

34
2e.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA PARA LA
IMPLANTACIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN DE
PROCESOS PRODUCTIVOS EN LA INDUSTRIA
MEXICANA**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
ÁREA INDUSTRIAL**

P R E S E N T A :

ROBERTO CARLOS ARREOLA

ASESOR: M. I. LEOPOLDO A. GONZÁLEZ GONZÁLEZ



México, D. F.

1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

**PROPUESTA DE UNA METODOLOGIA
PARA LA IMPLANTACION DE LA
AUTOMATIZACION DE PROCESOS
PRODUCTIVOS EN LA INDUSTRIA
MEXICANA**

A mis Padres;

por todo el cariño, amor, comprensión y gran apoyo que me han otorgado en los momentos felices y en los mas difíciles de mi vida para llegar a ser un ser humano honesto, cumplido y útil a la sociedad. Los amo.

A mis hermanos, Ana María y José Arturo;

por aconsejarme y respaldarme en todo momento y por sentir su gran cariño y apoyo incondicionales para que cada día me supere mas para ser una persona íntegra y trabajadora.

A mis amigos, los que están y los que se nos adelantaron;

por su sincera amistad y por convivir y estar conmigo, aunque no siempre físicamente, en los momentos felices y tristes que juntos hemos compartido

Al M.I. Leopoldo A. González González;

por sus consejos, conocimientos, tiempo y comprensión que me otorgó para realizar esta tesis, muchas gracias

A la Ing. Silvina Hernández García;

por brindarme su apoyo, tiempo, y conocimientos para la realización de este trabajo

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Ingeniería

Roberto

INDICE

	Página
OBJETIVOS	1
JUSTIFICACION	2
INTRODUCCIÓN	3
I. PANORAMA ACTUAL DE LA EMPRESA EN MEXICO.	5
1.1. MEXICO ANTE LA GLOBALIZACION MUNDIAL.	6
1.2. CRISIS ECONOMICA DE MEXICO.	8
1.3. SITUACION ECONOMICA DE MEXICO.	11
1.4. POLITICA ECONOMICA DE MEXICO.	14
1.5. ACTUALIZACION TECNOLÓGICA.	18
II. METODOLOGIA PARA LA IMPLANTACION DE LA AUTOMATIZACION DE PROCESOS PRODUCTIVOS.	21
II.1. OBJETIVO DE LA EMPRESA.	22
II.1.1. Hacer ver los beneficios de la automatización a la dirección de la empresa.	22
II.1.2. Estrategia para vencer la resistencia al cambio.	23
II.2. IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA.	26
II.2.1. Sistema Productivo.	26
II.2.2. Clasificación y misión de la empresa.	27
II.2.3. Modelo de producción.	28
II.2.4. Tipo de proceso existente.	29
II.3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO ACTUAL.	30
II.3.1. Descripción general de las operaciones actuales.	30
II.3.2. Diagramas.	31
II.4. ESTUDIO CRÍTICO DEL PROCESO ACTUAL.	35
II.4.1. Extensión del estudio.	36
II.4.2. Cuestionamiento de las actividades en estudio.	36
II.5. DESARROLLO DEL PROCESO PROPUESTO.	41
II.5.1. Identificación de problemas en el proceso actual.	41
II.5.2. Alternativas de solución.	41
II.5.3. Elección de la solución mas adecuada.	62
II.5.4. Descripción del proceso propuesto.	63

	Página
II.6. PRODUCTIVIDAD.	64
II.6.1. Estudio de tiempos.	64
II.6.2. Consolidación de datos.	76
II.6.3. Balances de líneas.	76
II.6.4. Simulación de la duración del proceso actual y propuesto.	77
II.6.5. Determinación de la productividad.	78
II.7. EVALUACIÓN TECNOLÓGICA.	79
II.7.1. Descripción y categorización.	80
II.7.2. Método de evaluación.	80
II.8. EVALUACIÓN ECONÓMICA.	81
II.8.1. Métodos de evaluación.	81
III. CASO PRACTICO.	83
CONCLUSIONES	136
BIBLIOGRAFIA	136

OBJETIVOS

General:

Proporcionar una secuencia lógica general de pasos a seguir para abordar los problemas de modernización tecnológica (automatización) de los procesos productivos del sector industrial mexicano.

Particular:

Implantar la automatización en los sistemas de producción para mejorar y modernizar los procesos productivos, mediante el rediseño parcial y/o radical de las operaciones con el fin de satisfacer las exigencias de: tiempos de operación y entrega, servicio al cliente, calidad de los productos y costos de producción; demostrando cuantitativamente la factibilidad de su aplicación.

Específico:

Utilizar los conceptos, técnicas y herramientas de la Ingeniería Industrial para aplicarlos de manera práctica en la automatización de los procesos productivos en las micros, pequeñas, medianas y grandes empresas industriales mexicanas.

JUSTIFICACION

La justificación para la realización de esta tesis es que en el sector industrial mexicano (principalmente en la micro y pequeña empresa) no se tiene conocimiento del desarrollo de las herramientas y técnicas de ingeniería industrial para conocer, analizar y mejorar los procesos productivos; provocándose, de esta manera, un estancamiento en el desarrollo de tecnología que permita responder de forma positiva a la situación actual que demanda el mercado para mantenerse compitiendo de forma favorable.

Es por esto que propongo una metodología práctica que oriente y ayude a los empresarios mexicanos para abordar el concepto de "modernización tecnológica", que hoy en día es requerido si se quiere competir a nivel mundial.

INTRODUCCION

Las empresas en México y en el extranjero han tenido que enfrentar una competencia feroz. Es decir, para continuar y aumentar la participación en el mercado se debe responder de forma rápida a las expectativas del cliente, al aumento de la productividad, a la reducción de costos y a la mejora de la calidad, sólo de esta manera se podrá seguir compitiendo en los mercados.

Para competir de forma satisfactoria, las empresas deben conocer exactamente lo que está pasando en la planta para poder actuar y tomar decisiones. Diversas herramientas de planeación, control y mejora de procesos se han desarrollado durante los últimos años, unas con un grado de sofisticación mayor que otras, pero todas con la finalidad de satisfacer las expectativas de los clientes.

Los sistemas computarizados han sido una herramienta poderosa y básica para el desarrollo de nuevas técnicas; éstas van desde una simple mecanización de actividades hasta sistemas inteligentes que permiten la acción coordinada del flujo de materiales, de maquinaria y equipo e información requerida para operar.

Recientemente muchas compañías han visto que la automatización ayuda de manera muy importante al aumento de la productividad, de manera que han hecho grandes inversiones de procesos automatizados, sistemas de distribución de materiales y sofisticados sistemas de información, las cuales no resultan satisfactorias para alcanzar los objetivos deseados para aumentar la productividad. Estos fracasos se deben a que las compañías frecuentemente pasan por alto los pasos básico de recolección de datos y análisis de las operaciones, cuando están realizando la implantación de un sistema automatizado. Estos pasos tienen el objetivo de asegurar que la automatización alcance resultados favorables en productividad, costo, calidad y servicio. La automatización es sólo tan buena como el proceso que se trata de automatizar.

Esta tesis propone una secuencia de pasos a seguir para analizar la factibilidad de implantar mejores procesos de producción que permitan el aumento paulatino del grado de automatización en las operaciones de los procesos.

Casi en la totalidad de los casos de las empresas mexicanas, el tipo de misión es que cada día sean mas rentables y obtener, por consiguiente, mayores utilidades. Esto implica la plena satisfacción de los requerimientos y expectativas de los clientes, que son al fin y al cabo los que compran los productos fabricados.

