

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY
CAMPUS ESTADO DE MÉXICO**



**ANÁLISIS DE ATRIBUTOS DE PRODUCTOS
METALMECÁNICOS Y ASPECTOS ECONÓMICOS PARA LA
SELECCIÓN DE SISTEMAS AUTOMATIZADOS DE
MANUFACTURA**

TESIS QUE PARA OPTAR EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN SISTEMAS DE MANUFACTURA
PRESENTA

GABRIELA GALINDO SANDOVAL

Asesor:	Dr. DANTE JORGE DORANTES GONZÁLEZ	
Comité de tesis:	M en C. FRANCISCO SANDOVAL PALAFOX M en C. MOISÉS MANZANO HERRERA	
Jurado:	M en C. FRANCISCO SANDOVAL PALAFOX M en C. MOISÉS MANZANO HERRERA Dr. DANTE JORGE DORANTES GONZÁLEZ	Presidente Secretario Vocal

Atizapán de Zaragoza, Estado de México, a 4 de agosto de 2005.

DEDICATORIA

A mis queridos padres Timotea Sandoval y Ponciano Galindo

Quienes siempre me han alentado a seguir adelante y realizar todas las cosas que deseo, quienes me han brindado una gran parte de su tiempo, su vida y todo su amor sin ninguna condición.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Timotea Sandoval y Ponciano Galindo que siempre me han apoyado y creído en mí, ya que gracias a su educación, amor, palabras de aliento e incondicional apoyo he logrado todo lo que soy hasta ahora.

Al Dr. Dante Dorantes por sus asesorías y el apoyo que siempre me brindó, los cuáles me alentaron a ser constante en el desarrollo y culminación de esta tesis.

Al ITESM por brindarme la oportunidad de seguir preparándome gracias a la ayuda de su convenio con el CONACYT y brindarme un financiamiento para lograr cursar esta maestría.

A R. Gerardo San German por su gran apoyo, comprensión y por creer en mí.

A mis amigos y amigas que siempre me han apoyado y alentado para seguir adelante.

También les agradezco a todas esas personas que me brindaron su apoyo cuando lo necesité.

RESUMEN

Esta investigación da comienzo con la clasificación de los sistemas de manufactura en seis divisiones: líneas de transferencia, líneas de flujo por lotes, sistemas flexibles de manufactura, células de manufactura, máquinas herramientas de control numérico y taller de mecanizado.

Posteriormente cuantifica los atributos más importantes de los productos (volumen de producción anual y variedad) y además establece la relación con los sistemas de fabricación por medio de la utilización de una herramienta gráfica, la cual delimita los rangos que abarca cada uno de los sistemas de manufactura para productos del sector metalmecánico representándolos a través de áreas.

Esta herramienta gráfica es utilizada para la selección del sistema de manufactura más conveniente para el producto, basándose en el criterio de los atributos del mismo.

Acto seguido presenta a los factores microeconómicos (costos de producción y tiempo de recuperación de la inversión) como aspectos cruciales en la selección de sistema de fabricación, realizando una comparativa de los sistemas de manufactura propuestos mediante el análisis del criterio de atributos del producto, basando esta comparación en los criterios del Punto de Equilibrio para los costos de producción y del Valor Presente Neto para encontrar el tiempo de recuperación de la inversión.

Finalmente integra los aspectos técnico-económicos en un software que servirá como herramienta para el primer encuentro de consultoría con un posible inversionista con el fin de realizar un análisis de fiabilidad a nivel México.

CONTENIDO

RESUMEN	4
CONTENIDO	5
LISTA DE FIGURAS.....	7
LISTA DE TABLAS.....	9
ABREVIATURAS	10
1 INTRODUCCIÓN.....	11
1.1 IMPORTANCIA DE LA MANUFACTURA.....	11
1.1.1 <i>La industria metalmecánica</i>	14
1.1.2 <i>Evolución de la industria</i>	15
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	18
1.4 OBJETIVOS.....	19
2 FUNDAMENTOS DE LOS SISTEMAS AUTOMATIZADOS DE MANUFACTURA ...	20
2.1 ANTECEDENTES	20
2.1.1 <i>Los sistemas de manufactura</i>	20
2.1.2 <i>Clasificación de los sistemas de manufactura según sus atributos (volumen de producción y variedad)</i>	27
2.2 FUNDAMENTOS MICROECONÓMICOS	35
2.2.1 <i>Introducción</i>	35
2.2.2 <i>La productividad</i>	36
2.2.3 <i>Análisis de costos</i>	37
2.2.4 <i>Análisis del punto de equilibrio (PE)</i>	46
2.2.5 <i>Índices de evaluación financiera</i>	49
2.3 CONCLUSIONES.....	52

3 DESARROLLO DE LA RELACIÓN ATRIBUTOS DEL PRODUCTO – TECNOLOGÍAS DE MANUFACTURA.....	53
3.1 ANÁLISIS DE LOS ATRIBUTOS DE LOS PRODUCTOS MANUFACTURADOS	53
3.1.1 <i>Subsector 38 manufactura de productos metálicos, maquinaria y equipo.....</i>	53
3.1.2 <i>Análisis de trabajos anteriores.....</i>	55
3.1.3 <i>Primer análisis de los productos.....</i>	58
3.2 AGRUPACIÓN DE LOS PRODUCTOS CON EL ALGORITMO K-MEDIAS.....	62
3.2.1 <i>Descripción del algoritmo K-medias.....</i>	62
3.2.2 <i>Aplicación de K-medias en los productos del subsector 38.....</i>	63
3.3 ASIGNACIÓN DE SISTEMAS DE MANUFACTURA SEGÚN LOS ATRIBUTOS DEL PRODUCTO	67
3.4 INCLUSIÓN DE FACTORES MICROECONÓMICOS PARA LA SELECCIÓN DE SISTEMA AUTOMATIZADO DE MANUFACTURA	74
3.4.1 <i>Lógica del análisis.....</i>	74
3.4.2 <i>Definiciones de términos utilizados para el análisis microeconómico</i>	75
3.4.3 <i>Asignación de personal</i>	78
3.5 DESARROLLO DEL SOFTWARE	80
3.6 APLICACIÓN PARA EL SOFTWARE.....	91
3.7 CONCLUSIONES.....	93
CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES.....	95
REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA.....	99
ANEXO A.....	102
ANEXO B	113

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Gráfica de PIB anual por actividad económica de origen por participación porcentual del año 2004	12
Figura 1.2 Gráfica de exportaciones por grandes grupos de actividad económica de 1999-2005	13
Figura 1.3 Gráfica de porcentaje de población empleada en los diferentes sectores de actividad económica.....	13
Figura 1.4 Gráfica de subsectores de la industria manufacturera.....	14
Figura 1.5 Cuadro causa – efecto para la toma de decisión en la técnica de fabricación para una empresa a nivel internacional	17
Figura 2.1 Plan de piso de producción de taller	27
Figura 2.2 Relación entre la variedad de productos y la cantidad de producción en manufactura de productos.....	28
Figura 2.3 Clasificación de los sistemas de manufactura.....	28
Figura 2.4 Aplicaciones de los sistemas flexibles de manufactura adaptado de [4]	29
Figura 2.5 Matriz de producto/volumen – distribución/flujo	30
Figura 2.6 Análisis Producto – Cantidad (P – Q).....	33
Figura 2.7 Funciones de una empresa de transformación	37
Figura 2.8 Clasificación de los costos en función de su naturaleza	38
Figura 2.9 Elementos del costo y sus principales componentes.....	39
Figura 2.10 Diagrama ejemplo de precio de venta.....	41
Figura 2.11 Gráfica de costos fijos y costos variables	47
Figura 2.12 Gráfica de costo total	48
Figura 2.13 Gráfica de ingresos	48
Figura 2.14 Gráfica de punto de equilibrio	49
Figura 3.1 Gráfica de número de productos vs. tamaño de lote para cada una de las formas de fabricación	55
Figura 3.2 Gráfica de interpolación de Padé para la gráfica de la figura 3.1 en manufactura manual	56
Figura 3.3 Gráfica de número de productos vs. forma de fabricación para cada estrato de variedad	57
Figura 3.4 Primer bosquejo para la relación de los atributos de los sistemas de manufactura	58
Figura 3.5 Gráfica de los productos del subsector 38	59
Figura 3.6 Gráfica volumen anual vs. variedad de todos los productos de la base de datos del subsector 38 en escala logarítmica	59
Figura 3.7 Primera asignación de valores en los atributos de variedad y volumen de producción anual para los sistemas de manufactura.....	60

Figura 3.8 Asignación de sistema de manufactura a los productos del subsector 38.....	61
Figura 3.9 Visualización de centros colocados de manera aleatoria.....	64
Figura 3.10 Colocación de centroides en el centro de cada agrupación.....	64
Figura 3.11 Agrupaciones de los productos con el algoritmo de k-medias.....	65
Figura 3.12 Grafica de subgrupos para cada sistema de manufactura	66
Figura 3.13 Nueva asignación de los sistemas de manufactura	67
Figura 3.14 Análisis de las zonas de la figura 3.13.....	68
Figura 3.15 Cambio de ejes de la figura 3.13.....	70
Figura 3.16 Inclusión de nombres a la figura3.14.....	70
Figura 3.17 Áreas definidas para los sistemas de manufactura.....	71
Figura 3.18 Diagrama de bloques de la lógica del análisis	75
Figura 3.19 Diagrama de flujo del análisis realizado por el programa	81
Figura 3.20 Ubicación del producto	83
Figura 3.21 Punto de equilibrio para el sistema actual.....	85
Figura 3.22 Punto de equilibrio para el primer sistema propuesto para la opción 1	86
Figura 3.23 Punto de equilibrio para el segundo sistema propuesto para la opción 1	87
Figura 3.24 Punto de equilibrio para el primer sistema propuesto en la opción 2	89
Figura 3.25 Punto de equilibrio para el segundo sistema propuesto para la opción 2	90
Figura 3.26 Fases para la implantación de un sistema automatizado de manufactura.....	91
Figura 3.27 Diagrama de flujo para el análisis de factibilidad.....	92

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1 La evolución de los diseños de los sistemas de manufactura.....	15
Tabla 2.1 Clasificación del volumen de producción según Groover.....	29
Tabla 2.2 Clasificación de los sistemas de manufactura según Black.....	31
Tabla 2.3 Características de las clasificaciones de sistemas manufactura automatizada	32
Tabla 2.4 Relación de los atributos de los sistemas de manufactura según [24].....	32
Tabla 2.5 Clasificación de las tecnologías de fabricación según [8].....	32
Tabla 3.1 Clasificación de sistemas de manufactura y sus estratos.....	58
Tabla 3.2 Primera propuesta de sistema de manufactura	60
Tabla 3.3 Propuesta de sistema de manufactura.....	61
Tabla 3.4 Identificación de valores asignados a los atributos del producto con el programa K-medias.....	65
Tabla 3.5 Tabla ejemplo de resultados obtenidos con el programa del algoritmo k-medias.....	66
Tabla 3.6 Nueva asignación de límites para los atributos del producto	68
Tabla 3.7 Asignación final de límites para los atributos del producto	71
Tabla 3.8 Vértices del área de líneas de transferencia.....	72
Tabla 3.9 Vértices del área de líneas de flujo por lotes.....	72
Tabla 3.10 Vértices del área de sistemas flexibles de manufactura	72
Tabla 3.11 Vértices del área de células de manufactura.....	72
Tabla 3.12 Vértices del área de MHCN	73
Tabla 3.13 Vértices del área de taller de mecanizado	73
Tabla 3.14 Comparación de personal ocupado en un taller provisional y SFM [34]	78
Tabla 3.15 Características importantes de diferentes sistemas de manufactura.....	77
Tabla 3.16 Asignación de personal dependiendo de la maquinaria ocupada	80

ABREVIATURAS

PIB	Producto Interno Bruto
IM, C	Integración de la manufactura, luego computarización. Termino acuñado por JT Black.
PYMEs	Pequeñas y Medianas empresas
SAM	Sistema Automatizado de Manufactura
INEGI	Instituto Nacional de Estadística, Geográfica e Informática
LT	Línea de Transferencia
LFL	Línea de Flujo por Lotes
SFM	Sistema Flexible de Manufactura
CM	Células de Manufactura
MHCNC	Máquinas Herramientas de Control Numérico Computarizado
MHCN	Máquinas Herramientas de Control Numérico
JIT	Justo a Tiempo
PV – LF	Producto/Volumen – Distribución/Flujo (Product/Volumen-Layout/Flow)
P – Q	Producto – Cantidad
CFM	Células Flexibles de Manufactura
MPD	Materia Prima Directa
MPI	Materia Prima Indirecta
MOD	Mano de Obra Directa
MOI	Mano de Obra Indirecta
CI	Cargos Indirectos
PE	Punto de Equilibrio
CF	Costos Fijos
TMAR	Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento
VPN	Valor Presente Neto
FNE	Flujo Neto de Efectivo
TIR	Tasa Interna de Rendimiento

1 INTRODUCCIÓN

1.1 IMPORTANCIA DE LA MANUFACTURA

La manufactura es una actividad importante desde el punto de vista tecnológico económico e histórico. Se puede definir a la tecnología como una aplicación de la ciencia que proporciona a la sociedad y a sus miembros aquellos bienes que son necesarios o deseados. Económicamente la manufactura es un instrumento importante que permite a una nación crear riqueza material. Históricamente se ha subestimado la importancia en el desarrollo de las civilizaciones; no obstante, las culturas humanas que han logrado hacer mejores cosas a lo largo de la historia, han sido las más exitosas. Fabricando mejores herramientas, se perfeccionaron las artesanías y las armas; las artesanías les permitieron un mejor nivel de vida y las armas les permitieron conquistar las culturas vecinas en tiempos de conflicto.

La economía ha otorgado a la industria un papel clave en el desarrollo de las naciones; de hecho, se emplea el término “país industrializado” como sinónimo de “desarrollado”.

Es difícil calcular la importancia de la manufactura en la economía actual. Los productos manufacturados son parte integral en la vida, hasta el punto en que la mayoría de las personas no se dan cuenta de la cantidad de inversión y de trabajo necesario para hacerlos posible. Considérese, por ejemplo, algunos de los productos manufacturados esenciales con los que una persona puede entrar en contacto o depender de ellos al inicio de un día promedio. Considérese solamente artículos de metal y plástico, la lista podría incluir un reloj despertador, una lámpara de buró, radio, cama, resortes de colchón, herrajes de la cama, perillas en roperos, vestidos, ruedas en patas de muebles, herrajes de sujeción, accesorios en el cuarto de baño y plomería, broches de vestidos, cepillo para dientes, rasuradora eléctrica, complejas instalaciones de transmisión y generación necesarias para suministrar la potencia a los aparatos eléctricos en la casa, sistemas similares para agua, drenaje y gas natural; muchos de estos artículos están ensamblados de un gran número de partes hechas con materiales diferentes. Por ejemplo automóvil promedio tiene

más de 25,000 partes individuales que incluyen el uso de más de 30 metales diferentes y aleaciones, y más de 20 plásticos distintos.

Millones de personas trabajan en la manufactura de productos, lo que les permite llevar el sustento a sus casas y nos permite contar con todos esos diversos artículos ya mencionados en el párrafo anterior, lo cuál no sólo significa plazas de trabajos para millones de personas, si no también comodidad y existencia de productos indispensables para nuestra vida cotidiana y además ingresos importantes para el Producto Interno Bruto del país.

Se suele considerar a la industria como el segundo de los tres sectores básicos en los que se divide la actividad económica. El sector puede ser subdividido en muchos tipos. En la actualidad, para la clasificación se emplean diversos sistemas codificados y normalizados internacionalmente, como los empleados por las Naciones Unidas, el Banco Mundial o la Unión Europea.

En la figura 1.1 sustraída de [12] se muestra un gráfico de las diferentes divisiones de actividad económica en México del 2004 en donde se observa claramente como la Industria Manufacturera se encuentra en el segundo lugar de aporte al Producto Interno Bruto

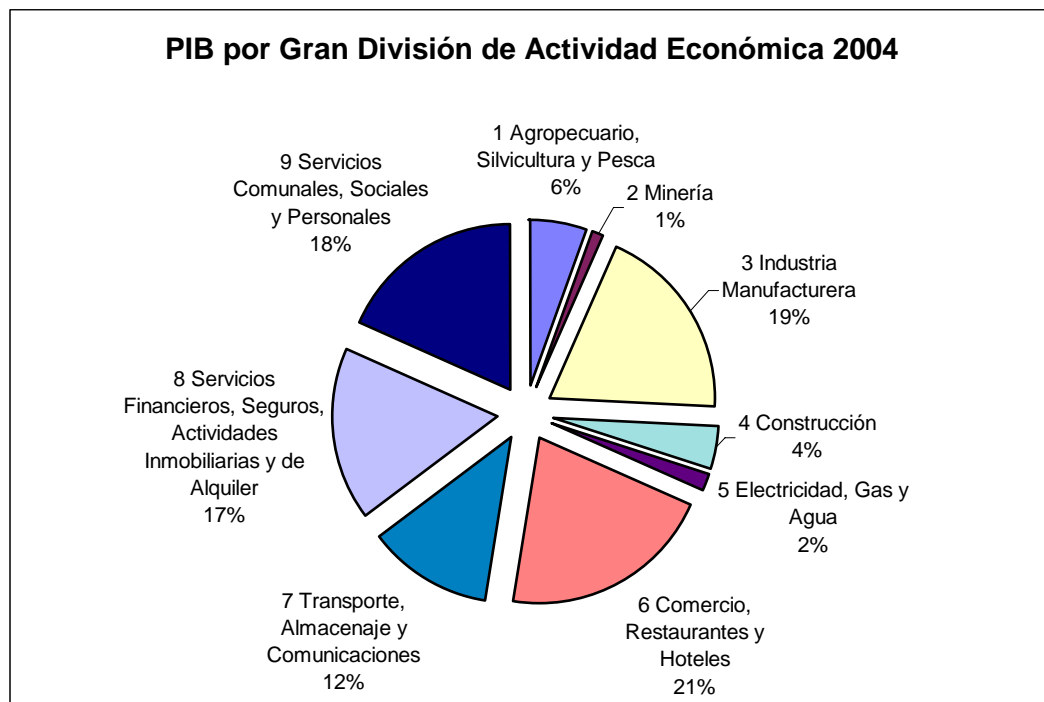


Figura 1.1 Gráfica de PIB anual por actividad económica de origen por participación porcentual del año 2004

Existen tres grupos de actividades económicas que son: Agropecuarias, Extractivas y Manufactureras, donde el sector manufacturero es el que encabeza los niveles de exportación de los tres grandes grupos, como lo muestra la figura 1.2, con lo que se recalca la importancia de este sector para la economía de nuestro país.

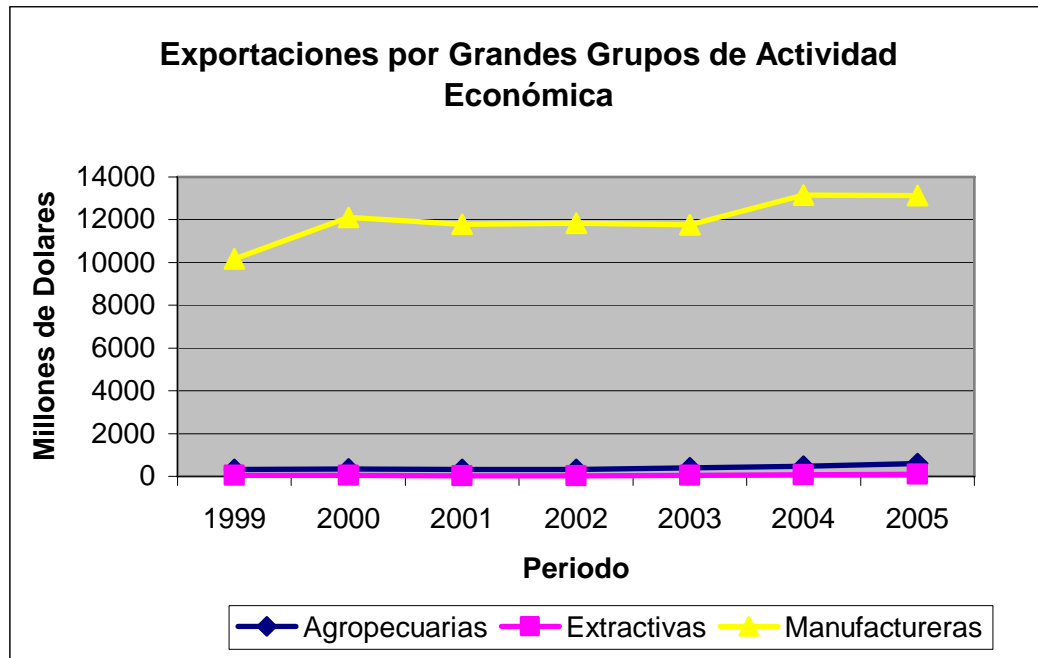


Figura 1.2 Gráfica de exportaciones por grandes grupos de actividad económica de 1999-2005

En la figura 1.3 realizada con datos sustraídos de [12] se muestra el porcentaje de personal ocupado en la manufactura durante este año, que, a pesar de no ser el de mayor concurrencia se encuentra en tercer sitio con aproximadamente el 18% de personas que trabajan se encuentran en la Industria Manufacturera.

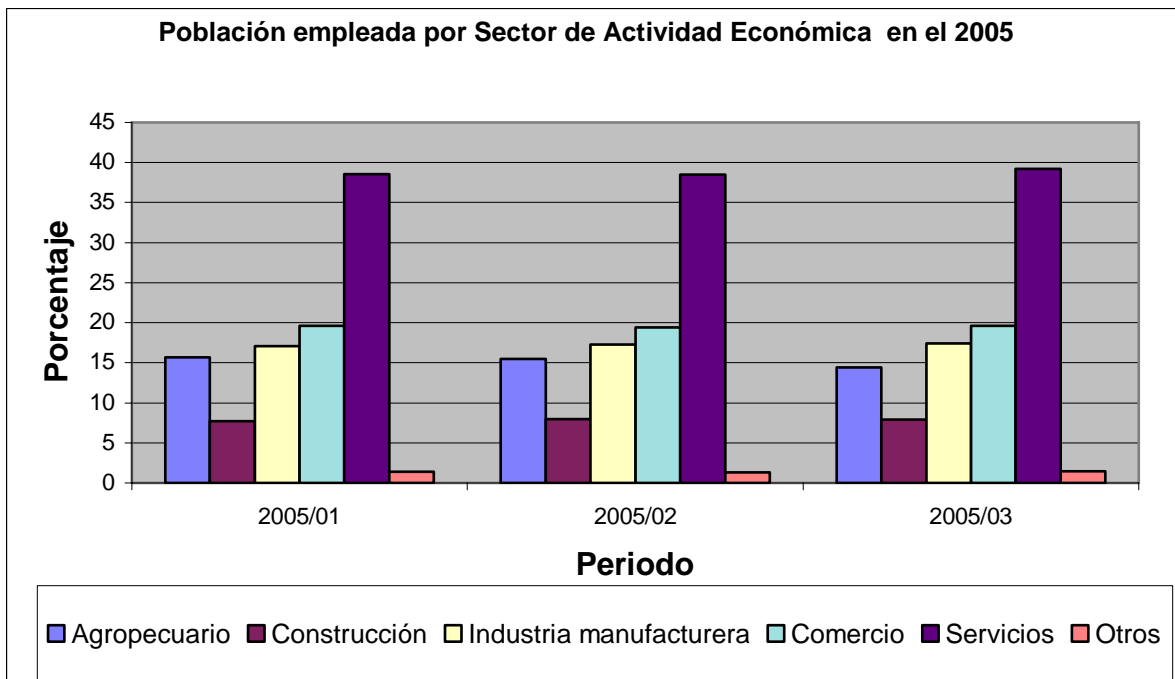


Figura 1.3 Gráfica de porcentaje de población empleada en los diferentes sectores de actividad económica

1.1.1 LA INDUSTRIA METALMECÁNICA

La industria metalmecánica se constituye en el sector de apoyo para el funcionamiento de los demás sectores industriales, ya que provee las herramientas, equipos y piezas utilizadas en los diferentes niveles de la cadena productiva de las industrias.

La industria manufacturera se divide en diferentes subsectores que son:

- I. Productos Alimenticios, Bebidas y Tabaco
- II. Textiles, Prendas de Vestir e Industria del Cuero
- III. Industria de la Madera y Productos de Madera
- IV. Papel, Productos de Papel, Imprentas y Editoriales
- V. Sustancias Químicas, Derivados del Petróleo, Productos de Caucho y Plástico
- VI. Productos de Minerales no Metálicos, Excepto Derivados del Petróleo y Carbón
- VII. Industrias Metálicas Básicas
- VIII. Productos Metálicos, Maquinaria y Equipo
- IX. Otras Industrias Manufactureras

En la figura 1.4 se muestra la aportación de cada uno de estos subsectores al Producto Interno Bruto dentro de la Industria Manufacturera [12].

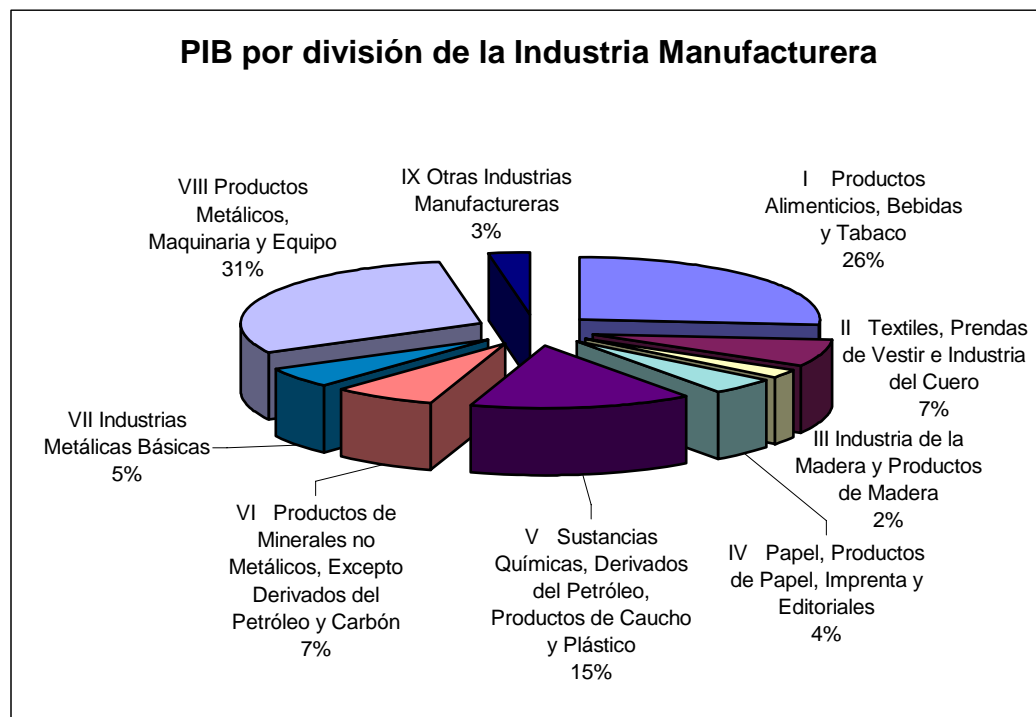


Figura 1.4 Gráfica de subsectores de la industria manufacturera

En la gráfica de la figura 1.4 se observa claramente como de todos los subsectores de la industria manufacturera, el de mayor aportación al producto interno bruto con el 31% dentro del sector industria manufacturera es Productos Metálicos Maquinaria y Equipo o subsector 8.

A pesar de la importancia de la manufactura a través de los años y de representar un porcentaje importante en el PIB, como se muestra en las gráficas anteriores no existe evidencia aparente de que se halla desarrollado alguna técnica de asignación de sistemas automatizados de manufactura, por lo que resulta preciso realizar investigaciones con el objetivo de desarrollar una técnica que simplifique el proceso de toma de decisión para elegir entre las diferentes formas de fabricación la que más se adapte a un producto en particular atendiendo a los atributos del mismo, tales como variedad, volumen de producción, tamaño de lote etc. tomando como base la industria manufacturera y más específicamente los productos metálicos, maquinaria y equipo.

1.1.2 EVOLUCIÓN DE LA INDUSTRIA

Es muy claro que la manufactura ha cambiado y mejorado a través de los años, para una revisión breve de ello en la tabla 1.1 se muestra la evolución cronológica de los sistemas de manufactura

	1ª. Revolución Industrial	2ª. Revolución Industrial	3ª. Revolución Industrial	4ª. Revolución Industrial
Periodo	1840 - 1910	1910 - 1970	1960 – ...	2000 – ...
Sistema de Manufactura	Manufactura tipo Taller	Manufactura continua	Manufactura esbelta	IM, C *
Distribución	Distribución funcional	Distribución orientada al producto	Células de manufactura	Ensamblados por grandes módulos o subensamblados
Tecnologías aplicadas	Fuerza para máquinas, producción de acero y ferrocarril para la transportación	Movimiento para las líneas de ensamble final, estandarización que lleve a una verdadera Intercambiabilidad y manejo automático de material.	Células en forma de U, sistemas Kanban y rápido intercambio de herramientas	Realidad virtual, simulación, diseño en 3D de bajo costo y computadoras de alto desempeño.
Nombre de las compañías históricas	Whitney, Colt, y Remington	Singer, Ford	Toyota Motor Company, HP, Omark, Harley Davidson	Boeing, Lockheed, Electric Boat y Mercedes
Economía	Economía de la tecnología recopilada	Economía de gran escala. Volumen alto → bajo costo por unidad	Economía de rango de operación, amplia variedad a bajo costo de unidad	Economía de módulos, aun los más reducidos.

Tabla 1.1 La evolución de los diseños de los sistemas de manufactura [7]

* Integración de la manufactura, luego computarización. Término acuñado por JT Black.

En la actualidad las actividades comerciales se caracterizan por estar diversificadas y por tener una competencia cada vez más intensa. Lo cual exige tecnología e innovación para la producción, distribución y competencia globalizadas.

Las preferencias individuales del cliente son determinantes: las empresas y las personas no están interesadas en lo primero que se encuentran, realizan estudios de rentabilidad y fiabilidad, exigen calidad y demandan que los productos se adapten a sus necesidades.

Los consumidores ya no compran de acuerdo a los planes científicos de ventas, son variados, sofisticados y menos fieles a las marcas.

Para incorporarse al nuevo orden del mercado internacional y conseguir la rentabilidad de las empresas en las actuales condiciones de mercado, las políticas de producción deben orientarse de acuerdo a los siguientes criterios [11]:

- Flexibilidad en los procesos de fabricación del producto.
- Confiabilidad y predictibilidad del proceso.
- Confiabilidad y calidad del producto.
- Integración del producto, proceso y organización.
- Reducción de tiempo de lanzamiento de nuevos productos.
- Eliminación de desperdicios.
- Reducción de los tiempos de preparación y de espera.
- Automatización de los procesos.
- Aumento de la productividad.

Las características operativas de las empresas competitivas son según [11]:

- Lote económico unitario.
- La variabilidad del producto no implica costos extras de producción.
- Costos de mano de obra directa casi nulos.
- Costos totales sensibles al volumen global de producción.
- Operación sin personal directo y sin inventarios reguladores.
- Actividades amplias de preproducción.
- Respuesta rápida a cambios de diseño y a la demanda de mercado.
- Elevados niveles de precisión, calidad y confiabilidad.

Es importante señalar que las PYMEs son mucho más vulnerables a las condiciones del mercado que las grandes empresas, pues no tienen la capacidad de resistencia que tienen estas últimas imponiendo precios o cantidades, como ocurre en los mercados oligárquicos dominados por unas pocas grandes compañías.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La evaluación de los sistemas de fabricación es cada vez más importante en el contexto económico actual. Tradicionalmente, los indicadores utilizados para la medida de los resultados de los sistemas de fabricación han estado basados fundamentalmente en los costos y no en la necesidad según el producto a manufacturar.

Actualmente existen diferentes tablas y gráficas de clasificación de los atributos de los sistemas de manufactura, pero cada cuantificación es diferente, sólo representan bosquejos de cómo debería de ser la relación de los atributos de variedad y volumen con las tecnologías de fabricación, además este tipo de clasificaciones no hacen referencia a la clase del producto. Por lo que se presenta la necesidad de una metodología para la toma de decisión en la factibilidad de la automatización y la tecnología de fabricación a ocupar. Sin embargo esto no es un trabajo fácil, y se descompone en diferentes partes como se muestra en la figura 1.5.

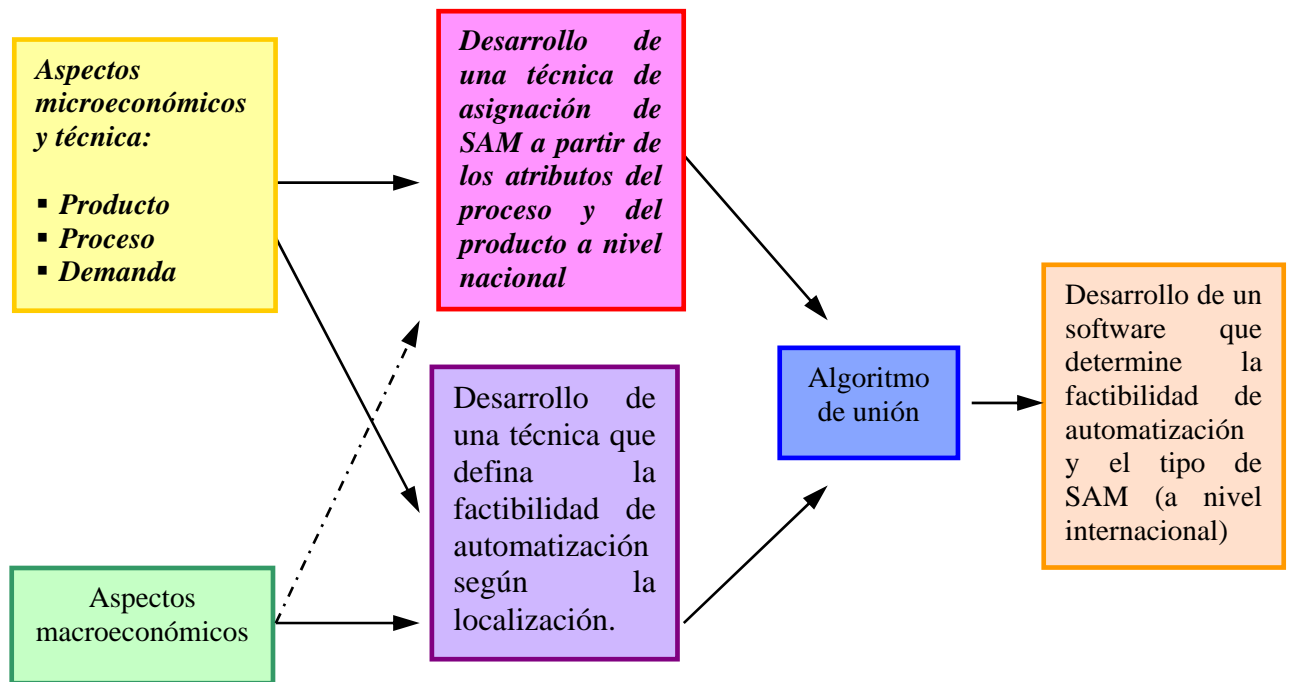


Figura 1.5 Cuadro causa – efecto para la toma de decisión en la técnica de fabricación para una empresa a nivel internacional

Al no ser un trabajo fácil, sería imposible que una sola persona lograra comprender en una sola tesis todos los conceptos; por lo que esta tesis sólo dedicará los esfuerzos de investigación a algunos aspectos microeconómicos y el desarrollo de una técnica de asignación de Sistemas Automatizados de Manufactura a partir del proceso y del producto a nivel nacional, mostrados en la figura 1.5 por los dos primeros cuadros, amarillo y rosa respectivamente.

Es importante mencionar que no se abarcarán los aspectos macroeconómicos (cuadro verde), ni el desarrollo de una técnica que defina la factibilidad de automatización según la localización o ubicación del país (cuadro morado).

1.3 JUSTIFICACIÓN

En nuestros días existe la idea de vincular los atributos de sistemas automatizados de producción, pero no existe la manera de cuantificarlos y mucho menos una técnica para la toma de decisiones sobre las tecnologías de fabricación a partir de sus atributos.

La toma de decisiones para automatizar una planta se ha efectuado con la experiencia de los gestores de empresas desde un enfoque económico y personalizado: el fondo económico que se cuenta para automatizar, en cuanto tiempo se recuperará la inversión, etc. no tomando en cuenta la verdadera necesidad de automatización para el producto que se va a fabricar y esto solo lo llevan a cabo las grandes empresas dejando fuera a las medianas y pequeñas empresas.

El desarrollo de este trabajo de tesis puede contribuir al desarrollo de las pequeñas y medianas empresas, puesto que a la finalización de todo el proyecto permitirá a estas empresas tener a su alcance la posibilidad de tomar una fácil y adecuada decisión acerca de la tecnología de fabricación para el producto que se desea fabricar.

Para lograr la finalización del proyecto es necesario desarrollar las dos primera etapas: el desarrollo de la técnica de asignación del SAM y la fiabilidad de automatizar; sin el desarrollo de alguna de estas etapas no se podrá lograr el algoritmo de toma de decisión, mucho menos el software que permita a las empresas saber la fiabilidad para automatizar ni la selección de la tecnología de fabricación.

Por lo antes mencionado se hace una necesidad desempeñar un trabajo de tesis que sirva como base para la toma de decisiones de la implantación de tecnologías automatizadas de fabricación en las empresas.

El propósito de este trabajo de tesis es poder identificar y cuantificar los atributos de las diferentes tecnologías de fabricación y con estos encontrar una relación con las características de los productos, tomando como base una lista de clasificación de productos del INEGI, pero con un enfoque generalizado que permita relacionarlo con cualquier otro producto.

Una vez finalizado este trabajo de tesis se deberá obtener una tecnología para la selección de los diferentes sistemas de manufactura a partir de las características del producto, que a su vez sirva como una base para el algoritmo de selección de técnicas de fabricación y fiabilidad de automatización y así facilitar el desarrollo de un software que permita a las empresas simplificar la difícil decisión del tipo de SAM a utilizar.

1.4 OBJETIVOS

Los objetivos de la realización de este trabajo de tesis son los siguientes:

- 1 Depurar la información base (base de datos de clasificación del producto de INEGI) para hacer una clasificación de productos por sus atributos, esta debe de ser adecuada para una fácil identificación de los atributos del proceso de fabricación.
- 2 Identificar los atributos que definen las características más importantes de los sistemas de manufactura.
- 3 Cuantificar los atributos que definen a los sistemas de manufactura.
- 4 Establecer una relación entre los atributos de las diferentes formas de fabricación (líneas de transferencia, líneas de flujo por lote, células de manufactura, SFM etc.), para utilizarlos como apoyo en la selección de los sistemas automatizados de manufactura a través de una base de datos de clasificación del producto generada de los censos económicos de INEGI.
- 5 Generar una técnica que permita tomar las decisiones de la tecnología de fabricación a partir de las necesidades de la empresa de acuerdo al producto requerido, basándose en las características de éste (variedad, volumen de producción, aspectos microeconómicos).

2 FUNDAMENTOS DE LOS SISTEMAS AUTOMATIZADOS DE MANUFACTURA

Como ya se había mencionado, la manufactura es parte importante de nuestra vida y juega un papel muy importante para el desarrollo de un país, por lo que también es importante saber cómo se efectúa la transformación de materia prima a productos particulares, lo que llamaremos sistemas de manufactura y se estudiará la relación que tienen con los atributos de volumen de producción y variedad; también es importante mencionar la importancia de la parte económica en la toma de decisión del tipo de sistema de manufactura a utilizar en alguna empresa, por lo que a largo de éste capítulo se explicaran los diversos sistemas de manufactura así como algunos conceptos económicos que nos serán de ayuda para la toma de decisión de selección de SAM.

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 LOS SISTEMAS DE MANUFACTURA

Existen muchas maneras de clasificar a los sistemas de producción, dependiendo su volumen de producción, grado de estandarización etc. Estos diferentes sistemas los podemos clasificar de la siguiente manera:

- ◆ Líneas de Transferencia
- ◆ Líneas de Flujo por Lotes
- ◆ Sistemas Flexibles de Manufactura
- ◆ Células de Manufactura
- ◆ Máquinas Herramientas de Control Numérico Computarizado
- ◆ Taller de mecanizado o Sistemas Independientes

Cada uno de los sistemas tiene características particulares que los diferencian unos de otros y que por lo mismo se pueden asignar solo algunos grupos de productos que tengan los atributos que complazcan estas características.

A continuación se definirán cada uno de los sistemas mencionados para una mejor comprensión de éstos.

Líneas de Transferencia (LT)

Las líneas de transferencia se ocupan cuando se van a hacer grandes cantidades de productos idénticos o similares. Son convenientes para realizar un trabajo en la parte o producto que requiere muchos pasos separados. Entre los ejemplos están los productos ensamblados (los automóviles y los aparatos eléctricos), así como las partes maquinadas que se producen en forma masiva, en las cuales se requieren múltiples operaciones de maquinado (bloques de motores y alojamiento de transmisiones). En una línea de transferencia, el trabajo total se divide en tareas pequeñas y se asignan trabajadores o máquinas para realizar estas actividades con gran eficiencia. Gran parte del crédito para el desarrollo y refinamiento de la línea de transferencia se debe a Henry Ford y su equipo de ingeniería en la Ford Motor Company a principios de siglo [15].

