

2ej 132

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA



## ANTEPROYECTO DE UNA PLANTA DE ESTAMPADOS AUTOMOTRICES EN MEXICO

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
P R E S E N T A  
**MIGUEL ANGEL VILLALPANDO JASSO**  
MEXICO, D. F. 1981



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

## I N D I C E

	Pág.
INTRODUCCION	10
CAPITULO I. ANALISIS Y PRONOSTICO DE LA PRODUCCION EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ NACIONAL.	11
I:1. Descripción	12
I:2. Análisis del panorama de producción nacional.	12
I:3. Análisis de la producción de la ca- tegoría de autos populares.	20
I:4. Pronóstico de producción.	25
I:5. Anéxo I	26
I:6. Consideraciones	29
CAPITULO II. PROCESO DE FABRICACION DE MATERIA PRIMA.	30
II:1. Descripción.	31
II:2. Proceso de fabricación de lámina de acero.	31
II:3. Clasificación del acero	31
II:4. Tipos de acero	36
II:5. Calidades del acero	41
II:6. Consideraciones	47
CAPITULO III. ANALISIS DE LOS COMPONENTES DE CARROCE- RIA EXTERIOR EN BASE A LA SELECCION DEL TIPO DE LAMINA PARA ESTANDARLOS.	48
III:1. Descripción	49
III:2. Clasificación de severidad	49
III:3. Ejemplos de selección	56
III:4. Selección de propiedades	59

	Pág.
III:5. Selección de la muestra para pruebas.	60.
III:6. La prueba de Copa Osen	61
III:7. La prueba de Dureza Rockwell B	63
III:8. La prueba de tensión	65
III:9. Lubricación	66
III:10. Consideraciones	69
 CAPITULO IV. DESCRIPCION DEL PROCESO DE ESTAMPADO	 71
IV:1. Descripción	72
IV:2. Definición del proceso de estampado.	72
IV:3. Aspectos generales sobre los ciclos de estampado	72
IV:4. Aspectos sobre las operaciones básicas y las variables que intervienen en el proceso.	73
IV:5. Ejemplo del estampado de una parte de carrocería.	87
IV:6. Consideraciones.	94
 CAPITULO V. MAQUINARIA Y HERRAMENTAL REQUERIDO PARA EL ESTAMPADO DE CARROCERIAS AUTOMOTRICES.	 95
V:1. Descripción	96
V:2. Maquinaria utilizada en el proceso de estampado.	96
V:3. Herramental	104
V:4. Análisis de Producción	109
V:5. Consideraciones	113
 CAPITULO VI. DISTRIBUCION DE PLANTA	 116
VI:1. Descripción	117

	Pág.
VI:2. Factores que intervienen en la distribución de planta.	117
VI:3. Tipos de distribución de planta	118
VI:4. Diagrama de proceso de operación	122
VI:5. Cursograma de flujo del proceso	124
VI:6. Diagrama de recorrido	130
VI:7. Consideraciones	132
CAPITULO VII. LOCALIZACION GEOGRAFICA DE LA PLANTA	134
VII:1. Descripción	135
VII:2. Características generales	135
VII:3. Metodología	136
VII:4. Análisis de factores	137
VII:5. Consideraciones	142
CONCLUSIONES	143
BIBLIOGRAFIA	149

## INDICE DE TABLAS

TABLA	Pág.
I:1. ESTADISTICA DE PRODUCCION ANUAL DE AUTOMOVILES Y PRONOSTICO POR CATEGORIAS	15
I:2. ESTRUCTURA PORCENTUAL DE LA PRODUCCION - - ANUAL POR CATEGORIAS	16
I:3. PRODUCCION ANUAL DE AUTOS POPULARES Y PRONOSTICO POR MARCAS.	21
I:4. ESTRUCTURA PORCENTUAL DE LA PRODUCCION - - ANUAL DE LA CATEGORIA POPULARES.	23
I:5. ESTRUCTURA PORCENTUAL PROYECTADA DE LA PRODUCCION DE AUTOS DE CATEGORIA POPULARES.	25
II:1. CAMBIOS DE LAS PROPIEDADES DE UN ACERO - - 1008 EFERVESCENTE ROLADO EN FRIO, DEBIDO - AL ENVEJECIMIENTO NATURAL Y ARTIFICIAL.	43
II:2. PROPIEDADES DESEADAS PARA LAMINA DE ACERO-ROLADO EN FRIO, PARA ESTAMPADO.	44
II:3. CLASIFICACION DE LA LAMINA DE ACERO SEGUN SU ACABADO SUPERFICIAL	45
III:1 CLASIFICACION DE SEVERIDAD PARA LAMINA DE ACERO ROLADA EN FRIO 1008 DE 1.57 MM PROMEDIO DE ESPESOR.	51
V:1. CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS PROPIEDADES DEL ACERO, PARA FABRICAR PUNZONES Y MATRICES.	108

## INDICE DE ILUSTRACIONES

	Pág.
GRAFICA I:1. ESTADISTICA DE PRODUCCION ANUAL DE AUTOMOVILES Y PRONOSTICO POR CATEGORIAS.	18
GRAFICA I:2. PRODUCCION ANUAL DE AUTOS POPULARES Y PRONOSTICO POR MARCAS.	22
FIGURA II:1. PROCESO DE FABRICACION DE LAMINA DE ACERO.	32
FIGURA II:2. TIPOS DE ACERO Y SUS PRINCIPALES CARACTERISTICAS.	38
FIGURA III:1. PROMEDIOS DE CALIDAD DE LAMINA DE ACERO.	57
FIGURA III:2. ILUSTRACION DE AREAS DE MAXIMA DEFORMACION.	57
ESQUEMA III:1.a CLASIFICACION DE PARTES DE CARROCERIA EN BASE A SU CLASE DE SEVERIDAD.	52
FIGURA III:3. EJEMPLO DE SELECCION.	58
FIGURA III:4. INCREMENTOS DE ELONGACION, ESPESOR Y ALTURA DE COPA.	62
FIGURA III:5. ENSAYO DE LA "COPA OLSEN"	64
FIGURA III:6. DIAGRAMA ESFUERZO-DEFORMACION.	64
FIGURA IV:1. ESQUEMA DE UNA ESTAMPA DE CORTE	74
FIGURA IV:2. GRAFICA DE VALORES ENTRE JUEGO PUNZON-MATRIZ.	80
FIGURA IV:3. ESQUEMA DE UNA ESTAMPA PARA DOBLAR	80
FIGURA IV:4. FASES DURANTE UNA OPERACION BASICA DE EMBUTIDO.	83



	Pág.
FIGURA IV:5. ESQUEMA DE UNA ESTAMPA PARA EMBUTIR	83
FIGURA IV:6. PROCESO DEL ESTAMPADO DE UNA SALPICADERA.	89
FIGURA VI:1. DIAGRAMA DE PROCESO DE OPERACION.	123
FIGURA VI:2. DISTRIBUCION DE PLANTA Y DIAGRAMA DE RECORRIDO.	131
FIGURA VI:5.a. CURSOGRAMA DE RECEPCION E INSPECCION DE MATERIA PRIMA	127
FIGURA VI:5.b. CURSOGRAMA DE DESOXIDADO DEL MATERIAL	128
FIGURA VI:5.c. CURSOGRAMA DE ESTAMPADO DE UNA SALPICADERA.	129
FIGURA VII:4.a. LOCALIZACION GEOGRAFICA QUERETARO	138
FIGURA VII:4.b LOCALIZACION GEOGRAFICA SAN LUIS POTOSI.	139
FIGURA VII:4.c. LOCALIZACION GEOGRAFICA ESTADO DE MEXICO.	141
FIGURA VII:4.d. LOCALIZACION GEOGRAFICA MONTERREY, - N.L.	140

## INTRODUCCION

El desarrollo industrial en México en los últimos años ha sido notable en la mayoría de sus ramas, y la industria automotriz es una de las que mayor auge ha tenido, razón por la cual la tecnología automotriz se ha visto incrementada traduciéndose en una mayor y más diversa producción de componentes automotrices, ya sea para consumo nacional y de importación en muchos casos.

El objetivo de este estudio, es el de plasmar através de los requerimientos tecnológicos necesarios y en base a los volúmenes de producción, la posibilidad de la creación de una planta estampadora de carrocerias en México, encontrando como principal consecuencia de este objetivo, el que la producción de esta planta podría reemplazar una parte del mercado de importación de estos componentes automotrices, lo cual constituye una posibilidad muy importante para el desarrollo de una actividad más, dentro de la industria automotriz nacional.

## C A P I T U L O I

### ANALISIS Y PRONOSTICO DE PRODUCCION EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ NACIONAL

I:1 DESCRIPCION

I:2 ANALISIS DEL PANORAMA DE PRODUCCION  
NACIONAL

I:3 ANALISIS DE PRODUCCION DE LA CATEGORIA  
DE AUTOS POPULARES

I:4 PRONOSTICO DE PRODUCCION

I:5 ANEXO I

I:6 CONSIDERACIONES

## I:1 DESCRIPCION

Este capítulo, trata sobre el análisis histórico de la producción automotriz en México, la descripción de la producción por categorías y marcas; además de un pronóstico de dicha producción.

La finalidad de este capítulo, es contemplar el horizonte de producción cualitativa y cuantitativamente, a través de un sencillo análisis estadístico y estimar, según la tendencia, la producción a cubrir en los próximos cinco años. En este sentido, se ha tomado el mercado y más concretamente, la producción como la variable principal del análisis, considerándola como el volumen total de unidades completas, producidas en períodos anuales a partir de 1965.

## I:2 ANALISIS DEL PANORAMA DE PRODUCCION NACIONAL

Los antecedentes que fueron necesarios recopilar para este estudio, se refieren: a la información estadística pertinente, como también, a las características que de alguna manera cambian los requerimientos y la integración con otros elementos de incidencia significativa sobre la cuantía de la producción, la que directamente se refleja en el mercado.

La diferencia entre los elementos estadísticos y no estadísticos, es por cierto convencional, y se ha adoptado sólo para facilitar la exposición.

Los datos de tipo estadístico, permitirán computar algunos coeficientes empleados en el análisis de la demanda, y los demás antecedentes ayudarán a clasificar estas estimaciones y a establecer hipótesis razonables sobre las condiciones de producción y demanda que podrían regir en el futuro.

El análisis se realizó bajo la clasificación por categorías <sup>1/</sup>, las cuales reúnen diferentes marcas y modelos de automóviles. Dicha clasificación es la siguiente:

CATEGORIA	MARCA Y/O MODELO
Populares	Datsun Renault Volkswagen
Compactos	American Chevy Nova Dodge Dart Duster / Volare Maverik / Fairmont Pacer Opel Gremlin Chevelle / Malibú Lerma
Standard	Borward Charger Classic Chevelle Coronet Plymouth
De Lujo	Monaco Ford Galaxie / LTD Impala / Caprice Le Barón Cordóba
Deportivos	Barracuda Dinalpin Mustang Javelin Super Bee

1/ - Clasificación por categorías de los tipos de automóviles fabricados por la Industria Automotriz de México A.M.I.A. (Asociación Mexicana de la Industria Automotriz).

La tabla I:1, muestra la producción total por categorías que se ha venido dando dentro de la Industria Automotriz Nacional, a partir del año de 1965, hasta 1980 <sup>2/</sup>. En estas series anuales de producción, se observa que a partir de 1970, en lo que respecta al porcentaje total de la producción del número de unidades, las diferentes categorías quedaron colocadas como se muestra en la tabla I:2.

---

<sup>2/</sup> A.M.I.A. "La Industria Automotriz de México en Cifras" México 1976. Pág. 82 y 83.  
A.M.I.A. "Organo Informativo de la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz, A.C." Boletín No. 177, septiembre 1980. Págs. 9, 10 y 11.

Tabla I:1 - ESTADISTICA DE PRODUCCION ANUAL DE AUTOMOVILES Y PRONOSTICOS  
POR CATEGORIAS 3/

AÑO	POPULARES	COMPACTO	ESTANDARD	DE LUJO	DEPORTIVOS
1965	19,164	29,525	11,274	6,064	4,215
1966	25,627	29,928	15,981	6,856	3,751
1967	30,300	29,202	12,428	7,421	3,271
1968	37,820	33,511	14,310	10,685	6,060
1969	44,217	36,315	12,357	12,712	5,964
1970	63,345	37,431	11,884	17,000	9,351
1971	70,030	38,352	12,170	15,787	10,537
1972	88,169	45,991	8,849	16,783	8,040
1973	116,165	48,861	9,091	18,584	6,572
1974	141,255	56,671	10,587	21,697	8,223
1975	133,024	75,259	6,317	18,624	6,345
1976	116,726	73,978	1,851	16,263	5,170
1977	97,810	75,521	---	16,570	5,442
1978	129,226	90,244	---	22,400	6,654
1979	150,541	95,024	---	28,371	9,732
1980	152,480	92,937	---	28,727	11,897
-----					
1981*	167,986	97,517	---	27,657	9,397
1982*	177,301	102,454	---	28,966	9,685
1983*	186,616	107,392	---	30,275	9,972
1984*	195,931	112,330	---	31,583	10,260
1985*	205,246	117,267	---	32,892	10,548
-----					
C.C.	0.94	0.96	---	0.92	0.55

\* Pronóstico de Producción

C.C. Coeficiente de Correlación (Consultar Anexo I)

Op. Cit. 3/

TABLA I:2 ESTRUCTURA PORCENTUAL DE LA PRODUCCION ANUAL, POR CATEGORIAS

AÑO CATEGORIAS	1970 %	1971 %	1972 %	1973 %	1974 %	1975 %	1976 %	1977 %	1978 %	1979 %	1980 %	PROMEDIO DEL % DE PRODUCCION
Populares	45.57	47.68	52.53	58.29	59.24	55.53	54.55	50.07	52.00	53.07	53.31	52.89
Compactos	26.92	26.11	27.41	24.52	23.77	31.41	34.56	38.66	36.31	33.50	32.49	30.52
De Lujo	12.23	10.75	10.00	9.33	9.10	7.77	7.60	8.48	9.01	10.00	10.04	9.48
Deportivos	6.73	7.17	4.79	3.30	3.45	2.65	2.42	2.79	2.68	3.43	4.16	3.96
Standard	8.55	8.29	5.27	4.56	4.44	2.64	0.87	--	--	--	--	3.15

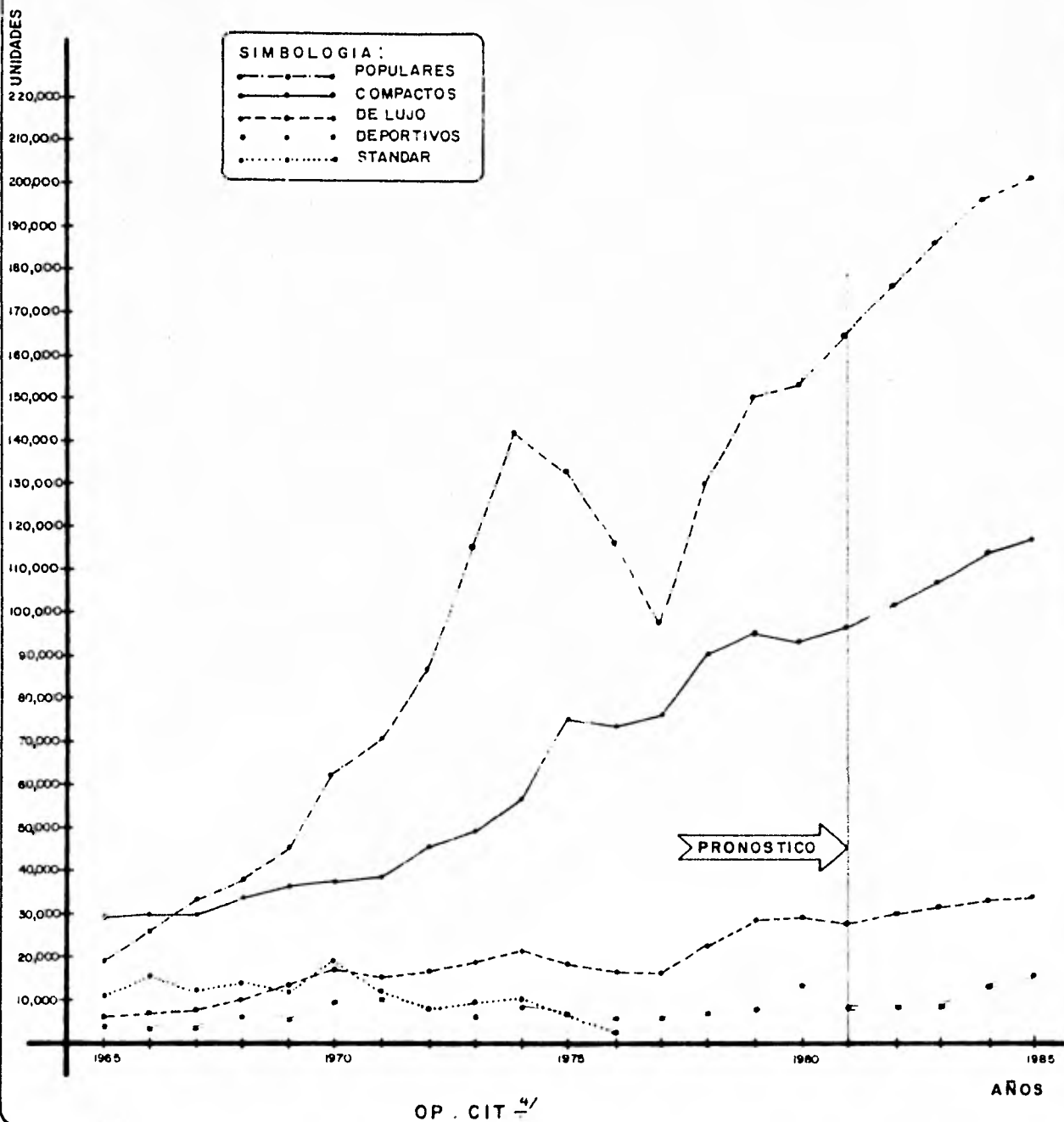
No. TOTAL DE UNIDADES PRODUCIDAS POR AÑO	139,011	146,876	167,832	199,273	238,433	239,569	213,988	195,343	248,524	283,668	286,041
---	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------



A partir de la tabla I.2 y dentro del período mencionado se pueden comentar los siguientes aspectos:

- 1.- La categoría estandar que venía representando un promedio del 3.1% de la producción total de automóviles, dejó de producirse a partir del año de 1977.
- 2.- La categoría de deportivos, se ha mantenido con una tasa de producción baja pero constante, de aproximadamente 3.9% del total, sin grandes fluctuaciones en sus períodos de producción y, por ende, tampoco en su tendencia. Aunque, posiblemente en lo futuro las modificaciones que tengan los autos que entren en esta categoría, serán las referentes al consumo de combustible, ya que generalmente son modelos pequeños hablando en términos de carrocería, por lo que tienen posibilidades de seguir en el mercado con ciertas readaptaciones.
- 3.- En un segundo término de importancia, después de los populares se encuentra la categoría de los compactos, la cual ha venido representando un promedio de aproximadamente el 30.5% de la producción total. En lo posterior, esta categoría posiblemente tienda a absorber el volumen que paulatinamente vaya dejando la categoría de los autos de lujo, la cual representa un promedio de producción anual de aproximadamente el 9.4% y que en los últimos años ha venido descendiendo notablemente, por lo que se estima que de mantenerse en el mercado, será con volúmenes muy pequeños, independientemente de otros factores que influyen, como son el alto consumo de combustible, costo de mantenimiento y en particular los altos impuestos que se han propuesto en México para la compra de vehículos de dicha categoría.
- 4.- En cuanto a la categoría de populares, los productores de autos que están dentro de ésta, han mantenido el liderato absoluto de producción en las últimas dos décadas en México (Gráfica I:1).

**GRAFICA. I:1**  
**ESTADISTICA DE PRODUCCION ANUAL DE AUTOMOVILES**  
**Y PRONOSTICO POR CATEGORIAS.**<sup>4/</sup>



Por los problemas derivados de la crisis energética, y por las inconveniencias económicas, que de lo anterior se derivan, no sólo en el consumo de energéticos, sino en el costo de fabricación y manutención, en lo posterior, seguramente seguirán manteniendo el liderazgo y representando el volumen más significativo, ya que han mantenido dentro del mercado nacional un promedio de producción anual de aproximadamente el 52.8% del total, y tomando en cuenta que la tendencia a reducir cada vez más el tamaño de los vehículos por parte de las grandes compañías productoras de autos grandes, es cada vez mayor.

Todas las grandes compañías productoras de vehículos básicamente compactos y de lujo, principalmente las norteamericanas, han anunciado que ya sea, a través de fusiones con compañías productoras de autos chicos (básicamente japonesas) o por ellas mismas, se inclinarán a producir autos más económicos y de menor tamaño. <sup>5/</sup>

Por los aspectos anteriormente comentados, es de esperarse una gran expansión en el sector automotriz de la categoría populares, lo cual abre una gran oportunidad en este campo, independientemente del decreto de junio de 1977, según el cual se permite el aumento de los volúmenes elaborados por las plantas de la industria automotriz para fomentar la exportación por un lado, y por otro, el decreto en el cual se exige un mayor grado de integración nacional a las plantas armadoras, referente a que en los modelos que se fabriquen en México, el número de componentes de manufactura nacional sea mayor cada año.

De lo anteriormente expuesto, surge la necesidad de dirigir la atención a un análisis cuantitativo y cualitativo de los autos comprendidos en la categoría populares, que se fabrican dentro de la industria automotriz nacional, ya que por la magnitud de los volúmenes de producción y por sus características, es la más importante dentro del ramo.

---

<sup>5/</sup> Uno más Uno, "El Forzoso Ajuste del Sector Automotriz"  
27/agosto/1981.

### I:3 ANALISIS DE PRODUCCION DE LA CATEGORIA DE AUTOS POPULARES.

Dentro de la producción nacional de autos populares, se tienen solamente tres marcas que son: la NISSAN que fabrica el Datsun, la RENAULT y la VOLKSWAGEN. Dichas compañías fabrican sus modelos en diferentes opciones (dos y cuatro puertas, vagonetas, etc.), pero el análisis se efectuó omitiendo estas características y tomando sólo en cuenta el número total de unidades fabricado anualmente por cada una de las marcas.

En la tabla I:3, se presentan las series estadísticas correspondientes a esta categoría a partir del año de 1965, al año de 1980, y en la gráfica I:2, puede notarse el gran incremento de producción que han venido desarrollando las compañías productoras de autos populares en las últimas dos décadas.

En dichas series anuales de producción, se observa que a partir de 1970, en lo que respecta al porcentaje de la producción del número de unidades, las tres diferentes marcas constituyen la estructura porcentual mostrada en la tabla I:4.

TABLA 1:3 PRODUCCION ANUAL DE AUTOS POPULARES  
Y PRONOSTICO POR MARCAS. <sup>6/</sup>

AÑO	DATSUN	RENAULT	VOLKSWAGEN	TOTAL POPULARES	SUB-TOTALES NISSAN Y RENAULT
1965	893	5,082	13,189	19,164	5,975
1966	1,325	5,783	18,519	25,627	7,108
1967	5,276	7,394	17,630	30,300	12,670
1968	6,743	7,368	23,709	37,820	14,111
1969	9,753	10,027	24,437	44,217	19,780
1970	11,957	12,222	39,166	63,345	24,179
1971	14,326	12,610	48,094	75,030	26,936
1972	17,480	15,289	55,400	88,169	32,769
1973	19,374	15,149	81,642	116,165	34,523
1974	19,797	17,363	104,105	141,255	37,150
1975	24,650	19,523	88,851	133,024	44,173
1976	24,082	23,863	68,781	116,726	47,945
1977	24,984	18,411	54,415	97,810	43,395
1978	28,309	14,611	86,306	129,226	42,920
1979	35,744	15,879	98,918	150,541	51,623
1980	36,093	21,460	94,927	152,480	57,553
-----					
1981*	37,237	22,666	108,082	167,986	59,903
1982*	39,554	23,700	114,047	177,301	63,254
1983*	41,870	24,734	120,012	186,616	66,604
1984*	44,186	25,768	125,977	195,931	69,954
1985*	46,502	26,802	131,942	205,246	<u>73,304</u>
-----					
C.C.	0.99	0.87	0.88	0.94	0.98

\* Pronóstico de Producción

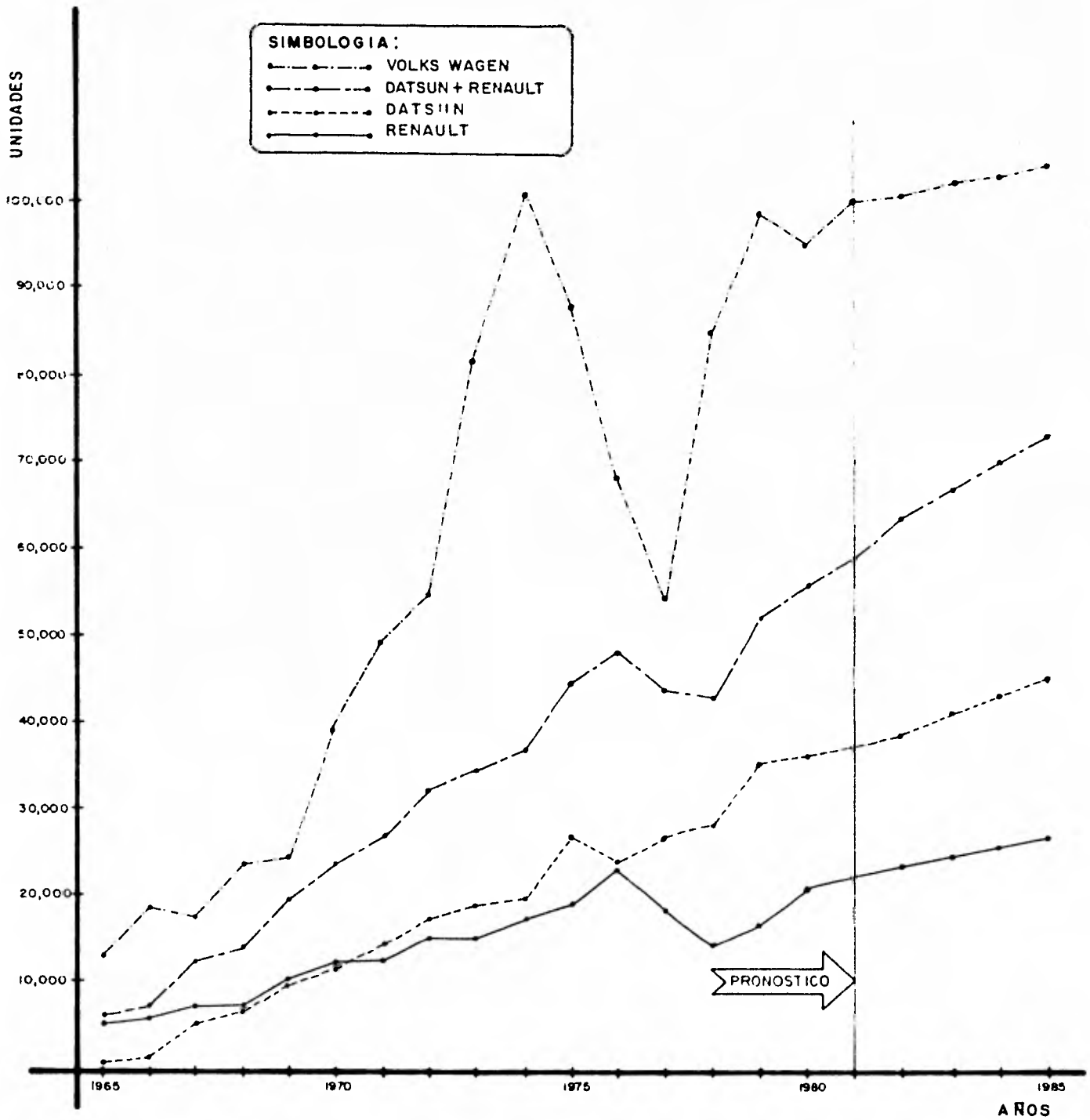
C.C. Coeficiente de Correlación (Consultar Anexo I).

<sup>6/</sup>

A.M.I.A. "La Industria Automotriz de México en Cifras". México 1976. Pág. 82 y 83.

A.M.I.A. "Organo Informativo de la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz, A.C.". Boletín No. 177, septiembre 1980. Págs. 9, 10 y 11.

### GRAFICA. 1:2 PRODUCCION ANUAL DE AUTOS POPULARES Y PRONOSTICO POR MARCAS. 7/



OP. CIT. 7/

TABLA I:4 ESTRUCTURA PORCENTUAL DE LA PRODUCCION ANUAL DE LA CATEGORIA POPULARES

ANO MARCA	1970 %	1971 %	1972 %	1973 %	1974 %	1975 %	1976 %	1977 %	1978 %	1979 %	1980 %	PROMEDIO DEL % DE PRODUCCION
VOLKSWAGEN	61.83	64.10	62.83	70.28	73.70	66.79	58.93	55.63	66.78	65.71	62.26	64.44
RENAULT	19.29	16.81	17.34	13.04	12.28	14.68	20.44	18.83	11.31	10.55	14.07	15.33
NISSAN	18.88	19.09	19.83	16.68	14.02	18.53	20.63	25.54	21.91	23.74	23.67	20.23

No. TOTAL DE UNIDADES PRODUCIDAS POR AÑO	63,345	75,030	88,169	116,165	141,255	133,024	116,726	97,810	129,226	150,541	152,480
---	--------	--------	--------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------

De los datos relevantes de la estructura anteriormente mencionada, se pueden comentar los siguientes aspectos:

- 1.- El volumen más significativo, es el que representa la producción de la compañía Volkswagen de México, que en la década de 1970, presentó un promedio del 69% anual de la producción total de su categoría. La producción de este gran volumen se debe, a que dicha compañía exporta una parte de su producción y la parte restante, es para el consumo del mercado nacional. La integración que tiene esta compañía a la fecha es prácticamente del 100%, pues son contadas las partes que se importan para la fabricación total de los vehículos que se fabrican en su planta. Por esta razón, el porcentaje del mercado que cubre esta compañía, está consolidado, y hablando en términos de producción y abastecimientos es autosuficiente, ya que en México, es la única compañía que cuenta con una planta estampadora de carrocerías que produce para su propio consumo y para exportación de la misma marca, a diferencia de todas las demás armadoras de automóviles que existen en México que importan en mayor o menor número autopartes, que posteriormente integrarán sus modelos, de las cuales las carrocerías (lienzo exteriores), son importadas en su totalidad para todos los modelos y categorías.
- 2.- La parte restante dentro de esta categoría, está constituida por las marcas NISSAN que produce en México el DATSUN; y la RENAULT que produce varios tipos de autos, pero todos ellos dentro de la categoría de populares. Como se mencionó anteriormente, estas dos compañías importan gran número de autopartes, entre las cuales se encuentran todos los componentes de carrocería exterior, los primeros provenientes de Japón y los segundos de Francia. Ambas marcas, han venido representando en la década de 1970, un promedio anual de aproximadamente el 35% de la producción total de su categoría correspondiente.



