United States	56.7	78.4	84.5	97.5	97.4	97.8
NAFTA	79.9	107.9	115.2	97.9	97.8	98.1
Argentina	4.0	5.1	5.6	98.5	99.7	99.8
Brazil	25.7	31.8	34.1	97.1	96.6	96.7
Venezuela	3.8	2.2	3.1	100.0	100.0	100.0
Other Latin America	3.8	4.1	5.1	91.2	90.5	93.1
Central and South America	37.3	43.2	47.8	96.9	96.5	96.9
Egypt (e)	5.5	6.7	6.5	100.0	100.0	100.0
South Africa	7.5	7.6	7.5	99.6	99.5	99.4
Other Africa	2.2	2.2	1.5	98.4	99.8	99.6
Africa	15.2	16.5	15.5	99.6	99.7	99.7
Iran	10.9	12.0	13.2	100.0	100.0	100.0
Saudi Arabia	4.7	5.0	5.3	100.0	100.0	100.0
Other Middle East	1.7	2.3	2.3	100.0	100.0	100.0
Middle East	17.3	19.3	20.8	100.0	100.0	100.0
China	568.5	613.7	673.7	98.5	96.3	98.5
India (e)	43.2	47.5	49.6	68.0	69.5	69.5
Japan	86.1	107.7	105.5	98.4	98.2	98.1
South Korea	47.4	57.7	67.2	97.7	98.0	98.1
Taiwan, China	15.9	19.8	22.9	100.0	100.0	100.0
Other Asia	14.0	15.1	16.0	100.0	100.0	100.0
Asia	775.1	861.4	934.8	96.1	94.8	96.4
Australia	5.2	7.2	6.4	98.9	99.3	99.2
New Zealand	0.8	0.9	0.8	100.0	100.0	100.0
<b>Total of above countries</b>	<b>1,163.7</b>	<b>1,334.9</b>	<b>1,432.1</b>	<b>94.6</b>	<b>94.0</b>	<b>95.0</b>

e= estimado

los países en esta tabla contaron en la producción de mas del 99% del volumen de acero crudo producido en 2011.

### III.7 Producción Mensual de Acero Crudo 2008-2011 Millones de Toneladas (2)

En todas estas graficas de la Figura 11 abajo se aprecia una tendencia muy parecida debido a que los factores que soportan la economías locales del acero interactúan cada vez mas con factores globales .(jj)

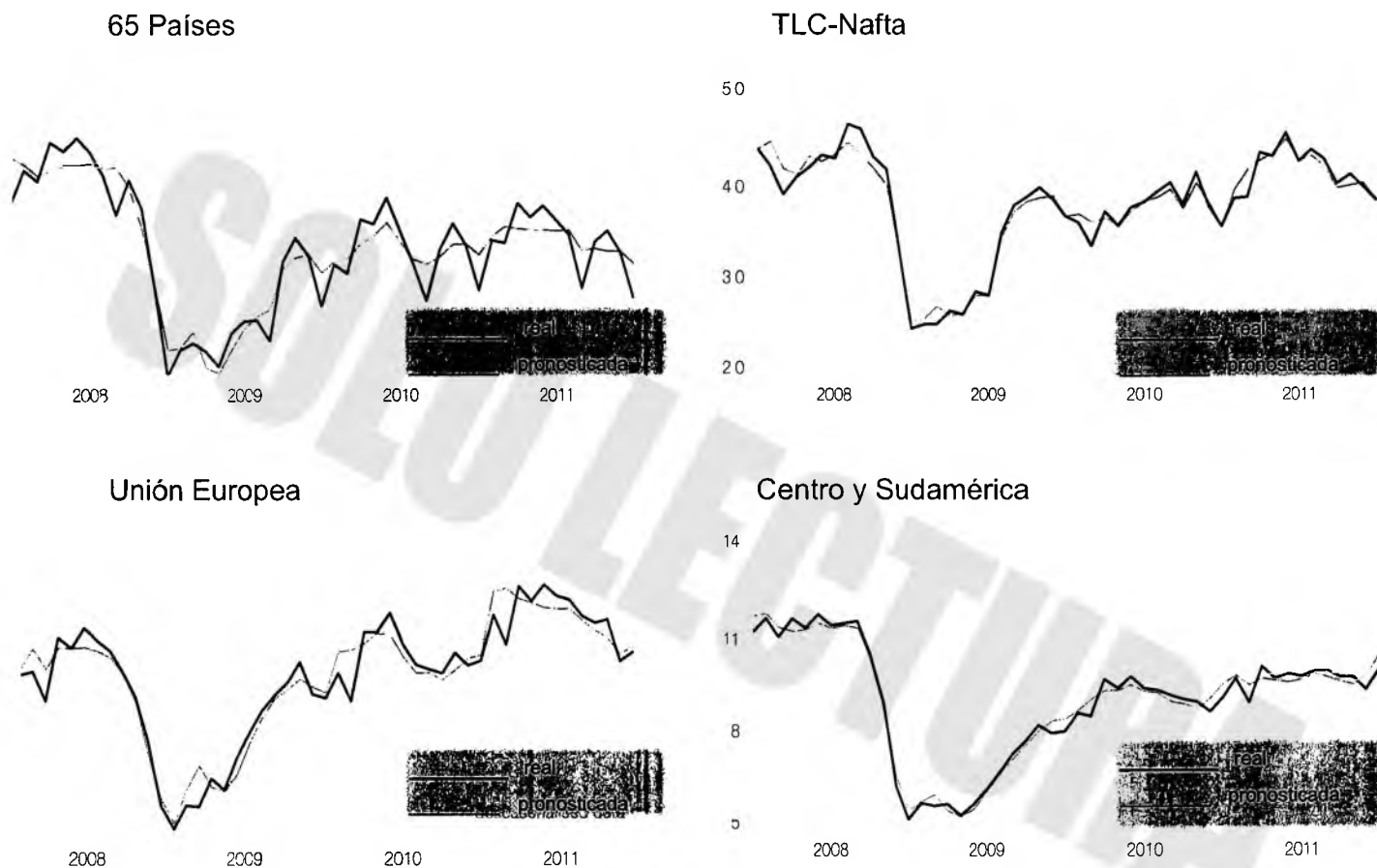
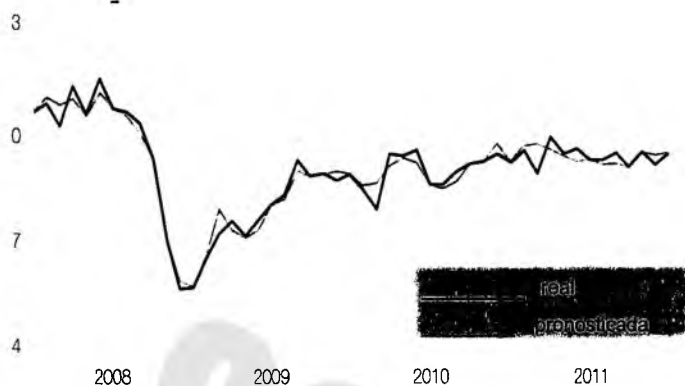


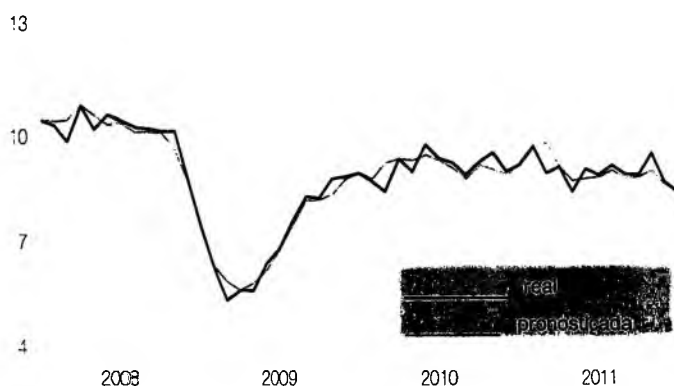
Figura 11. Volumen Mensual de Producción de Acero por Región Mundial.



CIS( Países Bálticos) (6)



Japón



China (2)

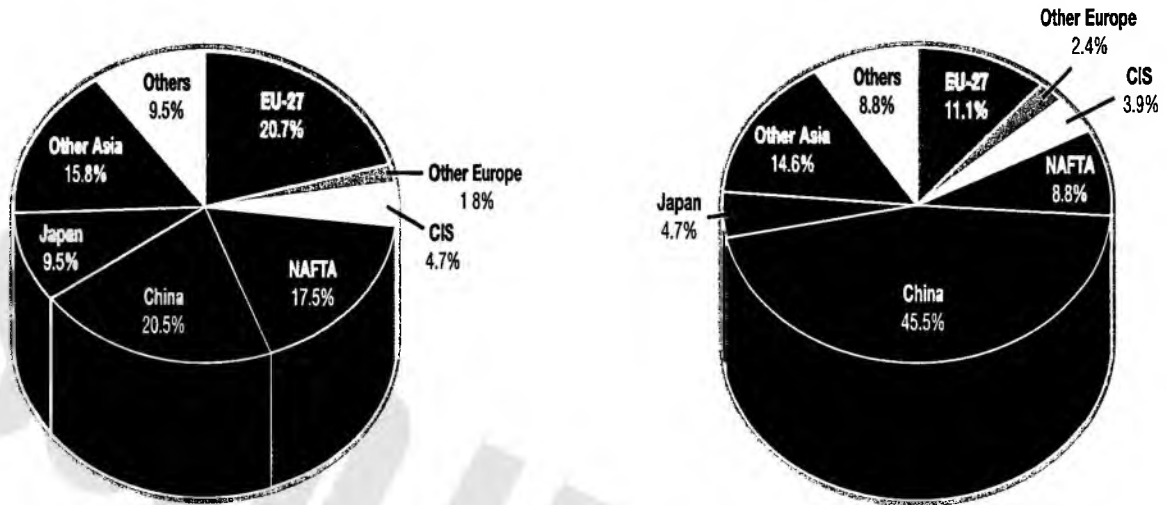


**Continuación Figura 11.**

Por citar unos ejemplos de crisis en la producción de acero, se pueden mencionar la crisis tanto en el sector de casas como la automotriz en los EUA principalmente, que a finales del 2006 comenzaron a impactar globalmente y que hasta la fecha se continúa con dichos efectos. Se nota en todas éstas gráficas y como anteriormente mencionado, a finales del 2008 fue cuando la industria acerera toco piso.

**III.8 Producción de Acero y Uso por Distribución Geográfica 2001, 2011 (2)**

Producción Mundial Millones de toneladas de Acero Crudo  
**851** **1,518**  
**2001** **2011**



Uso , Producto Final  
 Millones de toneladas de Acero Crudo  
**769** **1,372**

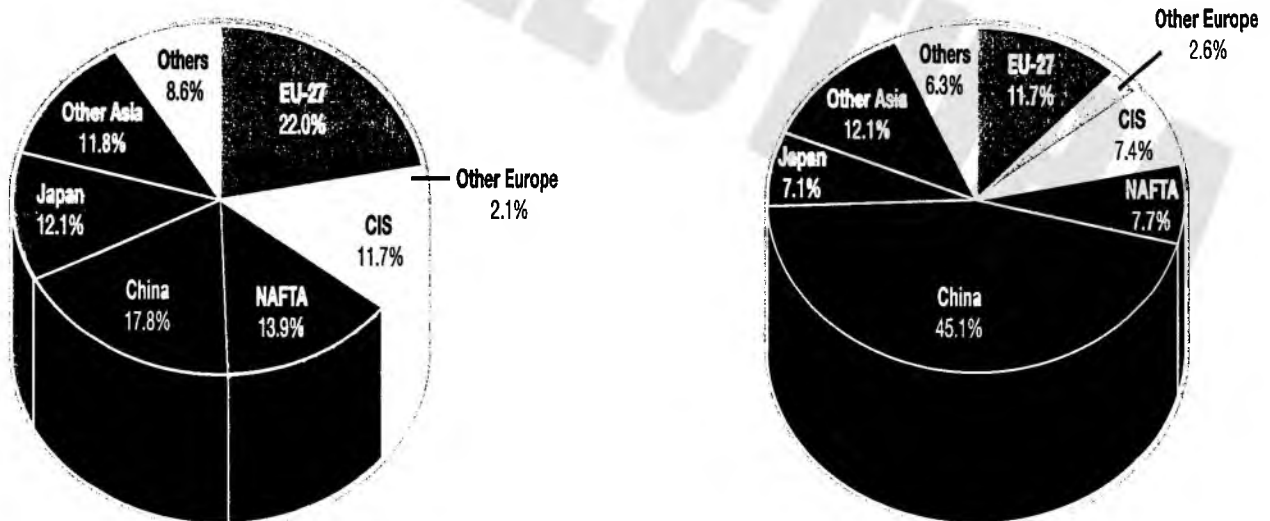


Figura 12. Producción y uso mundial de acero respectivamente por region.

**China , crecimiento 122% en producción y uso en 10 años , CIS = PAÍSES BÁLTICOS**

### III.9 Mayores productores de acero (2)

**Tabla 8. Producción de acero crudo en 2011** en Millones de toneladas métricas de acero crudo.

Mittal como compañía familiar líder productor desde hace varios años.(Dueño de Sicartsa)

Pos	Compañía	Tonelaje	Pos	Compañía	Tonelaje
1	ArcelorMittal	97.2	21	RIVA Group	16.1
2	Hebei Group <sup>(1)</sup>	44.4	22	Valin Group	15.9
3	Baosteel Group	43.3	23	Severstal	15.3
4	POSCO	39.1	24	Metinvest	14.4
5	Wuhan Group	37.7	25	China Steel Corporation	14.0
6	Nippon Steel	33.4	26	SAIL	13.5
7	Shagang Group	31.9	27	Sumitomo Metal	12.7
8	Shougang Group	30.0	28	IMIDRO	12.6
9	JFE	29.9	29	Jianlong Group	12.4
10	Ansteel Group <sup>(2)</sup>	29.8	30	MMK	12.2
11	Shandong Group	24.0	31	NLMK	12.1
12	Tata Steel <sup>(3)</sup>	23.8	32	Rizhao	11.2
13	United States Steel	22.0	33	Baotou	10.2
14	Gerdau	20.5	34	Jiuquan	10.2
15	Nucor <sup>(4)</sup>	19.9	35	Taiyuan	9.9
16	ThyssenKrupp	17.9	36	Techint Group	9.5
17	Evrz	16.8	37	Anyang <sup>(1)</sup>	9.4
18	Maanshan	16.7	38	Pingxiang	9.1
19	Benxi <sup>(2)</sup>	16.5	39	Jinxi	9.0
20	Hyundai Steel	16.3	40	ISD	8.9

Los números incluyen acero inoxidable en donde aplica . En los casos de mas del 50% de participación, se incluye el 100% del tonelaje de la subsidiaria, en caso del 30% de participación se prorratea el tonelaje.

### III.10 Mayores productores de acero (2)

Millones de toneladas métricas de acero crudo

Nippon Steel cedió su segundo lugar a BAO Steel de China así como Posco escaló un lugar , esto a comparación con el año anterior.

**Tabla 9.** Volumen de producción de acero crudo en 2009 por compañía.

Pos	Compañía	Tonelaje	Pos	Compañía	Tonelaje
Millones de toneladas Métricas					
1	ArcelorMittal	77.5	26	Hyundai	8.4
2	Baosteel	31.3	27	CELSA	7.8
3	POSCO	31.1	28	Metinvest	7.4
4	Nippon Steel <sup>(1)</sup>	26.5	29	Techint	6.9
5	JFE	25.8	30	Erdemir	6.5
6	Jiangsu Shagang <sup>(2)</sup>	20.5	31	Metalloinvest	6.5
7	Tata Steel <sup>(3)</sup>	20.5	32	Kobe	5.9
8	Ansteel	20.1	33	Usiminas	5.6
9	Severstal	16.7	34	JSW	5.5
10	Evrz	15.3	35	Essar	5.5
11	U.S. Steel	15.2	36	voestalpine <sup>(7)</sup>	5.5
12	Shougang <sup>(4)</sup>	15.1	37	Salzgitter <sup>(5)</sup>	4.9
13	Gerdau	14.2	38	Hadeed	4.8
14	Nucor	14.0	39	BlueScope	4.6
15	Wuhan	13.7	40	CSN	4.4
16	SAIL	13.5	41	Ezz	3.9
17	Handan	12.0	42	SSAB	3.6
18	Riva	11.3	43	Sidor	3.1
19	Sumitomo	11.0	44	Duferco	3.1
20	ThyssenKrupp <sup>(5)</sup>	11.0	45	Nisshin	3.1
21	Novolipetsk <sup>(6)</sup>	10.9	46	Vizag	3.0
22	IMIDRO	10.6	47	CMC	3.0
23	Magnitogorsk	9.6	48	AHMSA	3.0
24	China Steel	8.9	49	Dongkuk	3.0
25	Laiwu	8.9			

### III.11 Producción mundial 2008-2007 Acero Crudo (2)

Tabla 10. Volumen de producción mundial en 2007 y 2008 por compañía.

Pos 2008	Pos 2007	Compañía	Pos 2008	Pos 2007	Compañía				
Millones de toneladas		Métricas							
1	103.3	1	116.4	ArcelorMittal	41	6.9	40	7.4	Jiuquan Steel
2	37.5	2	35.7	Nippon Steel <sup>1</sup>	42	6.9	41	7.3	Salzgitter <sup>5</sup>
3	35.4	5	28.6	Baosteel Group	43	6.8	43	6.9	voestalpine
4	34.7	4	31.1	POSCO	44	6.5	39	7.8	Jianlong Group
5	33.3	NA	31.1	Hebei Steel Group	45	6.5	44	6.8	BlueScope
6	33.0	3	34.0	JFE	46	6.4	46	6.4	Metallinvest
7	27.7	11	20.2	Wuhan Steel Group	47	6.4	47	6.4	Bertei Steel
8	24.4	6	26.5	Tata Steel <sup>2</sup>	48	6.1	60	5.2	Guofeng Steel
9	23.3	8	22.9	Jiangsu Shagang Group	49	6.1	51	6.1	SSAB
10	23.2	10	21.5	U.S. Steel	50	6.0	58	5.4	Erdemir
11	21.8	NA	23.8	Shandong Steel Group	51	5.9	54	5.9	AK Steel
12	20.4	12	20.0	Nucor	52	5.9	52	6.1	Mechel
13	20.4	13	18.6	Gerdau	53	5.7	53	6.0	Nanjing Steel
14	19.2	15	17.3	Severstal	54	5.6	42	7.0	Ilyich
15	17.7	17	16.2	Evrz	55	5.4	61	5.0	Tonghua Steel
16	16.9	14	17.9	Riva	56	5.3	56	5.6	Xinyu Steel
17	16.0	NA	16.2	Anshan Steel	57	5.2	57	5.5	HKM <sup>6</sup>
18	15.9	16	17.0	ThyssenKrupp <sup>3</sup>	58	5.1	NA	4.5	Sanming Steel
19	15.0	18	14.2	Maanshan Steel	59	5.0	59	5.3	CSN
20	14.1	20	13.8	Sumitomo Metal Ind	60	4.7	63	4.6	HADEED
21	13.7	19	13.9	SAIL	61	4.5	68	4.4	Tianjin Tiantie Group
22	12.2	23	12.9	Shougang Group	62	4.4	72	4.0	Hebei Jinxi Group
23	12.0	21	13.3	Magnitogorsk	63	4.3	62	5.0	Steel Dynamics
24	11.3	30	9.7	Novolipetsk	64	4.3	69	4.1	Pingxiang Steel
25	11.3	26	11.1	Hunan Valin Group	65	4.3	65	4.5	Ezz Group
26	11.0	27	10.9	China Steel Corporation	66	4.0	71	4.1	Nisshin
27	10.4	22	13.1	Techint <sup>4</sup>	67	4.0	70	4.1	Tianjin Steel Pipe
28	10.0	28	10.1	IMIDRO	68	3.9	64	4.6	Zaporizhstahl
29	9.9	NA	11.6	Industrial Union of Donbass	69	3.8	NA	3.0	JSW Steel
30	9.9	29	10.0	Hyundai Steel	70	3.7	73	4.0	Lion Group
31	9.8	34	8.8	Baotou Steel	71	3.7	75	3.5	AHMSA
32	9.2	31	9.3	Taiyuan Steel	72	3.7	NA	3.0	ICDAS
33	9.0	33	9.0	Anyang Steel	73	3.6	NA	4.3	SIDOR <sup>6</sup>
34	8.2	32	9.1	Metinvest	74	3.6	78	3.5	Hangzhou Steel
35	8.2	37	8.1	Celsa	75	3.5	NA	2.7	Hebei Jingye Steel
36	8.1	38	8.1	Kobe Steel	76	3.5	77	3.5	Chongqing Steel
37	8.0	35	8.7	Usiminas	77	3.4	NA	2.7	Commercial Metals
38	7.5	45	6.6	Panzhuhua Steel	78	3.4	74	3.6	Essar Steel
39	7.5	50	6.2	Rizhao Steel	79	3.4	79	3.5	Tokyo Steel
40	7.4	NA	7.6	Benxi Steel	80	3.1	NA	3.2	Vizag Steel

### III.12 Producción mundial 2007-2006 Acero Crudo (2)

**Tabla 11.** Volumen de producción mundial en 2006 y 2007 por compañía.

Pos 2007	Pos 2006	Compañía	Pos 2007	Pos 2006	Compañía				
Millones de toneladas Métricas									
1	116.4	1	117	ArcelorMittal	41	7.3	36	7.4	Salzgitter <sup>3</sup>
2	35.7	2	34.7	Nippon Steel	42	7.0	40	7.0	Ilyich
3	34.0	3	32.0	JFE	43	6.9	44	6.5	voestalpine
4	31.1	4	30.1	POSCO	44	6.8	41	6.8	BlueScope
5	28.6	6	22.5	Baosteel	45	6.6	42	6.8	Panzhihua
6	26.5	45	6.4	Tata Steel <sup>1</sup>	46	6.4	46	6.3	Metallinvest
7	23.6	5	22.6	Anshan-Benxi	47	6.4	53	5.2	Beitel
8	22.9	17	14.6	Jiangsu Shagang	48	6.3	49	6.0	Azovstal
9	22.8	9	19.1	Tangshan	49	6.2	38	7.2	Duferco
10	21.5	7	21.2	US Steel	50	6.2	73	3.6	Rizhao Steel
11	20.2	16	15.1	Wuhan	51	6.1	71	3.7	SSAB
12	20.0	8	20.3	Nucor	52	6.1	50	6.0	Mechel
13	18.6	15	15.6	Gerdau Group	53	6.0	57	4.9	Nanjing
14	17.9	11	18.2	Riva	54	5.9	51	5.7	AK Steel
15	17.3	12	17.5	Severstal	55	5.8	52	5.4	Guangxi Liuzhou
16	17.0	13	16.8	ThyssenKrupp <sup>2</sup>	56	5.6	55	5.1	Jiangxi Xinyu
17	16.2	14	16.1	Evraz	57	5.5	59	4.8	HKM <sup>4</sup>
18	14.2	23	10.9	Maanshan	58	5.4	56	5.0	Erdemir
19	13.9	19	13.5	SAIL	59	5.3	74	3.5	CSN
20	13.8	18	13.6	Sumitomo	60	5.2	54	5.2	Tangshan Guofeng
21	13.3	21	12.5	Magnitogorsk	61	5.0	61	4.4	Tonghua
22	13.1	20	12.8	Techint	62	5.0	63	4.3	Steel Dynamics
23	12.9	26	10.5	Shougang	63	4.6	67	4.0	HADEED
24	12.1	22	11.2	Jinan	64	4.6	62	4.4	Zaporizhstahl
25	11.7	24	10.8	Laiwu	65	4.5	60	4.5	EZDK
26	11.1	27	9.9	Hunan Valln	66	4.4	64	4.3	Shaoguan
27	10.9	25	10.7	China Steel	67	4.4	65	4.2	Global Steel Holdings
28	10.1	28	9.8	IMIDRO	68	4.4	75	3.5	Tianjin Tiantie
29	10.0	30	8.9	Hyundai	69	4.1	66	4.0	Pingxiang
30	9.7	29	9.1	Novolipetsk	70	4.1	87	3.0	Tianjin Steel
31	9.3	47	6.3	Taiyuan	71	4.1	69	3.8	Nisshin
32	9.1	32	8.7	Metinvest Holdings	72	4.0	68	3.9	Hebei Jinxi
33	9.0	39	7.0	Anyang	73	4.0	77	3.4	Lion Group
34	8.8	35	7.5	Baotou	74	3.6	92	2.8	Essar Steel
35	8.7	31	8.8	Sistema Usiminas	75	3.5	78	3.4	AHMSA
36	8.3	33	7.9	Handan	76	3.5	79	3.3	Guangzhou
37	8.1	37	7.2	Celsa	77	3.5	85	3.2	Chongqing
38	8.1	34	7.7	Kobe Steel	78	3.5	80	3.3	Hangzhou
39	7.6	48	6.0	Tangshan Jianlong	79	3.5	83	3.2	Tokyo Steel
40	7.4	43	6.6	Jiuquan	80	3.4	70	3.8	Stelco

### III.13 Producción mundial 2006-2005 Acero Crudo (2)

Tabla 12. Volumen de producción mundial en 2005 y 2006 por compañía.