Todo esto trae como consecuencia la búsqueda de mejores procesos productivos para satisfacer dichas necesidades y competir en los mercados; y es aquí, precisamente, donde la automatización ayuda, en gran medida, al logro de

la misión y objetivos, porque al utilizar la automatización en los procesos de producción se elevan los niveles de productividad, calidad y mejores costos, además de contar con mejores y más seguras condiciones de trabajo y con un nivel de vida mejor para todas las personas que laboran en la empresa.

La misión de una empresa, hoy en día, se consigue por medio de dejar satisfechos a los accionistas, proveedores, clientes, empleados y a la comunidad.

CAPITULO I

PANORAMA ACTUAL DE LA INDUSTRIA MEXICANA

I.1 MEXICO ANTE LA GLOBALIZACION MUNDIAL

El mundo moderno está en constante cambio y ahora las naciones buscan su bienestar y desarrollo mediante convenios, tratados y alianzas con otras naciones para lograr un crecimiento político, económico social y educativo común y dinámico que mejore el nivel de vida de sus habitantes para obtener un bienestar social y democrático para todos.

Los países, en los últimos tiempos, se han inclinado por las tendencias hacia la globalización o uniones en bloques, para contar con mayores oportunidades de crecimiento y desarrollo tanto comercial y económico como político y diplomático, llevando sus productos y servicios mas allá de sus fronteras geográficas para beneficio del nivel de vida de sus propios habitantes. Este es el caso de México, que en los próximos años, según afirma la reciente administración gubernamental, ejercerá una diplomacia que busque aprovechar las oportunidades globales en beneficio de los mexicanos, que defienda sus legítimos intereses en el exterior, y que consolide el intercambio y la cooperación con las naciones con las que mantiene relaciones políticas y comerciales, además ampliará estas relaciones con otros países a fin de mejorar las condiciones económicas por las que atraviesa la clase trabajadora mexicana y el pueblo en general.

Así, durante los últimos años de este siglo, se han dado acontecimientos y cambios políticos, sociales, culturales y económicos muy importantes en todo el mundo. Uno de los mas importantes es la competencia comercial mundial de bienes de consumo y servicios a clientes, la cual se ha convertido en un factor esencial para el desarrollo, crecimiento y bienestar económico de los países, los cuales se unen para tener mayores ventajas comerciales sobre sus competidores.

La competencia comercial, en la actualidad, se está realizando entre uniones de países que buscan exportar sus productos para extender sus mercados mas allá de sus fronteras, formando alianzas que cuentan con una posición geográfica y con características estratégicas similares para competir, con mejores oportunidades contra los productos y servicios de otras regiones; utilizando, para esto, tecnologías de punta, con técnicas, procedimientos, procesos y sistemas mas eficientes y flexibles para obtener un aprovechamiento óptimo de sus recursos materiales y financieros.

La competencia de los mercados tiene un comportamiento muy cambiante en la actualidad, para colocar mayor cantidad de productos en los mercados nacionales e internacionales, ya que ahora se busca producir con los menores costos posibles y con la máxima calidad para vender a precios mas bajos que los de la competencia.

Como ejemplos de las alianzas comerciales podemos mencionar el Tratado de Libre Comercio (TLC) entre México, Estados Unidos y Canadá, el cual es un acuerdo para reducir gradualmente los aranceles o impuestos a las importaciones hasta llegar a su liberación total en un determinado tiempo, en donde habrán mayores facilidades de compra venta de productos industriales y agrícolas entre los tres países con el mercado mas grande del mundo (mas de 360 millones de consumidores)¹; También encontramos a la Comunidad Europea, integrada por España, Portugal, Inglaterra, Irlanda, Dinamarca, Francia, Italia, Alemania, Bélgica, Holanda, Luxemburgo, Grecia, Austria, Suecia y Finlandia, los cuales formarán un mercado único con libertad de movimiento para personas, bienes, servicios y capitales, con el fin de unificarse en una economía y en una política común.

Otros ejemplos los encontramos en América Latina como es el grupo llamado "Mercosur", integrado por países sudamericanos como son Argentina, Brasil, Uruguay y Paraguay, los cuales se han unido para protegerse de los grandes bloques comerciales y para fomentar su crecimiento económico. Asimismo, México ha firmado acuerdos comerciales con Chile, Venezuela y la Comunidad Europea.

En Asia encontramos a uno de los bloques mas importantes, formado por la alianza de Japón con los llamados "Tigres de Oriente", (Corea del Sur, Taiwan, Hong Kong y Singapur) el cual es un grupo con enorme poder económico en la Cuenca del Pacifico.

Esta creciente interdependencia económica entre países, la desaparición de las fronteras entre mercados internacionales y las tecnologías avanzadas se han combinado para provocar que los objetivos, los métodos, los principios y los modelos económicos y organizacionales antes utilizados en la industria mexicana, se vuelvan obsoletos; ya que no sirven para enfrentar la realidad económica actual. Ahora ya no existen ciclos previsibles o constantes para el crecimiento acelerado de los mercados, de la demanda, de la vida de los productos, de la competencia y del cambio tecnológico.

Por esta razón todas las empresas mexicanas, principalmente las micros y las pequeñas, deben emprender acciones para contar con procesos de administración y de producción mas eficientes, mas productivos y mas modernos, que cumplan con las normas internacionales de calidad para primero subsistir y luego poder crecer en los mercados nacionales e internacionales, utilizando estrategias de alianzas con empresas del mismo ramo.

¹ TLC: México-Estados Unidos. Mitos y Hechos
Luis Pazos
Ed. Diana, México, 1991.

L.2 CRISIS ECONOMICA DE MEXICO

Entre 1950 y 1970, México logró tasas de crecimiento económico elevadas, que promediaron anualmente 6.6 por ciento, lo que significó un aumento del tres por ciento del producto per cápita del país. De principios de los setentas en adelante, México ha registrado crisis económicas recurrentes, con una periodicidad sesenal, y una desaceleración del crecimiento económico. Entre 1970 y 1984, el crecimiento del producto del país tuvo una tasa media anual de 3.9 por ciento. Peor aún, entre 1981 y 1994 esta tasa fue de 1.4 por ciento. En ese lapso el producto per cápita se redujo en casi siete por ciento². Además el estancamiento económico ha ocurrido cuando, por razones demográficas y sociales, la demanda por empleos ha crecido a las tasas más elevadas de la historia nacional.

Debido al insuficiente crecimiento económico, México se enfrenta a un problema muy grave de desempleo y de empleo de baja productividad, tanto en las ciudades como en el campo. La población no tiene acceso suficiente a ocupaciones bien remuneradas. Vencer la crisis y promover el crecimiento económico es asunto prioritario del gobierno, de las empresas y de la sociedad mexicana en general.

El crecimiento económico debe partir de la identificación de las condiciones que propiciaron la desaceleración económica y las crisis recurrentes, para corregirlas, además establecer medios indispensables y los recursos disponibles para impulsar el progreso.

Varios de los fenómenos adversos de la evolución económica mexicana durante buena parte del último cuarto de siglo han sido³:

- Estructura económica con severas distorsiones y rigideces que propician la ineficiencia de la inversión productiva y del empleo de la mano de obra.
- Insuficiencia del ahorro interno por disminuciones ya sea del sector público, o del sector privado.
- Períodos de tiempo de amplia disponibilidad del ahorro externo que se utilizó para financiar déficits crecientes en la cuenta corriente de la balanza de pagos vinculados con procesos de sobrevaluación de la moneda y de la caída del ahorro interno.