## I:4 PRONOSTICO DE PRODUCCION

En base a las estadísticas de producción mostradas en la Tabla I:1, correspondientes al período 1965-1980, se proyectó la producción estimada en los próximos cinco años correspondientes al período 1981-1985, para todas las categorías. De la misma manera, en base a las series estadísticas correspondientes a la producción de autos comprendidos dentro de la categoría de populares mostradas en la Tabla I:3, se proyectó la producción estimada en el mismo período 1981-1985.\*

Los volúmenes de producción proyectados para todas las marcas y en particular para la categoría de populares, aparecen en las mismas Tablas I:1 y I:3 respectivamente.

A partir de los volúmenes de producción esperados, solamente para la categoría de populares, se determinó la proyección porcentual mostrada en la siguiente tabla:

TABLA I:5 ESTRUCTURA PORCENTUAL PROYECTADA DE LA PRODUCCION DE AUTOS DE CATEGORIA POPULARES

AÑOS MARCA	1981 %	1982 %	1983 %	1984 %	1985 %	PROMEDIO DEL % DE PROYECCION
VOLKSWAGEN	64.34	64.32	64.31	64.30	64.28	64.31
RENAULT	13.49	13.37	13.25	13.16	13.06	13.27
NISSAN	22.17	22.31	22.44	22.54	22.66	22.42

No. DE UNIDADES PROYECTADAS ANUALMENTE	167,986	177,301	186,616	195,931	205,246
--	---------	---------	---------	---------	---------

\* Los detalles de la metodología que se utilizó para el cálculo de las proyecciones de producción aparecen en el Anexo I.

## I:5 ANEXO I

- 1.- Las ecuaciones de ajuste empleadas para el pronóstico de producción de las diferentes categorías de autos, se obtuvieron a partir del siguiente criterio. La recta de aproximación por mínimos cuadrados del conjunto de puntos  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$  tiene una ecuación de la siguiente forma:

$$y = a_0 + a_1 x$$

en donde las constantes  $a_0$  y  $a_1$  se determinan mediante el sistema de ecuaciones:

$$\Sigma y = a_0 N + a_1 \Sigma x$$

$$\Sigma xy = a_0 \Sigma x + a_1 \Sigma x^2$$

llamadas ecuaciones normales para recta de mínimos cuadrados. Despejando las constantes de dicho sistema, se obtienen directamente las ecuaciones respectivas que de terminarán su valor, para cada caso específico, quedando de la siguiente forma:

$$a_0 = \frac{(\Sigma y) (\Sigma x^2) - (\Sigma x) (\Sigma xy)}{N \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$$

$$a_1 = \frac{N \Sigma xy - (\Sigma x) (\Sigma y)}{N \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$$

a partir del criterio anterior y en base a las series estadísticas mostradas en la Tabla I:1, se obtuvieron las ecuaciones de ajuste correspondientes a las diferentes categorías. Dichas ecuaciones son las siguientes:

POPULARES  $y = 9315.22 X + 9626.85$

COMPACTOS  $y = 4937.63 X + 13577.03$

DE LUJO  $y = 1308.65 X + 5410.48$

DEPORTIVOS  $y = 287.70 X + 4506.05$

Bajo la misma metodología, se obtuvieron las ecuaciones correspondientes a los tipos de autos de categoría populares, las cuales son:

$$\begin{array}{ll} \text{NISSAN} & y = 2316.26 X - 2139.05 \\ \text{RENAULT} & y = 1034.03 X + 5087.28 \\ \text{VOLKSWAGEN} & y = 5964.93 X + 6678.63 \end{array}$$

en ambos casos la abscisa (x) es el número del evento tomado progresivamente, el número uno para 1965 hasta el 21 para 1985. Ejemplo:

Para calcular el pronóstico de producción para la marca Renault, en el año de 1982 (que corresponde al período número 18), se obtiene substituyendo el número del evento en su ecuación respectiva:

$$y = 1034.03 (18) + 5087.28 = 23,699.82 \hat{=} 23,700$$

## 2.- Coeficiente de correlación (c.c.)

Este coeficiente determina, la razón de variación que se puede esperar en las cifras de producción proyectadas en todas las categorías. En otras palabras, es un coeficiente de confiabilidad de proyecciones y se determina basándose en los datos históricos y proyectados simultáneamente, su rango de variación puede fluctuar de -1 a +1. La variación de signo ( $\pm$ ) determina la correlación positiva o negativa que indica la pendiente de la recta de ajuste. Como se dijo, el coeficiente varía de -1 a +1 y entre más cerca se encuentre al valor absoluto 1 será mayor la confiabilidad de las cifras proyectadas. Dicho coeficiente, aparece al pie del pronóstico de las Tablas I:1 y I:3, respectivamente.

Este coeficiente se obtuvo mediante la siguiente ecuación:

$$c.c. = \frac{\Sigma xy}{\sqrt{(\Sigma x^2) (\Sigma y^2)}}$$

## 3.- Media Aritmética (promedio)

$$\bar{x} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Por medio de esta fórmula se obtuvieron los promedios de porcentaje de producción.

## I:6 CONSIDERACIONES

La proyección presentada en la Tabla I:5, muestra que para el año de 1985, se estima una producción nacional de 205,246 unidades, de las cuales el 64.31% (equivalente a 131,942 unidades) serán producidas solamente por la compañía Volkswagen de México, y de este número de unidades, sólo una parte será para venta dentro del mercado nacional, y el resto para exportación.

En cuanto al porcentaje del mercado restante que representa el 35.69% (integrado por la compañía NISSAN y RENAULT, que constituyen el 22.42 y el 13.27%, respectivamente), que equivaldrá a aproximadamente 73,304 unidades producidas para venderse dentro de México, y aún sin perspectivas de exportación.

Esto hace pensar, en la existencia de la oportunidad de substituir la importación de este volumen de carrocerías por medio de manufactura nacional.

El número de 73,304 carrocerías por producirse solamente en 1985, habla por sí solo, ya que refiriéndose exclusivamente en términos de volumen, es factible la instalación y arranque de una planta estampadora de carrocerías en México, y lo es aún más, si en un futuro próximo, las grandes compañías productoras de autos compactos y de lujo, deciden estampar sus carrocerías en México, ya que la tendencia de dichas compañías a producir modelos que entren en la categoría de populares es cada vez mayor, lo cual ampliará aún más el sector del mercado por cubrir, pues el tipo y tamaño de la maquinaria que se propondrá para la planta, estará seleccionado en base a la producción de estampados para autos de categoría popular.

## C A P I T U L O   I I

### PROCESO DE PRODUCCION DE LA MATERIA PRIMA

- II:1    DESCRIPCION
  
- II:2    PROCESO DE FABRICACION DE ACERO
  - II:2.A    DESCRIPCION DEL PROCESO DE FABRICACION
  
- II:3    CLASIFICACION DEL ACERO
  - II:3.A    ACEROS AL CARBON
  - II:3.B    ACEROS ALEADOS
  - II:3.C    GRADOS DEL ACERO
  
- II:4    TIPOS DE ACERO
  - II:4.A    ACERO EFERVESCENTE
  - II:4.B    ACERO TAPADO
  - II:4.C    ACERO CALMADO
  - II:4.D    CARACTERISTICAS GENERALES
  
- II:5    CALIDADES DEL ACERO
  - II:5.A    CALIDAD COMERCIAL
  - II:5.B    CALIDAD DE ESTIRADO
  - II:5.C    CALIDAD DE ESTIRADO CALMADO ESPECIAL
  
- II:6    CONSIDERACIONES

## II:1 DESCRIPCION

Este capítulo, trata sobre el proceso de producción de la lámina de acero.

Se consideró importante, el analizar el proceso de transformación, por medio del cual se obtiene la lámina de bajo carbono para estampado, ya que el proceso para fabricar acero para otros fines es similar, pero para cada uno de los casos hay aspectos del proceso que los caracterizan, por medio de los cuales se obtienen las propiedades físicas, composición química, tipo, grado y calidad deseables para el fin que se requieren. Por este motivo, la descripción y clasificación de aceros que se utilizaron en este análisis, se limitó solamente a los tipos de acero utilizados en el estampado profundo.

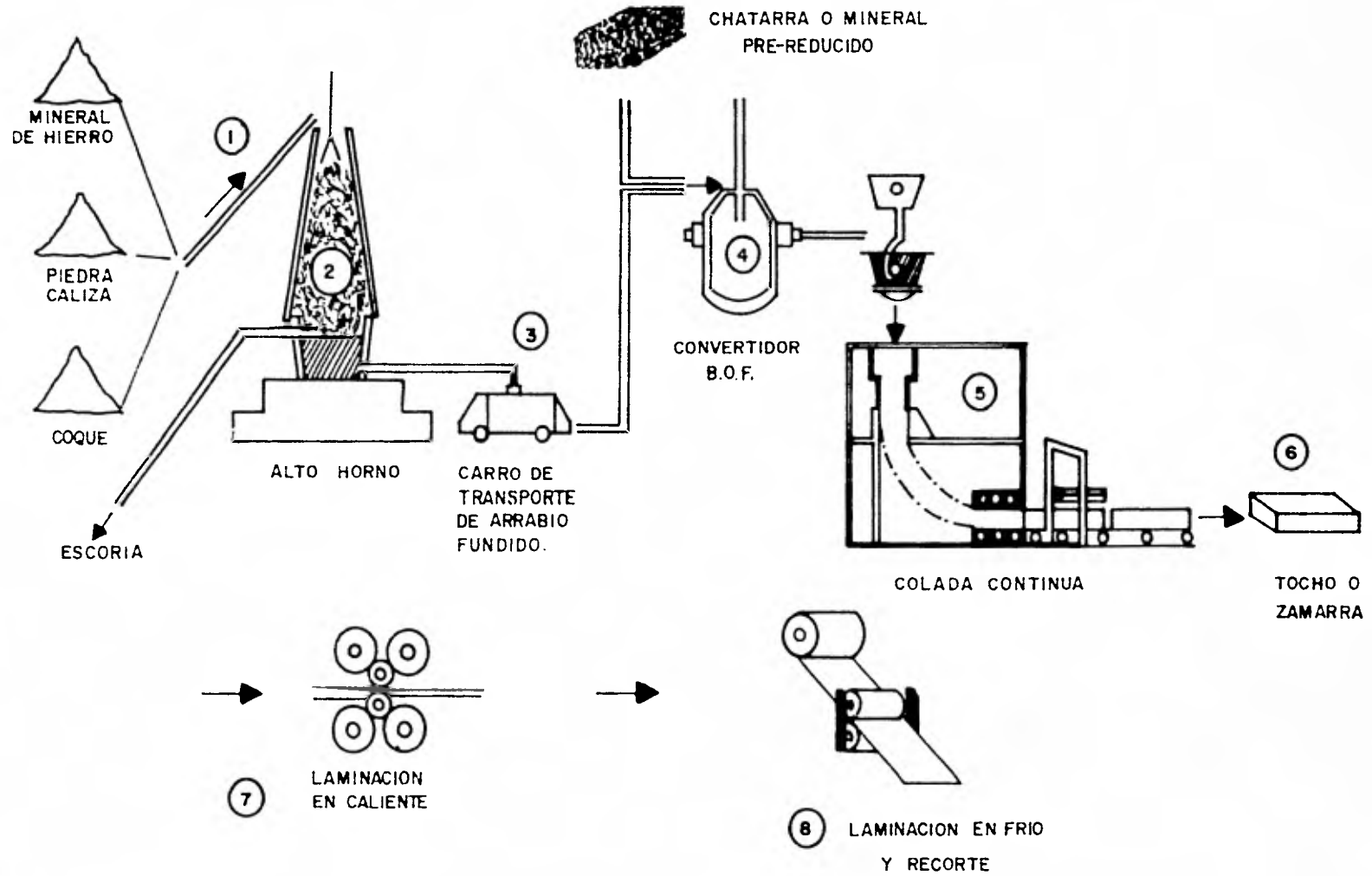
## II:2 PROCESO DE FABRICACION DE LAMINA DE ACERO

El proceso de obtención del acero, desde sus inicios hasta la actualidad, ha tenido pocos cambios, como son: el refinado en hornos eléctricos, convertidores B.O.F. y los procesos de enfriamiento.

A continuación se presenta en forma de diagrama, la descripción general del proceso de fabricación del acero, desde la transportación del mineral, hasta su transformación en láminas de un espesor específico. En la conversión del mineral de hierro a la lámina de acero que formará la carrocería de un automóvil, quedan involucradas grandes dificultades y costos.

FIGURA II.1

PROCESO DE FABRICACION DE LAMINA DE ACERO





## II:2.a DESCRIPCION DEL PROCESO DE FABRICACION.

1.- Alimentación.- La materia prima mineral, coque y piedra caliza, se lleva a la parte superior del horno y se vierte alternando capas de cada una de ellas.

2.- Fundición.- La finalidad de un alto horno, es la producción de la materia prima más importante para todos los productos ferrosos, que es el arrabio. En promedio, un alto horno tiene un diámetro aproximado de 10 mts., y 66 mts., de altura. La producción de dichos hornos, oscila entre las 800 y 1700 tons., cada 24 hrs., la carga necesaria para producir 100 tons., de arrabio, consiste aproximadamente de 2000 tons. de mineral, 800 tons. de coque (obtenido de carbón bituminoso), 500 tons. de piedra caliza y 400 tons. de aire caliente (500°C aprox.).

3.- Extracción.- La escoria producida con la ayuda de la piedra caliza, flota arriba del metal fundido y se extrae periódicamente. El hierro se extrae con menos frecuencia, a intervalos de 5 a 6 hrs. Por cada tonelada de hierro se producen .5 tons. de escoria y 6 tons. de gas, (bióxido de carbono) que tratándolo posteriormente se puede utilizar como combustible.

4.- Refinado.- Con el objeto de producir acero, es necesario refinar el arrabio. El arrabio en estado líquido, se transporta en carros con recubrimientos refractarios especiales para metal caliente, desde el alto horno hasta el convertidor donde será refinado.

Actualmente, la mayoría del acero para producción de lámina y placa de acero de bajo carbón, se produce en convertidores B.O.F., (dentro de los cuales se ajusta su composición) por el método de reducción de oxígeno, a partir básicamente de arrabio líquido y chatarra o mineral prereducido.

5.- Vertido del Acero.- Una vez que se tiene listo el acero de acuerdo a su composición, se vierte al formador de placas a través de una olla refractaria.

El sistema de colada contfnua, es el que transforma el acero en placas, a travs del paso por rodillos configuradores o enderazadores que le proporcionan cierta uniformidad a las placas. Por medio de este sistema, se obtiene mayor calidad y uniformidad del material, ausencia de rechupes, grano ms fino, mejor acabado superficial y sobre todo mayor aprovechamiento del material.

6.- Obtención.- Una vez que se ha controlado o eliminado la reducci3n del gas durante la solidificaci3n, (a travs de este proceso, es como se obtienen los diferentes tipos de estructura que se discutir3n posteriormente) se obtiene el acero en forma de planch3n o zamarra, el cual est3 listo para ser laminado.

7.- Laminaci3n en caliente.- Con la finalidad de reducir el espesor de los planchones, a un espesor ms adecuado para la laminaci3n que determinar3 su espesor final, los planchones se hacen pasar a travs de juegos de rodillos controlando la temperatura.

8.- Laminaci3n en frfo.- Ya que se obtiene la l3mina con un espesor no mayor de 5 mm., la l3mina se hace pasar por un tren de laminaci3n en frfo, para dejarla al espesor deseado. Simult3neamente, se recortan los lados de las hojas para eliminar las deformaciones, producto del alargamiento y conseguir una presentaci3n de geometrfa uniforme.

Posteriormente, es enrollada o bien recortada en placas cuadradas o rectangulares, dependiendo de los requerimientos del comprador, aunque usualmente, el rollo se pide para utilizarla en procesos de troquelado progresivo y las placas para proceso de troquelado de pasos independientes.

## II:3 CLASIFICACION DEL ACERO

El acero, es una aleaci3n cristalizada de fierro, carbono y otros varios elementos, que endurece cuando se en

fría bruscamente después de estar arriba de su temperatura crítica, no contiene escoria y se puede moldear, laminar o forjar.

El carbono, es un constituyente muy importante, por su habilidad para aumentar la dureza y la resistencia del acero, lo más común es que se moldee en forma de billets, tochos o planchones, para usarlo posteriormente en la fabricación de diversas formas de presentación.

El acero se clasifica de acuerdo con los elementos de aleación que contiene. El carbono, como ya se dijo, es el más importante, por cuya razón todos los aceros se clasifican como aceros 10XX, en donde los primeros dígitos (10) se refieren a los aceros, al carbono y el tercero y cuarto dígitos representan el contenido de carbono en centésimos porcentuales; así un acero 1035, es un acero al carbono con 0.35% de carbono.

La clasificación más general es la siguiente:

### II:3.a ACEROS AL CARBON

- 1° De bajo carbón (menos del 0.30%) usos comerciales: pernos, perfiles, lámina, estructuras, alambres, tuercas, etc.
- 2° De medio carbón (de 0.30 a 0.70%) alta resistencia y dureza moderada para ejes, engranes, carriles, etc.
- 3° De alto carbón (de 0.70 a 1.40% \*) alta resistencia a la abrasión para herramientas de corte, brocas, machuelos, cuchillas, etc.

\* La diferencia entre materiales ferrosos, radica en la cantidad de carbono que contienen, no obstante que el acero puede contener hasta un 2%, las aplicaciones prácticas lo limitan a sólo 1.4% de carbono como máximo.

## II:3.b ACEROS ALEADOS

1° De baja aleación (los elementos de aleación suman menos del 8.0%).

2° De alta aleación (los elementos de aleación suman arriba del 8.0%).<sup>8/</sup>

## II:3.c GRADOS DEL ACERO

Los límites - en porcentaje - de los principales componentes químicos del acero de bajo carbono son los siguientes:<sup>9/</sup>

No.	C	Mn	P*	S*	Si
1006	0.08 máx.	0.25-0.45	0.040	0.050	0.10 máx.
1008	0.10 máx.	0.25-0.50	0.040	0.050	0.10 máx.
1009	0.15 máx.	0.60 máx.	0.040	0.050	0.10 máx.
1010	0.08-0.13	0.30-0.60	0.040	0.050	0.10 máx.
1012	0.10-0.15	0.30-0.60	0.040	0.050	0.10 máx.

\*Los límites de fósforo y azufre generalmente son muy bajos.

Elementos incidentales, aunque no especificados, se llegan a encontrar en cantidades mucho muy pequeñas, estos elementos generalmente son: cobre, nichel, molibdeno y cromo.

## II:4 TIPOS DE ACERO

El proceso de reducción de oxígeno, está substituyendo rápidamente al tradicional proceso de horno de hogar abierto, como el método dominante para la producción de acero.

Por medio del Proceso de Reducción de Oxígeno, lla-

<sup>8/</sup> Begeman Myron L. y Amstead B.H., "Procesos de Fabricación" México 1974. Págs. 39 y 40.

<sup>9/</sup> Erisman Henry S., S.M.E. Technica Paper. "Section II: Sheet Materials for Forming". Pág. 90.

mado Proceso por Deoxidación, se obtiene el acero adecuado para la producción de lámina de acero de bajo carbón, y los principales tipos de acero que se obtienen mediante este proceso son:

II:4.a Efervescente

II:4.b Tapado

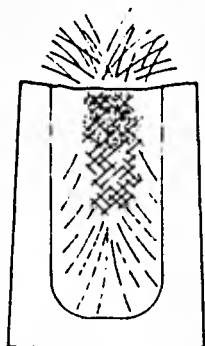
II:4.c Calmado

El TIPO de acero indica: El procedimiento de Deoxidación, utilizado en la fabricación del acero, mientras que el GRADO del acero, se refiere exclusivamente a la composición química, y finalmente la CALIDAD, se refiere a las propiedades impartidas al acero, a través de operaciones de fabricación como pueden ser los controles en el proceso.

Por lo anteriormente expuesto, la apropiada selección del acero idóneo para un fin determinado, depende del tipo, del grado y de la calidad de éste, por lo que es un error de concepto creer que todos los aceros son iguales, excepto por su composición química, ya que las características pueden ser completamente diferentes.

En el momento en que el acero está listo para ser vertido al sistema de colada continua, presentará una actividad de desprendimiento de burbujas gaseosas, característica que corresponderá al acero EFERVESCENTE, al cual de no controlársele la actividad gaseosa, presentará las características mostradas en la figura II:2. Si previamente a este mismo tipo de acero se le controla la actividad efervescente por procedimiento químico, a través de la aplicación de deoxidantes especiales (en el caso del acero para lámina, los aluminatos y el silicio, son utilizados generalmente como agentes deoxidantes), se obtendrá entonces un producto con mejores propiedades que el anterior llamado CALMADO, cuyas características se presentan en la misma figura II:2.

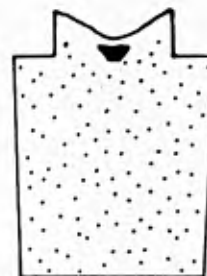
FIGURA II:2 TIPOS DE ACERO Y SUS PRINCIPALES CARACTERISTICAS <sup>10/</sup>



EFERVESCENTE



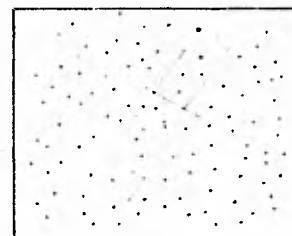
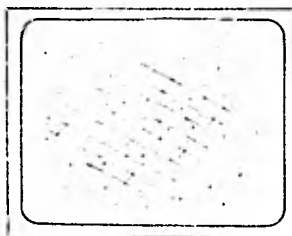
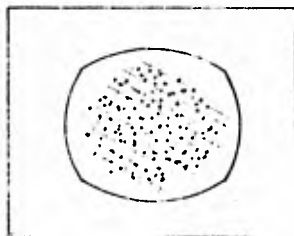
TAPADO



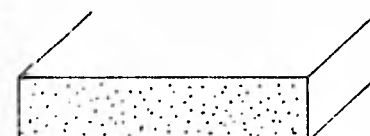
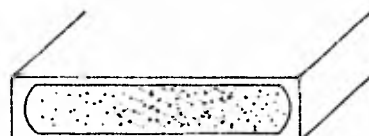
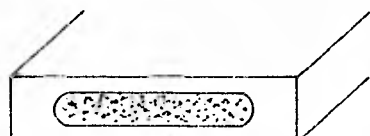
CALMADO

SECCIONES TRANSVERSALES

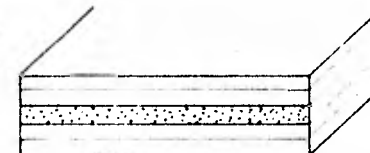
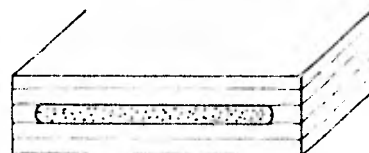
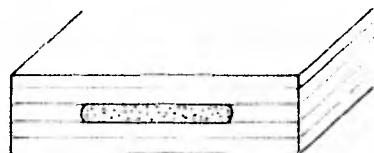
PLANCHON



SOLERA



LAMINA



CARACTERISTICAS

SUPERFICIE:	EXCELENTE	MUY BUENA	MUY BUENA
FORMABILIDAD:	MUY BUENA	BUENA	EXCELENTE
UNIFORMIDAD:	BUENA	MUY BUENA	EXCELENTE
ENVEJECIMIENTO:	SI	SI	NO
PRECIO:	BAJO	BAJO	ALTO

<sup>10/</sup> ERISMAN, HENRY S. S.M.E. TECHNICA PAPER "SECTION II: SHEET MATERIALS FOR FORMING" PAG. 88

Otro procedimiento para controlar la efervescencia del acero, es el que se efectúa a través de medios mecánicos (usando por ejemplo: tapas metálicas de gran peso sobre las lingoteras al momento de ser vertido el acero en éstas), sólo que este procedimiento por su naturaleza, no se puede realizar en el proceso de colada continua. Al tipo de acero que se le controla la efervescencia por medios mecánicos se le llama Acero TAPADO, y es el menos adecuado de los tres tipos mencionados, para trabajos de estampado.

#### II:4.d CARACTERISTICAS GENERALES

Las impurezas y elementos químicos (principalmente carbón, fósforo y azufre), tienden a congregarse en la parte central del material, este efecto es más pronunciado en el caso del acero EFERVESCENTE, intermedio en el caso del acero TAPADO y mínimo en el caso del acero calmado como se muestra en la figura II:2.

En los tres tipos, el producto final que en este caso será la lámina, heredará todas las características tipo.

En referencia a la figura II:2, a continuación se describen los aspectos más relevantes de las características de los aceros en cuestión.

SUPERFICIE.- De los tres tipos de acero, el acero EFERVESCENTE es el que da mejores resultados, ya que generalmente es el que presenta la menor cantidad de defectos e imperfecciones, no sólo en la superficie, sino también a nivel sub-superficial. Los otros dos tipos de acero presentan también superficies de buena calidad, pero no comparable con el antes mencionado.

FORMABILIDAD.- El tipo de acero que más se produce es el del tipo EFERVESCENTE, a pesar de que presenta características de no uniformidad, esto se debe a que es el más adecuado para estampar piezas expuestas, en las que se requiere que estén involucradas las características de cali

dad de estirado y calidad comercial, orientada para las aplicaciones de estiramiento moderado.

La lámina hecha de acero EFERVESCENTE, presenta la característica de tener bordes blandos con centros endurecidos, por lo que este tipo de lámina se usa generalmente para estampar piezas de grandes dimensiones, como las partes de carrocerías automotrices. Cuando este tipo de lámina es cortada en tamaños pequeños para algún fin determinado, la no uniformidad puede llegar a ser una característica indeseable.

Por las características que presenta el acero TAPADO, no es el tipo de acero adecuado para los requerimientos de formabilidad crítica, a diferencia del anterior, el acero CALMADO, es el más adecuado para realizar operaciones de estampado severo, por las virtudes de sus propiedades mecánicas.

UNIFORMIDAD. - Esta característica es propia del acero TAPADO, por lo que este tipo de acero es el más adecuado cuando no se requieren características de estirado, pero donde si son deseables las características de uniformidad. Además el acero TAPADO, se usa frecuentemente para obtener altos niveles de dureza hasta cerca del nivel Rockwell B-60, que es la máxima dureza para calidad comercial de lámina de acero rolada en frío con aproximadamente 0.15% de carbón y altos contenidos de fósforo.

Debido a su característica de uniformidad el acero tapado, es el más indicado para ser utilizado en la producción de piezas especiales, como son los tubos de diámetros muy pequeños. También en algunas aplicaciones de soldadura, el acero TAPADO es el más adecuado debido a su uniformidad, la cual se requiere en el momento de la unión por soldadura, a diferencia de la no uniformidad que el acero EFERVESCENTE presenta del centro a sus extremos.

Para el requerimiento de uniformidad que influ-  
yan en el comportamiento del estirado, así como en algunas



aplicaciones de soldaduras sofisticadas el acero CALMADO es el indicado, ya que no solamente es el producto más uniforme de sus extremos al centro, sino que es el tipo de acero que representa la mejor uniformidad de lámina independientemente de la posición que haya tenido el planchón al momento de ser laminado.

## II:5 CALIDADES DEL ACERO

Los diferentes tipos de lámina, generalmente se fabrican en tres principales calidades, las cuales se describen a continuación:

### II:5.a CALIDAD COMERCIAL.

Esta calidad de lámina se produce comúnmente para aceros efervescentes y también para aceros tapados, con un máximo de 0.15% de carbón para ambos tipos y, no debe exceder el nivel de dureza Rockwell B-60 al momento del recibo. Los requerimientos mínimos que esta calidad debe tener, son tales que la lámina acepte dobleces en cualquier dirección, y por lo tanto, estiramientos moredados.

### II:5.b CALIDAD DE ESTIRADO.

Esta calidad básicamente se produce para acero efervescente, ya que por sus características, es la más adecuada para producciones especiales o aceros selectos en combinación con procesos especiales. La calidad del estirado se produce con más y mejores propiedades, las cuales facilitan un estiramiento uniforme en cualquier sección del material. Debido a esto, esta clase de lámina se usa más comúnmente para operaciones de estampado severo.

### II:5.c CALIDAD DE ESTIRADO ESPECIAL CALMADO.

Esta calidad, se produce casi en su totalidad con acero calmado y aprovechando sus características especiales, se utiliza en trabajos en donde se presenta un alto grado de

dificultad en el estiramiento al momento del estampado, o bien, donde se requieren características de no-envejecimiento del material.

Cuando ninguna de las tres principales calidades anteriormente expuestas, reúnen las características y las propiedades, como puede ser que los valores de las propiedades mecánicas especificadas o requeridas, sean otras diferentes a las pruebas de doblado de la calidad comercial, o bien, tales valores que incluyan aquellos indicadores por pruebas de tensión, dureza o alguna otra prueba mecánica especial, entonces, se requiere una calidad que se nombra CALIDAD POR PROPIEDADES FISICAS. La cual dependerá de los requerimientos, para encontrar las características y propiedades que necesitan, que generalmente, relaciona las propiedades mecánicas con el comportamiento del estirado y por lo tanto, requieren de pruebas especiales.

En la tabla II:2, se muestran algunas de las propiedades más relevantes en base a las diferentes calidades del acero.

TABLA II.1. CAMBIOS DE LAS PROPIEDADES DE UN ACERO 1008 EFERVESCENTE ROLADO EN FRIO, DEBIDO AL FENOMENO DE ENVEJECIMIENTO NATURAL Y ARTIFICIAL.<sup>11/</sup>

CONDICION DE ENVEJECIMIENTO.	RESISTENCIA A LA TENSION 100 M Pa	RESISTENCIA A PUNTO CEDENTE 100 M Pa	ELONGACION EN 50.80 mm %	DUREZA ROCKWELL B	COPA OLSEN EN mm
AL RECIBIRLO	3.42 a 3.48	2.49 a 2.66	34.5 a 35.5	50 a 52	10.29
E N V E J E C I M I E N T O   N A T U R A L					
21 DIAS A 23°C	3.49 a 3.52	2.59 a 2.78	33.5 a 34.5	53 a 54	10.16
70 DIAS A 23°C	3.50 a 3.64	2.84 a 3.04	32.0 a 33.0	55 a 56	10.03 a 10.16
130 DIAS A 23°C	3.57 a 3.59	2.80 a 2.96	32.5 a 33.0	56 a 57	10.03 a 10.29
173 DIAS A 23°C	3.26 a 3.48	2.37 a 2.82	31.5 a 33.0	49 a 55	10.80
E N V E J E C I M I E N T O   A R T I F I C I A L					
1 HORA a 100°C	3.41 a 3.51	2.75 a 2.98	33.0 a 33.5	52 a 54	10.03
1 HORA A 232°C	3.51 a 3.56	2.99 a 3.14	31.0 a 31.5	53 a 56	9.78 a 9.83

11/ Leiter, Ralph W. E., A.S.M. Comite on Formability of Sheet Steel. "The Selection of Low Carbon Steel Sheet for Formability". Pág. 326.