Una línea de transferencia la forman una serie de estaciones de trabajo ordenadas para que productos pasen de una estación a la siguiente y en cada posición se realice una parte del trabajo total. La velocidad de producción de la línea se determina por medio de su estación más lenta. Las estaciones de trabajo con ritmos más rápidos, llegarán a verse limitados por la estación más lenta, que representa un cuello de botella. La transferencia del producto a lo largo de la línea por lo general se realiza mediante un dispositivo de transferencia mecánica o sistema de transporte. Las líneas de producción se asocian con la producción masiva. Si las cantidades del producto son muy grandes y el trabajo se va a dividir en tareas separadas que pueden asignarse a estaciones de trabajo individuales, una línea de producción es el sistema de manufactura más apropiado.

El desarrollo de las líneas de transferencia fue una extensión natural de las líneas de producción manual. En general, las líneas de transferencia son partes de equipo costosas, que en ocasiones llegan a valer millones de dólares; se diseñan para trabajos que requieren grandes cantidades de partes. Puede ser significativa la cantidad de maquinado que se realiza en la parte de trabajo, pero dado que el trabajo se divide entre muchas estaciones, las velocidades de producción son altas y los costos por unidad son bajos, en comparación con los métodos de producción alternativos. Generalmente se usa una transferencia sincrónica en líneas de maquinado automatizadas.

Las líneas de transferencia automáticas son ampliamente usadas en muchas industrias y juegan el mayor rol en sistemas de producción en masa. Éstas son una secuencia de máquinas, en donde las piezas de trabajo son maquinadas o ensambladas en una secuencia de etapas de trabajo. Las piezas de trabajo entran en la primera fase y van regida bajo una secuencia dada para ser procesada y finalmente, las piezas salen de la última etapa como productos finales [6]. Éste tipo de producción es recomendado para los elementos muy estandarizados y de vida media larga.

La producción en masa se utiliza para la producción de alto volumen. A menudo, la planta entera y su equipo se dedican a la fabricación de un solo producto. El equipo es muy especializado y

rápido, y la inversión en herramientas, plantillas y accesorios especiales es grande. El contenido del trabajo se divide en grupos muy pequeños; se obtiene un alto grado de eficiencia perfeccionando el herramental y el método de trabajo de cada grupo.

La productividad en la producción en masa es muy alta y se logra en gran medida por la automatización. En la producción masiva se adquieren fácilmente los controles de la salida de la línea y la programación del trabajo. Se puede controlar el ritmo de salida mediante la disposición de la línea (las estaciones) y/o la mano de obra asignada a estas estaciones. Las revisiones periódicas del nivel del inventario y la demanda del producto podrían sugerir un cambio en el ritmo de salida [2].

Las líneas de producción automatizada requieren una inversión significativa de capital, son generalmente difíciles de alterar la secuencia, Por lo que sus aplicaciones son apropiadas solamente bajo las siguientes condiciones:

- Alta demanda del producto: Requerimiento de grandes cantidades de producción
- Diseño del producto estable: Con una línea de automatizada de producción es difícil lograr continuos cambios en el diseño.
- Larga vida de producto: Por lo menos algunos años en cualquiera de los casos
- Operaciones múltiples son realizadas en el producto durante la manufactura.

Cuando las aplicaciones satisfacen estas condiciones, las líneas de producción automatizada producen los siguientes beneficios [5]:

- Bajo volumen de labor directo
- Bajo costo del producto porque el costo del equipo fijo es repartido entre muchas unidades
- Altos rangos de producción
- El lead time (tiempo entre el inicio de la producción y el término del producto) y el trabajo en proceso es minimizado.
- El espacio de piso en la fábrica es minimizado

Líneas de Flujo por Lote (LFL)

La producción por lotes es un sistema, que se sitúa entre el taller y la línea de montaje por su complejidad. El sistema es conveniente para una empresa que tiene que producir numerosos artículos, pero no una variedad tan grande que requiera un tipo de producción de taller. A diferencia de la situación de taller, se conocen los productos que se van a hacer a lo largo del año, cada uno con una demanda estable y continua. La capacidad de producción de la planta es mayor que la demanda de un artículo, y de aquí que los productos se fabriquen por lotes. Un artículo se produce y almacena a un nivel de inventario preplaneado para cumplir con la demanda presente y futura, y luego la instalación es transformada para producir el siguiente artículo en la secuencia

de producción. Un producto se reprograma para producción cuando su nivel de existencia ha disminuido a un nivel predeterminado [2].

El término línea de flujo se usa habitualmente para describir un proceso de producción continua, como el de los productos químicos, líquidos y gaseosos, y el del papel, al igual que las operaciones de matrizado como la fabricación de alambre.

Las Líneas de Flujo por Lote se utilizan cuando se requiere producir productos similares sobre una repetición base, usualmente en volúmenes grandes. En éste sistema los productos son manufacturados en lotes, que representan pocos meses de requerimientos del cliente [16]. Los lotes consisten en dividir las tareas a manufacturar en una serie de operaciones apropiadas, las cuales en su conjunto procesarán un cierto producto. La razón es simplemente para determinar la ruta de manufactura más efectiva, para que los requerimientos de costos bajos por las repeticiones, se logre por los volúmenes elevados de producción requeridos por el mercado. En esta fase, se pueden identificar las rutas y las instalaciones que ayudarán a reducir el tiempo de procesamiento del producto, la inversión es justificada por la producción total respecto al tiempo. Cada lote de producción es manufacturado preparando para cada paso el proceso necesario para completar la primera operación para un producto en particular. El resto del lote es completado en esta fase. Después, la siguiente operación en el proceso es preparada, el lote completo es procesado, y así sucesivamente, hasta completar las fases requeridas para terminar el producto por completo. Entretanto, el proceso usado para completar la primera operación para el producto es restablecido para completar una operación de otro producto, y así sucesivamente. De esta manera, la capacidad de cada fase del proceso es usada para conocer los diferentes requerimientos de las distintas órdenes [15].

Sistemas Flexibles de Manufactura (SFM)

Los sistemas flexibles de manufactura pueden definirse como un sistema de procesamiento con altos niveles de datos distribuidos procesando y automatizando el flujo del material usando máquinas controladas por computadora, células de ensamble, robots industriales, máquinas de inspección y conjunto de máquinas herramientas, aunado al manejo de material integrado por computadora y el sistema de almacenamiento [17].

Las principales características de los sistemas flexibles de manufactura son las siguientes:

- Máquinas Herramientas de Control Numérico potencialmente independientes
- Sistema de manejo de material automatizado
- Un método global de control que coordina tanto las máquinas herramientas como el sistema de manejo de materiales con el fin de lograr flexibilidad.

Para que un sistema flexible de manufactura sea implantado convenientemente existen ciertas características que son requeridas en el proceso de producción que son:

- Una variedad de partes a maquinar con alta precisión
- Es requerido un número relativamente grande de máquinas de control numérico directo.
- Algunas formas de sistemas automatizados de manejo de material es usado para mover piezas de trabajo tanto dentro como fuera del SFM.
- El control por computadora en línea es usado para manejar el SFM entero con el fin de poder modificar variedades de partes de producción y prioridades.

Las ventajas operativas de la implantación de un SFM son [1]:

- Mejor relación capital/utilización del equipo.
- Modularidad (compatibilidad e intercambiabilidad de componentes).
- Reprogramabilidad.
- Flexibilidad operacional (variedad de rutas de proceso).
- Flexibilidad productiva (variedad de tipos de pieza fabricables).
- Flexibilidad tecnológica (variedad de piezas producidas simultáneamente).
- Reducción del trabajo en proceso y del tiempo de preparación.
- Reducción de inventarios y del tamaño de lote.
- Aumento de la razón tiempo de throughput¹/tiempo de fabricación.
- Reducción de la fuerza de trabajo.
- Adaptabilidad a cambios de diseño.
- Calidad consistente.
- Reducción de las necesidades de espacio en planta.

Las ventajas de los SFM en el contexto organizacional son [1]:

- Rápido desarrollo de nuevos productos y prototipos.
- Estandarización de diseños, procesos y protocolos.
- Reducción del riesgo de falla del producto.
- Mejor administración de las operaciones.
- Mejor imagen y credibilidad en el mercado.
- Competitividad.

Uno de los principales beneficios derivados de la inversión en un SFM, es que los problemas de manufactura pueden ser clasificados en grupos bien definidos, los cuales se forman a partir de los procesos involucrados, del equipo requerido y de las características geométricas y tecnológicas de las partes ha producir [15].

Desventajas de los sistemas flexibles de manufactura:

1. Es difícil encontrar expertos en diseño e implantación de SFM.
2. Su complejidad requiere de larga capacitación para el personal de operación y mantenimiento.
3. Son costosos.
4. Tienen un tiempo largo de implantación.

¹ Vocablo inglés sin equivalente en español que se refiere a la velocidad en que una organización genera utilidades a través de las ventas, mediante la fórmula: precio de venta del producto menos el costo de la materia prima.

5. Requieren de software específico para la computadora central.
6. Es complejo integrar dispositivos de diferentes fabricantes.
7. Es difícil encontrar proveedores de SFM capaces y confiables que den apoyo a largo plazo.

Células de manufactura (CM)

La manufactura celular es una forma de producción donde grupos de máquinas, personas, maquinados y materiales se encuentran agrupados dentro de las células. Cada célula produce una familia de partes similares, todas las partes de una familia tienen características muy similares, los mismos los mismos arreglos en máquinas y hasta las mismas rutas de trabajo [19].

La manufactura celular es una aplicación de la tecnología de grupos en donde diferentes máquinas o procesos están siendo agregados a la célula, cada una de estas es dedicada a la producción de una familia de partes o a un limitado número de familias.

Beneficios de la manufactura celular

1. Reducir el tiempo de manufactura reduciendo el tiempo de puesta a punto, el manejo de la pieza de trabajo, tiempos de espera y tamaños de lote.
2. Reduce el trabajo en proceso con tamaños de lote más pequeños y al reducir el tiempo de manufactura se reduce el trabajo en proceso.
3. Mejora de partes y/o calidad del producto, esto es gracias a que cada célula está dedicada a producir un número pequeño de partes diferentes.
4. Reduce el tiempo de respuesta en ordenes de trabajo
5. Reduce distancias de movimiento
6. Incrementa la flexibilidad en la manufactura
7. Reduce los costos por unidad
8. Simplifica la planeación de la producción y control, la similitud de las partes dentro de la familia reduce la complejidad de planeación de la producción
9. Facilita el involucramiento de los empleados
10. Reduce los tiempos de puesta a punto, esto se logra con el conjunto de herramientas (herramientas de corte, sierras, e instalaciones) que tienen que ser diseñadas para el proceso de familia de parte lo que reduce el número de partes requerido así como el tiempo de cambio de herramientas entre piezas.
11. Reduce el inventario de piezas terminadas

Desventajas de la manufactura celular

- Costos de implementación del sistema así como los de readaptación del sistema actual
- El capital de inversión puede incrementar si máquinas iguales son necesitadas para reducir la distancia de transporte de las partes a las células
- Se reduce el tiempo de uso de las máquinas

Máquinas Herramientas de Control Numérico Computarizado (MHCNC)

Son máquinas herramientas que desempeñan tareas de maquinado sobre la base de una serie de instrucciones en clave con el uso de una lógica digital (software) que alimenta una computadora con microprocesador. Por lo regular la MHCNC se programa individualmente de manera directa, a través del enlace con un equipo central de cómputo o a través de un programa previamente grabado en un dispositivo que la MHCNC pueda leer como por ejemplo un disco de 3½.

Las máquinas de control numérico (MHCN), el control numérico se efectúa mediante sistemas mecánicos y electrónicos que no incorporan el microprocesador.

Las MHCNC tienen la capacidad de elaborar formas que las máquinas-herramientas operadas manualmente no pueden lograr. En adición, la máquina puede repetir estas tareas en el momento que se solicite, en la medida que se almacenen las instrucciones precisas de producción y las necesidades de insumo en una forma repetible y recuperable. También se pueden obtener tipos de alta precisión, de manera uniforme en el tiempo y repetible [22].

Algunas de las condiciones técnicas de producción y uso de MHCN son:

- Piezas complejas en un rango alto y mediano
- Tamaños de lote medianos (de 11 a 200 piezas)
- Mediana diversidad de piezas manufacturadas
- Proceso de maquinado muy flexible

Taller de mecanizado o Sistemas Independientes

Un taller de labores es un modo conveniente para una compañía que fabrica muchos productos diferentes con un volumen relativamente reducido de cada uno. Los diversos artículos que se producen conforme a las especificaciones del cliente, requieren la reunión de una variedad de equipo de propósito general, mano de obra altamente capacitada para operar ese equipo, herramienta y accesorios de aplicación general. Pueden agruparse máquinas similares dentro de la planta para formar un departamento, como se muestra en la figura 2.1. El producto pasa de un departamento a otro sobre la base de su secuencia operacional [2].

Se topa con muchos problemas en este tipo de operación. Los gastos asociados a la diversidad de herramientas y accesorios pueden ser grandes, y es muy difícil lograr el equilibrio máquina-carga mediante el ordenamiento adecuado del trabajo. Hay un excesivo manejo de material en el paso de las piezas de un departamento a otro; algunas podrían pasar por el departamento varias veces. Los artículos podrían tener que retenerse en almacenamiento temporal aguardando procesamiento posterior, con el resultado de la necesidad de una gran área dedicada a inventario. Cada artículo o lote de piezas requiere de sus propias órdenes de taller de producción, lo que da lugar a una excesiva contabilidad.

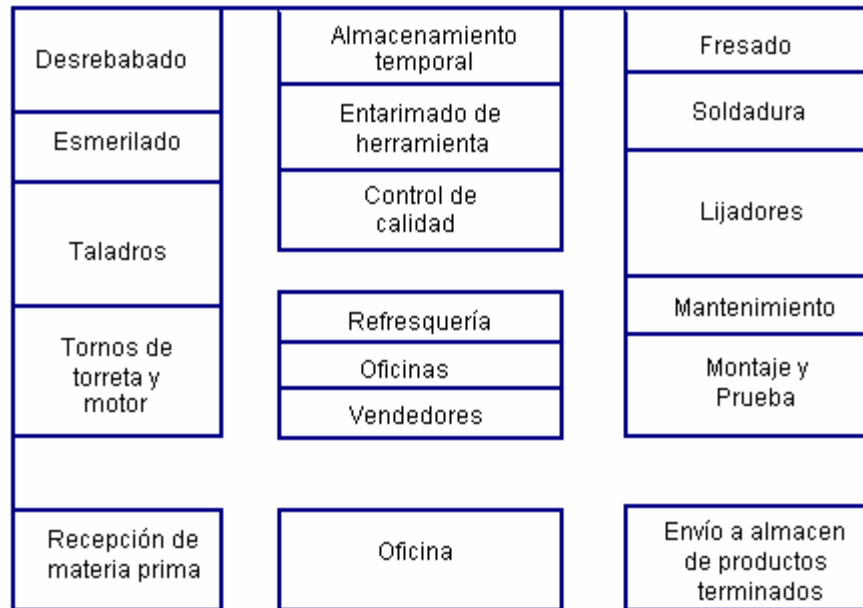


Figura 2.1 Plan de piso de producción de taller [2]

La productividad de un taller, es decir, el porcentaje de tiempo invertido en la producción real es baja, principalmente a causa del tiempo de montaje y manejo de material excesivos. La planta tiene mínima automatización; no obstante, alcanza un alto grado de flexibilidad para producir diversos productos diferentes. El sistema es muy sensible a los cambios en el mercado. Se estima que de un 30 a 50 por ciento de los sistemas de manufactura en los Estados Unidos de América son del tipo taller.

Este tipo de sistema es el apropiado para productos de vida corta y poco estandarizados.

2.1.2 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE MANUFACTURA SEGÚN SUS ATRIBUTOS (VOLUMEN DE PRODUCCIÓN Y VARIEDAD)

El tipo de manufactura que maneja una compañía depende directamente de la clase de productos que fabrica y la cantidad de un producto que se realizan en una fábrica influye significativamente sobre la forma en que ésta organiza su personal, sus instalaciones y sus procedimientos; algunas plantas producen diferentes tipos de artículos hechos en cantidades medias o bajas, otras más se especializan en la alta producción de un solo tipo de producto. Es interesante identificar a la variedad de productos como un parámetro distinto de la cantidad de producción. La variedad de productos se refiere a los diferentes diseños o tipos de productos fabricados en una planta. Productos distintos, tanto en forma como en tamaño, desempeñan funciones diferentes y se destinan a diferentes mercados, algunos tienen más componentes que otros y así sucesivamente.

En términos de las operaciones de fábrica existe una correlación inversa entre la variedad de productos y la cantidad de producción. Si la variedad de productos de una fábrica es alta entonces es muy probable que la cantidad de producción sea baja y viceversa como se muestra en la figura 2.2. Las plantas de manufactura tienden a especializar en una combinación de cantidad de

producción y variedad de productos que se encuentran en algún lugar dentro de la banda de la figura 2.2. En general, la tendencia dada de una fábrica esta limitada por el valor de la variedad que esta correlacionado con la cantidad de producción.

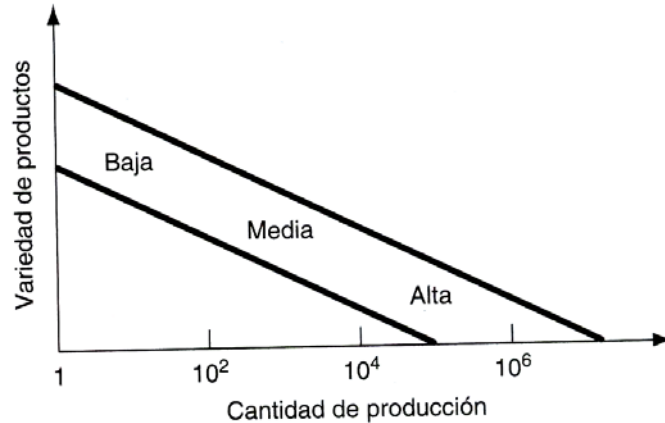


Figura 2.2 Relación entre la variedad de productos y la cantidad de producción en manufactura de productos [1]

Se han obtenido algunas relaciones y diferentes clasificaciones para los atributos de las diferentes técnicas de fabricación como se muestra a continuación:

Groover [1] muestra cómo se puede clasificar los sistemas automáticos de manufactura dependiendo del volumen de producción y la variedad, haciendo énfasis en los sistemas y células de manufactura en relación con otros tipos de sistemas.

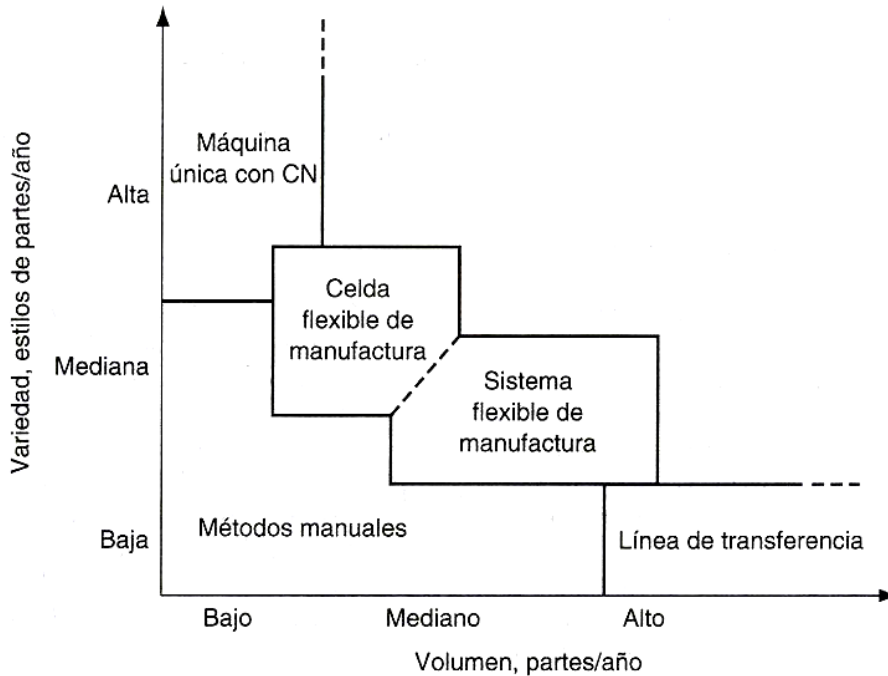


Figura 2.3 Clasificación de los sistemas de manufactura [1]

Cuantificando el volumen de producción de la siguiente manera:

Clasificación	Unidades por año
Baja	1 – 100
Media	100 – 10 000
Alta	Más de 10 000

Tabla 2.1 Clasificación del volumen de producción según Groover

El autor Greenwood [4] muestra cómo los sistemas flexibles de manufactura pueden abarcar desde el lugar de las líneas flujo por lotes hasta parte del taller.

Siendo un Sistema Flexible de manufactura un conjunto altamente automatizado de máquinas-herramienta de control numérico, sistemas automatizados de almacenamiento y recuperación, robots, y sistemas de inspección y control, interconectados por un sistema de manipulación automática de materiales, todo bajo la coordinación de una computadora central, con la capacidad de procesar diferentes estilos de partes, pero no por el modelo de lotes, aceptar cambios en el programa de producción, responder en forma inmediata cuando se presentan averías y errores del equipo en el sistema y aceptar la introducción de nuevos diseños de partes.

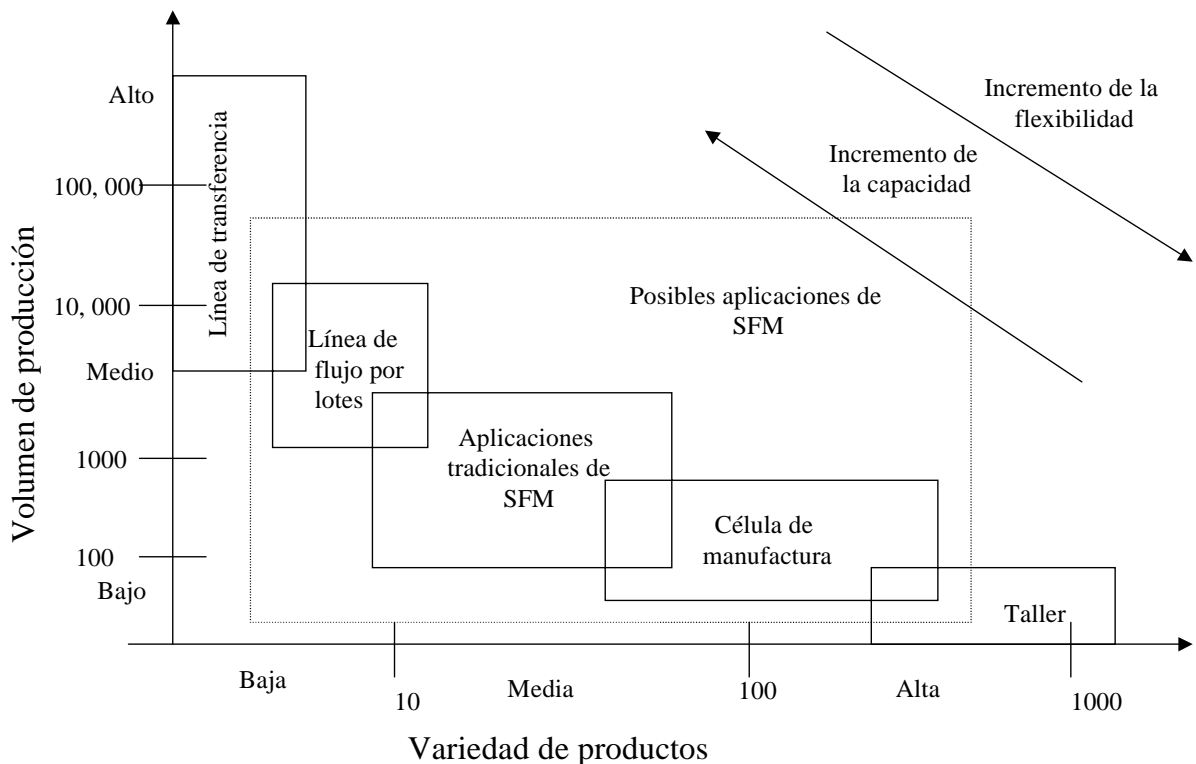


Figura 2.4 Aplicaciones de los sistemas flexibles de manufactura adaptado de [4]

Miltenburg [16] propone siete sistemas de manufactura: Job Shop (tipo taller), Batch Flow (flujo por lotes), Operator-Paced Line Flow (línea de flujo dirigida o al ritmo del operador), Equipment-Paced Line Flow (línea de flujo dirigida por el equipo), Continuous Flow (flujo continuo) FMS o Sistemas Flexibles de Manufactura y JIT o Just in Time (justo a tiempo); que son mostrados en la figura 2.5 en forma de una matriz.

La matriz de producto/volumen–distribución/flujo (PV-LF) tiene cuadro dimensiones que son:

1. Número de productos producidos
2. Volumen de producción para cada producto
3. La distribución o arreglo del equipo y proceso usado para manufacturar los productos
4. Flujo de material a lo largo del equipo y proceso.

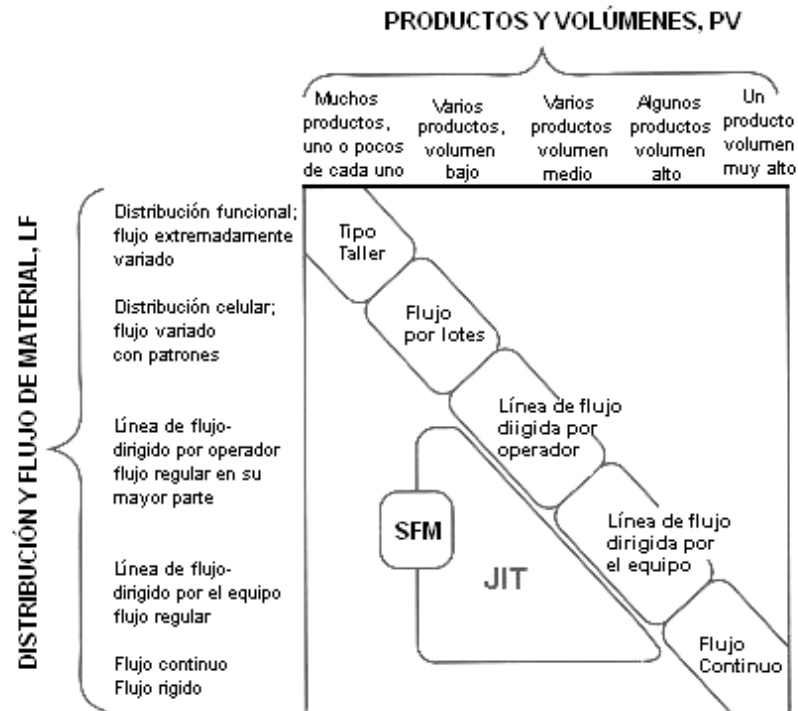


Figura 2.5 Matriz de producto/volumen – distribución/flujo [16]

Las primeras dos dimensiones en la matriz PV-LF son mostradas en la parte superior de la matriz. Una medida para estas dimensiones Producto/volumen es la siguiente pregunta:

¿Qué productos son manufacturados y en que volúmenes?

Los rangos de respuesta son de ‘Producimos cualquier producto que el cliente quiera en el volumen que él quiera’ a ‘Producimos un gran volumen de un solo producto’, otros puntos a lo largo de ese rango son:

- Muchos productos diferentes producidos en volúmenes de uno o pocos de cada producto
- Muchos productos diferentes producidos en volúmenes bajos
- Muchos productos diferentes producidos en volúmenes medios
- Varios productos diferentes producidos en altos volúmenes
- Un producto producido en muy altos volúmenes

Las otras dimensiones se encuentran localizadas a un lado de la matriz (PV-LF) y son medidas mediante la pregunta:

¿Cómo son los equipos, procesos y el arreglo de departamentos en la planta y cómo es el flujo del material entre las estaciones de trabajo y cómo es el flujo del material por la planta?

Tomando en cuenta que el autor contempla tres distribuciones de planta básicas que son:

- Funcional: La maquinaria o equipo del mismo tipo esta localizado en la misma área
- Celular: Diferentes tipos de equipos y procesos son localizados en el mismo departamento con el objetivo que todas las operaciones requeridas por un producto sean realizadas en el mismo departamento
- En línea: Diferentes tipos de equipos son requeridos para producir un producto o una línea pequeña de productos, y éstos son distribuidos o colocados en línea.

A continuación se muestran algunas clasificaciones de diferentes autores de los sistemas de manufactura:

Black [3] presenta la siguiente clasificación de sistemas de producción donde realiza una cuantificación aproximada de los atributos de éstos como lo es la variedad y volumen de producción.

<i>Clasificación del sistema</i>	<i>Variedad</i>	<i>Cantidad de partes producidas por hora</i>
Línea de transferencia	1-5	50 a más
Líneas de flujo por lote	3-9	4-1000
Manufactura Flexible (FMS)	4-80	0.6-8
Célula o sistema independiente	1-200	0.6-90
Máquinas Herramientas de Control Numérico	10-100	0.8-20
Manual	80-10000	0-30

Tabla 2.2 Clasificación de los sistemas de manufactura según Black

Sule [2] presenta la siguiente Clasificación, nombrando también algunas características de los sistemas.

<i>Clasificación del sistema</i>	<i>Cantidad de partes distintas a producir</i>	<i>Cantidad de partes producidas por hora</i>	<i>Características</i>
Línea de transferencia	1 a 5	Más de 15, normalmente cientos	Alta utilización de máquinas y espacio de planta, costo mínimo de mano de obra; principalmente maquinado de un objetivo con secuencias controladas por controlador programable: sin flexibilidad.
Sistema especial	3 a 10	1 a 15	Produce partes en lotes: mucho tiempo gastado en cambios; puede contener una o más máquinas dedicadas al producto.
Manufactura Flexible (FMS)	10 a 50	Hasta 10	Serie de máquinas flexibles, principalmente con control numérico manejo de material igualmente flexible pero muy automatizado: permite procesamiento aleatorio.
Célula o sistema independiente	Más de 20	3 a 4	FMS con control independiente de cada máquina y puede procesar unidades en lotes.

Tabla 2.3 Características de las clasificaciones de sistemas manufactura automatizada [2]

Retomando datos de Hernández [24] se tiene:

Volumen de producción Unidades por año		Variedad	
Alto	10 000-100 000	Bajo	Menos de 10
Medio	1 000-10 000	Medio	10 – 100
Bajo	Menos de 100	Alto	100 – 1 000

Tabla 2.4 Relación de los atributos de los sistemas de manufactura según [24]

Retomando información de Dorantes [8] se tiene la siguiente tabla

<i>Sistema de manufactura</i>	<i>Piezas producidas por hora</i>	<i>Variedad de productos</i>
Líneas de transferencia	3,000-1,000,000	1-3
Líneas de flujo por lotes	1,000-30,000	3 a 8
Sistemas Flexibles de Manufactura	30-5,000	4 a 100
Células de Manufactura	20-800	20 a 150
Máquinas Herramientas de Control Numérico	hasta 30	120 a más de 1,000

Tabla 2.5 Clasificación de las tecnologías de fabricación según [8]

Keniche [9] propone un análisis Producto – Cantidad como el que se muestra en la figura 2.6

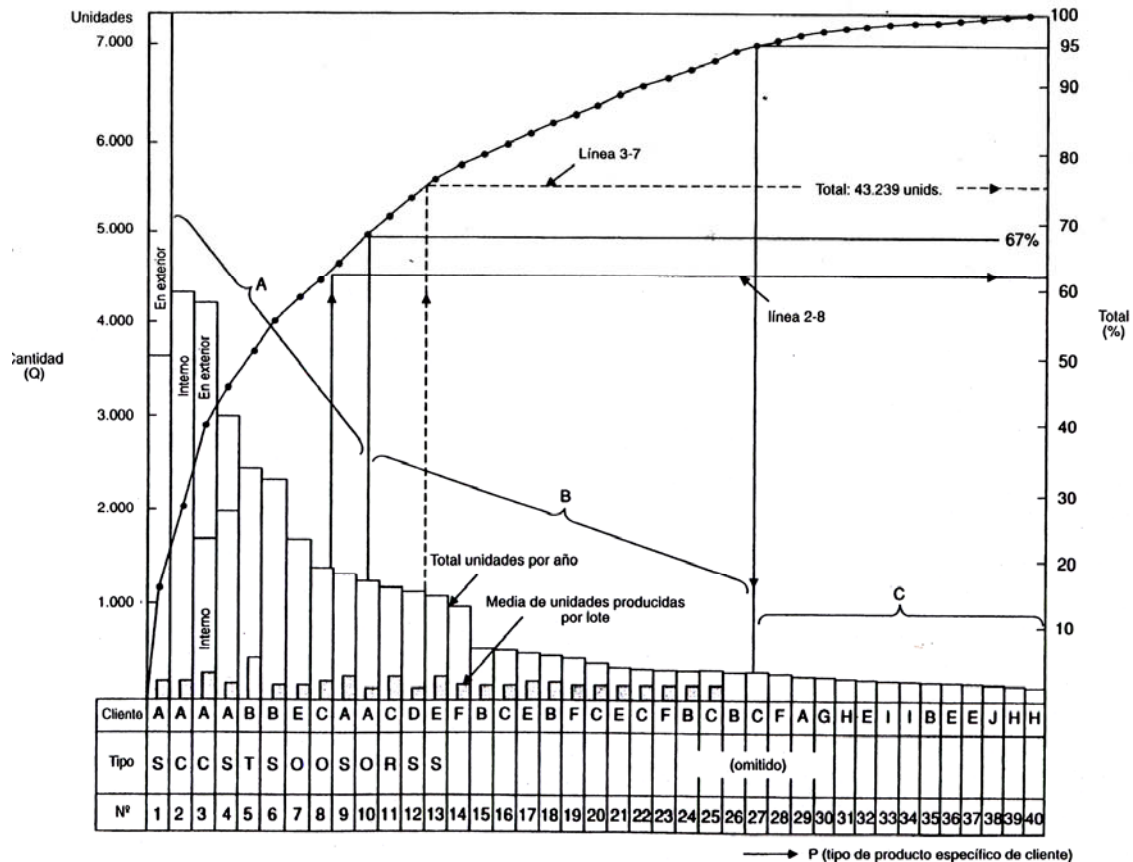


Figura 2.6 Análisis Producto – Cantidad (P – Q) [9]

Los análisis P-Q, son análisis de secuencias de cantidades de productos de cada tipo, a continuación se describe como realizar un análisis P-Q:

En el eje horizontal de la gráfica P-Q se colocan, en orden descendente de volumen de producción anual de cada producto, los clientes con el tipo de producto que compran, y en orden ascendente, el número de tipo de producto específico de cliente que representan.

En el eje vertical izquierdo se grafica la cantidad de producción anual estimada por cada tipo de producto específico de cliente. Cuando se sepa con seguridad que los productos pedidos por diferentes clientes son exactamente iguales, el volumen de producción de tales productos se asignará a un sólo cliente ficticio.

En el eje vertical derecho se grafica el porcentaje de volumen de producción anual acumulado representado por la línea con círculos negros.

Se agrupan con llaves los productos A (alta demanda y alto valor), B (demanda media y mediano valor), y C (baja demanda y bajo valor). Porcentaje total del producto A: 70 % o menos; porcentaje total del producto B: 71 – 91 %; porcentaje total del producto C: 96% o más.

La forma de determinar la relación entre la variedad de producto y el volumen anual de producción se determina de la siguiente forma:

Se traza la línea 2-8 , ésta comienza en el 20% o menos de los productos fabricados (eje P) hasta la línea de porcentaje de volumen anual acumulado (línea con círculos) y se proyecta al eje porcentaje total del lado derecho (eje %), si esta línea muestra el 80% o más del volumen anual de producción y éstos se encuentran dentro de los de alto valor, entonces se tiene un sistema productivo de poca variedad y grandes lotes, relacionado con sistemas de fabricación dedicados como las líneas de transferencia (LT) y las tecnologías intermitentes de grandes lotes como las líneas flexibles de manufactura (LFM).

En caso que esto no suceda se traza la línea 4-6. Si el 40% o más de los productos fabricados representan el 60% o menos del volumen anual de producción, entonces se tiene un sistema productivo de amplia variedad en pequeños lotes, relacionado con las tecnologías como los SFM, las células flexibles de manufactura (CFM) o Máquinas herramientas de control numérico aisladas (MHCNA).

Analizando la Figura 2.6 se observa que la línea auxiliar 2-8 no coincide con el 80% o más, si no al contrario ésta termina en un porcentaje menor que es aproximadamente 60%, para definir si el sistema es o no de poca variedad en grandes lotes, se traza la línea auxiliar 3-7 la cual termina muy cerca del 80% . De esta manera surge la incertidumbre porque la organización tiene un sistema que está en la frontera entre la producción de amplia variedad en pequeños lotes y la producción masiva.

Otros autores realizan un estudio de cómo las empresas consumidoras de electrónicos en Brasil perciben la flexibilidad en la manufactura. Para ello, se plantean 10 puntos estratégicos que permitan evaluar a los directivos de las empresas.

Las seis primeras se enfocan a la flexibilidad en el proceso:

- La capacidad que tienen para ofrecer una amplia variedad de tipos de partes. (Sólo lo menciona, sin ubicar el número de variedades considerada).
- La capacidad para incrementar nuevos tipos de partes.
- La capacidad para desarrollar productos con cortos ciclos de vida.
- La capacidad responder a demandas cuando hay cambios de mercado.
- La capacidad para crear equipos funcionales para desarrollo de productos.
- La capacidad para reducir inventario de producción en proceso.

Las otras cuatro no enfocadas a la flexibilidad son:

- La capacidad para reducir costos del producto.
- La capacidad para incrementar la productividad de los trabajadores.
- La posibilidad para expandir la capacidad de la producción.
- La capacidad para proveer calidad al producto.

De la medición de las estrategias anteriores, establece ecuaciones con valores cuantitativos aplicables, específicamente a medir la flexibilidad de las empresas consumidoras de electrónicos [10].

2.2 FUNDAMENTOS MICROECONÓMICOS

Los aspectos microeconómicos son importantes ya que de éstos depende la capacidad que tiene la empresa de adquirir bienes como lo sería la implantación de un nuevo sistema de fabricación, y siempre será importante saber que la inversión que se realice brindará la retribución necesaria para que la empresa se mantenga competitiva ante el mercado.

2.2.1 INTRODUCCIÓN

Economía, es la ciencia social que estudia los procesos de producción, distribución, comercialización y consumo de bienes y servicios. Los economistas estudian cómo alcanzan en este campo sus objetivos los individuos, los distintos colectivos, las empresas de negocios, y los gobiernos. Otras ciencias ayudan a avanzar en este estudio; la psicología y la ética intentan explicar cómo se determinan los objetivos, la historia registra el cambio de objetivos y la sociología interpreta el comportamiento humano en un contexto social.

El estudio de la economía puede dividirse en dos grandes campos. La teoría de los precios, o microeconomía, que explica cómo la interacción de la oferta y la demanda en mercados competitivos determinan los precios de cada bien, el nivel de salarios, el margen de beneficios y las variaciones de las rentas. La microeconomía parte del supuesto comportamiento racional. Los ciudadanos gastarán su renta intentando obtener la máxima satisfacción posible o, como dicen los analistas económicos, tratarán de maximizar su utilidad. Por su parte, los empresarios intentarán obtener el máximo beneficio posible.

El segundo campo, el de la macroeconomía, comprende los problemas relativos al nivel de empleo y al índice de ingresos o renta de un país. El estudio de la macroeconomía surge con la publicación de La teoría general del empleo, el interés y el dinero (1935), del economista británico John Maynard Keynes. Sus conclusiones sobre las fases de expansión y depresión económica se centran en la demanda total, o agregada, de bienes y servicios por parte de consumidores, inversores y gobiernos. Según Keynes, una demanda agregada insuficiente generará desempleo; la solución estaría en incrementar la inversión de las empresas o del gasto público, aunque para ello sea necesario tener un déficit presupuestario.

2.2.2 LA PRODUCTIVIDAD

Uno de los indicadores más importantes de los resultados económicos es la productividad. La productividad es un concepto que mide el cociente entre la producción total y una media ponderada de los factores. Dos importantes variantes son la productividad del trabajo, que calcula la cantidad de producción por unidad de trabajo y la productividad total de los factores, que calcula la producción por unidad de todos los factores (normalmente del capital y del trabajo).

La productividad crece gracias a las economías de escala y al cambio tecnológico. Las economías de escala y la producción en serie explican una gran parte del crecimiento de la productividad que se ha registrado en los últimos 100 años. La mayoría de los procesos de producción son mucho mayores que en el siglo XIX. A mediados de ese siglo, un gran barco podía transportar 2000 toneladas de mercancía, mientras que hoy los mayores petroleros transportan más de un millón de toneladas de petróleo. ¿Qué consecuencias tendría un aumento general de la escala de actividad económica? Si predominaran los rendimientos crecientes, el aumento de la cantidad de factores y de producción elevaría la productividad. Supongamos que sin que cambiara la tecnología, los factores de una empresa representativa aumentaran un 1% y que, como consecuencia de las economías de escala, la producción aumentara un 11%. Las economías de escala serían responsables de un crecimiento de la productividad total de los factores de un 1%.