² Fuente: Departamento de Estudios Económicos de BANAMEX, con datos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática y estimaciones propias, 1995.

³ Fuente: Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000.

En las crisis de 1976 y 1982 los fenómenos que precedieron las crisis fueron⁴:

- Sobrevaluación cambiaria.
- Contracción del ahorro público.
- Cuenta corriente ampliamente deficitaria.
- Entradas fuertes de financiamiento externo.
- Desequilibrio fiscal compensado por una amplia disponibilidad de financiamiento externo.

La crisis fue mas profunda a principios de los años ochentas debido a las rigideces estructurales de la economía, tales como: control de cambios y de precios, restricciones severas al comercio internacional, aumento de subsidios al sector paraestatal y al sector privado.

A partir de 1988 el proceso de ajuste estructural se aceleró. La apertura comercial se generalizó, se abrieron nuevos campos para la inversión privada mediante la privatización de empresas públicas y se aligeró la regulación de varios sectores económicos.

Desgraciadamente el cambio estructural no se materializó en un crecimiento económico, a pesar de que entre 1989 y 1994 el país tuvo el mayor ahorro externo de su historia. En ese período de tiempo la tasa promedio anual de crecimiento del PIB fue de tres por ciento. El crecimiento económico de esos años resultó ser reducido debido a la transformación estructural y al cuantioso ahorro externo disponible.

Nuevamente la crisis de 1995 fue precedida de un período en que confluyeron⁴:

- La disponibilidad de recursos externos.
- El aumento sin precedente en el déficit en la cuenta corriente de la balanza de pagos
- La sobrevaluación del tipo de cambio real del peso respecto a las monedas de los socios comerciales.

Para que una economía se mantenga viable y solvente debe generar los recursos necesarios para retribuir el ahorro interno y externo; y el problema de fondo de la última crisis, según fuentes oficiales gubernamentales, fue que el ahorro externo, en montos significativos, no se tradujo en una mayor inversión y crecimiento del PIB, y que el ahorro interno disminuyó sistemáticamente.

⁴ Fuente: Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000.

Sin embargo el crecimiento económico depende no sólo del esfuerzo de inversión y ahorro, sino también de la eficiencia con que se utilicen los medios de producción y de la mano de obra.

Para fomentar el aumento de la eficiencia en todos los ámbitos productivos, se debe promover la adquisición, difusión y generación de tecnología de punta, para aplicarla en los procesos productivos del sector industrial, a fin de modernizar los antiguos procesos obsoletos para obtener el mejor uso posible de los recursos, tanto materiales como financieros, con los que cuentan las empresas mexicanas; sólo así se podrá competir en un mayor número de mercados comerciales.

1.3 SITUACION ECONOMICA DE MEXICO

El Poder Ejecutivo Federal presentó en Octubre del año pasado, el Informe sobre la Situación Económica, las Finanzas y la Deuda Públicas en el Tercer Trimestre de 1996. Los aspectos mas importantes se presentan a continuación.

FINANZAS PUBLICAS.

Durante los primeros nueve meses de 1996, las acciones en materia de finanzas públicas se encaminaron a incentivar la recuperación de la actividad económica y a consolidar la estabilidad de los mercados financieros, de acuerdo con lo previsto en el programa económico para ese año. Para alcanzar estos objetivos se aplicaron medidas tributarias encaminadas a incentivar la inversión y el empleo, y se dió especial énfasis a la racionalización de las erogaciones no primordiales y a la reasignación de los recursos públicos hacia sectores estratégicos o aquellos que merecen atención prioritaria.

Sector Público.

Al cierre del tercer trimestre de 1996 el balance público registró un superávit de 19 mil 644 millones de pesos. Este comportamiento se atribuye, entre otros factores, al menor costo financiero de la deuda pública y a la evolución favorable del precio del petróleo en el mercado internacional.

El superávit primario, de acuerdo con lo establecido en el marco del programa económico para contribuir a la recuperación de la actividad productiva, se ubicó en 85 mil 392 millones de pesos, en tanto que para el mismo periodo del año anterior ascendió a 76 mil 394 millones de pesos.

Los ingresos presupuestales sumaron 396 mil 26 millones de pesos. El comportamiento de los ingresos presupuestales se derivó de la evolución de la actividad económica, del costo fiscal de las acciones dirigidas a estimular la inversión productiva y el empleo, así como de la evolución favorable del precio del petróleo mexicano en el mercado internacional.

Al finalizar el tercer trimestre de 1996, el gasto neto del sector público ascendió a 379 mil 379 millones de pesos. De este monto, 314 mil 319 millones correspondieron al gasto primario del sector público presupuestal y 65 mil 61 millones se destinaron a cubrir el costo financiero de la deuda pública.

Gobierno Federal.

En septiembre de 1996, el gobierno federal presentó un balance deficitario por 2 mil 548 millones de pesos, producto de un superávit primario de 51 mil 113 millones de pesos y de un costo financiero de 53 mil 660 millones de pesos.

Los ingresos del gobierno federal se ubicaron en 261 mil 781 millones de pesos. En el tercer trimestre de 1996, los ingresos del gobierno federal mostraron una significativa mejoría con respecto a lo recaudado durante el primer semestre de ese año. Lo anterior fue reflejo de la evolución de la actividad productiva y del mayor cumplimiento de los contribuyentes de sus obligaciones fiscales.

El gasto programable de la administración pública centralizada sumó 145 mil 479 millones de pesos. La inversión directa e indirecta que llevaron a cabo las dependencias ascendió a 24 mil 37 millones de pesos, recursos que se canalizaron, entre otros, a través del ramo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y Comisión Nacional del Agua.

DEUDA PUBLICA.

En materia de deuda pública externa, el acceso a los mercados internacionales de capital, en términos cada vez más favorables en cuanto a plazo y costo, permitió lograr el refinanciamiento de la deuda externa en mejores términos y condiciones. Destacó el pago anticipado por 7 mil millones de dólares del Paquete de Apoyo Financiero otorgado a través del Departamento del Tesoro de los Estados Unidos. Mediante esta operación, el saldo de este crédito se redujo, en poco más de un año, de un nivel máximo de 12 mil 500 millones de dólares a sólo 3 mil 500 millones de dólares.

Durante el tercer trimestre de 1996 se continuó con el proceso permanente de refinanciamiento de la deuda pública, con nuevas operaciones que mejoraron el perfil de las obligaciones financieras del sector público, alargando su plazo y disminuyendo su costo. Gracias a dichas acciones, se contará en los próximos años con un mayor margen de maniobra para afrontar los compromisos financieros y, simultáneamente, incrementar los recursos destinados al desarrollo económico y social sin afectar la solidez de las finanzas públicas.

COMPORTAMIENTO DEL PIB DE MEXICO⁵

La Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), informó que en el tercer trimestre de 1996, el Producto Interno Bruto (PIB) de México creció en 7.4% en términos reales, con respecto al mismo periodo de tiempo de 1995. De esta forma, por segundo trimestre consecutivo se presenta un aumento en la producción de bienes y servicios, con lo que se fortalece la recuperación de la actividad económica.

Por su parte, el sector industrial fue el más dinámico, constituyéndose en el motor de crecimiento en el periodo mencionado. A su interior, el PIB de la minería se incrementó en 5.7%; el de la industria manufacturera en 13.9%; el de la construcción en 24.9%; y el de la generación de electricidad, gas y agua en 5.6%, con relación al mismo periodo de 1995.

En cuanto al PIB del sector servicios en su conjunto se elevó en 5.4% a tasa anual, siendo los sectores más dinámicos los asociados al transporte, almacenaje y comunicaciones.