TABLA No. II.2. PROPIEDADES DESEADAS PARA LAMINA DE ACERO ROLADO EN FRIO, PARA ESTAMPADO<sup>12/</sup>

CLASE DE ACERO	DUREZA ROCKWELL B	RESISTENCIA AL PUNTO CE DENTE MPa. (a)	RESISTENCIA A LA TENSION. MPa.	% DE ELONGACION TOTAL EN 50.8 mm. (b)	% DE ELONGACION UNIFORME EN 50.8 mm. (b)	COPA OLSEN mm (b)
Calidad comercial efervescente y re venido (destempla do).	50	241.50	289.80	37	23	9.65
Calidad comercial efervscente y pa sado por temple	55	241.50	303.60	35	19	9.40
Calidad de estam pado efervescente y revenido (des-- templado)	45	220.80	282.90	41	25	10.16
Calidad de estam pado efervescente y pasado por tem ple.	48	207.00	289.80	39	23	9.91
Calidad de estam pado calmado y pa sado por temple	45	172.50	282.90	41	26	10.16

(a) La resistencia al punto cedente está dada en el sentido de la dirección del rolado. El valor en dirección transversal es de 13,800 MPa mayor.

(b) Los valores dados son para 0.91 mm. de espesor. Para los valores correspondientes de elongación y Copa Olsen de otros espesores, ver Figura No. III-4.

<sup>12/</sup> Op. cit.

TABLA II:3 CLASIFICACION DE LA LAMINA DE ACERO SEGUN SU ACABADO SUPERFICIAL.<sup>13/</sup>

C L A S E	ASPEREZA SUPERFICIAL MICRAS (mm)	TIPO DE ACABADO-APLICABLE	PREPARACION NECESARIA	
1	Extra fino	menos de 25.4	planchado	ninguna
2	Fino	25.4 a 50.8	planchado	bruñido
3	Medio	50.8 a 76.2	pintado	ninguna
4	Medio áspero	76.2 a 101.6	pintado	mínima
6	Aspero	101.6 a 152.4	pintado	moderada
9	Extra áspero	arriba 152.4	ninguno(a)	ninguno(a)
0	Esmalte vidrio	arriba 152.4	esmalte vidrio	ninguno

(a) Tipo de acabado no es aplicable debido al alto costo de preparación que es necesario

## II:6            CONSIDERACIONES

De lo anteriormente expuesto en este capítulo, se concluye que: Para el proceso de estampado de partes automotrices (en específico carrocerías, que generalmente presentan grados de severidad media), el tipo de acero adecuado es el EFERVESCENTE, ya que como se dijo, posee excelentes propiedades de superficie, e inclusive a niveles sub-superficiales, con un mínimo de imperfecciones y defectos (clase 3, 4 y 6 de la tabla II:3).

La propiedad de acabado superficial es muy importante, ya que al tratarse de partes expuestas, la apariencia del acabado exterior es determinante.

A diferencia del acero de tipo CALMADO (y sin dejar de reconocer sus propiedades), éste adolece de menores propiedades de superficie, por lo que, pueden esperarse más defectos de acabado que con la utilización del acero EFERVESCENTE, con el consecuente incremento de piezas defectuosas. Esto se debe, a que la lámina fabricada a partir de este tipo de acero, es menos resistente a soportar daños durante el proceso, debido, al bajo punto de resistencia que posee dicho tipo de acero (Tabla II:2), motivo por el cual el empleo de acero CALMADO se limita generalmente a la producción de estampados muy severos, o bien, en donde se tiene problemas con el fenómeno de obsolescencia del material.

Con respecto a la FORMABILIDAD, el acero EFERVESCENTE, presenta una características muy peculiar, que es la de tener los bordes o extremos blandos, lo cual facilita el proceso, sin afectar la firmeza de la sección central del material.

El inconveniente que puede llegar a presentarse al trabajar con acero de tipo EFERVESCENTE, es el fenómeno de envejecimiento (Tabla II:1), pero si se mantiene un adecua-do control del tiempo de almacenamiento, este inconveniente puede ser descartado.

La calidad del acero de tipo EFERVESCENTE que se requiere para el estampado de partes, dependerá básicamente del % de enlongación máxima que se estime al momento de ser estampada una determinada pieza. Las diferentes calidades de acero que son básicamente: calidad comercial y calidad efervescente, se presentan en la tabla II:2, con sus respectivos niveles de enlogación.

Con respecto al grado de acero, se considera que el adecuado es el 1008, ya que dentro de los niveles de los elementos que constituyen su respectiva composición química (C = 0.10 Máx. Mn = 0.25 - 0.50, P = 0.040, S = 0.050 y Si = 0.10 Máx.), acepta un rango de grados de severidad conveniente para los diferentes tipos de operación de estampado, como se analizará en el próximo capítulo.

## C A P I T U L O   I I I

### ANALISIS DE LOS COMPONENTES DE CARROCERIA EXTERIOR EN BASE A LA SELECCION DEL TIPO- DE LAMINA PARA ESTAMPARLOS.

- I I I : 1    D E S C R I P C I O N
- I I I : 2    C L A S I F I C A C I O N   D E   S E V E R I D A D
- I I I : 5    E J E M P L O S   D E   S E L E C C I O N
- I I I : 4    S E L E C C I O N   D E   P R O P I E D A D E S
- I I I : 5    S E L E C C I O N   D E   L A   M U E S T R A   P A R A   P R U E B A S
- I I I : 6    P R U E B A   D E   C O P A   O S E N
- I I I : 7    P R U E B A   D E   D U R E Z A   R O C K W E L L   B
- I I I : 8    P R U E B A   D E   T E N S I O N
- I I I : 9    L U B R I C A C I O N
- I I I : 10   C O N S I D E R A C I O N E S



### III:1 DESCRIPCION

Este capítulo, trata acerca de la selección de lámina rolada en frío de acero de bajo carbón, de los tipos y calidades utilizadas para el estampado, en base a los respectivos grados de severidad que se presentan en los principales componentes-tipo de carrocerías automotrices.

La selección se analiza desde el punto de vista de la formabilidad medible, requerida para hacer partes de severidad de formación específica. También se analiza, la correlación entre propiedades mecánicas, formabilidad y porcentaje de alargamiento de la lámina dentro del troquel, ya que dicha correlación determina la medida de severidad de formación. Simultáneamente, se consideran los efectos sobre la formabilidad con el acabado superficial de la lámina, direccionalidad, tamaño del grano, etc., junto con los efectos del proceso, tales como velocidad de formación y lubricación.

### III:2 CLASIFICACION DE SEVERIDAD

Aun en tiempos normales, es difícil seleccionar la clase más económica de acero para partes individuales con requerimientos que pueden variar desde un simple doblado, hasta un estampado severo. En tiempo de escasez de acero, el problema se agrava más.

Actualmente la selección se puede simplificar mucho, utilizando un sistema de clasificación de severidad, por medio del cual se correlaciona la severidad de la operación de formación, con las propiedades mecánicas del acero. Los beneficios derivados de una clasificación de este tipo son los siguientes: se pueden hacer estimaciones económicas más adecuadas y precisas por adelantado, ya que la selección adecuada del acero queda asegurada al mismo tiempo, se puede controlar más de cerca la calidad de acero de entra

da y los aceros rechazados o substandard y pueden ser re-clasificados teniendo los disponibles para estampar otras partes de menor severidad.

Por medio del uso de un sistema de clasificación de severidad, como el mostrado en la tabla III:1, cualquiera de las siete principales formaciones de severidad, pueden ser asociadas con propiedades mecánicas definidas de cualquiera de las clases de acero laminados en frío usados para el formado de partes. La mejor manera de construir un archivo de datos y experiencias necesarias para una rápida y precisa clasificación de partes nuevas, es primero, clasificar las partes existentes.

Las severidades de clase 1 y clase 2, se pueden identificar visualmente, mientras que las severidades de 3 a 6 K inclusive, requieren un análisis de correlación entre el comportamiento y las propiedades mecánicas del acero, junto con una adecuada variedad de casos, que permita establecer límites, o bien, medidas de alargamiento en áreas críticas.

En las etapas de propuesta de nuevas piezas a estampar, la clasificación estimada de severidad de la pieza, debe hacerse en base a una comparación con partes similares, cuya severidad sea conocida. Después, cuando el abatimiento (o desarrollo) del punzón se obtiene, debe hacerse una clasificación tentativa de severidad más precisa, comparando la forma real con aquellas de las partes similares, para poder hacer el primer pedido de acero.

El establecer la clasificación de severidad final de la clase 3 a 6 K inclusive, requiere una medición del alargamiento en las áreas críticas, o mejor aún, una correlación del comportamiento de éste, con las propiedades mecánicas.

Al efectuarse un análisis de este tipo, deben probarse aceros promedio y aceros por debajo del promedio, de clases sucesivamente más económicas hasta encontrarse con

TABLA III:1




CLASIFICACION DE SEVERIDAD PARA LAMINA DE ACERO <sup>14/</sup>  
 ROLADA EN FRIO \*1008 DE 1.57 mm. PROMEDIO DE ESPESOR.




CLASE DE SEVERIDAD ROLADO EN FRIO	TIPO DE OPERACION DE ESTIRADO	SEVERIDAD DEL CURVADO O % DE ALARGAMIENTO (a)	MINIMODE LA PRUEBA OLSEN EN mm. (b)	MAXIMA DUREZA ROCKWELL B	CLASE DE LAMINA DE ACERO 1008 ROLADA EN FRIO (C)	
					PARTES EXPUESTAS	PARTES NO EXPUESTAS
1	DOBLADO A 90°	1 ESP MINIMO DEL RADIO	.....	80 (d)	CALIDAD COMERCIAL ACERO EFERVECENTE Y PASADO POR TEMPLE (e)	CALIDAD COMERCIAL ACERO EFERVECENTE REVENIDO (DESTEMPLADO)(e).
2	ARRIBA DE 180° DE DOBLADO ESTIRADO	0 01" RADIO MIN. 10 % MAX	..... 6.64	65	CALIDAD COMERCIAL ACERO EFERVECENTE Y PASADO POR TEMPLE (f)	CALIDAD COMERCIAL ACERO EFERVECENTE. REVENIDO (DESTEMPLADO)(f)
3	ESTIRADO	10 a 20 %	9.27	55	CALIDAD COMERCIAL ACERO EFERVECENTE Y PASADO POR TEMPLE (g)	CALIDAD COMERCIAL ACERO EFERVECENTE REVENIDO (DESTEMPLADO)
4	ESTIRADO	20 a 30 %	9.78	50	CALIDAD DE ESTAMPADO ACERO EFERVECENTE Y PASADO POR TEMPLE	CALIDAD COMERCIAL ACERO EFERVECENTE. REVENIDO (DESTEMPLADO)(g)
5 R	ESTIRADO	30 a 35 %	9.91	45	CALIDAD DE ESTAMPADO ACERO EFERVECENTE Y PASADO POR TEMPLE (g)	CALIDAD COMERCIAL ACERO EFERVECENTE REVENIDO (DESTEMPLADO)(g)
5 K	ESTIRADO CON POSIBLE DE - FORMACION	30 a 35 %	9.78	47 (h)	CALIDAD DE ESTAMPADO ACERO CALMADO Y PASADO POR TEMPLE	CALIDAD COMERCIAL ACERO CALMADO REVENIDO (DESTEMPLADO)
6 K	ESTIRADO CON POSIBLE DE - FORMACION	35 a 40 %	10.16	42	CALIDAD DE ESTAMPADO ACERO CALMADO Y PASADO POR TEMPLE (g)	CALIDAD COMERCIAL ACERO ENCARNADO REVENIDO (DESTEMPLADO)(g)




- (a) ESTOS VALORES ESTAN BASADOS EN EL MAYOR PORCENTAJE DE ALARGAMIENTO DEL METAL AL SER MEDIDO ENTRE LINEAS, QUE ANTES DE SER FORMADO SON MARCADAS EN EL BLANCO EN FORMA DE RED, COMO UN MODELO CON CUADRICULAS DE 25 mm. POR LADO. LOS VALORES NO SE RELACIONAN SOBRE VARIACIONES DEL CALIBRE.
- (b) ESTOS VALORES MOSTRADOS SON PARA 0.914 mm. DE ESPESOR. LOS VALORES CORRESPONDIENTES PARA OTROS ESPESORES SE PUEDEN LEER EN LA GRAFICA OLSEN V.S. ESPESOR FIG. III-4
- (c) PARTES EXPUESTAS O EXTERIORES DEBEN DE PRESENTAR Y MANTENER UNA APARIENCIA ACEPTABLE DE RUGOSIDAD NULA DESPUES DEL FORMADO, EN PARTES NO EXPUESTAS O INTERIORES, SE PERMITEN ARRUGAS, DEFORMACIONES POR ALARGAMIENTO (CASCARA DE NARANJA) U OTROS DEFECTOS.
- (d) LOS VALORES ACEPTABLES DE DUREZA PARA DOBLES DE 90° PARALELOS A LA DIRECCION DEL ROLADO SON DE ROCKWELL B 70 COMO MAXIMO.
- (e) SE PUEDE UTILIZAR TAMBIEN ACERO 1020, PERO EL 1008 O 1010 ES MAS ECONOMICO.
- (f) EL ACERO 1010 TAMBIEN ES ACEPTABLE.
- (g) ACEROS CON REQUERIMIENTO DE PROPIEDADES MECANICAS MUY ESPECIFICAS NO SON ADQUIRIBLES DE TODOS LOS ABASTECEDORES.
- (h) EL PUNTO DE CEDENCIA Y EL RADIO ELASTICO SON MAS FAVORABLES QUE PARA LA SEVERIDAD 5R (CALIDAD DE ESTIRADO ACERO EFERVECENTE) COMO SE MUESTRA EN LA TABLA No II-2

<sup>14/</sup> SISTEMA DISEÑADO POR EL ING. PAUL G. NELSON DE LA BUDD CO. LEITER, RALPH W. E., A.S.M COMMITTEE ON FORMABILITY Y OF SHEET STEEL. "THE SELECTION OF LOW-CARBON STEEL SHEET FOR FORMABILITY"

ESQUEMAS III.1.a CLASIFICACION DE LAS PARTES DE CARROCERIAS ESTAMPADAS MAS REPRESENTATIVAS DE UN AUTOMOVIL, EN BASE A SU CLASE DE SEVERIDAD.<sup>16/</sup>

CLASE R.F.	P A R T E S	NOMBRE DE LA PARTE	DUREZA ROCKWELL B	COPA OLSEN mm.	SELECCION DEL TIPO DE ACERO R.F.
1	 <p>90° DE DOBLES</p> <p>Ø = 93 mm.</p>	BASE DE PORTAREFAC- CION.	80 MAX.	.....	EFERVECENTE CALIDAD CO- MERCIAL TEM- PLADO
2	 <p>8% DE ALARGAMIENTO</p> <p>Ø = 1.07 mm.</p>	DEFLECTOR DE AIRE CAPO DELAN- TERO.	68 MAX	9.02 MINIMO	EFERVECENTE CALIDAD CO- MERCIAL TEMPLADO
3	 <p>16 a 20 % DE ALARGAMIENTO</p> <p>e = 0.86 mm</p>	CUBIERTA EXTERIOR DE CAPO TRASERO	55 MAX.	9.78 MINIMO	EFERVECENTE CALIDAD COMERCIAL TEMPLADO

CLASE R.F.	P A R T E S	NOMBRE DE LA PARTE	DUREZA ROCKWELL B	COPA OLSEN mm.	SELECCION DEL TIPO DE ACERO R.F.
4	 <p>22% DE ALARGAMIENTO</p> <p>e = 0.91 mm.</p>	SALPICADERA DELANTERA	50 MAX.	9.78 MINIMO	EFERVECENTE CALIDAD DE ESTAMPADO
4	 <p>e = 0.66 mm.</p> <p>28 % DE ALARGAMIENTO</p>	CUBIERTA EXTERIOR DE CAPO DELANTERO	48 MAX.	9.91 MINIMO	EFERVECENTE CALIDAD DE ESTAMPADO TEMPLADO
5 R	 <p>35 % DE ALARGAMIENTO</p> <p>e = 0.81 mm.</p>	POSTES DE ENTRE-PUERTAS	45 MAX	9.65	EFERVECENTE CALIDAD DE ESTAMPADO DESTEMPLADO

CLASE R.F.	P A R T E S	NOMBRE DE LA PARTE	DUREZA ROCKWELL B	COPA OLSEN mm.	SELECCION DEL TIPO DE ACERO R.F.
5 K	<p style="text-align: center;">38 % DE ALARGAMIENTO</p>  <p style="text-align: center;"><math>e = 0.91 \text{ mm.}</math></p>	EXTENSION DE SALPI- CADERA TRASERA	47 MAX	9.78	EFERVECENTE CALIDAD DE ESTAMPADO TEMPLADO
6 K	<p style="text-align: center;">36 % DE ALARGAMIENTO</p>  <p style="text-align: center;"><math>e = 0.97 \text{ mm.}</math></p>	PISOS	42 MAX.	10.29 MINIMO	EFERVECENTE CALIDAD DE ESTAMPADO TEMPLADO
6 K	 <p style="text-align: center;"><math>e = 1.04 \text{ mm.}</math>      40 % DE ALARGAMIENTO</p>	EXTENSION DE UNIONES	42 MAX	10.46 MINIMO	EFERVECENTE CALIDAD DE ESTAMPADO TEMPLADO

un material que presente un comportamiento satisfactorio. Entonces, se podrá identificar el de la clase más económica que proporcione justamente los requerimientos.

Cuando las pérdidas por defecto a causas de dificultades del alargamiento son del orden del 1 al 2%, el acero ha sido seleccionado correctamente, y utilizando la tabla III:1, sus propiedades determinarán el tipo de severidad de la pieza, de otra manera, si son conocidas la severidad y las propiedades mecánicas del metal, la lámina adecuada se determinará a partir de la misma tabla.

Cuando es mínima o nula la pérdida por defectos causada por las dificultades del alargamiento, un acero de más baja clase que el usado, puede en muchos casos, ser sustituido con un ahorro. Cuando se tiene una pérdida por desechos del 1 ó 2%, indica que se ha seleccionado correctamente el acero, y el porcentaje de alargamiento del metal durante su formado (medido a través de un patrón de rejilla trazada en forma de cuadrados de aproximadamente 25 mm. de lado en el blanck o cartabón, antes del formado ver figura III:2), está conforme a las propiedades mecánicas indicadas en la tabla III:1.

La medición del alargamiento tomadas sobre calibres más grandes, resultará valores de bajo promedio, en vez del máximo valor crítico.

Al momento de la prueba de estampar y durante la primer corrida de producción, el comportamiento del alargamiento en áreas críticas debe medirse y registrarse con el fin de establecer una clasificación lo más precisa posible de la severidad y así facilitar la selección definitiva del acero de más baja calidad usable. En caso de que se presenten variaciones en el calibre, tamaño del blanck, velocidad de prensado o cambio del juego dado-matriz, será necesario un nuevo análisis y revisión de la clasificación.

Los aceros enunciados de la tabla III:1, generalmente son los más adecuados para estampar partes con cierto

grado de severidad. Aunque, las propiedades mecánicas descritas son los factores determinantes, en caso de disponer de acero de baja calidad, si cuenta con las propiedades mecánicas requeridas, se podrá utilizar para el estampado de piezas.

El acero de 1008 referido en todos los casos, es usualmente más económico que el 1020 y el 1030, que se puede ocupar también para este proceso, aunque debido a su alto contenido de carbón, generalmente se utilizan para fabricar partes sometidas a fatiga por tener un punto de deformación y resistencia a la tensión más alto.

### III.3 EJEMPLOS DE SELECCION

Cuando el acero no es seleccionado apropiadamente, cualquier acero de propiedades mecánicas más bajas que las del acero adecuado, generará, un rechazo o razón de desecho que incrementará los costos, y algún otro acero de más altas propiedades mecánicas incrementará el costo directamente a través del precio más alto del acero.

Los ejemplos de selección apropiados, que se tratan en este análisis (mostrados en la Figura III:1), cubren las siete principales clasificaciones de severidad para acero rolando en frío. En cada ilustración, se indica el porcentaje alargamiento y las propiedades del acero, las que a su vez representan los requerimientos mínimos para estampar la pieza, de acuerdo a la tabla III:1.

Los resultados completos de las pruebas efectuadas, deben archivarse, con el fin de tener un patrón de referencia, y a través de este poder determinar el mínimo de propiedades mecánicas requeridas, para estampar la pieza, y así, verificar la clasificación de severidad. Tales estadísticas, pueden resumirse en forma gráfica como se muestra en los histogramas figura III:3, estos proveen un record estadístico de las propiedades del acero de un determinado fabricante. En dicha figura, las líneas verticales



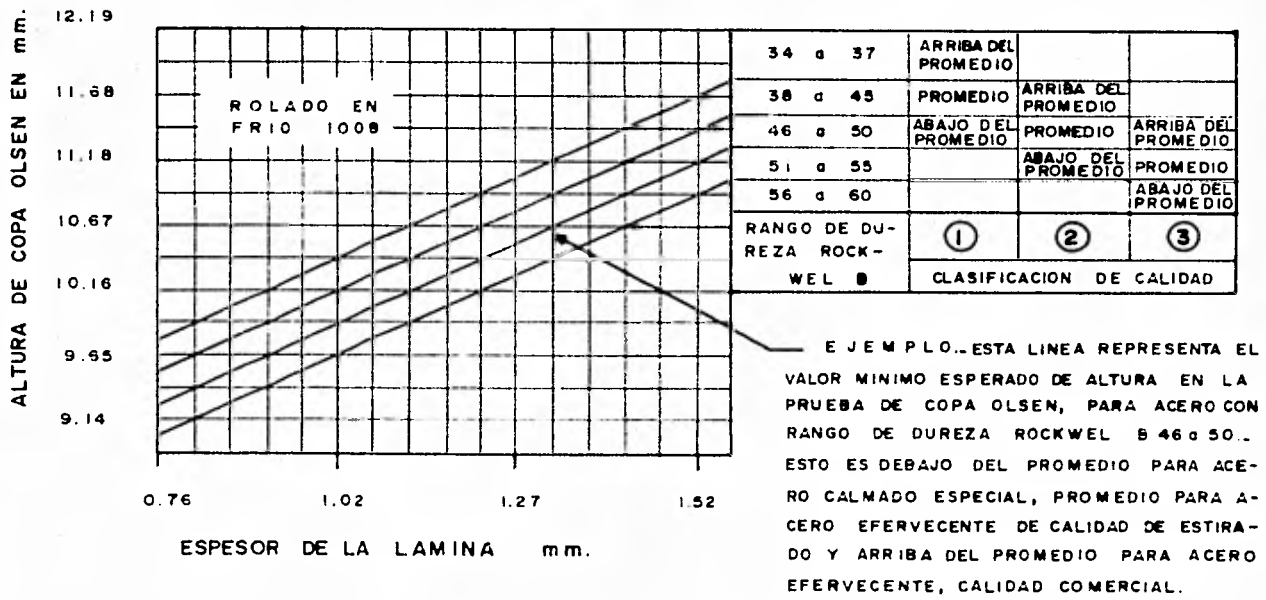


FIGURA III-1.- PROMEDIO APROXIMADO DE CALIDAD DE LAMINA DE ACERO, BASADO EN LA PRUEBA DE COPA OLSEN Y RANGO DE DUREZA ROCKWEL B. LOS DATOS MOSTRADOS SON PARA ACERO 1008 ROLADO EN FRIO DE TRES TIPOS : ① CALMADO ESPECIAL ; ② EFERVESCENTE CALIDAD DE ESTIRADO ; Y ③ EFERVESCENTE CALIDAD COMERCIAL. 15/

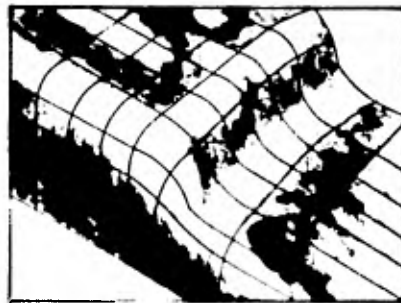


FIGURA III- 2.- VISTA DEL ESTAMPADO DE UN DEPOSITO DE ACEITE, MOSTRANDO EL AREA DE MAXIMA DEFORMACION DEVIDA AL ALARGAMIENTO DEL MATERIAL AL MOMENTO DE EFECTUARSE EL PROCESO ( 32 % EN 25 mm ).  
UNA RED DE 25 mm CUADRADOS SE MARCO UNIFORMEMENTE EN LA LAMINA ANTES DE SER ESTAMPADA CON EL FIN DE TENER UNAS REFERENCIA PARA MEDIR LA DEFORMACION DESPUES DEL ALARGAMIENTO.

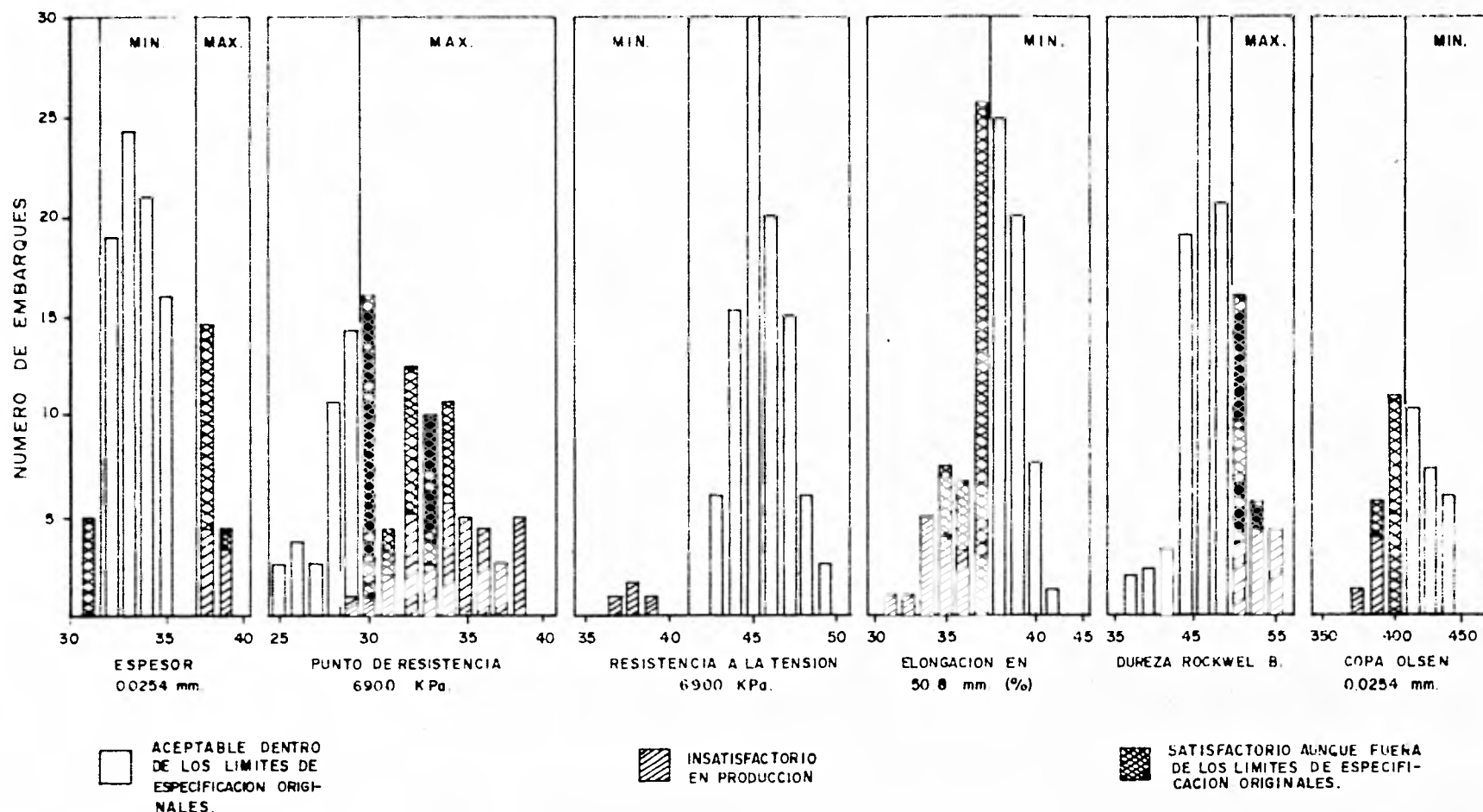


FIG. III-3. DISTRIBUCION DE PROPIEDADES DEL ACERO DE VARIOS EMBARQUES SUMINISTRADOS POR UN MISMO FABRICANTE, Y ACEPTABILIDAD PARA LA MANUFACTURA DE LA PARTE SON PRESENTADAS SOBRE EL HISTOGRAMA. LAS LINEAS MARCADAS, "MIN" Y "MAX", INDICAN LOS LIMITES DE PROPIEDADES ESPECIFICADAS, QUE ORIGINALMENTE SE CREIAN NECESARIOS PARA HACER LA PIEZA. PROPIEDADES DE RECEBO DE LOS EMBARQUES QUE RESULTARON SER INSATISFACTORIOS PARA HACER LA PIEZA, SON PRESENTADOS CON RAYADO SIMPLE. LAS ENTRADAS CON RAYADO DOBLE INDICAN EMBARQUES DE MATERIAL QUE PERMITIO HACER LA PIEZA DE MANERA SATISFACTORIA, AUNQUE SALIENDOSE DE LOS LIMITES ORIGINALMENTE ESPECIFICADOS. EL ANALISIS ANTERIOR CORRESPONDE A UNA CUBIERTA EXTERIOR DE MOTOR, CLASIFICACION DE SEVERIDAD N° 4 Y CON 28% DE ALARGAMIENTO CRITICO EN LAS ESQUINAS. (FUENTE: THE BUDD CO). 17/

etiquetadas MIN y MAX, indican los límites de las propiedades específicas, originalmente estimadas necesarias para el estampado de la pieza. Las líneas sombreadas con rayado diagonal, muestran los registros de admisión, que han demostrado ser insatisfactorios para estampar la pieza.

La sección que se muestra de la figura III:3, fue hecha de acero rolado en frío, calidad para estirado de 0.86 mm. de espesor, correspondiente al capó de motor con clase de severidad 4, presentando un alargamiento máximo del 28% en las esquinas (extrema severidad). Esta forma de presentación simplifica la identificación de las propiedades que causan fallas en el proceso de estampado y enfatiza la comparación entre propiedades inadecuadas y las que específicamente se requieren. Además, hay una indicación del rango de propiedades a esperarse en una serie de embarques.

#### III:4 SELECCION DE PROPIEDADES.

La prueba de dureza Rockwell y la copa Olsen, son usualmente las primeras y frecuentemente las únicas pruebas del grado de formabilidad hechas al acero a la hora del recibo en planta o, a un acero que está generando un número considerable de partes rechazadas en el proceso de estampado. Estas pruebas, no son siempre una medida exacta de la formabilidad, pero aún en instancias poco comunes son aproximadamente correctas, y por lo tanto útiles, ya que requieren un mínimo de acero de muestras para las pruebas y son hechas rápidamente a un bajo costo, en máquinas relativamente baratas.