2005 Mittal 63, Arcelor 46.7 , 50 % de HKM incluido en Thyssenkrupp  
Millones de toneladas Métricas

	2006		2005			2006		2005		
1	117	2	n/a		Arcelor Mittal <sup>1</sup>	41	7.0	38	7.0	Mariupol (Ilyich)
2	32	7	3	32	0 Nippon Steel	42	6.8	39	6.8	BlueScope
3	32	0	5	29	9 JFE	43	6.8	42	6.2	Panzhuhua
4	30	1	4	30	5 POSCO	44	6.6	48	5.7	Jiuquan
5	22	5	6	22	7 Baosteel	45	6.5	41	6.4	voestalpine
6	21	2	7	19	3 U S Steel	46	6.4	46	5.8	Handan
7	20	3	8	18	4 Nucor	47	6.4	59	4.4	Tata
8	19	1	12	16	1 Tangshan	48	6.3	43	6.2	Metalloinvest
9	18	3	9	18	2 Corus Group	49	6.3	51	5.4	Taiyuan
10	18	2	10	17	5 Riva Group	50	6.0	54	5.0	Jianlong
11	17	5	13	15	2 Severstal	51	6.0	44	5.9	Chelyabinsk (Mechel)
12	16	8	11	16	5 ThyssenKrupp <sup>2</sup>	52	5.7	49	5.6	AK Steel
13	16	1	14	13	9 Evraz Group	53	5.4	56	4.6	Liuzhou
14	15	6	15	13	7 Gerdau	54	5.2	55	4.6	Beitei
15	15	3	20	11	9 Anshan	55	5.2	57	4.5	Tangshan Guofeng Steel
16	14	6	22	10	5 Jiangsu Shagang Group	56	5.1	66	4.0	Xinyu
17	13	8	18	13	0 Wuhan	57	5.0	53	5.2	Erdemir Group
18	13	6	16	13	5 Sumitomo	58	4.9	61	4.4	Nangang
19	13	5	17	13	4 SAIL	59	4.8	69	3.8	Kunming
20	12	8	19	12	6 Techint	60	4.8	50	5.5	HKM <sup>4</sup>
21	12	5	21	11	4 Magnitogorsk	61	4.5	65	4.2	EZDK
22	11	2	24	10	4 Jinan	62	4.4	85	2.9	Tonghua
23	10	9	27	9	6 Magang Group	63	4.4	60	4.4	Zaporizhstahl
24	10	8	25	10	3 Laiwu	64	4.3	70	3.5	Shaoguan
25	10	7	26	10	3 China Steel	65	4.3	78	3.3	Steel Dynamics
26	10	5	23	10	4 Shougang	66	4.2	86	2.9	Global Steel Holdings
27	9	9	32	8	5 Valin Steel Group	67	4.1	62	4.2	SIDOR
28	9	8	28	9	4 Imidro	68	4.0	76	3.4	Pingxiang Steel
29	9	5	30	8	6 IUD	69	4.0	63	4.2	Hadeed
30	9	1	31	8	5 Novolipetsk	70	3.9	75	3.4	Hebei Jinxi
31	8	9	33	8	2 Hyundai	71	3.8	68	3.9	Nisshin Steel
32	8	8	29	8	7 Sistema Usiminas	72	3.8	58	4.5	Stelco
33	8	7	34	8	2 Metinvest	73	3.7	67	4.0	SSAB
34	7	7	35	7	7 Kobe Steel	74	3.6	87	2.8	Xinjiang Bayi
35	7	6	40	6	5 Benxi	75	3.5	52	5.2	CSN
36	7	5	37	7	0 Baotou	76	3.5	72	3.4	Tianjin Tiantie
37	7	4	36	7	1 Salzgitter <sup>3</sup>	77	3.5	80	3.2	IPSCO
38	7	2	45	5	8 Celsa	78	3.4	73	3.4	Vizag Steel
39	7	2	79	3	3 Duferco Group	79	3.4	77	3.3	AHMSA
40	7	0	47	5	8 Anyang	80	3.4	90	2.7	Lion Group

### III.14 Producción de acero en 1973 (2)

**Tabla 13.** Volumen de producción mundial en 1973 por compañía.

Pos	Siderúrgica	Millones de Toneladas
1	Nippon Steel	41.10
2	US Steel	31.70
3	British Steel	23.90
4	Bethlehem Steel	21.50
5	Nippon Kokan	16.00
6	Sumitomo	14.50
7	Kawasaki	14.40
8	Thyssen-Huette	14.20
9	Finsider	11.60
10	National Steel	10.30
11	Republic Steel	10.20
12	Usinor	9.10
13	Armco Steel	8.60
14	Kobe Steel	8.00
15	Broken Hill	7.70
16	Inland Steel	7.40
17	Jones & Laughlin	7.20
18	Hoesch Werke AG	6.40
19	Cockerill	6.20
20	Sacilor	5.50
21	Arbed	5.30
22	Youngstown Sheet & Tube	5.30
23	Stelco	5.20
24	Salzgitter	5.20
25	Hoogovens Ijmuiden	5.20
26	Ensidesa	4.90
27	Mannesmann	4.60
28	Krupp	4.30
29	Iscor	4.10
30	Wheeling-Pittsburgh	4.00
31	Voeest Alpine	3.70
32	Sollac	3.40
33	Kloekner	3.10
34	Nisshin	3.10
35	Kaiser Steel	2.90
36	Roechling Burbach	2.80
37	Dominion Foundries	2.80
38	Sidmar	2.50
39	Algoma	2.40
40	Hainaut-Sambre	2.40
41	Altos Hornos de Vizcaya	1.80
42	Tata	1.80

- Mittal no figuraba .
- Thyssen ,Krupp y Hoesch entidades diferentes.
- Algoma en Canada ahora pertenece a Essar.
- Techint ahora dueño de Hylsa , Usinor? Siderar, etc.
- Tata al ultimo ,ahora dueño de Corus
- Sidermex no figuraba en los top 40s



### **III.15 Hacer frente al desafío de Resistencia al impacto de vehículos**

Debido a que existen en el mundo clientes que demandan autos seguros y los gobiernos están regulando más estrictamente resistencia a los choques, los ingenieros están seleccionando materiales y diseños que hacen que los vehículos sean más seguros, año tras año. La industria del acero ha enfrentado el desafío de reinventar el acero contra el tiempo y fue pionera en una nueva clase de materiales que son más de un 50% más fuertes que hace una década.

En el centro de esta innovación se encuentra los Aceros avanzados de alta resistencia de la familia, que abarca la seguridad de todas las maneras posibles.

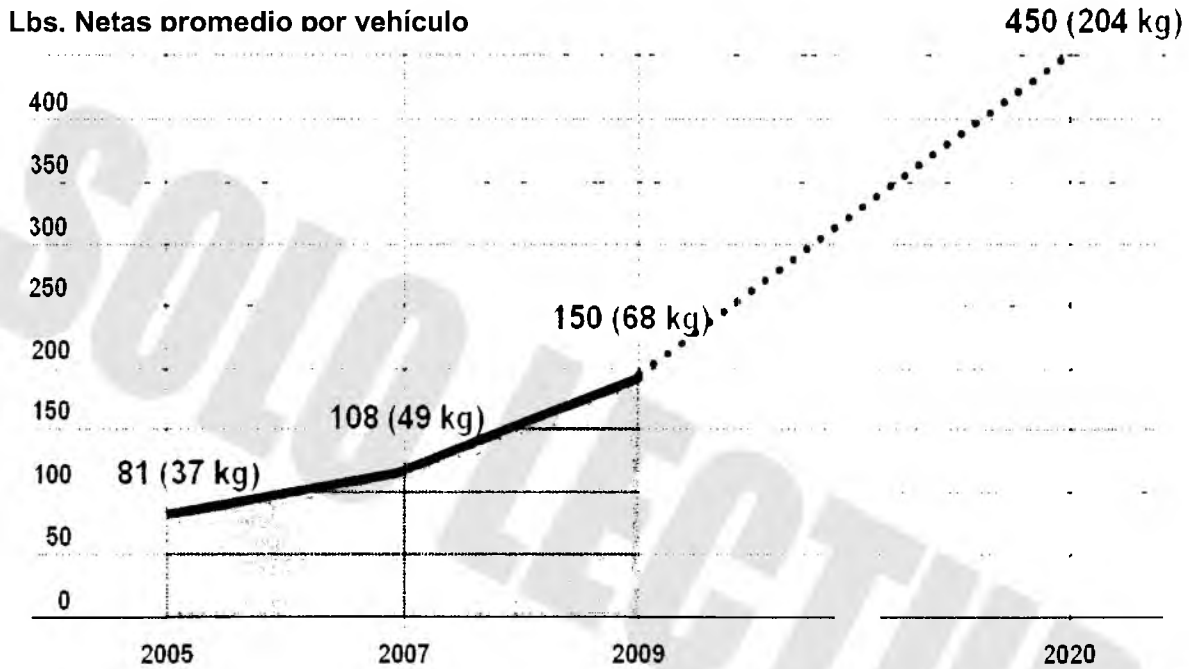
Estudios recientes muestran que los aceros de alta resistencia son el material de más rápido crecimiento en el consumo en los vehículos actuales, lo que contribuye al desempeño de seguridad cada vez mayor:

SOLO LECTURA

### III.16 Crecimiento de los Aceros avanzados de alta resistencia "AHSS"

En los EUA y generalmente en Norte América , el desarrollo y producción masiva de Aceros avanzados de alta resistencia esta retrasada en comparación con los desarrollos en Europa y Japón como líderes en este tipo de desarrollos.

En la Figura 13 abajo se muestra el crecimiento mundial en el uso de aceros avanzados. 451 % de crecimiento proyectado en solo 15 años.



**Figura 13** Grafica de crecimiento del uso de los Aceros avanzados de alta resistencia.

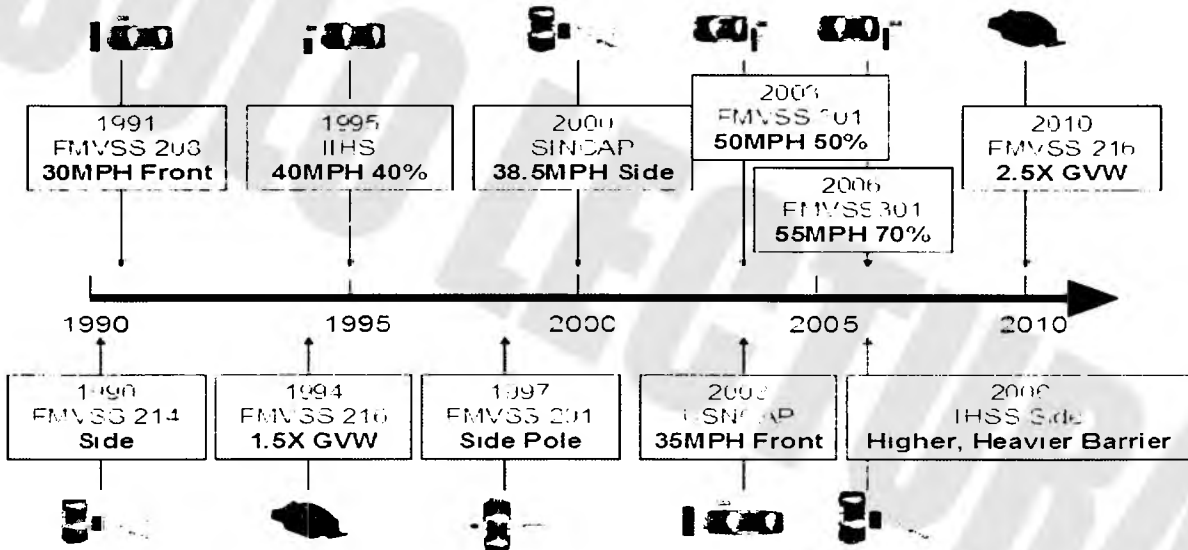
### III.17 Logros en el acero en pruebas de choque

El desarrollo de más pruebas críticas de choque y normas de seguridad del vehículo año tras año han dado lugar a vehículos nuevos con mejor rendimiento al impacto en el frente, lateral, trasero y de el techo.

Evolucionando requisitos de prueba de choque , se dicta el diseño de las estructuras de carrocería y materiales, como se indica en la Figura de abajo.

### III.18 Evolución de pruebas de choque en los EUA.

Los requerimientos en las pruebas de resistencia a los choques son año tras año mas exigentes y exhaustivas como se ilustra en la Figura 14.



**Figura 14** Progreso en el tipo de exigencias y estándares de choque requeridas por varias asociaciones de seguridad.

Existe un consenso en la cadena de suministro automotriz que vehículos seguros pueden ser diseñados con la reducción de peso si se tiene cuidado en la fase de diseño.

En otras palabras, propiedades de los materiales puede ser optimizada mediante el diseño de ingeniería para evitar el exceso de masa o redundantes en la estructura, como se expresa a continuación:

- Estudios mundiales de ingeniería de la industria del acero como (ULSAB(16) y ULSAB AVC (19), entre otros) demuestran que una combinación de Aceros avanzados de alta resistencia, junto con el uso de la ingeniería de diseño de los vehículos ofrecen al menos un 25% más ligero que el anterior .
- Nuevos aceros han sido diseñados para desempeñarse de diferentes maneras, según las necesidades de choque a diferentes cargas.
- Aceros de doble fase o de transformación plástica inducida se utilizan para asegurar la absorción de alta energía en las estructuras de la zona frontal y traseras, mientras que otros Aceros avanzados de alta resistencia, se utilizan para resistir la intrusión contra el impacto lateral y aplastamiento del techo.

### III.19 El caso en pruebas de choque

Honda utiliza aceros de alta resistencia y avanzados de alta resistencia para mejorar la resistencia a los choques.

Ejemplos como este se consideran que son abundantes entre los fabricantes de automóviles de hoy y sugieren que los vehículos sean más seguros, ya que incorporan más aceros de alta resistencia en las estructuras de los vehículos, según lo medido por las estadísticas de pruebas de choque, tal como lo muestra la **Figura 15** siguiente:

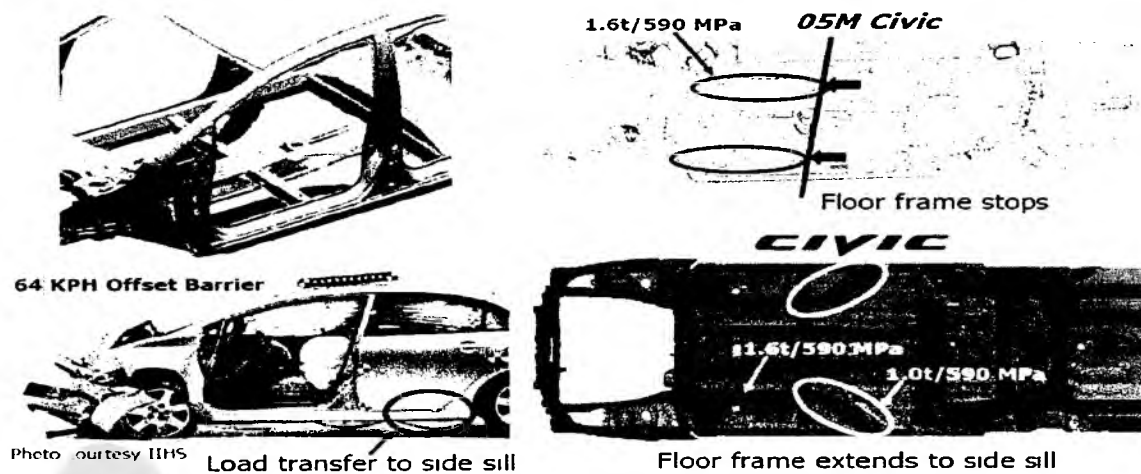


Figura 15. Construcción de una estructura de piso, objetivo de la prueba, transferencia efectiva de cargas de choque frontales.

### III.20 Mirando al futuro

Las proyecciones muestran que el uso de aceros de alta resistencia en los vehículos ligeros de América del Norte se espera que crezca más del 50% entre 2007 y 2015, como se observa en la Figura 16 siguiente:

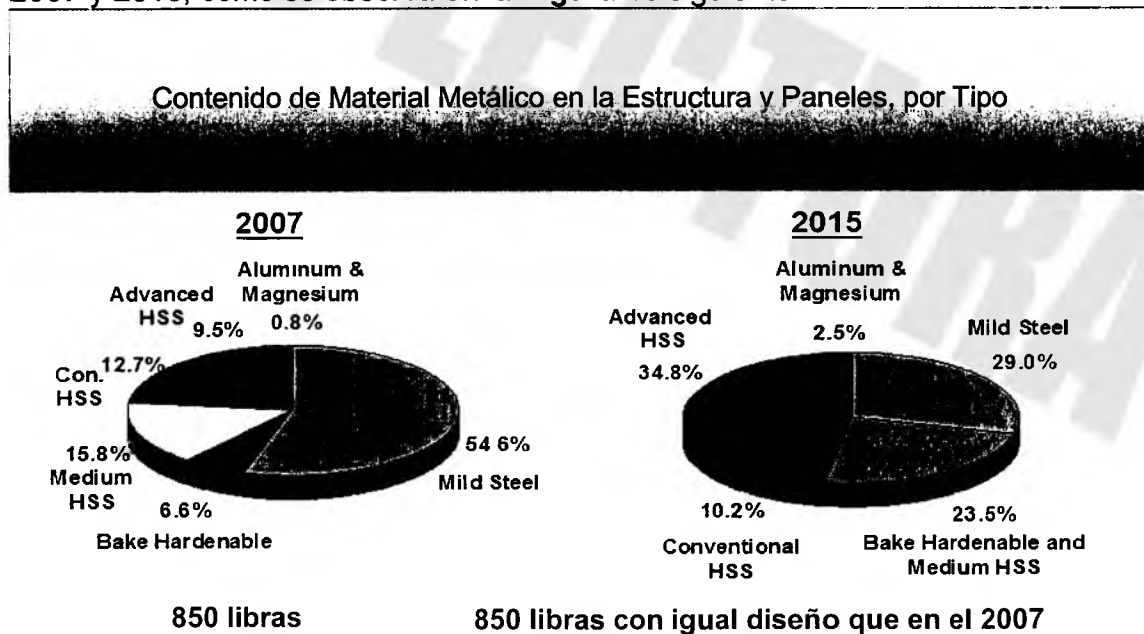


Figura 16. Contenido de Material Metálico en Estructura y Paneles de Auto, por Tipo de acero.

### III.21 Seguridad en el Vehículo con el uso del acero



El mismo tiempo que toma en estallar un globo con una aguja, el día puede ir de lo mundano a un cambio de vida. Así de rápido un accidente de coche puede suceder en 67 milisegundos o menos. Cómo un vehículo se diseña para desempeñarse en un accidente es fundamental para su protección en décimas de segundo.

El hecho es que algunos coches les va mejor que a otros en una colisión. Los fabricantes de automóviles están trabajando continuamente para mejorar el desempeño de sus vehículos en los accidentes porque quieren ofrecer automóviles seguros para el usuario.