El conjunto de las actividades industriales (minería, manufactura, construcción y electricidad, gas y agua) presentó un crecimiento real de 14.6% en su PIB en el tercer trimestre de 1996 con respecto al mismo periodo del año anterior. De hecho, con este resultado el sector industrial se constituye en el más dinámico de la economía mexicana.

El PIB de la minería aumentó en 5.7%. En este resultado influyó la mayor extracción de petróleo crudo y gas natural. También incidió favorablemente la extracción y beneficio de mineral de hierro y de otros minerales no metálicos.

El PIB de la industria manufacturera aumentó en 13.9% con respecto al mismo lapso del año anterior.

En la tabla I.3. se muestra el crecimiento real del PIB por división de la industria manufacturera en el tercer trimestre de 1996, con respecto al mismo trimestre del año anterior.

⁵ Información generada por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).

CRECIMIENTO DEL PIB DE LAS INDUSTRIAS MANUFACTURERAS EN EL TERCER TRIMESTRE DE 1996

División	Aumento III Trimestre 1996 (% a tasa anual)
1. Productos alimenticios, bebidas y tabaco	5.2
2. Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	20.3
3. Industria de la madera y productos de madera	9.3
4. Papel, productos de papel, imprenta y editoriales	2.2
5. Sustancias químicas, derivados del petróleo, productos de caucho y plástico	1.9
6. Productos de minerales no metálicos (excepto derivados del petróleo y carbón)	19.3
7. Industrias metálicas básicas	18.5
8. Productos metálicos, maquinaria y equipo	31.0
9. Otras industrias manufactureras	10.6

Tabla 1.3. Crecimiento real del PIB en el tercer trimestre de 1996 con respecto al mismo período del año anterior.

FUENTE: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 1996.

El PIB de la industria de la construcción aumentó en 24.9% en el periodo julio-septiembre de 1996; el del sector eléctrico, gas y agua presentó un crecimiento real de 5.6%; el del sector servicios en conjunto aumentó en 5.4%; el de la división comercio, restaurantes y hoteles creció 7%; el de la división transporte, almacenaje y comunicaciones aumentó 11.3%; el de la división servicios financieros, seguros, actividades inmobiliarias y alquiler se incrementó en 3.6%; y el de la gran división servicios comunales, sociales y personales en 2.5%.

1.4 POLITICA ECONOMICA

Si bien los resultados de 1996 reflejaron el inicio de una fase de recuperación de la actividad económica, 1997 deberá caracterizarse por una consolidación de ésta tendencia. Se buscará avanzar para que en 1998 nos acerquemos mas a la meta de mediano plazo de crecer a tasas anuales del 6% o superiores.

El objetivo último de esta estrategia es el de elevar en forma permanente los niveles de empleo y remuneraciones reales, mediante la ampliación eficiente de la capacidad productiva de la economía. Ello, a través de la generación de flujos crecientes de ahorro e inversión que permitan sustentar una expansión

armónica de la demanda interna y del empleo sin generar desequilibrios que vulneren las perspectivas de mediano plazo.

Objetivos para 1997.

1. Crecer cuando menos el 4.9% real en el Producto Interno Bruto de 1997, sustentado en la dinámica del sector exportador, un fuerte impulso a la inversión y en una gradual recuperación del consumo.
2. Lograr un aumento significativo en el empleo. Si bien éste se ha recuperado de manera importante en el sector de bienes comerciables internacionalmente, se espera que en 1997 dicha recuperación se generalice a más sectores.
3. Avanzar en la estabilización macroeconómica. Este objetivo es de fundamental importancia para consolidar las bases de un crecimiento vigoroso.

Con este propósito se buscará reducir más la inflación. Se estima que en 1997 la inflación acumulada sea de 15%, medida por el Índice Nacional de Precio al Consumidor.

Durante 1997 se empezarán a absorber los costos de la reforma a la seguridad social y se seguirán cubriendo los costos derivados de los programas de alivio a deudores y de saneamiento del sector financiero.

4. Elevar los niveles de bienestar de la población a través de una política de gasto social sustentada en la reforma a la seguridad social y en los programas integrales de combate a la pobreza.
5. Continuar promoviendo la modernización del aparato productivo a través de aumentos en la productividad y la eficiencia. La finalidad de estas acciones es asegurar un crecimiento sano, capaz de absorber mano de obra y retribuirla con remuneraciones crecientes.

Bases para el crecimiento en 1997.

La estrategia para el crecimiento en 1997 se apoyará en el dinamismo de la inversión y del sector exportador, y en una situación fiscal sólida.

Las perspectivas de la inversión y de otros componentes son favorables para lograr la meta de una tasa de crecimiento de la actividad económica de al menos 4.0% en términos reales durante 1997. La forma como dichos componentes habrán de influir en el crecimiento se describe a continuación.

a) **Exportaciones.** Durante 1997, las exportaciones continuarán estimulando a la actividad productiva al generar empleo productivo y aumentar la demanda de producción de origen nacional.

Se estima que en 1997 el valor en dólares de las exportaciones manufactureras se incrementa en alrededor de 16%, sin contar las originadas en las maquiladoras.

b) **Inversión pública y privada.** El Proyecto de Presupuesto de Egresos para 1997 propone promover la inversión pública e inducir un esfuerzo adicional de inversión privada.

Como proporción del PIB, se estima que el total de la inversión impulsada por el sector público equivalga a 4.0%. Destaca la inversión en hidrocarburos, electricidad, carreteras, agua y vivienda.

En hidrocarburos, la inversión crecerá en 56.4% en términos reales: exploración y producción (62.8%); refinación (39.2%); y gas y petroquímica básica (34.7%).

En el sector eléctrico habrá un importante crecimiento de la inversión de 61.7% para 1997.

En materia de construcción, conservación y modernización de carreteras, se pretende que la inversión para el próximo año alcance un crecimiento de 21.8% real.

En la infraestructura hidráulica, se busca que la inversión alcance un crecimiento real de 11.1%. Sobresalen los proyectos de abastecimiento de agua potable, drenaje y tratamiento de aguas residuales en la Zona Metropolitana del Valle de México.

En 1997 se promoverá un programa integral en materia de vivienda, con el propósito de que este sector contribuya a la producción y al empleo, y al mismo tiempo se avance en la dotación de uno de los factores más importantes para elevar el nivel de vida de los trabajadores.

c) **Consumo.** Debido al escaso financiamiento externo neto, la crisis de finales de 1994 condujo a una contracción del consumo superior a la de la producción. Sin embargo, la recuperación del empleo observada, así como el comienzo de una gradual mejoría en los salarios reales, permiten prever una mejoría moderada en los niveles de consumo del sector privado.

Un factor adicional que habrá de estimular la recuperación del consumo es el desendeudamiento neto que han tenido las familias que pusieron en práctica los programas de alivio a deudores.

A partir de los avances logrados en 1996, el objetivo central de la política económica durante 1997 y los años siguientes será el de alcanzar un crecimiento vigoroso de la actividad productiva y del empleo, en un contexto de reducción de la inflación y de mayor estabilidad financiera.

Este propósito sólo podrá alcanzarse a partir de dos factores fundamentales: la existencia de una base amplia y estable de ahorro para el financiamiento de la inversión, y la constante promoción de la mayor eficiencia del aparato productivo.

Planta productiva nacional.

La industria mexicana puede dividirse en cuatro sectores básicos, que son: manufactura, construcción, comercio y servicios.