Cuando todos los datos obtenidos de las pruebas de tensión se interpretan apropiadamente, estos proporcionarán una medida precisa y completa de formabilidad del acero.

Se pueden registrar medidas inadecuadas en ocasiones cuando: hay fallas en el mantenimiento del juego matriz-punzón, en el equipo, o cuando se toman muestras sin tomar en cuenta la no uniformidad en propiedades a través del espesor de la hoja y la dirección del rolado. Por lo que se

considera que al aparecer dentro del proceso de estampado, la más mínima variación de calidad, espesor, acabado, base, presión del troquel o lubricación, es muy probable que se presenten roturas en la lámina.

En algunas ocasiones, las soluciones más apropiadas, no son las de mejorar las pruebas de formabilidad, ni seleccionar un acero más adecuado, sino, mejorar el diseño del juego punzón-matriz, cambiar la forma de la pieza o incrementar el número de pasos de formación y reducir progresivamente la severidad de cada una, ya que las características y la calidad del material que se trabaja, tiene mayor importancia en las prensas de estampar y embutir, que la mayoría de otros tipos de prensas, por lo tanto puede suceder que un equipo de matrices de estampar, que da perfectos resultados, en un cierto material, al aplicarlo a otras clases y calidades de material, produzca resultados menos satisfactorios.

El espesor de la lámina, es otro factor al que debe prestársele atención extraordinaria, puesto que tiene una relación muy directa con la forma que se ha de dar a la embocadura de la matriz de embutir.

### III:5 SELECCION DE LA MUESTRA PARA PRUEBAS

La selección de la muestra para la prueba, es tan importante como la prueba en sí, ya que la muestra, debe ser representativa de la lámina. En rollos largos los extremos difieren propiedades a las del cuerpo del rollo, por lo tanto, las muestras de prueba deben de cortarse al centro y en los extremos del rollo, después de cada 5 o 10 metros periódicamente. La dureza es usualmente menor en los bordes de las láminas y rollos, que en los lugares centrales, particularmente en aceros efervescentes. El alargamiento más severo en un estampado se lleva a cabo bastante dentro del borde, así que las muestras deben de tomarse

del eje central de la lámina hacia el extremo lateral, a una distancia de tres octavos del ancho total de la placa.

Las muestras para prueba de copa, deben ser suficientemente largas para hacer dos o más pruebas, al menos con 300 mm. de separación a lo largo del ancho del rollo o lámina.

Para pruebas de tensión, se deben cortar una o dos muestras paralelas y otras perpendicular a la dirección del rolado.

Cuando no hay correlación entre las pruebas y el comportamiento, se deben realizar pruebas de dureza y copa a intervalos frecuentes a través de la lámina, particularmente en el área alineada con las roturas, para probar su uniformidad, además, se deben realizar pruebas de tensión en el área de la rotura.

### III:6 LA PRUEBA DE COPA OLSEN.

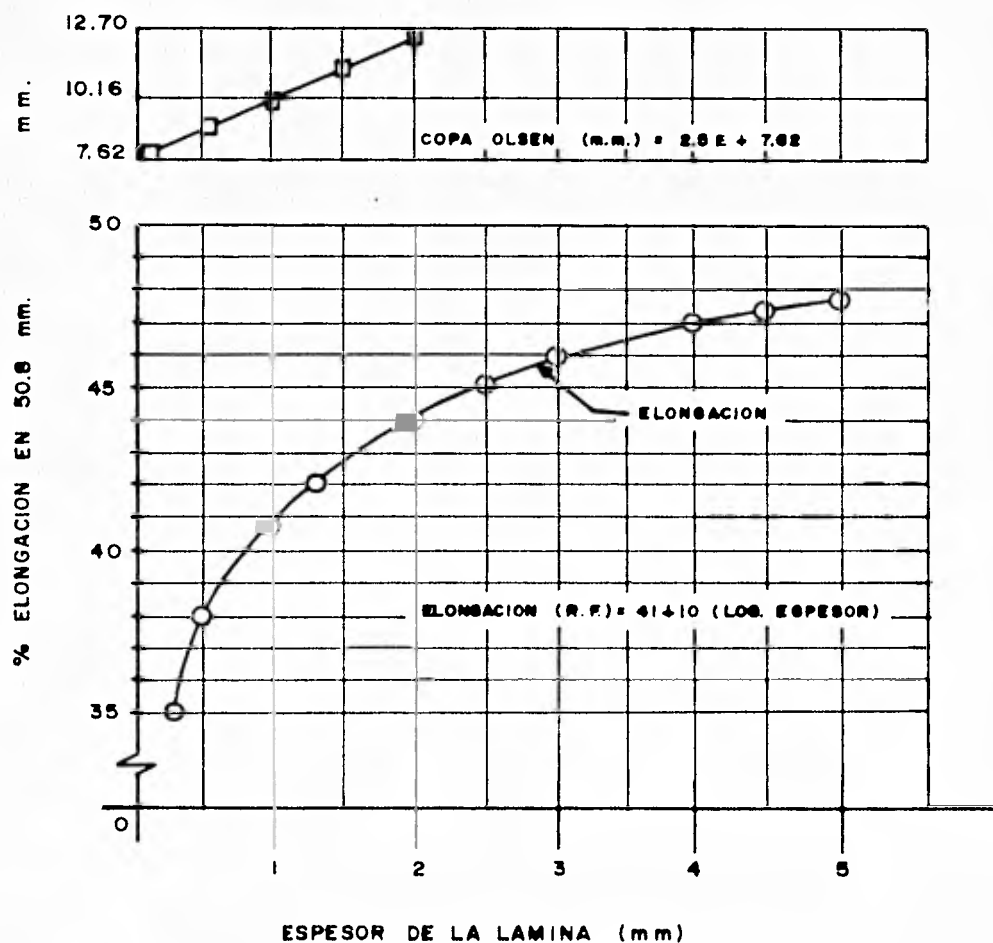
Esta prueba, se efectúa con una muestra de placa de acero de 95 mm. cuadrados, sujeta entre troqueles de anillos planos de 25.4 milímetros de diámetro interior. Una vez colocada y sujeta la muestra, una esfera de 22 mm. de diámetro se empuja progresivamente contra la placa para formar una copa, mientras que en forma automática, se registran continuamente las cargas punzadoras y la altura de la copa. El indicador de la prueba Olsen, es la altura máxima que alcanza la cavidad en el instante cuando la carga punzadora empieza a descender, de otra manera, los valores de carga no son significativos.

Algunos analistas, toman la lectura de la altura de la copa, cuando aparece una fractura visible, la cual aumenta el valor de 0.3 a 0.5 milímetros de los valores reales de la altura de la copa, dando lugar a una mayor dificultad cuando se efectuen de nuevo las pruebas.

El espesor de la lámina para la prueba de copa standard, está limitado a 1.6 milímetros, debido al claro

**FIGURA III: 4**  
INCREMENTOS DE ELONGACION, ESPESOR Y ALTURA DE COPA.

**EFFECTO DEL ESPESOR EN ELONGACION Y VALORES DE LA PRUEBA DE COPA OLSEN. LOS DATOS PRESENTADOS SON AQUELLOS DESEADOS PARA LAMINA DE CALIDAD DE FORMADO YA SEAN ACEROS EFERVESCENTE O CALMADO.<sup>18/</sup>**



entre la esfera y el anillo, por lo que pruebas sobre lámina del mismo espesor utilizando troqueles de anillos más grandes, parecen ser una medida de formalidad de poca confianza.

La altura máxima de copa (sin fractura), es una medida regular de relativa formabilidad. Dicha medida, está en función del espesor del material, como se muestra en la figura III:4, donde también se comparan incrementos de elongación contra incrementos de espesor.

La variación de la altura de la copa, junto con el espesor y la calidad del metal se relacionan en la figura III:1.

Los analistas con experiencia en utilizar esta prueba, pueden predecir el comportamiento aproximado del espesor del acero, después del formado mediante un análisis de los lados de la copa. Con tamaño de grano ASTM 8 a 9, los lados son lisos y con tamaño de grano 7 hay una rugosidad moderada que se vuelve progresivamente más rugosa al aumentar el tamaño del grano.

La atenuada direccionalidad de la lámina, es predecible en base a un desgaste no uniforme alrededor de la periferia de la zona de fractura.

La deformación del alargamiento marcada en la porción plana inmediatamente adyacente a la copa implica que el acero puede arrugarse o formar deformaciones por alargamiento al ser estampado.

### III:7 PRUEBA DE DUREZA ROCKWELL B.

Las lecturas derivadas de esta prueba, son de confianza en láminas de hasta 0.8 milímetros, debajo de este espesor se debe usar la escala Rockwell F para evitar error. La dureza se correlaciona regularmente bien con la resistencia a la tensión, pero también es afectada por su punto de cedencia. Además, la dureza es uno de los indicadores de la elasticidad, que puede esperarse en una operación.

FIGURA III:5 ENSAYO DE LA PRUEBA "COPA OLSEN".

- ① ESPESOR DE LA MUESTRA. ② MÁXIMA PROFUNDIDAD DE LA EMBUTICIÓN SIN FALLA. ③ SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA MUESTRA EMBUTIDA.

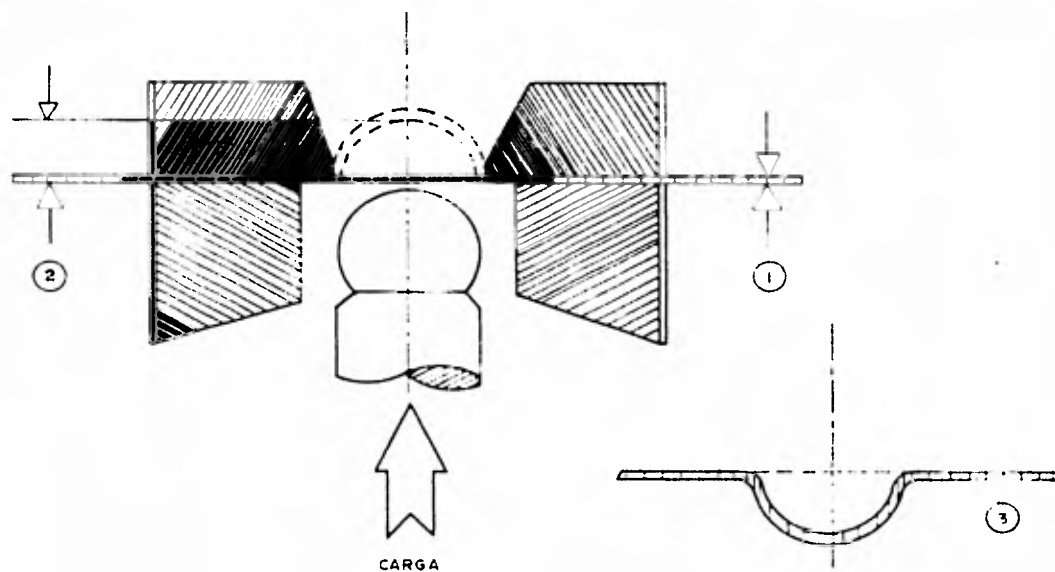
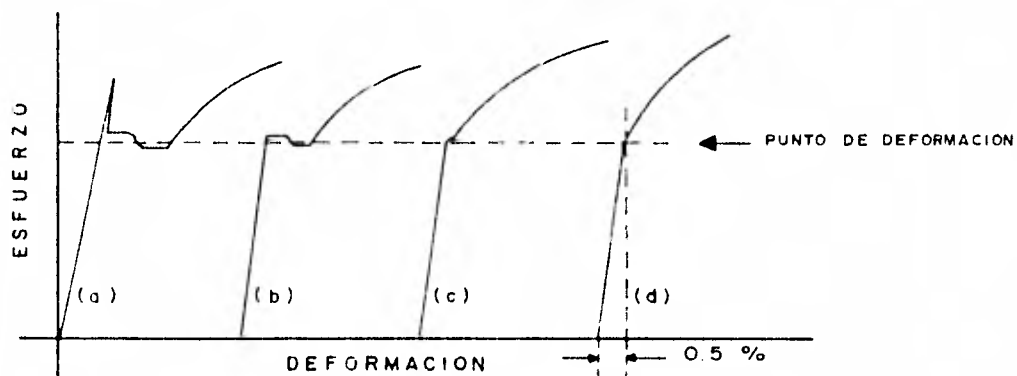


FIGURA III:6 DIAGRAMA DE ESFUERZO-DEFORMACION, PARA MUESTRAS STANDARD DE TENSION DE LAMINA DE ACERO DE BAJO CARBON. <sup>19/</sup>





## PRUEBA DE TENSION.

Las muestras para esta prueba, se deben de ser de acuerdo a la muestra Modelo especificada en ASTM-E-8. Algunos fabricantes hacen un modelo o muestra de prueba troquelada o terminada en los extremos a una longitud escala con lima fina. La velocidad de la prueba, debe ser constante y de 12.7 a 6.35 milímetros por minuto. Es conveniente, usar equipo de autograficador, el cual grafique el diagrama completo relacionando el esfuerzo, contra el grado de elasticidad, aumentando la deformación de 1 a 10 y con la coordenada de carga al menos a 203.2 milímetros de altura. De otra manera, una escala de deformación con pocos aumentos se puede utilizar para determinar el punto de cedencia de la elongación (límite elástico), elongación uniforme y punto de deformación, cuando la curva esfuerzo-deformación es atenuada.

La determinación del punto de formación es complicado, por la variedad del contorno de las extensiones de carga que dependen de las condiciones del acero.

En aceros con una carga reducida y una porción horizontal, o con una porción horizontal únicamente, el punto de deformación es tomado como el esfuerzo promedio en la porción horizontal, como se muestra en (a) y (b) de la figura No. III:6, en aceros con un replegado en la curva, el punto de deformación es el esfuerzo en la parte inferior del replegado como en (c) de la misma figura. En aceros con una curva atenuada, es el punto de deformación es el elegido arbitrariamente, como el esfuerzo a un alargamiento del 5% bajo una carga como en (d) de la misma figura.

La resistencia a la tensión es muy importante en el proceso de estampado, y mientras más alto su valor es mejor, siempre y cuando otras propiedades sean favorables.

El punto de deformación es muy significativo, y es óptimo si sus valores son bajos, siempre y cuando otras propiedades le sean favorables. Por ejemplo: un bajo punto de deformación que resulte de un excepcional tamaño de gra-

## III:8

## PRUEBA DE TENSION.

Las muestras para esta prueba, se deben de hacer de acuerdo a la muestra Modelo especificada en ASTM E-8. Algunos fabricantes hacen un modelo o muestra de prueba troquelada o terminada en los extremos a una longitud escala con lima fina. La velocidad de la prueba, debe ser constante y de 12.7 a 6.35 milímetros por minuto. Es conveniente, usar equipo de autograficador, el cual grafique el diagrama completo relacionando el esfuerzo, contra el grado de elasticidad, aumentando la deformación de 1 a 10 y con la coordenada de carga al menos a 203.2 milímetros de altura. De otra manera, una escala de deformación con pocos aumentos se puede utilizar para determinar el punto de cedencia de la elongación (límite elástico), elongación uniforme y punto de deformación, cuando la curva esfuerzo-deformación es atenuada.

La determinación del punto de formación es complicado, por la variedad del contorno de las extensiones de carga que dependen de las condiciones del acero.

En aceros con una carga reducida y una porción horizontal, o con una porción horizontal únicamente, el punto de deformación es tomado como el esfuerzo promedio en la porción horizontal, como se muestra en (a) y (b) de la figura No. III:6, en aceros con un replegado en la curva, el punto de deformación es el esfuerzo en la parte inferior del replegado como en (c) de la misma figura. En aceros con una curva atenuada, es el punto de deformación es el elegido arbitrariamente, como el esfuerzo a un alargamiento del 5% bajo una carga como en (d) de la misma figura.

La resistencia a la tensión es muy importante en el proceso de estampado, y mientras más alto su valor es mejor, siempre y cuando otras propiedades sean favorables.

El punto de deformación es muy significativo, y es óptimo si sus valores son bajos, siempre y cuando otras propiedades le sean favorables. Por ejemplo: un bajo punto de deformación que resulte de un excepcional tamaño de gra-

no (muy grande) es indeseable, ya que la superficie se tornará muy rugosa ("cáscara de naranja") después del estampado, debido a que la elongación y la resistencia a la tensión también serán bajos.

La elongación es directamente medible a partir de la ductibilidad en el alargamiento, y si otras propiedades son favorables, el acero con mayor elongación es más formable.

El incremento en el espesor de la lámina aumenta ligeramente los promedios esperados de formabilidad del acero. Por lo que de cualquier manera, el incremento del espesor es un obstáculo cuando lo que se busca es formabilidad.

### III:9 LUBRICACION.

Los requerimientos funcionales de lubricantes para trabajos de estampado en prensas son mucho más severos, que para la mayoría de los usos comunes de lubricación. Las presiones en este tipo de proceso, se elevan a varios cientos de miles de unidades de presión, y de igual manera, los coeficientes de fricción se incrementan notablemente.

Los coeficientes de fricción correspondientes a la combinación de diferentes durezas de acero van de 0.42 a 0.57, dentro del proceso de estampado, dichos coeficientes se pueden reducir sensiblemente por medio de lubricantes, alcanzando algunas veces en ocasiones muy especiales hasta 0.01.

### LIMITES DE LUBRICACION.

Los lubricantes para trabajos de prensa, usualmente sujetos a unidades de presión muy altas, son del tipo de película muy delgada que se absorben finamente entre los espacios moleculares del metal, dichas películas de lubricantes impiden un contacto directo entre los metales durante el proceso, atenúan las altas presiones y forman un amortiguamiento entre las superficies en contacto, lo cual faci

lita notablemente el deslizamiento de la lámina a través - del juego de punzón y matriz, evitando/la rotura de la lámina al momento del prensado, el desgaste prematuro del herramental y, además, minimiza el calentamiento producto de la fricción entre las superficies en contacto, lo mismo sucede con el calor que proviene de la fricción interna resultante de la deformación y desplazamiento de los granos.

El coeficiente de fricción de la película de lubricación es independiente de la viscosidad lubricante y - de la velocidad deslizante. Estas películas lubricantes -- son de dos tipos:

- 1o. LUBRICANTES POLARES: Un lubricante o constituyente de lubricación capaz de brindar las propiedades tales que disminuyan el incremento de temperatura, en superficies sólidas, - formando una película delgada resista eliminación por efectos mecánicos, a la vez que lubrica bajo altas cargas de presión, estádefinido como lubricante polar.
- 2o. LUBRICANTES DE PRESION EXTREMA: Son lubricantes capaces de reaccionar químicamente con - superficies sólidas bajo condiciones elásticas, para prevenir soldaduras y proveer reacción lubricante sobre superficies. Los lubricantes de presión extrema permiten grandes cargas con un mínimo de desgaste y daños superficiales.

Los lubricantes de presión extrema típicos, contienen sulfuro, cloro y/o compuestos de fósforo como constituyentes químicos activos.

#### SELECCION DE LUBRICANTES.

Una buena base para la selección del lubricanteadecuado, es el grado de severidad de la operación.

La siguiente selección es la que se recomienda -  
20/ para la operación de estampado en lámina de acero de ba  
jo carbón:

Operaciones Moderadas:

- 1o. Aceites minerales de medio peso a peso viscoso.
- 2o. Solución de jabón (0.03 a 2.00% alta concentración de jabón).
- 3o. Emulsiones de grasa, aceite grasoso o aceite mineral en emulsiones a base de jabón.
- 4o. Aceite de manteca u otras mezclas de aceite-grasoso (con un 10 a 30% de aceite grasoso).

Operaciones Medias:

- 1o. Grasa o aceite en emulsiones a base de jabón, conteniendo material de resanado finamente - pulverizado tal como el yeso o blanco de españa.
- 2o. Grasa o aceite en emulsiones a base de jabón, conteniendo aceites sulfurosos.
- 3o. Grasa o aceite en emulsiones a base de jabón, conteniendo material de resanado y aceites - sulfurosos.
- 4o. Diferentes metales depositados sobre acero - agregando emulsión lubricante o solución jabonosa.
- 5o. Depósitos de herrumbe o fosfato agregando lubricantes de emulsión o solución jabonosa.
- 6o. Capa de jabón seco en forma de escamas.

Operaciones Severas:

- 1o. Jabón seco en escamas o película de cera, con

herrumbe, fosfato o una capa de polvo de diferentes metales.

- 2o. Capa de fosfatos agregando emulsiones con material de resanado finamente pulverizado y - algunas veces aceites sulfurizados.
- 3o. Emulsiones o lubricantes que contengan sulfuro, como combinación con material de resana- do, siendo el sulfuro la base.
- 4o. Aceite sulfurizado como base mezclándolo con material de resanado finamente pulverizado.

### III:10 CONSIDERACIONES.

De lo anteriormente expuesto en el presente capí- tulo, se concluye que: para seleccionar el acero adecuado, - que posteriormente se utilizará en el estampado de una de-- terminada pieza, cualesquiera que ésta sea, se deben tomar- en cuenta fundamentalmente los siguientes puntos:

- a) Grado de severidad de la operación.
- b) Calidad y tipo del acero.
- c) Propiedades mecánicas del acero.

Mediante una adecuada interrelación de los pun-- tos anteriores, se puede lograr una apropiada selección del acero.

La tabla III:1, en donde se muestra la clasifica- ción de severidad de operaciones de estampado, se presenta- la interrelación antes mencionada.

Por medio de dicha tabla, se puede hacer una se- lección adecuada, partiendo de diferentes datos, ya que la- relación entre los puntos más importantes a considerar, apa- recen asociados con el porcentaje de alargamiento respecti- vo de cada una de las clases de severidad.

Los tipos de aceros enunciados en la tabla III:1, son generalmente, los más adecuados para estampar piezas -- con grados de severidad apropiados para estampar partes de- carrocerías automotrices, de entre los cuales destaca el --

acero efervescente de calidad comercial y de calidad de estampado. Para estampados con mayor grado de severidad, se recomienda el acero calmado con calidad de estampado.

El grado del acero (1008), presentado en todos los casos, se considera el adecuado, ya que es la opción -- más económica, que reúne las propiedades adecuadas para el proceso, siempre y cuando cumpla con niveles aceptables de las pruebas de copa Olsen y dureza Rockwell.

Las principales pruebas a que debe someterse el acero, son básicamente las siguientes:

- a) Prueba de copa Olsen
- b) Prueba de dureza Rockwell
- c) Prueba de tensión

Dichas pruebas son de gran utilidad, ya que mediante éstas se analizan y determinan las propiedades que posee el material, las cuales deben verificarse periódicamente, como una medida preventiva, tanto del control de calidad al recibo del material, como de la conservación del herramental.

Con la finalidad de facilitar que el material se deslice adecuadamente a través del herramental, al momento de la operación de estampado, se requiere de materiales de lubricantes, que además de formar una capa de amortiguamiento entre las superficies, minimice el calentamiento producto de la fricción entre las superficies en contacto, y con esto, se prolongue la vida del herramental.

Se considera que: para el proceso de estampado de carrocerías específicamente, por las características analizadas, los tipos de lubricantes idóneos, son los lubricantes de tipo polar, los cuales son utilizados en la clase de operaciones moderadas, y que tienen como base: aceites minerales, emulsiones de grasa y soluciones de jabón.

## C A P I T U L O   I V

### DESCRIPCION DEL PROCESO DE ESTAMPADO

- IV:1    DESCRIPCION.
  
- IV:2    DEFINICION DEL PROCESO DE ESTAMPADO Y LAS OPERACIONES BASICAS QUE INVOLUCRA.
  
- IV:3    ASPECTOS GENERALES SOBRE LOS CICLOS DE ESTAMPADO.
  
- IV:4    ASPECTOS GENERALES SOBRE LAS OPERACIONES BASICAS Y-VARIABLES QUE INFLUYEN EN EL PROCESO DE ESTAMPADO.
  - IV:4.A    PUNZONADO Y CORTE DE LA CHAPA
  - IV:4.B    DOBLADO
  - IV:4.C    EMBUTIDO
  
- IV:5    EJEMPLO DEL ESTAMPADO DE UNA PARTE DE CARROCERIA.
  
- IV:6    CONSIDERACIONES.



#### IV:1 DESCRIPCION.

El presente capítulo, trata sobre la descripción y aspectos generales del proceso de estampado, así como de las principales variables que se deben de considerar en cada una de las operaciones básicas que involucra.

Posteriormente, se presenta un ejemplo teórico de la secuencia operativa necesaria, para fabricar una parte de carrocería de auto.

#### IV:2 DEFINICION DEL PROCESO DE ESTAMPADO.

Se entiende con el término de estampado, al conjunto de operaciones en las cuales, sin producir viruta, se somete una lámina plana a una o más transformaciones, con el fin de obtener una pieza, que posea forma geométrica propia ya sea semi-plana o hueca. En otros términos, la lámina es sometida a una deformación plástica.

La realización de este proceso se logra mediante la utilización de dispositivos especiales llamados matrices, aplicándolos según sea su finalidad dentro de máquinas denominadas comúnmente prensas.

Las operaciones básicas del proceso de estampado son:

- a) Cortar
- b) Doblar
- c) Embutir

#### IV:3. ASPECTOS GENERALES SOBRE LOS CICLOS DE ESTAMPADO.

El ciclo de estampado consiste en: una sucesión ordenada de operaciones que transforma parte de una lámina plana en una pieza de forma definida.

Los aspectos que rigen el ciclo de estampado son los siguientes:

- a) Forma de la pieza a obtener.
- b) Dimensiones de la pieza (espesor y superficie).
- c) Calidad del material que se va a trabajar.

Los aspectos anteriormente expuestos, se deben de considerar simultáneamente en el momento de determinar el ciclo de estampado, aunque no exista relación entre ellas, ya que la complejidad de las piezas, el nivel de profundidad del embutido y la plasticidad de la lámina forzosamente afectará el número total de operaciones en el proceso de estampado.

#### IV:4 ASPECTOS GENERALES SOBRE LAS OPERACIONES BASICAS Y LAS VARIABLES QUE INFLUYEN EN EL PROCESO DE ESTAMPADO.

##### IV:4.a. PUNZONADO Y CORTE.

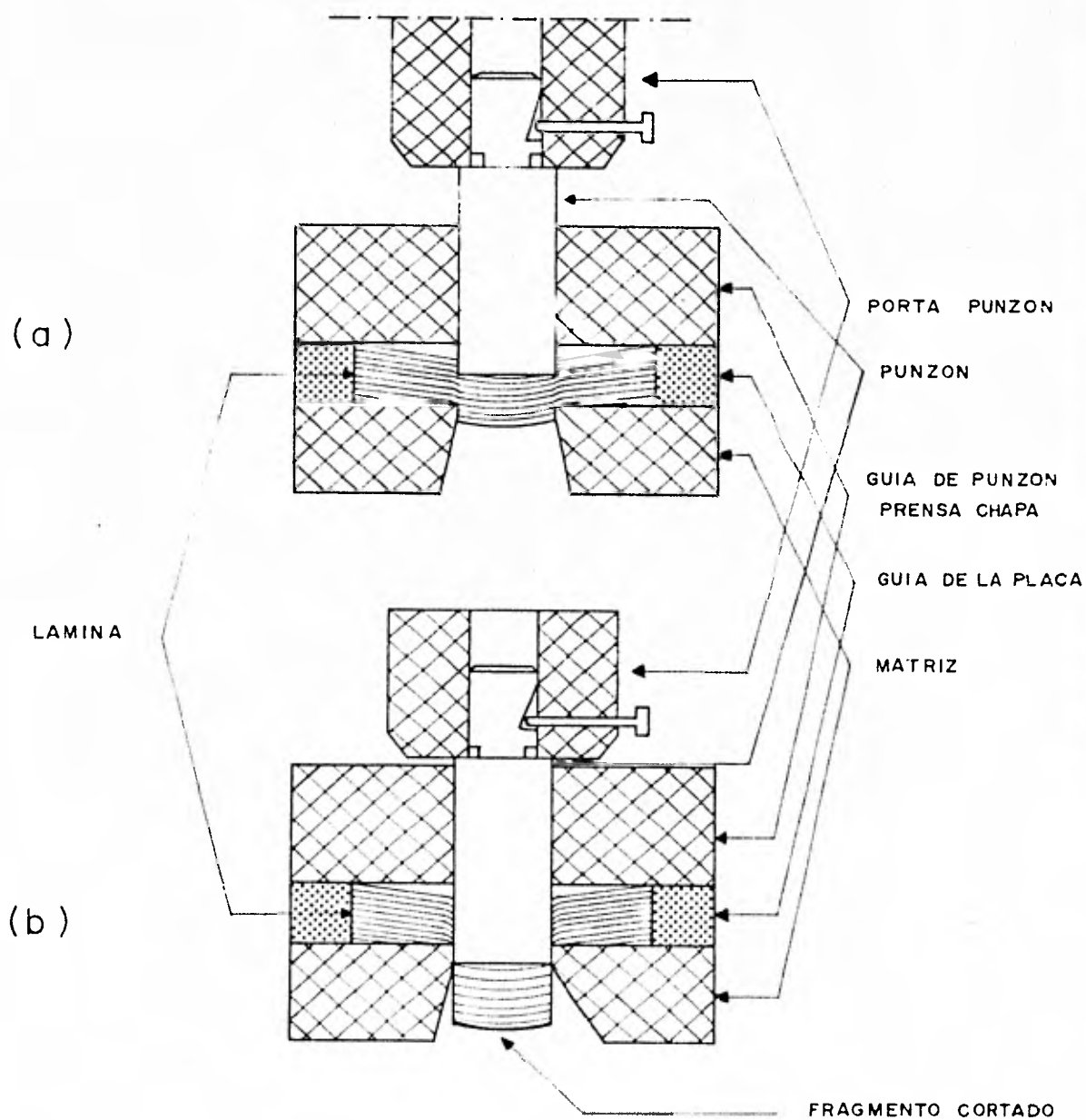
Es una operación mecánica llamada también troquelado, con la cual se consigue separar una parte metálica de otra, obteniéndose de una manera instantánea una figura o blanck determinada (también conocida como platina, silueta, cartabón, etc). Por medio del punzonado, se desprenden mediante útiles adecuados, fragmentos de lámina sin alterar el espesor. Esta operación, que generalmente es la primera dentro del proceso de estampado, ya que sirve como base a cada pieza para las operaciones subsecuentes, dándole firmeza a la pieza y evitando roturas a la lámina en el momento de las deformaciones más críticas.

Al ser el punzonado una operación que está incluida en el proceso de estampado, esta operación está relacionada con la transformación plástica, la cual da lugar a las líneas de fuerza y reacciones internas en la lámina como se muestra en la figura IV-1.

El punzón en su fase inicial de trabajo y prosiguiendo la presión ejercida sobre la lámina, origina una compresión del material dando lugar a una deformación plástica del medio interpuesto, formándose una concavidad la cual, al seguir el punzón su libre camino a través de la matriz, ocasiona una expansión lateral del medio plástico.