Aunque los rendimientos crecientes de escala pueden ser grandes en muchos sectores, en cualquier momento pueden entrar en juego los rendimientos decrecientes de escala. A medida que se expanden las empresas, los problemas de gestión y de coordinación son cada vez más difíciles de resolver. En la búsqueda implacable de mayores utilidades, una empresa puede encontrarse con que entra en más mercados externos o en más líneas de productos de los que puede abarcar. Una empresa sólo puede tener un director general, un director financiero y un concejo de administración. Al disponer de menos tiempo para estudiar cada mercado y cada decisión, los altos directivos pueden perder el contacto con la producción diaria y comenzar a cometer errores.

Al igual que sucede con los imperios que se han expandido excesivamente, esas empresas corren el riesgo de ser invadidas por rivales más pequeñas y más ágiles. Los estudiosos de la administración de empresas afirman que el mayor fabricante de automóviles del mundo, General Motors, fue quedándose cada vez más aislado del mundo y de las presiones competitivas, por lo que tardó en responder a los cambios que experimentó el mercado de automóviles cuando subieron los precios del petróleo en los años setenta y perdió una gran parte de su cuota de mercado a favor de empresas más pequeñas y más ágiles. Así pues, aunque la tecnología permita en teoría obtener rendimientos constantes o crecientes de escala, la gestión y a supervisión puede acabar llevando a las grandes empresas a obtener decrecientes de escala.

Concepto de Costo y su clasificación

En términos generales diremos que costo son los recursos sacrificados o perdidos para alcanzar un objetivo específico. En este caso lo consideraremos como el valor monetario de los recursos que se entregan o promete entregar a cambio de bienes o servicios que se adquieren.

Los conceptos originarios de costo poseen una naturaleza propia que depende de la actividad que los origina, de su identidad con la unidad de costo y de su comportamiento. De tal modo, dentro de esta clasificación cabe, a la vez, subdividir los costos como se muestra en la figura 2.8.

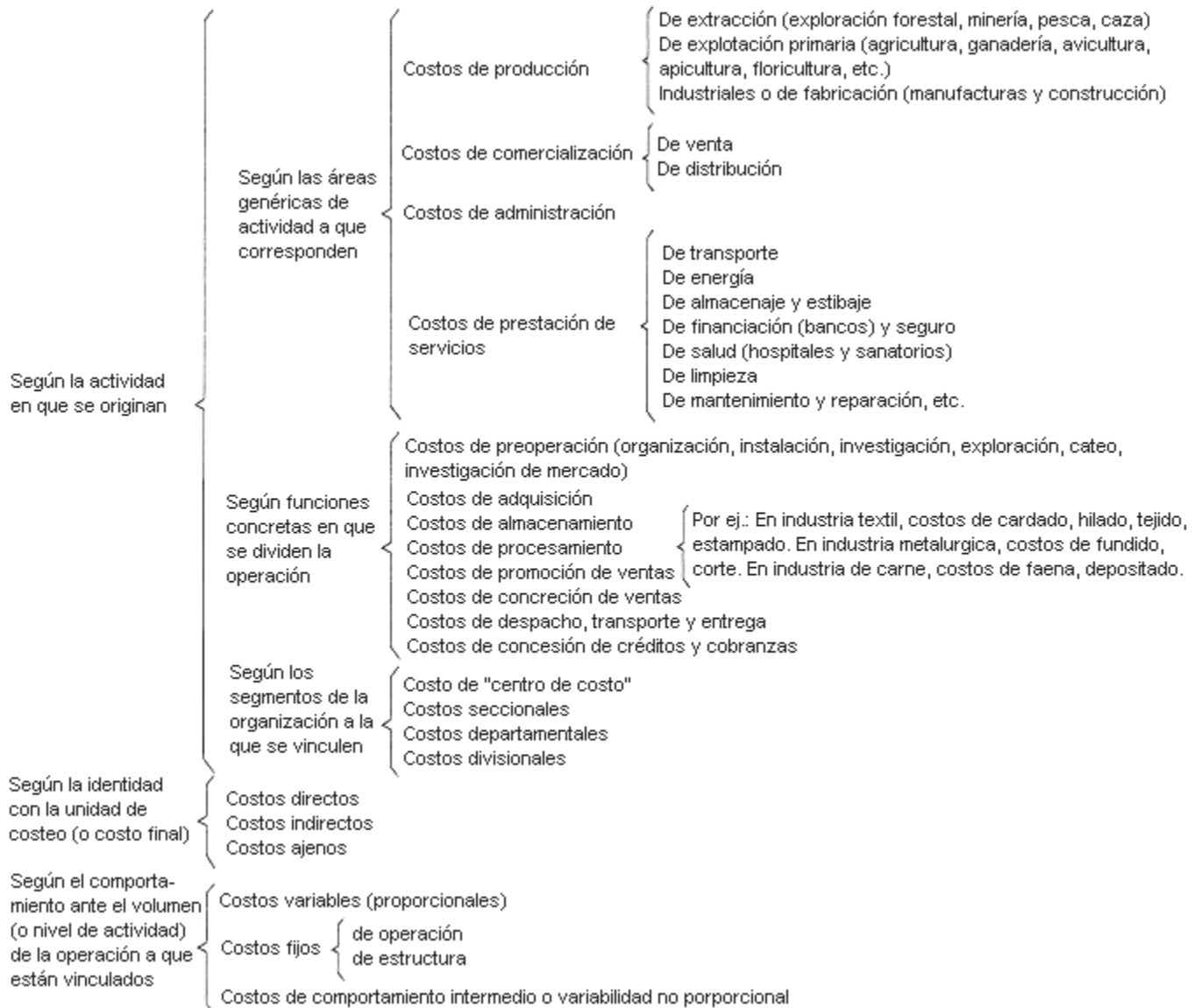


Figura 2.8 Clasificación de los costos en función de su naturaleza [28]

Pero también se pueden agrupar de una manera metodológica, donde los costos que incurre pueden incluirse en alguna de las siguientes categorías:

- a) Consumo de bienes preexistentes, almacenables, que se agotan directamente en el proceso
- b) Retribución al trabajo humano en relación de dependencia.
- c) Resto de conceptos que no encajan en los anteriores, comprendiendo:
 - i. Consumo de bienes no almacenables que se agotan directamente en el proceso
 - ii. Representación económica del desgaste de los bienes de capital.
 - iii. Retribución a los distintos factores que coadyuvan a la operación.

Se pueden identificar las tres grandes agrupaciones: Materiales, Labor y Otros costos como se muestra:

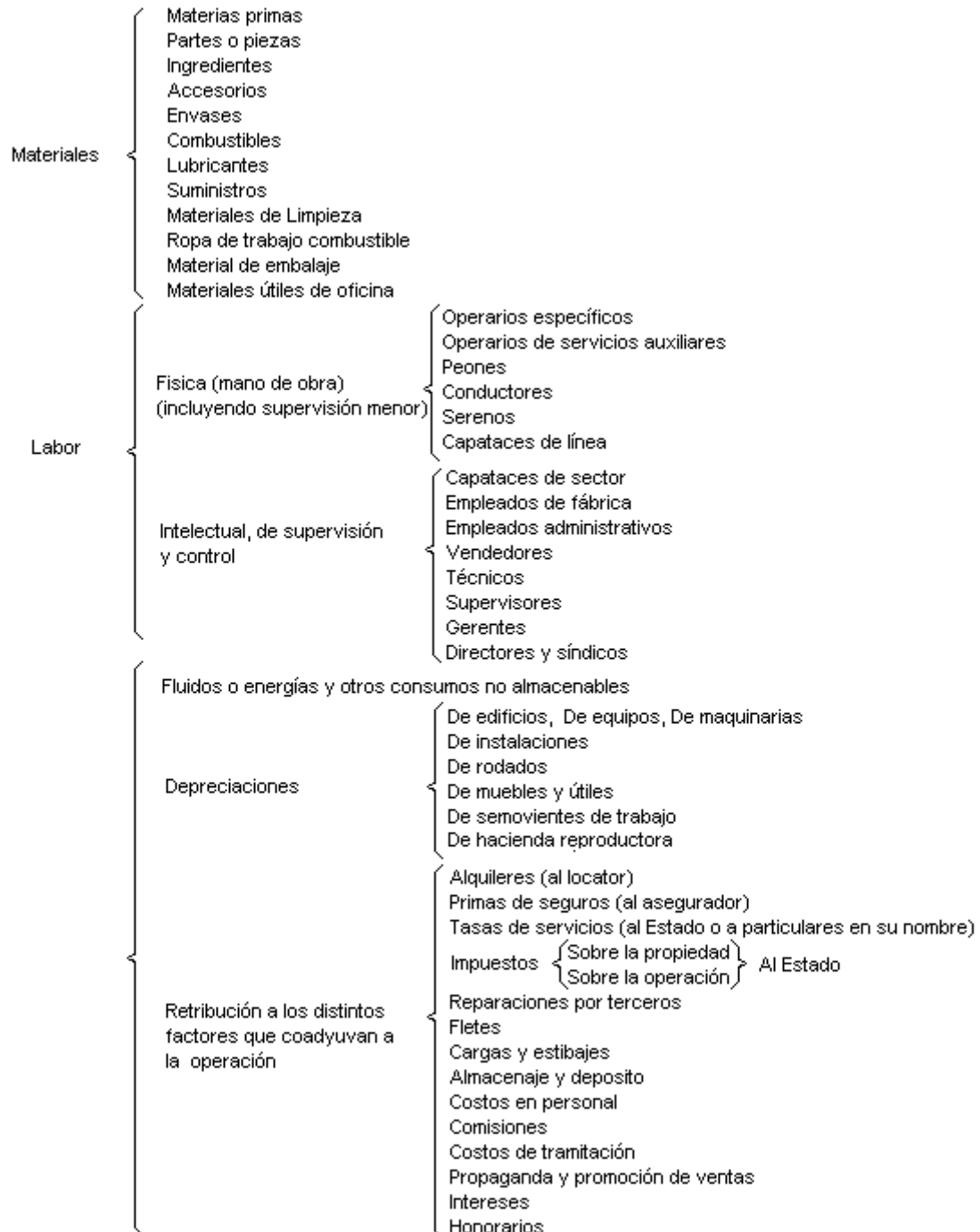


Figura 2.9 Elementos del costo y sus principales componentes [28]

Costo de Producción

Como ya hemos dicho, son los costos que se generan en el proceso de transformar las materias primas en productos terminados.

Son tres los elementos esenciales que integran el costo de producción [25]:

1. **Materia prima.** Son los materiales que serán sometidos a operaciones de transformación o manufactura para su cambio físico y/o químico, antes de que puedan venderse como productos terminados. Se divide en:

- a) **Materia prima directa (MPD).** Son todos los materiales sujetos a transformación, que se pueden identificar o cuantificar plenamente con los productos terminados.
- b) **Materia prima indirecta (MPI).** Son todos los materiales sujetos a transformación, que no se pueden identificar o cuantificar plenamente con los productos terminados.

2. **Mano de obra.** Es el esfuerzo humano que interviene en el proceso de transformar las materias primas en productos terminados, se divide en:

- a) **Mano de obra directa (MOD).** Son los salarios, prestaciones y obligaciones a que den lugar de todos los trabajadores de la fábrica, cuya actividad se puede identificar o cuantificar plenamente con los productos terminados.
- b) **Mano de obra indirecta (MOI).** Son los salarios, prestaciones y obligaciones a que den lugar de todos los trabajadores y empleados de la fábrica, cuya actividad no se puede identificar o cuantificar plenamente con los productos terminados.

3. **Cargos indirectos (CI).** También llamados gastos de fabricación, gastos indirectos de fábrica, gastos indirectos de producción o costos indirectos. Son el conjunto de costos fabriles que intervienen en la transformación de los productos y que no se identifican o cuantifican plenamente con la elaboración de partidas específicas de productos, procesos productivos o centros de costos determinados.

Conocidos los elementos del costo de producción podemos determinar otros conceptos en la forma siguiente:

Costo primo. Es la suma de los elementos directos que intervienen en la elaboración de los artículos (materia prima directa más mano de obra directa).

Costo de transformación o conversión. Es la suma de los elementos que intervienen en la transformación de las materias primas directas en productos terminados (mano de obra directa más cargos indirectos).

Costo de producción. Es la suma de los tres elementos que lo integran (materia prima directa, mano de obra directa y cargos indirectos) o también, podemos decir que es la suma del costo primo más los cargos indirectos.

Gastos de operación. Es la suma de los gastos de distribución, administración y financiamiento.

Costo total. Es la suma del costo de producción más los gastos de operación.

Precio de venta. Se determina agregando al costo total el porcentaje de utilidad deseado. Es importante mencionar que para determinar el precio de venta, no sólo se considera el costo total del producto, además se debe considerar, entre otros aspectos, la ley de la oferta y la demanda, la competencia, penetración en el mercado, promoción de la línea de productos, fijar precios por primera vez, etcétera.

En la figura 2.10 se muestra el diagrama de Precio de venta en donde esta Tesis se enfocara a la función de producción y más específicamente al costo de conversión.

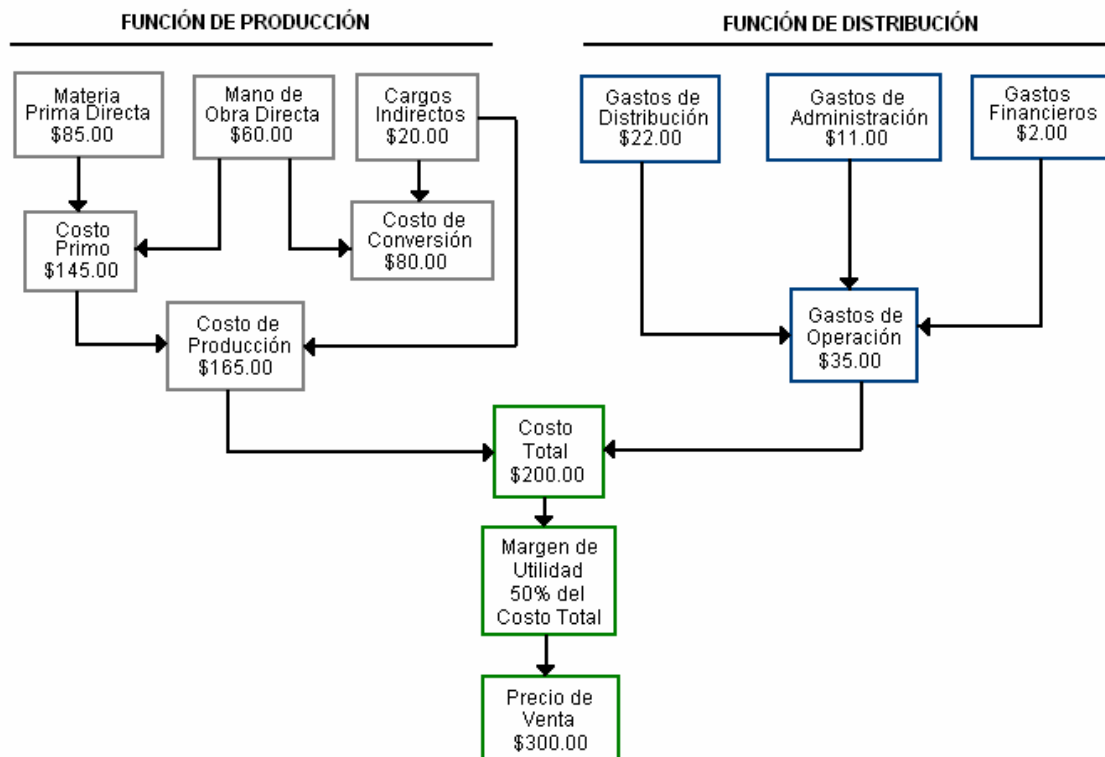


Figura 2.10 Diagrama ejemplo de precio de venta [25]

Mano de obra

Para lograr sus objetivos, toda la empresa requiere de una serie de recursos materiales, técnicos y humanos. El hombre es y seguirá siendo el recurso más valioso que tenga la empresa, aunque no sea de su propiedad. El factor humano es el cimiento y motor de toda empresa y su influencia es decisiva en el desarrollo, evolución y futuro de la misma [25].

Por lo anterior, la empresa no debe considerar solamente un contrato colectivo de trabajo, sino también responder a las necesidades y esperanzas que tengan los trabajadores y empleados, para contar con su máximo esfuerzo, ya que ellos aportan talento, eficacia, experiencia y esfuerzo, e invierten los mejores años de su vida en el éxito de la empresa.

Estos comentarios son importantes antes de iniciar el estudio de otro elemento del costo de producción, que es el pago al personal de la planta fabril; o sea, la mano de obra.

Mano de obra es el esfuerzo humano que interviene en el proceso de transformación de materias primas en productos terminados. Los sueldos, salarios y prestaciones al personal de la fábrica que paga la empresa, así como todas las obligaciones a que den lugar, son el costo de la mano de obra; este costo debe clasificarse de manera adecuada. Los salarios que se pagan a las personas que participan directamente en la transformación de la materia prima en producto terminado y que se pueden identificar o cuantificar plenamente con el mismo se clasifican como costo de mano de obra directa y pasan a integrar el segundo elemento del costo de producción. Los sueldos y salarios que se pagan al personal de apoyo a la producción como por ejemplo, funcionarios de la fábrica, supervisores, personal del almacén de materiales, personal de mantenimiento, etc., y que no se pueden identificar o cuantificar plenamente con la elaboración de partidas específicas de productos, se clasifican como costo de mano de obra indirecta y se acumulan dentro de los cargos indirectos.

El costo de la mano de obra está en función del tiempo trabajado, del fabulador de sueldos y salarios, del contrato colectivo de trabajo que tenga la empresa, de la Ley Federal del Trabajo, de la Ley del Seguro Social y del Código Financiero del Distrito Federal (para el D.F.). Estos componentes proveen la información para registrar los costos de mano de obra. Normalmente los empleados y trabajadores de la fábrica registran sus horas trabajadas en una tarjeta de asistencia o de tiempo, que registra la fecha y las horas de entrada y de salida, siendo esta tarjeta el documento fuente para la elaboración de la nómina y constituye el registro de asistencia del trabajador y del empleado.

El trabajo que se dedica a productos u órdenes específicas se registra en boletas de trabajo que son preparadas diariamente por los empleados y supervisores.

Una boleta de trabajo, además de registrar el número de horas trabajadas, debe indicar una descripción del trabajo realizado y la persona que lo realizó, para determinar posteriormente el costo correspondiente.

El procedimiento de boletas de trabajo cumple dos funciones:

1. Permite analizar la productividad diaria de los trabajadores.
2. Los costos de mano de obra directa podrán identificarse en tareas, productos específicos o procesos.

El área de nóminas es responsable de computar el total de la nómina, incluyendo la cantidad de pago bruto y la cantidad neta pagada para los empleados y trabajadores después de las deducciones requeridas por las leyes estatales y federales, y las correspondientes a los acuerdos con los empleados como cuotas sindicales, adelantos de sueldo, etcétera.

Distribución de los costos de la nómina: Tomando como base los centros de trabajo, los departamentos y las boletas de trabajo de los empleados y trabajadores de la fábrica, el área de costos puede distribuir, del costo de la nómina del periodo más todas las obligaciones a que den lugar, el monto que corresponde a la mano de obra directa y el monto de la mano de obra indirecta.

Cálculo del costo hora-hombre

A continuación se presenta un instructivo general para establecer un procedimiento para el cálculo del costo hora-hombre en una empresa, que permita obtener costos reales.

Procedimiento:

1. Se consideran todas las prestaciones que estipula la Ley Federal del Trabajo y/o prestaciones del contrato colectivo.
2. El número de días de vacaciones que corresponden al personal, se determina con base en su antigüedad dentro de la empresa y a lo especificado en el contrato colectivo de trabajo O bien, se puede determinar un promedio por departamento, centro de costos o total de la empresa.
3. Se determinan factores por día para los conceptos de vacaciones, aguinaldo y prima de antigüedad.
4. De los 365 días que tiene el año, 4 días de descanso obligatorio coinciden con días de descanso semanal, por lo que se consideran 369 días para el pago anual.
5. Se determinaron 225 días laborables para el año, los cuales se obtuvieron eliminando los días sábados, domingos, descansos, vacaciones, enfermedades y permisos de los 365 días que tiene el año.
6. Se consideraron 8.0 horas efectivas de trabajo, para una jornada diaria de labores.
7. Se utilizan las siguientes abreviaturas:

CCT	Contrato Colectivo de Trabajo
CFDF	Código Financiero del Distrito Federal
INFONAVIT	Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores
LFT	Ley Federal del Trabajo
LSS	Ley del Seguro Social
SEM	Seguro de Enfermedades y Maternidad
SIVCM	Seguro de Invalidez, Vejez, Cesantía en edad avanzada y Muerte
VSMGAG	Veces el salario mínimo general del área geográfica de aplicación que corresponda
VSMGDF	Veces el salario mínimo general que rija en el Distrito Federal

Es importante aclarar que este instructivo se estructuró de tal forma que pueda aplicarse a cualquier tipo de empresa, lo único que se debe hacer es modificarlo con base en el contrato colectivo de trabajo que cada una de ellas tenga; para el caso de las empresas que no tengan contrato colectivo de trabajo, deben considerar lo que estipula la Ley Federal del Trabajo.

Concepto de Cargos Indirectos

Se designa con el nombre de cargos indirectos (CI) al conjunto de costos fabriles que intervienen en la transformación de los productos y que no se identifican o cuantifican plenamente con la elaboración de partidas específicas de productos, procesos productivos o centros de costos determinados.

Los cargos indirectos representan el tercer elemento del costo de producción, y pueden referirse a los siguientes conceptos:

Materia prima indirecta (MPI). Son todos los materiales sujetos a transformación, que no se pueden identificar o cuantificar plenamente con los productos terminados.

Mano de obra indirecta (MOI). Son los salarios, prestaciones y obligaciones a que den lugar de todos los trabajadores y empleados de la fábrica, cuya actividad no se puede identificar o cuantificar plenamente con los productos terminados.

Por ejemplo: el director de la fábrica, los supervisores y los vigilantes. Erogaciones fabriles. Son todos aquellos costos que se refieren a diversos servicios como renta, teléfono, conservación y mantenimiento, etcétera, correspondientes a la planta fabril.

Depreciaciones. Se refiere a la baja de valor de los activos fijos fabriles, ocasionada por el uso, transcurso del tiempo o por obsolescencia.

Amortizaciones. Se refiere a recuperar con aplicaciones periódicas las erogaciones efectuadas por concepto de gastos de instalación y adaptación de la planta fabril, considerando la vida útil esperada.

Erogaciones fabriles pagadas por anticipado. Este grupo está formado por todos aquellos gastos de la fábrica pagados por anticipado, por lo que se tiene derecho de recibir un servicio, ya sea en el ejercicio en curso o en ejercicios posteriores. Por ejemplo: renta fabril, impuesto predial y primas de seguro.

Costos Estándar

El sistema de costos estándar es una técnica que se ubica en las etapas de planeación, coordinación y control del proceso administrativo. Se entiende que el término estándar se refiere al mejor método, la mejor condición o el mejor conjunto de detalles que se puedan idear en un

momento determinado, tomando en consideración todos los factores restrictivos; es decir, el estándar constituye la medida bajo la cual un producto o la operación de un proceso debe realizarse con el mejor grado de eficiencia.

El sistema de costos estándar puede utilizarse con un sistema de costos por órdenes de producción o con un sistema de costos por procesos. Sin embargo, en el sistema de órdenes de producción hay que tener cuidado, ya que puede darse el caso de que los costos estándar sean poco prácticos, en virtud de que su producción es variada. Entonces, en lugar de establecer un costo estándar para cada orden de producción, podría ser más factible usar un sistema de costos estimados cuyo cálculo es un tanto general y poco profundo, basado en la experiencia que la empresa tiene de periodos anteriores, considerando también las condiciones económicas y operativas, presentes y futuras. Los costos estimados nos dicen cuánto puede costar un producto o la operación de un proceso durante cierto periodo de costos. Cuanto más repetitivo sea el ciclo de producción, más ventajosas serán las técnicas de costos estándar.

Los costos estándar son costos predeterminados que indican lo que, según la empresa, debe costar un producto o la operación de un proceso durante un periodo de costos, sobre la base de ciertas condiciones de eficiencia, condiciones económicas y otros factores propios de la empresa.

Los beneficios que se obtienen en la implantación y utilización adecuada de un sistema de costos estándar son entre otros:

1. Contar con una información más oportuna e incluso anticipada de los costos de producción.
2. Los costos estándar implican una planeación científica en la empresa, ya que para implantarlos se necesita previamente una planeación de la producción, la cual considera qué producto se hará, cómo, dónde, cuándo y cuánto, sin más variaciones que aquellas que resulten plenamente justificadas.
3. El simple hecho de iniciar la implantación de este sistema lleva consigo la necesidad de practicar un estudio previo de la secuencia de las operaciones, la cronología, el balance y la tasa de producción, en el cual, con mucha frecuencia, se descubren ineficiencias que se corrigen de inmediato.
4. Facilitan la formulación de los presupuestos de la empresa y la vigilancia posterior de los mismos, en forma sistemática.
5. Facilitan la planeación inteligente de las operaciones futuras, tales como la producción de nuevos artículos, la supresión de otros, la mecanización de ciertos procesos, etcétera.
6. Son un auxilio enorme en el control interno de la empresa.
7. Son un patrón de medida ante lo realizado, por lo que las desviaciones son llamadas de atención que señalan a los responsables y permiten conocer cuánto y por qué se dieron estas diferencias y así corregir oportunamente las fallas o defectos observados.
8. Este sistema repercute en una reducción en los costos de producción, en la correspondiente disminución de los precios de venta, en el aumento del poder adquisitivo de los consumidores, en el crecimiento de la empresa y, en general, en el progreso de la economía del país.
9. Es muy útil para la dirección de la empresa respecto a la información que proporciona y para una mejor toma de decisiones.

En la elaboración de los costos estándar se requiere la participación de varias áreas de la empresa, como son: Diseño, Ingeniería de Producto, Ventas, Producción, Compras, Costos, etcétera. El área de costos coordina la información proveniente de todas las áreas involucradas y se responsabiliza de calcular los costos estándar por unidad de producto terminado, elaborando una hoja de costos estándar para cada producto y considerando el estudio de cada uno de los elementos del costo de producción.

2.2.4 ANÁLISIS DEL PUNTO DE EQUILIBRIO (PE)

Una cifra importante en los estudios primarios es el punto en el tiempo o los resultados de la producción cuando un producto inicia a rendir una utilidad: el punto de equilibrio.

El punto de equilibrio es el punto donde los ingresos totales son iguales a los costos totales; es decir, el volumen de ventas con cuyos ingresos se igualan los costos totales y la empresa no reporta utilidad pero tampoco pérdida.

Los métodos para calcular el punto de equilibrio son:

- Método de la ecuación
- Método del margen de contribución
- Método gráfico

Método de la ecuación

El estado de resultados se puede expresar como una ecuación en la forma siguiente:

$$\text{Ventas} - \text{costos variables} - \text{costos fijos} = \text{Utilidad antes de impuestos}$$

O bien

$$(PVU * CU) - (CVU * CU) - CF = U \quad [\$]$$

Donde:

PVU = Precio de venta unitario [\$, pesos/piezas]

CVU = Costos variables por unidad [\$, pesos/piezas]

CU = Cantidad de unidades [piezas]

CF = Costos fijos [\$, pesos]

U = Utilidad antes de impuestos [\$, pesos]

Método de contribución marginal

Este método maneja el concepto de contribución marginal o utilidad marginal. La contribución marginal es igual a los ingresos por ventas menos todos los costos variables de producción y operación.

$$PE = \frac{CF}{CM} \text{ [número de piezas]}, \text{ o } PE = \frac{CF}{\%CM} \text{ [\$]}$$

Donde:

PE = Punto de equilibrio [número de piezas], [\$, pesos]

CF = Costos fijos totales [\$, pesos]

CM = Contribución marginal [\$, pesos]

%CM = Contribución marginal entre precio de venta

Método gráfico

El punto de equilibrio se puede determinar en forma gráfica utilizando el siguiente procedimiento [25]:

1. Los costos fijos, los costos variables y los ingresos se anotan sobre el eje vertical (Y).
2. El volumen de ventas se anota sobre el eje horizontal (X).
3. Se trazan las líneas de costos fijos y variables

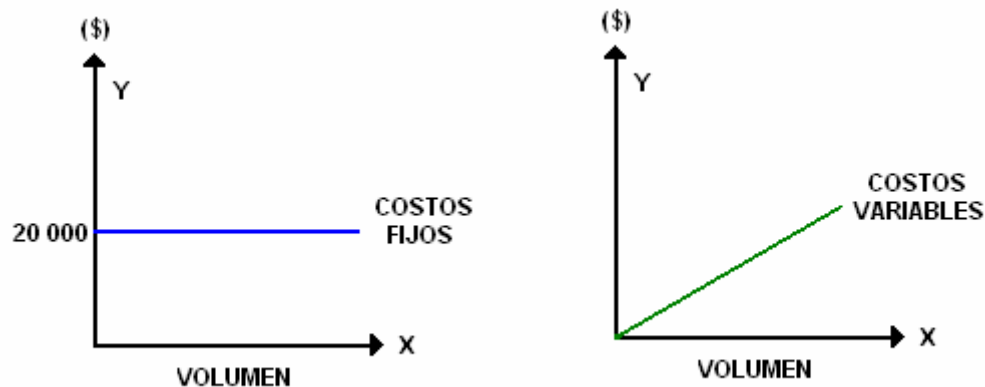


Figura 2.11 Gráfica de costos fijos y costos variables

La línea de costos fijos permanece constante a lo largo de toda la escala de volumen, en tanto que la línea de costos variable fluctúa en proporción directa a los cambios en el volumen.

4. Se traza la línea del costo total, sumando el costo fijo total más el costo variable total, teniendo las siguientes presentaciones:

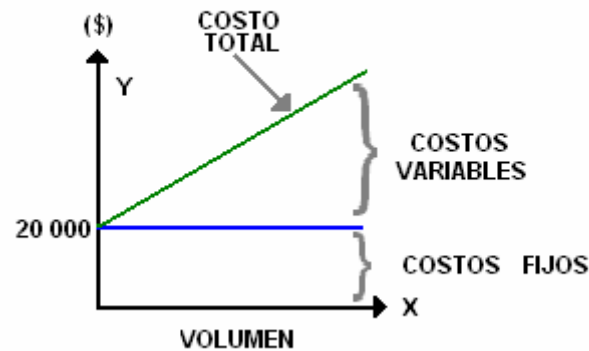


Figura 2.12 Gráfica de costo total

Se puede observar que la línea de costos totales es la misma en cualquiera de las dos presentaciones.

5. Se traza la línea de ingresos totales.

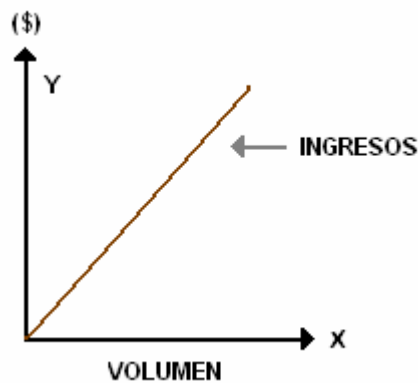


Figura 2.13 Gráfica de ingresos

6. Cuando las líneas rectas que representan el ingreso total y el costo total se colocan en la misma gráfica, se puede determinar el punto de equilibrio que es donde se interceptan la línea de ingresos totales y la línea de los costos totales; además, esta gráfica muestra las perspectivas de utilidades o pérdidas para los diferentes volúmenes, teniendo las siguientes presentaciones:

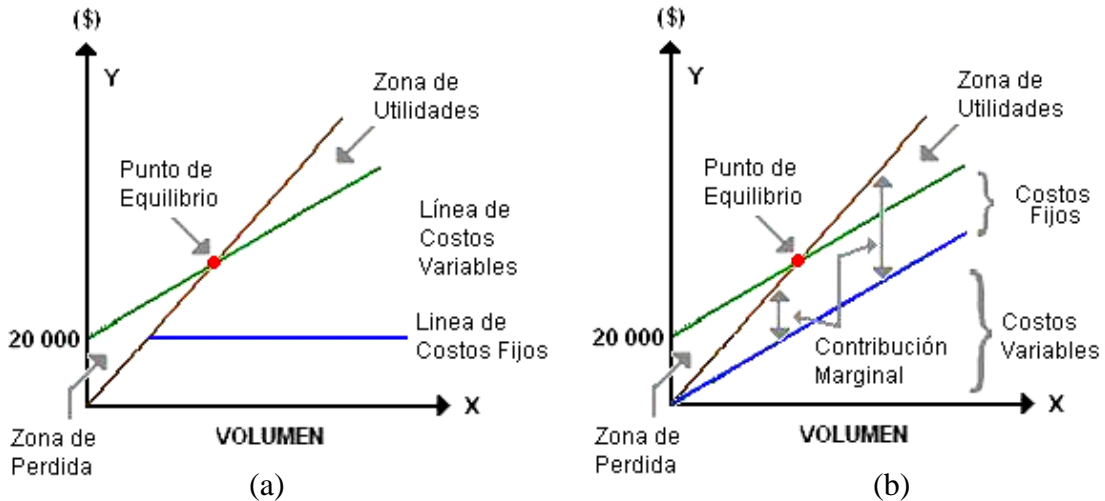


Figura 2.14 Gráfica de punto de equilibrio

En la primera gráfica de la figura 2.14(a) los costos fijos totales se situaron en el eje vertical (Y) en \$20 000.00 y están por debajo de los costos variables totales.

En la segunda gráfica de la figura 2.14(b) los costos fijos totales se situaron por encima de los costos variables debido a que resalta la idea de la contribución marginal. En esta gráfica, la línea de ingresos y la línea de costos variables empiezan en el punto de origen.

Si las operaciones de la empresa se encuentran por arriba o por debajo del punto de equilibrio, la distancia vertical entre la línea de ventas y la línea de costos variables mide el importe total de la contribución marginal.

2.2.5 ÍNDICES DE EVALUACIÓN FINANCIERA

En la práctica empresarial y en el ámbito de cualquier inversionista, el esquema que generalmente se plantea es para invertir es: dado que se invierte cierta cantidad y que las ganancias probables en los años futuros ascienden a determinada cifra, ¿es conveniente hacer la inversión? Lo anterior se puede plantear desde otro punto de vista: el inversionista siempre espera recibir o cobrar cierta tasa de rendimiento en toda inversión, por tanto, debe contar con las técnicas de análisis que le determinan cuantificar si, con determinada inversión y ganancias probables, ganará realmente la tasa que él ha fijado como mínima para aceptar hacer la inversión.

Para tomar la decisión de inversión correcta, sólo es necesario determinar todos los flujos de efectivo esperados del proyecto, ingresos y costos, y seleccionar adecuadamente la tasa de rendimiento que se desea ganar, superior a la tasa mínima vigente en el mercado, la cual se considera sin riesgo. Cualquier otra forma de inversión, ya sea especulativa o en la industria, implica un riesgo que puede ser muy elevado [31].

Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR)

Se parte del hecho que todo inversionista deberá tener una tasa de referencia sobre la cual basarse para hacer sus inversiones. Tasa de referencia es la base de comparación y de cálculo en las evaluaciones económicas que haga. Si no se obtiene cuando menos esa tasa de rendimiento, se rechazará la inversión.

Todos los inversionistas esperan que su dinero crezca en términos reales. Como en todos los países hay inflación, aunque su valor sea pequeño, crecer en términos reales significa ganar un rendimiento superior a la inflación, ya que si se gana un rendimiento igual a la inflación el dinero no crece sino mantiene su poder adquisitivo. Es ésta la razón por la cual no debe tomarse como referencia la tasa de rendimiento que ofrecen los bancos, pues es bien sabido que la tasa bancaria de rendimiento es siempre menor a la inflación. Si los bancos ofrecieran una tasa igual o mayor a la inflación implicaría que, o no ganan nada o que transfieren sus ganancias al ahorrador, haciéndolo rico y descapitalizando al propio banco, lo cual nunca va a suceder.

Por lo tanto el TMAR puede definirse de la siguiente manera:

$$TMAR = \text{tasa de inflación} + \text{premio al riesgo}$$

El premio al riesgo significa el verdadero crecimiento del dinero y se le llama así porque el inversionista siempre arriesga su dinero y por arriesgarlo merece una ganancia adicional sobre la inflación. Como el premio es por arriesgar, significa que a mayor riesgo, se merece mayor ganancia.

Valor Presente Neto (VPN)

El valor presente neto solo significa traer del futuro al presente cantidades monetarias a su valor equivalente. En términos formales de evaluación económica, cuando se trasladan cantidades del presente al futuro, se dice que se utiliza una tasa de interés, pero cuando se trasladan cantidades del futuro al presente, como en el cálculo de VPN, se dice que se utiliza una tasa de descuento debido a lo cual a los flujos de efectivo ya trasladados al presente se les llama flujos descontados.

La pregunta que se hacen los inversionistas es, ¿conviene invertir en este proyecto dadas las expectativas de ganancia e inversión?

Para responder esta pregunta se puede utilizar el VPN como criterio de selección. Para calcularlo, sólo traslade los flujos de los años futuros al tiempo presente y réstese la inversión inicial, que ya está en tiempo presente. Los flujos se descuentan a una tasa que corresponde a la TMAR, de acuerdo a la siguiente fórmula [31].

$$VPN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \Lambda + \frac{FNE_n}{(1+i)^n} \quad [\$]$$

Donde:

FNE_n = flujo neto de efectivo del año n, que corresponde a la ganancia neta después de impuestos del año n [\\$].

P= inversión inicial en el año cero [\\$].

i = tasa de referencia que corresponde a la TMAR

El valor presente neto recibe éste nombre y no simplemente valor presente porque a la suma de los flujos descontados se le resta la inversión inicial, lo que es igual a restarle a todas las ganancias futuras, la inversión inicial, lo que es igual a restarle a todas las ganancia futuras, la inversión que les dio origen, todo esto a su valor equivalente en un solo instante en el tiempo que es el presente.

Si el VPN es positivo, significará que habrá ganancia más allá de haber recuperado el dinero invertido y deberá aceptarse la inversión. Si el VPN es negativo, significará que las ganancias no son suficientes para recuperar el dinero invertido. Si éste es el resultado debe, rechazarse la inversión. Si el VPN es igual a cero, significará que sólo se ha recuperado la TMAR y, por tanto, debe aceptarse la inversión:

$$\begin{aligned} \text{Si: } \quad & VPN \geq 0 \quad \text{acéptese la inversión} \\ & VPN < 0 \quad \text{rechácese la inversión} \end{aligned}$$

La influencia de la *TMAR* en el cálculo del *VPN* es determinante, tanto en los flujos netos de efectivo (FNE) o ganancias de los años futuros como la *TMAR* se calculan con base en las expectativas de inflación que, se cree, sucederán en esos años [31].

Tasa Interna de Rendimiento (TIR)

TIR es la tasa de descuento que hace el $VPN = 0$

$$VPN = 0 = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \Lambda + \frac{FNE_n}{(1+i)^n}$$

TIR es la tasa de descuento que hace que la suma de los flujos descontados sea igual a la inversión inicial.

$$P = \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \Lambda + \frac{FNE_n}{(1+i)^n} \quad [\$]$$

En ambas formulas se conoce la P y todas las FNE, por lo que la única incógnita es la “ i ” o tasa interna de rendimiento, que se calcula usualmente por tanteos o con una calculadora programada para hacer tal operación.

La TIR es la i que hace que el valor futuro de la inversión sea igual a la suma de los valores futuros de los flujos de efectivo en el año n .

2.3 CONCLUSIONES

Éste capítulo brinda las herramientas básicas que sustentan el desarrollo de la presente Tesis.

Con el desarrollo de este capítulo se precisaron los sistemas de manufactura a utilizar a lo largo de este trabajo que son: líneas de transferencia, líneas de flujo por lotes, sistemas flexibles de manufactura, células de manufactura, máquinas herramientas de control numérico computarizado y finalmente los talleres de mecanizado.

Los atributos del producto que se ocuparán en el desarrollo de éste escrito son: el volumen de producción y la variedad; ya que se cuenta con la base de los autores [1,2,3,4,8,16,24] mencionados en éste capítulo, en un principio se había pensado utilizar también el tamaño de lote, sin embargo, no se obtuvo información consistente acerca de éste, ya que el tamaño de lote varía en función del tamaño de la pieza y en la dificultad que se tiene para transportarla.

Existen muchas clasificaciones para los sistemas de manufactura brindadas por diferentes autores, pero a pesar de que son parecidas, ninguna cuenta con una cuantificación exacta, sólo son aproximaciones, y únicamente un autor (Keniche) muestra un tipo de análisis de producto - cantidad llamado ‘Análisis P-Q’; sin embargo este tipo de análisis no hace ninguna restricción de los tipos de productos, no especifica si son familias o productos distintos, además de que no toma en cuenta los factores de inversión y/o recuperación de gastos de producción que son indispensables para que una empresa o negocio se mantenga competitivo.

Los factores económicos son indispensables tanto para saber el grado de industrialización de cada país y con esto del alcance que tienen para contar con la tecnología adecuada (factores macroeconómicos) como la determinación de precios del producto, maximización de utilidades para obtener la mejor ganancia (factores microeconómicos), sin embargo para el desarrollo de esta tesis no se tomarán en cuenta los factores macroeconómicos, sólo los microeconómicos, tomando en cuenta la recuperación de la inversión y las ganancias que pueda producir cada uno de los sistemas de manufactura que se propongan para fabricar los productos deseados.

3 DESARROLLO DE LA RELACIÓN ATRIBUTOS DEL PRODUCTO – TECNOLOGÍAS DE MANUFACTURA

Este capítulo está dedicado a la implantación de todos los conceptos descritos en el capítulo dos llegando a una selección de sistema automatizado de manufactura tomando en cuenta atributos del producto (variedad y volumen) y factores económicos como es la inversión y los costos de producción.