En la tabla 1.4.1, se muestra la clasificación de las empresas, según SECOFI, por el número de ventas netas anuales y por el número de empleados.

CLASIFICACION DE LAS EMPRESAS		
CLASIFICACION	No. DE EMPLEADOS	VOLUMEN DE VENTAS ANUALES*
micro	1-15	< 900 mil
pequeña	16-100	900 mil - < 9 millones
mediana	101-250	9 millones - 20 millones
grande	>250	> 20 millones

Tabla 1.4.1. Clasificación de las empresas.

*Las cifras de ventas serán las correspondientes al cierre del último ejercicio de la empresa de que se trate.

Fuente: Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI), Enero de 1997.

1.5 ACTUALIZACION TECNOLÓGICA

En México, el sector industrial tiene una estructura dual muy acentuada. Por una parte, hay un sector moderno con un número muy pequeño de grandes empresas con tecnologías avanzadas y, por la otra, un sector tradicional con muchísimas pequeñas y micro empresas con un gran rezago tecnológico. Esto significa que hay una gran dispersión en la eficiencia productiva entre empresas y sectores de la economía. México no está haciendo un uso eficaz del enorme potencial que significan las nuevas tecnologías en procesos, en informática y en nuevos materiales.

Es preciso denotar que nuestra infraestructura tecnológica está insuficientemente desarrollada y poco dirigida a apoyar el aumento de la productividad, además la calidad de los productos nacionales está por abajo de los estándares y normas internacionales y que no se tenía preocupación por la competencia extranjera, ya que las fronteras estaban cerradas a la mayoría de los productos.

Son muy escasas las instituciones dedicadas a la investigación, creación y desarrollo de nuevas tecnologías en relación con la importancia económica del país y con su escasa productividad. Además sólo contamos con el 0.3 por ciento del producto interno bruto (PIB) para gasto nacional en el desarrollo y aplicación de ciencia y tecnología, siendo la contribución del sector privado a ese gasto muy reducida, alcanzando apenas una quinta parte del total, en tanto que en otros países llega a ser de entre 50 y 70 por ciento⁶.

También observamos que la investigación y desarrollo en algunas industrias, presenta un severo atraso frente a la competencia extranjera, esto es debido a que México eroga menos del 0.5% de su PIB en investigaciones científicas y tecnológicas⁷. Además en México las empresas, especialmente las pequeñas y micros, presentan una escasa planeación de sus estrategias tecnológicas y una casi nula diversificación de fuentes de aprovisionamiento tecnológico.

Tenemos que reconocer que la mejora tecnológica y el incremento de productividad corresponden principalmente al sector empresarial privado y sólo habrá resultados importantes si este sector lleva a cabo mejoras substanciales a sus procesos productivos y administrativos, utilizando procesos mecanizados y automatizados para reducir sus costos de producción de manera importante; y si cuenta con un sistema eficiente de control de los mismos, tendrá la capacidad de

⁶ Fuente: Departamento de Estudios Económicos de BANAMEX, con datos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática e estimaciones propias, 1995.

⁷ Fuente: Departamento de Estudios Económicos de BANAMEX, con datos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática e estimaciones propias, 1995.

respuesta rápida para corregir problemas y eventualidades que surjan por problemas en la maquinaria, en el equipo, en las instalaciones, en la adquisición de materiales y materia prima, en los medios de transporte, en cancelaciones de pedidos, etc.

En las condiciones actuales que se encuentra el país, el elemento más crítico de la política tecnológica, en el corto y mediano plazos, consiste en asimilar, entender y utilizar eficientemente tecnologías, adecuadas a las necesidades de la empresa, como son la automatización y robotización, que en la mayoría de los casos son más accesibles de lo que se piensa, ya que la tecnología avanza rápidamente y cada vez está al alcance y a la disposición de más empresas, y además permite crear, desarrollar y modificar, de forma gradual, nuevas formas de producción y administración de los procesos de producción, permitiendo flexibilidad a los mismos para enfrentar cualquier cambio que se presente, ya que en la actualidad la capacidad de respuesta es un elemento esencial para el desarrollo y la vida de los productos, que los clientes exigen, cada vez con características más específicas, para satisfacer sus necesidades particulares.

Así pues, la automatización y la robotización de los procesos de producción tienen, hoy en día, aplicaciones y usos reales importantes y alcanzables en la micro, pequeña, mediana y hasta en la grande empresa, para incrementar su competitividad y flexibilizar sus ciclos de producción, mejorando así la rentabilidad de la empresa y abarcando cada vez más mercados. Asegurándose un uso más eficiente de los recursos humanos, materiales y financieros, para utilizar mejores y más eficientes procesos y controles de producción y para lograr empleos más seguros y mejor remunerados; ya que con la automatización de los procesos se tiende a:

- aumentar, en gran medida, la productividad (medida ésta en términos de mayor cantidad de producción),
- utilizar un mínimo de insumos requeridos para esa producción,
- reducir los costos de inventario,
- reducir el costo por unidad de producto terminado y
- aumentar la calidad y precisión de los productos.

El reto es grande, pero es necesario dar ese "paso" a la modernización en la producción industrial (que cada vez tiene cambios más rápidos y profundos, con marcadas tendencias de desarrollo) para utilizar y explotar, en forma adecuada y eficiente, todos los recursos naturales con los que cuenta el territorio

mexicano. Y sin duda alguna, el mejor aprovechamiento de estos recursos se dará utilizando e innovando nuevos y mejores sistemas productivos con la implantación de elementos de la automatización en los procesos actuales de producción para que tengan el nivel de competencia adecuado para hacer frente a las exigencias del mercado y de los clientes; obteniéndose una simplificación en el trabajo y una mejora continua que optimice las operaciones de las diferentes áreas de la empresa y que garantice el mejor método para continuar con la permanencia y/o extensión en los mercados mundiales, ya que se ha visto que aquellos países que han utilizado adecuadamente a la automatización en sus procesos, son líderes en ventas de sus productos.

CAPITULO II

METODOLOGIA PROPUESTA PARA LA AUTOMATIZACION DE PROCESOS DE PRODUCCION

II.1. OBJETIVO DE LA EMPRESA

Para poder utilizar la automatización a fin de mejorar las operaciones de una planta de producción, lo primero es decidir si realmente se quiere automatizar, para esto se debe contar con el respaldo de un nivel elevado de la organización (generalmente es la Dirección General de la empresa) que apoye la realización del proyecto.

Para poder evaluar el contenido de cualquier trabajo, se requiere conocer los alcances que se pretenden lograr. Por lo tanto se tiene que definir el **OBJETIVO** que se quiere alcanzar en la producción.

DEFINIR EL OBJETIVO QUE SE QUIERE ALCANZAR.

UN EJEMPLO DEL OBJETIVO A ALCANZAR SE MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.1.

III.1.1. HACER VER LOS BENEFICIOS DE LA AUTOMATIZACION A LA DIRECCION DE LA EMPRESA

Algunas preguntas que se formulan a la dirección de la empresa para establecer que la automatización ayuda en gran medida al mejoramiento de los procesos de producción se muestran en la tabla II.1.1., que a continuación se expone.

