



# REPORTE FINAL DE ESTADIA

**Miguel Dimas Flores**

PLANEACION PARA LA AUTOMATIZACION EN EL  
PROCESO DE MAQUINADO

Av. Universidad No. 350, Carretera Federal Cuitláhuac - La Tinaja  
Congregación Dos Caminos, C.P. 94910. Cuitláhuac, Veracruz  
Tel. 01 (278) 73 2 20 50  
[www.utcv.edu.mx](http://www.utcv.edu.mx)



Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz

Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz

Programa Educativo de Ingeniería en Mantenimiento Industrial

Nombre del Asesor Industrial  
Ing. Oscar Eduardo Ovalle Ávila.

Nombre del Asesor Académico  
Ing. María Isabel Arias Prieto.

Jefe de Carrera  
Ing. Gonzalo Malagón González.

Nombre del Alumno  
T.S.U Miguel Dimas Flores



## Contenido

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>1</b>
1.1 <i>Estado del Arte</i> .....	3
1.2 <i>Planteamiento del Problema</i> .....	4
1.3 <i>Objetivos</i> .....	4
1.4 <i>Definición de variables</i> .....	4
1.5 <i>Hipótesis</i> .....	5
1.6 <i>Justificación del Proyecto</i> .....	5
1.7 <i>Limitaciones y Alcances</i> .....	5
1.9 <i>La Empresa (TAEHWA México, S.A. de C.V.)</i> .....	6
1.9.1 <i>Historia de la empresa</i> .....	6
1.9.2 <i>Misión</i> .....	6
1.9.3 <i>Visión</i> .....	6
1.9.4 <i>Objetivos de la empresa</i> .....	6
1.9.5 <i>Procesos que se realizan en la empresa</i> .....	7
1.9.6 <i>Mercado de impacto de los productos o servicios brindados por la empresa</i> .....	7
2.1 <i>Marco teórico</i> .....	8
1.2 <i>La automatización</i> .....	11
1.2.1 <i>Tecnologías de la automatización</i> .....	11
1.3 <i>Descripción de los procesos</i> .....	28
1.3.1 <i>Proceso de mecanizado</i> .....	28
1.4 <i>Mecanismos de selección de los procesos de maquinados</i> .....	30
1.5 <i>Ecuaciones fundamentales en los procesos de maquinado</i> .....	32
1.6 <i>Plataformas virtuales</i> .....	33
1.8 <b>VARIABLES FUNDAMENTALES</b> .....	37
1.7.1 <i>Forma con el proceso</i> :.....	40
1.7.2 <i>Proceso con material</i> : .....	41



1.7.2 Proceso con material con forma: .....	41
<b>CAPÍTULO 3. ....</b>	<b>43</b>
<b>DESARROLLO DEL PROYECTO .....</b>	<b>43</b>
3.1 Recopilación y organización de la información.....	43
3.2 Análisis de la información. ....	48
3.3 Propuesta de solución.....	50
<b>CAPÍTULO 4. ....</b>	<b>55</b>
<b>RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>55</b>
4.1 Resultados. ....	55
4.2 Trabajos Futuros.....	56
4.3 Recomendaciones.....	57
4.4 Conclusiones.....	57
4.4 BIBLIOGRAFÍA.....	60

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Conjunto de Tecnologías de la Automatización.....	13
Ilustración 2 Carta practica para la selección de tolerancia de ajuste dimensional, en función de la rugosidad del acabado superficial.....	33
Ilustración 3 Interfase de usuario para la selección de un proceso de maquinado en específico según el programa “custompartner.com” .....	35
Ilustración 4 Tabla de variables comúnmente encontradas en procesos de maquinado.....	37
Ilustración 5 Diagrama de interacción de los procesos productivos en una empresa de manufactura. ....	40
Ilustración 6 Diagrama que indica la descripción de entradas y salidas de los materiales entre procesos, así como las herramientas. ....	42
Ilustración 7 Modelo integrado de factores de la productividad de una empresa .....	46
Ilustración 8 diagrama de flujo de factores de productividad .....	54
Ilustración 9 Comparacion de un sistema manual.....	56



INDICE DE TABLAS.

Tabla 1 Encuesta implementada para la detección de las necesidades en un proceso productivo. ....	31
Tabla 2 OUTER RACE L1 día 1 .....	47
Tabla 3 OUTER RACE L1 día 2 .....	47
Tabla 4 OUTER RACE L1 día 3 .....	47
Tabla 5 OUTER RACE L1 día 4 .....	47
Tabla 6 OUTER RACE L1 día 5 .....	47
Tabla 7 Meta de las líneas de producción y ajo rendimiento de maquinado. ....	51
Tabla 8 Turno 2: la eficiencia solo ha aumentado un 4% .....	51
Tabla 9 la eficiencia ha aumentado a un 1% .....	51
Tabla 10 ventajas y desventajas de SMFA .....	59

## AGRADECIMIENTOS.

Antes que nada le agradezco a Dios por ser el quien me haya dado la capacidad de desarrollarme como estudiante y ser mi fortaleza en tiempos difíciles, así como brindarme la oportunidad de compartir aprendizaje y momentos agradables al lado de todos mis compañeros y amigos. Sin embargo este trabajo no se habría podido realizar sin la colaboración de muchas personas que han sido de gran apoyo brindándome sus conocimientos. Por tal motivo quiero agradecerles a todos ellos. En primer lugar deseo expresar mi agradecimiento a la ingeniera María Isabel Arias Prieto, por la dedicación y apoyo que ha brindado a este trabajo, por su ayuda, dedicación y asesoramiento.

La generosidad y amabilidad demostrada en cada momento, han sido de gran apoyo durante todo el tiempo dedicado a su realización. Gracias por la orientación y confianza ofrecida. A mis padres, por haberme proporcionado la mejor educación, valores y lección de vida. En especial a mi padre, por haberme enseñado que con, esfuerzo. Trabajo y constancia todo se consigue, y que en esta vida nadie regala nada. En especial a mi madre, por cada día hacerme ver la vida de una forma diferente y confiar en cada una de mis decisiones. Así mismo, quiero agradecer a mis compañeros de carrera su apoyo personal y humano, gracias por compartir a mi lado buenos y malos momentos. De igual forma quiero agradecer a todos aquellos que considero verdaderos amigos, que compartieron de sus conocimientos y amistad.

Gracias a todos...

## RESUMEN

El crecimiento en las economías y de los mercados debido a la globalización ha puesto en apuros a las empresas, imponiendo consigo nuevas reglas de competencia, de esta manera este trabajo puede dar una idea de qué manera la empresa debe competir con métodos de máxima eficiencia, respondiendo con altos niveles de producción sin caer en grandes costos. La función de producción tiene un gran impacto sobre la economía de una empresa, dado que este el sector o división de la empresa que tiene mayor influencia en las actividades de mayor afluencia de trabajadores. Así mismo la productividad y calidad de dichos empleados es esencial en el desarrollo y bienestar de la empresa.

Dentro del desarrollo de este proyecto se ajustara a la investigación de un proceso de maquinado manual, así mismo se podrá llevar un control de productividad. Esto debido a que en el presente es evidente que la participación en el mercado es por medio de la competencia en el ámbito productivo, también se puede identificar que las nuevas tecnologías y competencia provenientes de países desarrollados e industrializados están exigiendo calidad y productividad, modificando la administración de la producción, es decir nuevos modelos de producción más eficientes. Para el desarrollo de la metodología se tuvieron en cuenta la aplicación de herramientas de producción, investigación de operaciones y control de la calidad, con el fin de realizar una adecuada estructuración del proyecto. La estructura organizativa de la empresa debe contar con una clara relación entre estos conceptos, y para ello el ciclo de diseño está basado en la idea de ingeniería concurrente en la que diversos equipos desarrollan de forma coordinada cada uno de los diseños. En concreto es relevante centrarse en qué se va a producir, como y cuando se fabricarán los productos, qué cantidad de producto debe fabricarse, así como especificar el tiempo empleado y el lugar en que se llevarán a cabo dichas operaciones.

## CAPÍTULO 1.

### INTRODUCCIÓN.

#### 1.1 Estado del Arte.

26/03/2014, Autor: Chris Félix ,Editor Senior, *Mecanizado de Producción* ,Empresa: *BIEMH*

Este artículo nos ase mención a la facilidad encontrada en el cambio de configuración de trabajo a trabajo en menos de 10 minutos rompiendo con el margen de error encontrado en el proceso y la disminución de tiempos fuera de operación.

07/07/2017, *Pacheco España*, empresa Himoinsa , Dicho artículo nos habla sobre el cómo han sido diseñadas con tecnología punta para optimizar la manipulación de los contenedores en las terminales del puerto, garantizar la seguridad durante sus operaciones y permitir la automatización futura de todas ellas con su facilidad de operación durante el proceso.



## 1.2 Planteamiento del Problema.

Actualmente la empresa se encuentra en reciente creación y se están desarrollando los procesos que permitan transformar la materias primas en valor agregado mediante procesos de maquinados, como en la gran mayoría de las empresas de reciente creación se desarrollan en base a la demanda de trabajo, y con tal de cubrir con los requerimientos de los clientes, se descuida la parte de la planeación eficiente de todos los recursos, esto es de vital importancia debido a que si no se planea adecuadamente los recursos en la planta se corre el riesgo de no cubrir con los plazos de los clientes.

## 1.3 Objetivos.

Asegurar el correcto control de las variables involucradas en los procesos de transformación de las materias primas en productos terminados de alta calidad para la industria automotriz global, y sobre todo abasteciendo de buenos productos a la industria automotriz surcoreana.

## 1.4 Definición de variables.

Establecer los parámetros de medición y control que permitan controlar eficientemente los procesos de producción en planta, dichas variables son los tiempos de maquinado, flujos de material por máquina, tiempos de ciclo de maquinado, tiempos de manejo de las piezas por cada operador.

### **1.5 Hipótesis.**

Si se asegura la correcta identificación medición y control de las variables de producción en una planta que realiza procesos de maquinado automatizado, se tendrá una mayor eficiencia el uso de sus recursos.

### **1.6 Justificación del Proyecto.**

Realizar el análisis de identificación de las variables que permiten el proceso de transformación de la materia prima en producto terminado en una planta de maquinados automatizada, esto con el objetivo de tener en cuenta dichas variables para en un futuro planear y controlar el proceso de producción.

### **1.7 Limitaciones y Alcances.**

El presente proyecto aplica únicamente para la organización mencionada en el presente documento, en particular al área de producción que comprende, las sub-áreas de: recepción de materia prima, preparación de maquinados, desbastes pesado, desbaste de acabado, ajuste y ensamble y empaclado de piezas.

## **1.9 La Empresa (TAEHWA México, S.A. de C.V.)**

### **1.9.1 Historia de la empresa.**

TAEHWA México, S.A. de C.V. está dentro de las empresas de productos automotrices en Apodaca. Esta empresa privada se fundó en el año 2009. TAEHWA México, S.A. de C.V. ha estado operando 2 años menos que lo normal para una empresa en México, y 11 años menos que lo normal para empresas de productos automotrices.

### **1.9.2 Misión.**

Satisfacer las necesidades de nuestros clientes y superar sus expectativas, a través de un amplio surtido del producto, un servicio de calidad y una mejora continua.

### **1.9.3 Visión.**

Ser la empresa líder mayorista en el mercado nacional de refacciones automotrices y seguir siendo una empresa rentable, productiva y socialmente responsable para el crecimiento y desarrollo del país.

### **1.9.4 Objetivos de la empresa.**

Empresa dedicada a la producción de partes estampadas, principalmente dirigida al mercado de electrodomésticos y con la capacidad de expansión a otros mercados y con la posibilidad de inversión, en caso de ser necesaria.

### **1.9.5 Procesos que se realizan en la empresa.**

Proceso de maquinado de metales, chapa metálica estampado, METAL-PRESS-STAMPING, procesos de mecanizado automatizado por CNC.

### **1.9.6 Mercado de impacto de los productos o servicios brindados por la empresa.**

Tae Hwa Enterprise Co., Ltd. desarrolla y fabrica piezas de motor de núcleo. La compañía fue fundada en 1982 y tiene su sede en Busan, Corea del Sur.

## CAPÍTULO 2.

### METODOLOGÍA

#### 2.1 Marco teórico.

Hace ya unos 10,000 años, en el Neolítico, el hombre experimento un cambio revolucionario: la paulatina transición del recolector pescador y cazador nómada, al primitivo agricultor y ganadero sedentario. Entonces comenzó la evolución de la artesanía y el comercio, así como los principios del arte de la construcción y de la técnica de las primeras culturas de Mesopotamia. Esto propicio el desarrollo de operaciones como medir y calcular. La invención de las herramientas contribuyo a aliviar el trabajo humano. Esto llevo a la producción de mercancías y de servicios, lo que a su vez condujo al desarrollo de máquinas operadoras motrices, así como desarrollar las capacidades de medir, controlar, regular y calcular fenómenos naturales y artificiales, a todo lo cual se le denomino mecanización.

En la antigüedad se crearon muchos artefactos basados en movimientos mecánicos, que abarcaban desde relojes de agua y puertas de templos que se abrían por si solas hasta pájaros que cantaban, utilizando elementos funcionales y sencillos ruedas, palancas, mandos por cable, engranes, flotadores, sifones y válvulas accionados por fuentes naturales (corrientes de agua, la fuerza del viento y la fuerza de animales). Pero en su mayoría fueron de carácter lúdico, destinados únicamente a transmitir el encanto de lo mágico y lo asombroso de una técnica llena de trucos.

En la Edad Media el fin cambio: ahora se trataba de aprovechar al máximo la mecanización en actividades productivas y de transformación que permitieran el crecimiento económico; esta mecanización comenzó con grandes fusiones, lo que ocasiono un giro en su actuar.