3.1 ANÁLISIS DE LOS ATRIBUTOS DE LOS PRODUCTOS MANUFACTURADOS

Se retomó la información de [24] y su base de datos de INEGI del subsector 38, donde, en el capítulo 3 de ésta se realizó un análisis generado estratificaciones de los atributos del proceso de manufactura que, junto con otros elementos como la flexibilidad y factores macroeconómicos, dice que son la base para decidir si se automatiza o no la fabricación de un producto.

3.1.1 SUBSECTOR 38 MANUFACTURA DE PRODUCTOS METÁLICOS, MAQUINARIA Y EQUIPO

El la división 8 de la manufactura corresponde a productos metálicos, maquinaria y equipo, y abarca las clases de actividad económica que se refieren a: la producción de artículos metálicos por fundición o moldeo fuera de la planta siderúrgica; producción de artículos metalmecánicos que se obtienen por medio de múltiples procedimientos, tales como: troquelado, embutición, forjado, estiraje, corte y doblaje de láminas y tubos; maquinado, entre otros; ensamble y producción de maquinaria y equipo de producción para diversas industrias; producción de bienes y partes eléctricas para uso doméstico e industrial; producción de equipos y aparatos electrónicos; equipo de procesamiento informático; reproducción masiva de medios magnéticos u ópticos; producción de componentes electrónicos para maquinaria, equipo de producción y de uso doméstico; producción de maquinaria y equipo de uso comercial, para la prestación de servicios y de uso general que no puede asignarse a una industria específica; equipos de automatización,

aparatos de precisión, medida y control; equipo e instrumental médico y quirúrgico; producción de prótesis dentales en serie y prótesis de miembros y también, la producción de muebles metálicos; producción de muebles de línea blanca y electrodomésticos, incluyendo dentro de estas actividades el ensamble y la producción de partes y accesorios para todo tipo de equipo de transporte, como: automotores, embarcaciones, aeronaves, ferrocarriles, entre otros.

El subsector 38 incluye, las actividades relacionadas con la fabricación de muebles y artículos metálicos, corcholatas, alambre y demás artículos troquelados y esmaltados; utensilios agrícolas y herramientas de mano; y la fundición y moldeo de piezas metálicas. También se contempla en este agregado la producción de envases de hojalata, baterías de cocina, cuchillería; clavos y tornillos de todo tipo, así como los establecimientos cuya actividad principal consiste en operaciones de galvanizado, cromado y niquelado y los que realizan trabajos de herrería. La fabricación y ensamble de maquinaria de diversa naturaleza, constituye otra de sus actividades básicas, además de la producción de maquinaria agrícola, maquinaria destinada a otras industrias tales como la petrolera, de la construcción y la explotación de minas y canteras; para trabajar la madera y los metales y para elaborar alimentos y bebidas entre otras.

En este sector queda comprendida además, la producción y ensamble de máquinas de escribir, de cálculo y contabilidad y máquinas de coser; la fabricación de calderas y calentadores; bombas y extinguidores para incendios, válvulas metálicas y otra maquinaria y equipo no eléctrico.

Dentro de los límites de la división se clasifican los establecimientos que fabrican y ensamblan motores, generadores, transformadores y maquinaria y equipo industrial eléctrico de naturaleza diversa; aparatos electro-domésticos; aparatos electrónicos, además de la fabricación de discos y cintas magnetofónicas; acumuladores, pilas, tubos y focos para iluminación.

Por otra parte, son actividades propias del sector la producción de tractores, de vehículos automóviles, sus partes y accesorios y la fabricación, ensamble y reparación de otro equipo y material de transporte como embarcaciones, material rodante para ferrocarriles y la manufactura de motocicletas y bicicletas.

Sin embargo éste subsector excluye los talleres de soldadura; y edición con o sin impresión.

Se decidió basar éste análisis en el subsector 38 debido a que es el que presenta la mayor aportación al Producto Interno Bruto dentro de las 9 divisiones que existen dentro del sector manufactura.

Los productos que están por analizarse fueron recopilados en una base de datos de 1872 productos realizada por la M. en C. Leticia Hernández quien los extrajo del XV Censo Industrial realizado en el año de 1998, para información detallada de la clase de productos a realizar consultar el anexo A.

3.1.2 ANÁLISIS DE TRABAJOS ANTERIORES

Al retomar la información de [24] se realizaron algunas gráficas para poder entablar una relación entre los atributos de los sistemas de manufactura y los productos en cuestión.

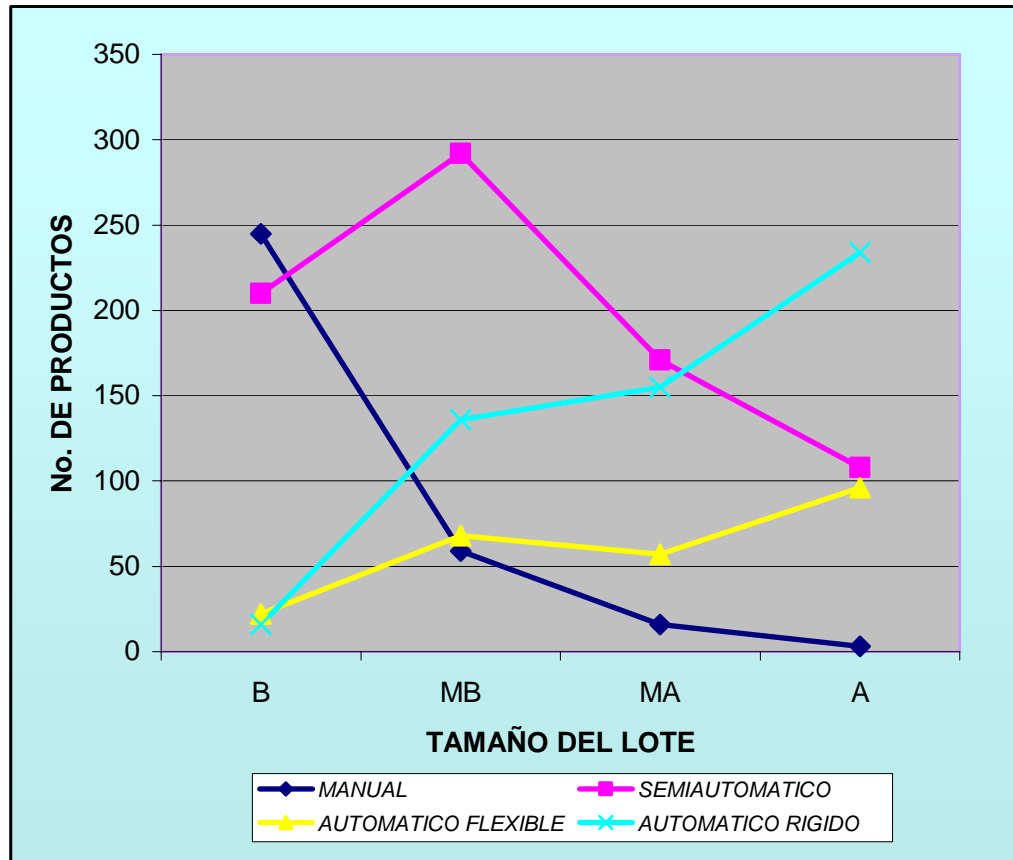


Figura 3.1 Gráfica de número de productos vs. tamaño de lote para cada una de las formas de fabricación

La figura 3.1 muestra del conjunto de 1800 productos en el eje 'x' el tamaño de lote en sus diferentes estratos Bajo (B), medio bajo (MB), medio alto (MA) y alto (A) y en el eje 'y' la cantidad de productos.

Para comprender mejor esta gráfica tomaremos como ejemplo la manufactura manual identificado en la línea azul marino con rombos, en esta línea observamos como la mayor parte de los productos producidos de manera manual tienen un tamaño de lote bajo y se va reduciendo el número de productos conforme va aumentando el tamaño de lote.

Una vez realizado estas gráficas se decidió llegar a una ecuación que permita conocer la trayectoria lógica en cualquier punto por lo que se llevaron a cabo algunas aproximaciones con interpolaciones de Padé. En la figura 3.2 se muestra la interpolación lograda para la manufactura manual de la gráfica mostrada en la Figura 3.1

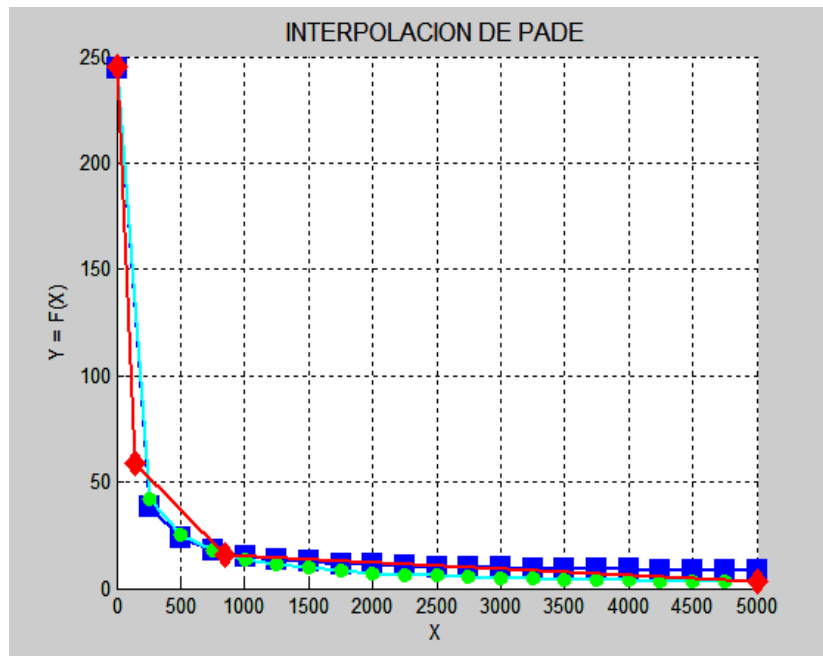


Figura 3.2 Gráfica de interpolación de Padé para la gráfica de la figura 3.1 en manufactura manual

Para la realización de esta gráfica se tomaron 4 puntos como se muestra en la línea roja que definieron los cuatro estratos de tamaño de lote tomando datos de manera arbitraria dentro del rango de cada uno de los estratos y fueron definidos de la siguiente manera:

Estrato	Cuantificación
Bajo (B)	5
Medio Bajo (MB)	140
Medio Alto (MA)	850
Alto (A)	5000

Y se obtuvieron las gráficas ilustradas por la línea verde y la línea azul que como es evidente son aproximaciones muy cercanas, obteniendo las siguientes ecuaciones.

Línea azul:

$$Y = \frac{0.198718X + 280.955056}{0.030303X + 1}$$

Línea verde:

$$Y = \frac{-6.693878X + 238.355932}{-0.000437X^2 - 0.030534X + 1}$$

Obteniendo los siguientes errores en los cuatro puntos propuestos (línea roja):

Error línea azul	Error línea verde
6.12E-04	1.56E-04
1.71E-03	2.20E-04
5.08E-02	5.04E-05
1.79E+00	1.11E-04

Desafortunadamente a la mitad del proceso se encontraron algunas discrepancias como es el caso de la siguiente gráfica, en la cual se representa número de productos vs. forma de fabricación para cada uno de los estratos de variedad:

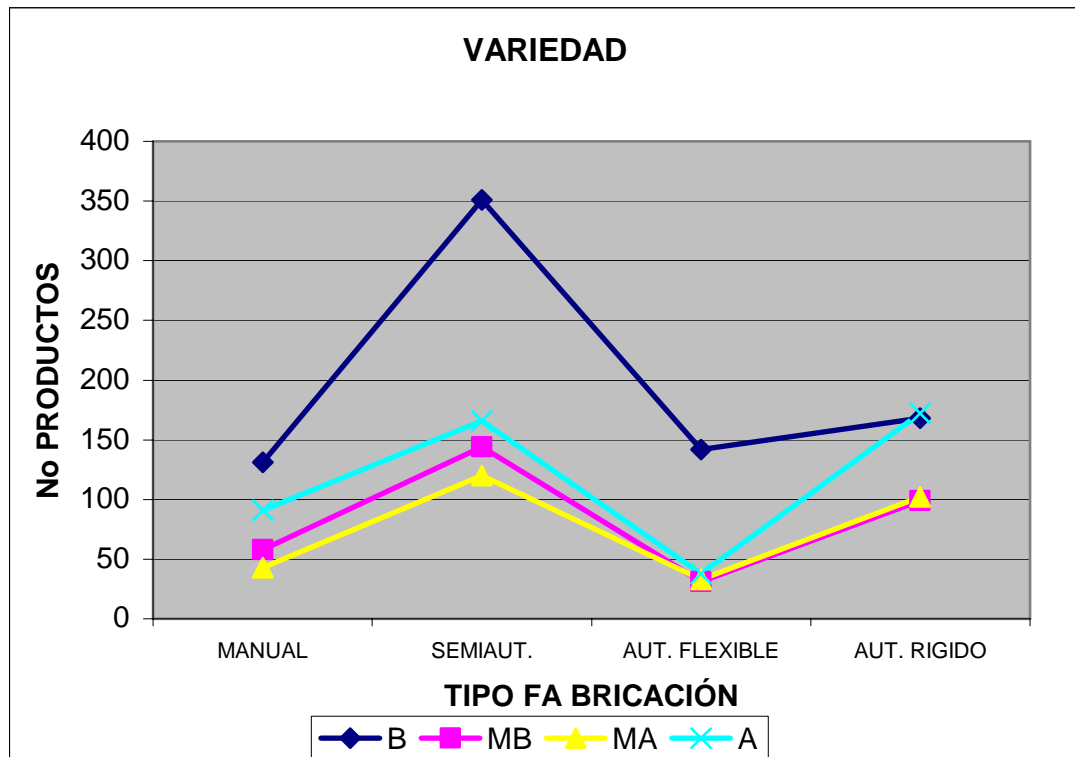


Figura 3.3 Gráfica de número de productos vs. forma de fabricación para cada estrato de variedad

Algunos ejemplos de las discrepancias encontradas son los siguientes:

Al observar el estrato *bajo* de la “variedad” ilustrado por la línea azul marino con rombos, en la figura 3.3 se observa que existen pocos productos en manufactura manual, después aumenta para la manufactura semiautomática y decae para tipo de fabricación automático flexible, por la bibliografía estudiada se sabe la manufactura rígida tiene una capacidad baja de variedad y la gráfica no lo asevera de esa manera, si no al contrario que la mayor parte de los productos manufacturados semiautomáticamente tienen una baja variedad, cosa que tampoco es cierta ya que esta forma de fabricación debe tener una variación media alta, e igual con la manufactura manual debe tener una capacidad de variedad alta.

Por lo que se determinó que existían algunos errores en esta base de datos y que había que proceder a corregirla.

Tomando en cuenta las diferentes clasificaciones de las técnicas de fabricación nombradas en el capítulo 2 de diversos autores [1, 2, 3, 4, 8, 16, 24] se determinó la primera propuesta para cuantificar los atributos realizando el cálculo de valores anuales en el caso del volumen de producción ya que en muchos casos los autores brindaban el valor por hora y una vez obtenidos esos valores se realizó un promedio de todos los valores que los autores proponían.

La tabla 3.1 muestra el promedio de los datos extraídos de los diferentes autores [1, 2, 3, 4, 8, 16, 24] y será la primera propuesta de clasificación para los sistemas de manufactura.

<i>Sistema de manufactura</i>	<i>Volumen anual de producción</i>	<i>Variedad de productos</i>
Líneas de transferencia	7 500 000- a más	1 – 4
Líneas de flujo por lotes	2 500 000 – 87 000 000	3 – 10
Sistemas Flexibles de Manufactura	87 000 – 14 000 000	4 – 100
Células de Manufactura	55 000 – 2 000 000	20 – 200
Máquinas Herramientas de Control Numérico	7000 – 100 000	100 – 1500
Manual Alta	700 – 7 000	100 – 10 000
Manual Baja	1 – 700	

Tabla 3.1 Clasificación de sistemas de manufactura y sus estratos

En la figura 3.4 se muestra un bosquejo de cómo se consideró que iba a quedar la gráfica de los diferentes sistemas de manufactura, con los atributos variedad y volumen de producción.

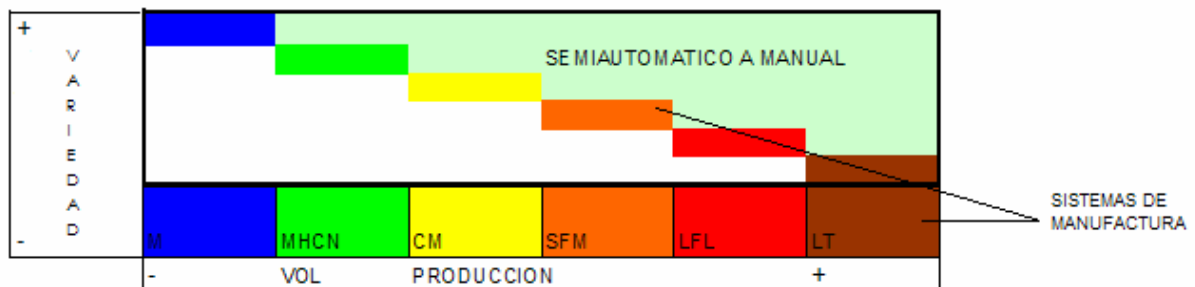


Figura 3.4 Primer bosquejo para la relación de los atributos de los sistemas de manufactura

3.1.3 PRIMER ANÁLISIS DE LOS PRODUCTOS

Se comenzó a realizar gráficas y asignaciones con la ayuda de Matlab 7.0 y Excel, teniendo como resultado la figura 3.5 que muestra poca visibilidad de los productos ya que al ser estos tan diversos, sus atributos también lo son.

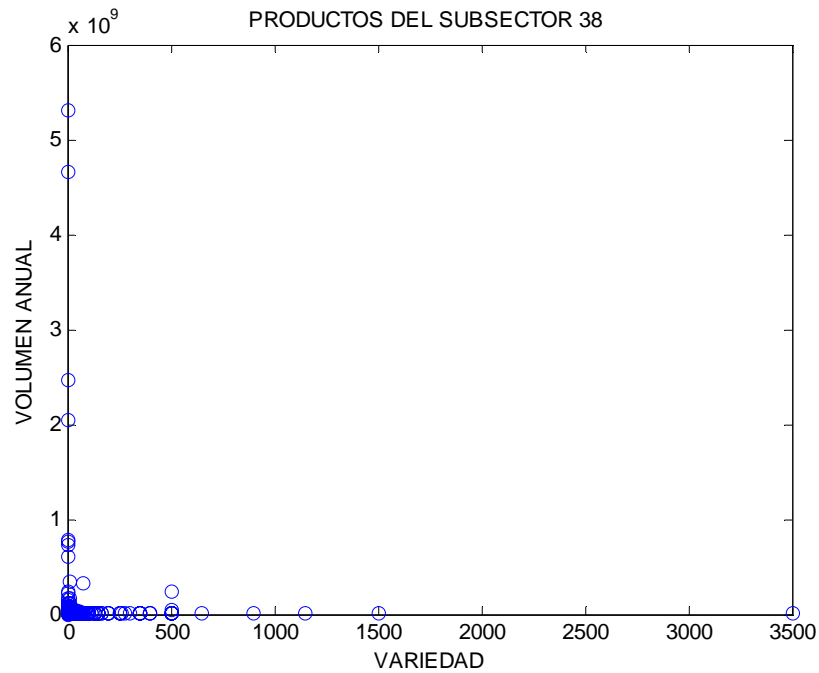


Figura 3.5 Gráfica de los productos del subsector 38

Existe una gran variedad de datos, y sus atributos de variedad de productos y volumen de producción anual oscilan de ser muy pequeños a extremadamente grandes, por lo que graficarlo directamente o sin ninguna escala no nos permite observar cómo se distribuyen los productos, ni mucho menos la tendencia que estos tienen, por lo que se decidió utilizar una escala logarítmica en ambos ejes obteniéndose así la siguiente gráfica.

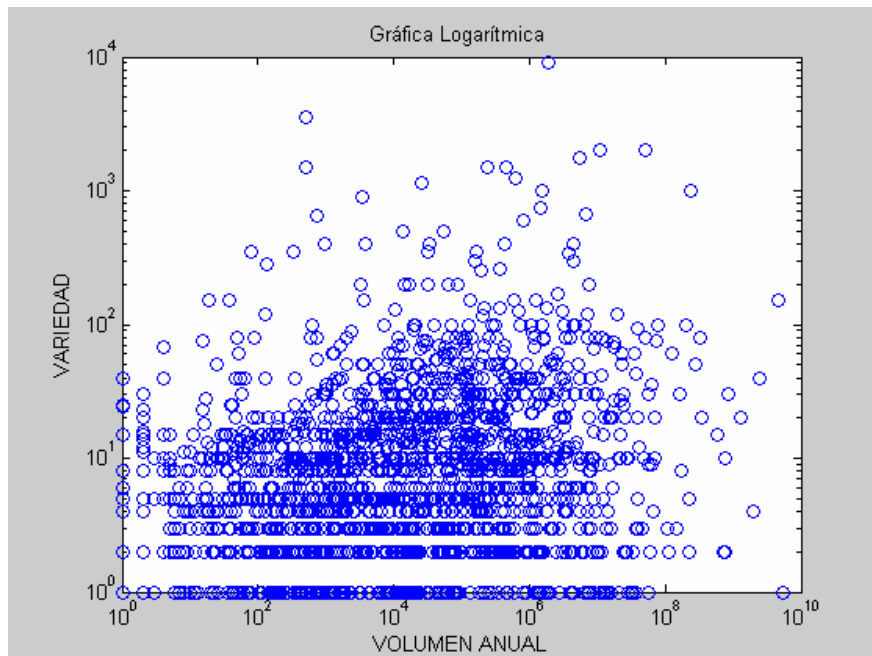


Figura 3.6 Gráfica volumen anual vs. variedad de todos los productos de la base de datos del subsector 38 en escala logarítmica

Aún graficando a escala logarítmica es difícil distinguir los grupos, ya que la gráfica no se presenta como el primer bosquejo en la figura 3.4 aunque si muestra una tendencia de tener mayor variedad cuando el volumen es pequeño y menor variedad cuando el volumen es mayor, por lo que se decidió graficar en diferentes colores cada uno de los sistemas de manufactura para tener una mejor apreciación de estos.

A continuación se muestran algunas gráficas de cómo fue evolucionando la propuesta de asignación de valores en los atributos de variedad y volumen de producción anual.

Primera propuesta de sistema de manufactura retomando los datos de la tabla 3.1:

Color	Sistema de manufactura	Volumen de producción anual	Variedad
Rojo	Líneas de Transferencia	Mas de 7 500 000	1 – 4
Amarillo	Líneas de flujo por lotes	2 500 000 – 87 000 000	3 – 10
Verde	Sistemas Flexibles de Manufactura	87 000 – 14 000 000	4 – 100
Magenta	Células de Manufactura	55 000 – 2 000 000	20 – 200
Negro	Máquinas Herramientas CN	7000 – 100 000	100 – 1500
Cyan	Taller de mecanizado	1 – 7000	100 – 10 000

Tabla 3.2 Primera propuesta de sistema de manufactura

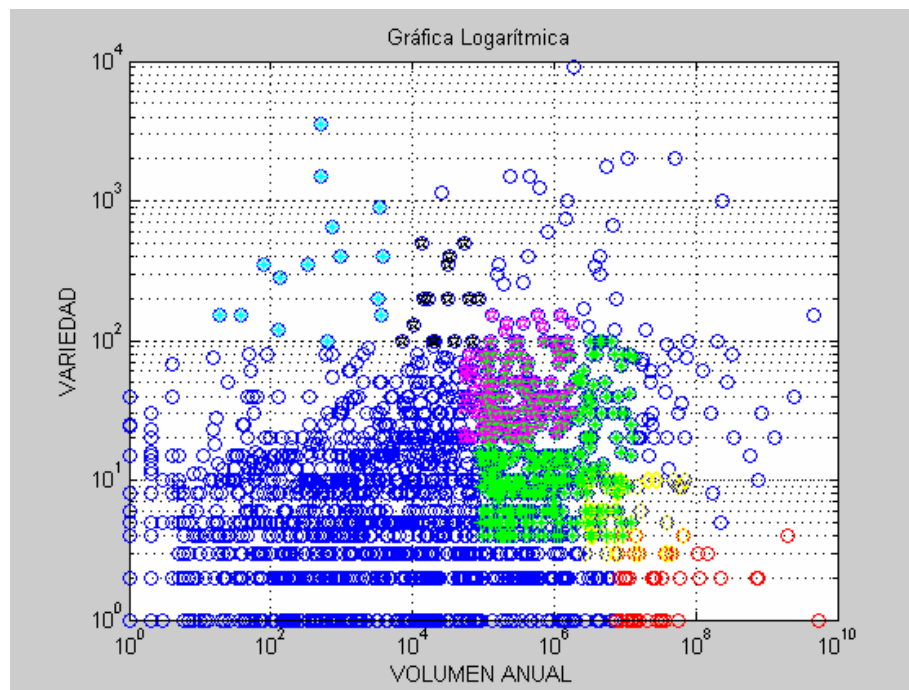


Figura 3.7 Primera asignación de valores en los atributos de variedad y volumen de producción anual para los sistemas de manufactura

En la figura 3.7 se observan todos los productos en color azul, y en diferentes colores la asignación de sistema de manufactura para esos productos, la asignación de colores esta asignado en la tabla 3.2; sin embargo, se ve claramente que muchos productos no son cubiertos por ningún

sistema lo que hace pensar que no se está asignando correctamente los valores para variedad y volumen de producción anual.

Se decidió basarse en el mismo criterio de tomar como base las propuestas de los diferentes autores, y jugar un poco con los rangos de variedad para las clasificaciones de células de manufactura, máquinas herramientas y tipo taller, ya que en el rango de volumen no se tuvo problemas, a pesar de que se realizaron varias asignaciones sólo se presenta la que se consideró más congruente.

Color	Sistema de manufactura	Volumen de producción anual	Variedad
Rojo	Líneas de Transferencia	Mas de 7 500 000	1 – 4
Amarillo	Líneas de flujo por lotes	2 500 000 – 87 000 000	3 – 10
Verde	Sistemas Flexibles de Manufactura.	87 000 – 14 000 000	4 – 100
Magenta	Células de Manufactura	55 000 – 2 000 000	40 – 500
Negro	Máquinas Herramientas CN	7000 – 100 000	20 – 1500
Cyan	Taller de mecanizado	1 – 7000	10 – 10 000

Tabla 3.3 Propuesta de sistema de manufactura

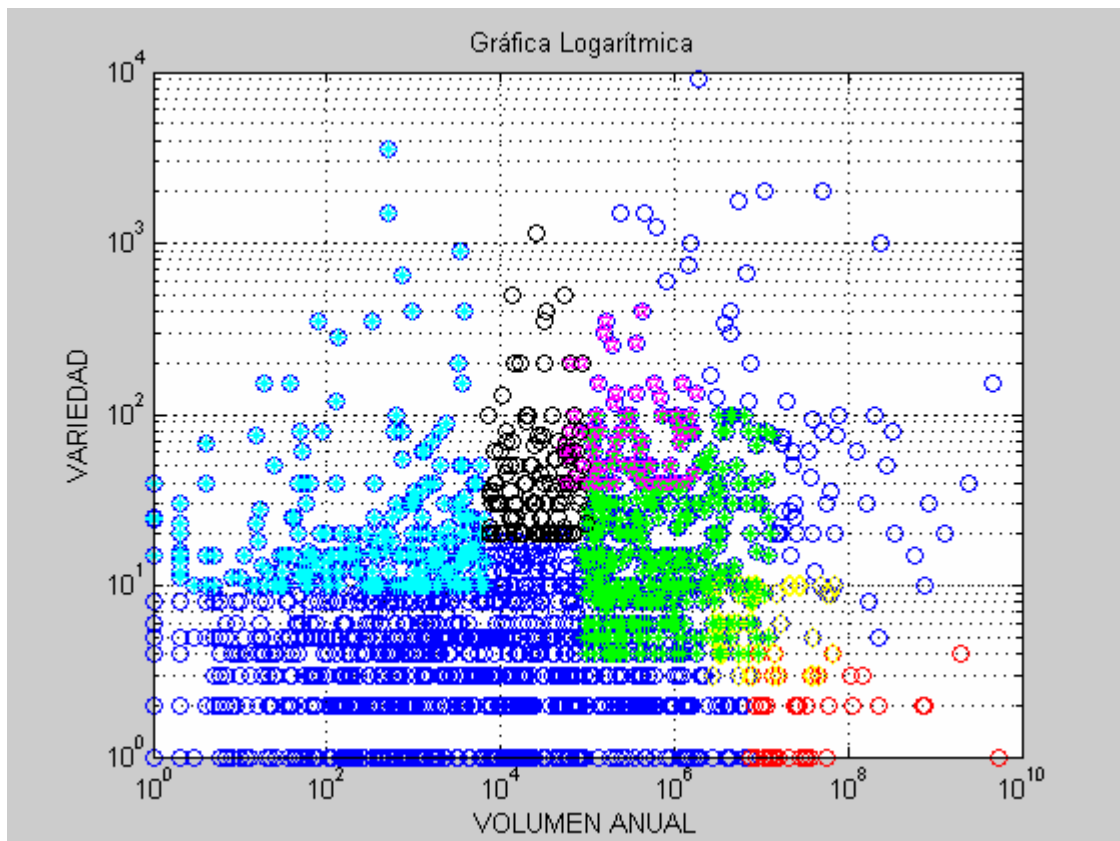


Figura 3.8 Asignación de sistema de manufactura a los productos del subsector 38

En la figura 3.8 se observa que a pesar que el área que cubren los sistemas de manufactura con diversos colores ya nombrados en la tabla 3.3 es mayor que en la primera asignación, todavía

existen algunos productos en color azul que se presentan fuera de éstas asignaciones y algunos de los productos se ven disparados y totalmente fuera de contexto, lo que hace pensar que el criterio que se está tomando hasta el momento (intuitivo) no es consistente del todo lo que obliga a ocupar técnicas matemáticas de agrupación y/o reconocimiento de patrones como lo es k-medias, sin desechar la idea de que las agrupaciones finales probablemente sean de manera manual además de que es necesario un chequeo de los datos de variedad y volumen de producción en la base de datos de los productos del subsector 38.

3.2 AGRUPACIÓN DE LOS PRODUCTOS CON EL ALGORITMO K-MEDIAS

El agrupamiento de datos es una importante técnica de aplicación con muchas aplicaciones en la ingeniería, incluyendo la formación de familia de partes en la tecnología de grupos y la segmentación en el procesamiento de imágenes. Uno de los métodos de agrupamiento más populares es el algoritmo de agrupación K-medias (*k-means*), por su simplicidad y su eficiencia computacional [33].

Las técnicas de agrupamiento se aplican cuando no hay propiamente una clase que predecir sino cuando las instancias se dividen en grupos de forma natural.

3.2.1 DESCRIPCIÓN DEL ALGORITMO K-MEDIAS

K-medias (*k-means*) es un método iterativo basado en distancias, y sólo es aplicable a problemas numéricos y funciona de la siguiente manera:

Se divide el conjunto de datos en un número predeterminado de clusters, ese número es K, de aquí el origen del nombre. La media es lo que los estadistas llaman promedio, en este caso la media se refiere a la ubicación promedio de los miembros de un grupo en particular. La respuesta viene de la geometría: para formar los grupos cada instancia es asociada a un punto en el “espacio de instancias”, este espacio tiene tantas dimensiones como atributos hay en las instancias. El valor de cada atributo es interpretado como una instancia a partir del origen y a lo largo del eje correspondiente.

Para que la interpretación sea útil, los atributos deben ser convertidos a números y éstos deben normalizarse para que los cambios en las dimensiones sean comparables. Las instancias son asignadas a los grupos a través de un proceso iterativo que inicia con clusters centrados en localidades aleatorias en el espacio de instancias y mueve los centroides del grupo hasta que alguno de ellos se encuentre en realidad en el centro de algún grupo [32].

El algoritmo se aplica de la siguiente manera:

- Se seleccionan ‘K’ puntos al azar como centro de los grupos
- Los puntos se asignan al centro del grupo más cercano considerando la distancia Euclidiana:

$$P_1 = (x_1, y_1); \quad P_2 = (x_2, y_2)$$

$$D(P_1, P_2) = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

Donde P_1 y P_2 son el punto que se toma como centro y un punto perteneciente a la gama de puntos que se desean agrupar.

- Se seleccionan K puntos y se asignan los puntos al centro del grupo más cercano.
- Se calcula el centroide o media de cada uno de los grupos
- El centroide calculado serán los nuevos centros de los grupos.
- El proceso se repetirá hasta que no exista cambio en los puntos asignados a los grupos en iteraciones sucesivas, en ese momento los centroides se han estabilizado y tampoco cambiarán de posición

3.2.2 APLICACIÓN DE K-MEDIAS EN LOS PRODUCTOS DEL SUBSECTOR 38

Se decidió ocupar este algoritmo de agrupación para los productos del subsector 38: Manufactura de productos metálicos, maquinaria y equipo, productos y materias primas, de la base de datos sustraída del INEGI, ya que como se comentó en la sección 3.1 de este capítulo se deseaba agrupar de manera diferente esta gama de productos.

Para la aplicación de este algoritmo se utilizó el software de Matlab 7.0 para realizar un programa que realizara las agrupaciones así como una gráfica donde se pudiera visualizar estos.

Cabe mencionar que los datos de volumen de producción y variedad del producto ya fueron corregidos y ya no se tienen valores disparados.

Para correr el programa es necesario introducir el número de centros deseados, en este caso las agrupaciones distintas que se desean, en este caso daremos seis, ya que ese es el número de sistemas diferentes que estamos ocupando.

El programa se llama 'kmeans_g2' y es una modificación de un programa proporcionado por el Dr. Neil Hernández llamado 'kmeans'; el programa se corre tecleando en la ventana de comandos de Matlab 7.0:

kmeans_g2('numero de centros') en este caso *kmeans_g2(6)*

Son seis en número de centros debido a que cada centro representa una agrupación y cada agrupación representará un sistema de manufactura diferente.

El programa desplegará la figura que 3.9 donde los centros se asignan arbitrariamente en color negro y todos los productos en color rojo.

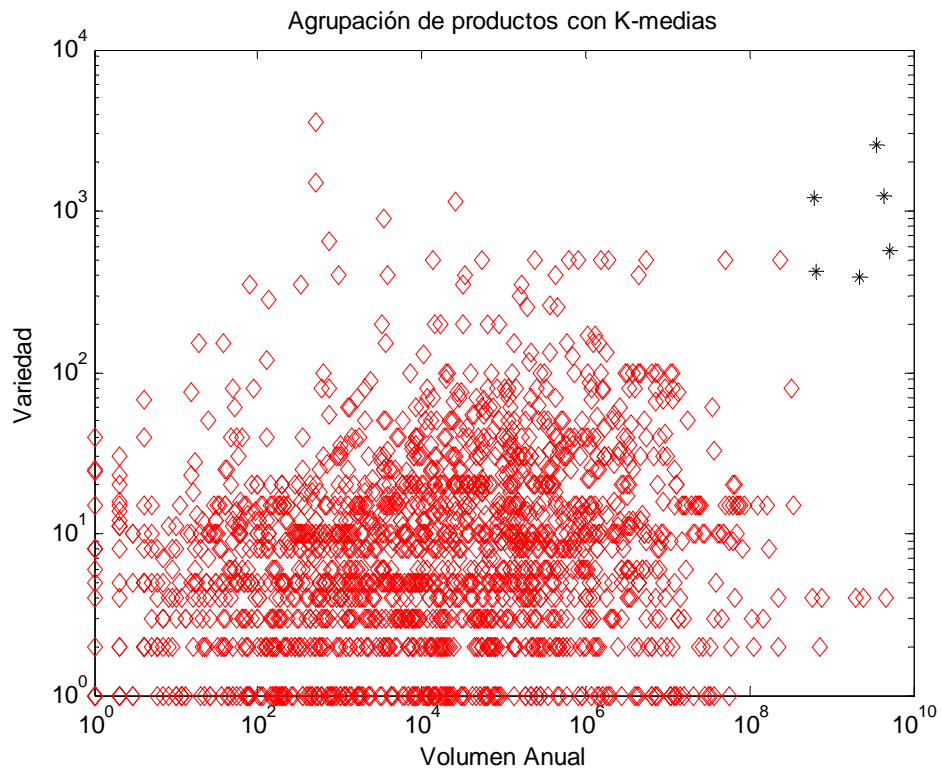


Figura 3.9 Visualización de centros colocados de manera aleatoria

Después desplegará los centroides ya colocados en el centro de cada uno de los grupos

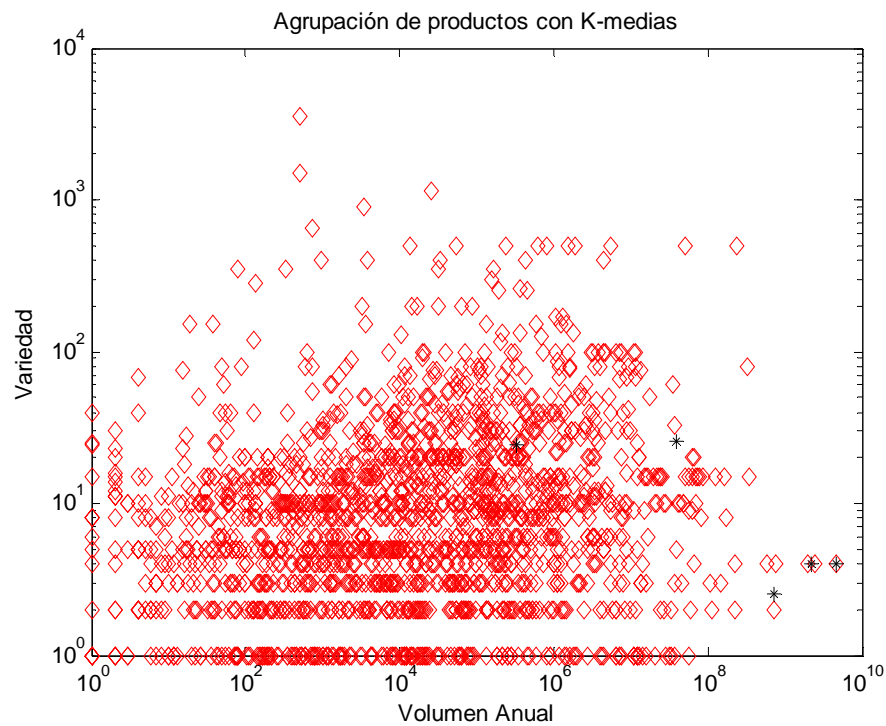


Figura 3.10 Colocación de centroides en el centro de cada agrupación

Y finalmente se muestra cada uno de los grupos en diferentes colores donde los centroides se muestran en pequeños cuadros de color verde para poder reconocerlos.

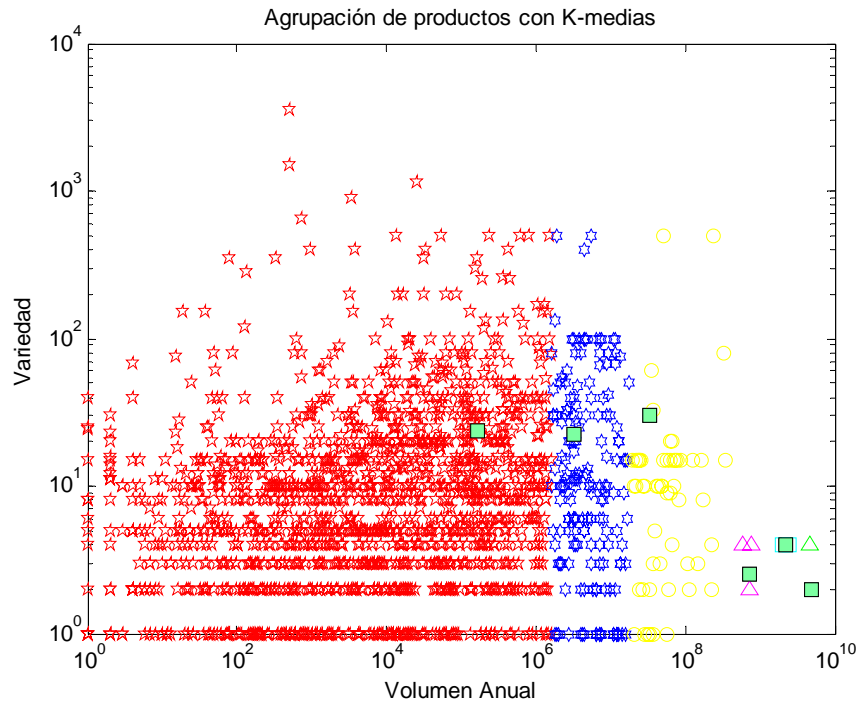


Figura 3.11 Agrupaciones de los productos con el algoritmo de k-medias

Es importante destacar que en las gráficas no aparentan ser formas geométricas (que es como funciona el algoritmo, crea tendencias circulares alrededor de los centros, entre más centros existan las agrupaciones tienden a ser círculos) debido a que la gráfica esta en escala logarítmica.

El criterio ocupado en este caso es que a cada una de las agrupaciones encontradas por el programa representa uno de los diferentes sistemas de fabricación como se muestra en la tabla 3.4.

