ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

# "Aplicación de un Proceso de Mejora Continua en un Taller Mecánico Utilizando la Técnica de Manufactura Celular"

Roberto Javier Jaramillo Caliz *
Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción Industrial. (FIMCP)
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador
rjaramil@espol.edu.ec

Ing. Víctor Guadalupe Echeverría*
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
vguadalu@espol.edu.ec

## Resumen

*El estudio se realizó en un Taller Mecánico que pertenece a una institución educativa de nivel medio, donde se brinda servicio de construcción de piezas mecánicas al sector industrial, además se realizan prácticas académicas. En el Taller se observa desorden y desperdicios, para determinarlos se analiza la situación actual del Taller mediante diagrama recorrido, tiempos estándares, balance carga trabajo y otros, en consecuencia del estudio se encontró algunos desperdicios entre ellos los más significativos fueron: tiempos transportación, tiempos operaciones para transformar el producto, asimismo se observó descontento entre operadores por la carga de trabajo. Para minimizar o eliminar estos desperdicios se implementó la metodología Manufactura Celular la misma que es una herramienta de producción esbelta; con la implantación se redujo los tiempos transportación, se determino tiempos estándares de operaciones y se realizo un estudio de balance carga trabajo para distribuir equitativamente trabajos entre operadores, como parte de la implantación se establece dos indicadores para medir el avance del proceso como son: productividad y eficiencia, indicadores que después de implantación obtuvieron incremento del 100% y 3,27% respectivamente, este último valor no preocupa a los directores del Taller porque los equipos de mecanización se utilizan en otras actividades de mecanización.*

**Palabras Claves:** Manufactura Celular, Productividad, Eficiencia, Desperdicio.

## Abstract

*The study work was carried out in a Mechanical Shop that belongs to an educational institution of half level, where you offers service of construction mechanical pieces to the industrial sector, they are also carried out practical academic. In the Shop it is observed disorder and waste, to determine them the current situation of the Shop it is analyzed by means of traveled diagram, standard times, balance loads work and other, in consequence of the study it was some waste among them those of more percentage they were: times transportation, times operations to transform the product, dissatisfaction was also observed among operators by the work load. To minimize or to eliminate these waste you implements the methodology it Manufactures Cellular the same one is a tool of lean production; with the installation it will eliminate or to reduce the times transportation, you also determines standard times of operations and a study of balance loads work to distribute works equally among operators, like part of the installation settles down two indicators to measure the advance of the process like they are: productivity and efficiency, indicators that obtained increment of 100% and 3,27% respectively after installation, this last value doesn't worry the directors of the Shop because the mechanization mechanics are used in other productions.*

**Keywords:** Manufactures Cellular, Productivity, Efficiency, Waste.

## 1. Introducción

Las pequeñas y medianas industrias ecuatorianas en general, así como las de América Latina, se encuentran ante un nuevo escenario económico, en el que situaciones tales como la liberación comercial, la revolución tecnológica en los procesos productivos, entre otros, han provocado un clima más competitivo.

Cada una de las empresas de un determinado sector debe desarrollar mecanismos que les permitan ser proactivas para adelantarse a los cambios y adaptarse a ellos. El entendimiento y adaptación a la nueva dinámica competitiva requiere de una evaluación sistemática, profunda y continua del entorno y sobre todo transformar estos resultados en productos y servicios de calidad que ofrezcan un valor agregado a los consumidores.

Un caso puntual es el sector metalmecánico ecuatoriano, la cual no se ha preparado adecuadamente para asumir este nuevo escenario económico, provocando el cierre de numerosas empresas.

Por esta razón, es creciente la importancia de varias herramientas de mejoramiento continuo que ayudan a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio y a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere.

En el caso de los talleres mecánicos que ofertan servicios de maquinado al sector publico e industrial en la ciudad de Guayaquil y en particular el Taller en estudio se puede notar que la producción no fluye de manera continua, existe ineficiencia y mala ubicación de las máquinas, mucho de los trabajos no son óptimos, los tiempos de producción son elevados. Además la comunicación entre el Jefe Producción y los operarios no es adecuada, excesivo recorrido de los operarios y desorganización de la bodega de repuestos para minimizar estos problemas se plantea el objetivo de Tesis el mismo que consiste en la aplicación de un proceso de mejora continua en un Taller Mecánico utilizando la técnica de Manufactura Celular.