En los últimos años, la industria siderúrgica mundial ha llevado a cabo varios proyectos, cuyo objetivo ha sido demostrar el uso de la nueva generación de Aceros avanzados de alta resistencia para reducir la masa del vehículo, un factor clave para la eficiencia del combustible, y para mejorar el rendimiento de choque y estructurales, a precios accesibles para la producción de alto volumen. Estos proyectos, el cuerpo de acero ultraligero (ULSAB), las compuertas de acero ultraligeras (ULSAC), suspensiones ultraligeras de acero (ULSAS), y cuerpo de acero ultraligero - Conceptos avanzados de vehículos (ULSAB-AVC) han contribuido considerablemente a los clientes de la industria del acero del sector automotriz y el uso efectivo de este material en la construcción de vehículos seguros.

Estos conceptos, diseñados por Porsche Engineering Services, Inc. (PES) y Lotus Engineering (ULSAS) dieron un salto cuántico en el diseño de acero para producir vehículos seguros que se pueden construir de manera asequible, y son más eficientes en combustible.

Casi todos los vehículos en la carretera hoy en día están hechos de acero, ya que es el material más fácil y mejor para el diseño de vehículos seguros.

El acero es un material con una capacidad única, inherente a absorber un impacto, y por lo tanto para difundir la energía del choque.

El acero puede ser diseñado para colapsar como un acordeón. La mayoría de los coches en la carretera hoy en día tienen un frontal de acero que se desempeña como tal.

El acero también tiene la habilidad de endurecerse cuando se deforma, lo que significa que se hará más fuerte en el impacto, permitiendo que absorba más energía.

La mayoría de los vehículos en producción en masa para el mercado utilizan la nueva generación de Aceros avanzados de alta resistencia y tecnologías, lo que hará que un coche no sólo sea seguro, sino también más resistente y más eficiente en combustible.

Una cosa es cierta: los choques de vehículos suceden.

Todos esperamos que ya no participemos en uno, los accidentes ocurren. La mejor preparación para evitar lesiones graves es demandar y conducir los vehículos más seguros, diseñados con el mejor material para la protección de choque “acero avanzado de alta resistencia”.

**SOLO LECTURA**

## IV Análisis de resultados

### IV.1 Definiciones de Acero Automotriz

Aceros de automoción se pueden clasificar de varias maneras diferentes. Una de ellas es una **designación metalúrgica**.

Denominaciones más comunes son los aceros de baja resistencia (aceros intersticial libre y leve); convencionales HSS, carbono manganeso, endurecibles por tratamiento térmico, de alta resistencia intersticial libre y de alta resistencia, aceros de baja aleación, y los nuevos tipos de avanzados, doble fase, la plasticidad inducida por transformación, fase compleja, y los aceros martensíticos. Aceros superiores adicionales de alta resistencia para el mercado automotriz incluyen fases ferrítico-bainítica, el hermanamiento de la plasticidad inducida, obtenidas en caliente, y después de la formación de los aceros tratados térmicamente.

Un segundo método de clasificación importante para los diseñadores de piezas es la **fuerza del acero**. Por lo tanto, en este trabajo se utilizan los términos generales HSS y ACEROS AVANZADOS DE ALTA RESISTENCIA para designar a todos los aceros de mayor resistencia.

Por el contrario, gran parte de la literatura actual usa en sentido estricto rangos para categorizar los diferentes niveles de resistencia del acero. Uno de estos sistemas define aceros de alta resistencia, como límites de elasticidad de 210 a 550 MPa y resistencia a la tracción de 270 a 700 MPa, mientras que aceros de ultra alta resistencia (UHSS) a tienen límites elásticos superiores a 550 MPa y resistencia a la tracción mayor a 700 MPa.

Estos rangos arbitrarios sugieren cambios discontinuos en la formabilidad al pasar de una categoría a otra. Sin embargo, los datos muestran cambios en las propiedades como una constante en todo el lapso de los puntos de resistencia del acero.

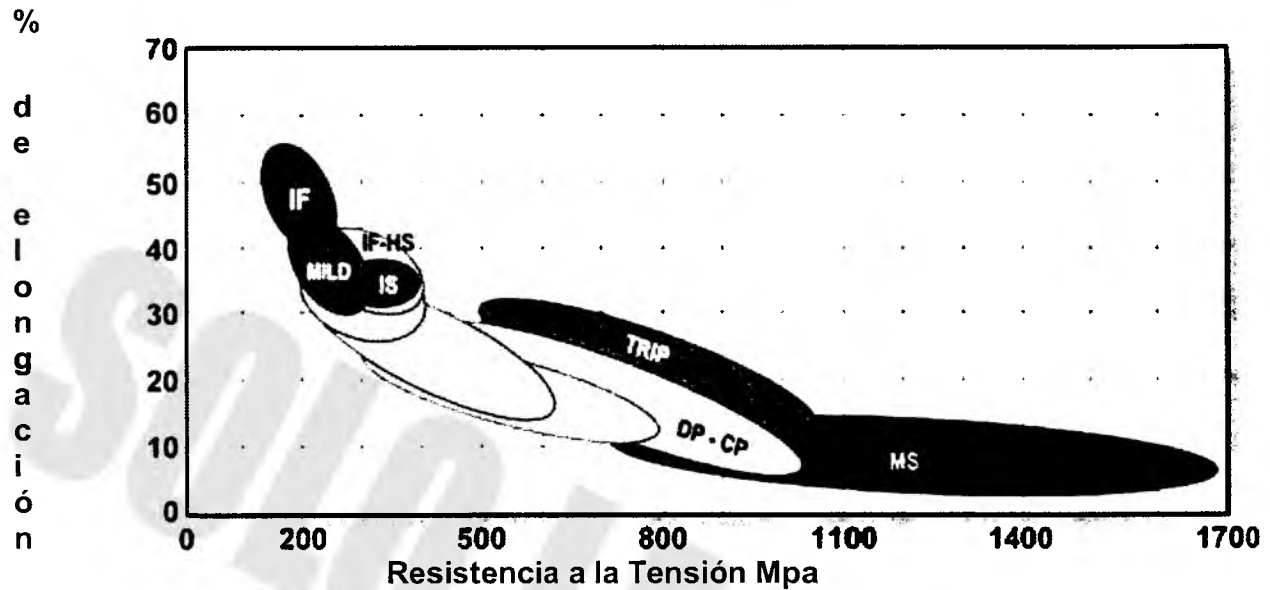
Además, muchos tipos de acero tienen una amplia gama de grados que abarcan dos o más rangos de resistencia.

Un tercer método de clasificación presenta **diversas propiedades mecánicas o parámetros** de formación de diferentes aceros, tales como elongación total, endurecimiento de trabajo exponente  $n$ , o relación de expansión del agujero. Como un ejemplo, la Figura compara alargamientos totales - una característica de acero relacionada con conformabilidad - para los diferentes tipos metalúrgicas de acero. La figura muestra los aceros bajos en gris oscuro y los tradicionales aceros de alta resistencia HSS en gris claro.

Algunos de los Aceros avanzados de alta resistencia se muestran en color en lugar de tonos en color gris

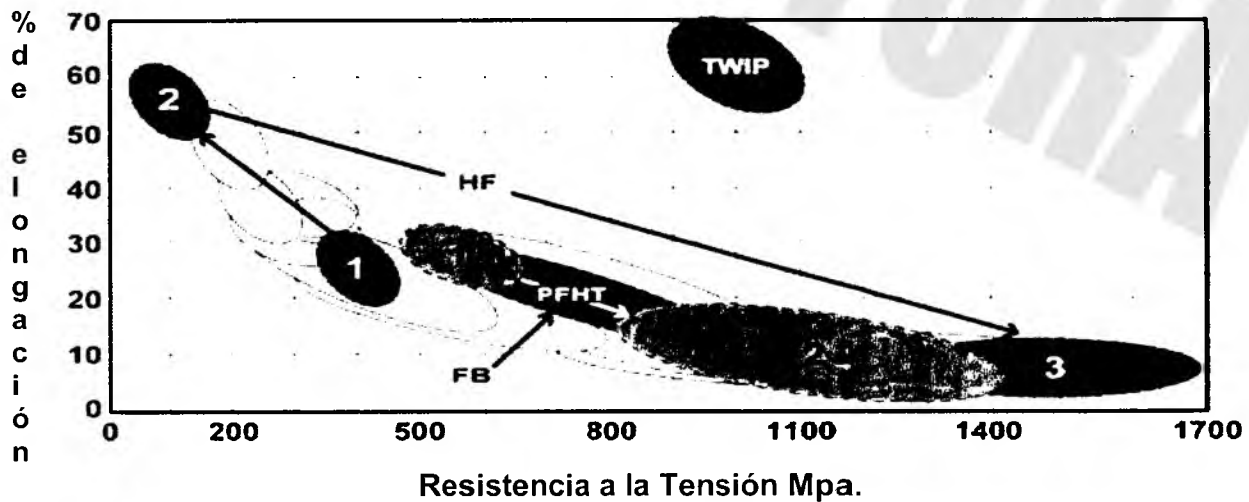


La figura 17 destaca algunos de los nuevos aceros de más alta resistencia para el mercado automotriz. Esta figura muestra sólo la comparación relativa de los diferentes grados de acero - no rangos de propiedades de cada tipo. Abajo en Figura 17 Se muestra esquema de Aceros avanzados de alta resistencia en colores , en gris claro los aceros de alta resistencia HSS y los de baja resistencia se ilustra en gris oscuro.



**Figura 17** Esquema de características mecánicas de la gama de aceros existentes.

Esquema de los nuevos aceros de mayor resistencia que utilizan químicos únicos, en procesamiento, y la microestructura para obtener más propiedades y características específicas de formación .



**Figura 18.** Propiedades mecánicas de diversos grados de aceros de ultra alta resistencia.

La principal diferencia entre la producción de un acero de alta resistencia convencional HSS y un Aceros avanzados de alta resistencia es su microestructura. Aceros convencionales HSS se basan en una sola fase ferrítica. los ACEROS AVANZADOS DE ALTA RESISTENCIA se componen principalmente de fases múltiples, que contienen ferrita, martensita, bainita, y / o austenita retenida en cantidades suficientes para producir ciertas propiedades mecánicas.

Algunos tipos de ACEROS AVANZADOS DE ALTA RESISTENCIA tienen una mayor capacidad de endurecimiento por deformación resultante en un equilibrio de fuerza-ductilidad superior a la de los aceros convencionales.

Otros tipos cuentan con una resistencia a la cedencia y a la tensión ultra altas y muestran un comportamiento de endurecimiento por tratamiento térmico.

Dado que la terminología utilizada para clasificar los productos de acero varía considerablemente en todo el mundo, este trabajo utiliza una combinación de métodos para definir los aceros. Cada tipo de acero se identifican por el tipo metalúrgico, resistencia a la cedencia (en MPa), y resistencia a la tensión (en MPa).

Como un ejemplo, un acero de doble fase 500/800 significa que tiene 500 MPa de cedencia y 800 MPa de resistencia de tensión final mínimas ambas. Este sistema de clasificación se utilizó en el programa ULSAB-AVC (Aceros avanzados ultraligeros para estructura - Conceptos Avanzados de Vehículos).

La siguiente tabla ilustra una gama de calidades ACEROS AVANZADOS DE ALTA RESISTENCIA utilizados en el diseño del concepto ULSAB - AVC.

## 5.2 Ejemplos de las propiedades de los grados de acero por la ULSAB-AVC

**Tabla 14** . Comparativo de propiedades mecánicas de varios grados actuales.

Grado	Cedencia (Mpa)	Resistencia a la tensión final (Mpa)	Elongación total %
HSLA 350/450	350	450	23-27
DP 300/500	300	500	30-34
DP 350/600	350	600	24-30
TRIP 450/800	450	800	26-32
DP 500/800	500	800	14-20
CP 700/800	700	800	10-15
DP 700/1000	700	1000	12-17
MS 1250/1520	1250	1520	4-6

Cedencia y resistencia final a la tensión son valores mínimos, Elongación total son valores típicos para un rango mas amplio de espesores y longitudes

Es importante señalar que los diferentes criterios de especificación han sido adoptados por diferentes empresas automotrices en todo el mundo y que las empresas siderúrgicas tienen diferentes capacidades de producción y disponibilidad comercial.

Por lo tanto, las propiedades mecánicas típicas son mostrados arriba simplemente para ilustrar la amplia gama de grados ACEROS AVANZADOS DE ALTA RESISTENCIA que pueden estar disponibles.

Es imprescindible el comunicarse directamente con las empresas siderúrgicas individuales para determinar la disponibilidad específica de grado y los parámetros específicos asociados y propiedades, tales como:

- Las propiedades mecánicas y rangos.
- Capacidades de espesor y anchura.
- Laminados en caliente, laminados en frío, y la disponibilidad de revestimiento.

Se muestra en Figura 19 abajo con más detalle todos los grados disponibles de acero y sus correspondientes áreas mecánicas.

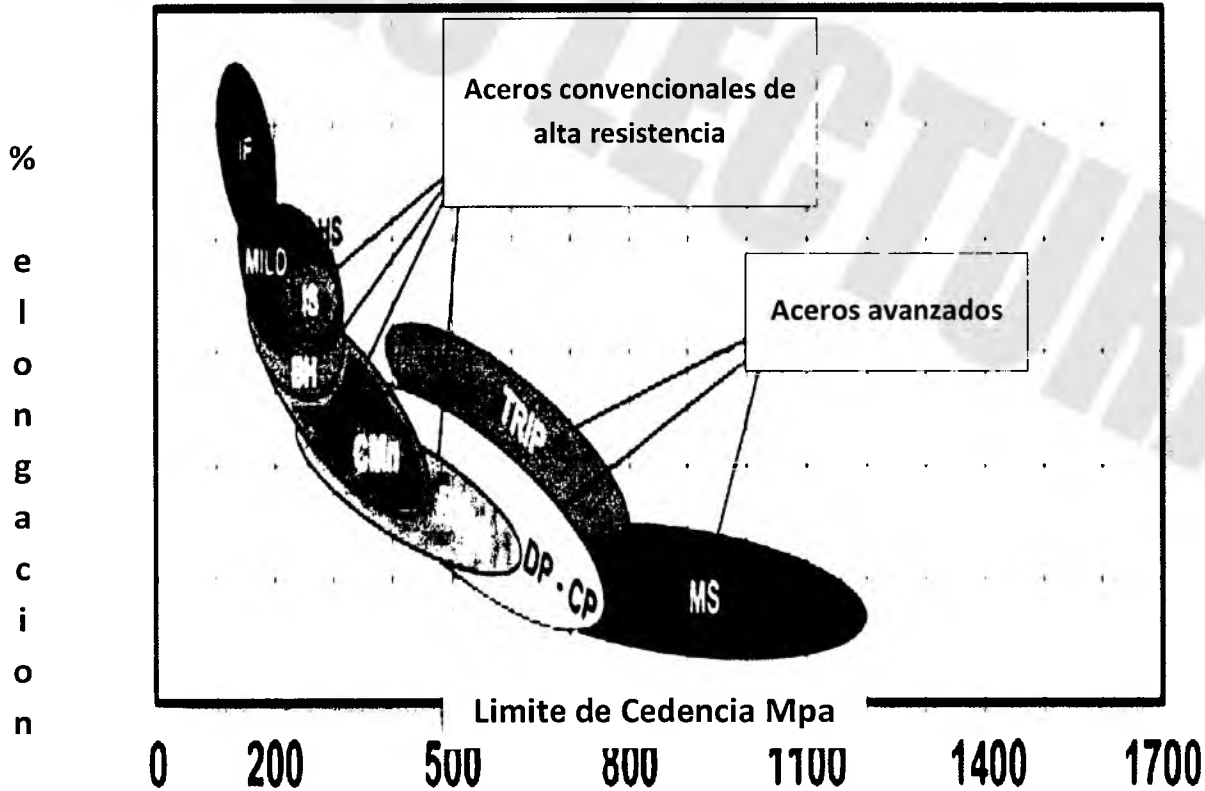


Figura 19. Grados de acero disponibles y sus propiedades mecánicas.

Al seleccionar un material para una aplicación particular, los ingenieros deben de estar seguros de que será adecuado para las condiciones de carga y el medio ambiente que se experimentan durante su uso. Es esencial un entendimiento de las propiedades de los materiales. Las propiedades mecánicas del acero pueden ser cuidadosamente controladas mediante la selección de una composición química adecuada, el procesamiento y el tratamiento térmico, que conducen a su microestructura final.

Las especificaciones del cliente para el acero varían ampliamente en todo el mundo. Por lo tanto, es poco práctico listar un conjunto de propiedades globales. Sin embargo, se puede ilustrar las propiedades típicas a través de una serie de proyectos realizados por la industria y organizaciones de siderúrgica mundial: **ULSAB, ULSAC, ULSAS y ULSAB AVC**. El proyecto más reciente, **ULSAB AVC**, contiene una lista de propiedades mecánicas típicas utilizadas para diseñar partes ligeras de vehículos, y es a menudo referido por la industria automotriz.

**Tabla 15** Tabla de propiedades típicas mecánicas: de varios grados de aceros.

Steel Grade	YS* (MPa)	UTS* (MPa)	Total EL(%)	n-value (5-15%)	r-bar	Application Code
Mild 140/270	140	270	38-44	0.23	18	A C F
BH 210/340	210	340	34-39	0.18	18	B
BH 260/370	260	370	29-34	0.13	16	B
IF 260/410	260	410	34-38	0.20	17	C
DP 280/600	280	600	30-34	0.21	10	B
IF 300/420	300	420	29-36	0.20	16	B
DP 300/500	300	500	30-34	0.16	10	B
HSLA 350/450	350	450	23-27	0.22	10	A B S
DP 350/600	350	600	24-30	0.14	11	A B C W S
DP 400/700	400	700	19-25	0.14	10	A B
TRIP 450/800	450	800	26-32	0.24	0.9	A B
HSLA 490/600	490	600	21-26	0.13	10	W
DP 500/800	500	800	14-20	0.14	10	A B C W
SF 570/640	570	640	20-24	0.08	10	S
CP 700/800	700	800	10-15	0.13	10	B
DP 700/1000	700	1000	12-17	0.09	0.9	B
Mart 950/1200	950	1200	5-7	0.07	0.9	A B
MnB**	1200	1600	4-5	na	na	S
Mart 1250/1520	1250	1520	4-5	0.07	0.9	A

#### IV.4 Propiedades químicas de acero

Al igual que con las propiedades mecánicas, el comprender la composición química del acero es fundamental para garantizar el producto resultante y que es apropiada para las condiciones de carga y aplicaciones en el que se utilizarán. Las propiedades químicas son aún más exclusivas y afinadas por cada productor para cumplir con las especificaciones del cliente. Como ejemplo de las propiedades químicas avanzadas en aceros de alta resistencia, abajo una lista de los aceros y las propiedades a considerarse para su uso en los paneles de acero Auto Ultraligero (ULSAC) proyecto de demostración de hardware.

**Tabla 16** Propiedades químicas de los aceros que considera para el equipo de demostración la ULSAC (17)

**Composición Química**

3000	E-210	1.62	0.008	1.401	0.009	0.008	0.001	0.001	0.000	0.000
3000	E-260	1.61	0.008	1.409	0.010	0.008	0.001	0.001	0.000	0.000
3000	EP600	1.61	0.002	1.574	0.010	0.000	0.007	0.001	0.000	0.000
3000	E-210	1.71	0.008	1.38	0.004	0.002	0.008	0.000	0.000	0.000
3000	U-90	1.71	0.01	1.391	0.01	0.001	0.004	0.001	0.000	0.000
3000	EP600	1.69	0.008	1.59	0.010	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000
3004	M-85	1.61	0.008	1.444	0.014	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000
3000-1	M-85	1.61	0.004	1.64	0.009	0.008	0.001	0.000	0.000	0.000
3000-2	M-85	1.63	0.008	1.671	0.008	0.009	0.001	0.001	0.000	0.000
301	E-210	1.56	0.009	1.400	0.01	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
3012	H-85-260	1.60	0.007	1.601	0.010	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000
3014	Iron-210	1.67	0.001	1.691	0.01	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000
3018	EP600	1.66	0.000	1.720	0.010	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
3020	M-85	1.61	0.008	1.606	0.004	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000
3021	M-85	1.60	0.001	1.71	0.009	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000

#### IV.5 Tipos de acero

Los fabricantes y usuarios de productos de acero generan confusión para dar a entender la metalurgia fundamental de los aceros de baja y alta resistencia. En seguida se ofrece una breve descripción de los tipos de acero comunes. Dado que la industria metalúrgica y el procesamiento de los grados de ACEROS AVANZADOS DE ALTA RESISTENCIA son algo novedoso en comparación con los aceros convencionales, que se describen para proporcionar una comprensión básica de cómo sus propiedades mecánicas notables evolucionan a partir de su elaboración y estructura única. Todos los ACEROS AVANZADOS DE ALTA RESISTENCIA se producen mediante el control de la velocidad de enfriamiento de la fase austenita o austenita más ferrita, ya sea en el molino de laminación en caliente (para productos laminados en caliente) o en la sección de enfriamiento del horno de recocido continuo)

- Aceros de fase compleja
- Aceros convencionales de bajo carbono y aceros de alta resistencia
- Aceros de doble fase
- Aceros avanzados
- Aceros Ferrítico-Bainíticos
- Aceros estampados en Caliente
- Aceros martensíticos
- Aceros tratables térmicamente post formado
- Aceros de transformación plástica inducida
- Aceros de plasticidad inducida gemela

#### IV.6 Aceros de Fase Compleja

Los aceros de fase compleja tipifican la transición al acero con resistencias a la tensión final muy elevadas finales. La microestructura de los aceros de fase compleja contiene pequeñas cantidades de martensita, austenita retenida y perlita dentro de una matriz ferrita/ bainita.

Un refinamiento del grano extremo es creado por re-cristalización o precipitación retardada por los elementos microaleantes como Ti o Cb.