El esfuerzo de compresión es igual, en un instan-

FIGURA IV: 1 ESQUEMA DE UNA ESTAMPA DE CORTE, SUS COMPONENTES BASICOS Y DETALLE DE LAS LINEAS DE FUERZA DEL MATERIAL DURANTE LA OPERACION.



te, a la resistencia al corte. En estas condiciones, sobreviene un brusco desgarre, separándose el fragmento de lámina que permanecía sujeto al punzón y cayendo al fondo de la matriz.

Durante esta operación, en la proximidad de los perímetros cortantes de las herramientas, las fibras de la lámina se doblan en el mismo sentido de la presión ejercida, siguiendo durante breves instantes el movimiento del punzón, para después reaccionar oponiéndose a la operación de corte. Al ser la acción superior a la reacción, la resistencia se vence originando la escisión de las fibras como se muestra en la figura IV:1 (b).

El troquel de corte se compone básicamente de dos partes fundamentales: el punzón y la matriz. El punzón de acuerdo a su sección de corte, define el contorno de la pieza a cortar. El filo de corte lo constituye el perímetro exterior del punzón y el perímetro interior del claro de la matriz. A la matriz la complementan: un bloque que actúa como guía, prensa chapas que tienen por objeto crear un pasillo por el que se hace deslizar la lámina a cortar. Los bordes de la lámina sirven también para guiar la silueta o tira de lámina realizando las operaciones de corte por cada carrera vertical del elemento móvil de la prensa y del punzón.

El juego entre punzón y matriz está en función del espesor de la lámina y del tipo de material a trabajar, dicho juego se presenta para diferentes espesores, durezas y diferentes materiales en la figura IV:2. Desde este punto de vista, el juego entre punzón y matriz, es mayor para el acero laminado (duro) que para el acero de bajo carbón, latón y aluminio. Para punzones de grandes dimensiones, el juego es de proporciones ligeramente mayores, mientras que para punzones de tamaño normal es constante para cada dureza del metal.

Un punto importante por considerar, es la reacción

del material, después del punzonado, ya que ésta origina una contracción en el perímetro de corte al liberar la presión de las herramientas de corte. Del punto anterior, se adopta el criterio de que el juego entre punzón y matriz, puede variar de 5 a 13% del espesor de la lámina, con la finalidad de evitar dichas contracciones y reacciones del material. Este rango de porcentajes varía de su valor mínimo a su valor máximo, dependiendo del tamaño del punzonado, correspondiendo el valor mínimo para los punzonados pequeños de precisión, tomando diferentes valores hasta llegar al máximo en función de los incrementos en cortes y espesores.

Al determinar los perímetros del punzón y de la matriz, se debe tomar en cuenta que el perímetro de la matriz determina las dimensiones de la pieza, obteniéndose el juego reduciendo el perímetro del punzón, por el contrario, el perímetro y geometría de éste, determinará las dimensiones del claro, obteniéndose el juego aumentando el perímetro de la matriz.

#### IV:4.a1 VARIABLES A CONSIDERAR EN LA OPERACION DE CORTE.

Dentro de la operación de corte, se consideran: - el troquelado, punzonado y cizallado (corte el línea recta) como operaciones similares.

Para las operaciones antes mencionadas, excepto - el cizallado, se deben de considerar las siguientes restricciones en el momento de diseñar los respectivos útiles de corte:

- a) No se puede punzonar (agujerar) o troquelar lámina cuyo espesor sea mayor que el diámetro -- del punzón, por lo que siempre se debe de cumplir la siguiente condición:

$$\phi_p > e_L$$

$\phi$  = diámetro del punzón  
 $e_L$  = espesor de la lámina

- b) La distancia mínima entre piezas troqueladas, -

no debe ser menor que la longitud del espesor, por lo que se debe cumplir la siguiente condición:

$$D_T > e_L \quad D_T = \text{distancia entre troqueles.}$$

La distancia económica y técnicamente recomendable es de  $3e$ .

- c) El claro (distancia de separación constante entre punzón y matriz). también llamado juego, - como ya se mencionó, puede variar de 5 a 13% - del espesor de la lámina (se determina en base a la diferencia de diámetros:  $\phi_m - \phi_e$ ), debiéndose considerar también, la dureza de la lámina, requiriendo mayor claro a mayor dureza del material y menor claro a menor dureza del mismo. Los aspectos mencionados en este inciso, - deben de quedar explícitos en la siguiente condición:

$$\phi_m > \phi_p \quad \phi_m = \text{diámetro de la matriz.}$$

- d) La similitud que deben de guardar los perímetros y diámetros de las siluetas y agujeros -- punzonados respectivamente, con el herramental de corte, quedan representados por las siguientes igualdades:

Perímetro o diámetro (en el caso de punzonado) de la pieza troquelada, es igual al perímetro o diámetro (según sea el caso), de la matriz.

El perímetro o diámetro (en el caso de punzonado) de la perforación en la lámina después de la operación de corte, es igual al perímetro o diámetro (según sea el caso), del punzón.

Siendo una operación que también es de corte, el cizallado, es un poco diferente en cuanto al procedimiento de su operación, ya que para esta operación, el corte es progresivo a lo largo de la lámina sometida a la operación (corte en línea recta), a diferencia del corte de silueta, que se efectúa simultáneamente en todo el perímetro de corte.

En ambos casos, las variables que determinan la fuerza necesaria para realizar la operación, se relacionan en la siguiente ecuación:

IV:4.a2 FUERZA REQUERIDA PARA REALIZAR LA OPERACION DE CORTE.

$$F_c = \tau e L \text{ [Kg]}$$

en donde:

$F_c$  = Fuerza cortante total necesaria [Kg]

$L$  = Longitud ó perímetro de corte [mm]

$e$  = Espesor de la lámina [mm]

$\tau$  = Esfuerzo cortante\* [Kg/mm<sup>2</sup>]

\* Para acero comercial de cualquier tipo, se considera un esfuerzo cortante de:

$$\tau \doteq 31 \text{ [Kg/mm}^2\text{]}$$

con el fin de compensar el rozamiento que el material genera, a lo largo de las paredes de la matriz, durante la operación de corte, la fuerza cortante total necesaria -- (F), se multiplica por un coeficiente de aproximadamente 1.15 <sup>21/</sup>, por lo que la fuerza total requerida será:

$$F = 1.15 \times \tau e L \text{ [Kg]}$$

## IV:4.b DOBLADO

La operación de doblado involucra las operaciones de: curvar, arrollar, bordonar, cercar, perfilar y engrapar, por considerarse de la misma naturaleza.

Dichas operaciones ocupan un lugar importante en el ciclo productivo del estampado, ya que muchos objetos, - después de haber sufrido la primera operación de corte, deben someterse a una o varias operaciones de doblado. Durante estas operaciones es necesario evitar que la chapa experimente un alargamiento, puesto que, de producirse éste, se obtendrá una variación en el espesor de la chapa. Estas -- operaciones consisten, por consiguiente, en variar la forma de un objeto de chapa sin alterar su espesor, de tal forma, que todas las secciones permanezcan constantes.

Las operaciones de doblado, son operaciones más sencillas después de las de corte. Si se trata de un doblado en perfiles de longitud apreciable, se realiza mediante máquinas plegadoras; pero para elementos relativamente cortos se pueden doblar mediante las estampas montadas en las prensas.

Para la operación de doblado en general, es necesario tener en cuenta los siguientes factores:

- a) El radio de la curvatura.
- b) La elasticidad del material.

De ser posible, deben evitarse los cantos vivos; - para este propósito se aconseja fijar los radios de curvatura interiores, iguales o mayores que el espesor de la lámina, con el fin de no estirar excesivamente las fibras exteriores y para garantizar un doblado sin rotura. Estos radios de curvatura se consideran normalmente:

- Aceros de bajo carbón.- De 1 a 2 veces el espesor,
- Aceros de alto carbón.- De 2 a 4 veces el espesor.



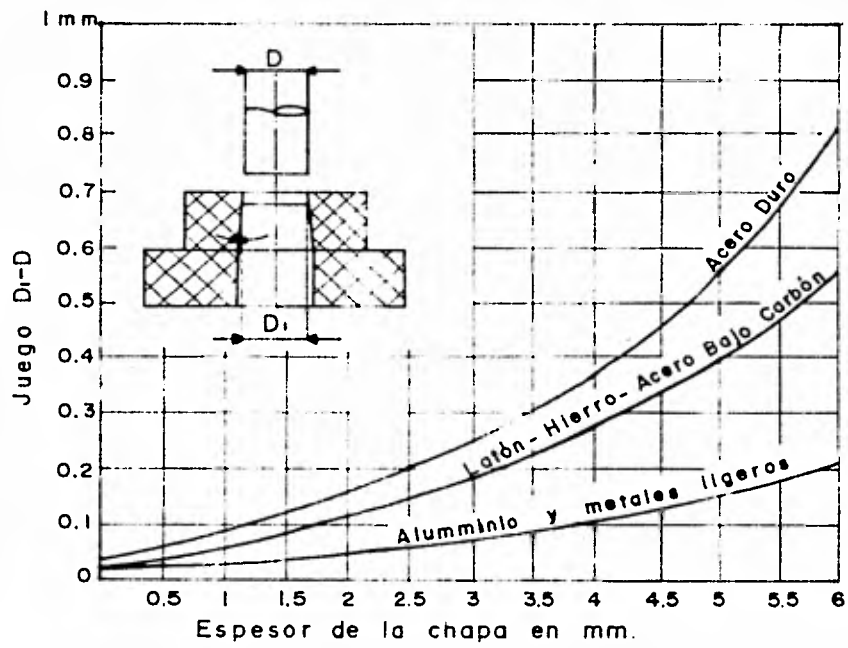


FIG. IV : 2. GRAFICAS DE VALORES DEL JUEGO ENTRE PUNZON Y MATRIZ EN FUNCION DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES Y DE ESPESORES DE LA LAMINA.

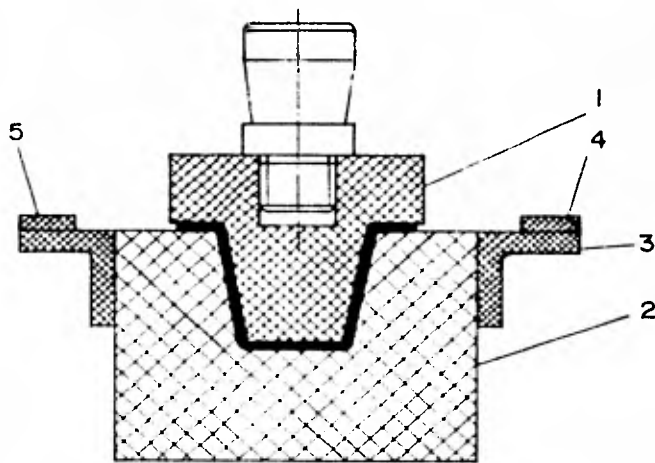


FIG. IV : 3. ESQUEMA DE UNA ESTAMPA PARA DOBLAR CON SUS ELEMENTOS BASICOS.

Por otro lado, dichos radios se requieren para facilitar la fluidez de la lámina en el momento de la operación.

Concluida la acción deformante que ha originado - el doblado, la pieza tiende a volver a su forma primitiva - en proporción tanto mayor cuanto más duro es el material de la lámina; este fenómeno se debe a la propiedad que poseen los cuerpos de ser elásticos. Por este motivo al construir las estampas de doblado se determina, un ángulo de doblado más acentuado, para que una vez retirada la presión, se consiga dar a la pieza el ángulo deseado.

El doblado de piezas de lámina se realiza mediante herramientas especiales denominadas estampas para doblar. Dichas estampas según su construcción, pueden también ser - aptas para curvar u obtener otras diferentes formas de diseños geométricos.

Las estampas para doblado mostradas en la Figura-IV:3 se componen de dos partes básicas una superior (1) llamada macho y una inferior (2) llamada hembra. Complementan la estampa escuadras laterales (3) que sujetan los pernos de posición (4), los cuales son necesarios para fijar el elemento de lámina previamente recortado. Macho y hembra en la estampa de doblar, corresponden al punzón y matriz, respectivamente, en la estampa de cortar.

#### IV:4.b1 VARIABLES A CONSIDERAR EN LA OPERACION DE DOBLADO.

Como ya se mencionó, se deben de considerar ciertas restricciones, al momento de diseñar el herramental de doblado en general, dichas condiciones en resumen son las - siguientes:

- a) El ángulo de doblado del punzón y matriz debe ser más acentuado que el requerido en la pieza.
- b) Se debe considerar un determinado radio en los puntos ó perímetros de contacto en el área del doblado dicho radio debe ser mayor que el espesor de la lámina.

El procedimiento ideal al realizar una operación de doblado, es que el eje del doblado, sea perpendicular a la dirección del grano, lo cual proporcionará a la pieza mayor resistencia.

IV:4.b2 FUERZA REQUERIDA PARA REALIZAR LA OPERACION DE DOBLADO.

$$F_d = \frac{2e^2 l \sqrt{\sigma}}{3W}$$

en donde:

- $F_d$  = fuerza requerida para realizar la operación de doblado [Kg]  
 $e$  = espesor de la lámina [mm]  
 $l$  = longitud del doblado [mm]  
 $w$  = longitud entre apoyos [mm]  
 $\sqrt{\sigma}$  = tensión por flexión, necesaria para la deformación permanente\* [Kg/mm<sup>3</sup>]

\* Para acero comercial de cualquier tipo, se considera una tensión por flexión de:

$$\sqrt{\sigma} \doteq 40 \text{ [Kg/mm}^2\text{]}$$

IV:4.c EMBUTIDO.

La operación de embutido consiste: en transformar una pieza de lámina plana de metal en una pieza hueca, de manera que la superficie de la pieza producida sea equivalente a la de la lámina plana empleada.

El procedimiento básico para efectuar el proceso de estampado consiste: en transformar una pieza metálica plana, mediante la presión ejercida por un punzón, a través de una matriz.

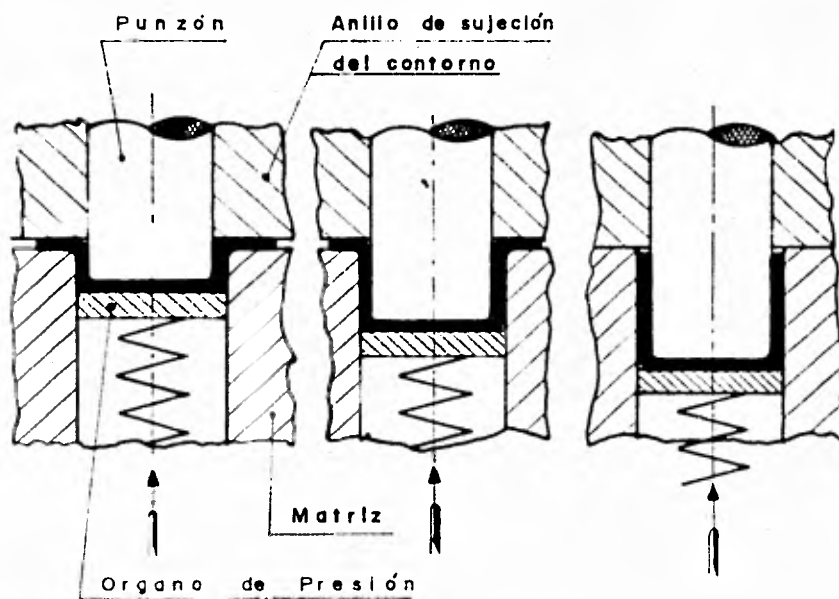


FIG. IV : 4. FASES DURANTE UNA OPERACION BASICA DE EMBUTIDO.

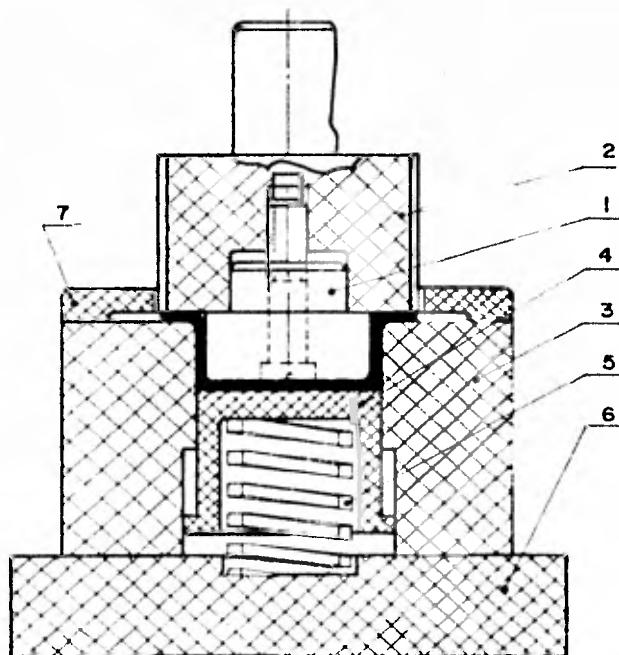


FIG. IV : 5. ESQUEMA DE LOS PRINCIPALES ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN UNA ESTAMPA PARA EMBUTIR.

La parte del material que pasa entre el espacio - del punzón y la matriz, sufre una compresión que impide la - formación de pliegues. La compresión, se produce en todo - el borde de la pieza a embutir, mientras el fondo de la ma - triz resiste el empuje del punzón.

Si la pieza es de embutido profundo y de grandes - dimensiones, se debe colocar el borde de la lámina metálica entre dos planos que sujeten la chapa, mientras que en la - parte central se desarrolla el embutido. Al realizar la su - jeción del material de la forma anteriormente descrita, el - material es obligado a extenderse superficialmente, resba - llando lentamente para formar la pieza embutida, evitándose - la formación de pliegues en las paredes la pieza embutida.

En la Figura IV:4 muestra gradualmente las fases - en una operación de embutido, en la primera figura, se ob - serva el deslizamiento del borde de la lámina hacia el cen - tro, originándose una tensión en la mayoría de la superfi - cie de la lámina, al distribuirse la tensión en la mayoría - de la superficie, produce un alargamiento en las fibras del material a expensas del espesor de la lámina. Se observa - también en la misma figura un anillo de sujeción del contor - no, que tiene por objeto adherir el borde de la chapa a la superficie de apoyo, de manera que el deslizamiento sea en - un sentido radial, evitándose la formación de pliegues en - la lámina al terminar la operación, el espesor de la lámina permanece constante, pero las fibras del material varían -- completamente de posición, teniendo que recurrir en muchas - ocasiones a efectuar previamente un tratamiento térmico a - la lámina, para evitar agrietamientos en las paredes del ma - terial embutido, ya que al variar la posición de las fibras, el material tiende a endurecerse.

La estampa, para embutir, como se muestra en la - figura IV:5, está constituida básicamente de: un punzón (1), que está rígidamente fijado al portapunzón (2), una pieza - de retención (7), y una matriz (3). La combinación punzón-

y portapunzón va fijada en la parte móvil de la prensa, la pieza de retención (7) tiene como función principal, permitir que el material se escurra suavemente impulsado por el punzón (1) hacia el interior de la matriz (3) con objeto de moldear la pieza. El casquillo marcado con el número (4) acompaña a la chapa debido a la acción del punzón (1), desde su posición (borde del plano superior), comprimiendo al mismo tiempo el muelle (5) logrando con la acción de este casquillo impedir el arrollamiento de la chapa. Al terminar la operación, el punzón (1) retrocede y abandona libremente al casquillo (4), que estando sujeto a la acción del muelle (5), asciende y expulsa de la matriz la pieza embutida. La estampa para embutir está complementada con una base (6) por medio de la cual se fija en la mesa de la prensa.

#### IV:4.c.1 VARIABLES A CONSIDERAR EN LA OPERACION DE EMBUTIDO.

La operación de embutido reúne las operaciones de: estampado y embutido profundo, considerándose básicamente el mismo proceso en los tres casos, siendo el único aspecto que los diferencia, el grado de severidad de la operación.

La operación de estampado, es la que se considera con el nivel más bajo de severidad (generalmente objetos semi-planos), el grado de severidad intermedio se conoce con el nombre de embutido (objetos cóncavos con una mayor deformación que los estampados), el grado más alto de deformación se conoce con el nombre de embutido profundo, y es el referente a la fabricación de objetos cilíndricos ó en forma de recipientes.

Cuando lo que se fabrica son recipientes de forma cilíndrica, no existe ningún problema en cuanto a la determinación del blanco, ya que para todas las superficies de revolución el blanco es siempre circular, reduciéndose el problema solamente a calcular el diámetro de éste.

La forma de la figura del blank para objetos que no tendrán aspecto cilíndrico al final del proceso, se determina una vez que se ha terminado la fabricación del herramienta para embutir.

El siguiente paso, es el de hacer pruebas hasta llegar a encontrar la forma óptima de blank, con la que se concluya la operación de embutido, por un lado, sin desgarramientos ni secciones carentes de material y por otro lado que el material remanente en la periferia de la pieza embutida sea adecuado, si es que se requiere algún doblado o remate especial en pasos posteriores.

El último paso, es el de la construcción de los troqueles de corte.

La operación de embutido al igual que la de doblado, se debe de realizar, sin alteración del espesor del material, por lo que la superficie de un blank, debe ser prácticamente la misma que la de una pieza embutida con el blank antes mencionado.

La única restricción que se debe tomar en cuenta en el caso de embutidos de forma cilíndrica, es que no se puede embutir un recipiente que tenga más de .5 veces el diámetro en su altura, y cuando se requiera una mayor profundidad se hace en varios pasos.

#### IV:4.C.2 FUERZA REQUERIDA PARA REALIZAR LA OPERACION DE EMBUTIDO.

La ecuación que se describe a continuación, es la referente a objetos de forma cilíndrica, ya que de tratarse de una pieza de forma irregular, las variables, tendrán que considerarse en base a análisis previo, y dependerán de la forma de la pieza a estampar:

$$F_e = e \sqrt{Rk}$$

en donde:

- $F_e$  = fuerza requerida para realizar la operación de embutido. [Kg]  
 $e$  = espesor [mm]  
 $R$  = radio del blank [mm]  
 $\sigma$  = tensión por flexión, necesaria para la deformación permanente [Kg/mm<sup>2</sup>]  
 $k$  = factor que depende de la razón  $R/r$ , su valor es empírico. Es una función logarítmica, en la cual se tiene que comprobar la fuerza necesaria para un embutido, sin rotura del blank. mm  
 $r$  = radio del punzón de embutido mm

Los valores de  $K$  en función de la relación  $R/r$ , - pueden obtenerse de la siguiente tabla:<sup>22/</sup>

R/r	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25	1.40	1.35	1.40	1.45	1.50
K	0.197	0.404	0.732	1.013	1.287	1.565	1.853	2.110	2.405	2.666
R/r	1.55	1.60	1.65	1.70	1.75	1.80	1.85	1.90	1.95	2.00
K	2.982	3.189	3.443	3.704	3.963	4.228	4.485	4.714	4.939	5.194



#### IV:5 EJEMPLO DEL ESTAMPADO DE UNA PARTE DE CARROCERIA.

Con la finalidad de tener una idea más clara de la secuencia lógica de operaciones que involucra el proceso de estampado, en su forma más general, para una pieza de carrocería. A continuación se detallan las operaciones necesarias a realizar para transformar una hoja de lámina en una salpicadera de auto.

Dado que para cada diseño de componentes de carrocería, el número de operaciones dependerá de la complejidad de la parte a estampar, y aunque dentro de la fase de diseño se deben de tomar en cuenta la mayor optimización de recursos, minimizando material y número de pasos en las prensas, etc. Los aspectos básicos del proceso, estarán presentes en el ejemplo.

La pieza seleccionada para ejemplificar el proceso, es una salpicadera, por considerarse común a cualquier modelo y que además integre el mayor número de pasos dentro del proceso.

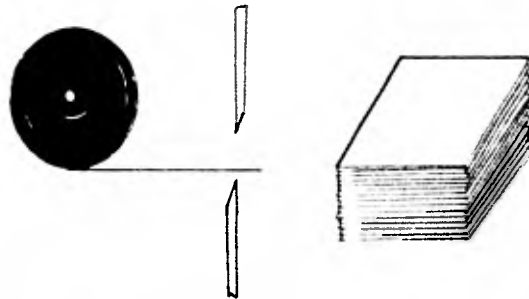
La descripción gráfica del proceso, se presenta en la figura IV:6, iniciándose con el recibo de la materia-prima (previamente seleccionada), en forma de rollo.

La selección del tipo, grado y calidad del acero idóneo para fabricar la mencionada parte de carrocería, se determinaría dependiendo del grado de severidad de la pieza básicamente, de la misma manera como se expuso en el capítulo III.

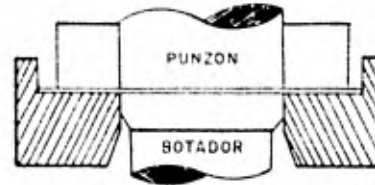
1o. CORTE DEL MATERIAL EN CIZALLAS.- En este paso del proceso, se fragmenta el rollo a la medida adecuada para ser insertado posteriormente, dentro de las guías colocadas en la mesa de la prensa para el corte del blank. Este paso sirve básicamente para acondicionar la lámina según los requerimientos de los troqueles de corte de blank, en caso de que la lámina no se haya podido adquirir con medidas predeterminadas, y su presentación sea en rollo. En caso contrario, este paso se elimina.

FIGURA. IV: 6.

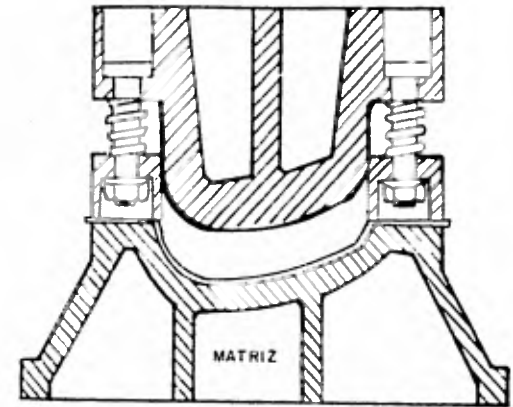
PROCESO DEL ESTAMPADO DE UNA SALPICADERA DE AUTOMOVIL.



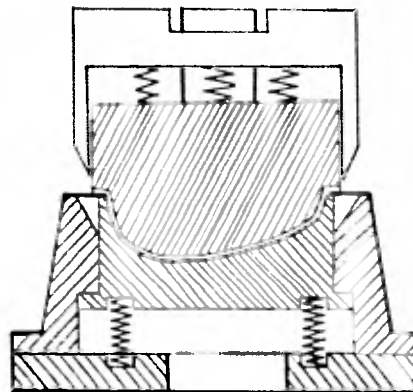
① CIZALLADO DE MATERIAL



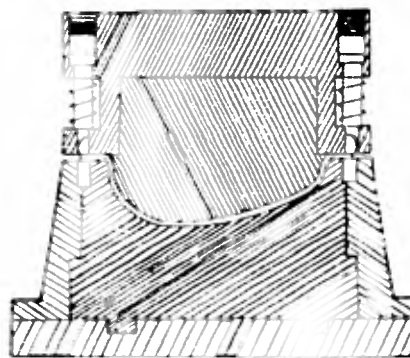
② TROQUELADO DE LA PLATINA



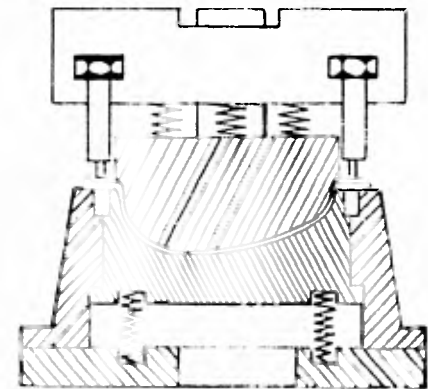
③ EMBUTIDO



④ RECORTE DE PEDACERIA



⑤ ESTAMPADO FINAL Y CANTEADO



⑥ PUNZONADO

La fuerza requerida para el corte, se determinará en base a la ecuación correspondiente, presentada en el inciso - - IV:4.a2.

2o. TROQUELADO DEL BLANCK. - Una vez fragmentada - la lámina, generalmente en áreas cuadradas o rectangulares, de tal manera que la disposición de corte de material sea - óptima con el fin de aprovechar al máximo el material con - un mínimo de desperdicios, se procede al troquelado de las - platinas, operación que sirve como base a cada pieza para - las operaciones subsecuentes, dándole firmeza a la pieza y - evitando roturas de la lámina (dicha operación, se ilustra - de una manera general, en la figura IV:1). Los pasos de di - cha operación son:

- a) instalar el lote de lámina recortada junto a - la prensa.
- b) introducción de la hoja de lámina en la prensa.
- c) accionamiento de la prensa
- d) corte
- e) extracción de la platina
- f) desecho del remanente perimetral
- g) traslado del lote de platinas recortadas a la - siguiente estación.

La fuerza requerida para el corte, se determinará en base a la ecuación correspondiente, presentada en el inciso IV:4.a2.

3o. EMBUTIDO. - Esta etapa es la más importante de todo el proceso, ya que es la etapa en donde se le da la -- forma concreta a la pieza de acuerdo al modelo, por otro la -- do, en esta etapa es en donde la lámina sufre la mayor de -- formación. Es en este paso, donde debido a la deformación -- crítica llegan a presentarse fenómenos de desgarramiento de la lámina, por lo que en el momento de ser diseñada la pieza se debe de analizar muy detenidamente este paso.

Es de hacer notar, que: debido a la naturaleza --

del proceso, éste se efectúa generalmente en prensas hidráulicas (a diferencia de las dos operaciones anteriores, que comúnmente se realizan en prensas mecánicas) y por ser este tipo de prensas menos rápidas que las mecánicas (las características de uno y otro tipo de prensas, se analizan en el Capítulo V) éstas marcan la cadencia de producción en la línea de proceso. Los pasos de esta operación, son los siguientes:

- a) Recepción del lote de platinas troqueladas.
- b) Lubricación de la platina (el tipo de lubricante idóneo se describe en el punto III:9)
- c) Introducción de la platina en las guías interiores de la prensa
- d) Accionamiento de la prensa
- e) Embutido
- f) Extracción de la pieza embutida
- g) Traslado del lote de piezas embutidas a la siguiente estación.

La fuerza requerida para el embutido, dependerá básicamente del grado de severidad de la operación para fabricar la pieza y las variables geométricas que intervengan en la ecuación, que a su vez, determine dicha fuerza, tendrán que considerarse en base a un análisis previo, ya que las principales variables que intervienen, como son: el espesor, radios y tensión por flexión, se determinan previamente de manera similar, como se expuso en el inciso IV:4.c2 para piezas de forma cilíndrica.

4o. RECORTE DE PEDACERIA.- Una vez que se ha embutido la pieza, ésta se traslada a la siguiente estación de prensas, en donde se le recorta el perímetro de desecho de las partes de la lámina que no entran en el dibujo de la pieza. Esta operación se realiza generalmente en prensas mecánicas, y los pasos que involucra son:

- a) Recepción del lote de piezas
- b) Introducción de la pieza a la prensa
- c) Accionamiento de la prensa
- d) Recorte
- e) Desecho del excedente perimetral
- f) Extracción de la pieza recortada y traslado a la siguiente estación.