Para cumplir con las metas trazadas se propone utilizar la siguiente metodología: primero se realizó la descripción de la situación actual del proceso de producción del Taller por medio del mapeo de la cadena de valor para entender cómo funciona el sistema de producción, segundo se identificó los problemas y desperdicios del proceso de producción con el propósito de dar la respectiva solución, tercero se implementa las mejoras que consiste en la aplicación de la Manufactura Celular, cuarto se efectuó un análisis y evaluación de los Indicadores para determinar el avance del proceso en estudio, quinto se entrego Conclusiones y recomendaciones.

## 2. Generalidades

### Justificación del Tema

En el Taller Mecánico se propone implementar una mejora continua al proceso a través de la aplicación de una técnica de manufactura esbelta, su principio se fundamenta en la eliminación de todo tipo de desperdicio o variables que no se han estudiado en ésta organización y a su vez sirve como referencia para su respectiva aplicación en los diferentes talleres mecánicos, creando un efecto positivo en la disminución de los tiempos de producción, en el incremento de la productividad y por ende generando más ingresos económicos en el Taller para su permanencia en el mercado.

### Objetivo General

Aplicar un proceso de mejora continua en un Taller Mecánico utilizando la técnica de Manufactura Celular.

### Objetivos Específicos

- Describir la situación actual del proceso de elaboración del producto.
- Identificar los problemas y desperdicios, para llegar a las causas y consecuencias del problema.
- Implementar un plan de mejoras al proceso, que ayude a optimizar la productividad.
- Realizar un análisis de los indicadores de productividad.

### Metodología Usada para el Desarrollo de la Tesis

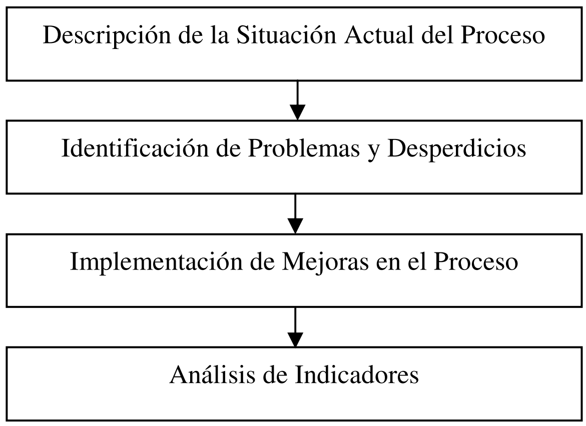


**Figura 1.** Metodología de la tesis

## 3. Marco Teórico

Para lograr el objetivo que se planteó se realiza una recopilación bibliográfica la misma que sustenta el marco teórico que se necesita para el desarrollo de este trabajo, dentro de este marco teórico, se habla sobre conceptos de producción esbelta, filosofías, diagramas de flujo, y técnicas de mejoramiento continuo de los cuales se cita algunos conceptos importantes que son utilizados en el estudio.

### Producción Esbelta

Son varias herramientas que ayudan a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio y a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere [1].

**Beneficios [1]**

- Reducción de costos de producción

- Reducción de inventarios.
- Reducción de tiempo de entrega.
- Mejor calidad.
- Menos mano de obra.
- Mayor eficiencia de equipo.
- Disminución de desperdicios.

### Manufactura Celular

Unión de operaciones manuales y mecánicas en la combinación más efectiva para maximizar el valor agregado y minimizar el desperdicio [2].

**Ventajas.** La Manufactura Celular posee las siguientes ventajas [3]:

- Reducción de hasta 70-90% de Lead Times e inventarios en proceso.
- Reducción del acarreo de materiales y del espacio utilizado.
- Se enriquece la mano de obra.
- Disminución del setup's de hasta 65-80%.
- Problema de calidad pueden bajar hasta 50-80%.
- Control de planta más simple.
- Mejor comunicación.
- Mejor y más flexible utilización de operarios.
- Mejores relaciones humanas.
  - ✓ Los operarios responden positivamente cuando los objetivos son claros y visibles.
  - ✓ Los operadores de las máquinas tienen mayor conciencia de la importancia de sus trabajos.
  - ✓ La productividad aumenta.
  - ✓ Los problemas son enfrentados mejor por "equipos".