En comparación a los de fase doble, aceros de fase compleja muestran significativamente más altos límites de cedencia a la misma resistencia de tensión de 800 MPa y mayores como se ilustra en Figura 20 . Estos aceros de fase compleja se caracterizan por su alta absorción de energía y alta capacidad de deformación residual

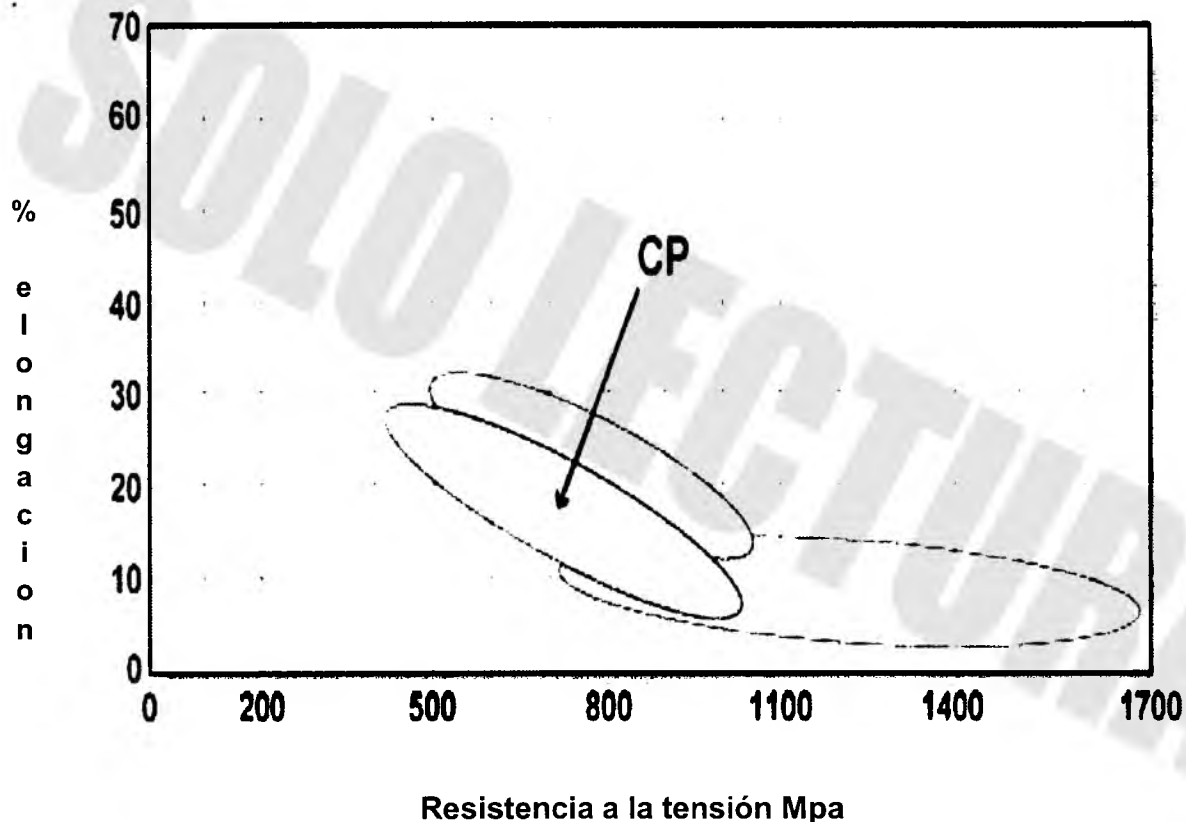


Figura 20 Propiedades mecánicas de aceros de fase compleja.

## **IV.7 Aceros automotrices convencionales de baja y de alta resistencia.**

### **Aceros dulces.**

Estos aceros dulces tienen esencialmente una micro-estructura ferrítica. Son aceros de calidad de extruido (DQ) y desoxidados con aluminio (AKDQ) son ejemplos y, a menudo sirven como base de referencia debido a su aplicación generalizada y el volumen de producción.

### **Intersticiales libres (aceros de alta resistencia y baja resistencia)**

Aceros IF tienen niveles muy bajos de carbono, diseñados para bajos límites de cedencia y altos exponentes de endurecimiento. Estos aceros están diseñados para tener más capacidad de estiramiento que los aceros dulces.

Algunos tipos de aceros intersticiales se refuerzan por una combinación de elementos de solución sólida, la precipitación de carburos y / o nitruros, y refinamiento de grano. Otro elemento común que se añade para aumentar la resistencia es el fósforo (un fortalecedor en solución sólida). Los grados de mayor resistencia del tipo de acero IF se utilizan ampliamente tanto para aplicaciones estructurales y paneles.

### **Endurecibles por tratamiento térmico**

Los aceros endurecibles por tratamiento térmico tienen una microestructura ferrítica básica y se ven reforzadas principalmente por una solución sólida fortalecedora. Una característica única de estos aceros es la química de procesamiento diseñada para mantener el carbono en solución durante la fabricación y luego permitir que el contenido de carbono salga de la solución durante el tratamiento térmico. Esto aumenta la resistencia a la cedencia de la parte conformada.

### **Aceros Isotrópicos**

Estos aceros tienen una microestructura de base ferrítica. El aspecto clave de estos aceros es el valor de  $\Delta r$  igual a cero, lo que minimiza las tendencias "earing".

### **Al carbono-manganeso**

Aceros de alta resistencia carbono-manganeso se ven reforzados principalmente con una solución sólida fortalecedora.

### **Aceros de alta resistencia de baja aleación (HSLA)**

Este grupo de aceros se ven reforzados principalmente por micro-elementos de aleación que contribuyen a la buena precipitación de carburos y el refinamiento de tamaño de grano.



#### IV.8 Aceros de doble fase (DP)

Aceros de doble fase consiste de una matriz ferrítica que contiene una segunda fase dura de martensítica en forma de islas. Al aumentar la fracción de volumen de la fase dura aumenta generalmente la resistencia de tensión. Aceros de doble fase (aceros de ferrita más martensita) son producidos por enfriamiento controlado de la fase austenítica (en productos laminados en caliente) o de las dos fases ferrita más austenita (por recocido-laminado en frío y por inmersión en caliente de productos revestidos) para transformar alguna austenita a ferrita antes de un enfriamiento rápido y transforma la austenita remanente a martensita.

Se muestra en la Figura 21 los rangos potenciales de tensión y elongación de los aceros de doble fase.

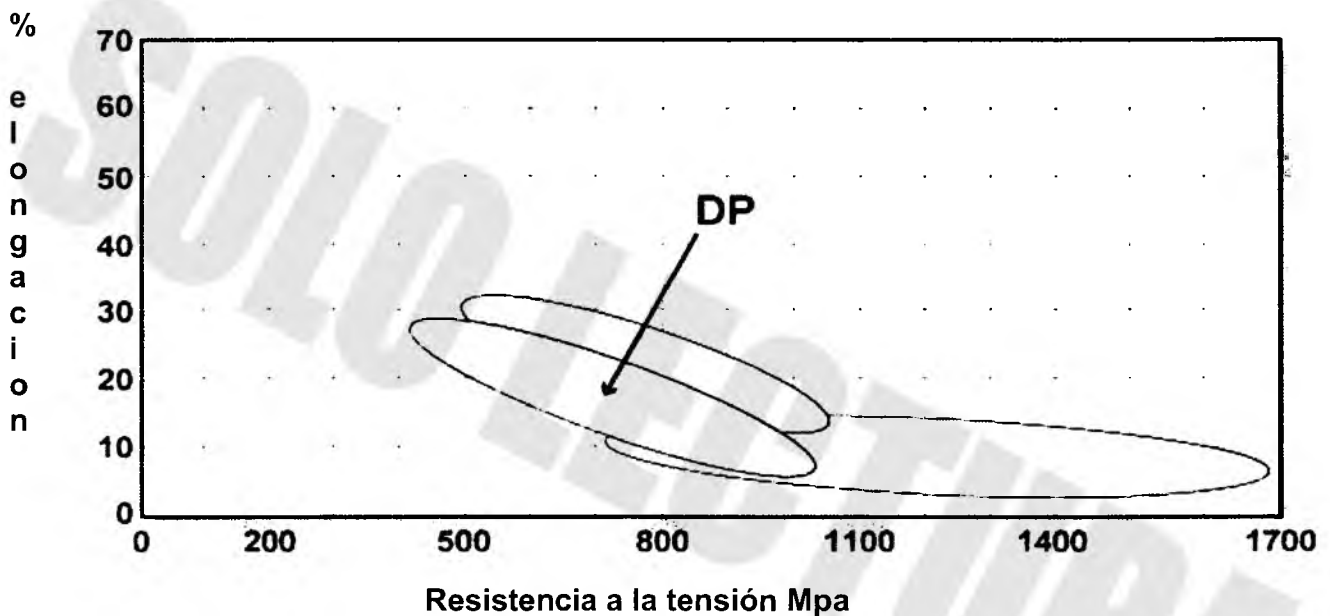


Figura 21. Propiedades mecánicas de los aceros de doble fase.

La siguiente figura muestra un esquema de la microestructura de un acero doble fase, que contiene ferrita más las islas de martensita.

La fase ferrita es suave y generalmente continua, dando a estos aceros una excelente ductilidad. Cuando estos aceros se deforman, la deformación se concentra en la fase de menor resistencia de ferrita que rodea las islas de martensita, creando la gran y única tasa de trabajo de endurecimiento exhibida por estos aceros, como se ilustra en Figura 22 abajo.

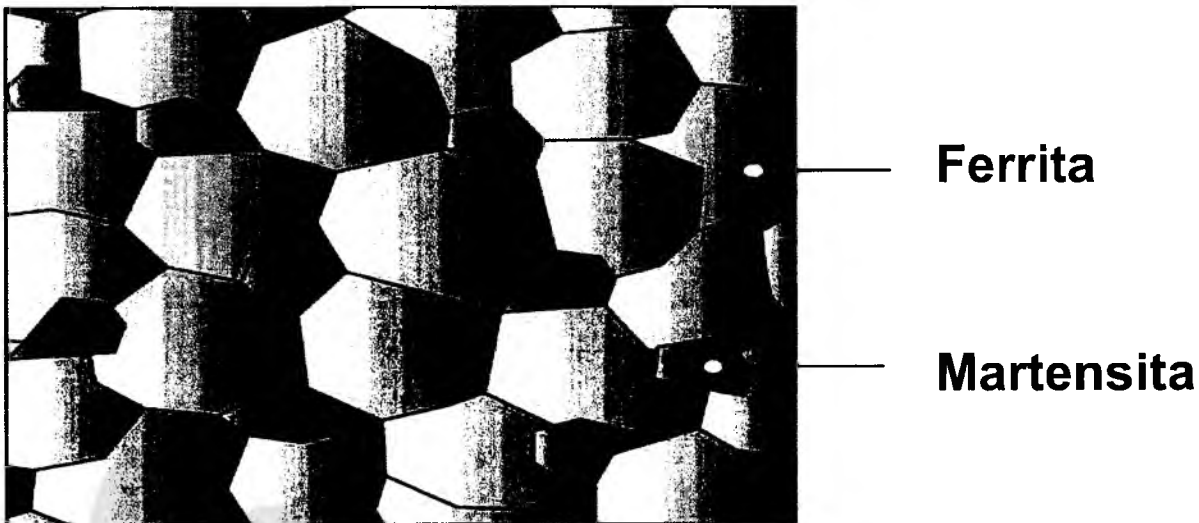


Figura 22. Microestructura Ferrita – Martensita

La tasa de endurecimiento por trabajo más la excelente elongación crea aceros doble fase con mucha mayor resistencia final a la tensión que los aceros convencionales con resistencia a la cedencia similar. La **Figura 23** siguiente se compara la curva de tensión deformación entre un acero HSLA (de alta resistencia baja aleación) y un acero doble fase con una curva similar de resistencia a la cedencia. El ACERO DE DOBLE FASE muestra una tasa mayor de trabajo inicial de endurecimiento, mayor resistencia a la tracción máxima, y menor proporción de Cedencia / Tensión que el acero de alta resistencia baja aleación con límite elástico similar.

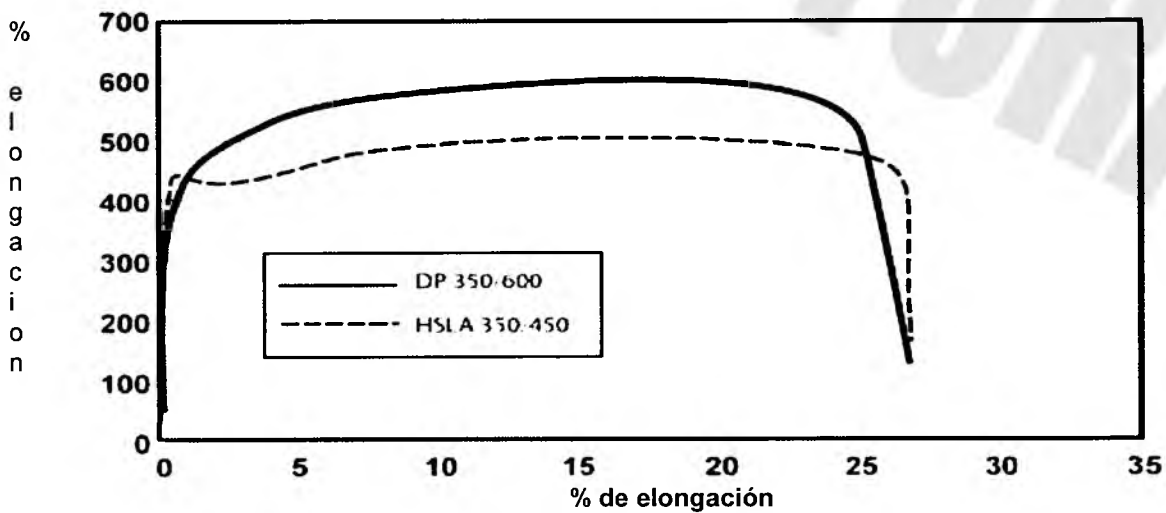


Figura 23. Comparativo de propiedades mecánicas, aceros doble fase y aceros tradicionales de alta resistencia baja aleación.

Aceros de fase doble y otros avanzados también tienen un efecto de endurecimiento por tratamiento térmico que es una ventaja importante en comparación con los aceros convencionales de alta resistencia.

El efecto de endurecimiento por tratamiento térmico es el aumento de la resistencia a la cedencia resultante de envejecimiento a alta temperatura (creado por la temperatura de curado en los hornos ) después de pre-formado (generada por el trabajo debido a la deformación durante el endurecimiento de estampar o proceso de fabricación de otro tipo).

La magnitud del efecto del endurecimiento por tratamiento térmico en Aceros avanzados de alta resistencia depende de la composición química específica y las historias térmicas de los aceros.

En aceros de doble fase, el carbono permite la formación de martensita a velocidades prácticas de enfriamiento mediante el aumento de la resistencia. El manganeso, cromo, molibdeno, vanadio y níquel, añadido individualmente o en combinación, también ayudan al aumento de la resistencia .

El carbono también fortalece la martensita como fortalecedor de la ferrita diluida. como el silicio y fósforo. Estas adiciones son cuidadosamente equilibradas, no sólo para producir únicas propiedades mecánicas, sino también para mantener por general buena resistencia de la soldadura por punto (spot welding). Sin embargo, al soldar el grado más alto de resistencia (ACERO DE DOBLE FASE 700/1000 Mpa) consigo mismo, la soldadura de punto puede requerir ajustes durante su práctica.

#### IV.9 Evolución de los tipos de acero avanzados de alta resistencia

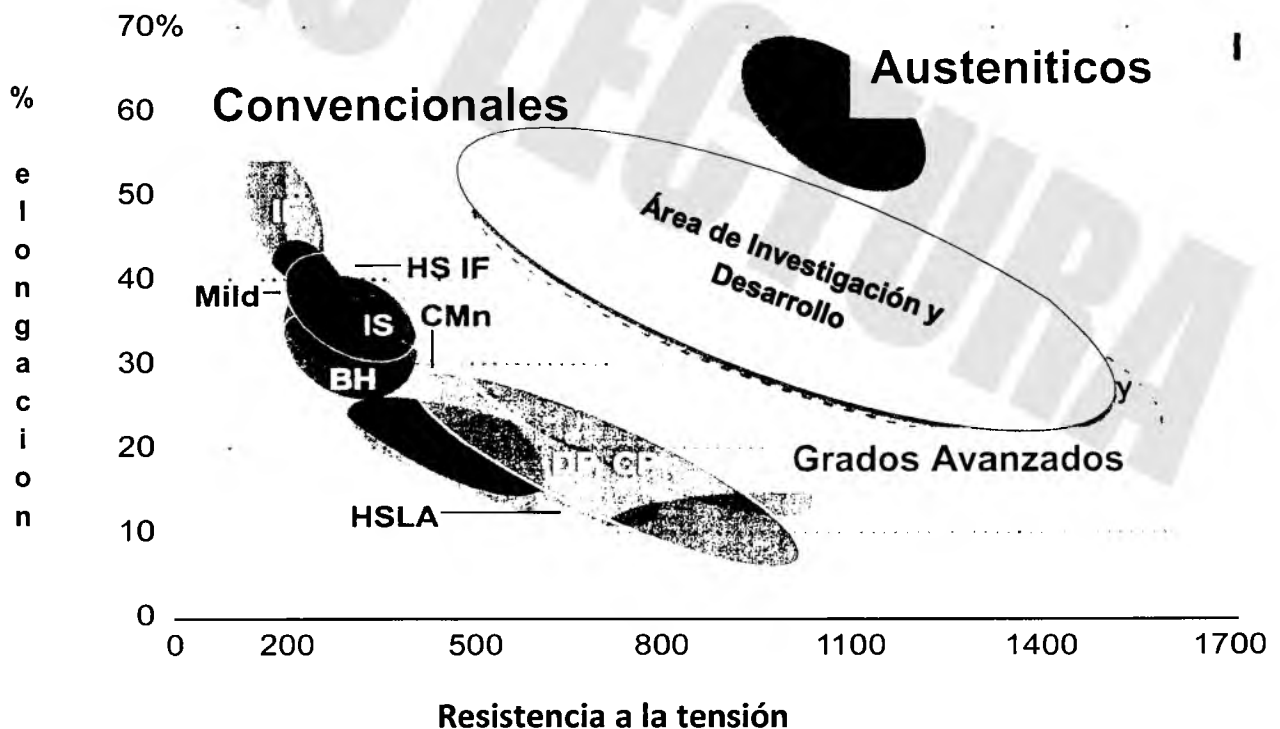
En respuesta a la demanda automotriz para habilidades adicionales de los ACEROS AVANZADOS DE ALTA RESISTENCIA , la investigación de la industria siderúrgica sigue desarrollando nuevos tipos de acero.

Estos aceros están diseñados para reducir la densidad, mejorar la fuerza, y / o aumento de la elongación. Por ejemplo, los aceros Nano están diseñados para evitar los bajos valores de estiramiento en orilla (elongación local) experimentados por doble fase y aceros transformación plástica inducida.

En lugar de las islas de martensita, la matriz de ferrita se ve reforzada con partículas ultra finas de tamaño nanométrico (<10 nm).

Esto se logra en acero laminado en caliente de alta resistencia con una resistencia a la tracción de alrededor de 750 MPa. El acero resultante tiene una alta relación Cedencia / Tensión con un excelente balance de la elongación total y el alargamiento local (relación orificio de expansión).

Otros ejemplos de estos aceros en desarrollo son de grano ultra fino, de baja densidad, y los aceros de alto módulo de Young, tal como se observa en Figura 24.



#### IV.10 Aceros Ferríticos-Bainíticos (FB)

Aceros FB a veces se utilizan para satisfacer necesidades específicas de aplicaciones del cliente que definen como de alta precisión de bordes o capacidades de alta expansión de orificio para mejor capacidad de formado de bordes.

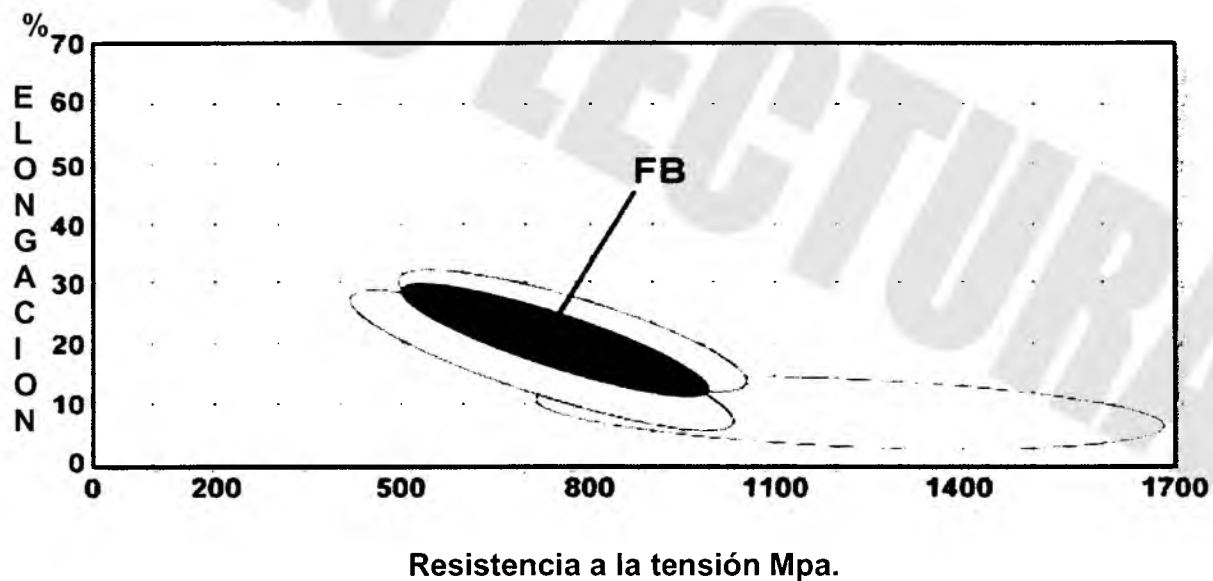
Aceros FB tienen una microestructura de ferrita fina y bainita.

El fortalecimiento se obtiene tanto por el refinamiento de grano y endurecimiento de la segunda fase con vainita. Estos aceros FB están disponibles como productos laminados en caliente.

La principal ventaja de los aceros FB sobre aceros de alta resistencia baja aleación y de doble fase es la capacidad mejorada de estiramiento de bordes cortados, medidos por el ensayo de expansión agujero.

En comparación con los aceros de alta resistencia y baja aleación con el mismo nivel de resistencia los aceros FB también tienen un mayor endurecimiento por deformación y alargamiento total mayor como se ilustra en la **Figura 25**.

Debido a su buena capacidad de soldadura, aceros ferríticos bainíticos se consideran para las aplicaciones de laminas a la medida. Estos aceros se caracterizan también tanto por desempeño al impacto y buenas propiedades de fatiga.