Con el trascurso del tiempo y la acumulación de la experiencia, se desencadeno el movimiento de la industrialización, que junto con las necesidades económicas de

una población en crecimiento produjo avances técnicos, esto se dio sobre todo en la industria textil con la invención de la máquina de vapor. Continuamente se fueron aplicando nuevas máquinas motrices y empleando nuevas materias primas, como el hierro y carbón.

La experiencia continuó acumulándose en todos los campos (fabricación, medición, control, regulación, cálculo, administración), beneficiando los intereses de las naciones.

Gracias a todo esto la producción industrial se convirtió en el medio para la acumulación del capital y por lo tanto él en sustento principal de crecimiento.

Con la división del trabajo industrial y la aparición de la cadena de montaje en la fabricación de piezas en serie, la producción industrial comenzó una nueva etapa de transición, de la mecanización a la automatización, esta fue llamada así por primera vez en 1947, por Ford motor, para describir la manipulación de materiales y partes entre las operaciones del proceso en forma independiente o automática. “automático”, que significa en griego “por sí solo”. En el ámbito industrial la automatización se define como:

“el diseño de todo sistema capaz de llevar a cabo tareas repetitivas realizadas por el hombre, y que mediante acciones sincronizadas, verifique y controle diferentes operaciones en su actuar, asistido todo por un sistema programable.”

Con la evolución de la mecánica, la electrónica, la cibernética informática y comunicación entre otras disciplinas, se forma un desarrollo industrial entrelazándose con un aprendizaje de automatización integral, la cual está relacionada con una gran variedad de ciencias y técnicas que dan origen a dispositivos automáticos.

A partir de ese momento, la automatización pasa a ser una opción que permite mejorar las condiciones de seguridad en los ambientes laborales, mejorar la calidad de los productos y aumentar la producción industrial. Además, puede ser

considerada como el paso más importante del proceso de evolución de la industrial en el siglo xx.

La manufactura es el medio de creación de productos diversos; los cuales tienen una diversidad en su diseño lo que hace que posean un valor agregado y en consecuencia su gran demanda en el mercado, sin embargo la manufactura muchas veces carece de este valor agregado en su actuar; es decir, con el mínimo empleo de tecnología e innovación se logra cumplir con las peticiones de producción, pero acostumbre de grandes tiempos de producción, re trabajos y en muchas ocasiones en condiciones de inseguridad industrial para el trabajador.

Por lo tanto, la manufactura debe tener un valor agregado en su actuar, requiere de la imaginación aplicada, es uno de los rubros de mayor importancia en la industria, también es un producto; pero es visto como un producto que tiene funcionalidad rodeado de simplicidad.

El punto de vista de la manufactura, sea como sea su actuar, debe englobar un contexto de seguridad, calidad y producción, en todo momento debe ser una industria con altos estándares de seguridad industrial, debe ser una industria que genere productos con valor agregado en su diseño y que mantenga la máxima confiabilidad de su función, en consecuencia, un productor que mantenga estos lineamientos logrará tener una gran demanda en el mercado, será un generador de imagen del cómo hacer las cosas bien.

Es importante aclarar que lograr estos estándares requiere de una constante disciplina en el accionar de la industria y además requiere de grandes inversiones en varias actividades que al final se convierten en inversiones económicas, pero muchas veces la pregunta es: ¿Cuánto se invierte en un reproceso? O que tal ¿Cuánto cuesta un rechazo del producto? O mejor aún ¿Qué cuesta una accidente laboral? Sin tomar en cuenta que el daño psicológico que se le ha ocasionado a la persona... es casi seguro que la inversión económica es en muchas ocasiones equiparable con una inversión tecnológica, lo que sucede siempre es que el

industrial se envuelve en el movimiento diario y por tanto; piensa que todo marcha normal, y hasta en ocasiones se siente triunfador cuando resuelve un problema de planta o cuando logra negociar que el cliente acepte un producto que tiene variaciones en su calidad o que tal promover al personal que ha sufrido una accidente laboral, como para que se compense... o algo así.

Retomando el concepto de una manufactura con valor agregado en su actuar, la industria debe obedecer este principio y hacer un cambio tecnológico de su proceso, uno de los caminos es por apostar al uso intensivo de la tecnología de la automatización con un enfoque de flexibilidad en la manufactura.

## **1.2 La automatización.**

### **1.2.1 Tecnologías de la automatización.**

El estado del arte de esta investigación se concentra en la tecnología de la automatización y para ser más exacto, el desarrollo puntualiza aplicaciones para los SMFA, pero en un concepto integrado de automatización; por ello se establece inicialmente la gran gama de aplicaciones de estos sistemas en la industria de la transformación. Para ubicar el contexto teórico de los SMFA y su aplicación, se muestran en la figura 1, las tecnologías vitales para hacer la manufactura automatizada mediante una pirámide que contiene información científica y tecnológica, que difícilmente puede ser dominada por una sola persona, de ahí que la automatización requiera la agrupación de personas con los conocimientos involucrados. Esta pirámide es eficiente en el desarrollo de la manufactura moderna debido a su formación sistemática, que parte de una plataforma sólida y única, compuesta principalmente por la idea conceptual y que en su recorrido a través de una serie de técnicas facilitan la manufactura. También se integra el álgebra, rama de las matemáticas que comprende la generalización del cálculo aritmético de expresiones compuestas por números y letras que representan cantidades variables



y lógicas. En segundo término, se encuentra la representación imaginaria de la concepción de los objetos. En tercer lugar se ubica la energía eléctrica, que se manifiesta por movimientos mecánicos, caloríficos y luminosos además de ser materia constituida por átomos que contienen un número igual de electrones de carga negativa que de protones de carga positiva, por lo tanto, es eléctricamente neutra. La electricidad es un medio interdisciplinario que comprende la electrostática, la electrocinética, el magnetismo y electromagnetismo, gracias a este último, la electricidad encontró aplicaciones industriales y se convirtió en un indicador energético sinónimo de desarrollo económico. De esta manera, las corrientes alternas, durante mucho tiempo desconocidas, dieron lugar a las aplicaciones industriales más importantes de la electrotécnica. El último y más importante elemento de este nivel que debe considerarse en todo diseño, es la seguridad, acción que garantiza la integridad física de las personas. Pasando al siguiente escalón, se encuentra la geometría que se encarga del estudio riguroso del espacio y de las formas (figuras y cuerpos) que se pueden imaginar, representándolas en un sistema de coordenadas. La figura o cuerpo tiene que ser representada por el dibujo, técnica que plasma las ideas sobre papel. En ese mismo escalón, pero con diferente orientación, se encuentra el movimiento rotatorio del motor eléctrico; éste en conjunto con la mecánica, que estudia la acción de las fuerzas sobre los cuerpos, logra la transformación de la energía en movimiento. El tercer escalón empieza con la ciencia física, que estudia las propiedades generales de la materia y establece las leyes que dan cuenta de los fenómenos naturales. A ella se le agrega la química, que estudia las propiedades y la composición de los cuerpos así como sus transformaciones, además de analizar, mediante procedimientos sistemáticos, la composición cualitativa y cuantitativa de las sustancias complejas. En general, la química fortalece a las áreas que estudian a los elementos orgánicos e inorgánicos. Las herramientas de dibujo se involucran con el arte de dibujar, ayudando a plasmar la imitación de la forma de un objeto y logrando una representación más cercana a la realidad. Como se había podido observar, cada nivel de la pirámide del aprendizaje de la automatización recibe información del anterior y emite información, al siguiente;

esto da pie para enfatizar que la ciencia de las comunicaciones permite la creación de un flujo continuo de información que facilita el desarrollo de la ciencia en todo su actuar. (Robot CENTARY, 1994)

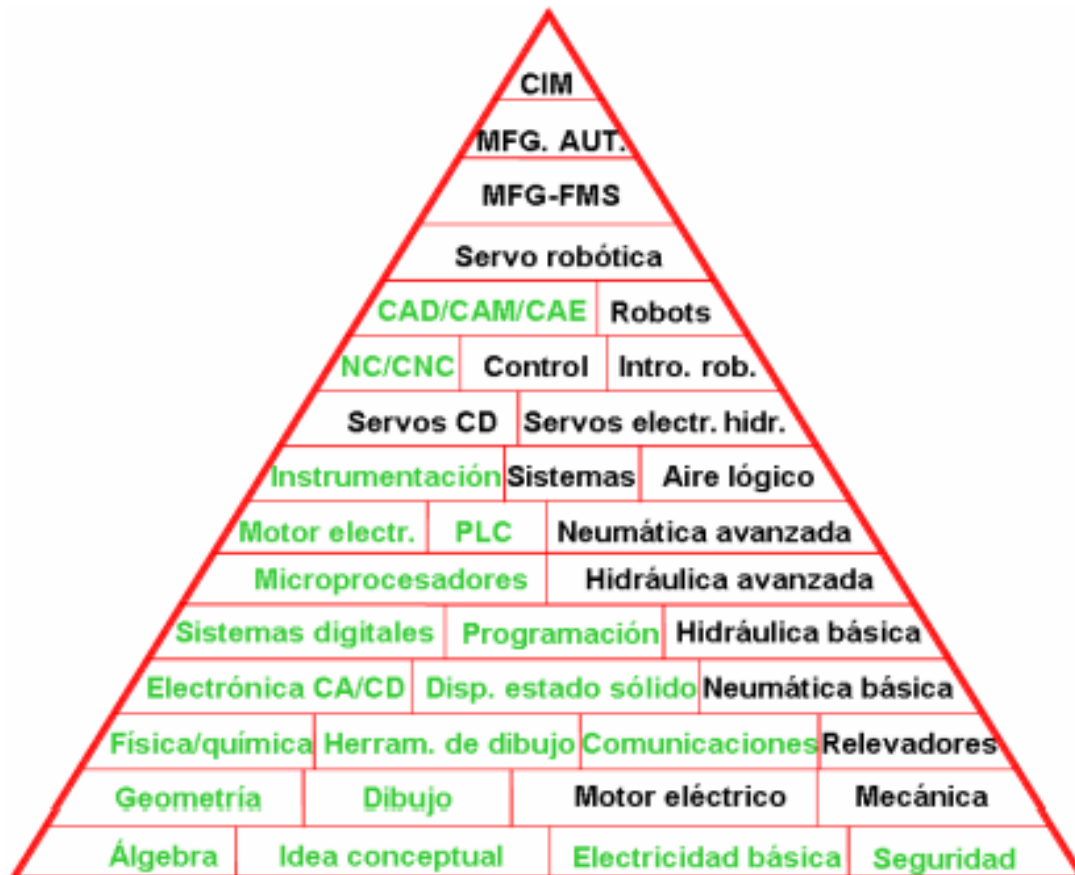


Ilustración 1 Conjunto de Tecnologías de la Automatización.

El relevo aparece y ahora es el turno de los relevadores, que son los primeros dispositivos utilizados para la realización de operaciones lógicas, por medio del sencillo funcionamiento de dos platinas y un campo electromagnético. Las platinas se cierran para dejar pasar la señal o se abren para interrumpir su flujo. Un relevador trabaja en conjunto con muchos relevadores, todos bajo una secuencia lógica por la cual los dispositivos de trabajo conectados realizan la tarea especificada por el proceso. La señal de excitación es independiente del circuito a controlar y tiene baja

potencia, mientras que el circuito controlado puede tener características de tensión y de corriente totalmente diferentes. Cuando aplicamos tensión de excitación, alimentamos un electroimán y se cierran unos contactos que controlan la parte de carga. En este momento, el desarrollo de la automatización se sitúa sobre una base más sólida y con un mejor aprovechamiento de la electricidad, esta vez por medio de la electrónica, que puede ser utilizada en corriente directa (CD) o en corriente alterna (CA). La ciencia de la electrónica proporciona la base física y técnica que se ocupa del comportamiento y utilización de los electrones libres mediante el paso de la electricidad a través de gases y del vacío, empleando para ello dispositivos como los resistores, los capacitores, y los inductores; a ellos se suman actualmente los dispositivos de estado sólido. Por cuestiones de aprovechamiento de los recursos y de fuentes alternas de energía, se ha considerado también el uso de la energía del aire. La ciencia que la estudia es llamada neumática, trata de los fenómenos y aplicaciones de la sobrepresión o depresión (vacío del aire). La neumática se logra aprovechando las propiedades del aire comprimido. Las señales se traducen en ausencia o presencia de presión neumática. El tratamiento de las señales es realizado por conductos y dispositivos de control, llevando la presión del aire a elementos de trabajo como actuadores, motores neumáticos, pinzas o ventosas. La tecnología avanza y la pirámide se fortalece con el desarrollo de los conceptos básicos de los sistemas digitales, los procedimientos de diseño de sistemas digitales, tanto combi-nacionales como secuenciales; y el estudio y aplicación de los dispositivos de memoria y los dispositivos de lógica programable. El álgebra booleana difiere del álgebra decimal en que las constantes y las variables usadas son binarias. El álgebra desarrollada por George Boole (una teoría matemática completamente distinta a las que entonces se conocía) se ha expandido con tanta rapidez que en la actualidad se aplica a la resolución y análisis de la mayoría de las operaciones industriales complejas. Igualmente, ha pasado a ser parte importante en el equipo físico y en la programación de las modernas computadoras. Para la resolución de problemas, el álgebra de Boole establece una serie de postulados y operaciones lógicas, que son puestas en obra por elementos físicos de tipo

mecánico, eléctrico, neumático o electrónico. Los elementos que considera el álgebra de Boole (constantes y variables) sólo admiten dos estados, es decir, se comportan como magnitudes digitales bivalentes. Además, dichos estados tienen un carácter opuesto. Así, por ejemplo, a una lámpara corriente (tubo fluorescente) el álgebra de Boole sólo la considera en uno de sus dos posibles estados opuestos: encendida o apagada. No admite estados intermedios. A uno de los dos estados (lámpara encendida), se le denomina de diversas formas: verdadero, estado alto, nivel lógico 1, etc. Al otro estado (lámpara apagada), se le llama con los términos opuestos: falso, estado bajo, nivel lógico 0, etc. Todos los elementos tratados por el álgebra de Boole son considerados de la misma manera sí, un interruptor puede estar "abierto" o "cerrado; un diodo, "conduciendo" o "bloqueado"; un transistor "saturado" o "bloqueado". La posibilidad de que todos los elementos admitan dos estados en este tipo de álgebra ha llevado a llamarla "álgebra binaria". La denominación "álgebra lógica" se debe al carácter intuitivo y lógico que tienen los razonamientos que en ella se aplican. En el álgebra de Boole, las variables y constantes binarias de entrada y salida se suelen expresar con las letras del alfabeto. Además, sus operaciones se expresan con signos muy similares a los empleados en las operaciones matemáticas clásicas, como la suma y la multiplicación. De esta forma, se pueden manejar ecuaciones lógicas que ligan las variables y constantes de entrada mediante ciertas operaciones, para expresar el valor de las variables de salida del sistema. En la aplicación de las ecuaciones lógicas que resuelven los procesos en los que se aplica el álgebra de Boole, se utilizan diversas operaciones o funciones lógicas, de las que cito las tres fundamentales:

- AND o producto lógico
- OR o suma lógica
- NOT o negación lógica

El álgebra booleana se aprovecha para expresar y simular los efectos que los diversos circuitos digitales ejercen sobre las entradas lógicas, y para manipular

variables lógicas con el objeto de determinar el mejor método de ejecución de una cierta función. Ya que sólo puede haber dos valores, el álgebra booleana es relativamente fácil de manejar, comparada con el álgebra ordinaria. En la primera, no hay fracciones, números negativos, raíces cuadradas, raíces cúbicas, logaritmos, números imaginarios ni ninguna de esas operaciones que se emplean en el álgebra decimal. El resultado de toda esta rica base de conocimientos básicos es la creación del microprocesador. El microprocesador, o simplemente el micro, es el cerebro del ordenador. Es un chip, un tipo de componente electrónico en cuyo interior existen miles (o millones) de elementos llamados transistores, cuya combinación permite realizar el trabajo que tenga encomendado. Suelen tener forma de cuadrado o rectángulo negro, y van sobre un elemento llamado zócalo (socket en inglés), o bien, soldados en la placa. A veces, al micro se le denomina "la CPU" (central process unit, unidad central de proceso), aunque este término tiene cierta ambigüedad, pues también puede referirse a toda la caja que contiene la placa base, el micro, las tarjetas y el resto de la circuitería principal del ordenador. La velocidad de un micro se mide en mega hertzios (MHz) o giga hertzios (1 GHz = 1.000 MHz).

El microprocesador necesita ser acompañado por el elemento humano, el programador, que introduce la información acumulada por la experiencia bajo un lenguaje de alto nivel. El micro la analiza bajo el lenguaje máquina (álgebra booleana) y la presenta como instrucciones que una máquina o dispositivo conectado debe ejecutar. El trabajo ejecutado hasta este momento es ligero. Ahora con la necesidad industrial de manipular, contener y transportar materiales pesados, entra en acción la técnica de la hidráulica, la cual permite levantar objetos de mucho peso. Su estudio aplica los conceptos de la mecánica de los fluidos; el nombre "hidráulica" no es del todo correcto: el nombre propio es "oleo-hidráulica" que se define como la tecnología que trata de la producción, transmisión y control de movimientos y esfuerzos por medio de líquidos a presión, principalmente aceites, ayudados o no por elementos eléctricos y electrónicos. Los accionamientos oleo-hidráulicos tienen ventajas singulares que los hacen imprescindibles en la construcción de gran número de máquinas. Se les utiliza fundamentalmente en

tecnologías donde se requiere realizar importantes esfuerzos, principalmente lineales, con alta precisión. El desarrollo de la oleo-hidráulica que ha desembocado en la oleo-hidráulica avanzada ha repercutido, a su vez, en el de la neumática con lo cual surgió la neumática avanzada. Esto ha permitido perfeccionar los medios de mando y de control, así como el tratamiento del aire comprimido (aire seco, lubricado, presión constante, etc.), el cual por su estado permite mantener los elementos en condiciones de operación eficiente. Se puede manipular objetos e información mediante el microprocesador y las técnicas de trabajo, pero el ambiente industrial requiere un medio que permita la aleatoriedad de los procesos y además tenga la capacidad de manejar mucha información y posea una velocidad de respuesta inmediata. Esta necesidad se denomina programador lógico programable (PLC). El término PLC, de amplia difusión en el medio, significa en inglés, (Programming Logic Controller/Controlador Lógico Programable). Originalmente se denominaban PC'S (Programmable Controllers/ Controladores Programables), pero, con la llegada de las PC'S de IBM se emplearon definitivamente las siglas PLC. En Europa, el mismo concepto es llamado autómeta programable. "La definición más apropiada es: sistema industrial de control automático que trabaja bajo una secuencia, almacenada en memoria, de instrucciones lógicas. "Es sistema porque contiene todo lo necesario para operar, e industrial, por tener todos los registros necesarios para operar en los ambientes hostiles que se encuentran en la industria. Esta familia de aparatos se distingue en que puede ser programado para controlar cualquier tipo de máquina, a diferencia de otros muchos otros controladores automáticos, que solamente pueden controlar un tipo específico de aparato. Un programador o control de flama de una caldera, es un ejemplo de estos últimos. El término "control automático" corresponde solamente a los aparatos que comparan ciertas señales provenientes de la máquina controlada, según algunas reglas programadas con anterioridad y emiten señales de control para mantener estable la operación de dicha máquina. Las instrucciones almacenadas en la memoria permiten realizar modificaciones, así como llevar a cabo su monitoreo externo. Los PLCs surgen en 1969 con la División Hydramatic de la General Motors, que instaló el

primer PLC para reemplazar los sistemas inflexibles alambrados usados hasta entonces en sus líneas de producción. En 1971, los PLC'S se extendían a otras industrias y ya en los años ochenta, los componentes electrónicos permitieron un conjunto de operaciones en 16 bits, frente a los 4 bits de los setenta, en un pequeño volumen, lo que los popularizó en todo el mundo. En los primeros años noventa, aparecieron los microprocesadores de 32 bits capaces de realizar operaciones matemáticas complejas, y de establecer comunicación entre PLCs de diferentes marcas y PC'S, con lo que hicieron posibles las fábricas completamente automatizadas y con comunicación a la gerencia en tiempo real. Los PLCs pequeños son compactos y contienen en un solo cajón todos los componentes, por lo que se les llama "cajas de zapatos". En cambio, los mayores son de tipo modular y sus diferentes partes se conectan de manera que puedan ser reemplazadas individualmente. Un PLC consiste en las siguientes partes: CPU o unidad de proceso lógico. En el caso del PLC, reside en un circuito integrado denominado microprocesador o micro controlador, que dirige las operaciones del mismo. Por extensión, todo el "cerebro" del PLC se denomina CPU. Un CPU se caracteriza por el tiempo que requiere para procesar 1 K de instrucciones, y por el número de operaciones diferentes que puede procesar. Normalmente, el primer valor va desde menos de un milisegundo hasta unas decenas de milisegundos, y el segundo, de 40 a más de 200 operaciones diferentes. Memoria. Es donde residen tanto el programa como los datos que se van obteniendo durante la ejecución del programa. Existen dos tipos de memoria, según su ubicación: la residente, junto al CPU y, la exterior, que puede ser retirada por el usuario para su modificación o copia. De este último tipo las hay borrables (RAM, EEPROM), según la aplicación. Las memorias empleadas en los programas van de 1 K a unos 128 K. Procesador de comunicaciones. Las comunicaciones del CPU son llevadas a cabo por un circuito especializado con protocolos de los tipos RS-232C, TTY o HPIB (IEEE-485), según el fabricante y la sofisticación del PLC. Entradas y salidas. Para llevar a cabo la comparación necesaria en un control automático, es preciso que el PLC tenga



comunicación con el exterior. Esto se logra mediante una interfaz llamada de entradas y salidas, de acuerdo con la dirección de los datos vistos desde el PLC.

El número de entradas y salidas va desde 6 en los PLCs de "caja de zapatos" tipo MICRO, a varios miles en PLCs modulares. El tipo preciso de entradas y salidas depende de la señal eléctrica a utilizar:

- Corriente alterna 24, 48, 120, 220 V. Salidas: triac, relevador.
- Corriente directa (digital) 24, 120 V. Entradas: sink, source. Salidas: Transistor PNP, transistor NPN, relevador.
- Corriente directa (analógica) 0 - 5, 0 - 10 V, 0 - 20, 4 - 20 mA. Entradas y salidas analógicas.

Tarjetas modulares inteligentes. Para los PLCs modulares, existen tarjetas con funciones específicas que relevan al microprocesador de las tareas que requieren de gran velocidad o de gran exactitud. Estas tarjetas se denominan inteligentes por contener un microprocesador dentro de ellas para su funcionamiento propio. El enlace al PLC se efectúa mediante el cable (bus) o tarjeta de respaldo y a la velocidad del CPU principal. Las funciones que se encuentran en este tipo de tarjeta son de:

- Posicionamiento de servomecanismos.
- Contadores de alta velocidad.
- Transmisores de temperatura.
- Puerto de comunicación.

BUS. Los sistemas modulares requieren una conexión entre los distintos elementos del sistema, y esto se logra mediante un bastidor que a la vez es soporte mecánico de los mismos. Este bastidor contiene la conexión a la fuente de voltaje, así como el "bus" de direcciones y de datos con el que se comunican las tarjetas y el CPU. En el caso de tener muchas tarjetas de entradas/salidas, o de requerirse éstas en otra



parte de la máquina, a cierta distancia de la CPU, es necesario adaptar un bastidor adicional que sea continuación del original, con una conexión entre bastidores para la comunicación. Esta conexión, si es cercana, puede lograrse con un simple cable paralelo y; en otros casos, se requiere un procesador de comunicaciones para emplear fibra óptica o una red con protocolo establecida. Fuente de poder. Por último, hace falta una fuente de voltaje para la operación de todos los componentes mencionados anteriormente. Ésta puede ser externa en los sistemas de PLC modulares, o interna en los PLC compactos.

Además, en caso de una interrupción del suministro eléctrico, para mantener la información en la memoria borrable de tipo RAM, como la hora y fecha, y los registros de contadores, etc., se requiere una fuente auxiliar. En los PLCs compactos, un "capacitor" ya integrado en el sistema es suficiente, pero en los modulares es preciso adicionar una batería externa. Programador. Aunque su uso sea eventual en un sistema, pueden emplearse desde un teclado con una pantalla de una línea de caracteres hasta una computadora personal para programar un PLC, siempre y cuando sean compatibles los sistemas y los programas empleados. Con base en lo anterior, podemos clasificar a los PLC por tamaño, esto es, por el número de entradas/salidas que se pueden tener o conectar. Ejemplo: un PLC con 216 entradas/salidas permite la conexión de una combinación de entradas y salidas cuya suma no pase de 216. Además del tamaño físico, es importante la velocidad de proceso del CPU y la memoria total que puede ser empleada para programas por el usuario. Ejemplo: un PLC con una velocidad de proceso de 1000 instrucciones en 0.8 ms promedio y memoria de 8KBytes (1 Byte = 8 bits). Es necesario hacer notar que, después de procesar las instrucciones, el PLC se comunica externamente, realiza funciones de mantenimiento como verificar integridad de memoria, voltaje de batería, etc. En seguida, actualiza las salidas y a continuación lee las entradas. Con ello, el tiempo de proceso total puede llegar a ser el doble del programa de ejecución. Los avances continúan y ahora el turno es nuevamente para los motores de los que ahora se pueden controlar electrónicamente la precisión del giro, la fuerza, el sentido de giro, etc. Todo lo anterior se relaciona con la tecnología de la

instrumentación que agrupa y estudia todos los dispositivos de entrada. Su principal elemento de estudio son los sensores. Tiene dos métodos de registro: analógico y digital; en éste la información presenta el valor de magnitudes físicas que varían en forma continua, proporcionando valores inestables y carentes de precisión. Estas magnitudes son enviadas a instrumentos analógicos clásicos, como los termómetros, los manómetros, los voltímetros, los amperímetros, etc. Para el método digital, la información indica que la magnitud de lo que se pretende automatizar “existe” o “no existe”, lo que hace indispensable adjudicar un valor a cada posibilidad: 1 “existe”, 0 “no existe”; esto permite un funcionamiento discontinuo y de alta precisión. En la selección de un sistema sensorial para una aplicación de automatización, el método digital es el que mejor se adapta a las condiciones del entorno, permitiendo una mejor operación de control y con parámetros definidos, como precisión (o exactitud), error, error de no linealidad, repetitividad, reproducibilidad, sensibilidad, resolución, rango banda muerta, corrimiento del cero, tiempo de respuesta, histéresis, función de transferencia, etc. (Serope, 1995)

Hasta este nivel el desarrollo científico y tecnológico de la pirámide del aprendizaje de la automatización, carece de un sistema lógico de trabajo que le permita seguir evolucionando, así que es necesario situar en la parte central de la pirámide se encuentra el mecanismo regulador, el cual se clasifica en dos categorías:

- Sistema de lazo abierto es el que no recibe otras órdenes que las suministradas por el operador.
- Sistema de lazo cerrado es el que recibe información del operador y del sistema sensorial (retroalimentación).