## 4. Descripción de la Empresa y el Proceso

### Antecedentes

El Taller Mecánico en estudio cuenta con 8 operarios y 2 trabajadores administrativos.

Para conocer los ingresos del Taller se utiliza el historial estadístico del año 2009, y se obtiene la información como se puede observar en la Figura 2.

El Taller trabaja turnos de 8 horas por día, en la mañana desde las 7h30 hasta las 13h00 y en la tarde desde las 14h00 hasta las 16h30 de lunes a sábado.

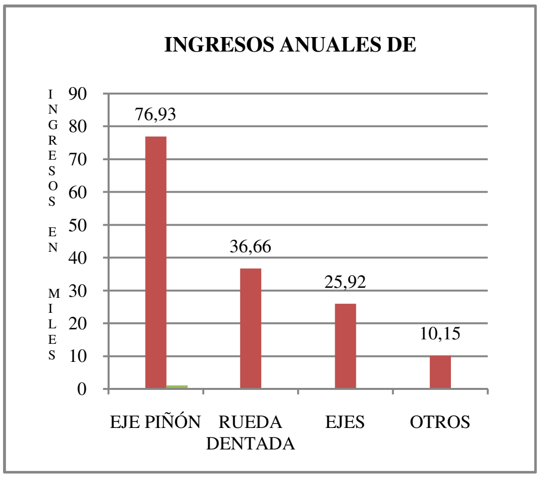


**Figura 2.** Diagrama de pareto ingresos del 2009

### Descripción del Producto

Los Ejes-piñones son construidos en acero SAE 7210, este es un acero utilizado para cementación, debido a que su núcleo y superficie son de alta resistencia.

Luego que se ha construido el Eje-piñón en su parte de mecanizado se lo envía al proceso de cementación para que las piezas mejoren su tenacidad y ductilidad. En la Figura 3 se puede apreciar Ejes-piñones ya cementados y rectificados.

**Figura 3.** Ejes-piñones cementados

### Mapa de la Cadena de Valor (VSM) Actual

El Taller Mecánico tiene una producción de 33 Ejes-Piñones en un mes. Si el Taller en el mes trabaja 24 días, se obtiene un ritmo de producción de 349,09 min/unid.

$$\frac{24 \text{ días}}{33 \text{ und.}} \text{x} \frac{8 \text{ h}}{1 \text{ día}} \text{x} \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 349{,}09 \frac{\text{min}}{\text{und}}.$$

Es de considerar que el Taller no se dedica a fabricar solamente los Ejes-Piñones, sino que el trabajo es compartido con otras actividades dando prioridad a la fabricación del Eje-Piñón.

Tiempo compartido = Ritmo de producción – Cuello de botella

$$\text{Tpo Compartido} = 349{,}09 - 147{,}95 = 201{,}14$$

$$147{,}95 + 201{,}14 = 349{,}09\,\frac{\text{min}}{\text{unid}}.$$

Donde el valor de 147,95 min representa el tiempo efectivo por unidad y el valor de 201,14 min representa el tiempo compartido por unidad.

La demanda de éste producto es de 60 unidades por mes. Lo que implica que existe una demanda insatisfecha de 27 unidades. El cálculo del ciclo de producción de la demanda, que es lo que debe producir el Taller, se lo obtiene de la siguiente manera:

$$\frac{24\ \text{días}}{60\ \text{und.}}\,\text{x}\,\frac{8\ \text{h}}{1\ \text{día}}\,\text{x}\,\frac{60\ \text{min}}{1\ \text{h}} = 192\,\frac{\text{min}}{\text{und}}.$$

Al comparar el ritmo de producción del Taller (349,09 min/unid), con el ciclo de producción de la demanda (192 min/unid.), se observa que existe una demanda insatisfecha y que al seguir trabajando al mismo ritmo no se puede cumplir con la demanda.