<i>Figura y Color</i>	<i>Sistema de manufactura</i>	<i>Volumen de producción anual</i>	<i>Variedad</i>
Triángulo verde	Líneas de Transferencia	Cercano a 10 000 000 000	1 – 4
Cuadro cyan	Líneas de flujo por lotes	Cercano a 1 000 000 000	1 – 4
Triángulo rosa	Sistemas Flexibles de Manufactura.	731 670 000 – 775 954 400	2 – 4
Circulo amarillo	Células de Manufactura	1.925445E7– 3.48259E8	2 – 500
Estrella azul	Máquinas Herramientas CN	1 000 000 – 1.5E7	2 – 500
Estrella roja	Taller de mecanizado	1 – 1000 000	1 – 4 000

Tabla 3.4 Identificación de valores asignados a los atributos del producto con el programa K-medias

El programa también muestra como resultado una matriz de datos que son:

Volumen	Variedad	Distancia al centro	Grupo al que pertenece
1231200	5	994229.795003421	5
27714000	10	22386400.0351069	2
1	6	236969.20583839	5

Tabla 3.5 Tabla ejemplo de resultados obtenidos con el programa del algoritmo k-medias
Nota: sólo se da una muestra de los datos ya que la lista es muy grande.

Los grupos que resultaron con el algoritmo de K-medias son totalmente excluyentes, mientras los propuestos por los diferentes autores en el capítulo 2 se traslapan en ciertos puntos, por lo que se decidió hacer subgrupos en cada uno de los grupos ya establecidos por el programa *kmeans_g2.m* y así verificar si es posible realizar las agrupaciones con este algoritmo.

Para realizar los subgrupos se ocupó el programa *km_subc.m* donde se hace una llamada a la función *kmeans_g2.m*, programa que ya se había ocupado para las primeras agrupaciones, el programa pide a usuario el número de centros de los grupos en este caso serán seis debido a que cada grupo representa un sistema de manufactura diferente y el numero subgrupos en que se desea dividir cada grupo (sistema de manufactura) que son los que nos permitirán representar el traslape entre los sistemas de manufactura.

Se graficó con 2 subgrupos en cada uno de los centros, sin embargo los resultados no fueron tan claros como se hubiera deseado como lo muestra la figura 3.12.

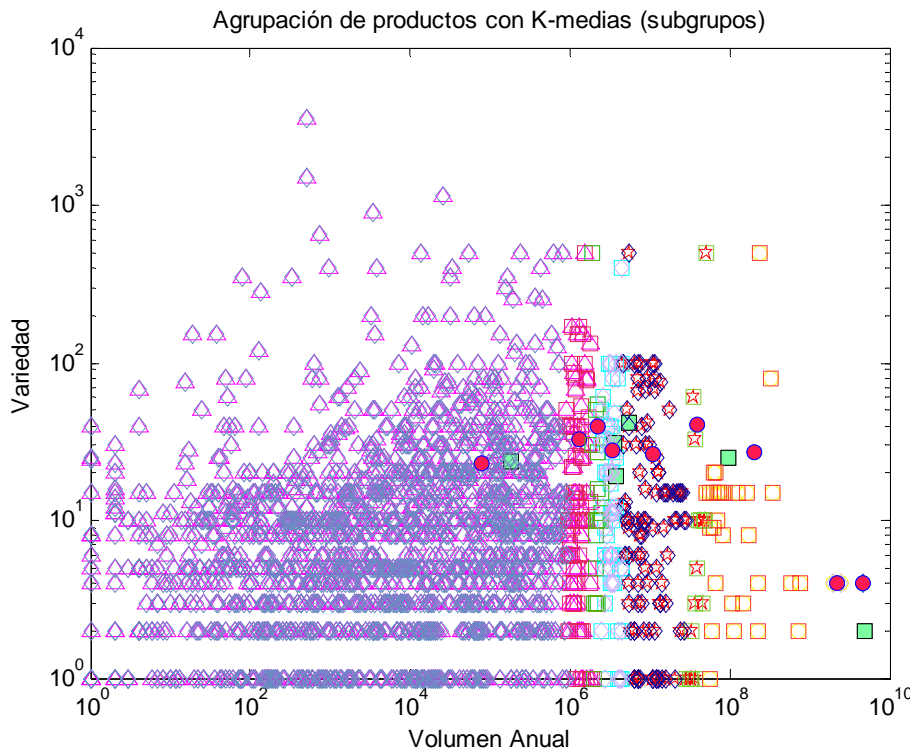


Figura 3.12 Grafica de subgrupos para cada sistema de manufactura

Los subcentros son graficados en círculos rosas, los centros de cada sistema se mantiene en cuadros de color verde. La gráfica continuó mostrando grupos excluyentes y geométricos, permitiendo un traslape sólo en el eje de las 'x' (volumen anual) mientras que en el eje de las 'y' (variedad) se mantiene igual.

Los valores de cada grupo no se mostrarán, ya que para el fin de la tesis ya no son necesarios, basta con observar la gráfica para darse cuenta que los grupos obtenidos no son la asignación de los sistemas de manufactura a los productos de la base de datos de los productos del área metal-mecánica, sin embargo si podría ser una aproximación.

A pesar que las gráficas no son muy congruentes con la información reunida en el capítulo 2, ayudan a pensar que el modelo que estamos buscando no se presenta en formas geométricas como la que aquí aparece y que los sistemas de manufactura abarcan mayor o menor área de esta grafica (valores en volumen y variedad de productos) que los que los diferentes autores han propuesto.

3.3 ASIGNACIÓN DE SISTEMAS DE MANUFACTURA SEGÚN LOS ATRIBUTOS DEL PRODUCTO

Basado en lo observado en la sección 3.2 del capítulo se decidió hacer una nueva asignación a los sistemas de manufactura, tomando como base que las magnitudes asignadas anteriormente no son excluyentes y que lo importante es seguir la guía de los diferentes autores del capítulo 2 de que los sistemas están entrelazados o traslapados en algunas zonas da cabida a la gráfica de la figura 3.13.

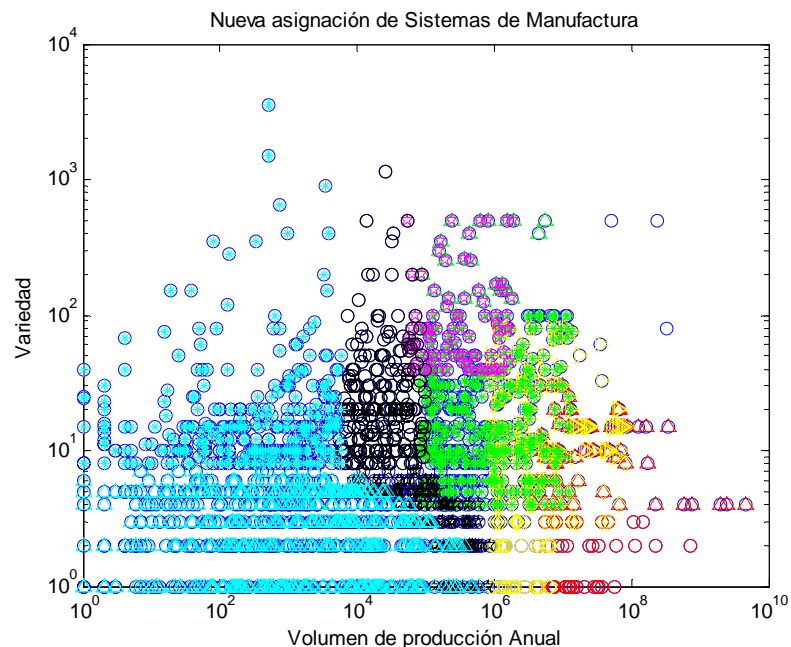


Figura 3.13 Nueva asignación de los sistemas de manufactura

Teniendo como rangos los presentados en la tabla 3.6, donde se observa todos los productos del subsector 38 en círculos de color azul mientras que los colores y figuras diferentes representan cada una de las agrupaciones para los sistemas de fabricación.

Color	Sistema de manufactura	Volumen de producción anual	Variedad
Rojo	Líneas de Transferencia	> 4 000 000	1 – 4
Amarillo	Líneas de flujo por lotes	870 000 – 87 600 000	3 – 12
Verde	Sistemas Flexibles de Manufactura	77 000 – 14 000 000	4 – 100
Magenta	Células de Manufactura	50 000 – 2 000 000	40 – 500
Negro	Máquinas Herramientas CN	6000 – 100 000 8500 – 150 000 40 000 – 700 000 60 000 – 750 000	8 – 1000 5 – 8 3-4 1-2
Cyan	Taller de Mecanizado	<6000 < 25 000 < 100 000 < 750 000	8 – 4000 5 – 7 3 – 4 1 – 2

Tabla 3.6 Nueva asignación de límites para los atributos del producto

Se observan que algunos de los productos (muy pocos), son los que se encuentran sin cubrir, por lo que se descartarán del estudio ya se supone son datos erróneos y tomarlos en cuenta puede afectar el análisis.

Analizando las zonas de la gráfica anterior se observa lo siguiente

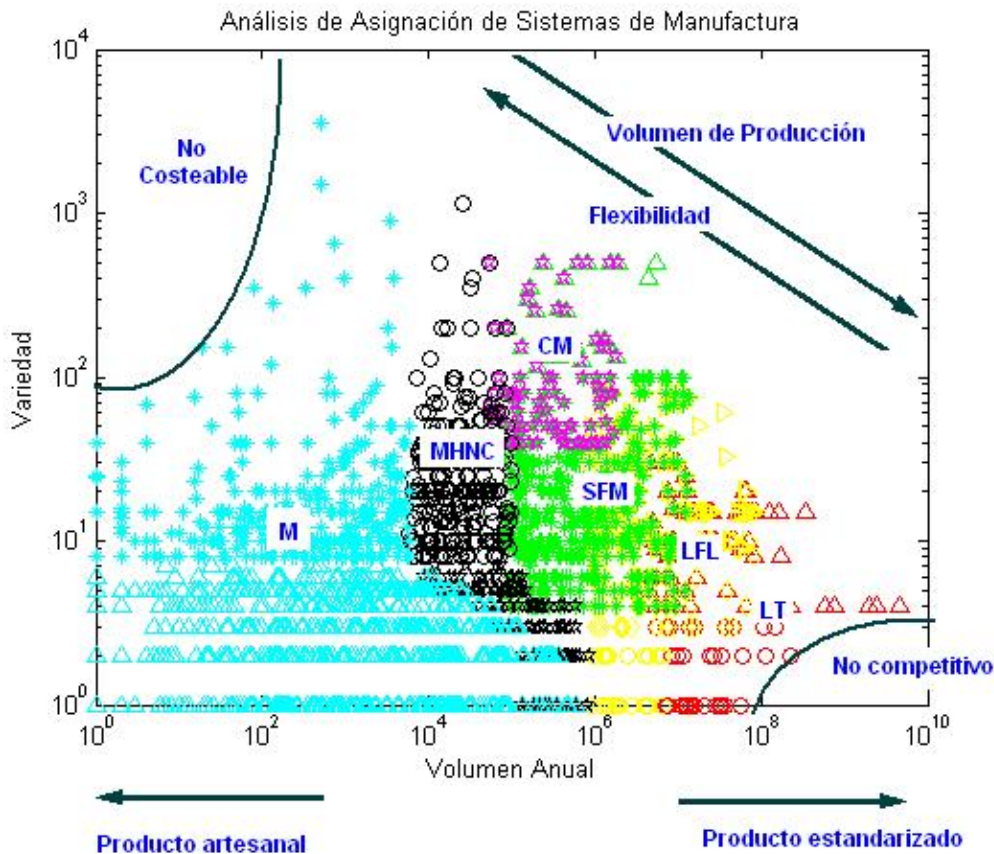


Figura 3.14 Análisis de las zonas de la figura 3.13

La figura 3.14 cuenta con diferentes indicadores que son:

No costeable: en esta zona no se presenta ningún producto, es un área de muy poco volumen anual y variedad relativamente alta, lo que quiere decir que no es costeable manufacturar muy pocos productos a una variedad alta, el volumen debe de aumentar para poder sustentar los costos de producción.

No competitivo: esta zona se encuentra en el área de muy alto volumen de producción anual y muy poca variedad, esto significaría tener un sistema demasiado rígido lo cual a futuro para el dueño de éste ya que no podría evolucionar y sería muy susceptible a cambios, lo que lo convertiría en un sistema poco competitivo a largo plazo.

Producto artesanal: En este caso se presenta una flecha hacia la izquierda y representa que entre menos volumen tengamos el producto se realizará de manera artesanal, la repetitibilidad disminuye, lo que ocasionaría en cierto momento productos únicos o artesanales.

Producto estandarizado: Al aumentar el volumen de producción también aumenta la utilización de piezas estándar para que permita manufacturarse de una manera más rápida, además de que los productos manufacturados son prácticamente idénticos por la precisión de las máquinas que los fabrican; en este caso la flecha también indica hacia donde se encuentra un producto estandarizado.

Flexibilidad: La flexibilidad como ya sabemos es la capacidad que tiene un sistema de responder favorablemente a los cambios, la flecha indica hacia donde se presenta la mayor flexibilidad la cual esta dirigida a sistemas no tan rígidos como son SFM, CM, Manual o Taller de mecanizado.

Volumen de producción: La flecha indica hacía donde se presenta el mayor volumen de producción anual u otra forma de verlo es mayor rigidez en el sistema de producción.

Sin embargo para una mejor visualización se decidió cambiar la forma de graficar los productos, las gráficas presentadas en el análisis de los productos del subsector 38 se presenta en el eje 'x' el atributo de volumen de producción anual y en el eje 'y' la variedad, para gráficas futuras se presentará en el eje 'x' la variedad y en el eje 'y' el volumen de producción anual como varios de los autores mencionados en el capítulo 2 lo realizan.

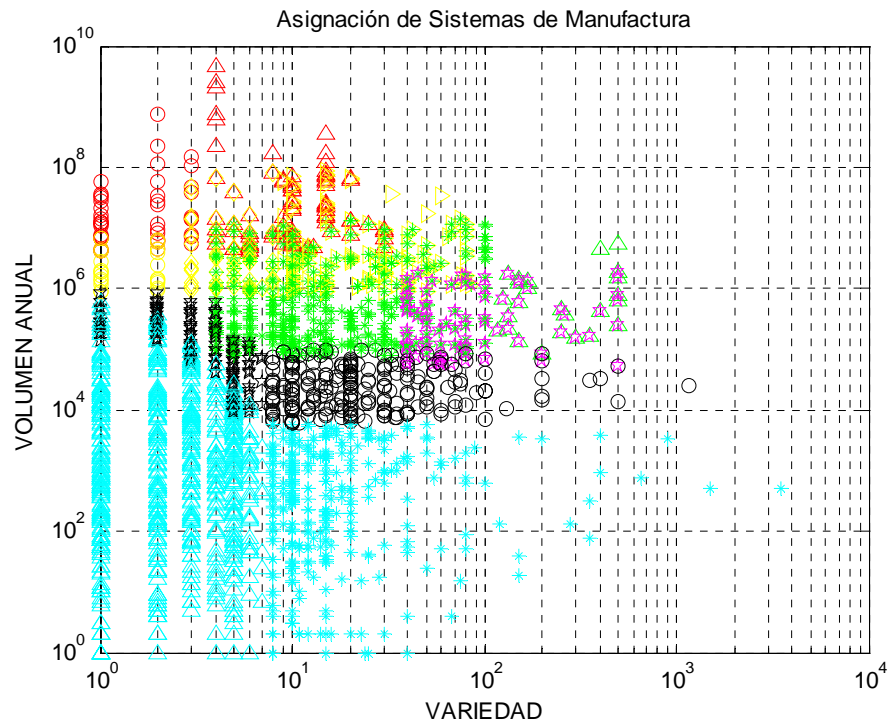


Figura 3.15 Cambio de ejes de la figura 3.13

Para poder distinguir cada uno de los productos se decidió integrar el nombre de cada uno de estos a la gráfica y así poder observar que productos se encuentran en los sistemas de producción.

La manera en que el nombre del producto aparece es presionando el botón derecho del mouse sobre el producto como se muestra en la gráfica

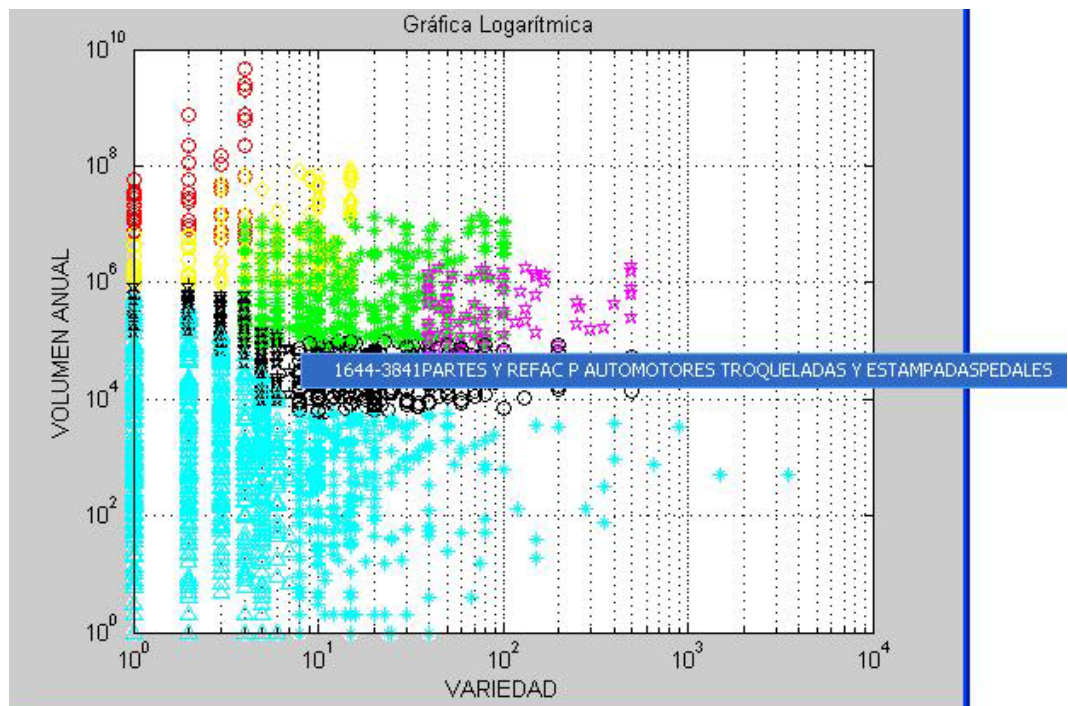


Figura 3.16 Inclusión de nombres a la figura 3.14

Cabe señalar que de esta manera se observó que algunos de los productos no coincidían con el sistema asignado en la gráfica, lo que exigió realizar una nueva asignación de las magnitudes tomando como base las agrupaciones que ya se tenían pero ahora también se tomó en cuenta que los tipos de productos coincidieran con la forma que se piensa que se manufacturan actualmente obteniendo así la tabla 3.7.

Sistema de manufactura	Volumen de producción anual	Variedad
Líneas de Transferencia	> 4 000 000	1 – 4
Líneas de flujo por lotes	870 000 – 5 500 000 5 500 000 – 100 000 000	1 – 15 3 - 15
Sistemas Flexibles de Manufactura	77 000 – 14 000 000	4 – 100
Células de Manufactura	56 000 – 2 500 000	40 – 500
Máquinas Herramientas CN	2000 – 120 000	8 – 1200
Taller de Mecanizado	1 – 870 000 1 – 77 000 1 – 2600	1 – 4 4 – 8 8 – 3500

Tabla 3.7 Asignación final de límites para los atributos del producto

Para una mejor visualización de cómo esta delimitado cada uno de los sistemas se sombrearon áreas de cada uno de estos como se muestra en la figura 3.17.

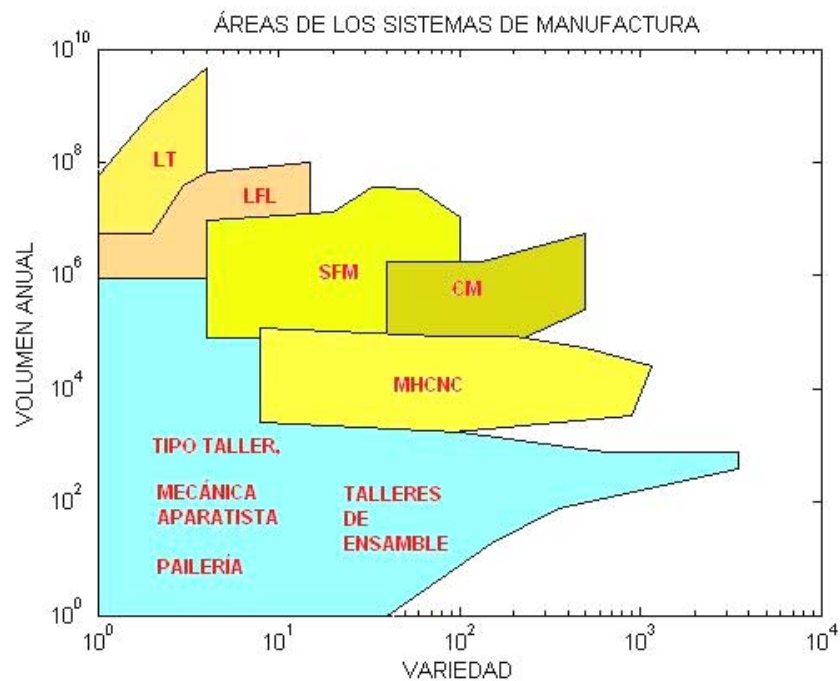


Figura 3.17 Áreas definidas para los sistemas de manufactura

Es importante nombrar que algunos de los sistemas están traslapados aunque la gráfica no permita la visión de esto y las áreas están delimitadas por los siguientes vértices:

Líneas de Transferencia

Variedad	Volumen
1	5612896
4	5612896
4	4657500000
2	731670000
1	57231000

Tabla 3.8 Vértices del área de líneas de transferencia

Líneas de Flujo por Lotes

Variedad	Volumen
1	5612896
2	5612896
3	37966000
4	66130000
15	100000000
15	870000
1	870000

Tabla 3.9 Vértices del área de líneas de flujo por lotes

Sistemas Flexibles de Manufactura

Variedad	Volumen
4	9255000
20	12810000
33	36385980
60	34346000
100	11059000
100	77000
4	77000

Tabla 3.10 Vértices del área de sistemas flexibles de manufactura

Células de Manufactura

Variedad	Volumen
40	1697159
133	1786333
500	5355500
500	245020
200	62680
40	56579

Tabla 3.11 Vértices del área de células de manufactura

Máquinas Herramientas de Control Numérico

Variedad	Volumen
8	117311
80	84000
200	86960
500	53500
1150	26000
900	3400
70	1600
15	2112
8	2603

Tabla 3.12 Vértices del área de MHCN

Taller de mecanizado

Variedad	Volumen
1	870000
4	870000
4	77000
8	77000
8	2603
100	1650
400	946
650	755
3500	755
3500	400
350	78
150	19
40	1
1	1

Tabla 3.13 Vértices del área de taller de mecanizado

Debido a que se han hecho diferentes asignaciones tomando en cuenta diferentes criterios esta última asignación se tomará como verdadera, aunque tal vez en futuras investigaciones puedan mejorar la delimitación de estas áreas tomando otro(s) criterio(s).

La gráfica de áreas presentada en la figura 3.17 es una herramienta para la selección de sistema de fabricación a ocupar según los atributos del producto, sin embargo, existen casos donde la gráfica brinda más de una opción de sistema de manufactura a ocupar, por lo que hace necesaria una comparación entre los sistemas propuestos, la comparación sugerida es con un análisis de los factores microeconómicos que cada uno de los sistemas propuestos por la gráfica conllevaría.

3.4 INCLUSIÓN DE FACTORES MICROECONÓMICOS PARA LA SELECCIÓN DE SISTEMA AUTOMATIZADO DE MANUFACTURA

Los factores microeconómicos que se tomarán en cuenta en esta tesis serán el análisis de los costos de producción (punto de equilibrio) y la retribución de la inversión (valor presente neto) los cuales ya fueron definidos en el capítulo 2.

Para tomar en cuenta esta parte también se ha realizado un programa donde el usuario contestará varias preguntas de datos necesarios para el desarrollo de los factores económicos el estudio será basado en el punto de equilibrio y el valor presente neto ya definidos en el capítulo 2.

3.4.1 LÓGICA DEL ANÁLISIS

Para el análisis de los atributos y los factores económicos son necesarias diferentes entradas y salidas como se muestran a continuación:

Entradas:

- Costo de mano de obra: supervisores, ingenieros, técnicos y operarios de servicios auxiliares.
- Costo de materiales: materia prima, accesorios, suministros, lubricantes, etc.
- Costos por depreciaciones: de edificios, maquinaria, instalaciones y equipo.
- Costos por almacenaje
- Costos por impuestos
- Otros costos fijos y variables
- Costo de la inversión
- Tasa mínima aceptable de rendimiento (% de inflación)
- Años en que se desea recuperar la inversión

Salidas:

- Punto de equilibrio para cada uno de los sistemas de manufactura
- Gráfica del punto de equilibrio de cada uno de los sistemas de manufactura
- Resultado del sistema de mayor ganancia entre los sistemas comparados según el punto de equilibrio
- Resolución si se recupera la inversión en el tiempo deseado o no
- Tiempo de la recuperación de la inversión para los sistemas propuestos

En la figura 3.18 se muestra un diagrama de bloques de las entradas y salidas de la lógica del análisis microeconómico.

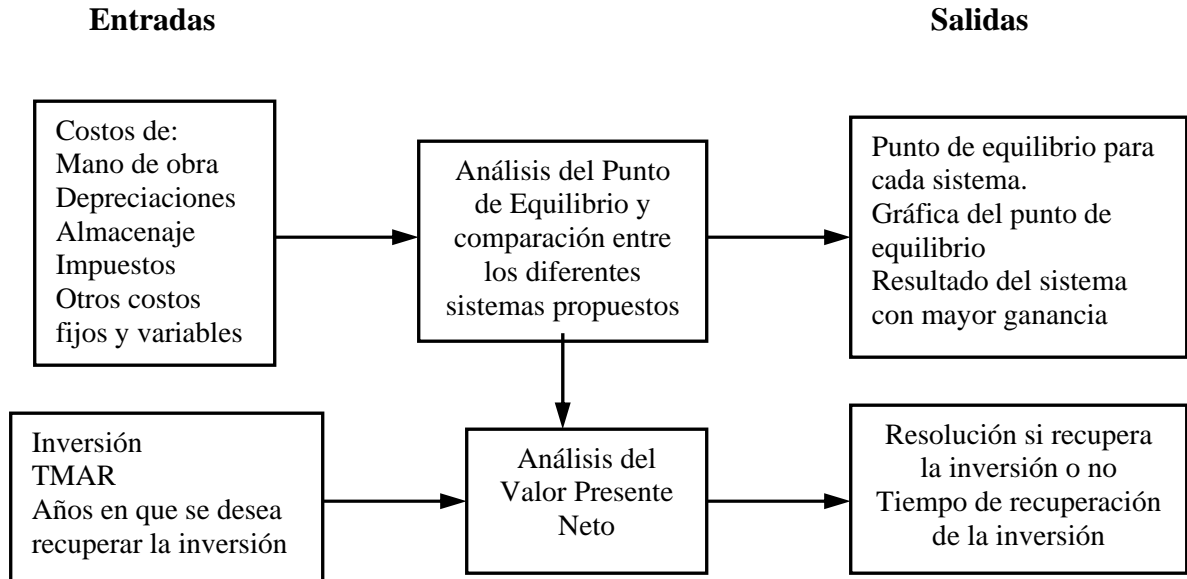


Figura 3.18 Diagrama de bloques de la lógica del análisis

3.4.2 DEFINICIONES DE TÉRMINOS UTILIZADOS PARA EL ANÁLISIS MICROECONÓMICO

El programa, como ya se había mencionado tiene diferentes entradas, las cuales presenta al usuario como una serie de preguntas para poder obtener tanto el punto de equilibrio, como el valor presente neto y así realizar una selección de acuerdo a estos criterios, para comprender mejor las preguntas a continuación se definen los costos por los cuales se cuestiona.

Costo de mano de obra

Supervisores: Corresponde a las personas que realizan las tareas de planificación, supervisión y control de operaciones generalmente a cargo de ingenieros o especialistas con responsabilidad sobre grandes divisiones del sector operativo.

Ingenieros: Corresponde al trabajo de personal especializado que desarrolla tareas de investigación, instrucción, puesta en marcha o manteniendo de equipos u operaciones (personal calificado).

Técnicos: Corresponde a personal calificado a mediana escala y que apoyan a los ingenieros a realizar tareas asignadas en áreas como almacenes, talleres de mantenimiento etc.

Operarios de servicio auxiliares no calificados: Corresponde a los obreros que aplican su trabajo específicamente a la elaboración de los productos o a la prestación de servicio que se trate, generalmente es personal de bajos estudios.

Costo de Materiales

Materia Prima: Materiales básicos que entran en la elaboración de un producto y que constituyen la parte fundamental de su composición física. Materiales directos con respecto al producto elaborado.

Accesorios: Aquellos materiales incorporados por adesión al producto básico que son necesarios para considerarlo terminado o para su armado o sostén, pueden incluirse clavos, tornillos para el armado de un mueble o determinados instrumentos o adornos en el armado final.

Suministros: Materiales consumidos en el proceso en carácter auxiliares de la operación. Tal es el caso de los abrasivos destinados para dar presentación o lustre a un producto y los utensilios o herramientas que se consten o se consideran consumibles en su primer uso.

Lubricantes: Son materiales que se consumen en el proceso para facilitar el funcionamiento y evitar recalentamiento de máquinas, herramientas y motores.

Otros Materiales: Cualquier otro material que se ocupe para la fabricación del producto y que no se encuentre incluido en las asignaciones anteriores.

Costos por Depreciación

Depreciación de edificios: Toda Construcción fija hecha con materiales resistentes donde esta instalada la fábrica y que se ve afectada por su uso diario.

Depreciación de la maquinaria: Conjunto de máquinas que se ven afectadas por las tareas de fabricación.

Depreciación del equipo: Conjunto de utensilios, instrumentos, herramientas, aparatos especiales, ordenador, que se ven perjudicados o desgastados por el uso continuo por la fabricación de productos.

Depreciación de instalaciones: Recinto provisto de los medios necesarios para llevar acabo la actividad de manufactura que se afectan con la diaria tarea de fabricación.

Otros costos

Almacenaje: Retribución al servicio de deposito o almacén brindado por terceros, en sus inmuebles y bajo su responsabilidad.

Impuestos: Contribución obligatoria al sostenimiento del Estado, en sus diversas manifestaciones, es decir este incluye impuestos sobre la propiedad e impuestos sobre la operación.

Otros costos fijos: son costos que permanecen constantes en su magnitud dentro de un periodo determinado, independientemente de los cambios registrados en el volumen de producción: por ejemplo los sueldos de los directores de la planta fabril.

Otros costos variables por producto: Son los costos cuya magnitud cambia en razón directa de los aumentos o disminuciones registrados en el volumen de producción, por ejemplo comisiones a vendedores.

Monto de Inversión: Es el dinero que se ocuparía para la compra de toda la maquinaria nueva e instalación del nuevo sistema de fabricación.

Tasa de inflación: es también llamada TMAR Tasa mínima aceptable de rendimiento y es debido a que con el paso de los años siempre existe una inflación y este porcentaje debe ser igual o mayor a la inflación anual.

Para el cálculo del punto de equilibrio se obtienen las rectas tanto de los gastos como de los ingresos:

Recta de Gastos:

$$\text{Recta de Gastos} = \text{costos fijos} + (\text{costos variables}) * X$$

Donde:

Costos fijos = suma de: Costos de Mano de Obra, Depreciación, almacenaje, impuestos y otros costos fijos.

Costos variables = suma de: Costos de Materia Prima, accesorios, suministros lubricantes y otros costos variables.

X = número de productos

Mientras que la recta de ingresos está representada por:

$$\text{Recta de Ingresos} = \text{Precio} * X$$

Donde:

Precio = cantidad a la que se vende al consumidor

X = número de productos

El cálculo de la intersección de estas rectas es donde se encuentra ubicado el Punto de Equilibrio que es donde los ingresos son igual a los gastos.

El punto de equilibrio se calcula para todos los sistemas propuestos y el sistema actual (si es el caso) una vez obtenidos todos los puntos de equilibrio el programa obtiene el de mayor área de ganancia el cuál será la opción más conveniente de instalar según el punto de equilibrio.

Sin embargo, también es importante saber en que tiempo se recuperará la inversión o si el tiempo que el cliente estima para recuperar la inversión es el correcto, para esto es necesario el cálculo del valor presente neto con la fórmula:

$$VPN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \Lambda + \frac{FNE_n}{(1+i)^n}$$

Donde:

FNE_n = flujo neto de efectivo del año n, que corresponde a la ganancia neta después de impuestos del año n.

P= inversión inicial en el año cero.

i = tasa de referencia que corresponde a la TMAR

Los valores de inversión inicial y la tasa de referencia correspondiente a la TMAR serán proporcionados por el usuario; mientras que la ganancia neta después de impuestos será calculada por el programa con el rango de ganancia de cada mes obtenido con los datos ya ingresados por el usuario; se tomará la misma ganancia del primer año para los años consecutivos.

3.4.3 ASIGNACIÓN DE PERSONAL

En el momento en que el usuario ingresa los datos al programa, probablemente no tiene idea de cuantas personas tendrá que contratar para su nuevo sistema, por lo cual el programa calculará el número de personas de cada rango dependiendo del número de máquinas que el usuario ingrese al programa.

La asignación de personal fue realizada en base a diferentes autores, como es el siguiente ejemplo

<i>Personal</i>	<i>Taller Provisional</i>		<i>Sistema Flexible de Manufactura</i>	
	<i>No. de personas</i>	<i>%</i>	<i>No. de personas</i>	<i>%</i>
No calificado	6	13.6	–	–
Calificado	30	68.2	10	38.5
Técnicos	6	13.6	15	57.7
Personal Admvo.	2	4.6	1	3.8

Tabla 3.14 Comparación de personal ocupado en un taller provisional y SFM [34]

Algunos autores sólo definieron la cantidad de personal como alto y bajo dependiendo del sistema como se muestra en la siguiente tabla, lo que ayudo a la formulación de una mejor idea para la asignación del personal.

CLIENTE						
Forma de Producción	ETO	MTO	MTO-ATO	ATO	MTS	STS
Tamaño de la empresa (E = empleados)		Muy pequeña (E<50)	Mediana (50<E<500)	Grande (E>500)	Firma Multinacional	
Incertidumbre de la demanda	Alta (volátil)					Poca (predecible)
PRODUCTO						
Estandarización	Personalizado, características dadas por el cliente, prototipo	Baja, Especificaciones del cliente	Baja-media, Catálogo propio con opciones no estándar	Media-alta, Productos estándar con opciones	Alta, estándar sin opciones	Total
PROCESO						
Ambiente	Proyecto	Tipo Taller	Lotes	Repetitivo	Masa	Continuo
Requerimiento de mano de obra	Alto					Bajo
RECUSOS						
Disposición	Proyecto	Funcional	Celular	Línea en U	Línea de ensamble	Línea
Flujo	Extremadamente variado	Mixto , variado	Línea desconectada, variado con patrones	Tiempo de ciclo de una pieza, producción tipo pull	Línea Conectada, regular, ritmo de tiempo de ciclo	Continuo, rígido, ritmo continuo
Tecnología	Orientado a propósito general	Universal	Propósito general	Especializado-propósito general	Dedicado	Altamente dedicado
Automatización	Baja	Baja			Alta	Alta
Mano de obra	Alta				Baja	

Tabla 3.15 Características importantes de diferentes sistemas de manufactura

Analizando la información de este tipo de diferentes autores se llegó a la siguiente conclusión para la asignación del personal.

<i>Máquinas o sistemas</i>	<i>No. de estaciones por maq.</i>	<i>Sistema de Manufactura</i>	<i>Supervisores</i>	<i>Ingenieros</i>	<i>Técnicos</i>	<i>Auxiliares</i>
3	12	Línea de Transferencia	1	5	4 - 5	3-4
2	5	Línea de Flujo por Lotes	1	1-2	3	2
1	10	Sistemas Flexibles de Manufactura	1-2	2	3	2
4	5	Células de Manufactura	1	4	10	8
5	1	Máquinas Herramientas CN	1	1	4	1-2

Tabla 3.16 Asignación de personal dependiendo de la maquinaria ocupada

La primera columna es definida por el número de máquinas en el caso de MHCN o sistemas en el los otros casos.

La segunda columna es el numero de estaciones por sistema, es un número aproximado que el sistema en cuestión debe de tener.

Las columnas siguientes son las asignaciones del personal, esto se hace dependiendo del rango con el numero de máquinas o con el número de estaciones, en el caso de Sistemas Flexibles de Manufactura solo se toma en cuenta las estaciones ya que pueden ser muy variadas la cantidad de éstas para las diferentes empresas, en contra parte en el caso de MHCN se toman en cuenta solo el número de máquinas, ya que cada máquina es una estación.

3.5 DESARROLLO DEL SOFTWARE

Con las bases ya establecidas en el capítulo y lo desarrollado en las secciones anteriores a éste, se ha desarrollado un programa en Matlab 7.0 que permite una visualización gráfica de las áreas de los sistemas de fabricación para la ubicación de un producto brindando sus atributos de volumen de producción anual y variedad, también incluye toda la serie de preguntas necesarias para el análisis microeconómico.

En la figura 3.19 se muestra un diagrama de flujo de la lógica del programa.

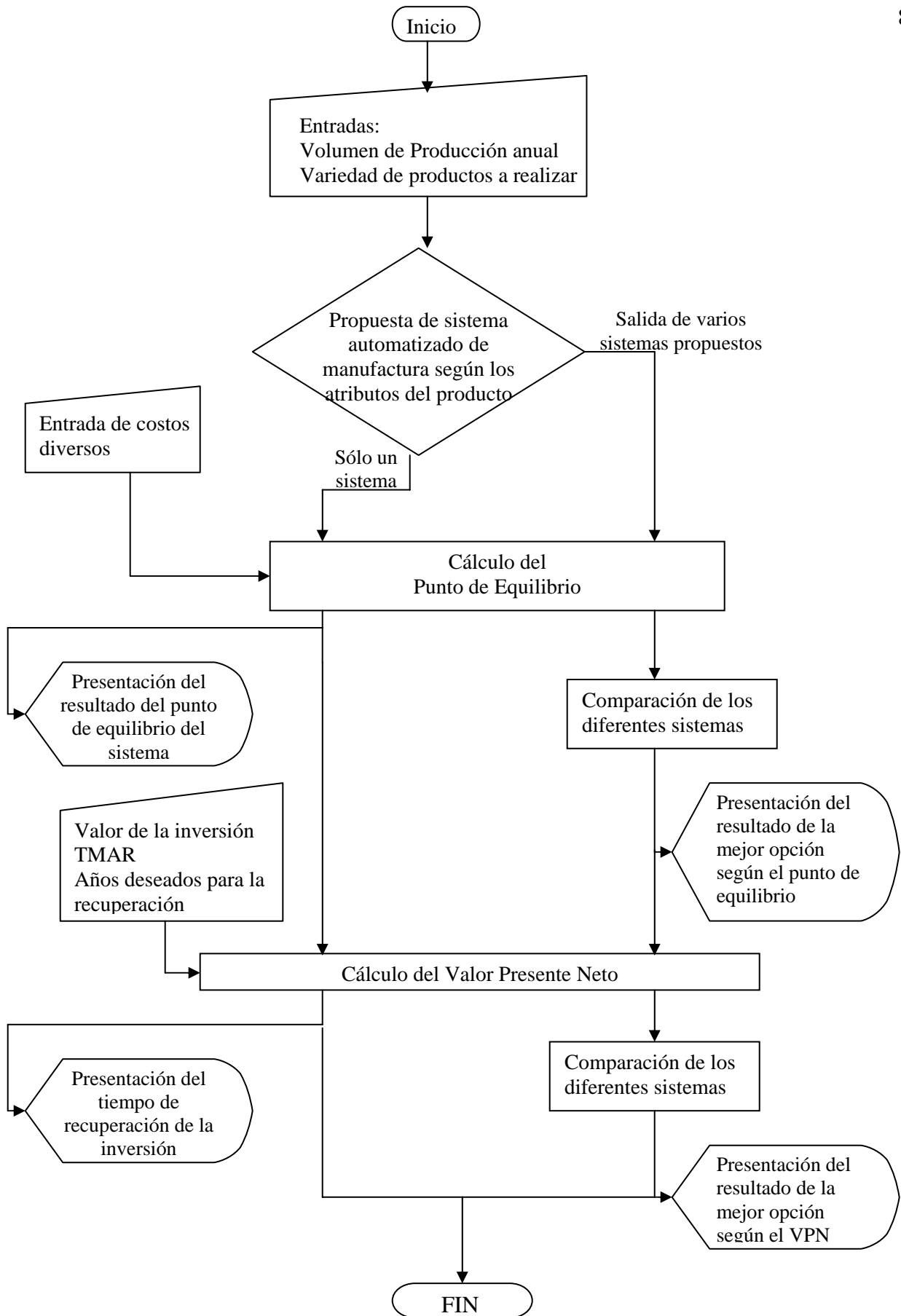


Figura 3.19 Diagrama de flujo del análisis realizado por el programa

En la figura 3.19 se muestra un diagrama de flujo de la lógica del programa realizado en Matlab 7.0, y el cuál presenta la selección más conveniente según el criterio de punto de equilibrio para las ganancias una vez implantado el nuevo sistema y valor presente neto para saber el tiempo de recuperación de la inversión.