Actualmente, el sistema de lazo cerrado es más utilizado en la automatización. Está provisto de una unidad de entrada, en la cual el operador introduce datos en forma de parámetros hacia el procesador, donde serán almacenados y ordenados de manera lógica con la producción. Además, la unidad de entrada recibe señales del entorno a través del sistema sensorial, permitiendo la adaptabilidad a las condiciones del proceso. Finalmente, la unidad de salida, en coordinación con sus

antecedentes, ejecuta los resultados de la producción. De aquí en adelante, la automatización, relacionada con todo lo anterior es suficientemente eficiente y controlable, y además permite innovaciones como los servomotores eléctricos-hidráulicos, paso a paso y de CD, que no son más que motores inteligentes que se adaptan a las condiciones de su aplicación. Otro avance de la tecnología lo ha constituido las Máquinas Herramientas de Control Numérico (MHCN) y, más recientemente, las dotadas de control programable en computadora (CNC), que facilitan las operaciones de fresado, torneado, etc. Estas eran realizadas en grandes volúmenes de producción y por lo tanto ocasionaban fatiga al operador y mala calidad del producto además de no lograr los niveles de producción. Generalmente, las máquinas de herramientas son controladas por medio de un computador, la máquina está diseñada a fin de obedecer las instrucciones de un programa dado. Esto se rige por el siguiente proceso:

- Dibujo del procesamiento
- Programación.
- Interface.
- Máquinas herramientas de CNC

La interface entre el programador y la máquina herramienta de CNC se realiza mediante una memoria o una red local con la información del programa. A esta tecnología del CNC se le agrega el sistema Computer Aided Design/Diseño Asistido por Computadora (CAD), que ofrece una posibilidad de integración en la fabricación, El CAD, asiste al diseñador para que automáticamente pueda obtener el programa de mecanizado de las máquinas herramientas que intervienen en el proceso; para ello son necesarias una gran diversidad de conocimientos y la conjunción de especialistas en nichos específicos. El sistema Computer Aided Manufacturing/Manufactura Asistida por Computadora (CAM), transforma de la materia prima mediante dispositivos especiales en un producto de consumo, diseñado bajo un concepto con apoyo del CAD. El sistema se cierra para formar el

modelo automatizado con retroalimentación. EL CAD/CAM requiere una configuración básica fundada en un sistema interactivo.

El CAD tiene su función en el modelador, el dibujo y la simulación. Las principales funciones del modelador son:

- Capacidad de generar.
- Manipulación de datos.
- Ensamble de partes del diseño.
- Intersección de superficies.
- Control sobre el dibujo para poder ver el modelo desde cualquier orientación.

Las principales funciones del modelo de dibujo son:

- Permitir el dimensionamiento dentro de un área específica.
- Facilitar la modificación de las dimensiones.

La función del módulo de simulación es:

- Crear la figura tridimensional sombreada a partir de polígonos que se van ensamblando en un diálogo interactivo con el modelador.

El CAM se apoya en el proceso de fabricación industrial continuo, el cual permite la fabricación de una gran variedad de productos dentro de un sistema flexible.

El CAM, es respaldado por maquinaria automática: robots, máquinas herramientas, máquinas especiales, etc., las cuales tienen una gran aplicación de conocimientos tecnológicos y puede ser obtenido un riguroso control administrativo. Así, CAD/CAM es la opción para innovar el producto, conquistar mercados y la flexibilizar la producción. Con esto empieza una etapa de fuertes inversiones, maquinas herramientas de CNC, herramientas y robots industriales, lo que agrupado forma

una célula de trabajo, estableciendo con ello un conjunto de Sistemas Flexibles de Manufactura/ Flexible Manufacturing System (FMS).

Antes de seguir con las FMS, es necesario ubicar el término robot, el cual tiene sus orígenes en la ciencia ficción. Pueden distinguirse cinco niveles de complejidad en los robots. El primer nivel corresponde al uso original de la palabra “robot”, contracción del checo robota, que significa esclavo. Difundida internacionalmente en 1921 por Karel Capek. Gracias su obra teatral Robots Universales de Roussum (RUR), se ha aplicado desde entonces a cualquier máquina que, independientemente de su tamaño, forma o movilidad, es capaz de realizar de forma desatendida y autónoma las acciones para las que ha sido diseñado. Un segundo nivel de complejidad sería el de los robots con habilidades múltiples, capaces de realizar distintos trabajos mediante un simple cambio de su programación. Un tercer nivel viene dado por la posibilidad de que el robot sea capaz de detectar las condiciones ambientales que lo rodean y efectuar sus tareas si esas condiciones son las adecuadas, o bien suspenderlas, diferirlas en el tiempo o intentar modificar en lo posible esas condiciones para realizar el trabajo. El cuarto nivel es el de los robots capaces de auto-programarse, esto es, aprender a relacionarse con las condiciones ambientales existentes con base en los acontecimientos pasados y aplicar la solución llamada inteligencia artificial (I. A.). En la ciencia ficción, se suele atribuir a los robots un quinto nivel; el de la autoconciencia plena y una inteligencia que va más allá de la capacidad de autoaprendizaje mediante el método de prueba y error. A partir de esto, se desarrolla toda una serie de reflexiones acerca del impacto que estas máquinas, inteligentes pero supeditadas al control humano, tendrían en una sociedad futura. Curiosamente, los autores que más han ahondado en el género (Asimov, Lem) han incidido sobre todo en la vertiente filosófica (¿hasta qué punto esa inteligencia, siendo tal, no es también humana?), imaginando futuro en los que una fuerza de trabajo relativamente barata, incansable y supuestamente nada conflictiva, sustituye progresivamente a la fuerza de trabajo humana, dejando una gran cantidad de la población para otras actividades.

En sus obras, Isaac Asimov imagina las leyes de la Robótica, las cuales controlarían el comportamiento de los robots:

- Un robot no puede dañar a un ser humano, ni por inacción, permitir que éste sea dañado
- Un robot debe obedecer las órdenes dadas por los seres humanos excepto cuando estas órdenes entren en conflicto con la Primera Ley.
- Un robot debe proteger su propia existencia hasta donde esta protección no entre en conflicto con la Primera o la Segunda Ley.

Para los fines industriales, el estudio de la robótica se centra en aspectos donde por cuestiones de seguridad, calidad y producción los robots tendrían un mejor desempeño. Todo lo anterior contribuyó al desarrollo de nuevos sistemas de producción donde las aplicaciones de la robótica impactan en el campo industrial, ya que se caracterizan por sistemas cada vez más flexibles, versátiles y polivalentes, por el uso de nuevas estructuras mecánicas y por sus métodos de control y percepción. La robótica industrial se define como: “El conjunto de conocimientos teóricos y prácticos que permiten concebir, realizar y automatizar sistemas basados en estructuras mecánicas poli articuladas, dotadas de un determinado grado de inteligencia y destinado a la producción industrial y a la sustitución del hombre en tareas de riesgo extremo y repetitividad”. Básicamente, la robótica se ocupa de todo lo concerniente a los robots, lo cual incluye el control de motores, mecanismos automáticos, neumáticos, sensores, sistemas de cómputo, etc. Un robot es: Robot industrial: Un manipulador multifuncional y reprogramable, diseñado para mover materiales, piezas, herramientas o dispositivos especiales, mediante movimientos programados y variables que permiten llevar a cabo diversas tareas. El robot industrial se diseña en función de diversos movimientos que debe poder ejecutar; es decir, lo que importa son su grado de libertad, su campo de trabajo, su comportamiento estático y dinámico. Sus características geométricas le otorgan al robot la capacidad para desplazarse dentro de un espacio, espacio que está concebido en función de las configuraciones básicas. Estas configuraciones, en

forma intercalada, hacen de un robot una máquina de movimientos interpolados, con lo que se logra una diversidad de aplicaciones en la industria. El brazo del manipulador puede presentar cuatro configuraciones clásicas: la cartesiana, la cilíndrica, la polar y la angular. Una vez establecida la teoría básica de un robot industrial, se está listo para definir los tipos de automatización que existen. (Juvenal Mendoza Valencia, 2002)

Una vez, que se elige el método de suministro de información del entorno y la energía de impulso del sistema, se ubica, en las condiciones del proceso y las formas de producir, a alguno de los tipos de automatización existentes:

- Fija
- Programable
- Flexible

La automatización fija consiste en una operación específica o una serie de operaciones en un proceso en particular, basado en un arreglo de tipo sincrónico. Un sistema sincrónico, o sistema de unidades dependientes, puede tener una serie de unidades de máquina u operación en línea, en una máquina de transferencia alrededor de una mesa posicionadora, en una máquina rotatoria o circular. Cuando el trabajo se completa en todas las estaciones, todas las partes en el circuito se trasladan en forma simultánea a las estaciones subsecuentes y se inicia otro ciclo.

El tiempo de un ciclo se basa en la operación más lenta, y se obtiene la máxima eficiencia cuando se hace que todos los tiempos de operación sean iguales y mínimos. Durante los cambios de herramienta y paros por ruptura, falla o error, todas las estaciones se detienen y la eficiencia disminuye conforme aumenta el número de estaciones.

La automatización fija tiene similitud con la producción taylorista y fordista, debido a la estructura de producción lineal y rígida. La automatización programable consiste en generar infinidad de programas, según los tipos de productos requeridos por el cliente. Regularmente, este tipo de automatización está desintegrada y la carga de

materiales es manual. La automatización flexible consiste en la producción pequeña en una gran variedad de productos y de familias similares. El objetivo central de este sistema es lograr una economía de escala y una producción en masa de pequeños lotes de producción. Su arreglo es de tipo asincrónico. Un sistema asincrónico, también llamado sistema de unidades independientes o de potencia libre, proporciona un banco de partes para alimentar cada máquina y permite que operen a su mayor velocidad. Cualquier máquina del sistema puede pararse

En forma temporal sin detener las otras. Dicho sistema tiene alta eficiencia global y puede planearse para la mejor combinación de las máquinas. Para obtener un flujo en línea recta, los bancos de partes entre máquinas pueden estar contenidos en tolvas, almacenes, elevadores, etc. El flujo en paralelo es un arreglo de bancos de almacenamiento en transportadores entre las máquinas. Los transportadores pueden encimarse en el menor espacio posible adyacente a la línea. (Benjamin, 1982)

Típicamente, los equipos que integran un sistema flexible son: almacén (funcionamiento neumático o eléctrico), banda transportadora, robots industriales y máquinas herramientas de CNC. Cada máquina forma una célula de manufactura; el conjunto, una celda comunicada por una red local. Un sistema de manufactura flexible tiene similitud con sistemas de producción Toyota. Este conjunto de tecnologías de la automatización muestra en sus últimos tres niveles a los Sistemas de Manufactura Flexible (SMF), La Fabrica Automatizada (FA) y a la Manufactura Integrada por Computadora (CIM) las cuales son la agrupación de todas las técnicas de automatización pero con un enfoque de un sistema de producción, cada sistema busca el mismo propósito, quizá con algunas variantes en sus objetivos, pero en todo momento el resultado es el mismo: optimizar las condiciones de Seguridad, Calidad y Producción. Es importante mencionar que la manufactura actual puede ser totalmente manual, o semi-manual, y en algunos casos puede ser totalmente automatizada, esto hace que en el contexto de esta investigación se analice a la manufactura en todas sus variantes, brindando una comparativa entre estos



sistemas y por tanto fundamentar que los sistemas automatizados son más eficientes.

### 1.3 Descripción de los procesos.

#### 1.3.1 Proceso de mecanizado

Mecanizado o maquinado es el proceso que describe la remoción de material de una pieza, y abarca varios procesos, que suelen dividirse en las siguientes categorías:

- Mecanizado sin arranque de viruta.
- Mecanizado por abrasión: son determinados procesos que utilizan materiales naturales o artificiales en forma de granos sueltos o aglomerados, de gran dureza, que se emplean para quitar pequeñas cantidades de una superficie mediante un proceso de corte que produce virutas diminutas.
- Mecanizado por arranque de viruta: son procesos de corte que quitan material de una pieza y producen virutas, entre estos se encuentran: entre los cuales se encuentran los siguientes métodos: torneado, fresado, taladrado escariado, brochado, limado, cepillado, aserrado, rectificado y electroerosión con hilo.

No se debe olvidar que en la actualidad el proceso de mecanizado ha evolucionado y han surgido nuevas formas de mecanizar el material por medio de métodos químicos, eléctricos, con láser y otros. Estos métodos generalmente se utilizan para maquinar materiales muy duros (como los carburos o el diamante), cuando la pieza es demasiado flexible o cuando la forma es demasiado compleja, con el fin de realizar un proyecto que sea aplicado en su mayoría a los procesos utilizados en México y en la mayoría de los países en vías de desarrollo, estos procesos de mecanizado no serán tenidos en cuenta puesto es poca la utilización en el mercado Mexicano.

En el proceso de mecanizado por arranque de viruta existen varios métodos de fabricación, después de una larga investigación se seleccionaron los métodos más generales y los que más presentan diferencias uno de los otros al momento de

ejecutarlos. Los métodos poco relevantes se asociaron a cada uno de los métodos de producción principales dependiendo de su afinidad en el modo de operación. Así, los métodos que se van a trabajar en este proyecto son:

**Torneado:** la pieza que se va a maquinar gira y la herramienta de corte avanza contra ella.

**Taladrado:** consiste en cortar un agujero redondo por medio de una broca giratoria. En esta categoría se incluyen; el **Mandrilado:** puesto que este consiste en dar el acabado a un agujero ya taladrado mediante una herramienta rotatoria de una sola punta cortante (función muy a fin al taladrado).