**Figura 25.** Propiedades mecánicas de los aceros Ferríticos-Bainíticos.

#### IV.11 Aceros de estampado en caliente (HF)

La implementación de aplicaciones de endurecimiento por estampado y la utilización de aceros endurecibles son alternativas prometedoras para la optimización de geometrías de piezas con formas complejas y sin problemas de recuperación elástica (spring back).

Aceros a base de boro para formado en caliente (entre 0,002% y 0,005% de boro) han estado en uso desde la década de 1990 en la construcción de la estructura del auto.

Una temperatura típica mínima de 850 ° C debe ser mantenida durante el proceso de conformación (austenización) seguido por una velocidad de enfriamiento superior a 50 ° C para asegurar que las propiedades mecánicas deseadas se alcancen, ilustradas en la Figura 26.

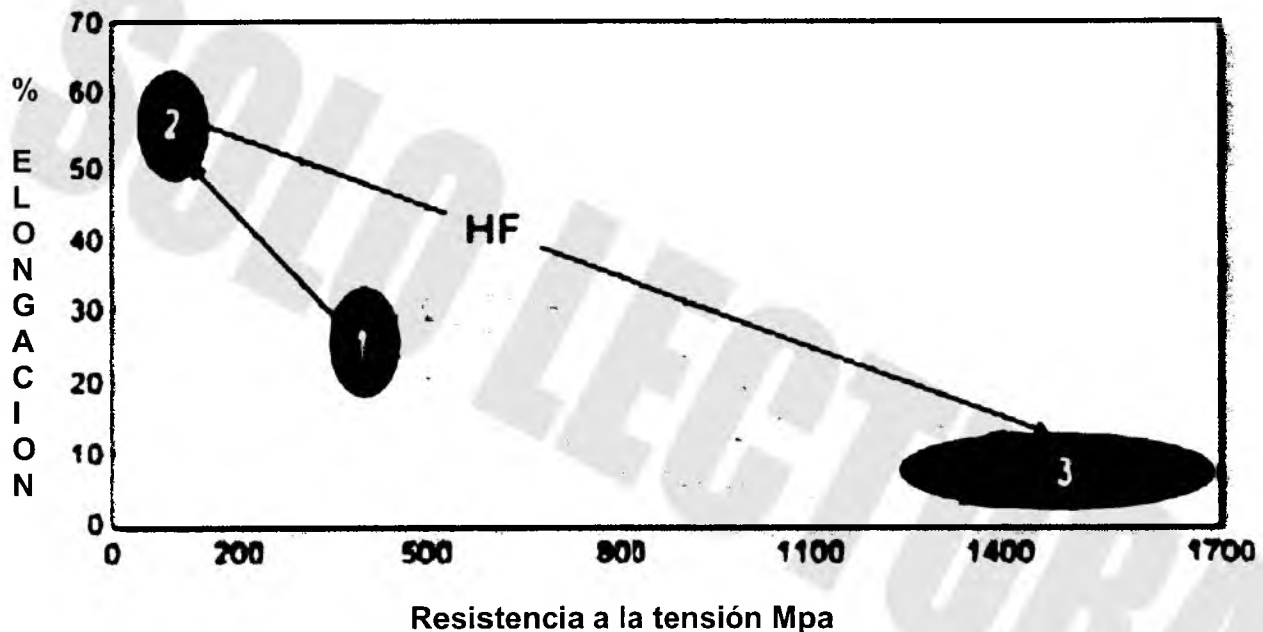


Figura 26. Propiedades Mecánicas de aceros de estampado en caliente.

Hay dos tipos de aplicaciones de endurecimiento o estampado en caliente que están disponibles actualmente:

- Estampado directo en caliente
- Estampado indirecto en caliente

Durante el estampado directo en caliente, toda la deformación de la lamina se realiza en el rango de alta temperatura austenítica seguido por templeado.

La formación indirecta en caliente preforma la hoja a temperatura ambiente a un alto grado de la forma de la pieza final, seguidos por estampado adicional a alta temperatura y temple.

Cinco etapas del proceso con diferentes propiedades mecánicas son importantes para el estampado directo en caliente:

Etapa • 1 (elipse 1): corte de hoja a temperatura ambiente. resistencia a la cedencia entre 340 a 480 MPa, resistencia a la tensión de hasta 600 MPa, y elongaciones de más de 18% , estas propiedades deben ser consideradas para el diseño de matrices.

Etapa • 2 (elipse 1): calentamiento de la hoja : La hoja se calienta a aproximadamente 850 a 900 ° C.

Etapa • 3 (elipse 2): Formado a alta temperatura en el molde: elongaciones altas (más de 50%) y bajos esfuerzos (casi una constante 40-90 MPa esfuerzo real) a temperaturas de deformación permite extenso estampado a bajas tensiones.

- Etapa 4 (elipse de 2): Templado en el molde: Después del estampado, resistencia a la tensión de más de 1,500 MPa y alargamientos totales de 4 a 8% (microestructura martensítica) se desarrollan durante el enfriamiento en el dado.

- Etapa 5 (elipse de 3): Operaciones de post formado: Debido a la alta resistencia, los procesos especiales son necesarios en el acabado del producto (corte especial y dispositivos de corte, etc.)

En contraste, la mayor formación durante el estampado indirecto en caliente se lleva a cabo a temperatura ambiente.

- Etapa 1 (elipse 1): Corte de hojas a temperatura ambiente,

- Etapa 2 (elipse 1): preformado en gran parte de la forma final a temperatura ambiente con una prensa y troquel. Como con todos los formados a temperatura ambiente ,tal y como recibidas las hojas de metal (límites elásticos de 340 - 480 MPa, resistencias a la tracción de hasta 600 MPa, y alargamientos superiores a 18%) puede limitar el máximo estampado.

- Etapa 3 (elipse 1): Calentamiento de la pieza: La pieza se calienta a unos 850 a 900 ° C.

- Etapa 4 (elipse de 2): El formado final de la parte a alta temperatura a baja resistencia y gran elongación.

- Etapa 5 (elipse de 3): Templado en el molde: piezas complejas con resistencia a la tensión por encima de 1500 MPa, elongación total de 6 - 8% (microestructura martensítica) y el cero en recuperación elástica se desarrollan durante el enfriamiento en el molde.

#### IV.12 Aceros Martensíticos (MS)

Para crear aceros martensíticos, la austenita que existe durante el laminado en caliente o recocido se transforma casi en su totalidad en martensita durante el enfriamiento en la salida o en la sección de enfriamiento de la línea de recocido continuo.

Los aceros martensíticos se caracterizan por una matriz martensítica que contiene pequeñas cantidades de ferrita y / o bainita. Dentro del grupo de aceros multifase, aceros MS muestran el nivel de mas alta resistencia a la tensión.

Esta estructura también se puede desarrollar con tratamiento térmico post-formado. Aceros martensíticos ofrecen los mas altos niveles de resistencia a la tensión, de hasta 1700 MPa de resistencia ultima a la tensión.

Aceros Martensíticos suelen ser objeto de posterior enfriamiento rápido de revenido para mejorar la ductilidad, y puede proporcionar una adecuada formabilidad incluso a altas resistencias a la tensión extremas. Ver rango de elongación en Figura 27.

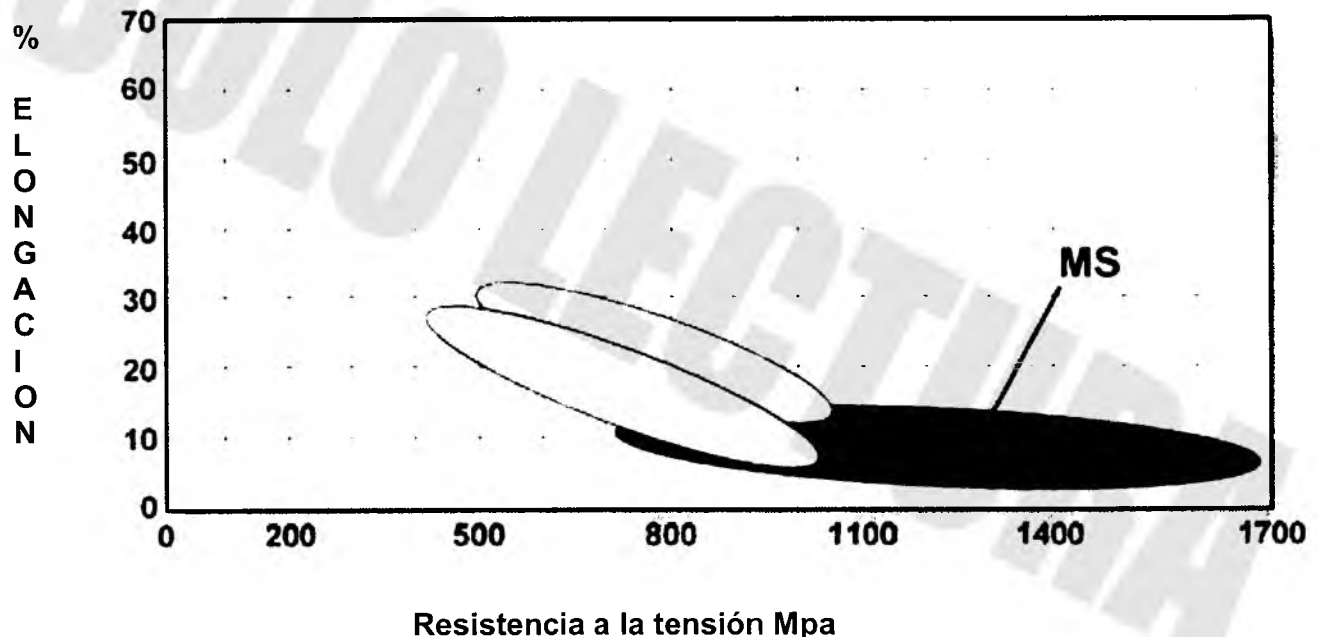


Figura 27. Propiedades mecánicas de aceros martensíticos.

La adición de carbono a los aceros martensíticos aumenta la resistencia y fortalece la martensita. El manganeso, silicio, cromo, molibdeno, boro, vanadio y níquel se utilizan en diversas combinaciones para aumentar la templeabilidad.

Aceros martensíticos se producen a partir de la fase austenítica por enfriamiento rápido para transformar la mayor parte de la austenita en martensita.



Aceros de fase compleja también siguen un patrón de enfriamiento similar, pero la composición química de los aceros martensíticos se ajusta para producir menos austenita retenida y formar precipitados para reforzar las fases de martensita y bainita.

#### IV.13 Aceros térmicamente tratables después de formado ( PFHT)

El tratamiento térmico posterior al formado de las partes es un método general para desarrollar aceros alternativos de una mayor resistencia a la tensión.

El principal problema que frena la aplicación generalizada de aceros de alta resistencia ha sido generalmente el mantenimiento de la geometría de la pieza durante y después de un proceso de tratamiento térmico.

Con dispositivos de fijación en la pieza seguido del calentamiento de esta (en horno o de inducción) y un enfriamiento inmediato parece ser una solución para las aplicaciones para producción. Esto es ; la parte se estampa a una baja resistencia a la tensión (elipse 1) y posteriormente la resistencia a la tensión se incrementa por el efecto del tratamiento térmico (elipse 2) como se aprecia en la Figura 28.

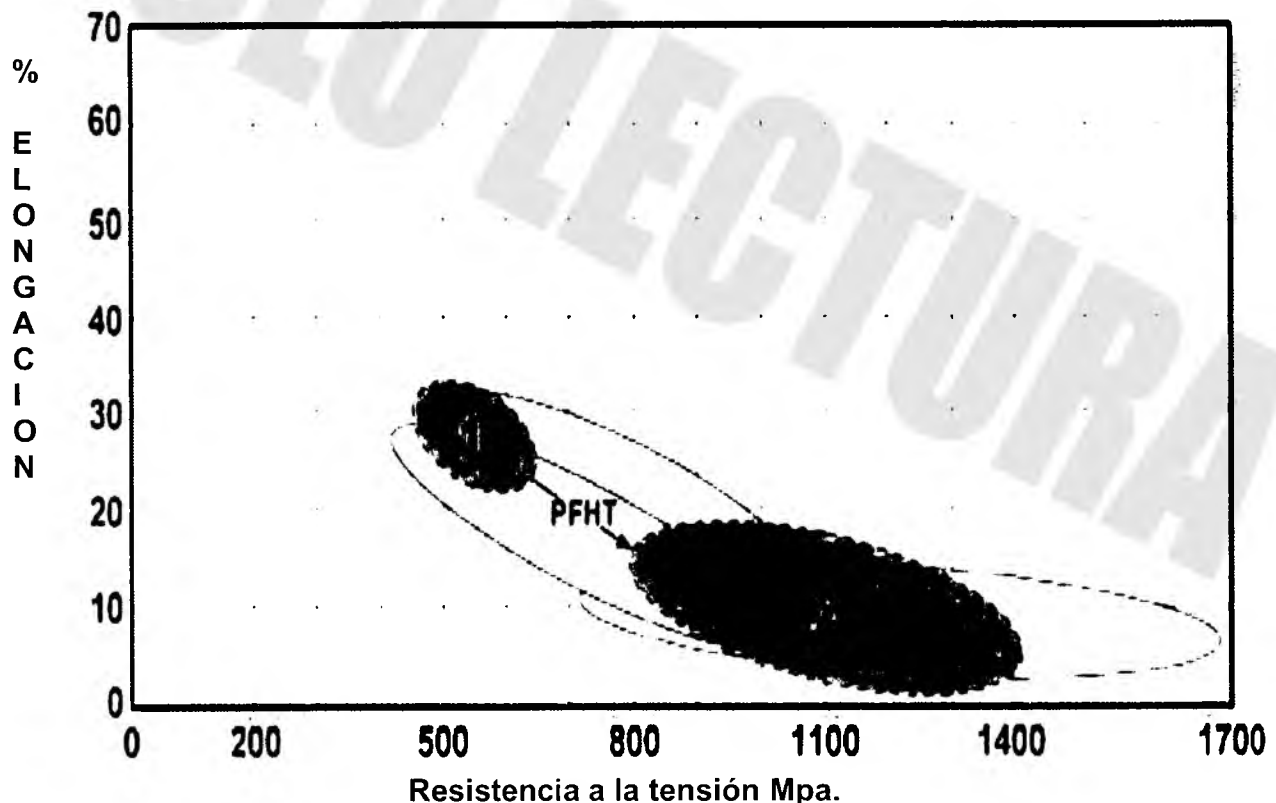


Figura 28. Propiedades mecánicas de aceros de térmicamente tratables posterior a estampado.

Un proceso es enfriamiento con agua de los aceros de bajo costo con composiciones químicas que permiten resistencias de la pieza entre 900 y 1400 MPa. de resistencia a la tensión.

En adición, algunos revestimientos de zinc pueden resistir el ciclo de tratamiento térmico debido a que el tiempo de exposición a alta temperatura es muy corta.

La gran variedad de componentes químicos para satisfacer las especificaciones de determinadas piezas requiere una coordinación extrema con el proveedor de acero.

Otro proceso es el de templado por aire de aceros aleados para temple que cuentan con propiedades de formado muy buenas resultados en estado suave (propiedades de embutido profundo) y de alta resistencia después de tratamiento térmico (endurecimiento por aire) .

Además de aplicaciones directas en la lamina de acero, aceros endurecidos al aire son adecuados para tubería soldada. Estos tubos son excelentes para aplicaciones de hidro-formado.

Las piezas pueden ser tratadas térmicamente en el horno en una atmósfera de gas protector (austenitizado) y luego endurecido y templado durante el enfriamiento natural en aire o un gas protector.

La muy buena templabilidad y resistencia al revenido se consigue añadiendo, además de carbono y manganeso, otros elementos de aleación tales como cromo, molibdeno, vanadio, boro, y titanio.

Estos aceros son muy fáciles de soldar en sus dos estados , blando y templado al aire, así como en la combinación de suave / templado al aire.

Estos aceros responden bien a ser recubiertos mediante métodos estándares (galvanizado convencional en lotes y proceso de galvanizado a alta temperatura en lotes).

Una tercera opción es por enfriamiento en el herramental.

Una versión de estampado indirecto en caliente finaliza todo el formado de la parte a temperatura ambiente, se calienta la parte a alrededor de 850 a 900 ° C, y luego utiliza enfriado del herramental por agua para templar la parte de martensita.

Este proceso se llama Endurecimiento por Formado.

#### IV.14 Acero de transformación plástica inducida (TRIP)

La microestructura de los aceros de transformación plástica inducida es austenita retenida incrustada primordialmente en una matriz de ferrita.

Además de mínimo de un cinco por ciento en volumen de austenita retenida, fases duras como martensita y bainita están presentes en cantidades variables.

Aceros de transformación plástica inducida requieren el uso de una constante isotérmica a una temperatura intermedia, que produce alguna bainita.

El alto contenido de silicio y carbono de los aceros de transformación plástica inducida también resulta en fracciones de volumen significativo de austenita retenida en la microestructura final.

En la Figura 29 se aprecia los rangos de propiedades mecánicas ofrecidas por este grado de acero.

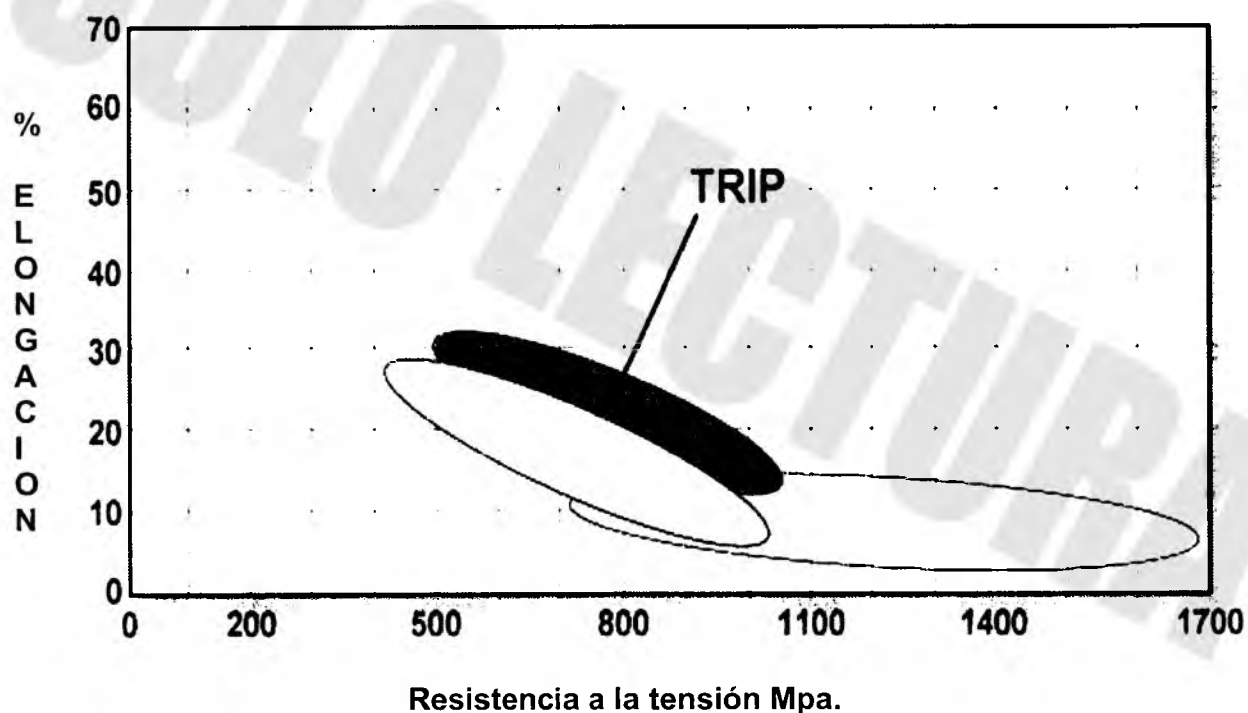
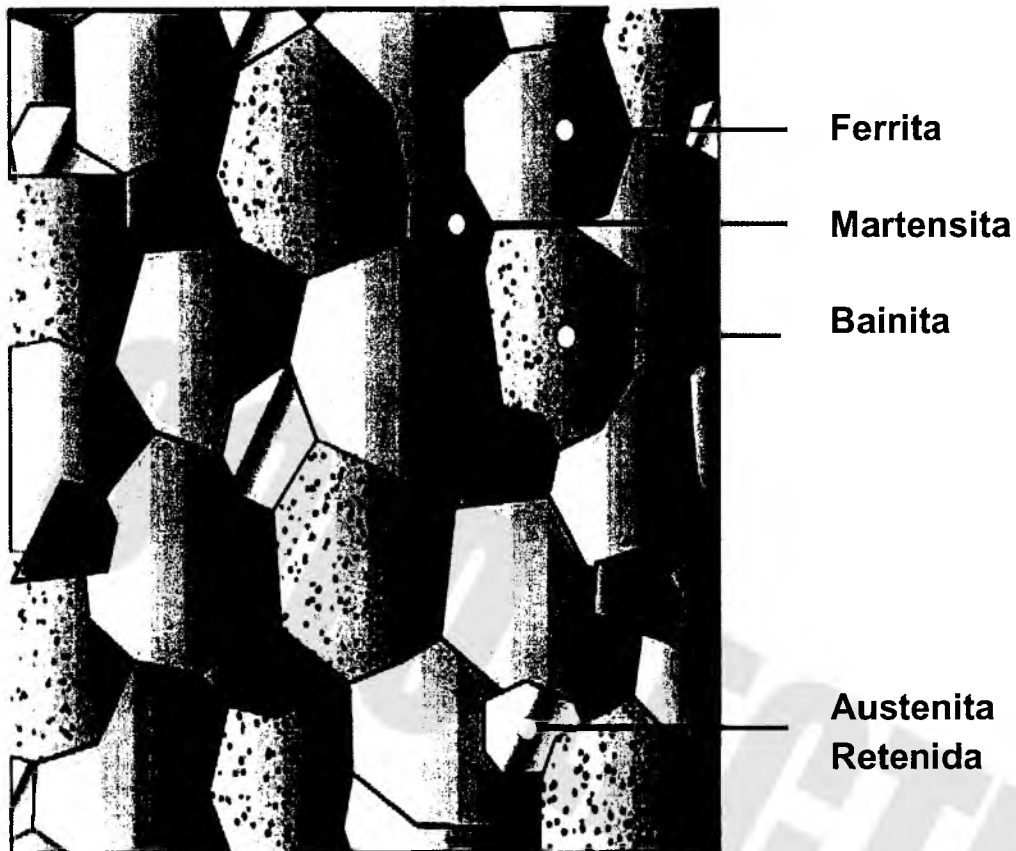


Figura 29. Propiedades mecánicas de los aceros de transformación plástica inducida.