La fuerza requerida para el corte del excedente - perimetral, se determina con la ecuación mostrada en el inciso IV:4.a2.

5o. REGOLPEADO O ESTAMPADO FINAL. - En esta operación, se reafirma la forma definitiva de la pieza a través de una segunda deformación, la cual es menos severa que la primera (paso No. 3). Simultáneamente se cantea y engargola el perímetro de la pieza que no va unido a la carrocería y se dobla la parte que va ensamblada.

Esta operación también se efectúa en prensa mecánica y los pasos que requiere son los siguientes:

- a) Recepción del lote de piezas
- b) Introducción de la pieza en la prensa
- c) Accionamiento de la prensa
- d) Estampado, engargolado y doblado (progresivamente)
- e) Extracción de la pieza y traslado a la siguiente estación.

La fuerza que se requiere en esta operación es - una combinación, ya que se tienen tres operaciones en un paso.

Para la operación de estampado final, se adopta - el mismo criterio que en el paso 3 (embutido) para determinar la fuerza, tomando en cuenta que esta fuerza será menor que la del primer embutido, ya que generalmente es para remarcar los detalles finales de la pieza.

La fuerza requerida para las dos operaciones restantes, (engargolado y doblado) se determinan simultáneamente con la ecuación correspondiente, mostrada en el inciso - IV:4.b2.

Finalmente, la fuerza requerida para este paso, - será la suma de las tres fuerzas antes calculadas.

6o. PUNZONADO.- Una vez que el material ha sufrido todas las deformaciones necesarias para darle la forma deseada, se procede a efectuar el punzonado, operación que provee en la pieza los barrenos necesarios para su ensamble posterior y desagüe. Los pasos involucrados son los siguientes:

- a) Recepción del lote de piezas
- b) Introducción de la pieza en la prensa
- c) Accionamiento de la prensa
- d) Troquelado de los barrenos
- e) Extracción de la pieza.

La fuerza necesaria para esta operación se determina directamente en base a la ecuación correspondiente de corte o troquelado, presentada en el inciso IV:4.a2 y multiplicándola por el número de barrenos que se requieran en la pieza.

La inspección de cada uno de los seis pasos del - proceso, puede ser individual (por paso) o final, dependiendo del tipo y necesidad del control de calidad de las piezas, pero independientemente del tipo de control, básicamente se debe checar:

- forma de la pieza (contra patrones maestros)
  - dimensión (espesores, longitudes, etc.)
  - calidad (acabado superficial)
  - número y colocación de barrenos (contra patrones maestros).
- Con esta actividad, termina el proceso de estam

pado, posteriormente aquellas piezas que han pasado las - pruebas de control de calidad, se les dá salida rumbo al al macén, para su resguardo y empaque, con el fin de que estén en perfectas condiciones al momento de embarque y recibo en las plantas ensambladoras en donde finalmente, conformarán las carrocerías íntegras de los automóviles.

#### IV:6. CONSIDERACIONES.

De lo anteriormente expuesto en este capítulo, se concluye que en la etapa de análisis del proceso, previa a la fabricación en serie, se deben determinar en primer instancia, el tipo de operaciones que se requieren para la fabricación de cada una de las diferentes piezas a procesar.- Posteriormente, se debe determinar la fuerza que se requiere para efectuar cada una de dichas operaciones, a través - de las fórmulas correspondientes a partir de cada una de -- las tres operaciones básicas de estampado (corte, doblado y embutido), debiéndose efectuar el análisis más detallado, - en el caso de la operación de embutido, para determinar las variables geométricas de la pieza, que influyen en la magni tud de la fuerza que se requiere para su transformación per manente previamente diseñada.

Simultáneamente, se deben de considerar una serie de restricciones en cada una de las operaciones, como son:

- a) Relación punzón-espesor
- b) Distancia entre piezas troqueladas
- c) Relación de claro punzón-matriz
- d) Radios de curvatura
- e) Angulos de doblez
- f) Eje de doblez - dirección de grano
- g) Relación diámetro - Altura (embutido profundo)

## C A P I T U L O V

### MAQUINARIA Y HERRAMENTAL REQUERIDO PARA EL ESTAMPADO DE CARROCERIAS AUTOMOTRICES.

V:1. DESCRIPCION

V:2. MAQUINARIA UTILIZADA EN EL PROCESO DE ESTAMPADO

V:2.a GENERALIDADES

V:2.b LOS PROCESOS Y LAS PRENSAS

V:2.c CLASIFICACION DE LAS PRENSAS

V:2.d SELECCION DE LAS PRENSAS

V:3. HERRAMENTAL

V:3.a GENERALIDADES

V:3.b ASPECTOS TECNICOS DEL JUEGO DE TROQUELES

V:3.c CRITERIOS SOBRE LA ELECCION DEL SISTEMA CON-  
STRUCTIVO DE UNA ESTAMPA.

V:3.D ELECCION DEL TIPO DE ESTAMPA

V:4. ANALISIS DE PRODUCCION.

V:4.a TIEMPO DE PROCESO

V:4.b NUMERO DE PIEZAS PROYECTADAS PARA EL AÑO DE  
1985.

V:4.c TIEMPO LABORABLE

V:4.d REQUERIMIENTO DE PRODUCCION DIARIA

V:5. CONSIDERACIONES



## V:1 DESCRIPCION.

En los capítulos anteriores, se trató la fabricación del acero, y en particular la fabricación de la lámina de acero de bajo carbono.

Posteriormente, se analizó el tipo de lámina requerida para la fabricación de las partes de carrocería, en base al grado de severidad y algunos otros aspectos que determinan la elección de lámina de acero más adecuada para el estampado de partes.

También se ha visto cuales son las operaciones -- que deben realizarse, o bien cuáles son y cómo pueden ser -- las transformaciones físicas que puede sufrir una hoja de lámina.

Dichas transformaciones pueden realizarse, sometiendo el material, básicamente en tres diferentes operaciones, que son: corte, doblado y embutido. La operación de doblar, por ejemplo, aún siendo distinta desde el punto de vista tecnológico, puede tomar varios aspectos; así por -- ejemplo, una lámina puede doblarse con un herramental montado en una máquina A, o bien doblarse directamente en una máquina B.

Las distintas formas de obtención, los diferentes aspectos y características tecnológicas, han inducido a la construcción de numerosos tipos de máquinas, que faciliten el proceso de transformación de la lámina a partir de su estado como materia prima, en forma de lámina plana. Por este motivo, es muy importante determinar que tipo de máquinas son las adecuadas para utilizarse en el proceso de estampado.

## V:2 MAQUINARIA UTILIZADA EN EL PROCESO DE ESTAMPADO.

La subdivisión genérica que comprende a los tipos de maquinaria requerida es la siguiente:

- I) Máquinas de movimiento rectilíneo alternativo (con carro).

II) Máquinas de movimiento giratorio continuo  
(con rodillos).

Pertenecen a las máquinas del Grupo I:

1. prensas excéntricas
2. prensas de fricción
3. prensas hidráulicas y de aire comprimido
4. tijeras de guillotina
5. dobladoras rectas.

Pertenecen a las máquinas del grupo II:

1. laminadoras
2. aplanadoras
3. tijeras circulares
4. dobladoras
5. curvadoras
6. bordonadoras
7. perfiladoras
8. engrapadoras
- 9, recubridoras o cercadoras.

Cada máquina de las mencionadas, admite diversos tipos constructivos que están en relación a las exigencias requeridas.

Puesto que en este capítulo se tratará exclusivamente del tipo de maquinaria y herramental para el proceso, ahora hablaremos solamente de la subdivisión de las prensas, excluyendo algunos tipos especiales, se subdividen en:

- a) Prensas de simple efecto
- b) Prensas de doble efecto

Para las prensas de cada uno de los grupos a y b, puede considerarse lo siguiente en relación al funcionamiento:

1. Sin dispositivos especiales de alimentación ó distribución automática.

## 2. Con alimentadores automáticos (revolver, brazo mecánico, etc.)

### V:2.a GENERALIDADES.

La prensa es una máquina capaz de producir un esfuerzo de trayectoria rectilínea, sobre un útil (matriz ó - estampa) encargado de conformar un tipo particular de pieza, generalmente con uno o muy pocos golpes. A veces dicho esfuerzo se aplica directamente sobre la pieza.

Los tipos de operación que generalmente se realizan en este tipo de máquina son los siguientes:

- 1) Operaciones de corte y separación de material: corte, - punzonado, perforado incompleto, entallado, raspado, -- desbarbado y corte fino; es decir, todas las operaciones de troquelado.
- 2) Operaciones para dar forma:
  - Operaciones varias de formado: doblado, curvado, con formado y aplanado; operaciones especiales como por ejemplo: arrolado, bordonado, ribeteado, engrapado y perfilado.
  - estampado de lámina y piezas macizas.
  - Embutición ligera y profunda.
  - Estirado
  - Extrucción, normal y por impacto.
  - Calibrado
  - Forja
  - Acuñado
- 3) Operaciones combinadas: Por ejemplo las de corte, doblado y embutición en matriz progresiva o prensa transferida.
- 4) La relación entre la presión máxima y el peso de las -- prensas mecánicas normales y de excéntrica, vienen dada por la siguiente tabla:

Presión máxima =	4 toneladas;	peso =	0.3 toneladas
"	" = 10 "	;	" = 0.7 "
"	" = 60 "	;	" = 4 "
"	" = 200 "	;	" = 8 "
"	" = 300 "	;	" = 11 "

#### IV:2.b LOS PROCESOS Y LAS PRENSAS.

Características generales y ventajas que ofrecen los procesos de estampado y conformación por prensas dentro del campo general del mecanizado, comparados con otros procesos.

##### - RAPIDEZ Y PRODUCTIVIDAD.

Las prensas son, indudablemente, las máquinas de producción más rápidas utilizadas en esta industria. Muchas de ellas, elaboran productos acabados o partes de ellos, -- con un solo golpe o una sucesión de golpes rápidos. Cualquiera tipo de pieza de cualquier aplicación, es conformada con mayor velocidad, que si lo fuera por alguna otra máquina de arranque de viruta o grupo de máquinas, o bien, por una máquina automática. Para comprobar lo anterior, simplemente hay que considerar las cadencias de producción obtenidas con prensas rápidas o incluso las más lentas de las -- prensas universales, al conformar una pieza sencilla o más-compleja, por medio de matriz progresiva o las prensas de -- acción complejas contra otros procedimientos.

##### - AUSENCIA DE VIRUTA (mínimos desperdicios).

No hay problemas en la zona de corte provocados -- por la acumulación de viruta, no se dificulta el corte, ni se impide el enfriamiento del herramental. En las operaciones de corte (troquelado de silueta), hay sin duda desperdicios, los cuales pueden ser mínimos, a través de un adecuado estudio de optimización y distribución de las siluetas o figuras a troquelar.

En las operaciones de conformación general (estampado, extrusión, forja en frío, conformación en estampa cerrada, etc.) todo el material es útil y prácticamente no hay desperdicios, en consecuencia, hay una clara economía de material.

- Exactitud, precisión y garantía de repetitibilidad de formas y medidas, son objetivos alcanzados con el avance de las tecnologías, aplicadas en el proceso, materiales, tratamientos térmicos, engrasantes, lubricantes, rigidez, exactitud y potencia de las diversas generaciones y tipos de máquinas, velocidades y métodos de trabajo aplicados al uso de las prensas.

- Calidad superficial elevada.

Derivada del propio principio de deformación y corte, así como del mejor conocimiento de los factores implicados: pulido de los útiles, tratamientos térmicos y calidad metalúrgica adecuada, así como la mejora, de lubricantes sólidos y líquidos empleados, es una ventaja más del uso de las prensas.

Por las características anteriormente expuestas, dentro de los procesos de estampado, corte de siluetas y conformación en lámina metálica de acero, en los últimos años se han presentado desarrollos notables, y las máquinas que los han facilitado han sido las prensas, que se han impuesto en multitud de industrias metalmeccánicas, ya sea como máquinas básicas de producción, o bien como máquinas secundarias y auxiliares.

#### V:2.c CLASIFICACION DE PRENSAS.

En un estudio sistemático, pueden hacerse tantas clasificaciones como criterios se admitan, sin embargo es adecuado clasificar las ideas y situarlas en el área de procesos que son efectuados, a través de las prensas.

De esta forma, y de una manera muy general, las -

prensas se subdividen en dos grandes grupos que son: mecánicas e hidráulicas.

Así, por ejemplo, las prensas que efectúan cortes a troquel, perforaciones, formas huecas y estiradas, prensas de matriz progresivas, de forja, extrusión, ó extrusión por impacto, generalmente son MECANICAS y de doble montante.

Aquellas prensas que efectúan estampados, embuticiones y estirados profundos conformados de formas irregulares, ó conformados ya sea por estampas, matrices o punzones de goma, así como conformaciones de alto tonelaje, generalmente, se efectúan en PRENSAS HIDRAULICAS, de doble montante. Cuando la demanda de fuerza es grande o el trabajo requiere una fuerza constante a todo lo largo de la trayectoria de la parte móvil, ó regulable en parte o en todo el recorrido útil del punzón, la prensa hidráulica es la mejor.

Atendiendo al tipo de energía utilizado para el esfuerzo principal se pueden agrupar en:

- prensas mecánicas: que comprenden las máquinas alternativas, las de fricción y las de palanca.
- prensas hidráulicas
- prensas neumáticas

Atendiendo a la estructura del bastidor en:

- prensas de cuello de cisne (rígidas e inclinables con cigüeñal frontal).
- prensas de doble montante (pequeña o gran capacidad).
- prensas de columnas, etc.

#### V:2.a. ELECCION DE LAS PRENSAS.

El panorama anterior, da una idea de la gran variedad de trabajos que se pueden efectuar alternativamente o en exclusiva, y siempre con resultados sorprendentes de calidad y economía por medio de esas simples máquinas que actúan por deformación, llamadas prensas.

El análisis efectuado en los puntos anteriores fue con la idea de determinar el tipo de prensa más adecuado para realizar el proceso de estampado de carrocerías, llegando a las siguientes conclusiones:

PRENSAS HIDRAULICAS: son las indicadas, para el estampado y dentro del campo de la embutición por las siguientes ventajas:

- su acción directa es más eficaz por mejores rendimientos que los accionamientos mecánicos.
- menor número de partes móviles que equivale a menor desgaste y mantenimiento.
- disposición de toda la potencia o fuerza en todo el curso del pistón, e incluso es posible variar la fuerza y velocidad a lo largo de la carrera - para adaptarse a la resistencia y características del material. Esta característica facilita la fluidez de la chapa entre punzón y matriz evitando las rupturas al momento del estampado por un alargamiento súbito.
- funcionamiento suave y sin vibraciones.
- potencia prácticamente ilimitada (actualmente, - han superado el umbral de las 75,000 toneladas). El tonelaje que se requiere para el estampado de las partes más grandes (toldos) de carrocerías - de autos populares no rebasa las 1000 toneladas.

Por las características anteriormente descritas, - las prensas hidráulicas, se consideran las idóneas para ser el tipo de prensa líder de producción dentro de un proceso - de estampado, ya que es la que efectuará (independientemente de la pieza a procesar) el primer embutido, que generalmente es el más crítico, por lo que a su vez, marcará la cadencia - de producción en la línea de proceso.

El tipo de prensa hidráulica adecuada en cuanto a la estructura del bastidor, es la de montantes rectos, ya -- que este tipo de prensa, mantiene la presión del punzón constante en toda el área de la mesa en la prensa.

Es necesario que sea de doble efecto, ya que se requiere la intervención de una prensa chapa ó sujetador.

Dichas prensas, tienen una cadencia de producción -- que puede variar de 30 a 60 golpes por minuto.

La potencia que se requerirá, dependerá de:

- a) la forma constructiva de la pieza
- b) las dimensiones de la pieza
- c) la cantidad de piezas que deben producirse.

Básicamente se deben considerar los dos primeros -- puntos, ya que éstos determinarán directamente el tonelaje -- necesario para realizar la transformación requerida.

Como ya se mencionó, el tonelaje máximo requerido -- para estampar los componentes de carrocería, de la categoría de autos en estudio no rebasa las 1000 toneladas. Para contar con un rango de seguridad en la operación, con prensas -- de 1200 toneladas, se tendrá una capacidad suficientemente -- adecuada para el proceso.

PRENSAS MECANICAS: En todas ellas, el accionamiento se obtiene por un mecanismo de biela-manivela, puro o modificado.

Por su cinemática particular, tienen el punto muerto inferior fijo, encontrándose su carrera útil de trabajo, -- en sus cercanías y siendo por tanto, mas bien corta. Al mismo tiempo, en el P.M.I. la fuerza es máxima y tiende a infinito, (valor al que llegaría sin la elasticidad de la estructura, y elementos implicados), por lo que el tonelaje nominal se refiere a este punto. También aquí, la velocidad del punzón es mínima disminuyendo de forma progresiva desde la -- carrera de aproximación, e inversamente en la de retroceso. -- En principio y por la precisión de posición y repetitividad -- absoluta, son las idóneas para el troquelado de las siluetas



cuando así se requiera. Su velocidad, también contribuye a estas aplicaciones.

Por las características anteriores, este tipo de prensa es el complemento de la maquinaria que se requiere para el estampado de partes automotrices, como maquinaria de preparación (recorte de silueta) y como parte de terminación (recorte perimetral de desecho, punzonado, etc.) encontrándose generalmente antes y después de las prensas hidráulicas dentro de la línea de producción.

Es preferente que sean prensas de montantes rectos y de doble efecto, para contar con la ventaja del sujetador de lámina.

La potencia requerida, dependerá directamente de la longitud perimetral de corte y del espesor del material, dicha magnitud es fácilmente determinada mediante la ecuación correspondiente mostrada en el capítulo IV, inciso IV:4.a2.

### V:3 HERRAMENTAL

#### V:3.a. GENERALIDADES:

El herramental que se requiere para el proceso de estampado, generalmente está constituido por dos partes que son: el punzón y la matriz. La función del punzón, es empujar la lámina que ha de formarse hasta alojarla completamente en la matriz, y a través de la presión ejercida por la prensa, se da la forma que está grabada en la matriz.

El juego formado por el punzón y la matriz, llamado también troquel o estampas, se sujetan en la prensa mediante tornillos ó ensambles especiales, constituyendo una de las partes más importantes de la prensa.

Son indispensables tanto como la prensa misma, ya que sin éstos no se podrá realizar ningún trabajo. Su mantenimiento debe ser riguroso, pues las partes que están en contacto directo con la materia prima deben presentar durante

toda su vida útil un acabado superficial, bruñido-cromo y es tarse checando continuamente los posibles desgastes, ya que de lo contrario, al momento de ser procesada la lámina, puede desgarrarse y rayar los útiles de trabajo, deteriorándolos aún más.

El peso aproximado de un juego individual de estampas para embutido varía de 18 a 26 toneladas, dependiendo -- del tamaño de la pieza.

### V:3.b ASPECTOS TECNICOS DEL JUEGO DE TROQUELES.

Características del material, a partir del cual se constituyen los troqueles.

El tipo de acero con el que se fabrican los troqueles, está en función de la tarea específica que deberán cumplir. El tipo de material se determina en base a las siguientes condiciones:

- a) según las dimensiones de la estampa.
- b) según el tipo de estampa, es decir si es para - cortar, doblar, embutir o mixta.
- c) según la temperatura a que debe trabajar la estampa, si es en frío o en caliente.
- d) según el tipo de material que debe trabajar la estampa.

Las características residen particularmente en el punzón y la matriz, porque estos dos elementos son los que están en contacto directo con la lámina.

Las herramientas de corte, por el trabajo especial que desarrollan, deben poseer una gran resistencia al impacto, abrasión y una determinada dureza para mantener el filo de corte después de haber cortado un gran número de piezas.- El grado de dureza, no debe exceder, ciertos límites, por -- que, en este caso, las herramientas se volverían frágiles al choque y se quebrarían. Los demás elementos que forman parte de la estampa requieren materiales corrientes de construc

ción, teniendo presente las particulares funciones que desarrollan; así por ejemplo: las partes que deben deslizarse, se construirán en acero de cementación y las superficies de contacto serán templadas y rectificadas. Los elementos restantes que desempeñan funciones secundarias, se construirán en acero dulce corriente.

### V:3.c CRITERIOS SOBRE LA ELECCION DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO DE UNA ESTAMPA

Proyectar una estampa o una serie de estampas necesarias para la fabricación de una pieza, consiste en crear un conjunto de mecanismos que sean aptos para la transformación física de una lámina.

El estudio de las estampas debe hacerse después de haber determinado el programa de fabricación, o ciclo de estampado. Los problemas que surjan de este estudio pueden tener distintas soluciones, esto es, que el juego de estampas pueden construirse bajo diferentes puntos de vista. Los factores más esenciales que pueden sugerir el camino a seguir son los siguientes:

1o. Características de la pieza a obtener.- Ejercen una influencia fundamental muy destacada en el momento de la elección del sistema constructivo.

Las características principales son las siguientes:

- a) Dimensiones de la pieza a obtener
- b) Grado de precisión requerido
- c) Material que constituye la pieza

Por ejemplo, para las principales piezas de carrocería que son de tamaño mediano y grande, conviene el empleo de las estampas de fundición y lo mismo puede decirse para los juegos de troquel de corte que se requieren estampas de acero de calidad tenaz.

2o. Cantidad de las piezas a producir.- Este es --

otro factor que junto con el anterior sugieren el camino a seguir al proyectar una estampa. Al tratarse de una serie continua de producción diaria, se hace necesario aplicar estampas múltiples para cortar, estampas combinadas para cortar y embutir sucesivamente, estampas para embutido progresivo, etc. de ser posible es recomendable contemplar la aplicación de las estampas a las prensas provistas de dispositivos de alimentación automática, lineal o giratoria; o bien la aplicación a las prensas dotadas de distribuidor automático, de brazo mecánico oscilante, etc.

#### V:3.d ELECCION DEL TIPO DE ESTAMPA.

Teniendo presente lo anterior, el estampado de las principales piezas de la carrocería, pueden obtenerse según los aspectos que a continuación se indican:

- las operaciones de recorte y punzonado, pueden realizarse:

En la prensa, mediante estampas de acero.

- las operaciones del estampado, pueden realizarse:

En prensa, mediante estampas de fundición, considerando que estas estampas empleadas en prensas, son las idóneas para moldear elementos de chapa de acero de figuras complicadas, pudiéndose estampar piezas del tamaño que se requiere para salpicaderas, toldos, capotas de motor, etc. estas estampas constituyen un herramental completo y su característica principal es la fácil realización porque su forma se obtiene previamente en modelos de pasta ó madera. Después de fundida la estampa, es suficiente una operación de alisado y pulido de las superficies de trabajo.

TABLA V:1. CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS PROPIEDADES DEL ACERO, PARA FABRICAR PUNZONES Y MATRICES.<sup>23/</sup>

INDICACION DE EMPLEO	TEMPERATURA DE				COMPONENTES QUIMICOS	PROCESO DE TRATAMIENTO TERMICO	
	FORJA	RECOCIDO	TEMPLE	MEDIO DE			REVENIDO
	°C	°C	°C	TEMPLE			°C
Acero de elevada resistencia al roce y tenacidad adecuado para: - punzones y matrices de embutir y formas complicadas para operaciones de estampado en frío.	1040 a 870	870 a 900	950 a 1120	aire o aceite	180 a 540	C 1.55 Si 0.30 Mn 0.40 Cr 12.00 Mo 0.80 V 0.40	Recocido Templado Templado y revenido a 200°C Templado y revenido a 500°C
Acero indeformable típico de elevada dureza, adecuado para matrices y punzones de cortar	950 a 820	720 a 780	770 a 830	aceite	150 a 260	C 0.85 Si 0.30 Mn 1.90 V 0.15	Recocido Templado y Revenido

<sup>23/</sup> Op. cit. pág. 151, 152 y 153.

#### V:4 ANALISIS DE PRODUCCION.

Con la finalidad de determinar la cantidad de máquinas que se requieren para cubrir la demanda de producción, analizada en el primer capítulo, es necesario primero, identificar las variables que influyen en todos los aspectos de las operaciones productivas para que posteriormente mediante su interrelación se deduzcan los índices que determinarán, el número de máquinas necesario. Dichas variables son:

##### V:4.a TIEMPO DE PROCESO INDIVIDUAL POR OPERACION.

El tiempo de proceso individual por operación, se tomó de la observación directa en una planta de estampados - automotrices en operación. Dicho tiempo de operación involucra exclusivamente el tiempo necesario para realizar la operación (tiempo de máquina).

Los diferentes tiempos para cada operación son los siguientes:

Operación	Tiempo/Operación (segundos)
Corte de material en cizallas	18
Troquelado de la platina	18
Embutido del material	30
Recorte de desecho perimetral	19
Regolpeado (estampado final)	19
Punzonado	19
	<hr/>
	123 seg $\hat{=}$ 2.05 minutos

Por lo que el tiempo estimado para procesar una pieza/módulo de prensas\* es de 2.05 minutos.

\* Un módulo de prensas está formado por una prensa hidráulica (prensa líder) y tres prensas mecánicas.

#### V:4.b NUMERO DE PIEZAS PROYECTADAS PARA EL AÑO DE 1985.

La producción proyectada para el año de 1985, de las unidades que no se estampan en México (NISSAN y DATSUN), determinadas en el capítulo I, tabla I:3., que es de 73,304 unidades, nos sirve como base para determinar la producción inicial de la planta estampadora de carrocerías para el año de 1985.

El número de piezas por estampar se determinó, tomando en cuenta la opción de la unidad con el mayor número de componentes de carrocería exterior.

Dicho número de piezas por unidad es el siguiente:

Puertas	4
Salpicaderas	4
Tapa de motor	1
Tapa de cajuela	1
Toldo	1
	<hr/>
	11 piezas

por lo que el número de piezas programadas para el año proyectado será de:

$$73,304 \times 11 = 806,344 \text{ piezas}$$

Para efectos del cálculo de la producción bruta de piezas, se estima un rechazo en la producción del 2% por lo que dicha producción será:

$$806,344 \times 1.02 = 822,471 \text{ piezas}$$

#### V:4.c. TIEMPO LABORABLE.

Para determinar el número de días laborables al año, se consideró que el promedio de descanso en el año, es de 4.33 días/mes, que son 52 días, más 11 días festivos, arrojan un total de 63 días no laborables.

Para determinar el tiempo que se requiere en el reem plazo de herramental mayor (juego de punzones y matrices, en general se adoptó el siguiente criterio en base, al tipo de acero que se puede utilizar al fabricar los punzones y matrices:

- 1) Para aceros con aleación de cromo y una dureza de 62 a 63 Rockwell H, el afilado se requiere - cada 60,000 operaciones. El herramental de corte (punzonado o troquelado), es el que requiere de un mayor mantenimiento, debido al desgaste.
- 2) Para el material conocido como metal duro, con dureza de 72 A75 Rockwell H, el afilado se requiere cada 900,000 operaciones aproximadamente.<sup>24/</sup>

De lo anterior y para el primer caso, se considera que dentro del ciclo productivo de 1985 se requiere por lo menos, un cambio de herramental antes de terminar de procesar las 822 471 piezas programadas. Se consideran 12 días hábiles en total, para desmontar, dar mantenimiento (pulir, afilar, rectificar, etc.) y montar nuevamente el herramental.

Por lo tanto, el número de días hábiles, disponibles para la producción será de:

$$365 - 63 - 12 = 290 \text{ días/año.}$$

Por lo que el requerimiento de piezas por día será de:

$$\frac{822,471 \text{ piezas/año}}{302 \text{ días/año}} = 2723 \text{ piezas/día}$$

y tomando en cuenta que la capacidad por módulo de prensas - para cada día laborable es de 205 piezas/módulo/día, el número de módulos será el siguiente:

$$\frac{2723 \text{ piezas/día}}{205 \text{ piezas/módulo/día}} = 13.28 \doteq 13 \text{ módulos de prensa.}$$

Aunque la diferencia con el primer caso es relativamente insignificante, se concluye que definitivamente es mejor trabajar con el herramental mencionado en el segundo caso, para efectos de producción (un análisis técnico-econó-

---

<sup>24/</sup> Op. cit. pág. 151, 152, 153 y 159.



mico determinará la opción definitiva), ya que se dispone de más tiempo efectivo de producción, eliminando los tiempos -- muertos de maquinaria y por lo tanto optimizando los recur-- sos.

En el plano de planta mostrado en el capítulo VI, - (de la misma manera que para el caso 1) se proyectan 16 módu los de prensas, agregando para este caso en particular, 3 mó dulos más de los requeridos, incrementando así en 20% la ca- pacidad mínima requerida.

Por lo tanto, el número total de prensas proyecta- do en el mencionado plano de planta, mostrado en el capítulo VI (que comprende los casos 1 y 2 de diferentes herramenta-- les, con la diferencia de que en el segundo caso se tiene un mayor aprovechamiento de los recursos), es el siguiente:

16 prensas hidráulicas (con 2 ó 3 de stock caso 1  
y 2 respectivamente)  
48 prensas mecánicas (con 6 ó 9 de stock caso 1 y  
2 respectivamente)  
64 prensas en total, por lo que el número total de  
módulos será de 16.

V:4.d REQUERIMIENTO DE PRODUCCION DIARIA.

Requerimiento de piezas/día para cubrir la produc-  
ción:

$$\frac{822\ 471\ \text{piezas}}{290\ \text{días}} = 2836\ \text{piezas/día}$$

La capacidad por cada módulo de prensas para una - jornada de trabajo normal, considerando 7 horas de trabajo - efectivo es de:

$$7\ \text{horas} = 420\ \text{minutos} \cdot \cdot$$

$$\frac{420\ \text{minutos/día}}{2.05\ \text{minutos/pieza/módulo}} \approx 205\ \text{piezas/módulo/día}$$

Si se requieren 2,836 piezas al día, el número de módulos de prensas requeridas para cubrir la demanda es:

$$\frac{2,836 \text{ piezas/día}}{205 \text{ piezas/módulo/día}} = 13.8 \approx 14 \text{ módulos de prensas.}$$

Con el fin de preveer eventualidades como pueden ser: mantenimiento, reemplazo inesperado de herramental, etc. en el plano de la planta, mostrado en el capítulo VI, se agregan 2 módulos más, para formar un total de 16 módulos. Incrementando así, en aproximadamente 15% la capacidad mínima requerida.

Para el caso No. 2, el cual se refiere a la opción de trabajar con herramental de acero duro (dureza de 72 a 75 Rockwellh), el cambio de herramental, se requerirá hasta después de haber procesado la producción programada (822,471 -- piezas), por lo que en este caso, teóricamente no se requiere tiempo adicional para desmontaje, mantenimiento y montaje del herramental. De esta manera, el tiempo disponible se de terminará de la siguiente manera:

Días hábiles para la producción:

$$365 - 63 = 302 \text{ días/año}$$

#### V:5. CONSIDERACIONES.

De lo anteriormente expuesto en el presente capítulo, se resume que:

La maquinaria requerida para la planta de estampados automotrices, básicamente es la siguiente:

- a) Prensas hidráulicas de montantes de doble efecto.
- b) Prensas mecánicas de montantes de doble efecto. como maquinaria auxiliar de la producción, se consideran:

- c) Desenrolladoras
- d) Aplanadoras
- e) Cizallas

El herramental de embutición y corte, serán estampas de fundición por su tamaño, de acero de calidad tenaz cuyas características y elementos químicos principales se presentan en la Tabla V:1.