**Escariado:** el cual consiste en dar tolerancias muy pequeñas a un agujero ya taladrado. Puesto que estos métodos son incluidos en esta categoría, las tolerancias de los mismos serán tenidas en cuenta al momento de desarrollar el aplicativo.

**Fresado:** se maquina la pieza poniéndola en contacto con una herramienta cortante giratoria.

**Cepillado:** la herramienta cortante, el cepillo de mesa, permanece en posición fija mientras que la pieza es movida hacia atrás y hacia adelante por debajo de ella.

**Ranurado:** es una operación similar a la que se hace en un cepillo de codo, excepto que el Ranurado se efectúa de manera vertical.

**Rectificado:** se le da forma a una pieza poniéndola en contacto con una rueda abrasiva rotatoria.

**Lapidado o bruñido** es otra operación que cae en esta categoría puesto utiliza pastas o compuestos abrasivos para la remoción de material, la diferencia es que este es utilizado para grados muy altos de precisión y acabado superficial.

Brochado: la operación consiste en hacer pasar la herramienta (Brocha), forzadamente por un orificio cilíndrico o por la superficie exterior de la pieza. Este proceso se caracteriza porque la herramienta, la brocha, tiene forma de barra y su superficie está provista de múltiples dientes.

Aserrado: en este proceso la herramienta de corte es una hoja con una serie de dientes pequeños; cada uno de estos dientes retira una pequeña cantidad de material. Aunque estos son métodos de producción dentro del proceso de mecanizado, en el transcurso del desarrollo del documento se les llamará: Procesos, esto con el no generar confusión al momento de mencionar cada uno. Según (Feirer, 2000) existen cuatro elementos básicos para el proceso de maquinado: las maquinas herramientas, las herramientas de corte, los materiales y los dispositivos guidores y/o sujetadores.

Maquinas herramientas: es una maquina impulsada por un motor, que se utiliza para conformar metal por medio de corte, impacto, presión, técnicas eléctricas o combinación de estos métodos, esta categoría se encuentran los tornos, fresadoras, taladradoras, cepillos y rectificadoras, en la industria hay muchas variedades de máquinas para usos especiales, las cuales son adaptaciones de una o varias máquinas herramientas básicas.

#### **1.4 Mecanismos de selección de los procesos de maquinados.**

En la actualidad se utilizan muchos procesos para producir piezas, productos y/o componentes, teóricamente para seleccionar procesos de manufactura existen varios métodos: la utilización de ecuaciones; en las que se utilizan las ecuaciones conocidas actualmente y utilizando los valores de la pieza se llega a un resultado, bases de datos: se hace ordenando datos en tablas, según valores de la propiedad que se necesite, por lo general estos datos son resultado de la utilización de ecuaciones. Es necesario conocer los mecanismos de decisión de las empresas

Colombianas de mecanizado, para esto se desarrolló un formato de encuesta, el cual se hizo a 12 empresas metalmecánicas, esta encuesta consta de dos partes:

Diseño y Manufactura, en la primera parte se espera identificar que tan importante son los aspectos de diseño para las empresas metalmecánicas; en cuanto a la segunda parte se desea conocer la importancia de las variables de mecanizado. Para tabular los resultados, a cada opción de respuesta se le dio un puntaje de 1 a 5, si las opciones de respuesta son más de cinco, se agrupan para que el valor no supere 5.

Para la primera pregunta no es necesario dar puntuación, solo fue necesario contar el número de empresas que selecciono cada una de las opciones:

*Tabla 1 Encuesta implementada para la detección de las necesidades en un proceso productivo.*

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	Total
Costos	x	x	x	X			x					x	6
Calidad	x	x	x	X				x		x	x	x	8
Entregas	x	x	x		x		x		x	x	x		8
Flexibilidad		x			x	x			x				4
Servicio	x	x		X	x			x		x	x		7
Innovación		x				x			x				3
Responsabilidad	x	x		X		x	x	x					6

De la tabla 1 se puede concluir que las fuentes de diseño: Diseño de producto-Cliente con planos y Desarrollo del producto son frecuentemente utilizados, los datos que las empresas más involucran en el diseño de los productos son: Dimensiones máximas de manufactura posibles alcanzadas en las empresas, Referencias de productos y accesorios para ensamble, ajustes por rectificado y tratamiento térmico, Embalaje, transporte y montaje y las características del material de la pieza.

Lo que más tienen en cuenta las empresas al momento de planear las operaciones en el análisis de métodos y movimientos, seguido muy de cerca por la experiencia

del operario e histórico de piezas similares y que la fuente de datos que más se utiliza para el proceso de mecanizado; es la participación de los trabajadores, seguido de la experiencia del operario y documentos generados internamente en las empresas. También se puede observar que los procesos de mecanizado tienen un nivel muy bajo de evaluación, puesto que la mayoría de las empresas contestó que raramente un grupo conformado por áreas de la empresa o un comité directivo hace evaluación al proceso de mecanizado.

### 1.5 Ecuaciones fundamentales en los procesos de maquinado.

Utilizar ecuaciones es el método más tradicional a la hora de seleccionar procesos, en primer lugar el ingeniero o persona interesada escoge el material que se considera es el más adecuado teniendo en cuenta unos requerimientos de diseño y de funcionamiento de la pieza que se va a fabricar, y se utilizan las fórmulas matemáticas para identificar datos como: velocidad de corte, costo de mecanizado, ángulos de la herramienta, tiempo producción, entre otros. Un ejemplo de este tipo, es la fórmula para encontrar la potencia, la potencia es el producto de la fuerza y la velocidad de corte.

*Ecuación 1 Formula para encontrar la potencia*

$$Potencia = F * Vc$$

Graficas.

Este método se apoya en la utilización de gráficas, también son conocidas como cartas o mapas, este método surgió inicialmente para ser utilizados en la selección de materiales, esto se hacía comparando propiedades y cruzándolas con los diferentes tipos de materiales. Estas graficas no solo son utilizadas para la selección de materiales, en los últimos años su campo de aplicación se ha extendido para la

calificación de costos, de valores de tolerancia y rugosidad para diferentes procesos tal y como se observa.

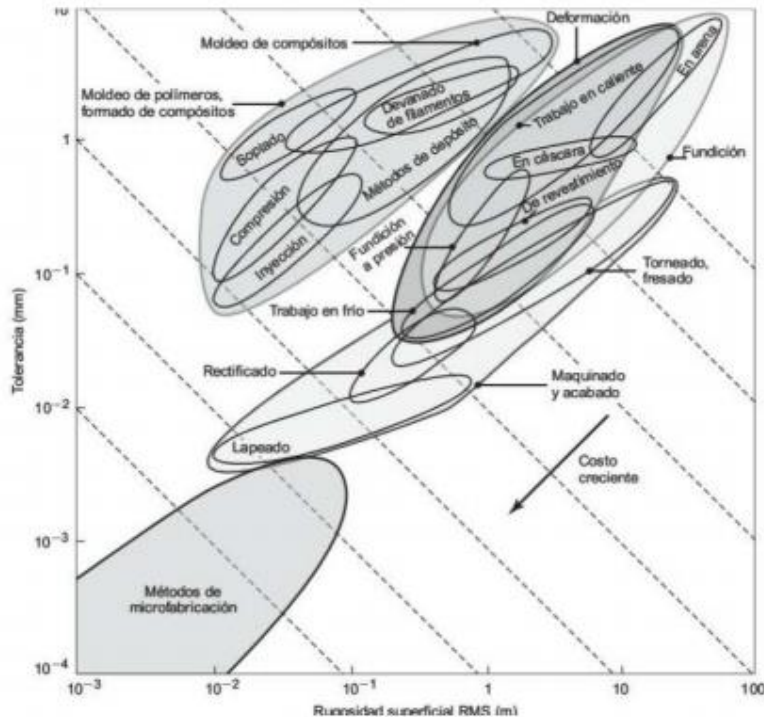


Ilustración 2 Carta practica para la selección de tolerancia de ajuste dimensional, en función de la rugosidad del acabado superficial.

## 1.6 Plataformas virtuales.

A parte de los métodos tradicionales para la selección de procesos; como la utilización de ecuaciones y la utilización de métodos gráficos, con el paso de tiempo algunos teóricos han desarrollado nuevos métodos que sean sencillos de manejar y que puedan involucrar todos los procesos existentes de producción. Actualmente en internet se encuentra una plataforma virtual llamada: Custompartnet.com, esta página de internet permite seleccionar procesos de manufactura delimitando variables de producción y arrojando como resultado los procesos que son más

compatibles con las características de las variables seleccionadas, se explicara detalladamente el funcionamiento de esta página virtual puesto realiza algo muy similar al fin de este presente proyecto, es una opción para las empresas al momento de seleccionar un proceso y sirve de guía para desarrollar el aplicativo propuesto en este documento.

Esta plataforma virtual da la posibilidad de delimitar siete variables de producción las cuales son:

- Forma: entre los que se encuentran; plano, cilíndrico, cubico y complejo.
- Material: los cuales son: materiales ferrosos: aleación de acero, acero carbono, hierro fundido, acero inoxidable, Metales no ferrosos: aluminio, cobre, magnesio, níquel, estaño, titanio, zinc, termoplásticos, termoestables y elastómeros.
- Acabado superficial: la unidad de medida es micro pulgadas Ra ( $\mu\text{in}$ ) y clasifica el acabado superficial de la siguiente manera: 0.5-1, 1-2, 2-4, 4-8, 8-16, 16-32, 32-63, 63-125, 125-250, 250-500, 500-1000 y 1000-2000
- Tolerancia: la unidad de medida es en pulgadas (in) y se da la posibilidad de de escoger las siguientes variables;  $\pm 0.0001$ ,  $\pm 0.0002$ ,  $\pm 0.0005$ ,  $\pm 0.001$ ,  $\pm 0.002$ ,  $\pm 0.005$ ,  $\pm 0.01$ ,  $\pm 0.02$  y  $\pm 0.05$ .
- Máximo grosor de la pared: es el espesor máximo de la pared que puede tener la pieza, esta variable aplica principalmente a los procesos de moldeo y se puede escoger cualquiera de las siguientes opciones: 0.19, 0.06 y 0.50
- Cantidad: en la cantidad se puede escoger una de las siguientes variables: 1-100, 100-1.000, 1.000-10.000, 10.000-100.000, 100.000-1.000.000+
- Tiempo de ejecución: puede ser; horas, días, semanas y meses. La página de internet da la posibilidad de comparar estas variables con los siguientes procesos:
- Procesamiento de polímeros: entre los cuales se encuentran; moldeo por compresión, moldeo por inyección, moldeo por inyección (volumen bajo),

moldeo por inyección de metal, polímero de extrusión, moldeo rotacional, termo-formado.

- Fundición de metales: fundición centrífuga, fundición, inversión de fundición, el moldeo permanente, fundiciones en molde • Mecanizado: máquina de descarga eléctrica (EDM), mecanizado electroquímico, (ECM), Fresado
- Formado de metales: en frío, extrusión en caliente, forjado en caliente, impacto de extrusión, Pulvimetalurgia, matrizado, hoja de fabricación de metal.



*Ilustración 3 Interfase de usuario para la selección de un proceso de maquinado en específico según el programa "custompartner.com".*

Se pueden delimitar las variables que sean necesarias, en este caso el material escogido es el Acero carbono, con una tolerancia de  $\pm 0.0001$  y rango de 1-100 piezas a manufacturar, se podría escoger la forma se requiere, con que acabado superficial, el máximo grosor de la pared y el plazo de ejecución, pero para efectos del ejemplo solo se escogerán las variables que el proceso requiera. La página de internet realiza un análisis individual de cada una de las variables y arroja el resultado mediante colores, para el acero carbono los procesos de manufactura recomendados son: moldeo por inyección de metal, fundición centrífuga, inversión de fundición, sand casting, fundición en molde, máquina de la descarga eléctrica (EDM), mecanizado electroquímico (ECM), fresado, vuelta, moldeo en fio, forjado en caliente, impacto de extrusión, Pulvimetalurgia, hoja de fabricación de metal, y



mecanizado, es factible el proceso de moldeado permanente y la extrusión en caliente, los demás procesos que aparecen en rojo en la columna llamada Tipo de material, son los procesos que no son compatibles para producir Acero carbono, de igual manera, se realiza el análisis para las variables de tolerancia y cantidad.

La página CustomPartNet, ofrece la posibilidad de delimitar variables de producción y orientar sobre cuáles son los procesos de manufactura más factibles para los requerimientos de quien consulta, pero considerando que un proceso de manufactura es entendido como un todo, en donde intervienen muchos factores, al momento de seleccionar el proceso, debe tenerse en cuenta todos estos factores o por lo menos tener la posibilidad de comparar los que más intervienen en la fabricación de una pieza, esta plataforma analiza cada variable por separado recomendando procesos de manera individual, sin tener en cuenta las demás variables que allí se encuentran, por encontrarse en una plataforma virtual su consulta está sujeta a que el propietario de la misma desee tenerla a consulta abierta, adicional a esto no es una página Colombiana lo que limita mucho su utilización puesto los límites que se proponen en las variables pueden variar en Colombia, maneja muchos procesos de producción pero la parte de mecanizado es muy vana, no explica con claridad en que consiste cada uno. Aunque este método no aplica al 100% al objetivo fundamental de este proyecto, esta plataforma juega un papel importante en el desarrollo de la misma puesto su función presenta rasgos similares a la metodología que se propondrá más adelante.

## 1.8 VARIABLES FUNDAMENTALES.

Metodología de interacción de variables.