La Figura 30 muestra una vista esquemática de la microestructura de un acero de transformación plástica inducida.



**Figura 30** Microestructura de un acero de transformación plástica inducida.

Durante la deformación, la dispersión de las segundas fases duras en ferrita blanda crea un trabajo de alta velocidad de endurecimiento, como se observa en los aceros ACERO DE DOBLE FASE.

Sin embargo, en aceros de transformación plástica inducida la austenita retenida también progresivamente se transforma en martensita con una deformación creciente, aumentando así la velocidad de endurecimiento de trabajo a niveles de tensión más altos.

Esto se ilustra en la **Figura 31** donde se comparan la ingeniería de tensión-deformación comportamiento de aceros de alta resistencia baja aleación, doble fase y aceros de transformación plástica inducida de límites de elasticidad de aproximadamente similares.

El acero de transformación plástica inducida tiene una velocidad de trabajo por endurecimiento inicial más baja que el acero de doble fase, sin embargo la velocidad de endurecimiento persiste a altas tensiones y el endurecimiento de los de doble fase comienza a disminuir.

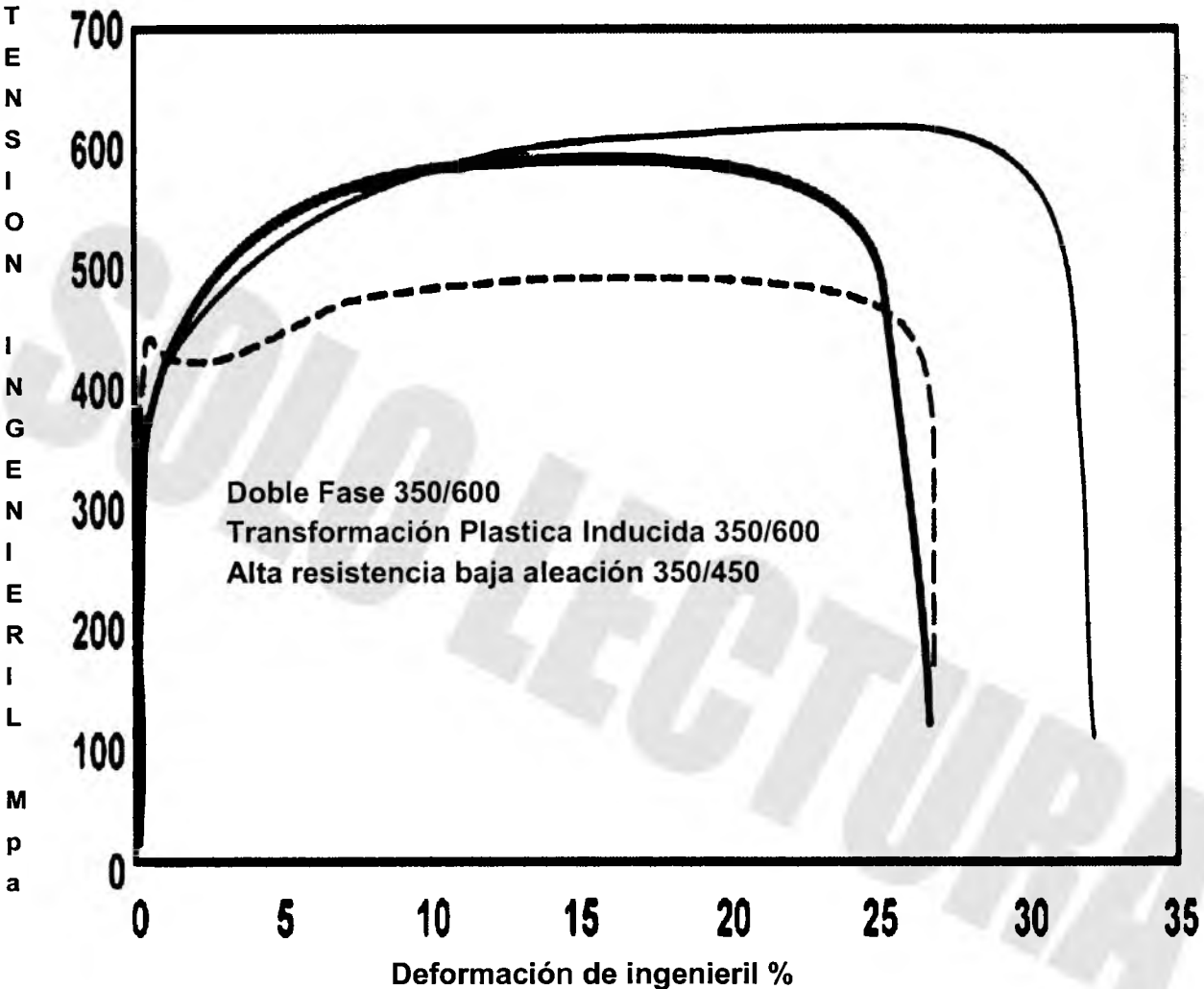


Figura 31. Comparación grafica Deformación-Tensión de tres grados diferentes.

La razón de endurecimiento por trabajo de los aceros de transformación plástica inducida son considerablemente mayores que los convencionales HSS, proporcionando significativa formabilidad.

Esto es particularmente útil cuando los diseñadores aprovechan la gran razón de endurecimiento por trabajo (y el incrementado efecto de endurecimiento por tratamiento térmico ) para diseñar una parte utilizando las propiedades mecánicas tal como-formadas.

La razón alta de endurecimiento por trabajo persiste a mayores deformaciones en los ACEROS DE TRANSFORMACION PLASTICA INDUCIDA, proporcionando una ligera ventaja sobre LOS ACEROS DE DOBLE FASE en las aplicaciones con mas severa deformación.

Aceros de transformación plástica inducida utilizan mayores cantidades de carbono que los aceros de doble fase para obtener el contenido de carbono suficiente para estabilizar la fase de austenita retenida por debajo de temperatura ambiente.

Un mayor contenido de silicio y / o aluminio acelera la formación de ferrita / bainita. Por lo tanto, estos elementos ayudan a mantener el contenido de carbono necesario dentro de la austenita retenida.

La supresión de la precipitación de carburos durante la transformación bainítica parece ser crucial para los aceros de transformación plástica inducida . El silicio y aluminio se utilizan para evitar la precipitación de carburo en la región bainita.

El nivel de la deformación a la que la austenita retenida comienza a transformarse en martensita se controla ajustando el contenido de carbono.

A niveles más bajos de carbono, la austenita retenida comienza a transformarse casi inmediatamente después de la deformación, aumentando la tasa de endurecimiento por trabajo y conformabilidad durante el proceso de estampado.

A contenido de carbono superior, la austenita retenida es más estable y comienza a transformarse sólo a niveles de deformación más allá de los producidos durante el estampado.

A estos niveles de carbono, la austenita retenida persiste en la parte final. Se transforma en martensita durante la deformación posterior, tal como un evento de choque.

Aceros de transformación plástica inducida por lo tanto, pueden ser diseñados o adaptados para proporcionar una excelente conformabilidad para la fabricación de piezas complejas con aceros avanzados o exhibir alto endurecimiento durante la deformación en un choque para una excelente absorción de la energía. Los requisitos adicionales de aleación de los ACEROS DE TRANSFORMACION PLASTICA INDUCIDA degrada el comportamiento de la soldadura por puntos.

Esto puede ser abordado tanto por modificación de los ciclos de soldadura utilizados (por ejemplo, soldadura por puntos o soldadura por dilución).

#### IV.15 Aceros pares de plasticidad inducida (TWIP)

Aceros pares de plasticidad inducida tienen un alto contenido de manganeso (17-24%) que hace que el acero sea totalmente austenítico a temperatura ambiente. Una gran cantidad de deformación es impulsada por la formación de pares deformables. Este modo de deformación conduce a la designación de esta clase de acero. La paridad provoca un elevado valor de la tasa de endurecimiento instantánea (valor  $n$ ) como la microestructura se vuelve más y más fina. Las uniones pares resultantes actúan como límites de grano y fortalecen el acero. Aceros pares de plasticidad inducida combinan la fuerza extremadamente alta con muy alta capacidad de estiramiento. El valor de  $n$  se incrementa a un valor de 0,4 a una deformación de ingeniería aproximada de 30% y luego se mantiene constante hasta que ambos son uniformes y total elongación alcanza el 50%. La resistencia a la tracción es superior a 1000 MPa. como se aprecia en la Figura 32.

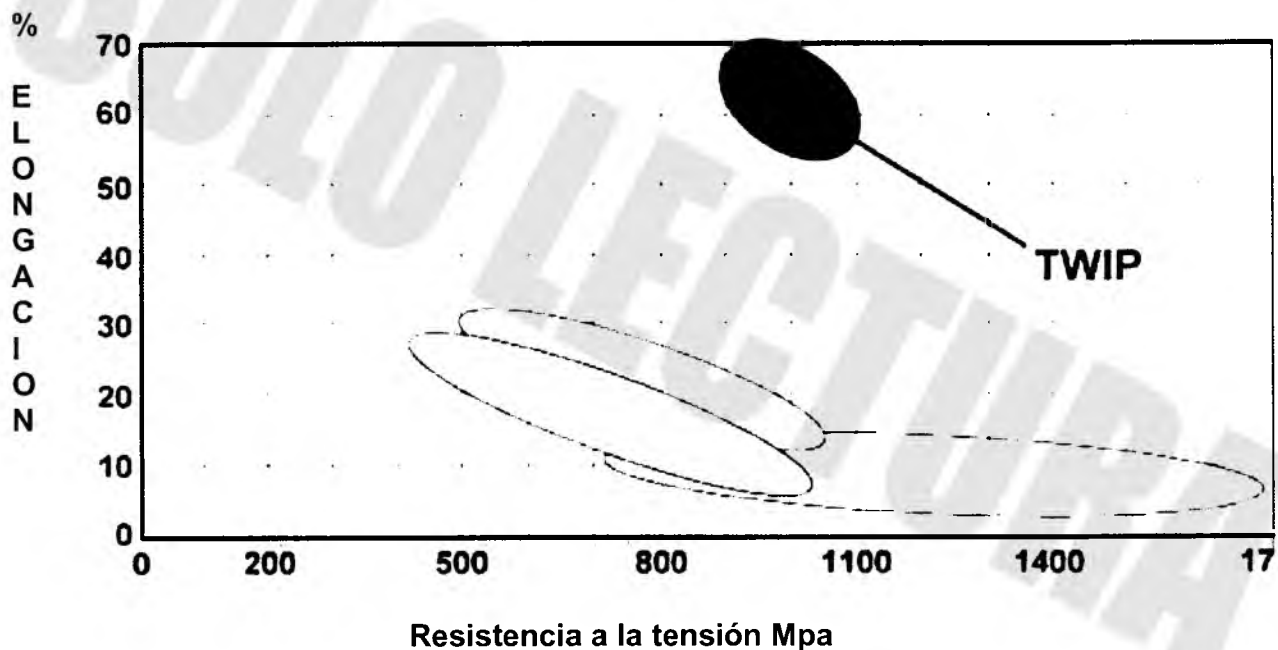


Figura 32. Propiedades mecánicas de aceros de par de transformación inducida.

**IV.16 Producción de Acero Crudo y balance de chatarra al 2009 (12)**  
**Tabla 17**

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	29.5	30.0	28.9	30.4	31.1	29.1	20.1
• <i>Producción de acero crudo</i>							
• <i>Al Oxígeno</i>	44.8	46.4	44.5	47.2	48.5	45.8	32.7
• <i>Eléctrico</i>	31.4	32.2	30.9	32.5	33.5	31.2	21.3
	13.4	14.2	13.6	14.7	15.0	14.6	11.3
• <i>Uso de chatarra de acero</i>							
• <i>Siderurgia</i>	19.1	20.6	19.6	21.2	21.7	20.7	15.2
• <i>Oxígeno</i>	5.6	5.9	5.4	6.0	6.1	5.5	3.6
• <i>Eléctrico</i>	13.5	14.7	14.2	15.2	15.6	15.2	11.6
• <i>Origen de la chatarra</i>							
• <i>De la misma fundición</i>	4.7	4.7	4.6	4.9	5.0	4.8	3.4
• <i>Comprado de comercializador</i>	14.4	16.2	15.2	16.5	17.3	16.3	12.0
• <i>Compra por otros medios</i>	1.8	1.6	1.5	1.6	1.4	1.4	0.9
• <i>Exportaciones de chatarra</i>	7.4	8.2	7.7	8.3	8.5	8.7	7.3p
• <i>Importaciones de chatarra</i>	4.6	6.0	5.5	5.9	6.3	6.0	3.9p
• <i>Balance( exportación./importación)</i>	2.8	2.2	2.2	2.4	2.2	2.8	3.4p



#### IV.17 Algunos datos de la producción de acero en Alemania y el mundo (5)

Detalles de volúmenes de producción de acero por proveedor Alemán y por tipo de proceso de aceración se muestran en la Figura 33, Se muestra ThyssenKrupp como mayor productor de volumen de acero en Alemania .

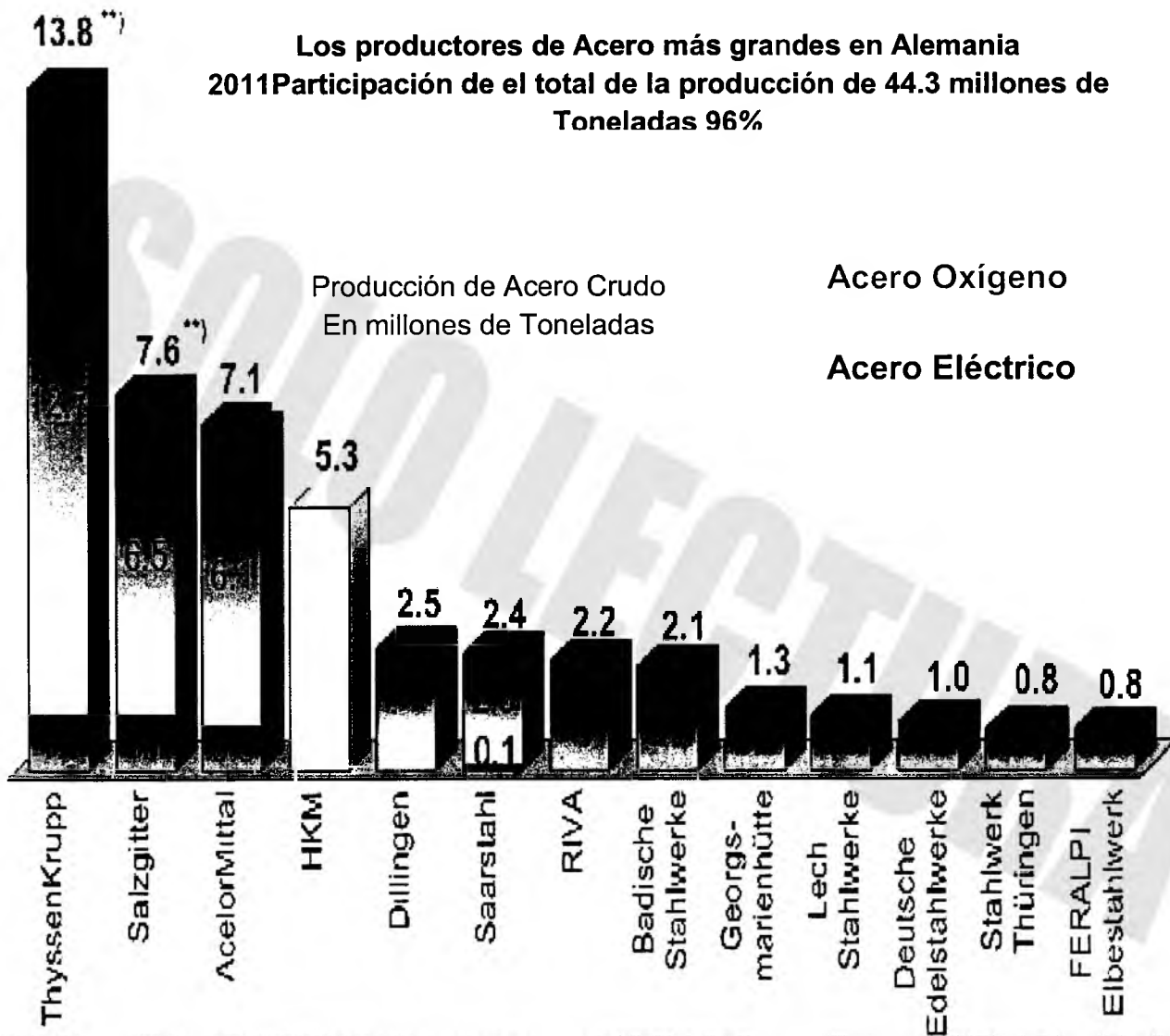
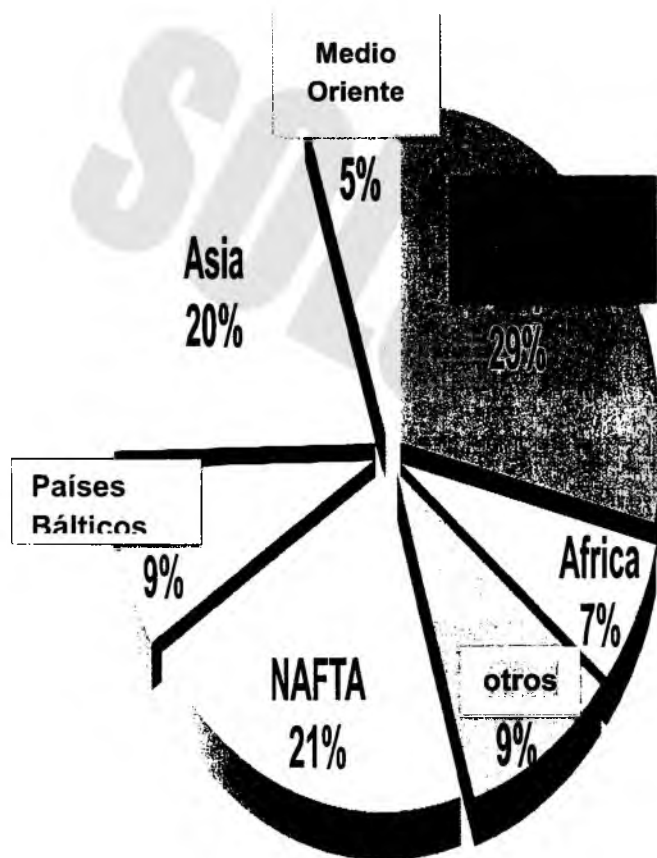


Figura 33 Volúmenes de producción de acero en Alemania por Compañía.

#### IV.18 Exportación alemana de aceros laminados(5)

En Figura 34 se observan los principales mercados para lamina Alemana.

Exportación por regiones \*



Exportación 2005 al 2011 en millones de toneladas

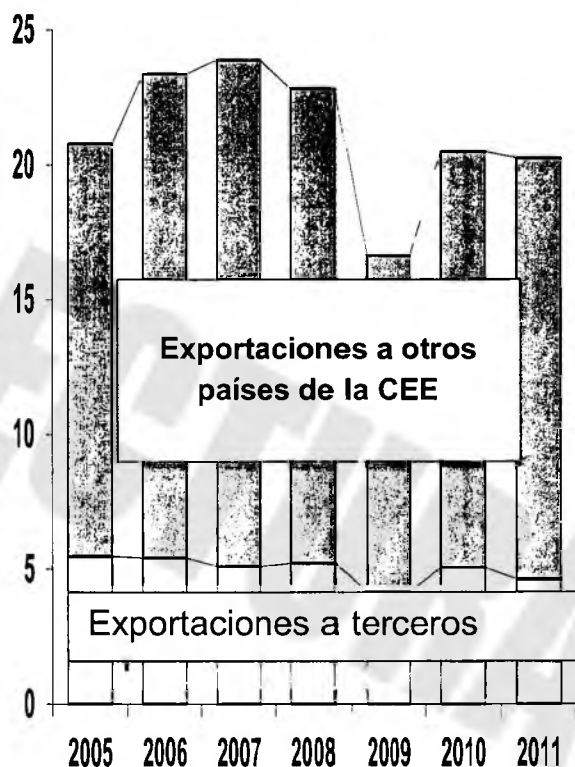


Figura 34. Volumen de exportación de acero producido en Alemania.

\* otros países europeos fuera de la CEE

**Alemania :** (5) Sin duda Alemania ha sido por décadas un líder en la fabricación de diversos grados de acero , desde grados construcción hasta innovadores productos .

**IV.19 Mercado de abasto interno e importaciones**

Se muestra en Fig. 35 a América Latina como mayor proveedor de acero para Alemania.