### Análisis de la Productividad Actual

La productividad actual en la línea de producción de Eje-piñón se la obtiene con la siguiente ecuación [4].

$$\text{Productividad} = \frac{1}{\text{Ciclo}}$$

$$\text{Productividad} = \frac{1}{336{,}84\ \text{min/unid}}$$

$$\text{Productividad} = 0{,}003\ \text{unid/min}$$

$$\text{Productividad} = 0{,}18\ \text{unid/h}$$

### Análisis de la Eficiencia Actual

La eficiencia actual del proceso producción del Eje-piñón se la obtiene utilizando la siguiente ecuación [5].

$$\textbf{Eficiencia} = \frac{\textbf{Tiempo Total de Operaciones}}{\textbf{Tiempo Total Máximo Disponible}}\ \textbf{X 100}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{336{,}84\ \text{min}}{1183{,}6\ \text{min}}\ \text{X}\ 100$$

$$\text{Eficiencia} = 28{,}46\%$$

## 5. Mejoras en el Proceso

La técnica que se selecciona para implementar mejoras en el proceso es la Manufactura Celular, herramienta que va a ayudar a minimizar o eliminar desperdicios en el proceso productivo de la elaboración de Eje-piñón.

### Mapeo de la Cadena de Valor (VSM) Final

Una vez que la propuesta de manufactura celular ha sido implementada se obtiene el mapa de la cadena de valor final, la misma que tiene las siguientes características:

El ritmo de producción mejorado de la línea del Eje-piñón es de 163,93 min.

El cuello de botella se encuentra igualmente en la operación número 3 que es el Fresado.

Tiempo compartido = Ritmo de producción – Cuello de botella

$$\text{Tiempo Compartido} = 163{,}93 - 64{,}59 = 99{,}34$$

$$64{,}59 + 99{,}34 = 163{,}93\,\frac{\text{min}}{\text{und}}.$$

Donde el valor de 64,59 min representa el tiempo efectivo por unidad y el valor de 99,34 min representa el tiempo compartido por unidad.

Con la eliminación de los tiempos de transporte de estación de trabajo a estación de trabajo y el ritmo de producción mejorado se obtiene lo siguiente.

$$\frac{163{,}93\ \text{min}}{\text{und.}}\,\text{x}\,\frac{1\ \text{h}}{60\ \text{min}}\,\text{x}\,\frac{1\ \text{día}}{8\ \text{h}}\ \text{x}\ \frac{1\ \text{mes}}{24\ \text{días}}\ \ 0{,}0142\,\frac{\text{mes}}{\text{und}}.$$

El inverso es:

$$\frac{1}{0{,}0142}\,\frac{\text{unid}}{\text{mes}} = 70{,}42\,\frac{\text{unid}}{\text{mes}} \approx 70\ \frac{\text{unid}}{\text{mes}}$$

Con este ritmo de producción final se fabrican 70 unidades mensualmente y se logra satisfacer la demanda de 60 unidades al mes.

### Análisis de la Productividad de la Propuesta

Para cuantificar los resultados obtenidos con la implementación se procede a determinar indicadores y uno de ellos es la productividad en la línea de producción de Eje-piñón de la propuesta que se la obtiene con la siguiente ecuación [4].

$$\mathbf{Productividad} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{Ciclo}}$$

$$\mathbf{Productividad} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{163,93\ min/unid}}$$

$$\mathbf{Productividad} = \mathbf{0,006\ unid/min}$$

$$\mathbf{Productividad} = \mathbf{0,36\ unid/h}$$

### Análisis de la Eficiencia de la Propuesta

La eficiencia del proceso producción del Eje-piñón de la propuesta se la obtiene utilizando la siguiente ecuación [5].

$$\mathbf{Eficiencia} = \frac{\mathbf{Tiempo\ Total\ de\ Operaciones}}{\mathbf{Tiempo\ Total\ Máximo\ Disponible}}\ \mathbf{X\ 100}$$

$$\mathbf{Eficiencia} = \frac{\mathbf{163,93\ min}}{\mathbf{516,72\ min}}\ \mathbf{X\ 100}$$

$$\mathbf{Eficiencia} = \mathbf{31,73\%}$$

## 6. Resultados Esperados

### Productividad de la Línea de Producción de Eje-piñón

**Análisis de recorrido.** Como se observa en la Figura 4, el recorrido del operario en la elaboración del Eje-piñón antes de la mejora; existía mucho desperdicio de transportación en vista de que el sistema de equipos se encontraba bastante disperso, lo que provoca que el operario pierda tiempo en ir de estación de trabajo a estación de trabajo.