Como se indicó en los capítulos anteriores, la selección de un proceso de manufactura es una tarea compleja en la que se deben tener en cuenta todos los factores que intervienen en el mismo, independientemente del tipo de pieza que se desee manufacturar existen criterios generales que aplican para todas; tales como los requerimientos de diseño, las especificaciones de funcionamiento, los materiales, la forma; entre otros. Algunos de estos factores afectan directamente el proceso, en el caso específico del proceso de maquinado existen variables que son independientes al él, que no afectan de forma directa pero que se deben tener en cuenta, y existen factores que intervienen directamente en el proceso de maquinado los cuales son (Kalpakjian & Schmid, 2008):

PARAMETRO	INFLUENCIA E INTERRELACIONES
Profundidad de corte, avance, fluidos de corte	Fuerzas, potencia, aumento de temperatura, vida de la herramienta, tipo de viruta, acabado superficial
Ángulos de la herramienta	Influencia sobre dirección de flujo de viruta; resistencia de la herramienta al desportillamiento
Viruta continua	Buen acabado superficial; fuerzas estables de corte; indeseable en maquinado automatizado
Viruta de borde acumulado	Mal acabado superficial; si el borde acumulado es delgado, puede proteger las superficies de la herramienta
Viruta discontinua	Preferible para facilidad al desecho de viruta; fuerzas fluctuantes de corte, puede afectar el acabado superficial y causar vibración y traqueo
Aumento de temperatura	Influye sobre la vida de la herramienta, en especial sobre el desgaste de cráter, y la exactitud dimensional de la pieza; puede causar daños

*Ilustración 4 Tabla de variables comúnmente encontradas en procesos de maquinado.*

Las variables independientes principales en este proceso son:

- Material, recubrimientos y estado de la herramienta.
- Forma.
- Material, estado y temperatura de la pieza.
- Fluidos de corte.
- Características de la máquina herramienta, como por ejemplo rigidez y amortiguamiento.
- Sujeción y soporte de la pieza

Existen también variables dependientes que son influidas por cambios en las variables independientes, las cuales son:

- Tipo de viruta producida
- Fuerza y energía disipadas en el proceso
- Aumento de temperatura en la pieza, la viruta y la herramienta
- Desgaste y falla de la herramienta
- Acabado superficial producida en la pieza después de maquinarla.

Como se puede observar los factores que influyen en el proceso de mecanizado tienen una gran relación con las variables independientes, es difícil pensar que cada variable actúa de manera independiente puesto que el cambio de una afecta el comportamiento de otras, por ejemplo, el material que se utiliza en la herramienta está directamente relacionado con la velocidad de corte, así a más velocidad de remoción de material mayor desgaste de la herramienta de corte y a su vez la velocidad de corte influye en el tipo de viruta generada en el proceso, que influye en el acabado superficial de la pieza, así se podría dar un ejemplo con todas las variables anteriores puesto que en su conjunto hacen posible la transformación de una materia prima para obtener un producto. Dado lo anterior, es necesario establecer una metodología para que sirva de guía para la interacción de las variables fundamentales y con esto poder empezar a estructurar el funcionamiento del aplicativo propuesto. Los autores (Lovatt & Schercliff, 1998) identifican tres áreas

que ayudan en la estructuración de los procedimientos de selección de diseño de un producto, en las que se encuentran: la selección del material que se va a utilizar, la forma requerida, y, el proceso que se utilizan para su fabricación. Existe una fase anterior a las tres anteriores, en la que se definen los requerimientos específicos que debe tener el producto, estos requerimientos pueden ser definidos de manera independiente sin necesidad de tener en cuenta las tres áreas antes mencionadas. Contrario a la fase de identificación de requerimientos, las decisiones sobre la forma, proceso que se utilizará, y el material, no se toman de manera independiente, a medida que el proceso de diseño del producto avanza, cada área interactúa una con la otra y empiezan a aparecer restricciones de material, forma y proceso, involucrando las tres áreas fundamentales de decisión: proceso, material y forma; se puede observar que las interacciones entre los tres también aportan más restricciones.

La interacción entre las sub-áreas de producción puede ser de la siguiente manera:

Material con forma:

Es conveniente tener en cuenta las dos al mismo tiempo puesto algunos materiales tienen un número limitado de formas fácilmente disponibles.

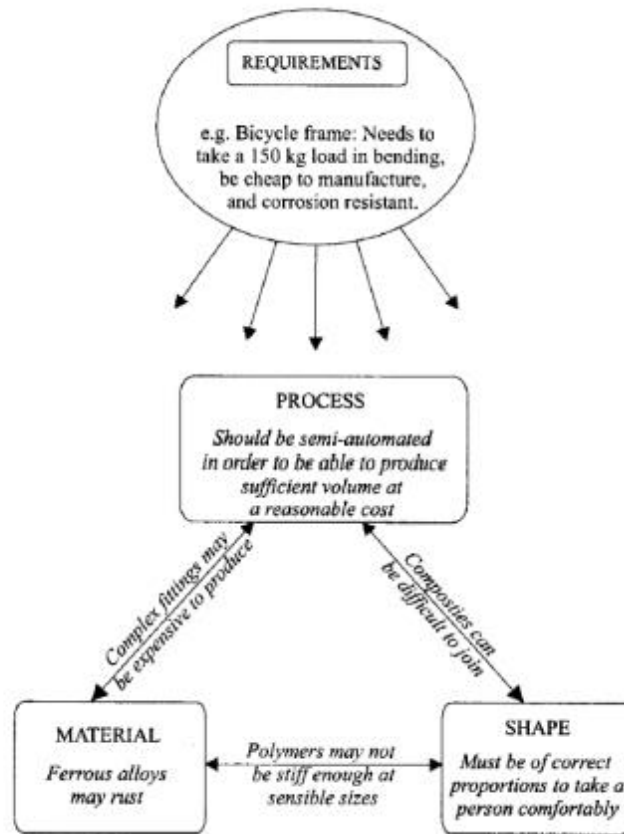


Ilustración 5 Diagrama de interacción de los procesos productivos en una empresa de manufactura.

### 1.7.1 Forma con el proceso:

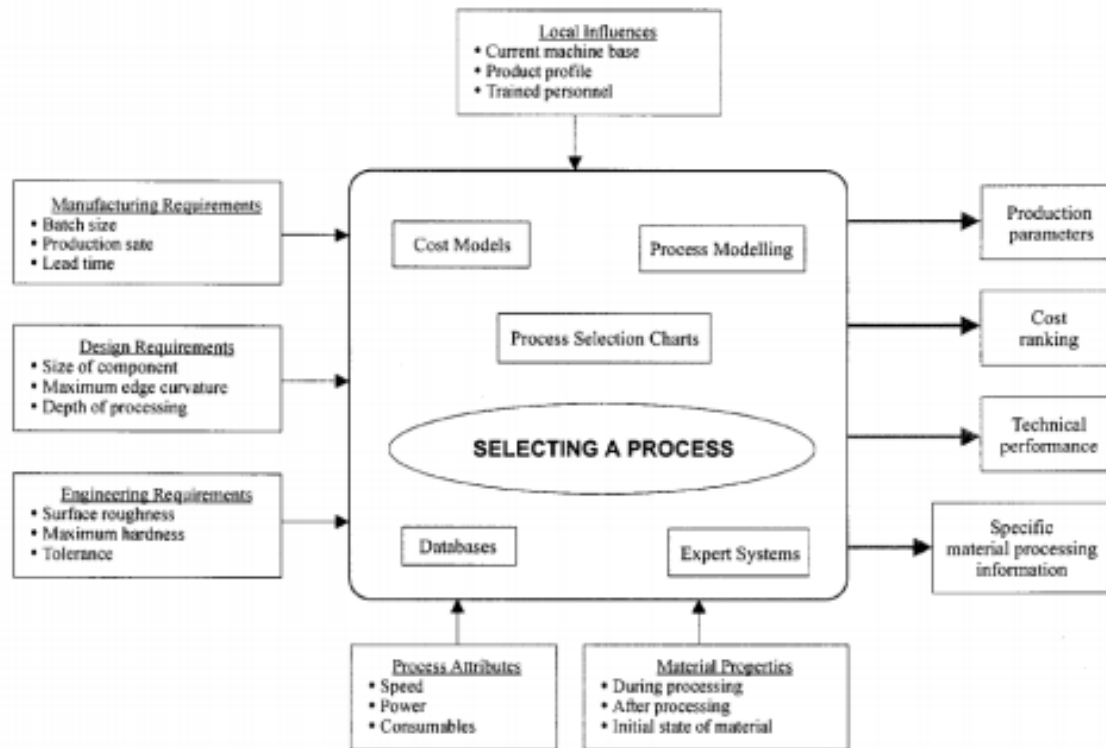
Los diseños complejos en muchas ocasiones son limitados por el número de partes y por el costo de fabricación, por esto no cualquier proceso es capaz de manufacturarlo.

### **1.7.2 Proceso con material:**

Lo más evidente es la limitación de los procesos a ciertas clases de material, los plásticos no pueden ser mecanizados al igual que los aceros no pueden ser producidos por modelado por extrusión.

### **1.7.2 Proceso con material con forma:**

El diseño para una pieza moldeada por fundición es un buen ejemplo de la situación en la que todas las interacciones son importantes. Por ejemplo, la colocación de bandas dependerá de la capacidad de calor de tanto el material del molde y la aleación. En este caso la mejor selección será en la que se tienen en cuenta el material, la forma y el proceso al mismo tiempo, pero en la actualidad no existe un método que permita interactuar diferentes variables para casos específicos de procesos de producción, (Lovatt & Schercliff, 1998) propone un esquema en el que se identifica la información de entrada y de salida en un proceso de selección:



*Ilustración 6 Diagrama que indica la descripción de entradas y salidas de los materiales entre procesos, así como las herramientas.*

Se puede observar que el esquema (figura 5) parámetros de entrada: requerimientos de manufactura, diseño e ingeniería, como insumos también se encuentran las influencias locales, los atributos del proceso y las propiedades del material, entre la información de salida se encuentra: parámetros de producción, clasificación del costo, técnicas de rendimiento y material específico. En resumen, es necesario establecer un procedimiento de selección, que evalué de manera sistemática los diversos materiales, opciones de procesamiento y demás variables que intervienen, teniendo en cuenta las metodologías propuestas por (Lovatt & Schercliff, 1998) y las variables fundamentales para el proceso de mecanizado expuestas por (Kalpakjian & Schmid, 2008), se propone una estructura para desarrollar el aplicativo propuesto.

## CAPÍTULO 3.

### DESARROLLO DEL PROYECTO

En este apartado se puede encontrar información de accesorios y maquinarias, las especificaciones de los materiales, sus requerimientos, estándares de seguridad, especificaciones de recepción de materiales y entrega del producto. Y todo controlado por los administradores de la producción.

Hay que recordar que como se trata de una empresa manufacturera de clase mundial, la gran mayoría de sus procesos, está muy bien desarrollados y controlados, desde sus áreas de planeación de la producción en corea del sur. Por tal motivo se describe hasta donde nos fue posible hacer el análisis del proceso de producción sin comprometer información técnica valiosa de la compañía.

#### 3.1 Recopilación y organización de la información.

Dentro de TAEHWA AUTOMOTIVE se recopiló información de la productividad en una línea de outer race durante un cierto periodo dando como resultado baja eficiencia de productividad, de tal forma no logrando cumplir con las metas de producción. Debido a esto se buscara una propuesta de automatización viable para que las máquinas de la línea trabajen sin tantos paros por parte del operador. En un determinado tiempo de crecimiento económico dentro de la empresa, el logro de una mayor productividad adquiere un nuevo sentido de urgencia. Así se percibe en particular en los países en desarrollo, en los que el rápido aumento de la población, las disminuciones de los precios de exportación de las materias primas y el incremento del endeudamiento y de la inflación ensombrecen el futuro. Un incremento de la productividad puede compensar el efecto de algunos de estos problemas.



Conforme pasan los años el interés por la productividad ha adoptado diversas formas. En el nivel macroeconómico, la medición de la productividad ha sido un criterio útil para los órganos rectores en el establecimiento de políticas salariales o en la lucha contra la inflación. En el nivel de la empresa, ha contribuido a precisar el rendimiento. Quizás ha sido aún más importante el interés por. Los métodos y las técnicas relacionados con el aumento de la productividad. Recientemente se ha logrado dar un impulso a la productividad mediante los progresos alcanzados en la tecnología de los procedimientos. Sin embargo, en este aspecto el interés se ha centrado más en la propia tecnología que en la administración racional de la productividad o en las repercusiones sociales de la introducción de nuevas técnicas.

En el siguiente apartado nos enfocaremos en la productividad actual y una forma de aumentarla a través de un diseño de automatización que realiza las operaciones más rápido que si se hace manualmente.

Para ello debemos saber primero ¿Qué es la productividad?

Según una definición general, la productividad es la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción o servicios y los recursos utilizados para obtenerla.

Una productividad mayor significa la obtención de más con la misma cantidad de recursos, o el logro de una mayor producción en volumen y calidad con el mismo insumo o tiempo.

*Ecuación 2 Formula de productividad*

$$\frac{\text{producto}}{\text{tiempo}} = \text{productividad}$$

El tiempo es a menudo un buen denominador, puesto que es una medida universal y está fuera del control humano. Cuanto menor tiempo lleve lograr el resultado deseado, más productivo es el sistema.

El mejoramiento de la productividad no consiste únicamente en hacer las cosas mejor: es más importante hacer mejor las cosas correctas.