Del análisis de producción desarrollado, se determinó que:

- f) El tiempo estimado para procesar (estampar) una pieza de carrocería automotriz por módulo de -- prensas es de aproximadamente 2.05 minutos.
- g) Que considerando la opción de auto con un mayor número de piezas de carrocería exterior (11 piezas), el número total de piezas procesadas que se requieren, para cubrir la demanda proyectada para el año de 1985, es de 822,471 piezas.
- h) Que dependiendo del tipo de acero con que se fabrique el herramental, el número de días hábiles por año disponibles será de 290 días/año -- (para el caso 1) y 302 días/año (para el caso 2, herramental con metal duro).
- i) El número de módulos es de 14 y 13 módulos para el caso 1 y 2 de herramental, respectivamente.

La diferencia que aparentemente es mínima, contiene implícitamente una gran diferencia, debido a la duración del herramental, la cual se refleja en una utilización más eficiente de la maquinaria, con lo cual se tiene un mayor -- aprovechamiento de los recursos.

Por esta razón se determina, que la mejor alternativa es la de trabajar con herramental de larga duración (caso 2).

- j) Finalmente y tomando en cuenta la alternativa,-

antes mencionada, el número total de prensas - principales\* que se requiere para cubrir la demanda proyectada y con un incremento del 20% de la capacidad, como medida preventiva contra - - eventualidades será de 16 módulos de prensas, - formados por:

16 prensas hidráulicas (con 3 prensas de stock)

48 prensas mecánicas (con 9 prensas de stock)

Sumando un total de 64 prensas y en el entendido, de que cada módulo está constituido por una prensa hidráulica (líder) precedida por tres -- prensas mecánicas.

\* En el plano de planta, mostrado en el capítulo VI, figura VI:2 se presenta la configuración de los módulos de prensas, los cuales preceden ocho prensas mecánicas para troquelado de siluetas que quedan comprendidas como maquinaria auxiliar del proceso.

## C A P I T U L O   V I

### DISTRIBUCION DE PLANTA

- VI:1 DESCRIPCION
- VI:2 FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA DISTRIBUCION DE PLANTA
- VI:3 TIPOS DE DISTRIBUCION DE PLANTA
  - VI:3.a POR COMPONENTE O PUNTO FIJO
  - VI:3.b POR PROCESO
  - VI:3.c POR PRODUCTO O EN LINEA
- VI:4 DIAGRAMA DE PROCESO DE OPERACION
- VI:5 CURSOGRAMAS DE FLUJO DEL PROCESO
- VI:6 DIAGRAMA DE RECORRIDO
- VI:7 CONSIDERACIONES

## VI:1 DESCRIPCION.

Una vez que se han analizado en los capítulos anteriores, los aspectos más importantes en cuanto a la materia prima que se requiere, así como de la maquinaria necesaria para realizar el proceso, el siguiente paso, es determinar la configuración más adecuada que debe tener la planta de estampados automotrices, en otras palabras, se requiere un análisis del proceso que determine cual es la disposición física de la maquinaria y equipo, tal que minimice los movimientos de material y piezas terminadas.

Por el aspecto antes mencionado, el presente capítulo tratará sobre la determinación del arreglo más adecuado de la planta, en base al flujo del proceso.

La necesidad de hacer un análisis de este tipo, es indispensable en la actualidad, ya que los resultados que se obtienen al aplicar los arreglos derivados del análisis en el área productiva, se traducen en: menores costos en el manejo del material, recorridos más cortos para todo el material y puestos de trabajo más adecuados y eficientes; estos aspectos, permiten que la producción fluya adecuadamente con un mínimo de interrupciones y eliminando los problemas y costos que de los paros inesperados se derivan.

## VI:2 FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA DISTRIBUCION DE PLANTA.

Aunque los principios esenciales de la distribción de planta son substancialmente los mismos para todas -- las industrias, la metodología de su aplicación, varía según el tipo del producto, el tamaño de la planta y la variedad de producción.

Independientemente, de la metodología que se -- aplique, los principales factores que se deben de considerar, ya que intervienen invariablemente en la disposición de planta, son los siguientes:

- a) MATERIALES.- incluyendo diseños, variedades, cantidad, - operaciones necesarias y secuencias de los mismos.

- b) MAQUINARIA.- incluyendo el equipo de producción, las herramientas y su utilización.
- c) MOVIMIENTO.- incluyendo el transporte interno e interdepartamental y la manipulación de las diferentes operaciones, almacenaje e inspecciones.
- d) RECURSO HUMANO.- incluyendo supervisión y servicios auxiliares, tanto mano de obra directa como indirecta.
- e) ALMACENAJE.- incluyendo almacenajes temporales y permanentes.
- f) SERVICIOS.- incluyendo mantenimiento, inspección, desperdicios y programación.
- g) EDIFICIOS.- incluye aspectos tanto exteriores como interiores del edificio, aprovechamiento del equipo y distribución.
- h) CAMBIOS.- incluyendo versatilidad, flexibilidad y expansión (que es uno de los factores más importantes a considerar en la etapa de planeación).

#### VI:3 TIPOS DE DISTRIBUCION DE PLANTA.

El tipo de distribución de planta, básicamente se determina en función del tipo de producción a fabricar, y sobre todo por la influencia que van a tener los procesos sobre el tipo particular de producción.

Las industrias manufactureras, pueden clasificarse por la índole del proceso, los cuales en términos generales son:

- a) INDUSTRIAS DE PROCESO CONTINUO.- Se consideran aquellas industrias que trabajan las veinticuatro horas del día.
- b) INDUSTRIAS DE PROCESO REPETITIVO.- Las industrias repeti-

titivas, son aquellas en que el tratamiento del producto se hace por grandes volúmenes de artículos o piezas del mismo tipo.

- c) INDUSTRIAS DE PROCESO INTERMITENTE.- Son aquellas industrias en las que se manipulan partidas del producto, conforme se les envía pedidos y a medida que los satisface.

En base a los procesos de cada industria, existen tres tipos básicos de distribución de planta, que son:

- a) por componente ó punto fijo
- b) por proceso
- c) por producto o en línea.

#### VI:3.a.

La distribución de planta por componente o punto fijo, tiene la característica que el material (materia prima) queda fijo en un lugar sin movimiento. Todas las herramientas, maquinaria, recurso humano y otras partes del material, se llevan a él. se hace completamente la tarea, o producto con el componente mayor o principal, permaneciendo en un sitio.

Dicha distribución es la adecuada cuando:

- 1) las operaciones a formar o tratar, requieren herramientas manuales ó maquinas simples,
- 2) únicamente se fabrica una o muy pocas piezas a la vez,
- 3) el costo de mover la pieza principal es elevado,



- d) cuando la habilidad de la mano de obra recae en la destreza de los trabajadores y se requiere relativamente un mínimo de supervisión.

### VI:3.b.

La distribución por proceso, llamada también por función, es la adecuada cuando el producto no está o bien, no se puede estandarizar o cuando el volumen de trabajos semejantes producidos son bajos, por lo que se necesita una disposición acorde a los procesos realizados, debiendo existir flexibilidad en el orden de la fabricación, según sean las operaciones, deben agregarse de acuerdo al proceso o función que realicen.

Dicha distribución debe usarse cuando:

- 1) la maquinaria es muy cara y no fácil de mover,
- 2) se produce una variedad de productos
- 3) se requiere una gran variedad de tipos y tiempos de proceso
- 4) la demanda del producto es intermitente o pequeña por producto.

### VI:3.c

La distribución en línea ó supeditada al producto, requiere que el producto esté estandarizado y sean fabricaciones de gran volumen (masivas). A diferencia de la distribución de punto fijo, en este caso, el material si se mueve a lo largo de la línea de producción, en donde las operaciones se suceden una, detrás de la otra.

Dicha distribución es la adecuada cuando:

- 1) se requiere la producción de un gran número de artículos homogéneos.
- 2) está más o menos estandarizado el diseño del producto.
- 3) la demanda del(os) producto(s) es estable y -

por lo tanto predecible.

- 4) se pueden obtener operaciones balanceadas y -  
continuidad en el flujo de materiales, sin di-  
ficultad.

En base a los aspectos analizados de cada una de las tres diferentes distribuciones de planta, y por las características del proceso de estampado, se determina que la distribución de planta idónea para la planta en estudio, es la distribución por producto o en línea, ya que ésta reúne - prácticamente todos los aspectos que se requieren para utilizarse en industrias que trabajan con proceso repetitivo, - grandes volúmenes de producción y fabricación de artículos - del mismo tipo.

La característica fundamental de la distribución por producto, es que cuando con los mismos procesos y secuencia de operaciones, se producen unos cuantos artículos, resulta más económico, por lo tanto, que los procesos y máquinas se dispongan en el orden en que se van utilizando, de -- tal manera que los materiales pasen prácticamente, de una máquina a otra.

Como ya se mencionó, este tipo de distribución se adapta a niveles de producción constantes y de gran volumen, por lo que generalmente se requiere de una fuerte inversión en maquinaria y equipo. Con el fin de que dicha inversión sea rentable, se requiere mantener un alto ritmo de producción, derivándose de ésto la necesidad de contar con una supervisión estricta, ya que la falla de cualquier máquina puede originar el paro de toda una línea de producción.

La ventaja más atractiva de una distribución supeditada al producto, es la reducción de costos por evitarse el manejo de material entre cada operación, la programación automática de los materiales tras haber entrado éstos a la línea de producción, la reducción de los niveles de materiales en proceso, un mayor control sobre máquinas, operarios y el flujo continuo de materiales en línea, son los factores -


que se integran para generar un costo unitario mucho menor, que el que se puede obtener comúnmente en una distribución por proceso.


El diseño de distribución propuesto para la planta de estampados automotrices, se muestra en la figura VI:2, al final de este capítulo.

#### VI:4. DIAGRAMA DE PROCESO DE OPERACION.

Una vez que se ha identificado la distribución de planta adecuada para el proceso de estampado, en base a sus características, el siguiente paso, es determinar el diagrama de proceso de operación, el cual se define como la representación gráfica de cualquier proceso de fabricación, y que comienza desde el momento en que se introducen los materiales al proceso, la secuencia de todas las operaciones, incluyendo inspecciones y exceptuando las actividades que tienen que ver con el manejo del material. Comprende la información que se considera necesaria para el análisis, tal como el tiempo requerido y lugar de localización.

Para la elaboración del diagrama de proceso de operación, se usan dos símbolos: un círculo que denota operación, y un cuadrado que denota inspección. Entendiéndose por operación, la transformación intencional de la parte que se estudia. Se efectúa una inspección, cuando la parte que se estudia, es examinada para determinar si está en conformidad con las especificaciones.

 operación

 inspección

Se utilizan líneas verticales para indicar el flujo general del proceso y líneas horizontales que entroncan con las líneas verticales de flujo, para indicar la introducción del material ya sea éste comprado, o sobre el que ya se ha hecho un trabajo durante el proceso.

Todas las operaciones e inspecciones se numeran -

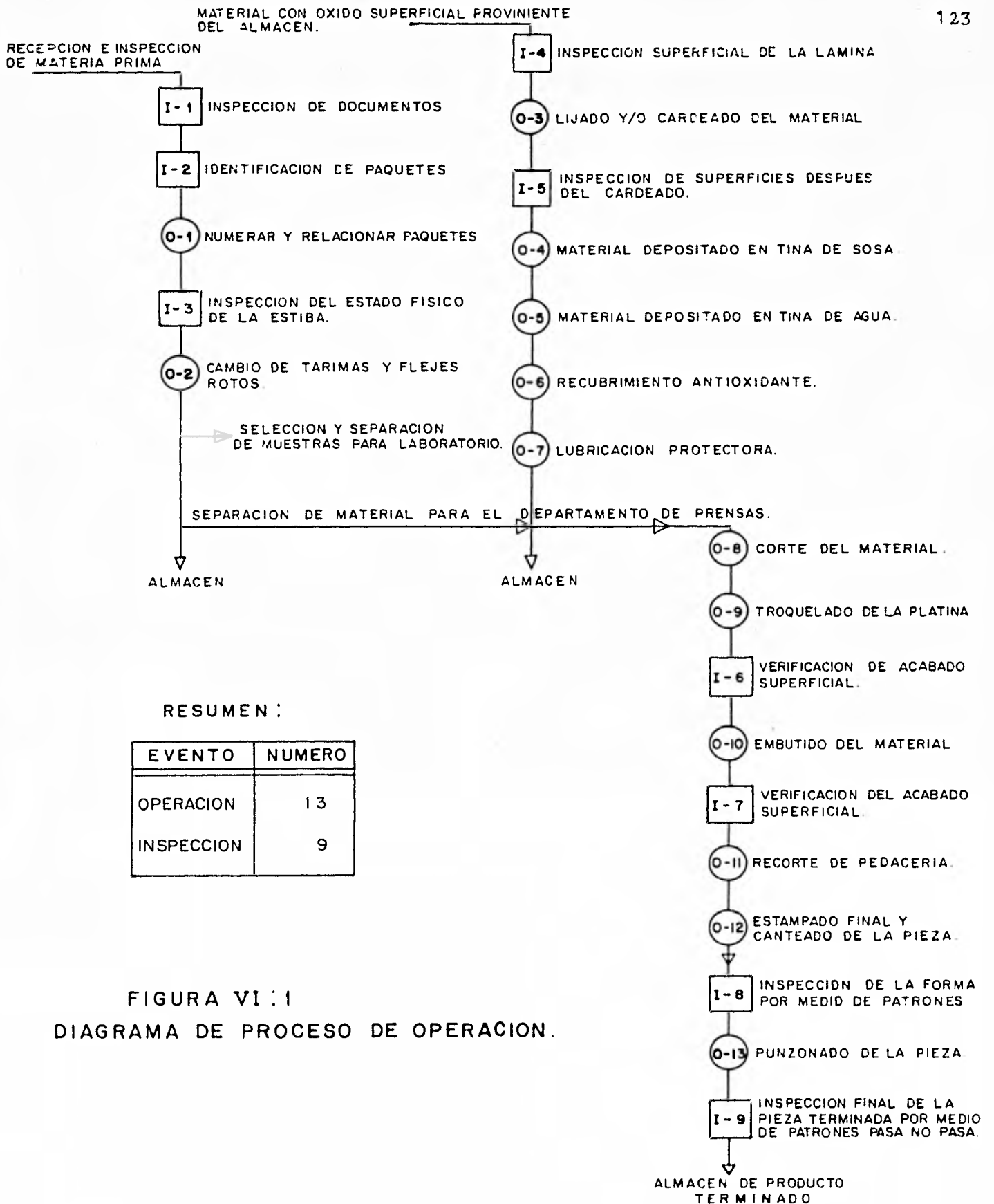


FIGURA VI.1  
DIAGRAMA DE PROCESO DE OPERACION.

cronológicamente para fines de identificación y referencia.

Para el caso particular del proceso de estampado, se inicia con la recepción e inspección de la materia prima (lámina empaquetada).

El segundo paso, es el tratamiento de desoxidación de aquellos paquetes que en caso de presentar tenues capas de óxido, y no se tenga más material disponible, y por lo tanto se tengan que desoxidar.

Finalmente, se concluyen los diagramas con las operaciones de estampado, a que se somete el material para obtener las piezas.

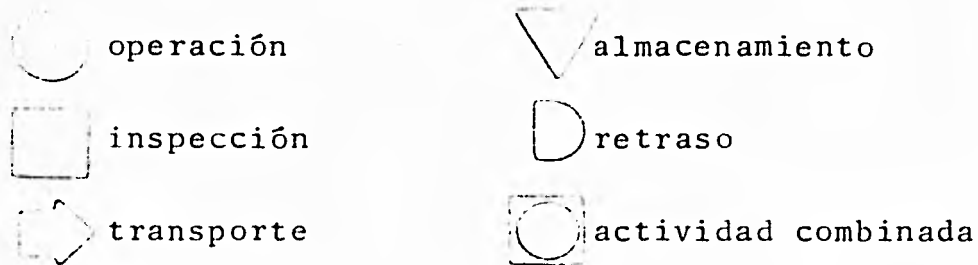
La pieza sobre la cual se elaborarán los diagramas, corresponderán a la misma analizada en el Capítulo IV:4, que es una salpicadera, por considerarse como una de las piezas con mayores pasos en el proceso integral de transformación.

#### VI:5 CURSOGRAMAS DE FLUJO DEL PROCESO.

Como un complemento del diagrama de proceso de operación, se elaboran los cursogramas de flujo del proceso, dichos cursogramas representan gráficamente todas las operaciones, transportes, inspecciones, retrasos y almacenamientos que tienen lugar durante un proceso ó procedimiento, incluyendo la información que se considera necesaria para el análisis, como tiempo requerido y distancia recorrida.

Dado que los cursogramas son mucho más completos que los diagramas de proceso de operación, los cursogramas, son especialmente útiles para poner en manifiesto costos ocultos, tales como distancias recorridas, retrasos y almacenamientos temporales.

En el cursograma, se emplean otros símbolos además de los de operación e inspección; dichos símbolos son:



El cursograma se utiliza como instrumento de análisis para detectar y eliminar los costos ocultos de un componente. El hecho de que el diagrama de flujo muestre claramente todos los transportes, retrasos y almacenamientos, ayuda a reducir, tanto la cantidad, como la duración de estos elementos, por lo que se debe dar mayor consideración al estudio de las distancias que deben recorrer las piezas de operación a operación, así como los retrasos que sufran.

En base al diagrama de proceso de operaciones mostrado en el inciso VI:4, se elaboraron los cursogramas correspondientes a las tres secuencias de operaciones, que son:

- a) inspección de materia prima
- b) desoxidado de material
- c) estampado de una salpicadera.

Dichos diagramas muestran las operaciones que progresivamente deben de efectuarse desde: el recibo e inspección de la materia prima mostrado en la figura VI:5.a. Dicha secuencia de operaciones debe de realizarse invariablemente, siempre que se tengan llegadas de material.

En la figura VI:5.b, se muestra la secuencia de operaciones que es necesario realizar solamente en aquellas ocasiones que la materia prima (lámina de acero) presente óxido superficial ya sea al arribo a la planta, o bien durante su almacenaje en la misma. Esta serie de actividades como ya se explicó es eventual, pero se presenta con la idea de tener una visión completa de las actividades generales que se requieren.

Finalmente, en la figura VI:5.b se muestra el cur

sograma de flujo del proceso de estampado de una salpicade--ra, dicha secuencia de operaciones se analizó de manera grá--fica en el capítulo IV inciso IV:5. En dicho cursograma se--muestran todos los pasos necesarios para transformar la mate--ria prima desde su estado inicial, que de la misma manera -- que en el caso del material con óxido superficial, eventual--mente puede llegar en forma de rollo, por lo que es necesaa--rio recortarla en cizallas a un tamaño adecuada para el si--guiente paso que es el troquelado, hasta su traslado al alma--cén de producto terminado.

Para cada una de las diferentes partes de carroce--ría a estampar, se requerirá su correspondiente cursograma,--ya que: el número de pasos, el grado de severidad y la com--plejidad de las piezas son diferentes para cada una de ellas.

Figura VI : 5. a CURSOGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE RECEPCION  
E INSPECCION DE MATERIA PRIMA.

DESCRIPCION	DISTANCIA (Mts)	TIEMPO (Seg)	S I M B O L O					OBSERVACIONES
			○	⇒	D	□	▽	
INSPECCION DE DOCUMENTOS		*					○	CAMION
TRANSPORTE A LOS ANDENES DE DESCARGA	25			○				
TRANSPORTE A LA BASCULA	6			○				CAMION
PREPARACION DEL EQUIPO DE DESCARGA							○	MONTACARGAS
DESCARGA DE MATERIAL			○					MONTACARGAS
IDENTIFICACION DE PAQUETES							○	
NUMERACION Y RELACION DE PAQUETES			○					
EXTRACCION DE PAQUETES PARA INSPECCION			○					MONTACARGAS
INSPECCION DE PAQUETES							○	
CAMBIO DE TARIMAS Y FLEJES ROTOS			○					
TRANSPORTE DE MATERIAL PARA ALMACENAJE	15			○				MONTACARGAS
MATERIA PRIMA ALMACENADA							○	

RESUMEN :

ACTIVIDAD	No. DE ACTIVIDADES	DISTANCIA
○ OPERACION	4	
⇒ TRANSPORTE	3	
D ESPERA	1	46
□ INSPECCION	3	
▽ ALMACENAMIENTO	1	
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>46 mts.</b>

\* NO SE CONSIDERA POR ESTAR EN FUNCION DEL VOLUMEN DE MATERIAL .



Figura VI.5.b CURSOGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE DESOXIDADO DEL MATERIAL.

DESCRIPCION	DISTANCIA (mts.)	TIEMPO (seg.)	SIMBOLO					OBSERVACIONES
			○	⇒	D	□	▽	
MATERIAL EN ALMACEN		*					▽	
INSPECCION DE SUPERFICIE DE LAMINA								
TRANSPORTE AL DEPTO. DE DESOXIDADO	25			⇒				MONTACARGA
LIJADO Y/O CARDEADO DEL MATERIAL			○					LIJA Y CEPILLO DE ALAMBRE
ACOMODO DEL MATERIAL EN RACKS.			○					
CARGAR EL MATERIAL EN POLIPASTO			○					
TRANSPORTE DE MAT. A TINA DE SOSA.	5			⇒				POLIPASTO
MAT. DEPOSITADO EN TINA DE SOSA.			○					
SACAR MATERIAL DE TINA DE SOSA.			○					POLIPASTO
TRANSPORTE DE MAT. A TINA DE AGUA	3			⇒				
MATERIAL DEPOSITADO EN TINA DE AGUA			○					
SACAR MATERIAL DE TINA DE AGUA			○					POLIPASTO
RECUBRIMIENTO ANTIOXIDANTE			○					APLICADOR
LUBRICACION PROTECTORA CON ACEITE			○					APLICADOR
DESCARGA DEL MATERIAL DEL POLIPASTO			○					
DESCARGA DEL MATERIAL DEL RACK			○					
REGRESO DEL MATERIAL AL ALMACEN	25			⇒				MONTACARGA
MATERIAL EN ALMACEN							○	

RESUMEN :

ACTIVIDAD	No. DE ACTIVIDADES	DISTANCIA
○ OPERACION	9	
⇒ TRANSPORTE	6	
○ ESPERA		58
□ INSPECCION	1	
▽ ALMACENAMIENTO	2	
Total	18	58 mts.

\* NO SE CONSIDERA POR ESTAR EN FUNCION DEL VOLUMEN DE MATERIAL

Figura VI.5.c CURSOGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE ESTAMPADO DE UNA SALPICADERA.

DESCRIPCION	DISTANCIA (mts.)	TIEMPO (seg.)	SIMBULO					OBSERVACIONES
			○	⇒	D	□	▽	
EN ALMACEN DE MATERIA PRIMA								
TRANSPORTE DE MATERIAL A CIZALLAS	10	30		⇒				MONTACARGA
COLOCACION DE MATERIAL EN CIZALLA	2	20	○					
CORTE DE MATERIAL		18	○					CIZALLA
TRANSPORTE DE MATERIAL A TROQUELADO	3.0	15		⇒				
COLOCACION DE MATERIAL EN PRENSA	1.5	20	○					
TROQUELADO DE MATERIAL		18	○					PRENSA MECANICA
DESCARGA DE PLATINA	1.5	10		⇒				
VERIFICACION DE ACABADO SUPERFICIAL		15			D			CHEQUEO VISUAL
TRANSPORTE DE PLATINA A EMBUTIDO	4	12		⇒				
PREPARACION DE PLATINA PARA LUBRICACION		8						
LUBRICACION DE PLATINA		8						
COLOCACION DE PLATINA EN PRENSA	1.25	8	○					
EMBUTIDO DE MATERIAL		30	○					PRENSA HIDRAULICA
DESCARGA DE LA PIEZA	1.25	8		⇒				
VERIFICACION DE ACABADO SUPERFICIAL		60			D			CHEQUEO VISUAL
TRANSPORTE A RECORTE DE PEDACERIA	1.5	12		⇒				
COLOCACION DE LA PIEZA EN LA PRENSA	1.0	8	○					
RECORTE DE MAT. EXEDENTE EN LA PIEZA		19	○					PRENSA MECANICA
EXTRACCION DE LA PIEZA	1.0	8		⇒				
TRANSPORTE A LA SGTE. ESTACION (ESTAMPADO FINAL)	1.5	12		⇒				
COLOCACION DE LA PZA. EN LA PRENSA	1.0	8	○					
ESTAMPADO FINAL Y CANTEADO DE LA PIEZA		19	○					PRENSA MECANICA
EXTRACCION DE LA PIEZA	1.0	8		⇒				
VERIFICACION DE ACABADO SUPERFICIAL		60			D			CHEQUEO VISUAL
TRANSPORTE A LA SGTE. ESTACION (PUNZONADO)	1.5	12		⇒				
COLOCACION DE LA PZA. EN LA PRENSA	1.0	8	○					
PUNZONADO DE LA PIEZA		19	○					PRENSA MECANICA
EXTRACCION DE LA PIEZA	1.0	8		⇒				
TRASLADO A LA SGTE. ESTACION (INSPECCION)	2	12		⇒				
DEPOSITADAS PROVISIONALMENTE PARA INSPECCION		12						
INSPECCION DE CONTROL DE CALIDAD		60			D			CONTRA PATRONES
TRANSPORTE PARA ALMACEN DE PRODUCTO TERMINADO	8	30		⇒				MONTACARGA
EN ALMACEN DE PRODUCTO TERMINADO								

RESUMEN :

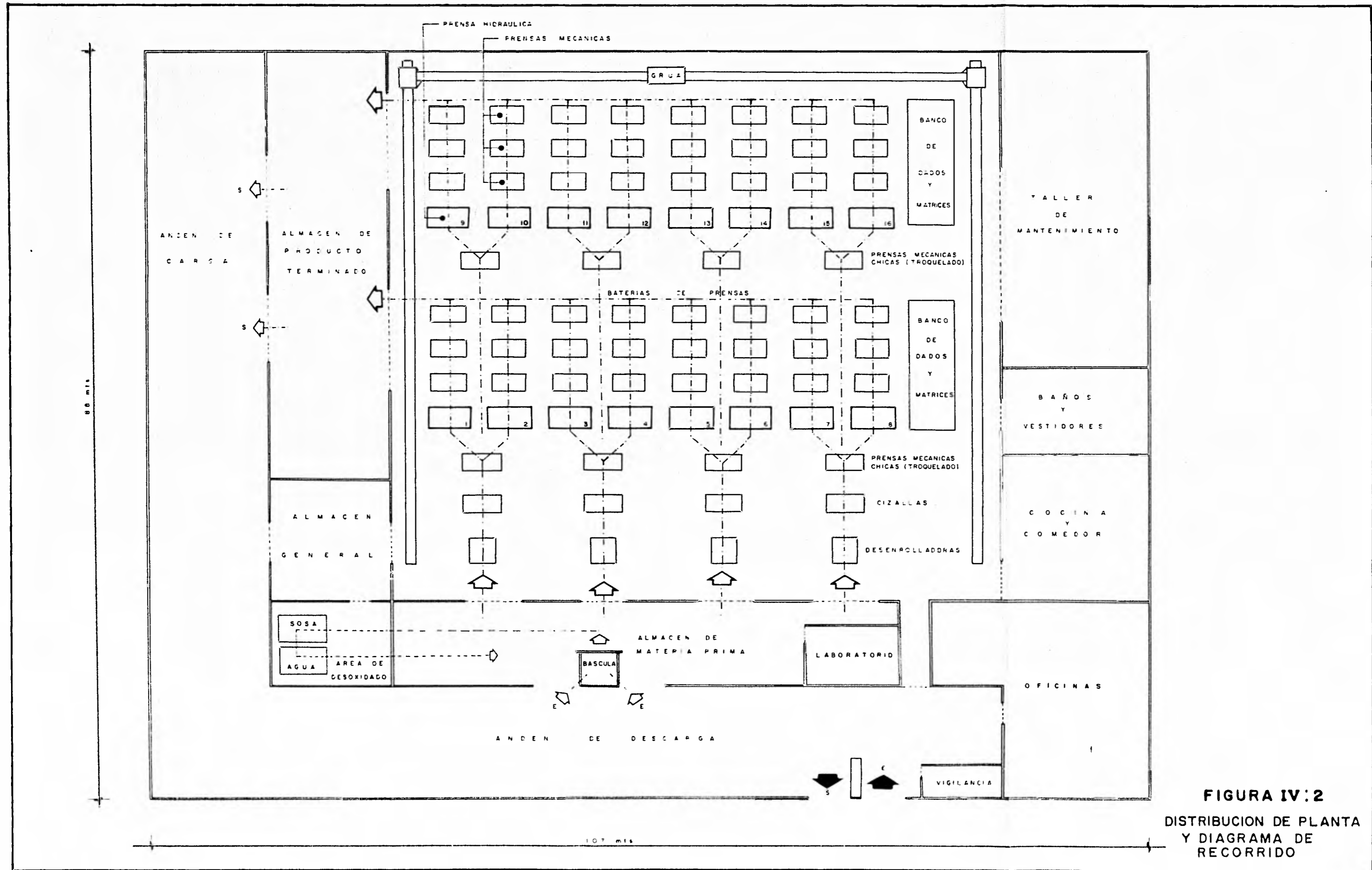
ACTIVIDAD	No. DE ACTIVIDADES	DISTANCIA	TIEMPO
○ OPERACION	6		123
⇒ TRANSPORTE	19	45	249
D ESPERA	3		28
□ INSPECCION	4		195
▽ ALMACENAMIENTO	2		0
<b>Total</b>	<b>34</b>	<b>45</b>	<b>585 seg. = 9 75 minutos.</b>

## VI:6 DIAGRAMA DE RECORRIDO.

El diagrama de recorrido tiene como finalidad el determinar un plan objetivo de flujo del proceso en cuestión, Es por ese motivo, que es necesario elaborarlo, en base a la distribución de planta (previamente diseñada), considerando todas las áreas involucradas y señalando en el plano de distribución de planta los movimientos del material en cada paso del proceso.

La presentación objetiva de la distribución de -- planta propuesta para el proceso de estampado, en donde aparecen las áreas de servicio, así como el lugar en donde se -- llevan a cabo todas las actividades, de las cuales, las generales están registradas en los cursogramas, se presentan junto con el diagrama de recorrido (representado por las líneas .\_\_.\_.\_\_) en la Figura VI:2.

Dicho diagrama, es un instrumento necesario para hacer revisiones de la distribución de la maquinaria y el -- equipo. Muestra el recorrido directo e inverso y la congestión del tránsito en la planta.