Se observa en la Figura 5, la implementación de la técnica de Manufactura Celular, creando un recorrido del operario que se considera despreciable por estar ubicadas las máquinas en secuencia con una distancia de separación entre ellas muy insignificante.

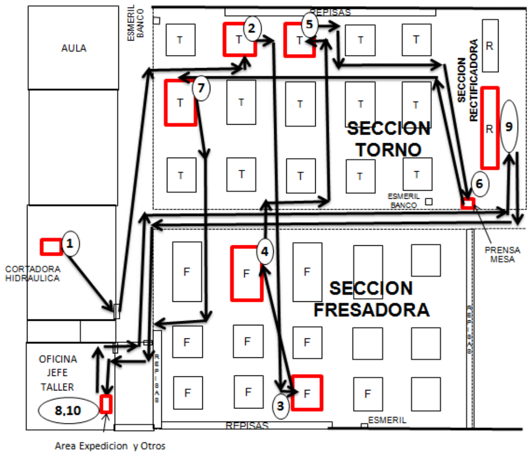


**Figura 4.** Diagrama de recorrido del operario (antes de mejora)

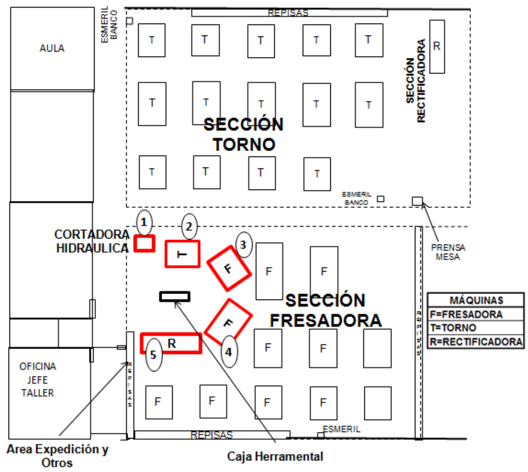


**Figura 5.** Diagrama de recorrido del operario en la celda de manufactura (después de mejora)

**Comparación de la productividad.** En la Tabla 1, se observa la productividad antes y después de la implementación de la técnica de Manufactura Celular en la línea de producción de Eje-piñón, también el porcentaje de incremento del 100% en la productividad.

**Tabla 1.** Comparación de la productividad antes y después de la implantación de la manufactura celular

| | IMPLANTACIÓN | | | |
|---|---|---|---|---|
| INDICADOR | ANTES | DESPUÉS | INCREMENTO | % INCREMENTO |
| PRODUCTIVIDAD (unid/h) | 0,18 | 0,36 | 0,18 | 100 |

**Eficiencia de la Línea de Producción de Eje-piñón**

**Análisis de los Tiempos de Ciclos**

**Tabla 2.** Tiempos de ciclos del taller (antes de mejora)

| Nº- OPERACIÓN | NOMBRE | TIEMPO DE CICLO POR LOTE (min/lote) |
|---|---|---|
| 1 | Corte-1 | 77 |
| 2 | Refrentado-Cilindrado | 665,28 |
| 3 | Fresado | 1627,45 |
| 4 | Chaveteado | 275 |
| 5 | Tronzado | 170,72 |
| 6 | Corte-2 | 60,72 |
| 7 | Refrentado-Limado Rebaba | 169,07 |
| 9 | Rectificado | 660 |
| | TOTAL | **3705,24** |

En la Tabla 2, se muestran los tiempos de ciclos por lote de cada operación para la transformación del producto en Eje-piñón antes de la mejora, se encontró con tiempos demasiados elevados en cada operación a lo largo de la línea de producción.