El mejoramiento de la productividad depende de la medida en que se pueden identificar y utilizar los factores principales del sistema de producción social. En relación con este aspecto, conviene hacer una distinción entre tres grupos principales de factores de productividad, según se relacionen con:

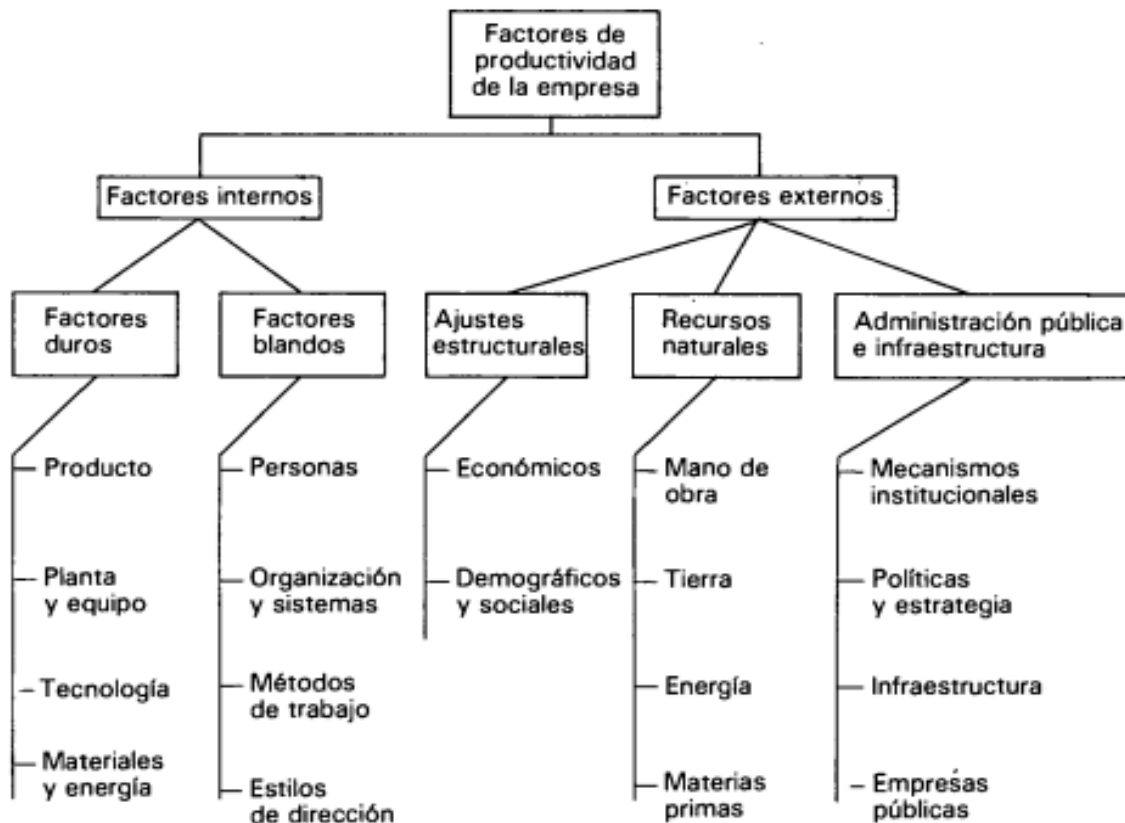
- el puesto de trabajo
- los recursos
- el medio ambiente.

Existen dos categorías principales de factores de productividad:

- Externos (no controlables).
- Internos (controlables).

Los factores externos son los que quedan fuera del control de una empresa determinada, y los factores internos son los que están sujetos a su control. Para ocuparse de todos esos factores se requieren diferentes instituciones, personas, técnicas y métodos. Por ejemplo, en cualquier intento de mejorar el rendimiento en donde se proyecte tratar de los factores externos que afectan a la gestión de la empresa, deben tomarse esos factores en consideración durante la fase de planificación del programa y tratar de influir en ellos mediante la unión de fuerzas con otras partes interesadas. Por tanto, resulta evidente que el primer paso para mejorar la productividad consiste en identificar los problemas que se plantean en esos grupos de factores. El siguiente paso consiste en distinguir los factores que son controlables. Los factores que son externos y no controlables para una institución pueden ser a menudo internos para otra. Los factores externos a una empresa, por

ejemplo, podrían ser internos en las administraciones públicas, o en las instituciones, asociaciones y grupos de presión nacional o regional. Los gobiernos pueden mejorar la política fiscal, crear una mejor legislación del trabajo, proporcionar mejor acceso a los recursos naturales, mejorar la infraestructura social, la política de precios, etc., pero las organizaciones no pueden hacerlo por sí mismas.



*Ilustración 7 Modelo integrado de factores de la productividad de una empresa*

Dentro de TAEHWA MEXICO la productividad se ve afectada debido a que la línea de OUTER RACE L1 trabaja manualmente, llevando consigo mayor tiempo de operación y menos productividad, el factor que afecta la productividad es interno y es por parte del operador ya que requiere mayor tiempo para operar el equipo.

Ver tabla 2, 3, 4, 5 y 6.

Tabla 2 OUTER RACE L1 día 1

<b>OR</b>	M/E 1	<b>240054</b>	0	0	
	M/E 2	<b>240054</b>	0	0	
	LINEA 1	<b>22H9001</b>	715	603	84%
	LINEA 2	<b>22H9001</b>	715	601	84%

Tabla 3 OUTER RACE L1 día 2

<b>OR</b>	M/E 1	<b>240054</b>	696	0	0%
	M/E 2	<b>240054</b>	832	1055	127%
	LINEA 1	<b>22H9001</b>	715	515	72%
	LINEA 2	<b>22H9001</b>	715	598	84%

Tabla 4 OUTER RACE L1 día 3

<b>OR</b>	M/E 1	<b>240054</b>	435	0	0%
	M/E 2	<b>240054</b>	520	327	63%
	LINEA 1	<b>22H9001</b>	325	295	91%
	LINEA 2	<b>22H9001</b>	325	192	59%

Tabla 5 OUTER RACE L1 día 4

<b>OR</b>	M/E 1	<b>240054</b>	957	0	0%
	M/E 2	<b>240054</b>	1144	1400	122%
	LINEA 1	<b>22H9001</b>	715	598	84%
	LINEA 2	<b>22H9001</b>	715	470	66%

Tabla 6 OUTER RACE L1 día 5

<b>OR</b>	M/E 1	<b>240054</b>	957	454	47%
	M/E 2	<b>240054</b>	1144	1080	94%
	LINEA 1	<b>240054</b>	715	612	86%
	LINEA 2	<b>240054</b>	715	529	74%

Se obtuvieron datos de 5 días diferentes y como se puede observar la eficiencia de productividad no es estable y tiene mucha variación, esto debido a que la línea opera manualmente ocasionando paros por parte del operador al momento de cambio de pieza para maquinar.

### **3.2 Análisis de la información.**

Como podemos observar en la sección anterior uno de los principales factores que afecta la productividad dentro de la empresa es uno de los factores blandos, para ser claros, el factor blando que más afecta son las personas, como principal recurso y factor central en todo intento de mejoramiento de la productividad, todas las personas que trabajan en una organización tienen una función que desempeñar como trabajadores.

La dedicación es la medida en que una persona se consagra a su trabajo. Las personas difieren no sólo en su capacidad, sino también en su voluntad para trabajar. Esto se explica por medio de una ley del comportamiento: la motivación disminuye si se satisface o si queda bloqueada su satisfacción. Por ejemplo, los trabajadores pueden desempeñar sus funciones sin efectuar un trabajo duro (falta de motivación), pero incluso si trabajaran a su plena capacidad no estarían satisfechos (la motivación queda separada de la satisfacción). Para estimular y mantener la motivación, se deben tener en cuenta los factores siguientes: Se debe constituir un conjunto de valores favorables al aumento de la productividad para provocar cambios en la actitud.

La motivación es básica en todo el comportamiento humano y, por tanto, también en los esfuerzos por mejorar la productividad. Las necesidades materiales siguen siendo predominantes, pero ello no significa que los incentivos no financieros no sean eficaces o no sean utilizables. El éxito de los trabajadores con respecto al aumento de la productividad se debe reforzar de inmediato mediante recompensas, no sólo en forma de dinero, sino también mediante un mayor reconocimiento,

participación y posibilidades de aprendizaje y, por último, mediante la eliminación completa de las recompensas negativas.

En resumen, para mejorar la productividad del trabajo se pueden utilizar los siguientes criterios, métodos y técnicas esenciales: salarios y sueldos; formación y educación; seguridad social (pensiones y planes de salud; recompensas; planes de incentivos; participación o codeterminación; negociaciones contractuales; actitudes con respecto al trabajo, a la supervisión y al cambio; motivación para alcanzar una mayor productividad; cooperación; mejoramiento y extensión de la organización; mejores comunicaciones; sistemas de sugerencias; planificación de la carrera; asistencia al trabajo; valor de los bienes y servicios producidos; seguridad en el empleo).

Para lograr esto se requiere de cierto tiempo y capacitaciones más concurrentes.

Al analizar las tablas nos damos cuenta que la eficiencia de producción es variable, con la siguiente formula se calculara la eficiencia de produccion.

$$\frac{\textit{produccion obtenida}}{\textit{produccion planeada}} \times 100 = \textit{eficiencia}$$

Día 1:

$$\frac{603}{715} \times 100 = 84.33\%$$

Una eficiencia baja en un primer día con turno de 12 horas, laboradas 11 horas totales de las 12 del turno, esto debido a la hora de comida que ocupa el operador.

Esto sucede sucesivamente con los demás día generando pérdidas e incumplimiento con el plan de produccion.

Tomando como referencia el tiempo de maquinado que se obtendría de la siguiente manera:

### 3.3 Propuesta de solución.

Una propuesta a solucionar esto es implementar una automatización para ello se diseñó un documento donde se muestra la propuesta de automatización demostrando que la productividad aumentará.

La automática se define como el conjunto de métodos y procedimientos para la sustitución del operario en tareas físicas y mentales previamente programadas. De esta definición original se desprende la definición de la automatización como la aplicación de la automática al control de procesos industriales.

Por proceso, se entiende aquella parte del sistema en que, a partir de la entrada de material, energía e información, se genera una transformación sujeta a perturbaciones del entorno, que da lugar a la salida de material en forma de producto.

No hay que olvidar que las industrias (tanto la manufacturera como la de procesos) realizan grandes esfuerzos en la optimización del proceso. Algunas de ellas se centran en el aspecto de la calidad, mientras que otras se centran en el aspecto de los costes. Estos factores (mejora de la calidad del producto y disminución de costes en la producción) son los condicionantes fundamentales en estas industrias, y en este sentido la automatización industrial contribuye decisivamente desde que a finales de la década de los años setenta apareció el microprocesador, núcleo de los controladores comerciales presentes en el mercado como los autómatas programables, los controles numéricos y los armarios de control de robots manipuladores industriales.

Durante los casi ya treinta años de utilización de autómatas programables en la industria, conviene destacar su labor eficaz en el control secuencial de procesos. Una de las aplicaciones de mayor éxito es la combinación de autómatas programables con la tecnología electroneumática. Esta combinación ha permitido ofrecer soluciones de automatización basadas en el posicionamiento, la orientación y el

transporte de material dentro de la planta, y es de gran ayuda en las tareas realizadas por otros elementos.

Dentro de TAEHWA MEXICO se recopiló información de la productividad en una línea de OUTER RACE durante un cierto periodo (3 turnos de 12 horas cada uno) dando como resultado baja eficiencia de productividad, ocasionando incumplimiento de las metas de producción.

*Tabla 7 Meta de las líneas de producción y ajo rendimiento de maquinado.*

OUTER RACE	LINEA 1	22H9001	META	REAL	EFECIENCIA
			327 PZ	170	51%
OUTER RACE	LINEA 2	22H9001	META	REAL	EFECIENCIA
			327 PZ	189	57%

*Tabla 8 Turno 2: la eficiencia solo ha aumentado un 4%*

OUTER RACE	LINEA 1	22H9001	META	REAL	EFECIENCIA
			327 PZ	200	61%
OUTER RACE	LINEA 2	22H9001	META	REAL	EFECIENCIA
			327 PZ	200	61%

*Tabla 9 la eficiencia ha aumentado a un 1%*

OUTER RACE	LINEA 1	22H9001	META	REAL	EFECIENCIA
			327 PZ	190	58%
OUTER RACE	LINEA 2	22H9001	META	REAL	EFECIENCIA
			327 PZ	192	58%

Estas especificaciones son evaluadas a través de un sistema de recepción de materia prima, que regula que cumplan y que con ello se logren las necesidades de cada producto y considere que las operaciones en todo momento son realizadas



mediante sistemas de automaticos de medicion (comparadores, medidores digitales, sensores y/o sistemas de vision).

La secuencia lógica de todos los elementos del sistema; para la parte robótica se tiene que la programación se puede realizar a pie de máquina; pero bajo el concepto MD la idea cambia ya que existe una programación fuera de línea (off-line programming) que permite ver a detalle la secuencia de recorrido del robot, detectando en todo momento posibles colisiones, trayectorias optimas, detección de tiempo de operación y algo muy importante la actividad de producción no sea interrumpida, ya que el especialista en robótica elabora la programación en una pc.

También es importante mencionar que la programación está ligada con parámetros de necesidades de todo el sistema, es decir, que producir y en qué momento, el SMFA bajo su lógica de programación comienza a tomar decisiones de como producir, cuantos y cuando, esta parte es muy importante, debido a las consideraciones que se deben hacer, en primer lugar esta los conceptos de TR que son los que hacen que exista un control del entorno para producir en tiempo y cantidad, para que en segundo término se añadan las herramientas de Administración de Planeación de Procesos que son las encargadas de hacer la optimización de los inventarios, las solicitudes de los materiales, establecer el punto de equilibrio con la oferta y la demanda; entonces todo funciona en forma visual, su manejo hace un sistema robusto pero que gracias a la línea de producción hace un sistema de fácil manejo pero con todo el Know-How necesario para la producción.