El programa inicia haciendo las preguntas de volumen de producción anual y variedad:

El volumen de producción se refiere a la cantidad de productos que se realizarán en la empresa, en caso de que se realicen varios sistemas el valor será un promedio de los volúmenes de producción anual.

La variedad de productos a realizar es la cantidad de piezas diferentes que el cliente o dueño de la empresa desea que realice el sistema a implantar o implantado si es el caso.

Con estos datos se analizará cuáles son los sistemas que se pueden implantar para éstos atributos, continuará mostrando la ubicación de este producto en la gráfica de áreas del sistema definida en la figura 3.17 y presentará en pantalla los sistemas que le correspondan según los atributos brindados.

Una vez teniendo los posibles sistemas realiza una pregunta de analizar el sistema actual con los sistemas propuestos o solo los propuestos, esto es por si existe el caso de que algún cliente esté interesado en mejorar la empresa que tiene actualmente, y realiza una serie de preguntas para realizar el análisis microeconómico.

Obtenidos todos los datos necesarios el programa realiza una comparación de los diferentes sistemas y presenta cual podría ser la mejor opción con los criterios de costo de producción (punto de equilibrio) y rápida recuperación de la inversión (valor presente neto).

A continuación se muestra un ejemplo de cómo funciona el programa, es importante mencionar que éste es un caso ficticio y todos los costos fueron supuestos:

Las primeras preguntas que realiza son:

<p><i>Variedad de productos a realizar: 100</i></p> <p><i>Volumen de producción anual: 290980</i></p>

Y presenta en la gráfica de áreas para observar su ubicación.

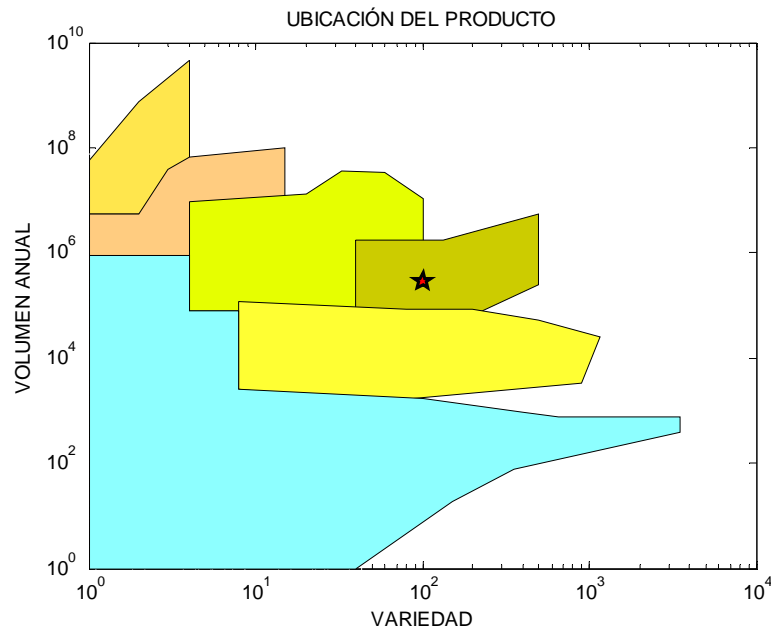


Figura 3.20 Ubicación del producto

El producto se muestra como una estrella negra con rojo.

El programa prosigue con la propuesta de sistema automatizado de manufactura presentando la siguiente leyenda:

*Este producto puede ser manufacturado en Sistemas Flexibles de Manufactura también,
Este producto puede ser manufacturado en Células de Manufactura*

Se cuenta con 2 sistema(s) propuesto(s) para este tipo de producto

Y presenta igualmente la siguiente pregunta, donde el usuario decidirá la opción de su preferencia.

¿Actualmente se esta ocupando un sistema en particular y desea compararlo con el(los) sistema(s) propuesto(s)?

- 1. SI*
- 2. NO, solo comparar los sistemas propuestos*

Opción: 1

En este caso se decidió por la opción 1 que es comparar el sistema actual y los sistemas propuestos, lo que provocará el despliegue de las siguientes preguntas:

Las siguientes preguntas son para el sistema actual

Datos para obtener el costo de la mano de obra mensual:

*Supervisores**Cantidad: 4**Salario: 15000**Ingenieros:**Cantidad: 8**Salario: 8000**Técnicos:**Cantidad: 20**Salario: 4000**Operarios de servicio auxiliares, no calificados:**Cantidad: 20**Salario: 2000**Cantidad de piezas fabricadas en un mes 15000**Costo de la materia prima de un mes: 5000**Costo de los accesorios que se ocupan al mes: 3000**Costo de los suministros al mes: 1000**Costo de la depreciación del edificio anual: 100000**Precio al consumidor por producto: 100**Costo de lubricantes al mes: 500**Costo de otros materiales al mes: 100**Costo de la depreciación de la maquinaria anual: 2000000**Costo de la depreciación del equipo anual: 200000**Costo de la depreciación de instalaciones anual: 100000**Costo del almacenaje al mes: 1000**Costo del impuesto a pagar en un mes: 1000**Otros costos fijos al mes: 400**Otros costos Variables por producto: 30*

La respuesta presentada para este sistema es la siguiente:

El punto de equilibrio para este sistema se encuentra en $X(\text{cantidad de productos})= 6436.4$ e $Y(\$)= 643642.8$,

Lo que significa que hasta que se vendan 6436.4 artículos habrá recuperado sus gastos realizados en el mes

Los costos de manufactura para este caso son de 643642.8

Presentando además la siguiente gráfica

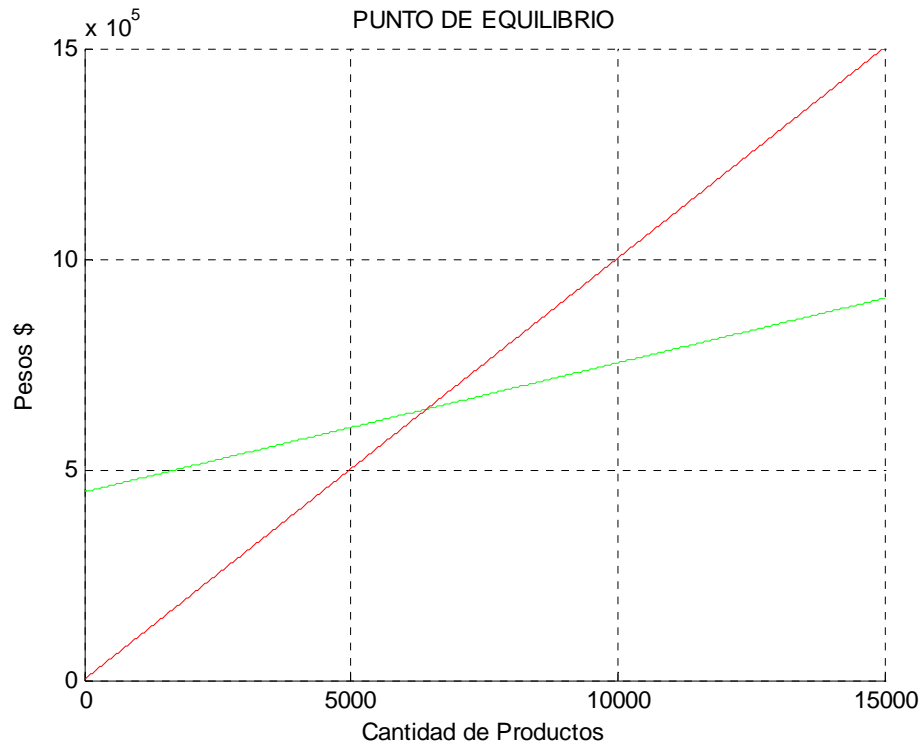


Figura 3.21 Punto de equilibrio para el sistema actual

La línea roja representa los ingresos de venta con el precio asignado al producto y la línea verde representa los gastos generados para su manufactura

El programa continuará preguntado para los sistemas propuestos de la siguiente manera.

Por favor introduzca los datos para el sistema Células de Manufactura

¿Qué inversión en pesos haría usted si instalara este sistema? 30000000

¿Cuántas Células serían? 6

¿Cuántas estaciones tendría cada una de estas líneas? 5

Costo de lubricantes al mes: 600

Costo de otros materiales al mes: 500

Costo de la depreciación de la maquinaria anual: 2500000

Costo de la depreciación del equipo anual: 300000

Costo de la depreciación de instalaciones anual: 200000

Costo del almacenaje al mes: 1200

Costo del impuesto a pagar en un mes: 1200

Otros costos fijos al mes: 200

Otros costos Variables por producto: 20

El punto de equilibrio para este sistema se encuentra en X (cantidad de productos)= 5220.4 e Y (\$) = 522035.2,

Lo que significa que hasta que se vendan 5220.4 artículos habrá recuperado sus gastos realizados en el mes

Los costos de manufactura para este caso son de 522035.2

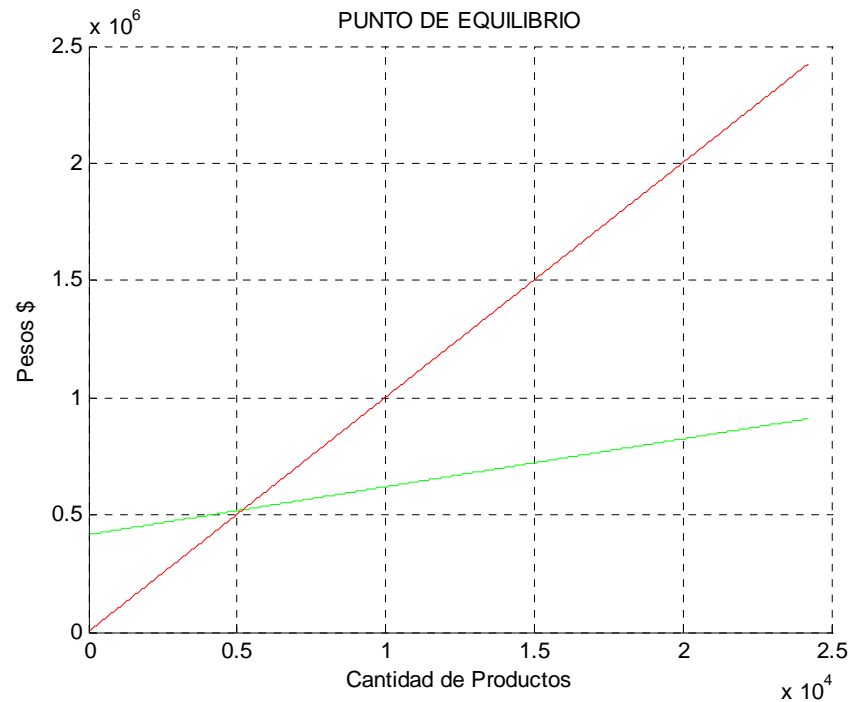


Figura 3.22 Punto de equilibrio para el primer sistema propuesto para la opción 1

La línea roja representa los ingresos de venta con el precio asignado al producto y la línea verde representa los gastos generados para su manufactura

Por favor introduzca los datos para el Sistemas Flexibles de Manufactura

¿Qué inversión en pesos haría usted si instalara este sistema? 90000000

¿Cuántas estaciones tendría el sistema Flexible? 35

Costo de lubricantes al mes: 700

Costo de otros materiales al mes: 500

Costo de la depreciación de la maquinaria anual: 7500000

Costo de la depreciación del equipo anual: 500000

Costo de la depreciación de instalaciones anual: 3500000

Costo del almacenaje al mes: 1200

Costo del impuesto a pagar en un mes: 1200

Otros costos fijos al mes: 200

Otros costos Variables por producto: 10

El punto de equilibrio para este sistema se encuentra en X (cantidad de productos)= 9872.8 e Y (\$) = 987283.4,

Lo que significa que hasta que se vendan 9872.8 artículos habrá recuperado sus gastos realizados en el mes

Los costos de manufactura para este caso son de 987283.4

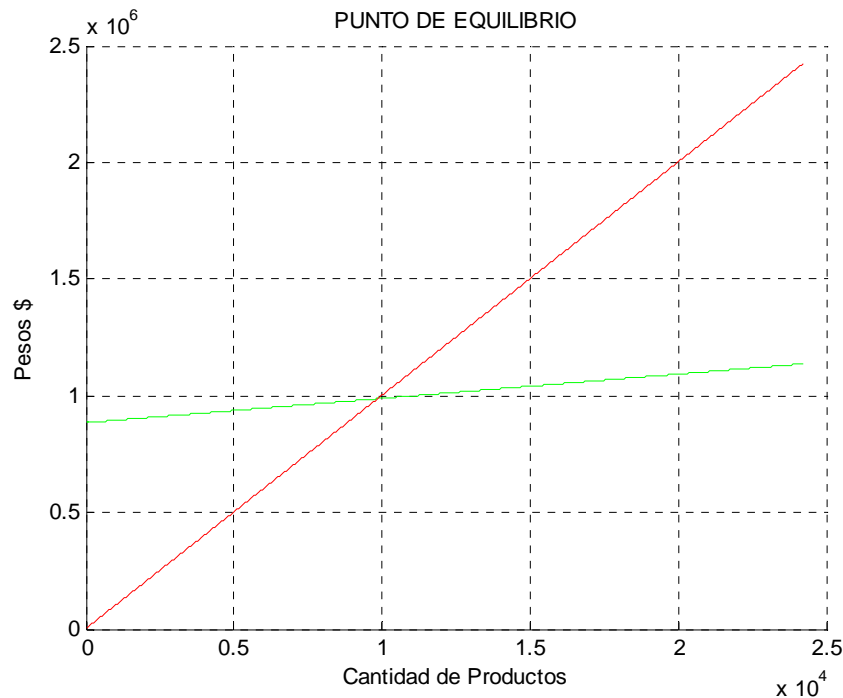


Figura 3.23 Punto de equilibrio para el segundo sistema propuesto para la opción 1

La línea roja representa los ingresos de venta con el precio asignado al producto y la línea verde representa los gastos generados para su manufactura

Una vez terminada la serie de preguntas el programa muestra una leyenda del análisis del punto de equilibrio para todos los sistemas.

El sistema con mayor ganancia es:

El sistema con mayor ganancia según el Punto de Equilibrio es:

Sistemas Flexibles de Manufactura

Por lo que usted tendrá:

5.7 veces más ganancia que el sistema: Actual

Y

1.6 veces más ganancia que el sistema: Células de Manufactura

Ahora se evaluará la mejor inversión con el criterio del Valor Presente Neto

A que tasa de inflación en porcentaje se desea calcular [%]15

En cuantos años se desea recuperar la inversión 5

Para el sistema Actual

No se realizó la evaluación porque no se realizó ninguna inversión

Para el sistema Sistemas Flexibles de Manufactura

Si es conveniente aceptar esta opción ya que recuperará la inversión en el tiempo deseado y hasta un poco más

Y es la mejor opción teniendo una ganancia 30915362.4 el tiempo estimado

Recupera la inversión en 3 años, con una ganancia de 11490766.8 pesos

Para el sistema Células de Manufactura

NO es conveniente aceptar esta opción ya que no recuperará la inversión en el tiempo deseado

Recupera la inversión en 15 años, con una ganancia de 359994.9 pesos

Es importante mencionar que para la instalación de cualquier sistema de fabricación se tiene que capacitar al personal que será asignado a las nuevas máquinas y la capacitación para buen aprovechamiento del sistema será aproximadamente de 6 meses.

Para la opción 2 la serie de preguntas no incluirá el número de personal ocupado y la serie de preguntas se presentará de la siguiente manera:

Variedad de productos a realizar: 100

Volumen de producción anual: 290980

Este producto puede ser manufacturado en Sistemas Flexibles de Manufactura también,

Este producto puede ser manufacturado en Células de Manufactura

Se cuenta con 2 sistema(s) propuesto(s) para este tipo de producto

¿Actualmente se esta ocupando un sistema en particular y desea compararlo con el(los) sistema(s) propuesto(s)?

1. SI

2. NO, solo comparar los sistemas propuestos

Opción: 2

Las siguientes preguntas son para el(los) sistema(s) propuestos y los datos deben ser estimados

Datos para obtener el costo de la mano de obra mensual:

Supervisores:

Salario: 15000

Ingenieros:

Salario: 8000

Técnicos:

Salario: 4000

Operarios de servicio auxiliares, no calificados:

Salario: 2000

A continuación se realizarán preguntas para cada uno de los sistemas propuestos

Costo de la materia prima de un mes: 5000

Costo de los accesorios que se ocupan al mes: 3000

Costo de los suministros al mes: 1000

Costo de la depreciación del edificio anual: 100000

Precio al consumidor por producto: 100

Por favor introduzca los datos para el sistema Células de Manufactura

¿Qué inversión en pesos haría usted si instalara este sistema? 30000000

¿Cuántas Células serían? 6

¿Cuántas estaciones tendría cada una de estas líneas? 5

Costo de lubricantes al mes: 500

Costo de otros materiales al mes: 500

Costo de la depreciación de la maquinaria anual: 2500000

Costo de la depreciación del equipo anual: 300000

Costo de la depreciación de instalaciones anual: 200000

Costo del almacenaje al mes: 1200

Costo del impuesto a pagar en un mes: 1200

Otros costos fijos al mes: 200

Otros costos Variables por producto: 30

El punto de equilibrio para este sistema se encuentra en X (cantidad de productos)= 5970.4 e Y (\$) = 597037.0,

Lo que significa que hasta que se vendan 5970.4 artículos habrá recuperado sus gastos realizados en el mes

Los costos de manufactura para este caso son de 597037.0

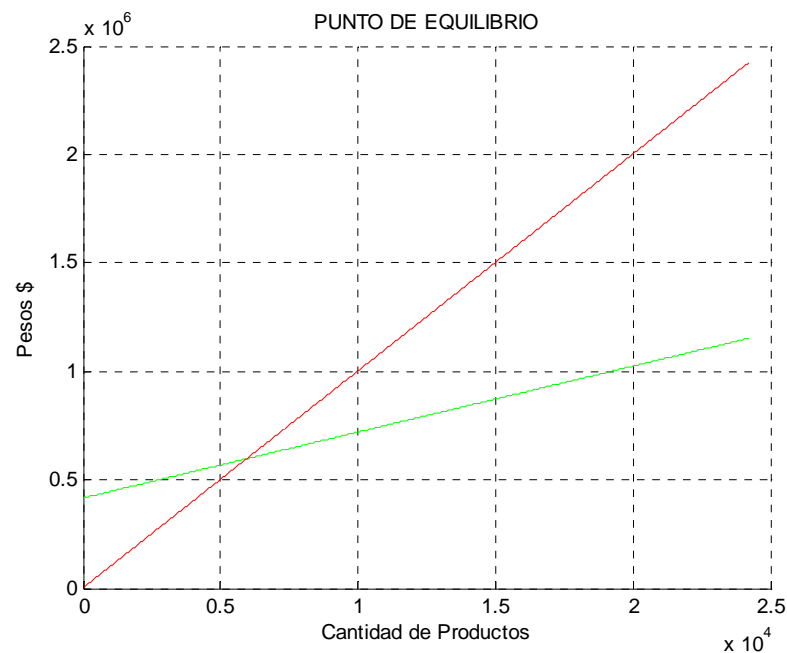


Figura 3.24 Punto de equilibrio para el primer sistema propuesto en la opción 2

Por favor introduzca los datos para el Sistemas Flexibles de Manufactura

¿Qué inversión en pesos haría usted si instalara este sistema? 70000000

¿Cuántas estaciones tendría el sistema Flexible? 35

Costo de lubricantes al mes: 600

Costo de otros materiales al mes: 500

Costo de la depreciación de la maquinaria anual: 5500000

Costo de la depreciación del equipo anual: 500000

Costo de la depreciación de instalaciones anual: 100000

Costo del almacenaje al mes: 1200

Costo del impuesto a pagar en un mes: 1200

Otros costos fijos al mes: 400

Otros costos Variables por producto: 20

El punto de equilibrio para este sistema se encuentra en X (cantidad de productos) = 8759.5 e Y (\$) = 875950.8, Lo que significa que hasta que se vendan 8759.5 artículos habrá recuperado sus gastos realizados en el mes. Los costos de manufactura para este caso son de 875950.8

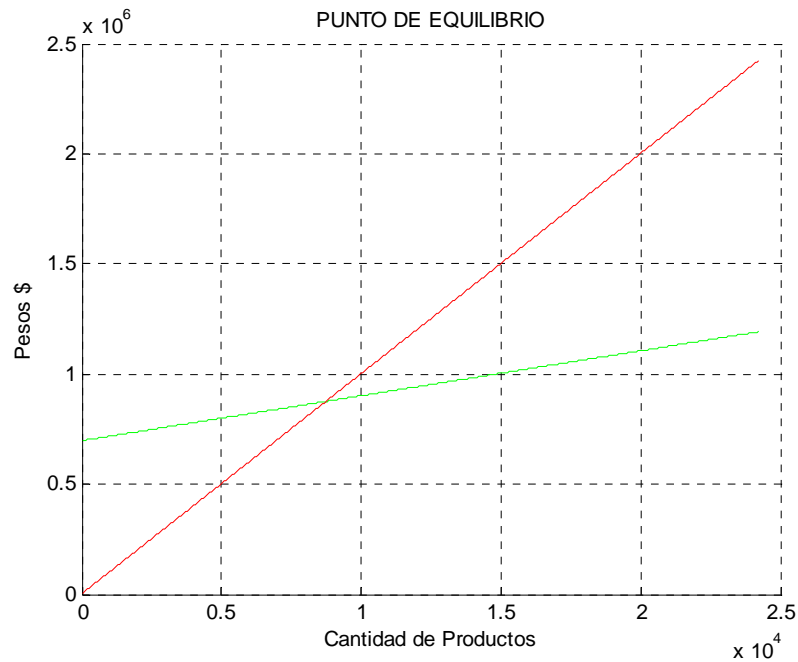


Figura 3.25 Punto de equilibrio para el segundo sistema propuesto para la opción 2

El sistema con mayor ganancia según el Punto de Equilibrio es:

Sistemas Flexibles de Manufactura

Por lo que usted tendrá:

1.2 veces más ganancia que el sistema: Células de Manufactura

Ahora se evaluará la mejor inversión con el criterio del Valor Presente Neto

A que tasa de inflación en porcentaje se desea calcular [%] 15

En cuantos años se desea recuperar la inversión 5

Para el sistema: Sistemas Flexibles de Manufactura

SI es conveniente aceptar esta opción ya que recuperará la inversión en el tiempo deseado y hasta un poco más

Y es la mejor opción teniendo una ganancia 21165284.1 el tiempo estimado

Recupera la inversión en 3 años, con una ganancia de 4849778.3 pesos

Para el sistema: Células de Manufactura

NO es conveniente aceptar esta opción ya que no recuperará la inversión en el tiempo deseado

Recupera la inversión en 9 años, con una ganancia de 581746.5 pesos

Es importante mencionar que para la instalación de cualquier sistema de fabricación se tiene que capacitar al personal que será asignado a las nuevas máquinas y la capacitación para buen aprovechamiento del sistema será aproximadamente de 6 meses.

3.6 APLICACIÓN PARA EL SOFTWARE

Para la puesta en marcha o implantación de un nuevo sistema de fabricación actualmente los empresarios toman la decisión de realizar la inversión (ya sea de renovar o implantar) y continúan directamente con un diseño conceptual, sin embargo hasta el momento no se han preocupado por realizar un análisis previo para constatar si esto es factible o no para el producto deseado.

Este software esta dedicado a esa fase previa al diseño conceptual que en estos momentos se le llamara “Análisis de factibilidad” ya que permite realiza un análisis del sistema de producción conveniente para los atributos del producto y de algunos factores económicos como es la recuperación de la inversión de la implantación de este sistema.

Quedando así las fases para la implantación de un sistema de manufactura de la siguiente manera.

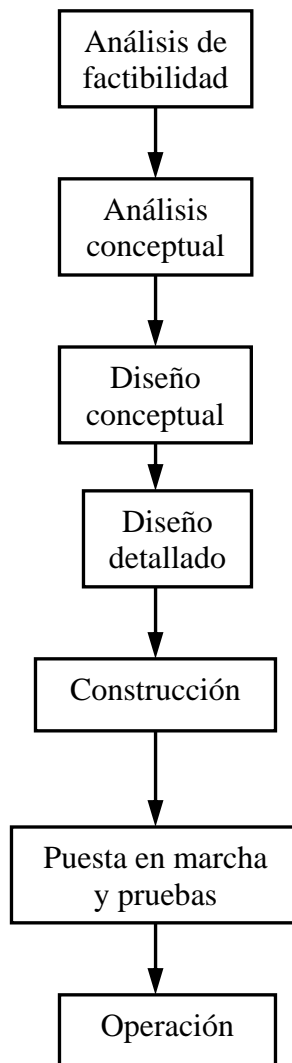


Figura 3.26 Fases para la implantación de un sistema automatizado de manufactura

El software es para ser usado en la primera entrevista con el empresario, la idea es que cumpla con el cometido de atraer al empresario a la instalación de un sistema de manufactura con la base de que es la mejor opción para las características del producto a realizar esto, realizando un primer análisis con aproximaciones de los datos de entrada y una vez captada la atención del empresario realizarlo con datos más precisos consultando los departamentos adecuados según la información solicitada.

Para comprender mejor cómo se usaría este software se muestra el siguiente diagrama de flujo del análisis de factibilidad para la implantación de un sistema automatizado de manufactura.

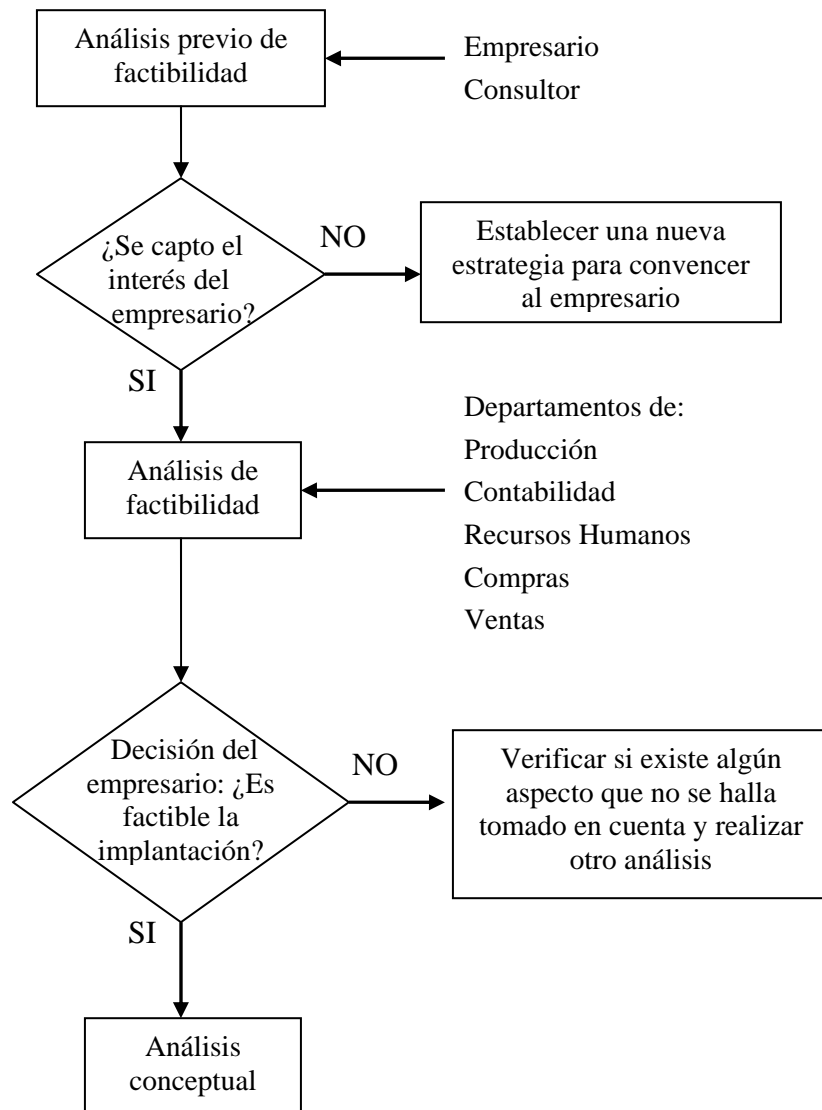


Figura 3.27 Diagrama de flujo para el análisis de factibilidad

Se sabe que para atraer a un inversionista es importante impresionarlo desde el primer encuentro que se tiene con él no sólo con palabras sino con hechos palpables que muestren retribuciones

(ganancias) en el futuro, por lo que este software es una herramienta que ayudará a que el empresario se sienta seguro en cuanto a la inversión que va a realizar.

3.7 CONCLUSIONES

Éste capítulo abarcó todo el desarrollo y análisis de la información recopilada en el capítulo 2, se llegó a la determinación de que no sólo era necesario tomar en cuenta las clasificaciones de los autores mencionados para la agrupación de los productos en los diferentes sistemas, y que un sistema de agrupación geométrica (k-medias) no podría definir éstos, sino que también el razonamiento, lógica y experiencia eran necesarias para lograr encontrar esos grupos.

Aunque en un principio se tuvo problemas con la forma de graficar se decidió usar gráficas logarítmicas debido a la diversidad en las magnitudes de los atributos de los productos.

Tomando en cuenta que la primera cuantificación realizada no cumplió con el requisito de incluir todos los productos en alguna agrupación de los diferentes sistemas de fabricación se utilizó una técnica matemática de agrupación llamada k-medias, sin embargo a pesar de que en este método si se incluían todos los productos en alguna de las agrupaciones, las magnitudes que delimitaban estas agrupaciones eran desconcertantes debido a que en algunos casos los atributos eran muy extensos como en el caso del volumen de producción donde los rangos para cada grupo eran demasiado amplios, sin embargo en la variedad si mantuvo una cierta similitud a lo ya establecido de manera intuitiva basado en las diversas clasificaciones descritas en el capítulo 2.

El uso de k-medias a pesar de que no brindó las agrupaciones finales permitió tener la visión de que las cuantificaciones asignadas a los grupos no necesariamente debían ser de formas geométricas y ni que tenían que ser excluyentes sino que las agrupaciones pueden traslaparse en ciertos puntos del contorno de éstos.

Analizando las gráficas se encontró que existen zonas (volumen, variedad) donde no se visualizan productos, consecuentemente se dedujo que en estas zonas existía una razón coherente por lo cual sucedía esto, por ejemplo en la zona de muy poco volumen anual y mucha variedad de productos se determinó que no era costoso debido a que los costos de producción por producto aumentarían tanto que probablemente ningún cliente estaría interesado en adquirirlo, o la zona de poca variedad (1 o 2 productos) y muy alto volumen de producción son demasiado rígidos lo que los vuelve vulnerables a los cambios y probablemente el tiempo de vida del producto a manufacturar no permite la recuperación de la inversión de ese sistema (maquinaria) cuando ya se tendría que desechar e instalar otro.

La inclusión de los nombres de cada uno de los productos de la base de datos en el programa al momento de graficar, permitió encontrar errores en las agrupaciones ya realizadas debido a que al verificar la concordancia de la localización de los productos y su grupo de forma de manufactura se observó que algunos no coincidían con la forma de manufactura contemplada para esos productos, lo que originó una pequeña ampliación en los rangos de algunas agrupaciones.

El programa que proporciona los nombres para cada producto en la gráfica desafortunadamente no se aplicó de alguna otra forma, sin embargo puede ser utilizado en el futuro como una base para un nuevo programa en la que al introducir el nombre del producto o la familia de producto el programa brinde la localización de éste en la grafica de áreas (figura 3.17) y también la(s) forma(s) de fabricarlo.

Se realizó la gráfica de áreas para cada uno de los sistemas automatizados de manufactura cuantificada o delimitada por un conjunto de vértices no obstante sería conveniente acotar estas áreas por medio de las ecuaciones correspondientes (unión de rectas y/o curvas) que en el desarrollo de esta tesis el tiempo no permitió realizarlo pero en tesis futuras se espera se realice.

Es importante destacar que esta gráfica es una aportación importante debido a que hasta la fecha no existe nada más cuantitativo, además de que se incluyó la agrupación de taller de mecanizado o mecánica aparatista, que los autores no toman en cuenta para su clasificación. A pesar de que esta gráfica es a nivel México se tiene el atrevimiento de decir que puede ser aplicado en diversos países debido a que los datos son proporcionales, quizá en el caso del atributo del volumen requeriría un ajuste del rango sin embargo la tendencia sería la misma.

Los fundamentos microeconómicos ayudaron a la decisión final en caso de que existan diferentes sistemas propuestos por la gráfica de áreas, o que el cliente desee comparar el sistema actual con los sistemas propuestos, también se llegó a la determinación de que la aplicación del software desarrollado brindará un análisis de fiabilidad previo al análisis conceptual al empresario que desee implantar un sistema automatizado de manufactura.

Para un buen uso del software es necesario que la persona que este realizando la consultoría al posible inversionista cuente con la sensibilidad y comprensión de cada uno de los datos requeridos por éste, ya que el consultor actuará como filtro de errores, deberá además tener conocimiento o nociones del valor de la maquinaria a implantar debido a que errores en la introducción de los datos podría brindar resultados poco confiables.

Se espera que posteriormente se retome esta información y se realicen mejoras al programa para que éste cuente con un filtro de errores, a pesar de los pequeños detalles que tiene ya es una gran aportación para un análisis de factibilidad y una herramienta para convencer a los posibles inversionistas con datos cuantificables.

CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES

El desarrollo de esta tesis en su primer capítulo identificó la importancia de la manufactura para nuestro país y la importancia de la industria metalmecánica haciendo énfasis en la importante aportación del subsector 38 “Manufactura de productos metálicos, maquinaria y equipo” al Producto Interno Bruto, por lo cual este trabajo se basa en los productos de éste.

Al retomar la información de las tesis anteriores se encontraron algunos errores en la recopilación de la información de los atributos de los productos, así fue como se inició la depuración de la información de la base de datos de 1872 productos, lo que permitió un mejor conocimiento de éstos.

La identificación de los atributos no fue tarea fácil, debido a que en un principio se había pensado usar como atributos el volumen de producción anual, variedad y tamaño del lote, sin embargo existen otros atributos como lo es el nivel de estandarización del producto, grado de manejabilidad de la pieza, el tiempo que toma la puesta a punto para poder manufacturar un producto diferente en el mismo sistema, etc. Las razones por las cuales no fueron adoptados estos atributos son las siguientes:

El tamaño de lote fue descartado debido a que no proporcionaba información confiable que relacionara este atributo con los sistemas automatizados de manufactura ya que éste variaba con respecto a la dificultad que se tenía de mover o manejar la pieza y el tamaño de ésta.

En cuanto al grado de manejabilidad y los otros atributos mencionados no se contó con la información que pudiera caracterizar a todos los productos que permitiera realizar un análisis de la manera en que intervendrían para la selección de sistema de fabricación, no obstante se realizaron hipótesis acerca de éstos las cuales se presentan a continuación:

- En cuanto mayor volumen de producción se realice el producto debe de ser más estandarizado y viceversa, si el volumen es muy pequeño el producto tiende a ser

artesanal, ya que si se fabrican pocos productos probablemente los construyan personas de manera manual y aunque se ayuden de máquinas es poco probable que realicen productos idénticos; en contraparte si se tienen volúmenes altos de producción es muy probable que se usen máquinas automatizadas que fabriquen productos idénticos.

- La dificultad de manufacturar una pieza: Si la pieza requiere una gran exactitud en sus medidas o que cuente con formas poco comunes es posible que requiera un sistema o herramientas más sofisticadas por lo que probablemente un sistema rígido o un sistema de poca tecnología no permita fabricarlo, sino que demandaría sistemas que con ayuda de robots o brazos mecánicos permita la movilidad de la pieza para lograr manufacturar ésta a su perfección.
- El tiempo de puesta a punto para poder manufacturar un producto diferente en el mismo sistema varía de manera que entre más productos diferentes se realicen en el sistema es más corto el tiempo de puesta a punto, y entre menos productos se realicen en el sistema mayor tiempo tomará el cambio de herramental necesario para manufacturar un producto diferente ya que son máquinas especializadas y muy susceptibles a cambios.

Estas hipótesis no fueron analizadas ni comprobadas debido al corto tiempo que se tenía para el desarrollo de esta tesis pero se espera se tomen en cuenta para trabajos futuros. Los atributos que se utilizaron para el desarrollo de esta tesis son: volumen de producción anual y variedad debido a que se contaba con la información necesaria y el respaldo de los bosquejos de los diferentes autores mencionados en el capítulo 2.

Para analizar estos productos y llegar a una cuantificación se realizaron diferentes pruebas gráficas; en primera instancia éstas fueron basadas en la información recopilada por diversos autores, sin embargo esto no fue suficiente por lo que se utilizó un algoritmo de agrupación llamado k-medias que aunque no se ocupó para la asignación de los grupos finales, permitió tener la visión de que los grupos no necesariamente tenían una forma geométrica sino que podrían ser de formas irregulares además de que los grupos no son excluyentes; con esta nueva visión y las bases de la primera agrupación se decidió hacer nuevas asignaciones llegando así a la cuantificación final y creando un modelo (gráfica) de áreas para los sistemas automatizados de manufactura para el conjunto de productos de la rama metalmecánica a nivel nacional.

A pesar de que esta cuantificación esta basada puramente en datos nacionales se supone puede ser utilizada en otros países, debido a que los valores de variedad son proporcionales a los que se usan en esta clasificación aunque los valores de volumen de producción manual resulten ser un poco diferentes (ya que pueden cambiar los rangos), la lógica es la misma.

Esta gráfica además de cuantificar los atributos brinda también la relación de los atributos y la forma de manufacturarlos siendo ésta una gran aportación ya que hasta el momento no existía ninguna relación de estos atributos ‘cuantificados’ con los sistemas automatizados de manufactura, sólo existían bocetos y aproximaciones.

Tomando como base esta relación de atributos – sistemas de fabricación, se puede realizar una selección de tipo(s) de sistema(s) automatizado(s) de manufactura (SAM) que sea(n) conveniente(s) para el producto a manufacturar, sin embargo como los sistemas no son

excluyentes el resultado puede ser más de un sistema lo que pondría en un dilema al empresario (posible inversionista) acerca de cual sistema escoger, lo que hace indispensable realizar un análisis microeconómico.

El aspecto microeconómico es importante en el momento de la selección de SAM debido a que su estudio permite un análisis de los costos de producción y el tiempo de recuperación de la inversión, permitiendo así una comparación de los sistemas propuestos por los atributos (volumen de producción, variedad) y si el empresario así lo desea una comparación con el sistema que tiene en operación en su planta, es importante señalar que en este estudio sólo se tomaron en cuenta los criterios del punto de equilibrio y valor presente neto, sin embargo pueden incluirse otros aspectos a futuro como lo es la demanda del producto.

Para unir estos dos análisis: atributos del productos – aspectos microeconómicos se desarrolló un programa en Matlab 7.0 que por medio de preguntas al usuario, se obtiene la información necesaria para realizar el análisis tanto de los sistemas propuestos para manufacturar el producto según los atributos, como la comparación de éstos, el programa presenta diversas gráficas como lo son: gráfica de ubicación del producto en las áreas de los SAM, gráficas del punto de equilibrio para cada sistema, así como la resolución del mejor sistema a implantar según los criterios de punto de equilibrio y valor presente neto.

Este software es una herramienta que se le presentará al empresario en la primer entrevista de consultoría, esta herramienta permitirá ayudar en la labor de atraer la atención del posible inversionista brindando un análisis previo de factibilidad con datos aproximados brindados por el empresario y razonados por la persona que realice la consultoría, la cual debe de tener una sensibilidad muy fina de la interpretación de los datos además de contar con conocimientos económicos (por ejemplo costo de maquinaria) para que sea capaz de corregir si es necesario, en el momento de la captura de datos, una vez captada la atención del inversionista, éste mismo programa se aplicará ahora con información más precisa sustraída de los diferentes departamentos de la empresa en cuestión.

Es primordial destacar que esta aportación también es muy importante debido a que hasta el momento no existía ninguna herramienta que permitiera un análisis de factibilidad previo al análisis conceptual que conjugara aspectos técnicos y económicos como lo son: los atributos del producto y los costos de producción e inversión.

La culminación de este trabajo cumplió con todos los objetivos enumerados en la sección 1.4, sin embargo como parte de un proyecto mayor el trabajo de esta tesis debe ser continuada por otros trabajos de investigación que permitan llegar a la culminación del software que sea utilizado en un futuro por los consultores y empresarios de diversos países.