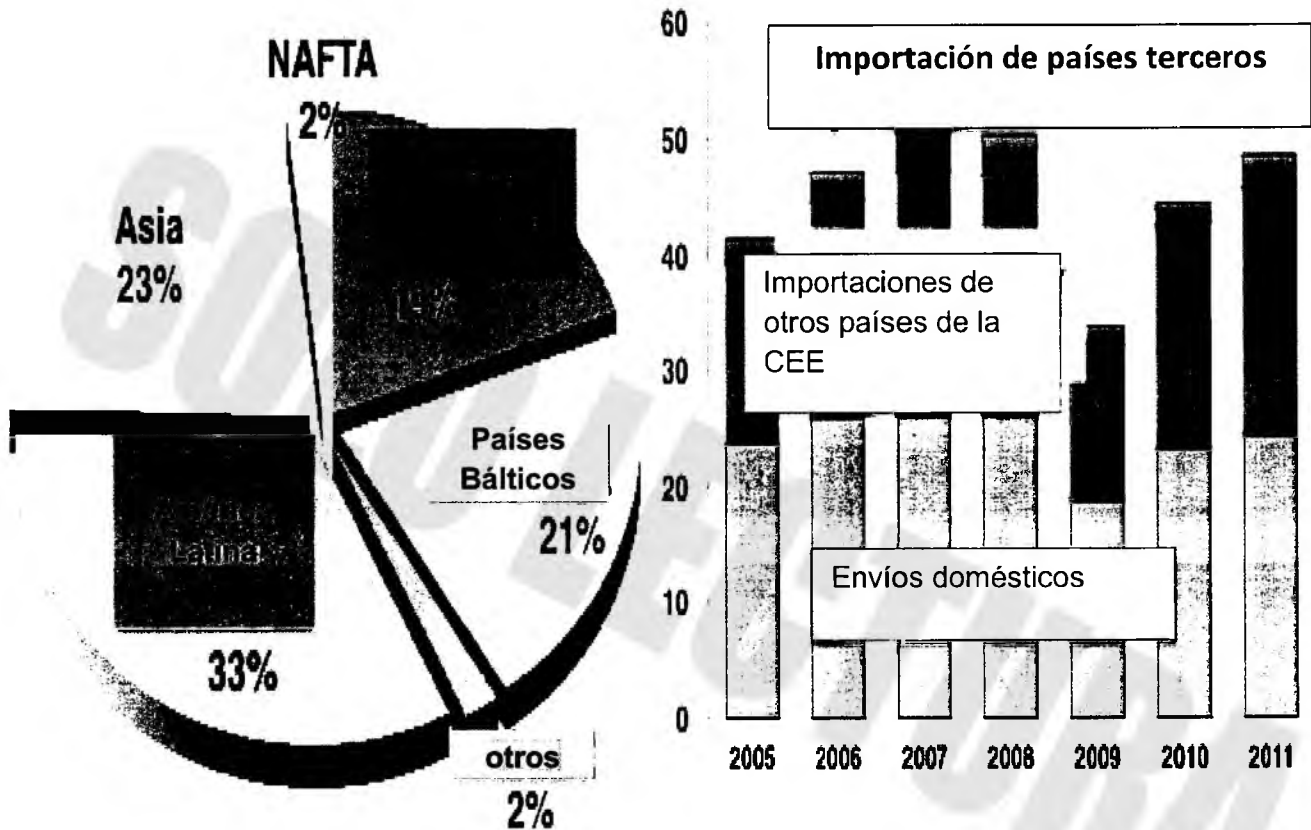
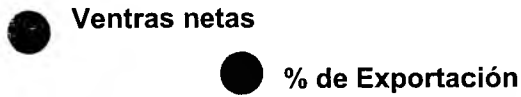


Figura 35 Mercado de abasto e importación de Alemania.

\* otros países Europeos fuera de la CEE

#### IV.20 Ventas netas en la Industria del Acero en Alemania (5)



**Figura 36.** Muestra tendencia de los montos de venta anual de la industria acerera Alemana así como los porcentajes de exportación de los mismos productos.

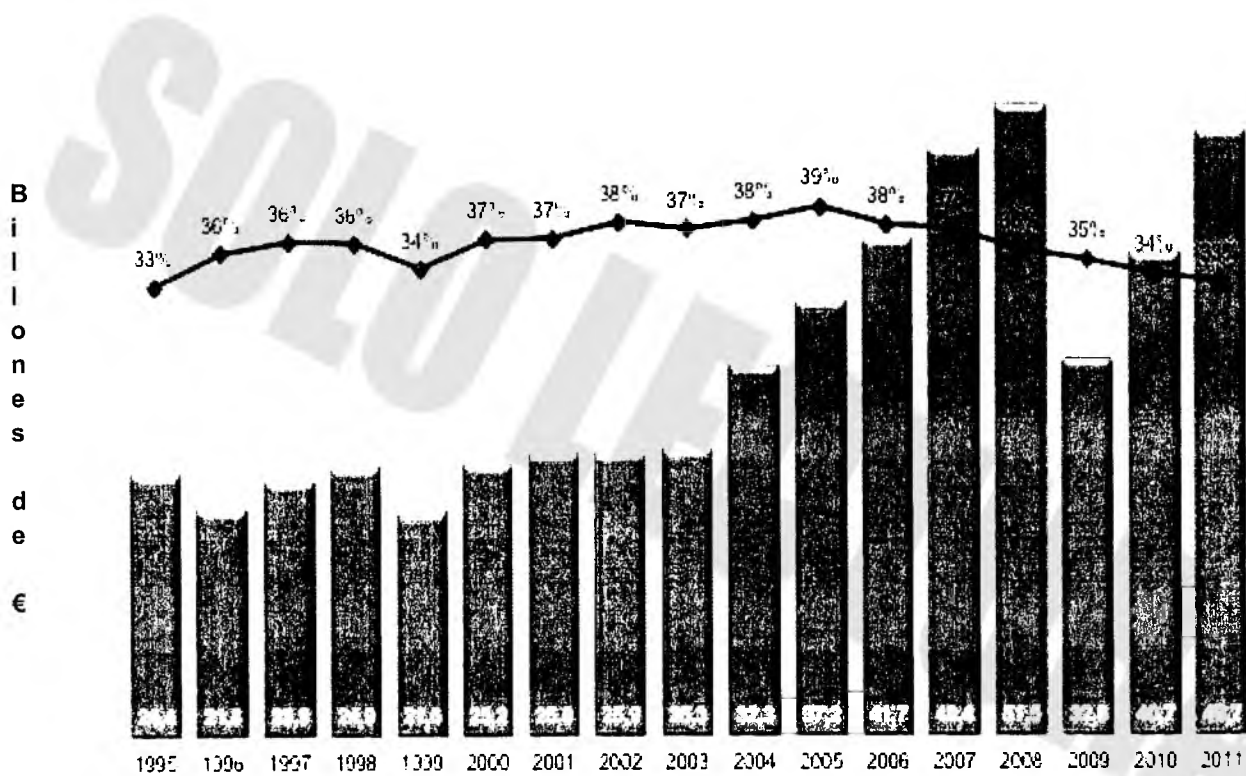


Figura 36. Ventas anuales y %'s de exportación del acero Alemán.

#### IV.21 Producción de acero crudo en Alemania por proceso (5)

El claro y tremendo crecimiento de la producción de acero en horno de arco eléctrico y su liderazgo desde su surgimiento en los 60's se aprecia en la Figura 37 abajo.

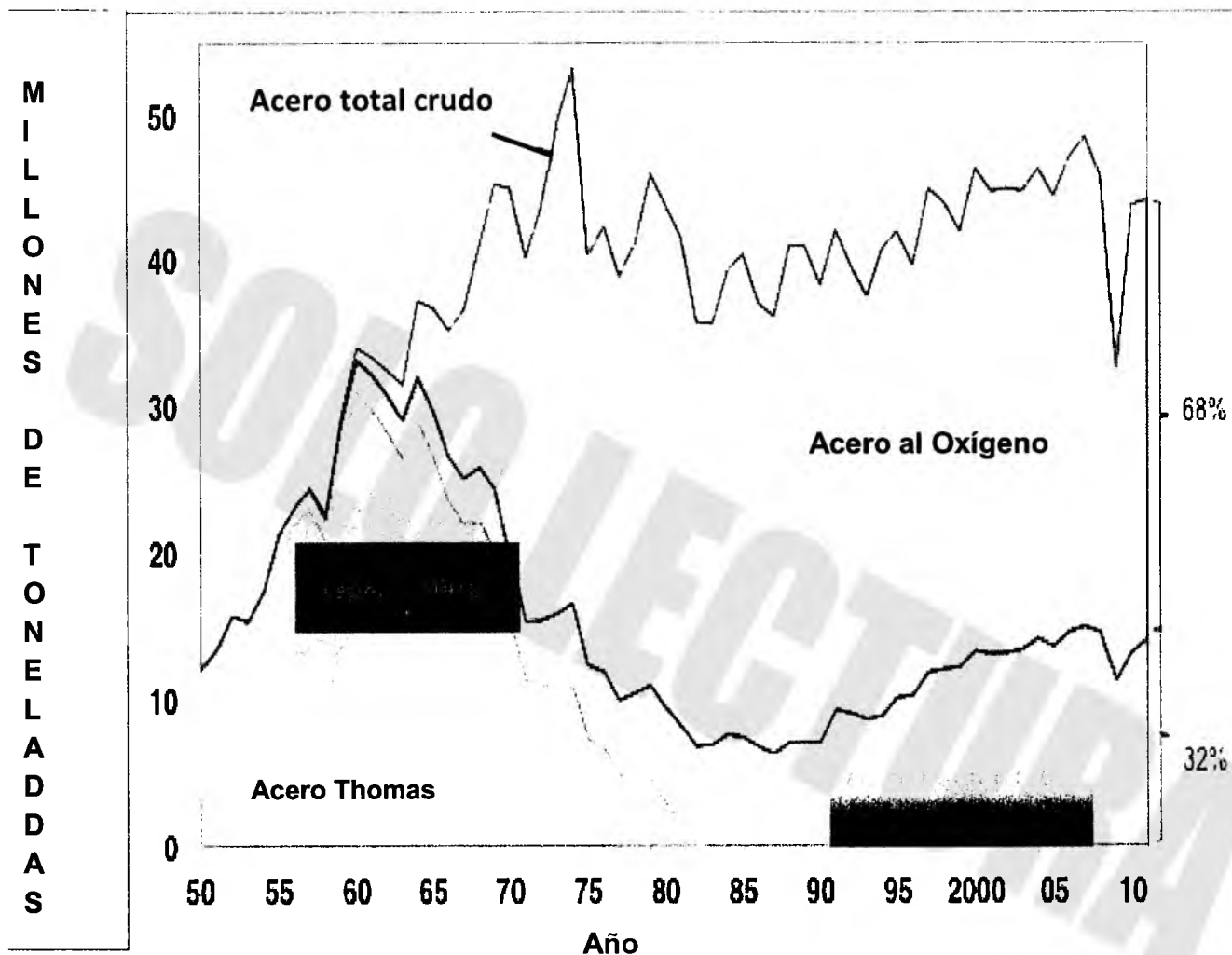


Figura 37. Producción de acero en Alemania por tipo de proceso.

#### IV.22 Producción, Empleo y Productividad en Alemania (5)

##### Participación en la Industria de el Acero

Aunque el volumen de producción de acero crudo en año 80 vs. el año pasado 2011 no existe un incremento significativo, si lo existe en la cantidad de acero laminado Figura 38. También por otra parte se hablo anteriormente de la significativa mejora en la eficiencia en los procesos de producción.

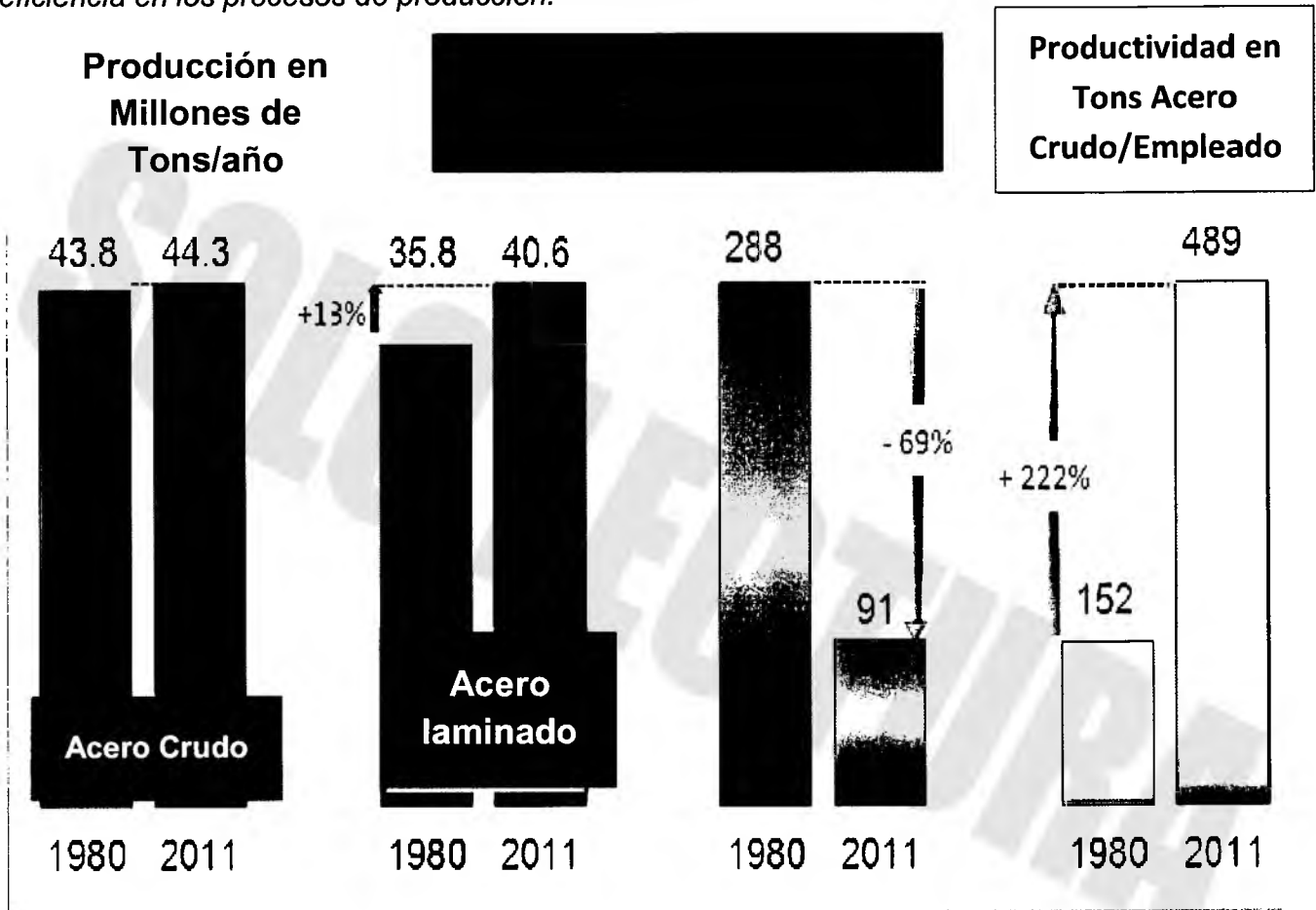
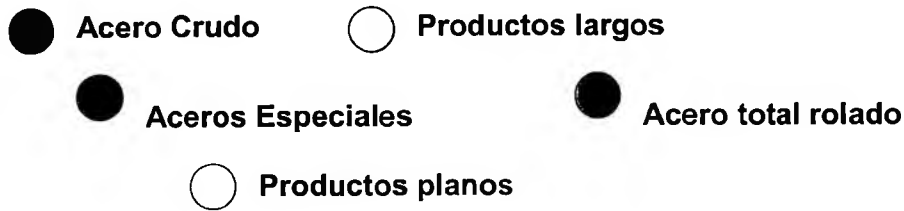


Figura 38 Productividad y eficiencia en la producción de acero en Alemania.

#### IV.23 Producción de Acero en Alemania (5)



La producción de aceros especiales en Alemania ha ido en aumento con respecto a los aceros tradicionales Figura 39. La tecnología para elaborar aceros para aplicaciones de precisión ( ejemplo: rieles de deslizamiento para asiento de auto) es impresionante, innovadora y difícil de igualar.

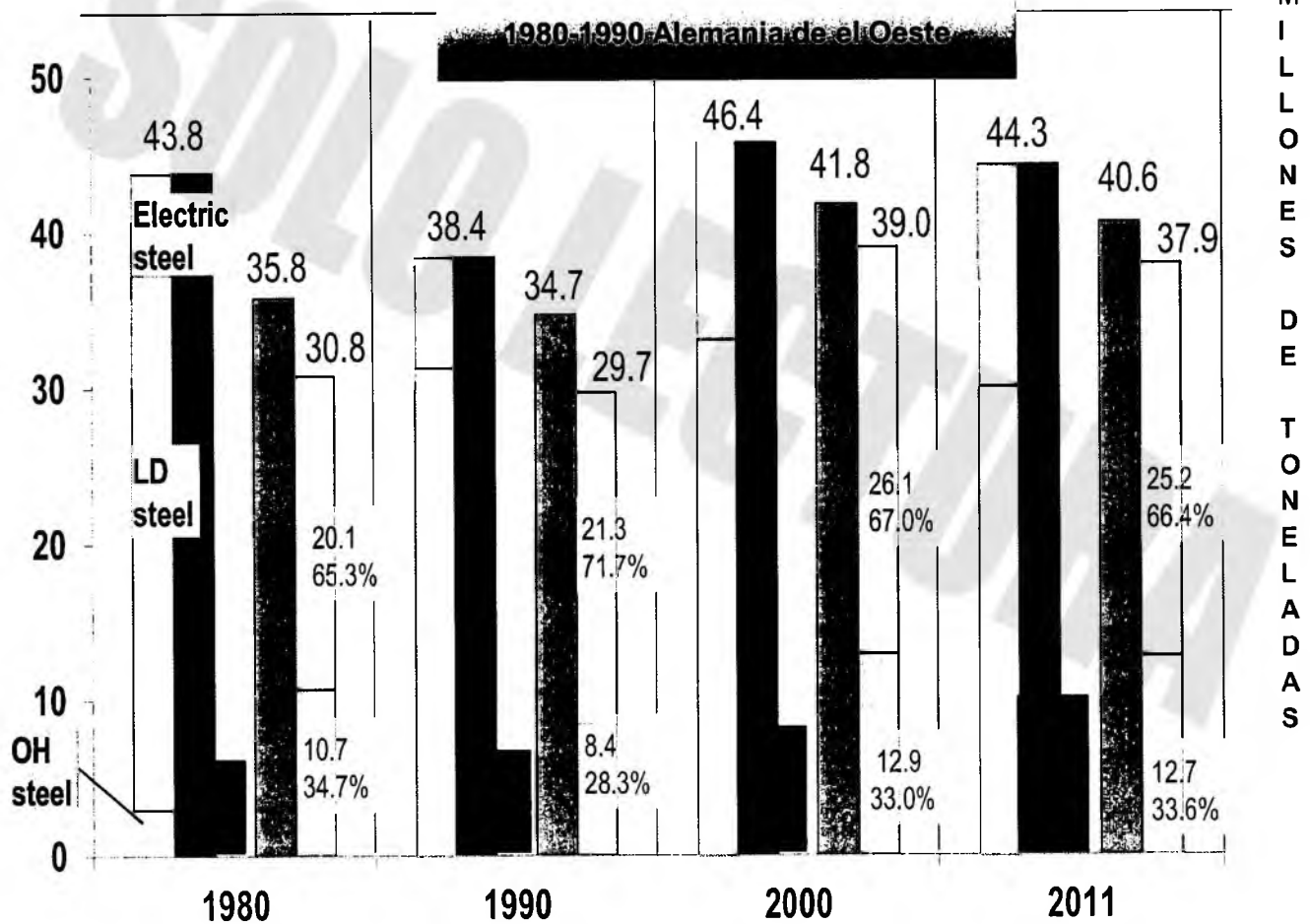


Figura 39 Volúmenes y Tipos de acero producidos en Alemania.

#### IV.24 Participación de colada continua en la producción de acero crudo (5)

Se nota en esta Figura 40 el claro ya predominio de la producción en colada continua contra el lingoteo el cual probablemente se utiliza solo ya en casos muy específicos de producción de piezas grandes de maquinaria y equipo o producciones especiales.

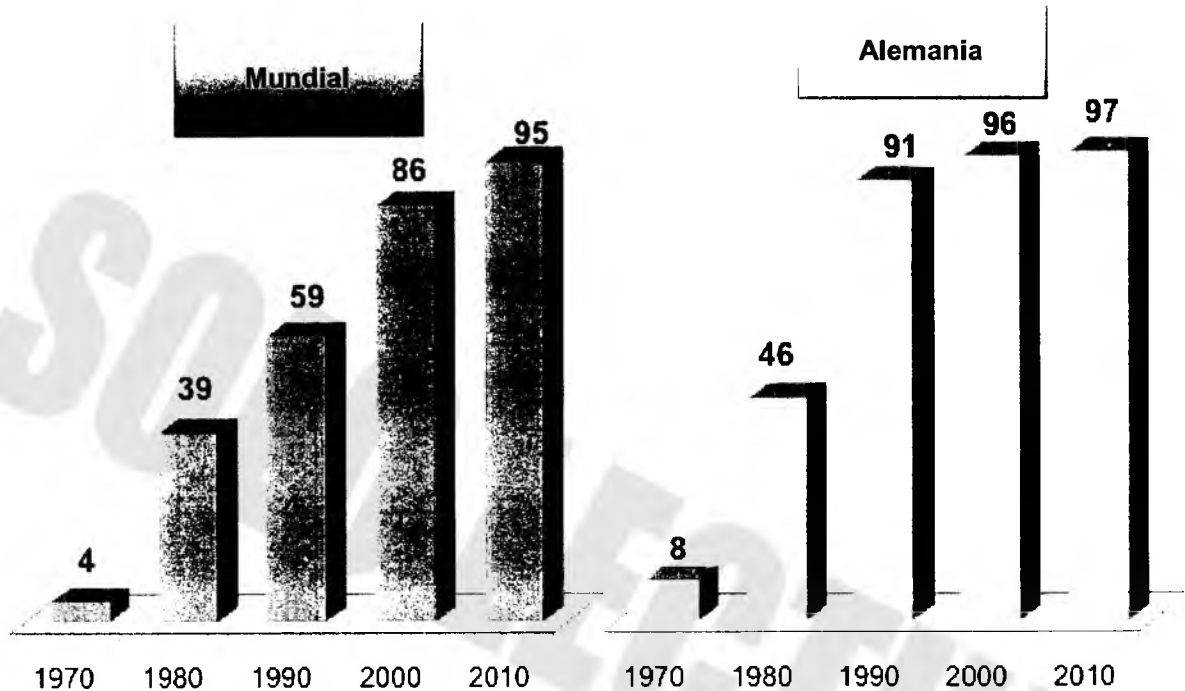


Figura 40 Porcentaje de acero producido por colada continua en Alemania.