Los resultados van en paralelo con el desarrollo, es decir, lo que se ha logrado después de 6 años de trabajo es lograr que el SMFA esté integrado en su totalidad y que permita realizar aplicaciones de desarrollo tecnológico, como lo ha sido el diseño de productos a fabricar, el diseño de sistemas de sujeción y transporte de materiales, la actualización de lenguajes de programación de los sistemas a versiones más amigables para el usuario y de mayor velocidad de operación para el sistema, la integración de nueva tecnología como fue la introducción de un robot industrial IRB140 ABB y el sistema de comunicación/programación bajo un PLC que

cuenta con la red local en sus sistemas y ambiente lógico a través de bloques y que tiene una programación orientada a objetos, finalmente toda la documentación en forma digital que sea desarrollado para el soporte tecnológico de lo que significa emplear un SMFA.

Como actividades posteriores de este desarrollo, se encuentran las tareas de incrementar el grado sensorial de todo el sistema a través de la utilización de un sistema de visión para operaciones de identificación de productos y verificación dimensional, también hay posibilidad de introducir nuevos robots que serán los sustitutos de los robots M-2 y ER-14, una opción muy oportuna para desarrollar en el SMAFA es emplear un sistema de monitoreo a distancia que sirva para actividades de mantenimiento y puesta en marcha, ya hay algunos estudios realizados sobre estas cuestiones y sería oportuno dar continuidad para incrementar el nivel de tecnología de los SMAFA.

Al recopilar la información de producción de cada turno tenemos que:

La velocidad de operación y maquinado es de: 180 segundos si se realiza manualmente.

El tiempo real de operación de cada equipo es de 10 horas, aunque el turno sea de 12 horas 2 de ellas se reparten de la siguiente manera:

40 minutos: tiempo de comida del operador

80 minutos: para realizar ajustes de dimensiones o cambios de insertos, cambios de modelo, liberación de piezas por parte de calidad o si llegara a suscitarse alguna falla correctiva en el equipo donde tenga que intervenir mantenimiento.

Realizado lo anterior tenemos que las tres maquinas en conjunto tienen un tiempo de operación de 30 horas= 1800 minutos por cada turno.

¿ por qué no se cumple con la meta de producción?

Debido a que el trabajo o/u operación se realiza de forma manual teniendo como tiempo 180 segundos por cada pieza.

El mejoramiento de la productividad depende de la medida en que se pueden identificar y los factores que afectan a la misma, hablando de factores existen dos tipos; externos e internos. El factor que principalmente afecta la productividad es un factor interno de la categoría blando, el cual sería el personal.

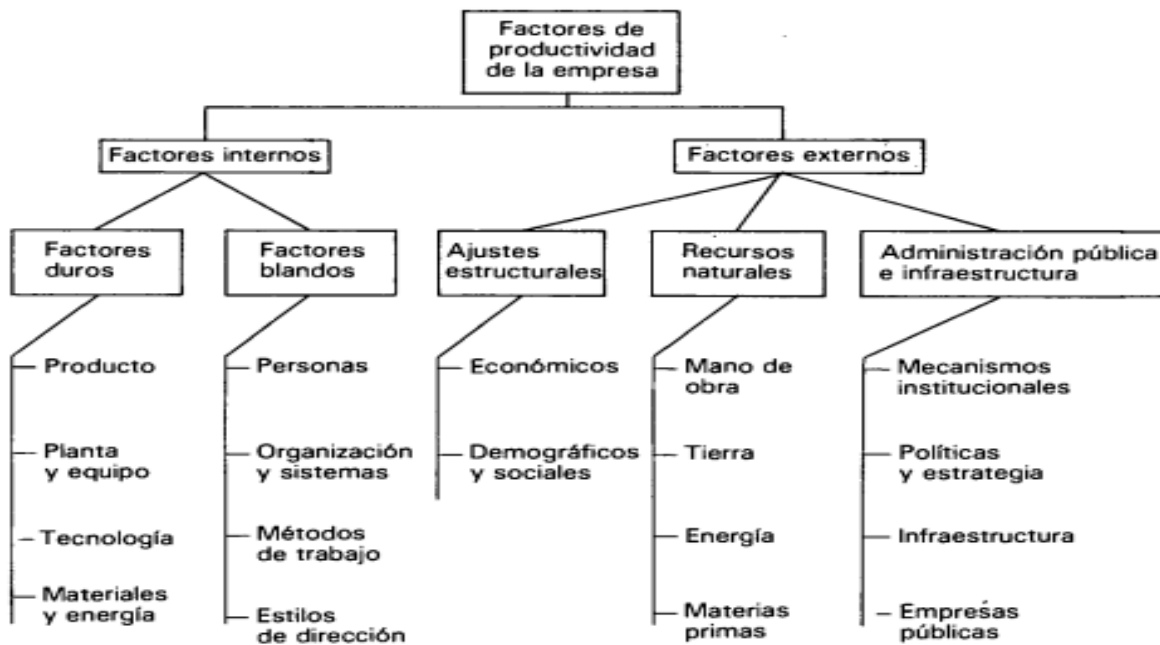


Ilustración 8 diagrama de flujo de factores de productividad

## CAPÍTULO 4.

### RESULTADOS Y CONCLUSIONES

#### 4.1 Resultados.

Implementada la metodología para la selección de procesos de mecanizado, se logró por medio de la utilización de cartas registros y bases de datos, tener un panorama más claro del proceso de producción. este método tiene como gran ventaja que se puede extender a más variables, para el proceso de mecanizado se propusieron tres cartas: Dureza (relacionaba el material de la herramienta con el material de la pieza), Acabado superficial (combinación de los valores de tolerancia y rugosidad) y Especificación de la pieza (se tenía en cuenta el tamaño y la forma de la pieza a mecanizar), pero con más investigación pueden incluirse muchas más sin necesidad hacer cambios en la metodología, las cartas actuales realizan búsquedas en un cuadrante (x,y), comparando así dos variables, esto limita un poco el resultado, pero se podrían mejorar estructurando búsquedas (x,y,z) que puedan comparar dos, tres, o más variables.

El sistema que se propone a ocupar para la automatización del proceso es un brazo cargador (GANTRY LOADER), el cual tiene un tiempo de operación de minutos por cada operación, reduciendo así 148.6 segundos de tiempo utilizado en modo manual.

Por cada turno la productividad aumentaría 42 piezas por cada máquina más de lo planeado, es decir un 13% más de la producción establecida en 200pz por máquina trabajando manualmente.

En la siguiente tabla de comparación podremos observar los cambios al utilizar el sistema de automatización comparado con un trabajo manual

Sistema de automatización (GANTRY LOADER)					
Sistema manual			Sistema automatico (GANTRY LOADER)		
Meta.	Resultado.	Eficiencia.	Meta.	Resultado.	Eficiencia.
Turno 1: 327 pz	189 Piezas	57%	Turno 1: 327 pz	242 Piezas	74%
Turno 2: 327 pz	200 Piezas	61%	Turno 2: 327 pz	242 Piezas	74%
Turno 3: 327 pz	192 Piezas	58%	Turno 3: 327 pz	242 Piezas	74%

*Ilustración 9 Comparacion de un sistema manual*

#### 4.2 Trabajos Futuros.

El objetivo general de este proyecto es: Diseñar un aplicativo que facilite y oriente la selección de procesos de mecanizado basado en variables y propiedades de piezas de manufactura, luego de haber cumplido todos los objetivos específicos se puede concluir que es posible facilitar la elección de procesos de mecanizado, utilizando la metodología de cartas y bases de datos, puesto que logra tener en cuenta diferentes variables que intervienen en el proceso y compararlas entre sí, arrojando como resultados los procesos que son más afines a las características de la pieza a producir, la ejecución de los métodos que se presento es muy simple de manejar, presenta los resultados de manera clara y es rápido en la búsqueda de procesos; pero la persona que desee utilizarlo y no posea una copia del mismo no podrá hacerlo; así que sería bueno tenerlo en una plataforma virtual para que sea más fácil de acceder y de libre consulta, con la consigna claro está de mejorarlo y enriquecerlo

por parte de las personas involucrados para tener una mejor comprensión de los procesos.

### **4.3 Recomendaciones.**

Con más investigación se pueden definir e incluir más variables al proceso de mecanizado, tales como: impacto de la producción de la pieza en el medio ambiente, costo total de la pieza teniendo en cuenta las especificaciones de la misma, estudios de dureza de la pieza, entre otros. Debido que se tiene una metodología definida, es posible incluir más procesos de producción para aumentar el campo de aplicación y no tenerlo limitado al proceso de mecanizado. Se pueden mejorar las cartas teniendo la posibilidad de comparar tres variables al mismo tiempo, en castas actuales se utiliza un sistema de búsquedas con coordenadas (x,y), se podría mejorar teniendo cartas comparen tres o más variables (x,y,z).

### **4.4 Conclusiones.**

El primer objetivo de este proyecto se esperaba evidenciar los mecanismos de decisión que utilizan las empresas de manufactura a nivel mundial, luego de realizar una encuesta a un grupo de empresas del sector de mecanizado se encontró que existen flaquezas en la parte de planeación de las operación del proceso de mecanizado puesto se tiene más en cuenta la rapidez del procesos: tiempos y movimientos, que los parámetros de la pieza, también se evidencio que la información que se tiene en cuenta para manufacturar una pieza se basa principalmente en lo que se vive diariamente; participación trabajadores y experiencia del operario a cargo y no en lo que científicamente debería ser, este aplicativo combina la teoría científica, con la realidad de los procesos de mecanizado en aplicados en mexico, para lograr un buen equilibrio entre ambas.

Para el desarrollo de la metodología se planteó como segundo objetivo la delimitación de las variables fundamentales de los procesos, después de toda una investigación se concluyó que al momento de manufacturar una pieza sea mediante el mecanizado o cualquier otro método de producción, son muchas las variables que intervienen y de la buena combinación de las mismas depende la calidad del producto final, se debe tener en cuenta la calidad de la herramienta de corte que se utiliza, el estado de la máquina, la habilidad del operario, el tiempo que se demora en producirse, especificaciones de diseño, en sí, las variables que intervienen son muchas: hubiera sido excelente tenerlas en cuenta a todas, pero por motivos de extensión, en este proyecto se investigaron y delimitaron las que más hacen la diferencia al momento de seleccionar un proceso u otro, por ejemplo, el tamaño es fundamental al momento de decidir mediante qué proceso se va a manufacturar una pieza, puesto que producir una pieza pequeña mediante un proceso con capacidad para piezas grandes hace que el costo se eleve.

Luego de identificar y delimitar las variables fundamentales del proceso de mecanizado, se dio cumplimiento al tercer objetivo y se construyeron las relaciones existentes entre las variables fundamentales de las piezas manufacturadas y los procesos de producción, para construir las relaciones se utilizó un sistema de cartas coordenadas, en las que cada variable se ubicaba en un eje (x, y), cada variable con sus respectivos rangos, en las intersecciones se ubicaron los procesos que eran más afines a cada rango, las variables se combinaron de acuerdo a su afinidad.

La manera o forma adecuada para concluir es comparando las ventajas de tener un SMF y un SMFA dentro de la planta, hablaremos un poco de las ventajas y desventajas que tienen están dos entre sí, en la siguiente tabla:

Tabla 10 ventajas y desventajas de SMFA

<b>SMF</b>	
Ventajas	Desventajas
Empleo para la población (que sin valorar su integridad física; realizan los esfuerzos extremos que requiere producción)	Proceso artesanal carente de avance tecnológico.
	El ritmo de producción lo marcan las personas.
	Producto sin calidad ya que hace falta la repetitividad en el proceso.
	Existe el ajuste al tanteo, al ojo de buen cubero, a la experiencia, a lo cualitativo.
	Alto riesgo de accidentes y probabilidad alta de enfermedades.
<b>SMFA</b>	
Ventajas	Desventajas
Velocidad constante de producción	Desempleo: por cada diez empleados sólo se necesitará un empleado.
Eliminación de desperdicios.	
Eliminación de accidentes.	
Oportunidad de aplicar herramientas estadísticas para el monitoreo del proceso. (Gráficas de control, Diseño de experimentos, mantenimiento productivo total, etc.)	
Calidad del producto ya que empleando un control en el proceso, se garantiza que la automatización es homogénea.	
Evolución en tecnología e imagen de la empresa y al ambiente de trabajo.	

Al poder comparar ventajas y desventajas se logra apreciar una inmensa separación entre cada una; operaciones de alto riesgo al trabajador y baja competitividad, operaciones automatizadas, desarrollo de tecnología y alta competencia.



#### 4.4 BIBLIOGRAFÍA

- Amestoy, M. E. (2007). *Principios de mecanizado y Planificacion de procesos*. Cartagena.
- Ashby, M. (1999). *Material Seleccion in Desing*. Butterworth.
- Ashby, M. (2009). *Materials and the environment : eco-informed material choice*. Amsterdam.
- Askeland, D. R. (2004). *Ciencia e Ingenieria e los materiales*. Mexico.
- H., G. H. (2004). *La importancia del metodo de seleccion de materiales*. Scientia et Tehnica.
- Kalpakjian, S. &. (2008). *Manufactura, Ingenieria y Tecnologia*. Mexico: Pearson Educacion.
- L., F. J. (2000). *Maquinado de metales con maquinas herramientas*. Mexico: Continental S.A.
- Lovatt, A. &. (1998). *Manufacturing process selection in engineering design. Part 1: the role of process selection*. Materials & Desing.
- Mott, R. L. (2009). *Resistencia de materiales*. Mexico: Pearson Educacion.
- R, C. D. (2000). *Materials science and engineering: an introduction*. New York.
- R., A. H. (2010). *Tolerancia dimencionales*. Madrid.
- Shackelford, J. F. (2005). *Introduccion a la ciencia de materiales para los ingenieros*. Madrid: Pearson education.