RECOMENDACIONES PARA TRABAJOS FUTUROS

A pesar de que este trabajo ya es una aportación significativa aún tiene áreas que pueden ser mejoradas y aumentadas para llegar al desarrollo del software que determine la factibilidad de automatización y tipo de SAM a nivel internacional, por lo que sugiere lo siguiente para trabajos futuros:

1. Análisis de otros atributos del producto y manera de cuantificarlos que muestren aportaciones significativas para la selección de el SAM conveniente para el producto.
2. Delimitación de las áreas que representan la relación de los atributos con los diferentes SAM, no sólo por la unión de vértices que es como se presenta en esta tesis sino por medio de fórmulas matemáticas como lo es la unión de rectas y/o curvas.
3. Determinar los productos que definen los límites de cada tipo de SAM para poder generar gráficas que apliquen a otros países, sin la necesidad de analizar todos los productos.
4. Análisis de otros aspectos microeconómicos como lo es la demanda del producto y ciclo de vida de éste que presenten información relevante para la selección de SAM
5. Estudio de los aspectos macroeconómicos para definir la factibilidad de automatización según la ubicación del país, con la ayuda de algún índice que identifique el desarrollo de cada uno de estos.
6. Unión de todos los aspectos mencionados en esta tesis y las nuevas investigaciones que se realicen para en el desarrollo de un software que determine la factibilidad de automatización y el tipo de sistema de fabricación a utilizar para cualquier país.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- [1] GROOVER, Mikell. *Fundamentos de Manufactura Moderna. Materiales, procesos y sistemas* 1a ed. Tr Carlos de la Peña, Miguel Ángel Martínez. México, Prentice Hall. Hispanoamericana., 1997.
- [2] SULE, Dileep. *Instalaciones de Manufactura. Ubicación, planeación y diseño.* 2a ed. Tr. Enrique Palos y Virgilio Gonzáles Pozo México, Internacional Thomson Editores, 2001.
- [3] BLACK JT. *The Design of the Factory with a Future.* U.S.A. Mac Graw Hill, 1991.
- [4] GREENWOOD, Nigel R. *Implementing Flexible Manufacturing Systems.* Hong Kong, MacMillan Education, 1988.
- [5] GROOVER, Mikell. *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing.* 2a. ed. USA, New Jersey Prentice Hall, 2001 p 856.
- [6] IYAMA, T, ODAWARA T. A Study o fan Automatic Transfer Line System with a Sub-Line. *IIE Transactions*,1990, Vol. 22, No. 3, p. 204-214.
- [7] DEGARMO, Paul E., Black J.T.,Kohser Ronald. *Materials and Processes in Manufacturing.* 9a. Ed. U.S.A, Wiley,2003.
- [8] DORANTES, Dante Apuntes de la primera semana de clases de la materia Sistemas Flexibles de Manufactura.
- [9] KENICHE, Sekine. *Diseño de células de fabricación.* Productivity Pres. España. 1993.
- [10] LÓPEZ, Jorge Antonio. *Creación de una metodología para el diseño, evaluación y selección de sistemas flexibles de manufactura metalmecánica.* Tesis. ITESM-CEM. 1999.
- [11] FERRÉ, Rafael. *La fábrica flexible.* Marcombo, España. 1988.
- [12] Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) www.inegi.gob.mx (20 de mayo de 2005)

- [13] Microsoft Corporation, Enciclopedia Encarta, 1993-2003.
- [14] MOORE, Harry D., *Materiales y Procesos de fabricación* 1ª ed., México, Limusa, 1987. 920p.
- [15] RODRIGUEZ, Mauricio. *Desarrollo de una metodología para identificar y cuantificar factores claves para la Selección de sistemas automatizados de manufactura*. Tesis ITESM-CEM 2002.
- [16] MILTENBURG, Jonh. *Manufacturing Strategy. How to formulate and implement a winning plan*. 1a. ed USA, Productivity Press, 1995. p 372.
- [17] KAIGHOBADI, M y VENKATESH, K.; Flexible Manufacturing Systems: An Overview; *International Journal of operations and Production Management*; 1994. Vol. 14. No. 4. p.26-49.
- [18] REMBOLD, U; NNAJI, B y STORR, A; *Computer Integrated Manufacturing and Engineering*. 1a. ed. Gran Bretaña, Addison-Wesley,1993. p. 640.
- [19] GAITHER, N; FRAZIER,G. y WEI, J; From Job Shops to Manufacturing Cells. *Production and Inventory Management Journal*. 1990.Vol. 31. No. 4. p. 33-37.
- [20] GRUPTA, A; CHEN, J y ROM, W Understanding the Human Aspects of Flexible Manufacturing Systems through Management Development. *The Journal of Management Development*. 1993. Vol. 12. No. 1. p.33-42
- [21] AL-MUBARAK, F. y KHUMAWALA, B. Focused cellular manufacturing: an alternative to cellular manufacturing. *International Journal of Operations and Production Management*. 2003. Vol 23. No. 3. p 277-299.
- [22] BOON, Gerard; *Automatización Flexible en la Industria (Difusión y producción de máquinas herramienta de control numérico en América Latina)*. 1a. ed. México, Editorial Limusa, 1990 p.244.
- [23] NAHMIAS, Steven; *Production and Operation Analysis*. 4a. ed. Singapore, Mc-Graw Hill, 2001. p.810.
- [24] HERNÁNDEZ, Leticia. *Análisis de los atributos del proceso de manufactura y de los factores macroeconómicos determinantes del ámbito de aplicación de los sistemas de fabricación*. Tesis ITESM-CEM 2002
- [25] GARCÍA, Juan. *Contabilidad de Costos*. 1a. ed. México; McGraw-Hill, 1996. p, 269.
- [26] SAMUELSON, Paul A. y William D. Nordhaus. *Microeconomía*. 17a. ed., Tr. de Esther Rabasco, México, McGraw-Hill Interamericana, 2002. 396p.

- [27] PINDICK, Robert s. y Daniel L. Rubinfeld. *Microeconomics*. 6a. ed., New Jersey, Pearson Pentice Hall, 2004. 720p.
- [28] CASCARINI, Daniel; Contabilidad de Costos, Principios y esquemas 3a. ed. México; Ediciones Macchi, 2003; p. 188.
- [29] PARK, C y SON, Y; An Economic Evaluation Model for Advances Manufacturing Systems. *The Engineering Economist*. 1998. Vol 34. No. 1 p. 1-26.
- [30] RIGGS, James. Sistemas de Producción, planeación análisis y Control. 1a. ed. México; Editorial Limusa. 1988; p. 683.
- [31] BACA, Gabriel; *Fundamentos de Ingeniería Económica*. 3a. ed. México, Mc-Graw Hill; 2003. p. 543.
- [32] QUINTANA, Maricela; Apuntes de la materia de Minería de Datos, de la Maestría en Ciencias Computacionales.
- [33] PHAM, DT; DIMOV, SS y NGUYEN, CD. An incremental K-means algorithm. *Proceedings of the Institute of Mechanical Engineers*. 2004. Vol 218 Part C7. p.783-795
- [34] FROMET, Bernad y Jean-Jaques. *Productique Les technique de l'usinage flexible génie mecanique*, Dunod 1988.
- [35] MARTINEZ-OLVERA, C; SHUNK,D. A comprehensive framework for the development of a supply chain strategy. *International Journal of Production Research*. 2004

ANEXO A

CLASIFICACIÓN POR RAMA Y DESCRIPCIÓN POR CLASE CORRESPONDIENTE AL SUBSECTOR 38 “PRODUCTOS METÁLICOS, MAQUINARIA Y EQUIPO”.

RAMA/clase

3811 FUNDICION Y MOLDEO DE PIEZAS METALICAS, FERROSAS Y NO FERROSAS

381100 Fundición y moldeo de piezas metálicas. Comprende establecimientos que a través de la fundición, moldeo por colada de gravedad, ascendente, centrífuga o a presión, producen piezas metálicas ferrosas y no ferrosas. Incluye: fabricación de tipos de imprenta. Excluye: piezas para maquinaria, equipo y piezas fabricadas en plantas de siderurgia y metalurgia básica.

3812 FABRICACION DE ESTRUCTURAS METALICAS, TANQUES Y CALDERAS INDUSTRIALES. INCLUSO TRABAJOS DE HERRERIA

381201 Fabricación de estructuras metálicas para la construcción. Comprende establecimientos que a través de procedimientos como corte, doblado, montaje (soldado, remachado o atornillado) y acabado, entre otros, producen estructuras metálicas empleadas principalmente en la industria de la construcción. Incluye: instalación y/o montaje en obra cuando es realizada por el mismo establecimiento productor. Excluye: los que solamente las instalan y las estructuras de tipo arquitectónico como son puertas, ventanas y cancelaría, entre otras.

381202 Fabricación y reparación de tanques metálicos. Comprende establecimientos que a través de procedimientos como corte, doblado, montaje (soldado, remachado o atornillado) y acabado, entre otros, producen tanques, cilindros y otros contenedores metálicos para almacenamiento de líquidos y gases. Incluye: instalación y montaje en obra y la reparación, cuando son realizadas por el establecimiento productor. Excluye: los que solamente instalan tanques de gas estacionarios y la fabricación de bombas, rociadores y extinguidores.

381203 Fabricación y reparación de calderas industriales. Comprende establecimientos dedicados al ensamble de calderas y generadores de vapor así como aquellos que a través de procedimientos como corte, maquinado, doblado, montaje (soldado, remachado o atornillado) y acabado, producen partes y piezas para su ensamble. Incluye: instalación y montaje en obra y la reparación, cuando son realizadas por el establecimiento productor. Excluye: los que solamente realizan la instalación y/o reparación.

381204 Fabricación de puertas metálicas, cortinas y otros trabajos de herrería. Comprende establecimientos que a través de procedimientos como corte, doblado, montaje (soldado, remachado y/o atornillado) y acabado (lijado, pintado y pulido), entre otros, producen puertas, ventanas y juegos mecánicos, entre otros trabajos de herrería. Incluye: instalación y/o montaje en obra y/o la reparación, cuando son realizadas por el establecimiento productor. Excluye: establecimientos soldadores.

3813 FABRICACION Y REPARACION DE MUEBLES METALICOS

381300 *Fabricación y reparación de muebles metálicos y accesorios.* Comprende establecimientos que a través de procedimientos como corte, doblado, troquelado, montaje (soldado, remachado, y/o atornillado) y acabado (lijado, pintado y pulido), entre otros, producen muebles y sus partes principalmente de metal para uso doméstico, de oficina, el comercio y los servicios. Incluye: reparación cuando es realizada por el establecimiento productor. Excluye: fabricación de estufas, hornos de uso doméstico y muebles para uso médico.

3814 FABRICACION DE OTROS PRODUCTOS METALICOS. EXCLUYE MAQUINARIA Y EQUIPO

381401 *Fabricación y reparación de utensilios agrícolas y herramientas de mano sin motor.* Comprende establecimientos que a través de procedimientos como: moldeo, forjado, troquelado, doblado, maquinado, ensamblado, montaje (soldado, remachado y/o atornillado), y acabado entre otros, producen herramientas de mano para uso agrícola, para trabajar metales, madera y de uso general, que no requieren motor para su funcionamiento. Incluye: reglas, cintas métricas y cautines manuales. Excluye: fabricación de herramientas manuales con motor, abrasivos y similares.

381402 *Fabricación de hojas de afeitar, cuchillería y similares.* Comprende establecimientos que a través de procedimientos como: laminado, troquelado, forjado, templado, afilado, ensamblado, montaje (soldado, remachado y/o atornillado) y acabado, producen hojas de afeitar, cuchillería y similares. Incluye: tijeras. Excluye: cuchillería de metales preciosos.

381403 *Fabricación de chapas, candados, llaves y similares.* Comprende establecimientos que a través de procedimientos como moldeo, doblado, troquelado, maquinado, ensamble, montaje y acabado (soldado, remachado y/o atornillado), entre otros, producen todo tipo de cerraduras. Incluye: forjas para llaves, cerraduras electrónicas y herrajes. Excluye: cerrajerías.

381404 *Fabricación de alambre y productos de alambre.* Comprende establecimientos que a través de procedimientos como trefilado o estirado, laminado, recocido y acabado, entre otros, producen alambre a partir del alambrón, así como aquellos que a través del torcido, tejido y electrosoldado, obtienen productos de alambre tales como resortes, mallas y telas de alambre. Incluye: soldaduras ferrosas. Excluye: cables para conducción de energía eléctrica, alambres ferrosos y no ferrosos fabricados en plantas de siderurgia básica, clavos, tachuelas, clips, grapas y similares.

381405 *Fabricación de tornillos, tuercas, remaches y similares.* Comprende establecimientos que a través del torneado automático o prensado entre dos matrices estriadas fabrican tornillos y tuercas, así como aquellos que a través del troquelado elaboran rondanas. Excluye: los fabricados en plantas de siderurgia básica.

381406 *Fabricación de clavos, tachuelas, grapas y similares.* Comprende establecimientos que a través de procedimientos como el forjado, cortado, doblado y troquelado, entre otros, producen estos sujetadores metálicos. Excluye: los fabricados en plantas de siderurgia básica.

381407 Fabricación de envases y productos de hojalata y lámina. Comprende establecimientos que a través de procedimientos como corte, troquelado, embutido, engatillado, laminado y soldado, entre otros, producen recipientes y otros productos de hojalata y lámina. Incluye: los envases de aluminio y otros metales no ferrosos.

381408 Fabricación de corcholatas y otros productos troquelados y esmaltados. Comprende establecimientos que a través de procedimientos como corte, troquelado, forjado y esmaltado, entre otros, producen estos artículos.

381409 Fabricación y reparación de válvulas metálicas. Comprende establecimientos que a través de procedimientos como fundición y moldeo, torneado, ensamble, montaje (soldado, remachado y/o atornillado) y acabado, entre otros, producen estos dispositivos empleados para regular el flujo de líquidos y gases. Incluye: las partes y piezas así como la reparación cuando se realiza por el establecimiento productor.

381410 Fabricación y reparación de quemadores y calentadores. Comprende establecimientos que a través de procedimientos como fundición, moldeo, torneado; corte, troquelado, laminado, esmaltado, ensamblado, montaje (soldado, remachado y/o atornillado) y acabado, entre otros, producen calentadores de uso doméstico a gas y leña, así como sus partes, entre otros productos. Incluye: la instalación y reparación cuando la realiza el establecimiento productor. Excluye: calentadores eléctricos de uso doméstico; calderas industriales y radiadores de calefacción central y equipo conexo.

381411 Fabricación de baterías de cocina. Comprende establecimientos que a través de procedimientos como troquelado, matrizado, embutido, esmaltado, porcelanizado, ensamblado y montaje (soldado, remachado y/o atornillado), entre otros, producen recipientes y utensilios de cocina. Incluye: ollas de presión (expres).

381412 Galvanoplastia en piezas metálicas. Comprende establecimientos dedicados al cromado, niquelado, plateado, galvanizado y anodizado de piezas metálicas. Incluye: esmaltado y porcelanizado.

381413 Fabricación de otros productos metálicos. Comprende establecimientos que a través de procedimientos como corte y dobles de lámina, perfiles y tubos; troquelado, embutido, matrizado, ensamble, y montaje (soldado, remachado y/o atornillado), entre otros, producen cajas metálicas y productos estructurales de uso doméstico e industrial. Incluye: partes metálicas para lámparas y tratamiento térmico de acero.

3821 FABRICACION, REPARACION Y/O ENSAMBLE DE MAQUINARIA Y EQUIPO PARA FINES ESPECIFICOS, CON O SIN MOTOR ELECTRICO INTEGRADO. INCLUYE MAQUINARIA AGRICOLA

382101 Fabricación, ensamble y reparación de tractores, maquinaria e implementos agrícolas. Comprende establecimientos que a través de procedimientos de fundición y moldeo, forjado, corte, torneado, troquelado, embutido, matrizado, laminado, doblado y montaje (soldado, remachado y/o atornillado), entre otros, realizan la producción de componentes y accesorios estructurales y mecánicos que a su vez serán utilizados en el ensamblado, montaje y acabado de maquinaria agropecuaria. Incluye: la reparación cuando es realizada por el establecimiento productor. Excluye: herramientas manuales sin motor de uso agropecuario.

382102 Fabricación, ensamble y reparación de maquinaria y equipo para madera y metales. Comprende establecimientos que a través de procedimientos de fundición, moldeo, forjado, corte, torneado, troquelado,

embutido, matrizado, laminado, doblado y montaje (soldado, remachado y/o atornillado), entre otros, realizan la producción de componentes y accesorios estructurales y mecánicos, que a su vez serán utilizados en el ensamblado, montaje y acabado de maquinaria y equipo para trabajar madera y metales. Incluye: herramientas manuales con motor para madera y metales, moldes, troqueles y brocas y la reparación, cuando es realizada por el establecimiento productor. Excluye: herramientas manuales sin motor.

382103 Fabricación, ensamble y reparación de maquinaria y equipo para las industrias extractivas y de la construcción. Comprende establecimientos que a través de procedimientos de fundición y moldeo, Forjado, corte, torneado, troquelado, embutido, matrizado, laminado, doblado y montaje (soldado, remachado y/o atornillado), entre otros, realizan la producción de componentes y accesorios estructurales y mecánicos, que a su vez serán utilizados en el ensamblado, montaje y acabado de maquinaria y equipo para las industrias extractivas y de la construcción. Incluye: herramientas de mano con motor especiales para estas industrias y la reparación, cuando es realizada por el establecimiento productor. Excluye: herramientas manuales sin motor.

382104 Fabricación, ensamble y reparación de maquinaria y equipo para la industria alimentaria y de bebidas. Comprende establecimientos que a través de procedimientos de fundición, moldeo, forjado, corte, torneado, troquelado, embutido, matrizado, laminado, doblado y montaje (soldado, remachado y/o atornillado), entre otros, realizan la producción de componentes y accesorios estructurales y mecánicos, que a su vez serán utilizados en el ensamblado, montaje y acabado de maquinaria y equipo para la industria alimentaria y de bebidas. Incluye: herramientas de mano con motor especiales para estas industrias así como la reparación, cuando es realizada por el establecimiento productor.

382106 Fabricación, ensamble y reparación de maquinaria y equipo para otras industrias específicas. Comprende establecimientos que a través de procedimientos de fundición, moldeo, forjado, corte, torneado, troquelado, embutido, matrizado, doblado, laminado y montaje (soldado, remachado y/o atornillado), entre otros, realizan la producción de componentes y accesorios estructurales y mecánicos que serán utilizados en el ensamblado, montaje y acabado de maquinaria y equipo para las industrias textil, editorial y de imprenta, de los minerales no metálicos, del hule y plástico, entre otras. Incluye: la reparación, cuando se realiza por el establecimiento productor.

3822 FABRICACION, REPARACION Y/O ENSAMBLE DE MAQUINARIA Y EQUIPO PARA USOS GENERALES, CON O SIN MOTOR ELECTRICO INTEGRADO. INCLUYE ARMAMENTO

382201 Fabricación, ensamble y reparación de motores no eléctricos. Excluye para vehículos automotrices y de transporte. Comprende establecimientos que a través de procedimientos de fundición, moldeo, forjado, corte, torneado, troquelado, embutido, matrizado, laminado, doblado y montaje (soldado, remachado y/o atornillado), entre otros, realizan la producción de componentes estructurales y mecánicos, que a su vez serán utilizados en el ensamblado, montaje y acabado de motores de combustión interna. Incluye: radiadores para este tipo de motores y la reparación, cuando es realizada por el establecimiento productor. Excluye: motores de uso automotriz y motores eléctricos.

382202 Fabricación, ensamble, reparación e instalación de máquinas para transportar y levantar materiales. Comprende establecimientos que a través de procedimientos de fundición, moldeo, forjado, corte, torneado, troquelado, embutido, matrizado, laminado, doblado y montaje (soldado, remachado y/o atornillado), entre otros, realizan la producción de componentes y accesorios estructurales y mecánicos, que a su vez serán utilizados en el

ensamblado, montaje y acabado de máquinas para transportar y levantar personas y materiales. Incluye: la reparación, cuando es realizada por el establecimiento productor. Excluye: gatos portátiles automotrices.

382203 Fabricación, ensamble y reparación de otra maquinaria y equipo de uso general no asignable a una actividad específica. Comprende establecimientos que a través de procedimientos de fundición, moldeo, forjado, corte, torneado, troquelado, embutido, matrizado, laminado, doblado y montaje (soldado, remachado y/o atornillado), entre otros, realizan la producción de componentes y accesorios estructurales y mecánicos que a su vez serán utilizados en el ensamblado, montaje y acabado de taladros, prensas y tornos, entre otra maquinaria y equipo de uso general. Incluye: la reparación, cuando es realizada por el establecimiento productor. Excluye: estufas y hornos de uso doméstico.

382204 Fabricación de partes y piezas metálicas sueltas para maquinaria y equipo en general. Comprende establecimientos que a través de procedimientos de fundición, moldeo, forjado, corte, torneado, troquelado, embutido, matrizado, laminado, doblado y montaje (soldado, remachado y/o atornillado), entre otros, realizan la producción de componentes y accesorios estructurales y mecánicos diversos para maquinaria y equipo en general.

382205 Fabricación, ensamble y reparación de bombas, rociadores y extinguidores. Comprende establecimientos que a través de procedimientos de fundición y moldeo, forjado, corte, torneado, troquelado, embutido, matrizado, doblado y montaje (soldado, remachado y/o atornillado), entre otros, realizan la producción de componentes y accesorios estructurales y mecánicos, que a su vez serán utilizados en el ensamblado, montaje y acabado de bombas, rociadores y extinguidores. Incluye: la reparación, cuando es realizada por el establecimiento productor. Excluye: tanques metálicos.

382206 Fabricación de equipos y aparatos de aire acondicionado, refrigeración y calefacción. Comprende establecimientos que a través de procedimientos de fundición, moldeo, forjado, corte, torneado, troquelado, embutido, matrizado, doblado y montaje (soldado, remachado y/o atornillado), entre otros, realizan la producción de componentes y accesorios estructurales y mecánicos, que a su vez serán utilizados en el ensamblado, montaje y acabado de equipos y aparatos de aire acondicionado, refrigeración y calefacción. Incluye: su instalación y reparación, cuando es realizada por el establecimiento productor. Excluye: la instalación y reparación, cuando la hacen establecimientos separados del productor y la fabricación de refrigeradores de uso doméstico.

382207 Fabricación de filtros para líquidos y gases. Comprende establecimientos que a través de procedimientos de fundición, moldeo, forjado, corte, torneado, troquelado, embutido, matrizado, doblado y montaje (soldado, remachado y/o atornillado), entre otros, realizan la producción, montaje y acabado de filtros para líquidos y gases.

382208 Fabricación de armas de fuego y cartuchos. Comprende establecimientos que a través de procedimientos de fundición, moldeo, forjado, corte, torneado, troquelado, embutido, matrizado, laminado, doblado y montaje (soldado, remachado y/o atornillado), entre otros, realizan la producción de componentes y accesorios estructurales, que a su vez serán utilizados en el ensamblado y acabado de armas de fuego. Incluye: accesorios y municiones.

3823 FABRICACION Y/O ENSAMBLE DE MÁQUINAS DE OFICINA, CALCULO Y PROCESAMIENTO INFORMATICO

382301 Fabricación, ensamble y reparación de máquinas para oficina. Comprende establecimientos que a través de procedimientos de fundición, moldeo, forjado, corte, torneado, troquelado, embutido, matrizado, laminado,

doblado y montaje (soldado, remachado y/o atornillado), entre otros, realizan la producción de componentes y accesorios estructurales, que a su vez serán utilizados en el ensamblado y acabado de armas de fuego. Incluye: accesorios y municiones.

382302 Fabricación, ensamble y reparación de máquinas de procesamiento informático. Comprende establecimientos que a través de procedimientos de fundición, moldeo, forjado, corte, torneado, troquelado, embutido, matrizado, laminado, doblado y montaje (soldado, remachado y/o atornillado), entre otros, realizan la producción de componentes y accesorios estructurales, que a su vez serán utilizados en el ensamblado y acabado de armas de fuego. Incluye: accesorios y municiones.

3831 FABRICACION Y/O ENSAMBLE DE MAQUINARIA, EQUIPO Y ACCESORIOS ELECTRICOS.
INCLUYE PARA LA GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA

383101 Fabricación, ensamble y reparación de motores eléctricos y equipo para la generación, transformación y utilización de la energía eléctrica, solar o geotérmica. Comprende establecimientos que a través de procedimientos de fundición, moldeo, torneado, troquelado, embutido, matrizado, montaje (soldado, remachado y/o atornillado), doblado y embobinado, entre otros, realizan la producción de componentes y accesorios estructurales, mecánicos y eléctricos que a su vez serán utilizados en el ensamblado y acabado de motores eléctricos y equipo para la generación, transformación y utilización de la energía eléctrica, solar o geotérmica. Incluye: paneles para calentadores solares y la reparación, cuando es realizada por el establecimiento productor.

383102 Fabricación de equipo para soldar. Comprende establecimientos que a través de procedimientos de fundición, moldeo, torneado, troquelado, embutido, matrizado, doblado, montaje (soldado, remachado y/o atornillado) y embobinado, entre otros, realizan la producción de componentes y accesorios estructurales, mecánicos y eléctricos que a su vez serán utilizados en el ensamblado, montaje y acabado de equipo para soldar. Incluye: soldaduras ferrosas.

383103 Fabricación de partes y accesorios para el sistema eléctrico automotriz. Comprende establecimientos que a través de procedimientos de fundición, moldeo, torneado, troquelado, embutido, matrizado, doblado, montaje (soldado, remachado y/o atornillado) y embobinado, entre otros, realizan el ensamblado, montaje y acabado de componentes y accesorios para el sistema eléctrico automotriz. Excluye: alarmas para automóviles y la reparación, cuando esta es realizada por el productor.

383107 Fabricación de acumuladores y pilas eléctricas. Comprende establecimientos que a través de procedimientos de fundición, moldeo, doblado, soldado, troquelado, engatillado y mezcla de productos químicos, entre otros, realizan la producción de componentes y accesorios que a su vez serán utilizados en el ensamblado y acabado de acumuladores y pilas.

383108 Fabricación de electrodos de carbón y grafito. Comprende establecimientos que a través de procedimientos de carbonización, calcinación, pulverización, aglomeración, amasado, laminado, troquelado y moldeado, entre otros, obtienen electrodos de carbón y grafito.

383109 Fabricación de materiales y accesorios eléctricos. Comprende establecimientos que a través de procedimientos de fundición, moldeo, torneado, troquelado, embutido, matrizado o trefilado, doblado, recubrimiento

y montaje (soldado, remachado y/o atornillado), entre otros, realizan el ensamblado, montaje y acabado de materiales y accesorios eléctricos. Incluye: conductores eléctricos recubiertos y sin recubrir.

383110 Fabricación de focos, tubos y bombillas para iluminación. Comprende establecimientos que a través de procedimientos como el montado de un filamento metálico, generalmente de tungsteno, dentro de una bombilla, el revestimiento interior de un tubo de vidrio con sustancias fluorescentes y la carga de gases, entre otras, realizan el ensamblado, montaje y acabado de estos productos eléctricos para iluminación. Incluye: focos para alumbrado público.

383111 Fabricación, mantenimiento y reparación de anuncios luminosos y lámparas ornamentales, candiles y otros accesorios eléctricos. Comprende establecimientos que a través de procedimientos como corte, doblado, troquelado, moldeado, soplado y montaje (soldado, remachado y/o atornillado), entre otros, realizan el ensamblado, montaje y acabado de estos artículos eléctricos ornamentales y publicitarios. Incluye: la reparación, cuando la realiza el establecimiento productor; equipos de iluminación, etcétera.

3832 FABRICACION Y/O ENSAMBLE DE EQUIPO ELECTRONICO DE RADIO, TELEVISION, COMUNICACIONES Y DE USO MEDICO

383201 Fabricación, ensamble y reparación de equipo y aparatos para comunicación, transmisión y señalización. Comprende establecimientos que a través de procedimientos como corte, doblado, montaje (soldado, remachado y/o atornillado), torneado, troquelado, embutido y matrizado, entre otros, realizan la producción de componentes y accesorios estructurales, eléctricos, electrónicos y mecánicos, que a su vez serán utilizados en el ensamblado, montaje y acabado de equipo y aparatos para comunicación, transmisión y señalización. Incluye: la reparación, cuando es realizada por el establecimiento productor. Excluye: alarmas para automóviles.

383202 Fabricación de partes y refacciones para equipo de comunicaciones. Comprende establecimientos que a través de procedimientos como fundición, moldeo, corte, torneado, troquelado, matrizado, embobinado, recubrimiento, montaje (soldado, remachado y/o atornillado) e impresión, entre otros, realizan el ensamblado, montaje y acabado de componentes y refacciones eléctricas y electrónicas para equipo de comunicaciones. Incluye: la reparación, cuando es realizada por el establecimiento productor.

383203 Fabricación, ensamble y reparación de equipo y aparatos electrónicos para uso médico. Comprende establecimientos que a través de procedimientos como corte, doblado, torneado, troquelado, embutido, montaje (soldado, remachado y/o atornillado), matrizado, bobinado e impregnado, entre otros, realizan la producción de componentes y accesorios estructurales, mecánicos y electrónicos que a su vez serán utilizados en aparatos electrónicos para uso médico, así como la reparación cuando es realizada por el establecimiento productor. Excluye: instrumentos o equipo médicos no electrónicos.

383204 Fabricación y ensamble de radios, televisores y reproductores de sonido. Comprende establecimientos que a través de procedimientos como corte, doblado, torneado, troquelado, embutido, montaje (soldado, remachado y/o atornillado) y matrizado, entre otros, realizan la producción de componentes y accesorios estructurales y mecánicos, que a su vez serán utilizados en el ensamblado, montaje y acabado de estos aparatos de audio y vídeo. Incluye: sinfonolas.

383205 Fabricación de discos y cintas magnetofónicas. Comprende establecimientos que a partir de las actividades de edición, grabación del master y regrabación masiva, entre otras, realizan el acabado de discos y cintas magnetofónicas. Incluye: cintas sin grabar. 383206 Fabricación de componentes y refacciones para radios, televisores y reproductores de sonido. Comprende establecimientos que a través de procedimientos como corte, torneado, troquelado, matrizado, embobinado, recubierto, impregnado, montaje (soldado, remachado y/o atornillado) e impresión, entre otros, realizan el ensamblado y acabado de componentes y refacciones eléctricas y electrónicas para aparatos de audio y video. Incluye: la reparación, cuando es realizada por el mismo establecimiento productor.

3833 FABRICACION Y/O ENSAMBLE DE APARATOS Y ACCESORIOS DE USO DOMESTICO. EXCLUYE LOS ELECTRONICOS

383301 Fabricación y ensamble de estufas y hornos de uso doméstico. Comprende establecimientos que a través de procedimientos como corte, doblado, troquelado, embutido, montaje (soldado, remachado y/o atornillado), pulido, lavado, esmaltado y porcelanizado, entre otros, realizan la producción de componentes y refacciones estructurales, y mecánicas, que a su vez serán utilizados en el ensamblado y acabado de estos artículos de uso doméstico. Incluye: fabricación de cocinas integrales y hornos eléctricos y de microondas. Excluye: estufas y hornos de uso comercial e industrial.

383302 Fabricación y ensamble de refrigeradores de uso doméstico. Comprende establecimientos que a través de procedimientos como corte, doblado, troquelado, embutido, montaje (soldado, remachado y/o atornillado), pulido, lavado, esmaltado, porcelanizado y embobinado, entre otros, realizan la producción de componentes y refacciones estructurales, mecánicas y eléctricas, que a su vez, serán utilizadas en el ensamblado y acabado de estos artículos de uso doméstico. Excluye: refrigeradores de uso industrial y comercial.

383303 Fabricación y ensamble de lavadoras y secadoras de uso doméstico. Comprende establecimientos que a través de procedimientos como corte, doblado, pulido, lavado, esmaltado, porcelanizado y embobinado, entre otros, realizan la producción de componentes y refacciones estructurales, mecánicas y eléctricas que a su vez serán utilizadas en el ensamblado, montaje (soldado, remachado y/o atornillado) y acabado de estos artículos de uso doméstico. Excluye: lavadoras y secadoras de uso industrial y comercial.

383304 Fabricación y ensamble de enseres domésticos menores. Comprende establecimientos que a través de procedimientos como fundición, moldeo, corte, doblado, pulido, esmaltado, embobinado, entre otros, realizan la producción de componentes estructurales mecánicos y eléctricos, que a su vez serán utilizados en el ensamblado, montaje (soldado, remachado y/o atornillado) y acabado de enseres domésticos menores.

383306 Fabricación y ensamble de calentadores eléctricos de uso doméstico. Comprende establecimientos que a través de procedimientos como corte, doblado, matrizado, soldado, pulido, esmaltado, embobinado, entre otros, realizan la producción de componentes estructurales, mecánicos y eléctricos, que a su vez serán utilizados en el ensamblado, montaje (soldado, remachado y/o atornillado) y acabado de estos artículos domésticos. Incluye: cobertores eléctricos.

3841 INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

384110 Fabricación y ensamble de automóviles y camiones. Comprende establecimientos que a través de procedimientos como fundición, moldeo, forjado, corte, torneado, troquelado, montaje (soldado, remachado y/o atornillado), armado, pulido y pintado de partes, así como la colocación de vestiduras y el ensamblado del sistema eléctrico, motor, sistema de transmisión, suspensión, frenos, colocación del chasis, ensamble, montaje y acabado de carrocerías, entre otros, fabrican estas unidades automotrices. Incluye: tractocamiones y camiones eléctricos. Excluye: equipos eléctricos para automóviles y camiones.

384121 Fabricación y ensamble de carrocerías y remolques para automóviles y camiones. Comprende establecimientos que a través de procedimientos como corte, doblado, armado, soldado, pulido, pintado y secado de carrocerías, aplicación de vestiduras, y del sistema eléctrico, entre otros, realizan la fabricación, ensamble, montaje (soldado, remachado y/o atornillado) y acabado de carrocerías y remolques.

384122 Fabricación de motores y sus partes para automóviles y camiones. Comprende establecimientos que a través de procedimientos como fundición, moldeo, forjado, corte, embutido o matrizado, doblado, torneado, y soldado, entre otros, realizan la producción de componentes y refacciones estructurales y mecánicas, que a su vez serán utilizados en el ensamblado, montaje y acabado de motores de uso automotriz. Excluye: la rectificación parcial o total.

384123 Fabricación de partes para el sistema de transmisión de automóviles y camiones. Comprende establecimientos que a través de procedimientos como fundición, moldeo, forjado, corte, embutido o matrizado, doblado, torneado y soldado, entre otros, realizan la producción, ensamblado, montaje y acabado de componentes y refacciones estructurales y mecánicas para el sistema de transmisión de automóviles y camiones.

384124 Fabricación de partes para el sistema de suspensión de automóviles y camiones. Comprende establecimientos que a través de procedimientos como fundición, moldeo, forjado, corte, matrizado, doblado, torneado y soldado, entre otros, realizan la producción, ensamblado, montaje y acabado de componentes y refacciones estructurales y mecánicas para el sistema de suspensión de automóviles y camiones.

384125 Fabricación de partes y accesorios para el sistema de frenos de automóviles y camiones. Comprende establecimientos que a través de procedimientos como fundición, moldeo, forjado, corte, doblado, torneado, soldado, remachado, pegado y vulcanizado, entre otros, realizan la producción, ensamblado, montaje y acabado de componentes y refacciones estructurales y mecánicas para el sistema de frenos de automóviles y camiones.

384126 Fabricación de otras partes y accesorios para automóviles y camiones. Comprende establecimientos que a través de procedimientos como fundición, moldeo, forjado, corte, troquelado, doblado, torneado, soldado y remachado, entre otros, realizan la producción, ensamblado, montaje y acabado de componentes, refacciones y accesorios estructurales y mecánicos para automóviles y camiones, no mencionados en clases anteriores. Incluye: alarmas y asientos completos para autos y camiones. Excluye: partes plásticas y eléctricas automotrices.

3842 FABRICACION, REPARACION Y/O ENSAMBLE DE EQUIPO DE TRANSPORTE Y SUS PARTES. EXCLUYE AUTOMOVILES Y CAMIONES

384201 Fabricación y reparación de embarcaciones. Comprende establecimientos que a través de procedimientos como fundición, moldeo, forjado, corte, doblado, laminado, soldado, matrizado, torneado, remachado, calafateado y pintado, entre otros, realizan la producción de partes componentes y refacciones estructurales y mecánicas, que a su vez serán utilizadas en el ensamblado, y acabado de embarcaciones. Incluye: la reparación, cuando es realizada por el establecimiento productor. Excluye: partes del sistema eléctrico.

384202 Fabricación y reparación de equipo ferroviario. Comprende establecimientos que a través de procedimientos como corte, doblado, prensado, punzonado, torneado, rectificado, forjado, soldado, remachado, atornillado, clavado, cepillado y pintado, realizan la producción de partes, que a su vez serán utilizadas en el ensamblado, y acabado de equipo ferroviario. Incluye: la reparación, cuando es realizada por el establecimiento productor. Excluye: partes del sistema eléctrico.

384203 Fabricación y ensamble de motocicletas, bicicletas y similares. Comprende establecimientos que a través de procedimientos como corte, laminación, doblado, soldado y pintado, entre otros, realizan la producción, ensamble de motor, transmisión, suspensión, frenos, etc., montaje (soldado, remachado y/o atornillado) y acabado de motocicletas, bicicletas y similares.

384204 Fabricación de componentes y refacciones para motocicletas, bicicletas y similares. Comprende establecimientos que a través de procedimientos como fundición, moldeo, forjado, corte, torneado, soldado, remachado, troquelado, embutido, matrizado y doblado, ente otros, realizan la producción, ensamble y acabado de componentes y refacciones estructurales, mecánicas y eléctricas para motocicletas, bicicletas y similares. 384206 Fabricación y reparación de otro equipo y material de transporte. Comprende establecimientos que a través de procedimientos como fundición, moldeo, forjado, corte, doblado, soldado, remachado, pegado, troquelado, matrizado, torneado, aserrado, cepillado y pintado, entre otros, realizan la producción de partes, componentes y refacciones estructurales y mecánicas, que a su vez serán utilizadas en el ensamblado y acabado de otro equipo y material de transporte no mencionado anteriormente. Incluye: la reparación, cuando es realizada por el establecimiento productor y los vehículos de tracción animal y manual.

3850 FABRICACION, REPARACION Y/O ENSAMBLE DE INSTRUMENTOS Y EQUIPO DE PRECISION. INCLUYE INSTRUMENTAL QUIRURGICO. EXCLUYE LOS ELECTRONICOS

385001 Fabricación y reparación de equipo e instrumental médico y de cirugía. Comprende establecimientos que a través de procedimientos como fundición, moldeo, forjado, corte, doblado, torneado, troquelado, embutido, matrizado y soldado, entre otros, realizan la producción de partes, componentes y refacciones estructurales y mecánicas, que a su vez serán utilizadas en el ensamblado, montaje y acabado de equipo e instrumental médico y de cirugía. Incluye: la reparación, cuando es realizada por el establecimiento productor y los aparatos ortopédicos, audífonos para sordos y equipos de venoclisis. Excluye: aparatos e instrumentos médicos electrónicos, ropa para uso médico y quirúrgico.

385002 Fabricación de equipo y accesorios dentales. Comprende establecimientos que a través de procedimientos como corte, doblado, torneado, troquelado, embutido, matrizado y soldado, entre otros, realizan la producción de

partes, componentes y refacciones estructurales y mecánicas que a su vez serán utilizadas en el ensamblado, montaje y acabado de equipo y accesorios dentales, así como la manufactura en serie de piezas dentales. Excluye: laboratorios de prótesis dentales que trabajan sobre especificaciones especiales.

385004 Fabricación y reparación de aparatos e instrumentos de medida y control técnico científico. Comprende establecimientos que a través de procedimientos como fundición, moldeo, forjado, corte, doblado, torneado, troquelado, embutido, matrizado, embobinado, impresión, remachado y soldado, entre otros, realizan la producción de partes, componentes y refacciones estructurales y mecánicas, que a su vez serán utilizadas en el ensamblado y acabado de aparatos e instrumentos de medida y control. Incluye: la reparación, cuando es realizada por el establecimiento productor y las balanzas de precisión, brújulas y calibradores. Excluye: aparatos e instrumentos ópticos.

385005 Fabricación de anteojos, lentes, aparatos e instrumentos ópticos y sus partes. Comprende establecimientos que a través de procedimientos como fundición, moldeo, corte, doblado, torneado, troquelado, impresión, remachado, soldado, inyección, esmerilado y pulido, entre otros, realizan la producción de partes, componentes y refacciones estructurales y mecánicas, que a su vez serán utilizadas en el ensamblado y acabado de anteojos y aparatos e instrumentos ópticos.

385006 Fabricación de aparatos fotográficos. Comprende establecimientos que a través de procedimientos como, corte, doblado, torneado, troquelado, impresión, remachado, inyección, esmerilado y pulido, entre otros, realizan la producción de partes, componentes y refacciones estructurales mecánicas y electrónicas, que a su vez serán utilizadas en el ensamblado y acabado de aparatos fotográficos. Excluye: papel sensible para fotografía.

385007 Fabricación y reparación de máquinas fotocopiadoras. Comprende establecimientos que a través de procedimientos como, corte, doblado, torneado, troquelado, soldado, embobinado e impresión, entre otros, realizan la producción de partes, componentes y refacciones estructurales, mecánicas, eléctricas y electrónicas, que a su vez serán utilizadas en el ensamblado, montaje y acabado de máquinas fotocopiadoras. Incluye: la reparación, cuando es realizada por el establecimiento productor.

385008 Fabricación y ensamble de relojes y sus partes. Comprende establecimientos que a través de procedimientos como fundición, moldeo, corte, doblado, torneado, troquelado, soldado, remachado, impresión y enchapado, entre otros, realizan la producción de partes, componentes y refacciones, estructurales, mecánicas, eléctricas y electrónicas, que a su vez serán utilizadas en el ensamblado, montaje y acabado de relojes.