CUESTIONARIO PARA LA DIRECCION DE LA EMPRESA	
a)	¿En qué situación se encuentra la empresa respecto a los competidores del mercado?
b)	¿Hacia dónde se dirigirá el entorno de la empresa en el futuro?
c)	¿Qué objetivos pretende alcanzar la empresa en los próximos diez años?
d)	¿En qué punto de su curva vital se encuentran los productos del actual programa de producción?
e)	¿Qué productos podrán renovarse en el mediano plazo gracias al desarrollo técnico, de modo que puedan fabricarse mas económicamente?
f)	¿Cuáles son los factores mas importantes que determinan las ventas y los beneficios (capacidad instalada, volumen de producción, flujo de materiales, transporte y preparación, calidad, capacidad de responder a cambios en la producción, volumen de ventas, distribución, servicio, precios, otros)?
g)	¿Qué modificaciones del proceso de producción dan lugar a reducciones de costo y una mayor flexibilidad y a un incremento de la competitividad?

Tabla II.1.1. Cuestionario para la Dirección de la empresa.

NOTA: LOS PASOS DE LA METODOLOGIA SE ESCRIBIRAN EN MAYUSCULAS NEGRITAS Y CURSIVAS PARA SU MEJOR VISUALIZACION.

Contestar estas preguntas, mientras mas detalladas sean, mayor será la fiabilidad con que puedan establecerse los OBJETIVOS de la empresa y las estrategias correspondientes.

UN EJEMPLO DEL TEST PARA LA DIRECCION DE LA EMPRESA SE MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.1.1.

Después de haber aplicado estas preguntas se hará ver a la dirección de la empresa las ventajas de mejorar y/o automatizar los procesos y de la necesidad de reconocer un estilo distinto de dirección que refleje los cambios en la producción y que involucre una motivación de realizar las actividades y procesos de una forma mas eficiente y productiva de como se han estado llevando a cabo, es decir vencer la resistencia al cambio, porque todo proceso es susceptible de mejoras continuas.

Este apoyo de la Dirección debe ser absoluto para asignar responsabilidades a un equipo de trabajo que se encargue de la supervisión y dirección del estudio.

II.1.2. ESTRATEGIA PARA VENCER LA RESISTENCIA AL CAMBIO

Los pasos propuestos para vencer la resistencia al cambio son: diagnosticar la resistencia y superar la resistencia al cambio.

II.1.2.1. DIAGNOSTICAR LA RESISTENCIA

La mayoría de las formas en que un cambio en la empresa puede afectar a los individuos están resumidas en la tabla II.1.2.1.1.

- APLICAR LAS PREGUNTAS DE LA TABLA II.2.1.1. PARA DIAGNOSTICAR LA RESISTENCIA AL CAMBIO.

QUESTIONARIO DE CONTROL DE LA REACCION AL CAMBIO
Uno mismo:
(U-1) ¿Cómo cambiará la satisfacción de mis necesidades básicas?
(U-2) ¿Cómo cambiará la satisfacción de mis necesidades de orden superior?
(U-3) ¿Cómo cambiará mi salario?
(U-4) ¿Cómo cambiarán mis posibilidades de promoción?
(U-5) ¿Cómo cambiará mi opinión sobre mí mismo?
(U-6) ¿Cómo cambiará mi influencia formal (participación)?
(U-7) ¿Cómo cambiará mi influencia informal (autoridad)?
(U-8) ¿Cómo cambiará mi futuro en esta organización?
(U-9) ¿Cómo cambiará mi escala de valores?
(U-10) ¿Cómo cambiarán mis sentimientos?

Tabla II.1.2.1.1. Cuestionario de control de la reacción al cambio.

Trabajo:

- (T-1) ¿Cómo cambiará la cantidad de trabajo que hago?
- (T-2) ¿Cómo cambiará mi competencia en el trabajo?
- (T-3) ¿Cómo cambiará mi interés en el trabajo?
- (T-4) ¿Cómo cambiará la importancia de mi trabajo?
- (T-5) ¿Cómo cambiarán las presiones del trabajo (estrés)?
- (T-6) ¿Cómo cambiará mi entorno físico?
- (T-7) ¿Cómo cambiará mi horario de trabajo?

Otras personas:

- (O-1) ¿Cómo cambiarán mis relaciones con los compañeros?
- (O-2) ¿Cómo cambiarán mis relaciones con mi superior?
- (O-3) ¿Cómo cambiarán mis relaciones con mis subordinados?
- (O-4) ¿Cómo cambiarán mis relaciones con mi familia?
- (O-5) ¿Cómo cambiarán mis relaciones con amigos?

Tabla II.1.2.1.1. Cuestionario de control de la reacción al cambio. (Continuación).

Las preguntas del cuestionario son útiles para centrar la atención sobre las causas de la resistencia. Este cuestionario se debe aplicar individualmente a cada persona de los grupos afectados por el cambio y todas ellas deben estar de acuerdo en contestar con veracidad. **A CADA PREGUNTA QUE PAREZCA IMPORTANTE PARA EL CAMBIO, SE LE MARCARÁ CON UN SIGNO (+), (-) o (?), según se prevea que ese factor aumentará la aceptación (+), aumentará la resistencia (-) o si el sentido de la influencia es dudosa (?).**

UN EJEMPLO DEL CUESTIONARIO DE CONTROL DE LA REACCIÓN AL CAMBIO SE MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.1.2.1., TABLA III.1.2.1.1.

Si la dirección de la empresa tiene buena perceptividad, el análisis que supone este cuestionario representa un *diagnóstico* tal como lo sienten, lo valoran y lo perciben los individuos que se encuentran afectados por el cambio.

La información obtenida con el cuestionario anterior permite elaborar un *diagrama de reacción al cambio*. Este diagrama es útil para la elección de una estrategia del proceso de innovación. Existen dos estrategias básicas: aumentar la aceptación del cambio y/o disminuir la resistencia al cambio.

Las preguntas del cuestionario anterior se pueden clasificar en dos grupos: aquellas sobre las que hay que actuar aumentando la aceptación (se marcarán con un signo +) que serán las fuerzas de aceptación F+ y aquellas sobre las que hay que actuar disminuyendo la resistencia (se marcarán con un signo -) que serán fuerzas de resistencia F-.

El balance entre las fuerzas F+ y las F- se demostrará como la capacidad de cambio.

$$\text{Capacidad de cambio} = f(F+, F-)$$

Cuanto mayor sea la capacidad de cambio para una caso concreto, mas favorable es la situación y menor resistencia al cambio se producirá.

La información obtenida en el cuestionario de control de la reacción al cambio puede disponerse en forma de diagrama de reacción al cambio asignándole una flecha a las preguntas mas representativas del cambio.

Cada pareja de flechas del diagrama de reacción al cambio corresponde a una de las preguntas (fuerzas) del cuestionario de control de resistencia al cambio. La longitud de la flecha delgada es proporcional al peso que se le asigne a esas fuerzas. Si se hace que los pesos asignados a las fuerzas de aceptación sumen diez y los pesos asignados a las fuerzas de resistencia sumen diez (veinte en total), este peso representará la intensidad relativa de cada fuerza en la situación actual.

La longitud de la flecha gruesa representa la facilidad con que se puede modificar la fuerza por medio de la percepción, experiencia y análisis que haga la persona encargada de modificar la resistencia al cambio, de modo que cuanto mayor sea la flecha gruesa, mas fácil será captar y modificar la fuerza de aceptación o resistencia al cambio. La composición de estas flechas gruesas con las delgadas representan lo que, a juicio de la persona encargada de reducir la resistencia al cambio, podría llegar a ser la resistencia al cambio.

UN EJEMPLO DEL DIAGRAMA DE REACCION AL CAMBIO SE MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.1.2.1., FIGURA III.1.2.1.2.

Este análisis resulta útil porque representa un enfoque mas riguroso de lo que a menudo se hace por intuición; también orienta

sobre qué fuerzas actuar y en qué sentido hay que hacerlo para aumentar la capacidad de cambio y disminuir la resistencia al cambio.