**FIGURA IV:2**  
 DISTRIBUCION DE PLANTA  
 Y DIAGRAMA DE  
 RECORRIDO

## VI:7 CONSIDERACIONES.

Por lo anteriormente expuesto en el presente capítulo se concluye que:

La distribución de planta idónea para la planta -estampadora de carrocerías es una distribución por producto- (mostrada en la Figura VI:2) por las características del proceso.

Los diagramas de proceso que se requieren para cada secuencia de operaciones, son necesarios para analizar la interrelación de operaciones y se deben de elaborar para cada una de las secuencias de operaciones.

En el presente capítulo, se presenta el diagrama de proceso de operaciones desde el arribo de la materia prima a la planta, hasta la conclusión de una salpicadera de auto. Dicho diagrama se constituye de tres grupos de actividades, de los cuales dos de ellos, son los correspondientes a actividades generales (recepción e inspección de materia prima y desoxidado de material) y el tercer grupo, corresponde al proceso de la salpicadera. Este último grupo de operaciones, variará en cuanto al número de operaciones, ya que dependerá del tipo de pieza que se analice, dado que a cada tipo de pieza, le corresponde su respectivo diagrama de proceso y cursograma de flujo del proceso, el cual es único para cada uno de los diferentes tipos de piezas en particular.

En cuanto a los cursogramas de flujo del proceso, en el presente capítulo se presentan los correspondientes al diagrama de operaciones, que como ya se mencionó consta de tres grupos de operaciones, por lo que se elaboró el cursograma correspondiente para cada uno de los tres grupos de actividades.

Los dos primeros cursogramas (VI:5.a y VI:5.b) corresponden a las actividades generales, determinándose 12 actividades y 46 metros de recorrido para el primer cursograma, y para el segundo, 18 actividades con 58 metros de reco-

rrido. Para ambos cursogramas, no se determinó el tiempo co rrespondiente, por depender en ambos casos, del volumen de material, el cual varía de embarque a embarque.

El tercer cursograma, correspondiente al estampa- do de una salpicadera, concluye que para dicho proceso se re quiere de: 34 actividades, 45 metros\* de recorrido y aproxi- madamente 9.75 minutos de tiempo para realizarlo.

Finalmente se determinó el diagrama de recorrido- que desarrollará la materia prima desde el almacén de mate- ria prima, hasta el almacén de producto terminado, a través- de cada uno de los módulos de prensas, en base a la distribu- ción de planta, el cual se muestra en la figura VI:2.

\* Se consideró el recorrido más corto, correspondiente al - módulo de prensas No. 1, ya que de tratarse del módulo de prensas No. 16 (recorrido más largo), la distancia reco- rrida será de 112 mts.

## C A P I T U L O   V I I

### LOCALIZACION GEOGRAFICA DE LA PLANTA

- VII:1        DESCRIPCION
  
- VII:2        CARACTERISTICAS GENERALES
  
- VII:3        METODOLOGIA
  
- VII:4        ANALISIS DE FACTORES
  - VII:4.a    QUERETARO
  - VII:4.b    SAN LUIS POTOSI
  - VII:4.c    ESTADO DE MEXICO
  - VII:4.d    MONTERREY
  
- VII:5        CONSIDERACIONES

## VII:1. DESCRIPCION.

La finalidad del presente capítulo, es la de determinar, el lugar idóneo para instalar la planta de estampados automotrices.

La determinación de la localización geográfica, es un renglón muy importante en todo análisis de viabilidad, ya que se debe de considerar entre otros puntos, el análisis de los factores que intervienen en dicha determinación, pues en muchas ocasiones estos factores, son decisivos para la ubicación de una planta, en algún lugar específico.

## VII:2. CARACTERISTICAS GENERALES.

El criterio para determinar la localización geográfica adecuada, consiste en la aplicación de un método sistemático que proporcione una base de comparación entre diferentes alternativas (ciudades ó entidades federativas), colocándolas por orden de referencia, en base a:

- a) Plan de incentivos fiscales para actividades industriales.
- b) Infraestructura de cada lugar.
- c) Fuentes de abastecimiento en general.

Por orden de prioridad, y en base al plan de incentivos fiscales para la desconcentración territorial de las actividades industriales<sup>25/</sup> incorporados a la zona II de prioridades estatales las localidades por analizar son:

- 1o. Querétaro
- 2o. San Luis Potosí
- 3o. Estado de México
- 4o. Monterrey

Para cada una de las diferentes opciones, hay ciertos municipios que han sido señalados como prioritarios para la localización de las actividades industriales que explícitamente están dentro de la zona II de prioridades estatales. Dichos municipios son:

<sup>25/</sup> "Compilación de estímulos fiscales" Dofiscal Editores, 1981.



Para Querétaro:

- a) Cadereyta
- b) San Juan del Río
- c) Villa Corregidora

Para San Luis Potosí:

- a) Cd. Fernández
- b) Matehuala
- c) Rio Verde
- d) Salinas
- e) Villa de Reyes

Para el Estado de México:

- a) Aculco
- b) Atlacomulco
- c) Tejupilco
- d) Temascaltepec
- e) Tenancingo

Para Monterrey:

Ninguno

### VII:3 METODOLOGIA

La metodología a seguir, se basa en criterios que definen los límites máximos y mínimos para calificar cada uno de los factores determinantes a considerar, en análisis de cada una de las cuatro opciones seleccionadas. Dichos límites, tienen como valor máximo 5 puntos, considerándolo como excelente y, el extremo, considerado como deficiente se califica con un punto. Los puntos intermedios se calificarán de la siguiente manera: 4.- muy bueno, 3.- bueno y 2.- bajo.

Una vez determinada la escala de evaluación, se determinan los factores que se requieren evaluar, asignándoles

el valor correspondiente en base a su nivel de evaluación.<sup>26/</sup> Posteriormente se suma el número de puntos que acumularon todos los factores de cada opción. Aquella opción que alcance el mayor puntaje, será la adecuada para la ubicación del complejo industrial en estudio.

#### VII:4 ANALISIS DE FACTORES.

Los factores susceptibles de análisis, diferirán - en cuanto a los requerimientos de la industria que se pretenda instalar en un determinado lugar. Por ese motivo, y para los requerimientos que se consideran necesario para la planta de estampados automotrices, se enuncian los factores que se consideran relevantes para la determinación de la mejor opción de localización geográfica. Dichos factores se enumeran simultáneamente en cada una de las cuatro opciones seleccionadas para análisis.

---

<sup>26/</sup> "Manual para Estudios Económicos de México 1979-1980". 4a. Edición Mercamétrica Ediciones. "Mercamétrica de 75 ciudades mexicanas". Tomo I y II 1979-1980. Mercamétrica Ediciones.

## ANALISIS DE LOS FACTORES

FIG. VI : 4. a LOCALIZACION GEOGRAFICA: QUERETARO.

No	F A C T O R E S	INSUFI- CIENTE	BAJO	BUENO	MUY BUENO	EXCE- LENTE	SUBTOTAL
1	CERCANIA DE LAS MATERIAS PRIMAS						4
2	CERCANIA DE LOS MERCADOS						4
3	DISPONIBILIDAD DE CAPITAL						3
4	DISPONIBILIDAD DE TERRENO RENTABLE						2
5	CONDICIONES CLIMATOLOGICAS						4
6	COSTO DEL TERRENO O ESPACIO RENTABLE						3
7	COSTO LOCAL DE CONSTRUCCION						3
8	CERCANIA DE OTRAS INDUSTRIAS SEMEJANTES						4
9	TIPO DE RESPALDO A LA INDUSTRIA EN EL AREA						3
10	DENSIDAD DE POBLACION EN EL AREA						3
11	DISPONIBILIDAD DE LA MANO DE OBRA						4
12	COSTO DE LA MANO DE OBRA						4
13	ESTABILIDAD DE SINDICATOS OBREROS						3
14	PRODUCTIVIDAD QUE OTRAS INDUSTRIAS HAN EXPERIMENT.						5
15	CERCANIA DE ESCUELAS E INSTITUTOS TECNICOS						3
16	% DE POBLACION CON EDUCACION SECUNDARIA						4
17	UNIVERSIDAD QUE PROPORCIONE INVESTIGACION						3
18	DISPONIBILIDAD DE UNIVERSIDADES E INFORMACION						2
19	CERCANIAS DE SERVICIOS DE COMUNICACION						4
20	DISPONIBILIDAD Y APROVECHAMIENTO DE AGUA						2
21	COSTO DEL AGUA						2
22	DISPONIBILIDAD Y APROVECHAMIENTO DE DESAGUES						3
23	COSTO DE LOS DESAGUES Y SERVICIOS						3
24	DISPONIBILIDAD DE ELECTRICIDAD						2
25	COSTO DE LA ELECTRICIDAD						2
26	DISPONIBILIDAD DE SERVICIOS DE FLETE, CARRETERAS, ETC.						4
27	COSTO DE LOS SERVICIOS DE FLETE, ETC.						3
28	DISPONIBILIDAD DE BANCOS						4
29	ATRACTIVOS LOCALES, EXENCION DE IMPUESTOS, ETC.						2
30	INCENTIVOS FISCALES						2
31	ACTITUD DE LA COMUNIDAD						3
32	CONDICIONES DE VIDA Y CDSTO DE LA MISMA						3
33	CONDICIONES DE LA COMUNIDAD, ESCUELAS, CAMPOS, ETC.						4
34	TARIFA DE LAS ESCUELAS						5
35	FACILIDADES RECREATIVAS						4
36	IMPUESTOS LOCALES, ESTATALES, ETC.						3
TOTAL							116

## ANALISIS DE LOS FACTORES

FIGURA VII:4.b LOCALIZACION GEOGRAFICA: SAN LUIS POTOSI

No	F A C T O R E S	INSUFI- CIENTE	BAJO	BUENO	MUY BUENO	EXCE- LENTE	SUBTOTAL
1	CERCANIA DE LAS MATERIAS PRIMAS						4
2	CERCANIA DE LOS MERCADOS						4
3	DISPONIBILIDAD DE CAPITAL						5
4	DISPONIBILIDAD DE TERRENO RENTABLE						3
5	CONDICIONES CLIMATOLOGICAS						3
6	COSTO DEL TERRENO O ESPACIO RENTABLE						4
7	COSTO LOCAL DE CONSTRUCCION						4
8	CERCANIA DE OTRAS INDUSTRIAS SEMEJANTES						5
9	TIPO DE RESPALDO A LA INDUSTRIA EN EL AREA						3
10	DENSIDAD DE POBLACION EN EL AREA						3
11	DISPONIBILIDAD DE LA MANO DE OBRA						2
12	COSTO DE LA MANO DE OBRA						4
13	ESTABILIDAD DE SINDICATOS OBREROS						3
14	PRODUCTIVIDAD QUE OTRAS INDUSTRIAS HAN EXPERIMENT.						2
15	CERCANIA DE ESCUELAS E INSTITUTOS TECNICOS						3
16	% DE POBLACION CON EDUCACION SECUNDARIA						4
17	UNIVERSIDAD QUE PROPORCIONE INVESTIGACION						2
18	DISPONIBILIDAD DE UNIVERSIDADES E INFORMACION						3
19	CERCANIAS DE SERVICIOS DE COMUNICACION						4
20	DISPONIBILIDAD Y APROVECHAMIENTO DE AGUA						4
21	COSTO DEL AGUA						4
22	DISPONIBILIDAD Y APROVECHAMIENTO DE DESAGUES						4
23	COSTO DE LOS DESAGUES Y SERVICIOS						4
24	DISPONIBILIDAD DE ELECTRICIDAD						4
25	COSTO DE LA ELECTRICIDAD						4
26	DISPONIBILIDAD DE SERVICIOS DE FLETE, CARRETERAS, ETC.						5
27	COSTO DE LOS SERVICIOS DE FLETE, ETC.						3
28	DISPONIBILIDAD DE BANCOS						5
29	ATRACTIVOS LOCALES, EXENCION DE IMPUESTOS, ETC.						5
30	INCENTIVOS FISCALES						5
31	ACTITUD DE LA COMUNIDAD						5
32	CONDICIONES DE VIDA Y COSTO DE LA MISMA						4
33	CONDICIONES DE LA COMUNIDAD, ESCUELAS, CAMPOS, ETC.						4
34	TARIFA DE LAS ESCUELAS						5
35	FACILIDADES RECREATIVAS						2
36	IMPUESTOS LOCALES, ESTATALES, ETC.						5
TOTAL							137

## ANALISIS DE LOS FACTORES

FIGURA VII:4.d LOCALIZACION GEOGRAFICA: MONTERREY, N.L.

Nº	F A C T O R E S	INSUFICIENTE	BAJO	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE	SUBTOTAL
1	CERCANIA DE LAS MATERIAS PRIMAS						5
2	CERCANIA DE LOS MERCADOS						3
3	DISPONIBILIDAD DE CAPITAL						4
4	DISPONIBILIDAD DE TERRENO RENTABLE						2
5	CONDICIONES CLIMATOLOGICAS						1
6	COSTO DEL TERRENO O ESPACIO RENTABLE						2
7	COSTO LOCAL DE CONSTRUCCION						2
8	CERCANIA DE OTRAS INDUSTRIAS SEMEJANTES						5
9	TIPO DE RESPALDO A LA INDUSTRIA EN EL AREA						2
10	DENSIDAD DE POBLACION EN EL AREA						2
11	DISPONIBILIDAD DE LA MANO DE OBRA						5
12	COSTO DE LA MANO DE OBRA						3
13	ESTABILIDAD DE SINDICATOS OBREROS						1
14	PRODUCTIVIDAD QUE OTRAS INDUSTRIAS HAN EXPERIMENT						3
15	CERCANIA DE ESCUELAS E INSTITUTOS TECNICOS						5
16	% DE POBLACION CON EDUCACION SECUNDARIA						5
17	UNIVERSIDAD QUE PROPORCIONE INVESTIGACION						5
18	DISPONIBILIDAD DE UNIVERSIDADES E INFORMACION						3
19	CERCANIAS DE SERVICIOS DE COMUNICACION						5
20	DISPONIBILIDAD Y APROVECHAMIENTO DE AGUA						1
21	COSTO DEL AGUA						1
22	DISPONIBILIDAD Y APROVECHAMIENTO DE DESAGUES						2
23	COSTO DE LOS DESAGUES Y SERVICIOS						2
24	DISPONIBILIDAD DE ELECTRICIDAD						4
25	COSTO DE LA ELECTRICIDAD						2
26	DISPONIBILIDAD DE SERVICIOS DE FLETE, CARRETERAS, ETC.						5
27	COSTO DE LOS SERVICIOS DE FLETE, ETC.						2
28	DISPONIBILIDAD DE BANCOS						5
29	ATRACTIVOS LOCALES, EXENCION DE IMPUESTOS, ETC.						1
30	INCENTIVOS FISCALES						1
31	ACTITUD DE LA COMUNIDAD						1
32	CONDICIONES DE VIDA Y COSTO DE LA MISMA						1
33	CONDICIONES DE LA COMUNIDAD, ESCUELAS, CAMPOS, ETC.						5
34	TARIFA DE LAS ESCUELAS						4
35	FACILIDADES RECREATIVAS						5
36	IMPUESTOS LOCALES, ESTATALES, ETC.						1
	TOTAL						106

## ANALISIS DE LOS FACTORES

FIGURA VII: 4. c LOCALIZACION GEOGRAFICA: ESTADO DE MEXICO

No	F A C T O R E S	INSUFICIENTE	BAJO	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE	SUBTOTAL
1	CERCANIA DE LAS MATERIAS PRIMAS	5					5
2	CERCANIA DE LOS MERCADOS	4					4
3	DISPONIBILIDAD DE CAPITAL	5					5
4	DISPONIBILIDAD DE TERRENO RENTABLE	1					1
5	CONDICIONES CLIMATOLOGICAS	4					4
6	COSTO DEL TERRENO O ESPACIO RENTABLE	2					2
7	COSTO LOCAL DE CONSTRUCCION	1					1
8	CERCANIA DE OTRAS INDUSTRIAS SEMEJANTES	1					1
9	TIPO DE RESPALDO A LA INDUSTRIA EN EL AREA	1					1
10	DENSIDAD DE POBLACION EN EL AREA	4					4
11	DISPONIBILIDAD DE LA MANO DE OBRA	5					5
12	COSTO DE LA MANO DE OBRA	2					2
13	ESTABILIDAD DE SINDICATOS OBREROS	2					2
14	PRODUCTIVIDAD QUE OTRAS INDUSTRIAS HAN EXPERIMENT.	5					5
15	CERCANIA DE ESCUELAS E INSTITUTOS TECNICOS	5					5
16	% DE POBLACION CON EDUCACION SECUNDARIA	5					5
17	UNIVERSIDAD QUE PROPORCIONE INVESTIGACION	5					5
18	DISPONIBILIDAD DE UNIVERSIDADES E INFORMACION	5					5
19	CERCANIAS DE SERVICIOS DE COMUNICACION	5					5
20	DISPONIBILIDAD Y APROVECHAMIENTO DE AGUA	1					1
21	COSTO DEL AGUA	1					1
22	DISPONIBILIDAD Y APROVECHAMIENTO DE DESAGUES	1					1
23	COSTO DE LOS DESAGUES Y SERVICIOS	2					2
24	DISPONIBILIDAD DE ELECTRICIDAD	2					2
25	COSTO DE LA ELECTRICIDAD	2					2
26	DISPONIBILIDAD DE SERVICIOS DE FLETE, CARRETERAS, ETC	4					4
27	COSTO DE LOS SERVICIOS DE FLETE, ETC.	3					3
28	DISPONIBILIDAD DE BANCOS	5					5
29	ATRACTIVOS LOCALES, EXENCION DE IMPUESTOS, ETC.	1					1
30	INCENTIVOS FISCALES	1					1
31	ACTITUD DE LA COMUNIDAD	1					1
32	CONDICIONES DE VIDA Y COSTO DE LA MISMA	1					1
33	CONDICIONES DE LA COMUNIDAD, ESCUELAS, CAMPOS, ETC.	5					5
34	TARIFA DE LAS ESCUELAS	5					5
35	FACILIDADES RECREATIVAS	5					5
36	IMPUESTOS LOCALES, ESTATALES, ETC.	1					1
TOTAL							108

## VII:5 CONSIDERACIONES.

Derivado directamente del análisis de factores de cada una de las diferentes alternativas, el resultado de la evaluación fue el siguiente:

<u>Entidad</u>	<u>Puntos</u>
Querétaro	116
San Luis Potosí	137
Estado de México	106
Monterrey	108

Por lo que se concluye, que el sitio que brinda - las mayores ventajas en general, es San Luis Potosí, pudiéndose instalar la planta de estampados, en cualquiera de los municipios mencionados que pertenecen a dicho Estado.

## C O N C L U S I O N E S

Todos los proyectos pueden verse diferentes a primera vista, pero en esencia, revelan una configuración básica, que aunque difiera en tamaño y grado, es similar para todos los proyectos. Esto puede expresarse mejor al considerar los pasos en el proceso desde su inicio hasta su conclusión. Esto se conoce como ciclo de vida del proyecto.

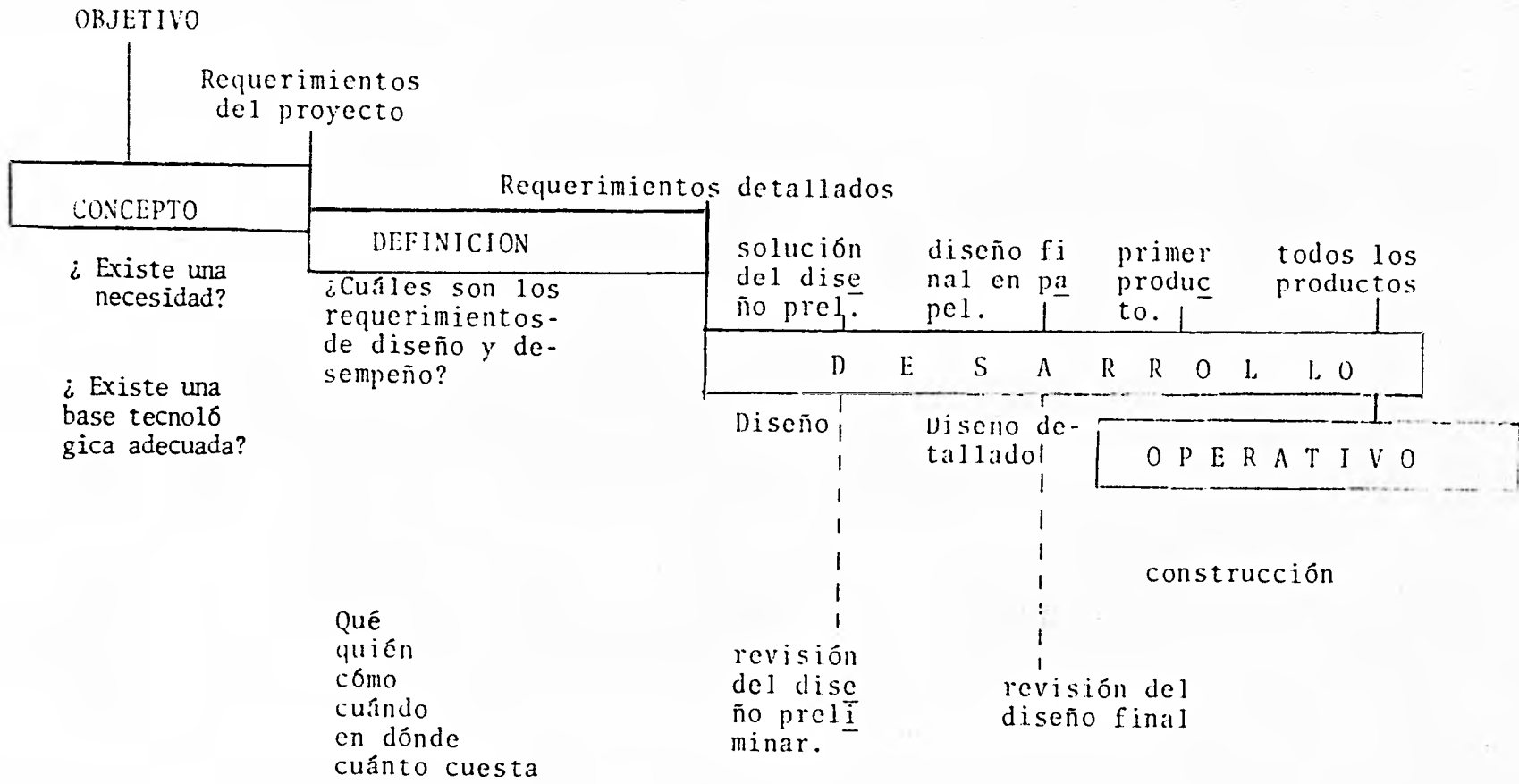
El ciclo de vida del proyecto, comienza con el establecimiento de un objetivo. Este objetivo pasa por varios pasos de expansión y detalle. Cada paso, se convierte en puntos de medición de los otros durante la siguiente fase. Comenzando en el punto en que se fija el objetivo inicial, las fases del ciclo de vida de todo proyecto<sup>27/</sup> son:

- a) concepto: definición de los requerimientos y concepción de planes generales.
- b) definición: selección del diseño general y planeación.
- c) desarrollo: diseño final y construcción del producto.
- d) operativo: instalación, uso y ajuste.

---

<sup>27/</sup> Smyros, Dean J., "Administración Efectiva de Proyectos".  
Pág. 8.





Considerando los aspectos descritos anteriormente, referentes al ciclo de vida del proyecto, el presente trabajo, pretende cubrir las primeras dos fases del ciclo de vida del proyecto:

¿Existe una necesidad?

La proyección mostrada en la Tabla I:5, muestra -- que para el año de 1985, se espera una producción nacional -- de autos categoría popular, de 205,246 unidades, de las cuales el 64.31% equivalente a 131,942 unidades serán producidas por VOLKSWAGEN. El porcentaje restante, que es de 35.69%, que equivale a 73,304 unidades, será importado (en términos de carrocerías), a no ser que se substituya dicha importación a través de manufactura nacional.

¿Existe una base tecnológica adecuada?

Actualmente en México existen compañías con la suficiente capacidad instalada para fabricar la maquinaria que se requiere, como son:

- 16 prensas hidráulicas de montantes rectos y doble efecto.
- 48 prensas mecánicas de montantes rectos y de doble efecto.

Dichas prensas tienen una capacidad que fluctúa entre 800 y 1200 toneladas. Con esta cantidad de prensas, y distribuidas adecuadamente por módulos de prensas (formado por una prensa hidráulica "líder" y precedida por cuatro -- prensas mecánicas) como se muestra en la distribución de -- planta Fig. VI:2, se cubrirá la demanda para el año de 1985 -- que es de 822,471 piezas (considerando 11 piezas por unidad, y con un rechazo de producción del 2%) como se muestra en el análisis de producción (inciso V:4).

Lo que respecta al herramental requerido para el -- proceso, (juegos de dados, punzones y matrices), también hay compañías en México, que pueden fabricar, reconstruir y dar mantenimiento a dicho herramental, pero sería conveniente --

que mediante arreglos previos, con las compañías a las que se les venderá el producto (RENAULT y NISSAN), se consigan los juegos necesarios, con el fin de evitar diferencias en cuanto a los aspectos, precisión y detalles del diseño.

En cuanto a la maquinaria auxiliar, no existe problema, ya que dicha maquinaria se consigue fácilmente dentro del mercado nacional. La maquinaria auxiliar que se requiere para cubrir la producción antes mencionada es:

- cuatro desenrolladoras
- cuatro cizallas
- ocho prensas mecánicas chicas (para troquelado de platinas)
- una grúa viajera
- una báscula
- herramienta de mantenimiento en general.

Referente a la materia prima, actualmente el abastecimiento nacional, carece de una adecuada calidad, volumen de producción y entrega oportuna de la lámina de acero adecuada para el estampado de partes automotrices (lámina de acero tipo efervescente 1008, calidad comercial). Por este motivo, es necesario importar la materia prima (de Japón o Alemania), cuya calidad y puntual entrega, es adecuada.

En este aspecto, hay dos puntos que vale la pena considerar:

- a) Que dado el desarrollo tecnológico e industrial que se está dando en México, muy posiblemente y a corto plazo, sea posible adquirir la materia prima requerida, dentro de las especificaciones de tipo, grado y calidad.
- b) Que en caso de prevalecer el inadecuado abastecimiento nacional, a la importación de materia prima destinada a la fabricación de autopartes, que no se produce en México, se le concede un subsidio sobre el impuesto general de importa-

ción hasta por el 100%<sup>28/</sup>, ya que este tipo de importaciones, son generadoras de fuentes de empleo.

En cuanto a la distribución de planta, se propone una distribución por producto, por las características analizadas en el capítulo VI. Dicha distribución, se muestra en la figura VI:2.

La localización geográfica se determinó, en base al plan de incentivos fiscales para la desconcentración territorial de las actividades industriales, infraestructura de cada lugar y fuentes de abastecimiento en general. El análisis realizado para cada uno de los factores que se consideraron relevantes para la evaluación y selección del lugar adecuado, se muestran en el capítulo VII, incisos 4.a, 4.b, 4.c y 4.d. Mediante este análisis, se concluyó que el lugar adecuado es San Luis Potosí, en cualquiera de los municipios de este estado, mencionados en dicho capítulo.

Mediante la adecuada selección de: materia prima, maquinaria, equipo, distribución de planta y localización geográfica, planteadas de la manera más realística posible, me permito determinar la justificación de la instalación de una planta estampadora de carrocerías automotrices categoría populares, desde el punto de vista TECNOLÓGICO, y en base a la existencia de la necesidad de cubrir un mercado de importación como lo es el de carrocerías.

Tomando en cuenta todo lo anteriormente expuesto, se concluye que el estudio realizado, es el marco de referencia, en el cual se puede apoyar un estudio posterior de viabilidad económica, el cual complete el análisis definitivo, que justifique en todos los aspectos la instalación de la planta de estampados automotrices.

La creación de esta nueva planta, tendrá como consecuencia la formación de una nueva fuente de empleos y simultáneamente, eliminará la fuga de divisas en este renglón-

<sup>28/</sup> Artículo I, Capítulo III-1. "Compilación de Estímulos Fiscales". Dofiscal Editores 1981. Pág. X-III-1.2.

específico, dentro de la industria automotriz nacional.

## B I B L I O G R A F I A.

"LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ DE MEXICO EN CIFRAS"

Edit. A.M.I.A. 1977

"ESTADISTICA"

Murray R. Spiegel P.

Edit. Mc Graw-Hill 1975.

"PROCESOS DE FABRICACION"

Begeman M. Amstead B.

Edit. C.E.C.S.A. 1974.

"SHEET MATERIALS FOR FORMING"

Erisman H.

Edit. Mc. Graw-Hill. S.M.E.

"THE SELECTION OF LOW-CARBON STEEL SHEET FORMABILITY".

Leiter R.

Edit. Mc. Graw-Hill A.S.M.

"DIE DESIGN HANDBOOK".

Wilson F. Gump Ch.

Edit. Mc. Graw-Hill. S.M.E. 1964.

"ESTAMPADO EN FRIO DE LA CHAPA"

Rossi M.

Edit. HOEPLI 1971

"INGENIERIA INDUSTRIAL"

Nievel B.

Edit. Rep. y Serv. Ingeniería. 1975.

"COMPILACION DE ESTIMULOS FISCALES"

Gobierno Federal

Edit. Dofiscal Editores. 1981.

"MANUAL PARA ESTUDIOS ECONOMICOS DE MEXICO"

Edit. Mercamétrica Edic. 1981.

"MERCAMETRICA DE 75 CIUDADES MEXICANAS"

Tomo I y II

Edit. Mercamétrica Edic. 1980.

"ADMINISTRACION EFECTIVA DE PROYECTOS"

Smyros D.

Edit. INFOTEC-CONACYT 1980

"REDACCION DE TESIS Y TRABAJOS ESCOLARES"

Anderson I. Poole M.

Edit. Daian 1977

"TROQUELADO Y ESTAMPACION"

López T.

Edit. G. Gili, S. A. 1954.

"DISTRIBUCION DE PLANTA"

Immer J.

Edit. Infotel-Conacyt. 1979.

"MECHANICAL METALLURGY"

Dieter G.

Edit. Mc.Graw-Hill 1976.

"MANUAL DE PROYECTOS DE DESARROLLO ECONOMICO"

Melnik J.

Edit. Naciones Unidas. 1978.

"MANUAL PARA LA PREPARACION DE ESTUDIOS DE VIABILIDAD INDUSTRIAL".

Rahman A.

Edit. Naciones Unidas 1978.

ARTICULOS INFORMATIVOS.

"REFERENCE LITERATURE IN METAL WORKING PROCESSES"

Kalpakjian S.

1980.

"DISEÑO ADECUADO DE PIEZAS PARA ESTAMPAR CON MENOR DESPERDICIO"

Strasser F.

Edit. Infotec-Conacyt. 1980.

"PRENSAS MECANICAS E HIDRAULICAS Y SUS APLICACIONES"

Domenech L.

Edit. Nova Máquina 2000 1980

"BOLETINES INFORMATIVOS"

A.M.I.A.

Ene. 1979, Sep. 1980, Ene. 1981.