ANEXO B

PROGRAMAS REALIZADOS EN MATLAB 7.0

PROGRAMA kmeans_g2

Este programa realiza agrupaciones mediante el algoritmo k-medias

```
%Programa que agrupa los productos del área metalmecánica con el algoritmo
%de k-medias
function [] = kmeans_g2(ncentro)
[Vol,Var]=dat_vect2; %llamada a los vectores de atributos de los productos
x=[Vol,Var];
%Inicio de variables
datos=x(:,1:2);
datos=[datos ones(size(datos,1),2)];
mataux=[min(datos(:,1))*ones(ncentro,1) min(datos(:,2))*ones(ncentro,1)];
centros=[rand(ncentro,1)*(max(datos(:,1))-min(datos(:,1))) rand(ncentro,1)*(max(datos(:,2))-min(datos(:,2))) ]+
mataux;
Mxcovza=cov(datos(:,1),datos(:,2));
umbral=0;
uno=[0 0 0 0];u=1;
dos=[0 0 0 0];d=1;
tres=[0 0 0 0];t=1;
cuatro=[0 0 0 0];cu=1;
cinco=[0 0 0 0];ci=1;
seis=[0 0 0 0];se=1;
siete=[0 0 0 0];si=1;
ocho=[0 0 0 0];o=1;
nueve=[0 0 0 0];n =1;
diez=[0 0 0 0];dz=1;
once=[0 0 0 0];on=1;
doce=[0 0 0 0];dc=1;
trece=[0 0 0 0];tc=1;
catorce=[0 0 0 0];ctc=1;
quince=[0 0 0 0];q=1;
figure
clf
loglog(datos(1:size(datos,1),1),datos(1:size(datos,1),2),'rd',centros(:,1),centros(:,2),'k*')
xlabel('Volumen Anual')
ylabel('Variedad')
title('Agrupación de productos con K-medias')
pause;
```

```

%Calcular el mínimo de la distancia a los centros
datos=similaridad(datos,centros,ncentro,Mxcovza);
%Ajustar los centros
[centros, centros1]=ajustar(datos,centros,ncentro);
datos=similaridad(datos,centros,ncentro,Mxcovza);
while abs(centros-centros1)>umbral
    [centros centros1]=ajustar(datos,centros,ncentro);
    clf;
    loglog(datos(1:size(datos,1),1),datos(1:size(datos,1),2),'rd',centros(:,1),centros(:,2),'k*')
    pause;
    datos=similaridad(datos,centros,ncentro,Mxcovza);
end
loglog(datos(1:size(datos,1),1),datos(1:size(datos,1),2),'rd',centros(:,1),centros(:,2),'k*')
xlabel('Volumen Anual')
ylabel('Variedad')
title('Agrupación de productos con K-medias')
for i=1:1:size(datos,1)
    if datos(i,4)==1
        uno(u,:)=datos(i,:);
        u=u+1;
    end
    if datos(i,4)==2
        dos(d,:)=datos(i,:);
        d=d+1;
    end
    if datos(i,4)==3
        tres(t,:)=datos(i,:);
        t=t+1;
    end
    if datos(i,4)==4
        cuatro(cu,:)=datos(i,:);
        cu=cu+1;
    end
    if datos(i,4)==5
        cinco(ci,:)=datos(i,:);
        ci=ci+1;
    end
    if datos(i,4)==6
        seis(se,:)=datos(i,:);
        se=se+1;
    end
    if datos(i,4)==7
        siete(si,:)=datos(i,:);
        si=si+1;
    end
end

```

```

if datos(i,4)==8
    ocho(o,:)=datos(i,:);
    o=o+1;
end
if datos(i,4)==9
    nueve(n,:)=datos(i,:);
    n=n+1;
end
if datos(i,4)==10
    diez(dz,:)=datos(i,:);
    dz=dz+1;
end
if datos(i,4)==11
    once(on,:)=datos(i,:);
    on=on+1;
end
if datos(i,4)==12
    doce(dc,:)=datos(i,:);
    dc=dc+1;
end
end
end
figure
loglog(centros(:,1),centros(:,2),'s',...
    'MarkerEdgeColor','k',...
    'MarkerFaceColor',[.49 1 .63],...
    'MarkerSize',8)
xlabel('Volumen Anual')
ylabel('Variedad')
title('Agrupación de productos con K-medias')

hold on
if any(uno)
    loglog(uno(:,1),uno(:,2),'g^')
end
if any(dos)
    loglog(dos(:,1),dos(:,2),'rp')
end
if any(tres)
    loglog(tres(:,1),tres(:,2),'bh')
end
if any(cuatro)
    loglog(cuatro(:,1),cuatro(:,2),'oy')
end
if any(cinco)
    loglog(cinco(:,1),cinco(:,2),'m^')
end

```

```

end
if any(seis)
    loglog(seis(:,1),seis(:,2),'cs')
end
if any(siete)
    loglog(siete(:,1),siete(:,2),'ko')
end
if any(ocho)
    loglog(ocho(:,1),ocho(:,2),'gx')
end
if any(nueve)
    loglog(nueve(:,1),nueve(:,2),'r^')
end
if any(diez)
    loglog(diez(:,1),diez(:,2),'o')
end
if any(once)
    loglog(once(:,1),once(:,2),'ys')
end
if any(doce)
    loglog(doce(:,1),doce(:,2),'mp')
end
loglog(centros(:,1),centros(:,2),'s',...
    'MarkerEdgeColor','k',...
    'MarkerFaceColor',[.49 1 .63],...
    'MarkerSize',8)

```

FUNCIÓN ‘ajustar’ UTILIZADA EN EL PROGRAMA kmeans_g2

```

function [centros, centros1]=ajustar(datos,centros,ncentro)
centros1=centros;
for k=1:1:ncentro
    contador=0;
    suma=[0 0];
    for i=1:1:size(datos,1)
        if datos(i,4)==k
            suma=suma+datos(i,1:2);
            contador=contador+1;
        end
    end
    if contador~=0
        centros(k,:)=suma/contador;
    else
        centros(k,:)=mean(datos(:,1:2))*diag(rand(2,1));
    end
end
end

```

FUNCIÓN ‘similaridad’ OCUPADA EN EL PROGRAMA kmeans_g2

```

function [datos]=similaridad(datos,centros,ncentro,Mxcovza)
for i=1:1:size(datos,1)
    datos(i,3)=distancia((datos(i,1:2)-centros(1,:)),1,Mxcovza);
end
for i=1:1:size(datos,1)
    for k=2:1:ncentro
        if distancia((datos(i,1:2)-centros(k,:)),1,Mxcovza)<datos(i,3)
            datos(i,3)=distancia((datos(i,1:2)-centros(k,:)),1,Mxcovza);
            datos(i,4)=k;
        end
    end
end
end

```

La función ‘dat_vect2’ no será presentada, puesto que contiene dos vectores verticales uno para el atributo de variedad de los 1872 productos que se están analizando y otro del volumen de producción anual.

PROGRAMA 'kmeans_subc'

Programa que realiza subgrupos en las agrupaciones ya hechas por el programa kmeans_g2

```

% programa de algoritmo k-medias con subcentros
clear all
format long g
% llamando a función k-means
ncentros=input('\n\n Numero de centros : ');
% primera grafica
[datos,centros,centros1,uno,dos,tres,cuatro,cinco,seis,siete,ocho,nueve,diez] = kmeans_g2(ncentros);
% subcentros
hold on
if any(uno)
    n1=input('\n\n Numero de subcentros para el grupo1 : ');
    [a,b]=size(uno);
    if n1>a
        n1=a;
    end
    [d1,centros_1,centros1_1,uno1,dos1,tres1,cuatro1,cinco1,seis1,siete1,ocho1,nueve1,diez1] = kmeans_g1(uno,n1);
end
if any(dos)
    n2=input('\n\n Numero de subcentros para el grupo2 : ');
    [a,b]=size(dos);
    if n2>a
        n2=a;
    end
    [d2,centros_2,centros1_2,uno2,dos2,tres2,cuatro2,cinco2,seis2,siete2,ocho2,nueve2,diez2] = kmeans_g1(dos,n2);
end
if any(tres)
    n3=input('\n\n Número de subcentros para el grupo3 : ');
    [a,b]=size(tres);
    if n3>a
        n3=a;
    end
    [d3,centros_3,centros1_3,uno3,dos3,tres3,cuatro3,cinco3,seis3,siete3,ocho3,nueve3,diez3] = kmeans_g1(tres,n3);
end
if any(cuatro)
    n4=input('\n\n Número de subcentros para el grupo4 : ');
    [a,b]=size(cuatro);
    if n4>a
        n4=a;
    end
    [d4,centros_4,centros1_4,uno4,dos4,tres4,cuatro4,cinco4,seis4,siete4,ocho4,nueve4,diez4] =
kmeans_g1(cuatro,n4);

```

```

end
if any(cinco)
    n5=input('\n\n Número de subcentros para el grupo5 : ');
    [a,b]=size(cinco);
    if n5>a
        n5=a;
    end
    [d5,centros_5,centros1_5,uno5,dos5,tres5,cuatro5,cinco5,seis5,siete5,ocho5,nueve5,diez5] =
kmeans_g1(cinco,n5);
end
if any(seis)
    n6=input('\n\n Número de subcentros para el grupo6 : ');
    [a,b]=size(seis);
    if n6>a
        n6=a;
    end
    [d6,centros_6,centros1_6,uno6,dos6,tres6,cuatro6,cinco6,seis6,siete6,ocho6,nueve6,diez6] = kmeans_g1(seis,n6);
end
if any(siete)
    n7=input('\n\n Número de subcentros para el grupo7 : ');
    [a,b]=size(siete);
    if n7>a
        n7=a;
    end
    [d7,centros_7,centros1_7,uno7,dos7,tres7,cuatro7,cinco7,seis7,siete7,ocho7,nueve7,diez7] = kmeans_g1(siete,n7);
end
if any(ocho)
    n8=input('\n\n Número de subcentros para el grupo8 : ');
    [a,b]=size(ocho);
    if n8>a
        n8=a;
    end
    [d3,centros_3,centros1_3,uno3,dos3,tres3,cuatro3,cinco3,seis3,siete3,ocho3,nueve3,diez3] = kmeans_g1(ocho,n8);
end
if any(nueve)
    n9=input('\n\n Numero de subcentros para el grupo9 : ');
    [a,b]=size(nueve);
    if n9>a
        n9=a;
    end
    [d9,centros_9,centros1_9,uno9,dos9,tres9,cuatro9,cinco9,seis9,siete9,ocho9,nueve9,diez9] =
kmeans_g1(nueve,n9);
end
if any(diez)
    n10=input('\n\n Número de subcentros para el grupo10 : ');

```

```

[a,b]=size(diez);
if n10>a
    n10=a;
end
[d10,centros_10,centros1_10,uno10,dos10,tres10,cuatro10,cinco10,seis10,siete10,ocho10,nueve10,diez10] =
kmeans_g1(diez,n10);
end

```

FUNCIÓN ‘kmeans_g1’ OCUPADA EN EL PROGRAMA kmeans_subc

```

function [datos,centros,centros1,uno,dos,tres,cuatro,cinco,seis,siete,ocho,nueve,diez] = kmeans_g1(x,ncentro)
%Inicio de variables
datos=x(:,1:2);
datos=[datos ones(size(datos,1),2)];
mataux=[min(datos(:,1))*ones(ncentro,1) min(datos(:,2))*ones(ncentro,1)];
centros=[rand(ncentro,1)*(max(datos(:,1))-min(datos(:,1)))    rand(ncentro,1)*(max(datos(:,2))-min(datos(:,2)))    ]+
mataux;
Mxcovza=cov(datos(:,1),datos(:,2));
umbral=0;
uno=[0 0 0 0];u=1;
dos=[0 0 0 0];d=1;
tres=[0 0 0 0];t=1;
cuatro=[0 0 0 0];cu=1;
cinco=[0 0 0 0];ci=1;
seis=[0 0 0 0];se=1;
siete=[0 0 0 0];si=1;
ocho=[0 0 0 0];o=1;
nueve=[0 0 0 0];n =1;
diez=[0 0 0 0];dz=1;
once=[0 0 0 0];on=1;
doce=[0 0 0 0];dc=1;
trece=[0 0 0 0];tc=1;
catorce=[0 0 0 0];ctc=1;
quince=[0 0 0 0];q=1;
%Calcula el mínimo de la distancia a los centros
datos=similaridad(datos,centros,ncentro,Mxcovza);
%Ajustar los centros
[centros, centros1]=ajustar(datos,centros,ncentro);
datos=similaridad(datos,centros,ncentro,Mxcovza);
while abs(centros-centros1)>umbral
    [centros centros1]=ajustar(datos,centros,ncentro);
    datos=similaridad(datos,centros,ncentro,Mxcovza);
end

```



```
for i=1:1:size(datos,1)
    if datos(i,4)==1
        uno(u,:)=datos(i,:);
        u=u+1;
    end
    if datos(i,4)==2
        dos(d,:)=datos(i,:);
        d=d+1;
    end
    if datos(i,4)==3
        tres(t,:)=datos(i,:);
        t=t+1;
    end
    if datos(i,4)==4
        cuatro(cu,:)=datos(i,:);
        cu=cu+1;
    end
    if datos(i,4)==5
        cinco(ci,:)=datos(i,:);
        ci=ci+1;
    end
    if datos(i,4)==6
        seis(se,:)=datos(i,:);
        se=se+1;
    end
    if datos(i,4)==7
        siete(si,:)=datos(i,:);
        si=si+1;
    end
    if datos(i,4)==8
        ocho(o,:)=datos(i,:);
        o=o+1;
    end
    if datos(i,4)==9
        nueve(n,:)=datos(i,:);
        n=n+1;
    end
    if datos(i,4)==10
        diez(dz,:)=datos(i,:);
        dz=dz+1;
    end
    if datos(i,4)==11
        once(on,:)=datos(i,:);
        on=on+1;
    end
end
```

```

if datos(i,4)==12
    doce(dc,:)=datos(i,:);
    dc=dc+1;
end
end
loglog(centros(:,1),centros(:,2),'o',...
    'MarkerEdgeColor','b',...
    'MarkerFaceColor',[.49 1 .2],...
    'MarkerSize',6)
hold on
if any(uno)
    loglog(uno(:,1),uno(:,2),'s',...
        'MarkerEdgeColor',[rand rand rand])
end
if any(dos)
    loglog(dos(:,1),dos(:,2),'d',...
        'MarkerEdgeColor',[rand rand rand])
end
if any(tres)
    loglog(tres(:,1),tres(:,2),'h',...
        'MarkerEdgeColor',[rand rand rand])
end
if any(cuatro)
    loglog(cuatro(:,1),cuatro(:,2),'d',...
        'MarkerEdgeColor',[rand rand rand])
end
if any(cinco)
    loglog(cinco(:,1),cinco(:,2),'p',...
        'MarkerEdgeColor',[rand rand rand])
end
if any(seis)
    loglog(seis(:,1),seis(:,2),'s',...
        'MarkerEdgeColor',[rand rand rand])
end
if any(siete)
    loglog(siete(:,1),siete(:,2),'o',...
        'MarkerEdgeColor',[rand rand rand])
end
if any(ocho)
    loglog(ocho(:,1),ocho(:,2),'<',...
        'MarkerEdgeColor',[rand rand rand])
end
if any(nueve)
    loglog(nueve(:,1),nueve(:,2),'p',...
        'MarkerEdgeColor',[rand rand rand])

```

```
end
if any(diez)
    loglog(diez(:,1),diez(:,2),'d',...
           'MarkerEdgeColor',[rand rand rand])
end
loglog(centros(:,1),centros(:,2),'o',...
       'MarkerEdgeColor','b',...
       'MarkerFaceColor',[1 .1 .32],...
       'MarkerSize',6)
```

PROGRAMA 'nomb_product'

Programa que muestra los nombres de cada uno de los productos en la gráfica con un click derecho del mouse.

```

%Programa que muestra los nombres de los productos
clear all
format long g;
[Vol,Var]=dat_vect2; %llamando datos de volumen de producción y variedad
DN=vet_nombres; %llamando nombres de los productos
%todos los datos en escala logarítmica
figure
loglog(Var,Vol,'ow'); %grafica todos los datos
xlabel('VARIEDAD')
ylabel('VOLUMEN ANUAL')
title('Gráfica Logarítmica ')
grid on
hold on
for n=1:1:1872
    %Lineas de transferencia
    if Vol(n)>4000000
        if Var(n)<5
            nombre = uicontextmenu;
            hline = plot(Var(n),Vol(n),'ro', 'UIContextMenu', nombre);
            item1 = uimenu(nombre, 'Label', DN(n,:));
        end
    end
    %líneas de flujo por lotes
    if Vol(n)>870000 & Vol(n)<87600000
        if Var(n) < 3 & Vol(n) < 7000000
            nombre = uicontextmenu;
            hline = plot(Var(n),Vol(n),'yo', 'UIContextMenu', nombre);
            item1 = uimenu(nombre, 'Label', DN(n,:));
        end
        if Var(n)>=3 & Var(n)<=15
            nombre = uicontextmenu;
            hline = plot(Var(n),Vol(n),'yd', 'UIContextMenu', nombre);
            item1 = uimenu(nombre, 'Label', DN(n,:));
        end
    end
end
%Sistemas Flexibles de Manufactura
if Vol(n)>77000 & Vol(n)<14000000
    if Var(n)>=4 & Var(n)<=100
        nombre = uicontextmenu;
        hline = plot(Var(n),Vol(n),'g*', 'UIContextMenu', nombre);
    end
end

```

```

        item1 = uimenu(nombre, 'Label', DN(n,:));
    end
end
%Células de manufactura
if Vol(n)>50000 & Vol(n)<2000000
    if Var(n)>=40 & Var(n)<=500
        nombre = uicontextmenu;
        hline = plot(Var(n),Vol(n),'mp', 'UIContextMenu', nombre);
        item1 = uimenu(nombre, 'Label', DN(n,:));
    end
end
%Máquinas Herramientas de Control Numérico
if Vol(n)>=6000
    if Var(n)>=8 & Var(n)<=1500 & Vol(n)<100000
        nombre = uicontextmenu;
        hline = plot(Var(n),Vol(n),'ko', 'UIContextMenu', nombre);
        item1 = uimenu(nombre, 'Label', DN(n,:));
    end
    if Var(n)<8 & Var(n)>4 & Vol(n)>=8500 & Vol(n)<150000
        nombre = uicontextmenu;
        hline = plot(Var(n),Vol(n),'kp', 'UIContextMenu', nombre);
        item1 = uimenu(nombre, 'Label', DN(n,:));
    end
    if Var(n)==4 & Vol(n)>=40000 & Vol(n)<650000
        nombre = uicontextmenu;
        hline = plot(Var(n),Vol(n),'kp', 'UIContextMenu', nombre);
        item1 = uimenu(nombre, 'Label', DN(n,:));
    end
    if Var(n)==3 & Vol(n)>=55000 & Vol(n)<750000
        nombre = uicontextmenu;
        hline = plot(Var(n),Vol(n),'kp', 'UIContextMenu', nombre);
        item1 = uimenu(nombre, 'Label', DN(n,:));
    end
    if Var(n)<3 & Vol(n)>=120000 & Vol(n)<900000
        nombre = uicontextmenu;
        hline = plot(Var(n),Vol(n),'kp', 'UIContextMenu', nombre);
        item1 = uimenu(nombre, 'Label', DN(n,:));
    end
end
end
%Manual
if Vol(n)<6000 & Var(n)>=8 & Var(n)<=10000
    nombre = uicontextmenu;
    hline = plot(Var(n),Vol(n),'c*', 'UIContextMenu', nombre);
    item1 = uimenu(nombre, 'Label', DN(n,:));
end
end

```

```

if Var(n)==7 & Vol(n)<9000
    nombre = uicontextmenu;
    hline = plot(Var(n),Vol(n),'c^', 'UIContextMenu', nombre);
    item1 = uimenu(nombre, 'Label', DN(n,:));
end
if Var(n)==6 & Vol(n)<15000
    nombre = uicontextmenu;
    hline = plot(Var(n),Vol(n),'c^', 'UIContextMenu', nombre);
    item1 = uimenu(nombre, 'Label', DN(n,:));
end
if Var(n)==5 & Vol(n)<30000
    nombre = uicontextmenu;
    hline = plot(Var(n),Vol(n),'c^', 'UIContextMenu', nombre);
    item1 = uimenu(nombre, 'Label', DN(n,:));
end
if Var(n)==4 & Vol(n)<60000
    nombre = uicontextmenu;
    hline = plot(Var(n),Vol(n),'c^', 'UIContextMenu', nombre);
    item1 = uimenu(nombre, 'Label', DN(n,:));
end
if Var(n)==3 & Vol(n)<150000
    nombre = uicontextmenu;
    hline = plot(Var(n),Vol(n),'c^', 'UIContextMenu', nombre);
    item1 = uimenu(nombre, 'Label', DN(n,:));
end
if Var(n)==2 & Vol(n)<400000
    nombre = uicontextmenu;
    hline = plot(Var(n),Vol(n),'c^', 'UIContextMenu', nombre);
    item1 = uimenu(nombre, 'Label', DN(n,:));
end
if Var(n)<2 & Vol(n)<750000
    nombre = uicontextmenu;
    hline = plot(Var(n),Vol(n),'c^', 'UIContextMenu', nombre);
    item1 = uimenu(nombre, 'Label', DN(n,:));
end
end
end

```

La función ‘vet_nombres’ no será presentado ya que contiene un vector vertical con los nombres de cada uno de los 1872 productos de la rama metalmecánica.

PROGRAMA 'u_g_e4'

Programa que realiza una selección de sistema automatizado de manufactura según los criterios de: atributos de los productos, punto de equilibrio y valor presente neto

```
%Programa de selección de SAM con atributos del producto y aspectos económicos
clear all
format long g;
[Vol,Var]=dat_vect2; %llamando datos de volumen de producción y variedad
cont=0;
tip_manuf=[0];
g=1;
%graficando áreas
figure
loglog(Var,Vol,'wo')
hold on
% área LT
equis =[1,4,4,2,1,1];
ye = [5612896,5612896,4.6575e9,7.3167e8,5.7231e7,4271600];
fill(equis,ye,[1,.9,.3])
%área LFL
equis =[1,2,3,4,15,15,1,1];
ye = [5612896,5612896,3.7966e7,6.613e7,10e7,870000,870000,5612896];
fill(equis,ye,[1,.8,.5])
%área SFM
equis =[4,20,33,60,100,100,4,4];
ye = [9255000,1.281e7,3.638598e7,3.4346e7,1.1059e7,77000,77000,9255000];
fill(equis,ye,[.9,1,0])
%área CM
equis =[40,133,500,500,200,40,40];
ye = [1697159,1786333,5355500,245020,62680,56579,1697159];
fill(equis,ye,[.8,.8,0])
%área MHCN
equis =[8,80,200,500,1150,900,70,15,8,8];
ye = [117311,84000,86960,53500,26000,3400,1600,2112,2603,117311];
fill(equis,ye,[1,1,.2])
%área semiautomatico
equis =[1,4,4,8,8,100,400,650,3500,3500,350,150,40,1,1];
ye = [870000,870000,77000,77000,2603,1650,946,755,755,400,78,19,1,1,870000];
fill(equis,ye,[.55,1,1])
xlabel('Variedad')
ylabel('Volumen anual')
title('ÁREAS DE LOS SISTEMAS DE MANUFACTURA')
% se muestra cada una de las áreas que abarca los diferentes sistemas de manufactura, a continuación se preguntará
% las características del producto e información económica.
```

```

variedad=input('\n\n Variedad de productos a realizar: ');
volumen=input('\n\n Volumen de producción anual: ');
plot(variedad, volumen,'p','LineWidth',2,...
      'MarkerEdgeColor','k',...
      'MarkerFaceColor','r',...
      'MarkerSize',10)
% una vez graficada se tiene que definir en que sistema se encuentra
% Líneas de transferencia
if volumen>4000000
    if variedad<5
        fprintf('\n Este producto puede ser manufacturado en Líneas de transferencia ')
        cont=cont+1;
        tip_manuf(g)=1;
        g=g+1;
    end
end
% líneas de flujo por lotes
if volumen>870000 & volumen<87600000
    if variedad < 3 & volumen < 7000000
        if cont>0
            fprintf('también,')
        end
        fprintf('\n Este producto puede ser manufacturado en Líneas de Flujo por Lotes ')
        cont=cont+1;
        tip_manuf(g)=2;
        g=g+1;
    end
    if variedad>=3 & variedad<=15
        if cont>0
            fprintf('también,')
        end
        fprintf('\n Este producto puede ser manufacturado en Líneas de Flujo por Lotes en paralelo ')
        cont=cont+1;
        tip_manuf(g)=2;
        g=g+1;
    end
end
end
% Sistemas Flexibles de Manufactura
if volumen>77000 & volumen<14000000
    if variedad>=4 & variedad<=100
        if cont>0
            fprintf('también,')
        end
        fprintf('\n Este producto puede ser manufacturado en Sistemas Flexibles de Manufactura ')
    end
end

```



```

    cont=cont+1;
    tip_manuf(g)=3;
    g=g+1;
end
end
%Células de manufactura
if volumen>50000 & volumen<2000000
    if variedad>=40 & variedad<=500
        if cont>0
            fprintf('también,')
        end
        fprintf('\n Este producto puede ser manufacturado en Células de Manufactura ')
        cont=cont+1;
        tip_manuf(g)=4;
        g=g+1;
    end
end
% Máquinas Herramientas de Control Numérico
if volumen>=6000
    if variedad>=8 & variedad<=1500 & volumen<120000
        if cont>0
            fprintf('también,')
        end
        fprintf('\n Este producto puede ser manufacturado en Máquinas Herramientas de Control Numérico
Computarizado ')
        cont=cont+1;
        tip_manuf(g)=5;
        g=g+1;
    end
end
% Mixto , manual semiautomático máquinas herramientas simples etc.
if variedad<8 & variedad>4 & volumen>=1 & volumen<150000
    if cont>0
        fprintf('también,')
    end
    fprintf('\n Este producto puede ser manufacturado en Taller de mecanizado, Manual o semiautomático ')
    cont=cont+1;
    tip_manuf(g)=6;
    g=g+1;
end
if variedad==4 & volumen>=1 & volumen<650000
    if cont>0
        fprintf('también,')
    end
    fprintf('\n Este producto puede ser manufacturado en Taller de mecanizado, Manual o semiautomático ')

```

```

    cont=cont+1;
    tip_manuf(g)=6;
    g=g+1;
end
if variedad==3 & volumen>=1 & volumen<750000
    if cont>0
        fprintf('también,')
    end
    fprintf('\n Este producto puede ser manufacturado en Taller de mecanizado, Manual o semiautomático ')
    cont=cont+1;
    tip_manuf(g)=6;
    g=g+1;
end
if variedad<3 & volumen>=1 & volumen<900000
    if cont>0
        fprintf('también,')
    end
    fprintf('\n Este producto puede ser manufacturado en Taller de mecanizado, Manual o semiautomático ')
    cont=cont+1;
    tip_manuf(g)=6;
    g=g+1;
end
if volumen<6000 & variedad>=8 & variedad<=10000
    if cont>0
        fprintf('también,')
    end
    fprintf('\n Este producto puede ser manufacturado en Taller de mecanizado, Manual o semiautomático ')
    cont=cont+1;
    tip_manuf(g)=6;
    g=g+1;
end
%una vez definido por la manera gráfica se realizan preguntas para la
%cuestión económica.
fprintf('\n\n Se cuenta con %d sistema(s) propuesto(s) para este tipo de producto',cont)
fprintf('\n\n ¿Actualmente se esta ocupando un sistema en particular y desea compararlo con el(los) sistema(s)
propuesto(s)?')
fprintf('\n\t 1. SI')
fprintf('\n\t 2. NO, solo comparar los sistemas propuestos')
opcion=input('\n Opción: ');
if opcion==1
    %preguntas para mano de obra o labor
    fprintf('\n\n Las siguientes preguntas son para el sistema actual ')
    fprintf('\n Datos para obtener el costo de la mano de obra mensual:')
    fprintf('\n\n Supervisores')
    N_s(1)=input('\n Cantidad: ');

```

```

S_s=input(' Salario: ');
fprintf('\n\n Ingenieros:')
N_i(1)=input('\n Cantidad: ') ;
S_i=input(' Salario: ');
fprintf('\n\n Técnicos:')
N_t(1)=input('\n Cantidad: ') ;
S_t=input(' Salario: ');
fprintf('\n\n Operarios de servicio auxiliares, no calificados:')
N_osa(1)=input('\n Cantidad: ') ;
S_osa=input(' Salario: ');
CP= input('\n Cantidad de piezas fabricadas en un mes ');
P_sa=CP;
end
if opcion==2
    fprintf('\n\n Las siguientes preguntas son para el(los) sistema(s) propuestos y los datos deben ser estimados ')
    fprintf('\n Datos para obtener el costo de la mano de obra mensual:')
    fprintf('\n\n Supervisores:')
    S_s=input('\n Salario: ');
    fprintf('\n\n Ingenieros:')
    S_i=input('\n Salario: ');
    fprintf('\n\n Técnicos:')
    S_t=input('\n Salario: ');
    fprintf('\n\n Operarios de servicio auxiliares, no calificados:')
    S_osa=input('\n Salario: ');
    fprintf('\n\n A continuación se realizarán preguntas para cada uno de los sistemas propuestos')
end
if opcion==1
    cont=cont+1;
end
%costos iguales para cada uno de los sistemas
Vmp= input('\n\n Costo de la materia prima de un mes: ');
Vacc=input('\n Costo de los accesorios que se ocupan al mes : ');
V_su= input('\n Costo de los suministros al mes: ');
CD_edif= input('\n Costo de la depreciación del edificio anual: ');
h=1; %contador para los diferentes sistemas en costos
Precio=input('\n Precio al consumidor por producto: ');
cont2=cont;
%adquisición de datos para cada uno de los sistemas
while cont2>0
    if opcion==2 | cont2<cont
        CP= volumen /12; %asignación del volumen de producción anual según la información dada
        switch tip_manuf(cont2)
            case 1
                disp(' Por favor introduzca los datos para el sistema Líneas de Transferencia');
                inversion(h)=input('\n ¿Qué inversión en pesos haría usted si instalara este sistema? ');

```

```

Num_maquinas(h)=input('\n ¿Cuántas líneas de transferencia serían? ');
Num_estaciones(h)=input('\n ¿Cuántas estaciones tendría cada una de estas líneas? ');
N_s(h) = Num_maquinas(h)/3;
N_i(h) = (0.14)*(Num_estaciones(h))*(Num_maquinas(h));
N_t(h) = (0.12)*(Num_estaciones(h))*(Num_maquinas(h));
N_osa(h)=(0.1)*(Num_estaciones(h))*(Num_maquinas(h));
case 2
disp(' Por favor introduzca los datos para el sistema Líneas de Flujo por Lotes');
inversion(h)=input('\n ¿Qué inversión en pesos haría usted si instalara este sistema? ');
Num_maquinas(h)=input('\n ¿Cuántas líneas de Flujo por Lote serían? ');
Num_estaciones(h)=input('\n ¿Cuántas estaciones tendría cada una de estas líneas? ');
N_s(h) = Num_maquinas(h)/2;
N_i(h) = (0.15)*(Num_estaciones(h))*(Num_maquinas(h));
N_t(h) = (0.3)*(Num_estaciones(h))*(Num_maquinas(h));
N_osa(h) =(0.2)*(Num_estaciones(h))*(Num_maquinas(h));
case 3
disp(' Por favor introduzca los datos para el Sistemas Flexibles de Manufactura');
inversion(h)=input('\n ¿Qué inversión en pesos haría usted si instalara este sistema? ');
Num_estaciones(h)=input('\n ¿Cuántas estaciones tendría el sistema Flexible? ');
N_s(h) = Num_estaciones(h)/8;
N_i(h) = (0.2)*(Num_estaciones(h));
N_t(h) = (0.3)*(Num_estaciones(h));
N_osa(h) =(0.2)*(Num_estaciones(h));
case 4
disp(' Por favor introduzca los datos para el sistema Células de Manufactura');
inversion(h)=input('\n ¿Qué inversión en pesos haría usted si instalara este sistema? ');
Num_maquinas(h)=input('\n ¿Cuántas Células serían? ');
Num_estaciones(h)=input('\n ¿Cuántas estaciones tendría cada una de estas células? ');
N_s(h) = Num_maquinas(h)/4;
N_i(h) = (0.2)*(Num_estaciones(h))*(Num_maquinas(h));
N_t(h) = (0.5)*(Num_estaciones(h))*(Num_maquinas(h));
N_osa(h)=(0.4)*(Num_estaciones(h))*(Num_maquinas(h));
case 5
disp(' Por favor introduzca los datos para el sistema Máquinas Herramientas de Control Numérico');
inversion(h)=input('\n ¿Qué inversión en pesos haría usted si instalara este sistema? ');
Num_maquinas(h)=input('\n ¿Cuántas Máquinas serían? ');
N_s(h) = Num_maquinas(h)*(.2);
N_i(h) = (0.2)*(Num_maquinas(h));
N_t(h) = (0.8)*(Num_maquinas(h));
N_osa(h)=(0.3)*(Num_maquinas(h));
end
end
%preguntas materia prima
V_lu(h)= input('\n Costo de lubricantes al mes: ');
V_om(h)= input('\n Costo de otros materiales al mes: ');

```

```

% Depeciaciones
CD_maquinaria(h)= input('\n\n Costo de la depreciación de la maquinaria anual: ');
CD equip(h)= input('\n Costo de la depreciación del equipo anual: ');
CD_inst(h)= input('\n Costo de la depreciación de instalaciones anual: ');
% otros costos
O_almacenaje(h)=input('\n\n Costo del almacenaje al mes: ');
O_impuesto(h)=input('\n Costo del impuesto a pagar en un mes: ');
O_of(h)= input('\n Otros costos fijos al mes: ');
O_ov(h)=input('\n Otros costos Variables por producto: ');
% cálculo de mano de obra
MO(h)= (N_s(h)*S_s)+(N_osa(h)*S_osa)+(N_t(h)*S_t)+(N_i(h)*S_i);
% materia prima
MP(h) =Vmp+Vacc+V_su+V_lu(h)+V_om(h);
MP_p_m(h)=MP(h)/CP;
%depreciaciones
D(h)=(CD_maquinaria(h)+CD_equip(h)+CD_inst(h)+CD_edif)/12;
% otros
O(h)=O_almacenaje(h)+O_impuesto(h);
%% %% %% grafica del punto de equilibrio
x=(1:CP);
recta1=MO(h)+MP_p_m(h)*x+O(h)+O_ov(h)*x+O_of(h)+D(h);
recta2=Precio*x;
m1(h)=-((MO(h)+MP_p_m(h)+O(h)+O_ov(h)+O_of(h)+D(h))-
(MO(h)+MP_p_m(h)*2+O(h)+O_ov(h)*2+O_of(h)+D(h)));
m2(h)=-((Precio-2*Precio);
figure
hold on
grid on
plot(x,recta1,'g')
plot(x,recta2,'r')
xlabel('Cantidad de Productos')
ylabel('Pesos $')
title('PUNTO DE EQUILIBRIO')
%% %
ECUS=[m2(h),-1,m2(h)-Precio;m1(h),-1,MO(h)+MP_p_m(h)+O(h)+O_ov(h)+O_of(h)+D(h)];
resultado=rref(ECUS);
cant_cost(h,:)=[-resultado(1,3),-resultado(2,3)];
fprintf('\n\n El punto de equilibrio para este sistema se encuentra en X (cantidad de productos)= %4.1f e Y ($) =
%6.1f,-resultado(1,3),-resultado(2,3))
fprintf('\n Lo que significa que hasta que se vendan %4.1f artículos habrá recuperado sus gastos realizados en el
mes',-resultado(1,3))
fprintf('\n Los costos de manufactura para este caso son de %6.1f \n\n',-resultado(2,3))
% cálculo del área de utilidades en el punto de equilibrio para definir cual es la mejor opción
syms v w

```

```

%ganancia
ll(h)=int(1,w,MO(h)+MP_p_m(h)*v+O(h)+O_ov(h)*v+O_of(h)+D(h),Precio*v);
ll2(h)=int(ll(h),v,-resultado(1,3),CP);
util_gana(h)=double(ll2(h));
h=h+1;
cont2=cont2-1;
end
[j,k]=max(util_gana);
if opcion==1
    k=k-1;
end
fprintf('\n\n El sistema con mayor ganancia según el Punto de Equilibrio es:')
switch tip_manuf(k)
    case 1
        fprintf('\n Línea de Transferencia ');
    case 2
        fprintf('\n Línea de Flujo por Lote ');
    case 3
        fprintf('\n Sistemas Flexibles de Manufactura ');
    case 4
        fprintf('\n Células de Manufactura')
    case 5
        fprintf('\n Máquinas Herramientas de Control Numérico ')
    case 6
        fprintf('\n Taller de Mecanizado')
    otherwise
        fprintf('\n Sistema Actual')
end
fprintf('\n Por lo que usted tendrá: ')
if opcion==1
    k=k+1;
end
comparacion=util_gana(k)./util_gana;
for h= [1:k-1 k+1:cont]
    fprintf('\n %3.1f veces más ganancia que el sistema: ',comparacion(h))
    m=h;
    if opcion==1
        m=h-1;
        if m==0
            tip_manuf(cont)=7;
            m=cont;
        end
    end
end
switch tip_manuf(m)
    case 1

```

```

    fprintf(' Línea de Transferencia \n');
case 2
    fprintf(' Línea de Flujo por Lote \n ');
case 3
    fprintf(' Sistemas Flexibles de Manufactura \n');
case 4
    fprintf(' Celulas de Manufactura \n')
case 5
    fprintf(' Máquinas Herramientas de Control Numerico \n')
case 6
    fprintf(' Taller de Mecanizado \n')
otherwise
    fprintf(' Actual \n')
end
m=h;
if h>0 & h<cont-1
    fprintf(' Y ')
end
end
% Valor presente neto
fprintf('\n Ahora se evaluará la mejor inversión con el criterio del Valor Presente Neto')
TMAR=input('\n A que tasa de inflación en porcentaje se desea calcular [%]');
n=input('\n En cuantos años se desea recuperar la inversión ');
%cálculo de ganancias en un año según los datos obtenidos del cliente,
%se tomara la misma ganancia para los años consecutivos.
[nn,m]=size(MO);
if opcion==1
    pf(1)=P_sa;
    pf(2:m)=CP;
end
if opcion==2
    pf(1:m)=CP;
end
for cg3=1:m
    ganancia_mensual(cg3)=Precio*pf(cg3)-
(MO(cg3)+MP_p_m(cg3)*pf(cg3)+O(cg3)+O_ov(cg3)*pf(cg3)+O_of(cg3)+D(cg3));
end
ganancia=ganancia_mensual*12;
FNE=0;
for b=1:n
    FNE=FNE+(ganancia/(1+TMAR/100)^b);
end
VPN= -inversion +FNE;
m_vpn=max(VPN);
cg2=ones(1,cont);

```

```

FNE2=zeros(1,cont);
VPN2=-inversion;
%cálculo del tiempo de recuperación
for lj=1:cont
    if ganancia(lj)>0
        while VPN2(lj)<0
            FNE2(lj)=FNE2(lj)+(ganancia(lj)/(1+TMAR/100)^cg2(lj));
            VPN2(lj)=-inversion(lj)+FNE2(lj);
            cg2(lj)=cg2(lj)+1;
        end
    end
    if ganancia(lj)<=0
        VPN2(lj)=-inversion(lj);
    end
end
for cg1=1:1:cont
    m=cg1;
    if opcion==1
        m=cg1-1;
        if m==0
            tip_manuf(cont)=7;
            m=cont;
        end
    end
    fprintf('\n\n Para el sistema ')
    switch tip_manuf(m)
        case 1
            fprintf(' Línea de Transferencia \n');
        case 2
            fprintf(' Línea de Flujo por Lote \n ');
        case 3
            fprintf(' Sistemas Flexibles de Manufactura \n');
        case 4
            fprintf(' Células de Manufactura \n')
        case 5
            fprintf(' Máquinas Herramientas de Control Numérico \n')
        case 6
            fprintf(' Taller de Mecanizado\n')
        otherwise
            fprintf(' Actual \n')
    end
    m=cg1;
    if opcion==2 | inversion(cg1)>0
        if VPN(cg1)<0
            fprintf(' NO es conveniente aceptar esta opción ya que no recuperará la inversión en el tiempo deseado \n')

```



```

    fprintf(' Recupera la inversión en %d años, con una ganancia de %6.1f pesos', cg2(cg1)-1,VPN2(cg1))
end
if VPN(cg1)==0
    fprintf(' SI es conveniente aceptar esta opción ya que recuperara la inversión justo en el tiempo deseado \n')
    if VPN(cg1)==max(VPN)
        fprintf(' Y es la mejor opción teniendo una ganancia de %4.1f para el tiempo estimado\n',m_vpn)
    end
    fprintf(' Recupera la inversión en %d años, con una ganancia de %6.1f pesos', cg2(cg1)-1,VPN2(cg1))
end
if VPN(cg1)>0
    fprintf(' SI es conveniente aceptar esta opción ya que recuperará la inversión en el tiempo deseado y hasta
un poco más \n')
    if VPN(cg1)==max(VPN)
        fprintf(' Y es la mejor opción teniendo una ganancia %6.1f el tiempo estimado\n',m_vpn)
    end
    fprintf(' Recupera la inversión en %d años, con una ganancia de %6.1f pesos', cg2(cg1)-1,VPN2(cg1))
end
end
if inversion(cg1)==0 | inversion(cg1)<0
    fprintf(' No se realizo la evaluación porque no se realizo ninguna inversión')
end
end
fprintf('\n\n Es importante mencionar que para la instalación de cualquier sistema de fabricación\n se tiene que
capacitar al personal que será asignado a las nuevas máquinas\n y la capacitación para buen aprovechamiento del
sistema será aproximadamente de 6 meses ')

```