**Tabla 3.** Tiempos de ciclos del taller (después de mejora)

| Nº- OPERACIÓN | NOMBRE | TIEMPO DE CICLO POR LOTE (min/lote) | | % DISMINUCIÓN |
|---|---|---|---|---|
| | | ANTES MEJORA | DESPUES MEJORA | |
| 1 | Corte-1 | 77 | 55,00 | 29 |
| 2 | Refrentado-Cilindrado | 665,28 | 202,29 | 70 |
| 3 | Fresado | 1627,45 | 710,49 | 56 |
| 4 | Chaveteado | 275 | 64,46 | 77 |
| 5 | Tronzado | 170,72 | 80,63 | 53 |
| 6 | Corte-2 | 60,72 | 11,00 | 82 |
| 7 | Refrentado-Limado Rebaba | 169,07 | 101,86 | 40 |
| 8 | Rectificado | 660 | 577,5 | 13 |
| | TOTAL | 3705,24 | 1803,23 | 51 |

Se observa en la Tabla 3, los tiempos de ciclos por lote para la transformación del material en Eje-piñón después de la mejora, éstos se obtuvo con el estudio de tiempos estándares de operaciones que se realizó a la línea de producción de Eje-piñón [6], lo que produjo una disminución en porcentaje aproximadamente desde el 13% al 82% en los tiempos de ciclos de cada operación y el 51% en el tiempo para producir un lote.

**Comparación de la Eficiencia.** En la Tabla 4, se observa la eficiencia antes y después de la implementación de la técnica de Manufactura Celular en la línea de producción de Eje-piñón, también el porcentaje de incremento del 3,27% en la eficiencia, este último valor no se considera un problema ya que existen otros productos que utilizan la línea.

**Tabla 4.** Comparación de la eficiencia antes y después de la implementación de la manufactura celular

| | IMPLANTACIÓN | | |
|---|---|---|---|
| INDICADOR | ANTES | DESPUES | INCREMENTO |
| EFICIENCIA (%) | 28,46 | 31,73 | **3,27** |

## 7. Conclusiones y Recomendaciones

### Conclusiones

El sistema de producción por celda de manufactura incremento el 100% en productividad y un 3,27 % en la eficiencia.

El mayor porcentaje de problemas que se encontró en la línea de producción de Eje-piñón son: en el transporte de estación de trabajo a estación de trabajo y los tiempos de operación para la transformación del producto, como consecuencia el tiempo de ciclo para producir una unidad resulto bastante alto.

Luego de la implementación de la metodología se procedió a medir los procesos mediante indicadores como el de Productividad y el de Eficiencia de la línea de producción de Eje-piñón.

Se determina que la eficiencia del proceso es baja en vista de que en el Taller existen tareas compartidas, y las máquinas son utilizadas para otras producciones de otros productos, además se redujo la cantidad de máquinas de mecanizado de 7 a 5.

### Recomendaciones

Adoptar una estrategia de venta para la sobreproducción mensual que se genera de 10 unidades.

Designar maquinarias solo para uso académico y también solo para servicios de mantenimiento divididos físicamente.

Implementar otras técnicas de producción esbelta, las mismas que ayudarán a reducir aún más los desperdicios para seguir mejorando el Taller.

## 8. Referencias

[1] Fernández. “7 Formas del Desperdicios”, www.slideshare.net/jcfdezmx2/7-formas-del-desperdicio-presentation, Noviembre 21, 2009.

[2] Hilario Gámez & Rubén Hernández, Miembros del Grupo de Trabajo de Manufactura Esbelta, “Principios de Manufactura Esbelta Con Simulación”, Texas Manufacturing Assistance Center.

[3] Tubino,F.,“ManufacturaCelular”,www.biblioteca. org.ar/libros/8840.pdf, Noviembre 29, 2010.

[4] Roger Schroeder, Administración de Operaciones, Tercera Edición, 1997.

[5] Zaragoza, N., “Para Competir Hay que ser los Mejores del Ramo”, http://www.monografias.com/trabajos45/shigeo-shingo/shigeo-shingo.shtm, Octubre 10, 2010.

[6] Steve F. Krar y Albert F. Check, Tecnología de las Maquinas-Herramienta, Quinta Edición, 2002.