II.1.2.2. SUPERAR LA RESISTENCIA UTILIZANDO EL METODO DE "INFORMACION, COMUNICACION Y FORMACION"

Uno de los métodos mas empleados para superar la resistencia es el método de información, comunicación y formación.

Este método consiste en impartir una información previa. La comunicación de ideas ayuda a las personas a ver la necesidad y la lógica de los cambios. El proceso de información puede consistir en explicaciones individuales, presentación a grupos o entrega de informes. La formación consistirá en impulsar al subordinado para que alcance el nivel de desarrollo adecuado.

UN EJEMPLO DEL METODO "INFORMACION, COMUNICACION Y FORMACION" SE MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.1.2.2.

Un programa de formación y comunicación puede resultar muy positivo cuando la resistencia se basa en unas informaciones y análisis incorrectos o imprecisos, sobre todo si el director necesita la cooperación de quienes se oponen al cambio para llevarlo adelante.

Exige un cierto tiempo y esfuerzo, especialmente cuando los afectados son un gran número de personas. La formación técnica permite reducir la alta resistencia a los cambios al aumentar la competencia profesional; la información y comunicación permiten vencer la falta de comprensión y la evaluación diferente de las consecuencias del cambio.

II.2. IDENTIFICACION DE LA EMPRESA

Lo primero que se tiene que hacer es identificar (perfectamente bien) cómo se realizan las operaciones de la empresa en estudio; para esto se requiere conocer el sistema, modelo y tipo de producción que se lleva a cabo, así como la misión de la empresa y su clasificación dentro de la industria mexicana.

II.2.1. SISTEMA PRODUCTIVO

- ¿QUE SISTEMA PRODUCTIVO SE TIENE?

Un sistema productivo es un conjunto de elementos que interactúan para lograr un objetivo, transformando un producto de un estado A a un estado B, donde este producto recibe un valor agregado o brindando un servicio al cliente.

Lo primero que se debe identificar es el sistema productivo que tiene la empresa en estudio. Este sistema productivo puede ser de bienes (industria de manufactura o transformación), de servicios (hoteles, restaurantes, transportación, etc.) o híbrido (combinación de los dos anteriores).

Las industrias manufactureras o de transformación son todas aquellas que modifican las características físicas y/o químicas de las materias primas por medio de adición, cambio o ensamble de materiales hasta lograr el satisfactor.

UN EJEMPLO DEL SISTEMA PRODUCTIVO SE MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.2.1.

II.2.2. CLASIFICACION Y MISION DE LA EMPRESA

- ¿QUE CLASIFICACION TIENE LA EMPRESA?

Las empresas mexicanas se pueden clasificar, según la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI), por la cantidad de ventas netas anuales y por el número de empleados en: **micro, pequeña, mediana y grande** (Ver tabla I.4.1.).

- ¿CUAL ES LA MISION DE LA EMPRESA?

La misión de la empresa es importante para tener muy claro cuál es el fin que se persigue. Entre estos fines encontramos: beneficios económicos; satisfacer necesidades sociales; abrir fuentes de trabajo; obtención de un prestigio social; cumplimiento de una responsabilidad social; etc. En la mayoría de los casos la misión es generar utilidades para hacer a las empresas cada vez mas rentables.

UN EJEMPLO DE LA CLASIFICACION Y MISION DE LA EMPRESA SE MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.2.2.

II.2.3. MODELO DE PRODUCCION

El modelo de producción es un parámetro preestablecido de cómo producir, el cual contiene características perfectamente definidas.

Existen dos modelos de producción: **continuo o intermitente.**

En el modelo continuo, la ganancia es por el volumen de producción y en el intermitente estriba en la exclusividad y acercamiento al cliente.

Para clasificar a la empresa por su modelo de producción se cuenta con la tabla II.2.3. El modelo de producción será aquel que tenga el mayor número de características semejantes obtenidas de ambos modelos.

TABLA DEL MODELO DE PRODUCCION		
CARACTERISTICA	CONTINUO	INTERMITENTE
VOLUMEN DE PRODUCCION Y VENTAS	alto	bajo
PRODUCTO	estandarizado	no estandarizado
MANO DE OBRA	calificada en el proceso (maquinaria)	calificada en el producto
COSTO DEL PRODUCTO	bajo	alto
PRECIO DEL PRODUCTO	bajo	alto
CLIENTE	no escoge	si escoge
INVENTARIOS	altos	bajos
PRONOSTICO	fácil	difícil
VENTA DEL PRODUCTO	pedidos continuos	pedidos aislados
TIPO DE MAQUINARIA	media-punta	obsoleta-media
MAQUINARIA	no flexible	flexible
TIPO DE PRODUCCION	en línea	por proceso o punto fijo

Tabla II.2.3. Modelo de producción.

- DETERMINAR EL MODELO DE PRODUCCION UTILIZANDO LA TABLA II.2.3. MODELO DE PRODUCCION.

UN EJEMPLO PARA DETERMINAR EL MODELO DE PRODUCCION SE MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.2.3.

II.2.4. TIPO DE PROCESO EXISTENTE

El tipo de proceso es la forma en que se lleva a cabo la producción. Los tipos de proceso son los siguientes:

a) En líneas:

- Las actividades se suceden una tras otra (en línea).
- En su distribución de planta (lay-out) no hay cruces.
- La cantidad hace que su flujo de producción sea continuo.
- Ejemplos: fabricación de refrescos, automóviles, etc.

b) Lote:

- Tiene identificadas estaciones de trabajo.
- No tiene estandarización (flexibilidad de producción).
- El flujo es por lote (no es continuo).
- Ejemplo: fabricación de ropa.

c) Punto fijo:

- Producciones que tienen gran volumen.
- Los materiales son fijos, a diferencia de las anteriores la mano de obra y la maquinaria se mueve alrededor de la materia prima.
- Ejemplo: construcción de barcos en astillero, autos en barco, etc.

d) Células de producción:

- Agrupaciones de personas que tienen como objetivo realizar una serie de pasos definidos dentro de un proceso.
- Trabajan por lotes para obtener un producto intermedio.
- Es un pequeño proceso dentro de uno más grande, administrados independientemente, donde se tiene también flexibilidad.
- Ejemplo: fabricación de computadoras.

Los factores que se evalúan para determinar el tipo de producción son: materiales, mano de obra y maquinaria.

Para determinar el tipo de proceso se cuenta con la tabla N.2.4.

TABLA PARA DETERMINAR EL TIPO DE PROCESO			
PROCESO	MATERIALES	MANO DE OBRA	MAQUINARIA
EN LINEA	en movimiento	fija	fija
LOTE	en movimiento	fija/movimiento	fija
PUNTO FIJO	fijos	movimiento	movimiento
CELULAS DE PRODUCCION	en movimiento	fija	fija

Tabla II.2.4. Tipo de proceso.

- DETERMINAR EL TIPO DE PROCESO EXISTE UTILIZANDO LA TABLA II.2.4. TIPO DE PROCESO.

UN EJEMPLO DEL TIPO DE PROCESO SE MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.2.4.

II.3. DESCRIPCION DEL PROCESO ACTUAL

II.3.1. DESCRIPCION GENERAL DE LAS OPERACIONES ACTUALES

Primero es necesario conocer las operaciones del proceso de forma general. Para esto se deben anotar las operaciones que se realizan en el proceso de producción con una breve explicación de las mismas para tener una visión global de lo que se realiza durante el proceso de producción actual.