#### IV.25 Producción Mundial de Acero al 2011 (5)

29% del volumen de acero crudo mundial se procesó en horno eléctrico vs. 42 y 32% en la CE y Alemania respectivamente. **Tabla 18**

En Millones de toneladas Métricas	2007	2008	2009	2010	2011*
<b>Producción de Mineral de Hierro</b>	1691	1840	1887	1987	2248
<b>Producción de Metal Caliente</b>	961	949	933	1033	1100
<b>Producción de Acero Crudo</b>	1347	1341	1236	1430	1517
❖ En colada continua	1243	1235	1169	1341	1423
❖ En arco eléctrico	417	410	351	411	442
<b>Productos rolados en caliente</b>	1220	1190	1110	1280	1365
❖ Productos planos	670	665	570	710	750
❖ Productos largos	550	525	540	570	615

\* datos preliminares o estimados

#### IV.26 Producción de Acero en la CEE -27 (5)

42 % del volumen del acero en crudo se refinó en horno eléctrico en el total de la Comunidad Europea vs. 32% de esta misma relación en Alemania. **Tabla 19**

En Millones de toneladas Métricas	2007	2008	2009	2010	2011*
<b>Producción de Metal Caliente</b>	116.7	108	72.7	94.5	94.3
<b>Producción de acero crudo</b>	210.2	198.2	139.4	172.6	177.2
❖ <b>En colada continua</b>	200.2	190.7	135.1	167.1	171
❖ <b>En arco eléctrico</b>	84.2	82	612.2	72.4	76
<b>Productos rolados en caliente</b>	187.7	178.7	129.8	156.3	160.9
❖ <b>Productos planos</b>	111.6	104.8	73.6	95	97.1
❖ <b>Productos largos</b>	76.1	73.9	56.2	61.3	63.8

\* datos preliminares o estimados

#### IV.26 Producción de Acero en Alemania (5)

32% de la producción de acero crudo se produjo en arco eléctrico, casi el doble de producción entre productos largos y planos (lamina).

**Tabla 20**

En Millones de toneladas Métricas	2007	2008	2009	2010	2011*
<b>Producción de Metal Caliente</b>	31150	29111	20104	28560	27943
del cual en colada continua	46717	43956	31604	42375	42640
del cual en arco eléctrico	15015	14639	11336	13215	14204
<b>Productos rolados en caliente</b>	41999	39805	29041	36827	37933
❖ <b>Productos planos</b>	27666	26089	18812	24909	25191
❖ <b>Productos largos</b>	14333	13716	10229	11918	12742

\* datos preliminares o estimados

#### IV.28 Los 10 mas grandes productores de Acero en 2010 (5)

Es importante conocer también además de la estabilidad de los mayores productores de acero los orígenes de los molinos y/o nacionalidades de los propietarios, ya que culturalmente es importante para la estrategia de los grupos industriales y acuerdos de comercio internacional, tal como lo indica la Fig. 41.

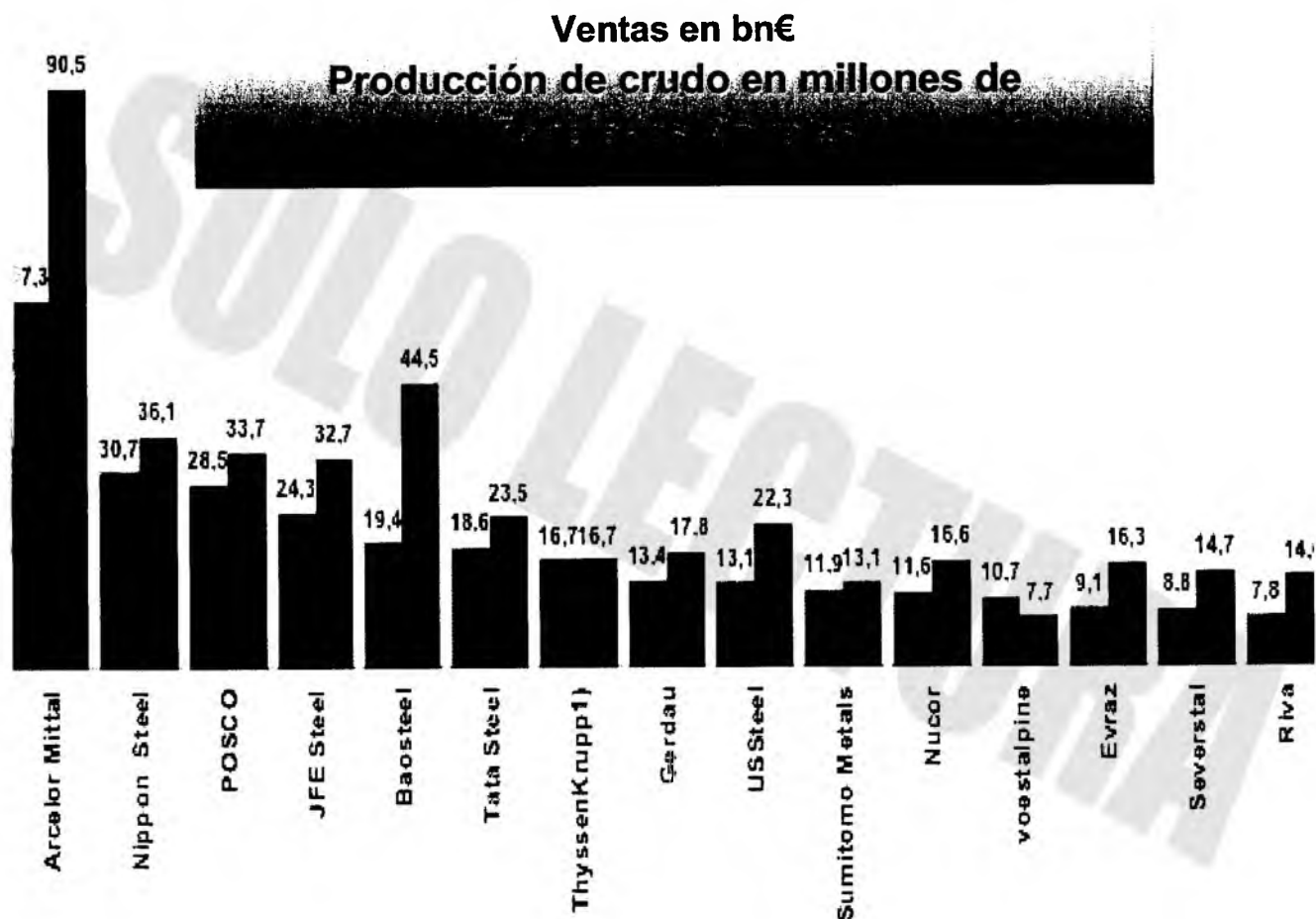


Figura 41 Aquí los orígenes de las 14 mas grandes productoras de acero  
Mittal=India, Nippon=Japon, POSCO=Corea, JFE=Japón, BAO=China, Tata= India,  
Thyssen=Alemania, Gerdau= Socios Inversionistas , US Steel= EUA,  
Sumitomo=Japón, Nucor= EUA, Voestalpine= Austria, Evraz= Rusia, Severstal=  
Rusia

*Sin duda alguna China ha sido por casi mas de una década el mayor consumidor y productor de acero de todo el mundo, sin embargo tecnológicamente y en especial calidad automotriz es todavía una área de oportunidad, como se observa en la Fig. 42*

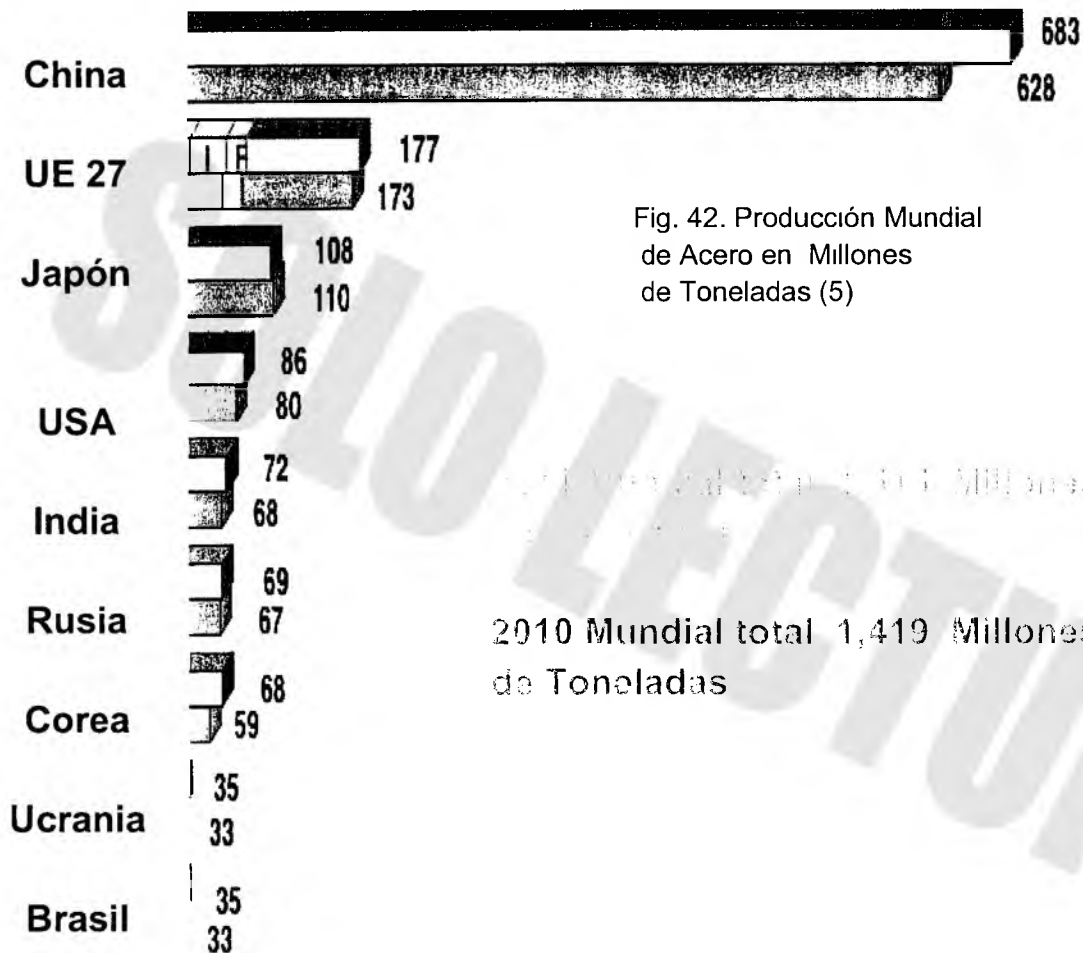


Fig. 42. Producción Mundial de Acero en Millones de Toneladas (5)

**IV.30 Producción de Acero Crudo por Región (Millones de Toneladas) (5) contra otras materias primas**

Se ha obtenido información de la producción de acero crudo a partir de 1950 a 2011, donde se observa un incremento considerable hasta este último año, como se ilustra en la Fig. 43.

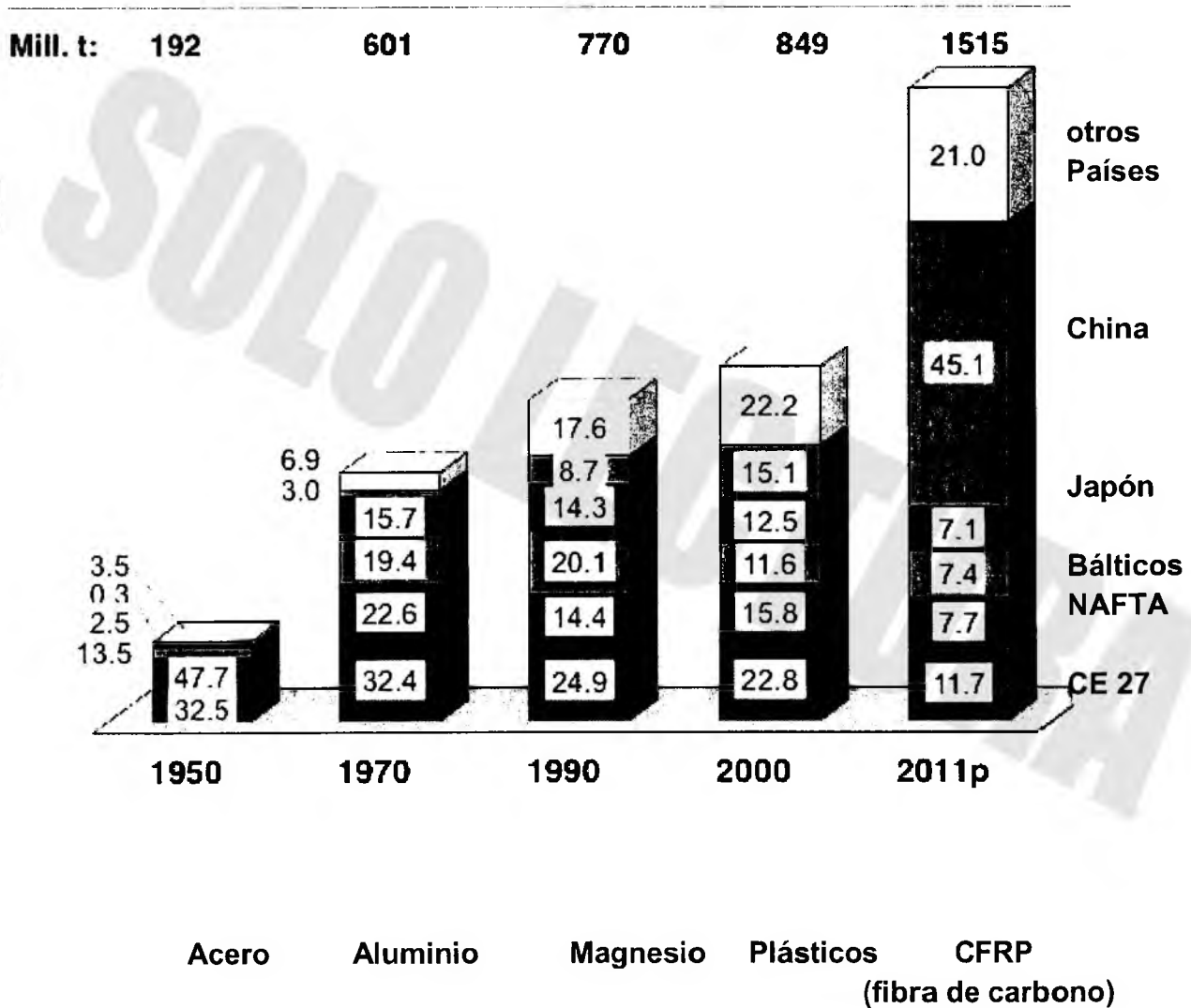


Figura 43 En esta grafica se compara la producción de acero crudo con la de otras materias primas. El volumen anual producido de acero se muestra en los números de arriba de cada columna.

#### IV.31 Consumo aparente mundial de acero terminado (5)

Como se ha visto en graficas anteriores, China con un 45 % de consumo actual de acero continúa creciendo como año tras año, aquí en esta Figura 44 se observa el consumo mundial de acero en porcentajes. TLC con un 9% de participación.

#### Participación en 2010

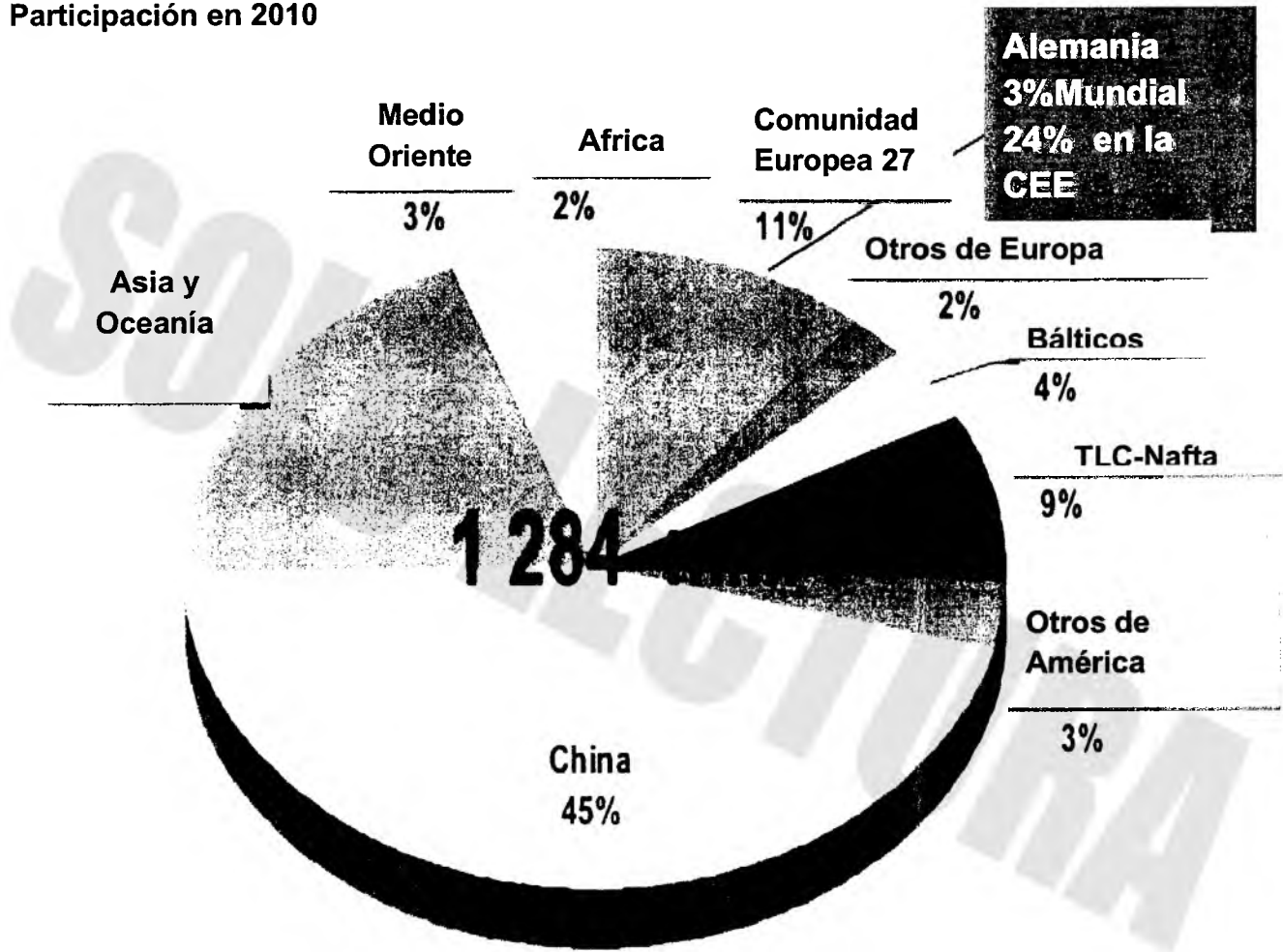


Figura 44 . Consumo aparente mundial de acero.

## Conclusiones:

En el presente trabajo se ejemplificaron algunos conceptos, información y consideraciones relevantes para al área de abasto de acero como materia prima requerida en la industria automotriz anotando algunas conclusiones:

1.- Hoy en día y desde hace un poco más de 2 años , gracias a la volatilidad del mercado del acero y materias primas y a las prácticas monopólicas mundiales de las ya pocas compañías globales surtidoras de mineral de hierro a la industria siderúrgica, las prácticas de contratos anuales tradicionales han cambiado prácticamente a reducirse a periodos más cortos de tiempo como trimestrales o inclusive mensuales.

2.- Aunado a este punto anterior y debido a la existencia de índices tales como el de la chatarra o como el CRU ó AMM, que prediciendo costos futuros del mercado, proporcionan indicadores que se consideran como herramientas de negociación en muchos casos como parte de contratos de compra venta de acero, aumentando la actividad del comprador en lo que respecta a negociaciones y cambios de precios.

Estas prácticas resultan a que las compañías siderúrgicas sigan la misma ruta de los proveedores de mineral de hierro hacia sus clientes, forzando a los compradores de acero a seguir sus condiciones en muchos de los casos en tiempos de mucha demanda del producto.

3.- Estos fenómenos mundiales referidos se reflejan en las tradicionales guerras comerciales entre la siderurgia y armadoras de autos, que dependiendo de la tendencia del mercado en determinado periodo de tiempo puede ser oportunidad para uno u otro lado al aprovechar al máximo posible las ventajas de dicha tendencia.

4.- Por último, se menciona que es responsabilidad de un comprador estratégico de acero el de proponer a los altos mandos de la corporación la mejor recomendación posible de abasto del producto en los mejores términos y condiciones que posicionen competitivamente a la compañía, labor que es retardora y compleja, sin embargo, gratificante al mismo tiempo cuando se logran o rebasan los objetivos y presupuestos establecidos.



## **Bibliografía**

Jorge Jaimes (JJ)

- (1) <http://www.steelonthenet.com> , consulta 15 Junio 2012, para costos del 2011.
- (2) <http://www.worldsteel.org> , consulta Junio 2012
- (3) <http://www.steel.org> (AISI) , consulta Junio 2012
- (4) <http://www.worldautosteel.org> , consulta Junio 2012
- (5) <http://www.stahl-online.de> , consulta Julio 2012
- (6) [www.AMM.com](http://www.AMM.com) , Datos recopilados mensualmente desde 2003
- (7) Steel Recycling Institute , Publicación de Marzo 14, 2012
- (8) International Aluminum Institute , Publicación de Enero 10, 2012
- (9) International Magnesium , Publicación de Febrero 6, 2012
- (10) Association Plastics Europe Market Research Group
- (11) SGL Carbon
- (12) Statistisches Bundesamt, WV Stahl , Düsseldorf, 12.11.09
- (13) Wirtschaftvereinigung Stahl , Feb 2011
- (14) Massachusetts Institute of Technology (MIT), Study on Process Cost Modelling, 2007
- (15) Presentation by Richard Schultz, aluminum consultant and former President of Alcoa Automotive Structures. Publicación de Enero 10, 2012
- (16) ULSAB (Estructura de acero ultra ligera) , consulta Junio-Julio 2012
- (17) ULSAC (Paneles de acero ultra ligeros), consulta Junio-Julio 2012
- (18) ULSAS (Suspensión de acero ultra ligera), consulta Junio-Julio 2012
- (19) ULSAB AVC (Estructura de acero ultra ligera – Conceptos avanzados de vehículos)
- (20) Fahrkartenausgabe, Reduccion de masa, Febrero 6,2012.