- ANOTAR BREVEMENTE LAS DESCRIPCIONES DE LAS OPERACIONES REALIZADAS EN EL PROCESO DE PRODUCCION ACTUAL.

UN EJEMPLO DE DE LAS DESCRIPCIONES DE LAS OPERACIONES DE PROCESO ACTUAL SE MUESTRAN EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.3.1.

II.3.2. DIAGRAMAS

Después de conocer el proceso de manera general, es necesario registrar con detalle todas las actividades que se realizan. Para esta etapa de registro de información es muy útil utilizar diagramas o impresos adecuados en los que de forma clara, concisa y sistemática pueden anotarse todos los datos que servirán para conocer a detalle el proceso actual y poder analizarlo para proponer mejoras.

La utilidad de estos diagramas es básicamente para:

- a) Facilitar la distribución de la planta aprovechando el espacio disponible de forma óptima.
- b) Optimizar la operación de la planta mejorando los tiempos y movimientos de las máquinas y de los operarios.

- UTILIZAR DIAGRAMAS PARA EL REGISTRO DETALLADO DE LAS ACTIVIDADES QUE SE REALIZAN EN EL PROCESO ACTUAL.

II.3.2.1. HACER DIAGRAMA DE BLOQUES

El diagrama de bloques es el mas sencillo para representar un proceso. Consiste en que cada una de las operaciones ejercidas sobre la materia prima se encierran en un rectángulo; cada rectángulo o bloque se coloca en forma continua y se une con el anterior y el posterior por medio de flechas que indican tanto la secuencia de las operaciones como la dirección del flujo.

Si es necesario se pueden agregar ramales al flujo del proceso. En los rectángulos se anota la operación unitaria (cambio físico o químico) efectuada sobre el material.

UN EJEMPLO DEL DIAGRAMA DE BLOQUES SE MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.3.2.1.

II.3.2.2. SIMBOLOGIA ESTANDAR PARA DIAGRAMAS

Con el fin de facilitar la utilización de diagramas se han clasificado las distintas actividades que se realizan, las cuales están representadas por los símbolos indicados en el cuadro II.3.2.2.

SIMBOLOGIA ESTANDAR PARA DIAGRAMAS	
 OPERACIÓN	 ALMACENAMIENTO
 INSPECCIÓN	 DEMORA
 TRANSPORTE	 ACTIVIDAD COMBINADA

Cuadro II.3.2.2. Simbología estándar para diagramas de flujo.

- **Operaciones de ejecución.** Son las que representan un avance en el proceso productivo. Por ejemplo: cortar, roscar, soldar, etc.
- **Operaciones auxiliares.** No significan un avance en el proceso, pero preparan alguna operación de ejecución o le siguen inmediatamente. Por ejemplo: ordenar, orientar, etc.
- **Transporte.** Tiene por objeto trasladar, desplazar, fuera del puesto de trabajo. Los pequeños desplazamientos dentro del puesto de trabajo se consideran operaciones auxiliares.
- **Inspección.** Su objetivo es la determinación de una o varias características del producto. Por ejemplo: pesar, medir, contar, etc.
- **Demora.** Son los tiempos en que el producto, objeto del proceso, no sufre ninguna operación, transporte o inspección. Este tipo de acción (a evitar en lo posible) se da cuando el producto debe esperar forzosamente, debido a alguna circunstancia propia del proceso. Por ejemplo: concurrencia desfasada de varias piezas, trabajo simultáneo de varios operadores, etc.

- **Almacenamiento.** Suele marcar el final del proceso. Su propósito es conservar, guardar. No debe confundirse con las demoras, que no tienen ninguna finalidad en sí mismas.

Para describir detalladamente al proceso actual se propone elaborar el diagrama de operaciones del proceso, el diagrama de flujo del proceso, el diagrama de recorrido de actividades y el diagrama hombre-máquina.

Estos diagramas son suficientes para obtener toda la información necesaria para la descripción y análisis de procesos.

II.3.2.3. HACER DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO

Este diagrama muestra la secuencia cronológica de cómo se suceden todas las operaciones e inspecciones, márgenes de tiempo y materiales a utilizar en un proceso de fabricación, desde la llegada de la materia prima hasta el arreglo final del producto terminado.

Se señala la entrada de todos los componentes y subconjuntos al ensamble con el conjunto principal. Presenta en conjunto detalles de diseño como tamaños, ajustes, tolerancias, especificaciones, etc. Todos los detalles de fabricación se aprecian globalmente en este diagrama.

UN EJEMPLO DEL DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO ACTUAL SE MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.3.2.3.

II.3.2.4. HACER DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

El diagrama de flujo es una representación de todas las operaciones, transportes, inspecciones, demoras y almacenamientos que tienen lugar durante un proceso o procedimiento específico, incluyendo información necesaria para el análisis, como tiempo requerido, distancia recorrida, etc.

Es útil para poner de manifiesto costos ocultos, tales como distancias recorridas, demoras y almacenamientos temporales. Así el analista podrá visualizar mejor estos procesos no productivos para mejorarlos.

UN EJEMPLO DEL DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO ACTUAL SE MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.3.2.4.

III.3.2.5. HACER DIAGRAMA DE RECORRIDO DEL PROCESO

El diagrama de recorrido de las operaciones representa de manera gráfica el proceso que se sigue dentro de la empresa (plano de la fábrica o zona de trabajo), que muestra la posición de las máquinas y puestos de trabajo, se aplica a la producción y tiene como base el indicar las operaciones, las inspecciones dentro del mismo proceso, así como los transportes, demoras y almacenamientos, utilizando los símbolos anteriormente mencionados.

Sirve para idear una mejor disposición de fábrica o de zona de trabajo.

UN EJEMPLO DEL DIAGRAMA DE RECORRIDO DEL PROCESO ACTUAL SE MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.3.2.5.

III.3.2.6. HACER DIAGRAMA HOMBRE-MAQUINA

Una vez que una operación se ha encontrado necesaria mediante el análisis de los diagramas anteriores, se mejorará con un análisis mas profundo. Para ello se cuenta con el diagrama hombre-máquina que ayuda al desarrollo de un centro de trabajo mejor, por lo que se utiliza para la elaboración del nuevo proceso.

El diagrama hombre-máquina o también llamado de actividades simultáneas se emplea para estudiar, analizar y mejorar sólo una estación de trabajo cada vez. Este diagrama indica la relación exacta en tiempo entre el ciclo de trabajo de la persona y el ciclo de operación de su máquina. Estos datos se utilizan para elaborar un mejor equilibrio en el ciclo de trabajo. Además se emplea para contestar a la serie de preguntas relativas a ¿cuándo se hace?, que se muestran mas adelante.

Los diagramas hombre-máquina se trazan siempre a una escala adecuada, de manera que la representación se disponga en forma proporcionada en la hoja.

Al lado izquierdo de la hoja se indican las operaciones tiempos correspondientes al operario, y a la derecha del tiempo de éste se muestran gráficamente el tiempo de trabajo y el tiempo

muerto de la máquina, o máquinas, según el caso. El tiempo de trabajo del obrero se representa con una recta vertical continua. La discontinuidad de tal línea representa el tiempo muerto de operario. Del mismo modo, una recta vertical continua bajo el nombre de cada máquina representa el tiempo de trabajo de máquina, y la interrupción de dicha línea vertical indica su tiempo muerto. Los tiempos de carga y descarga se indican por trazo punteado bajo la columna de la máquina, indicando así que ésta última no está inactiva ni se está efectuando trabajo de producción por el momento.

Los símbolos utilizados en el diagrama hombre-máquina se muestran en la cuadro II.3.2.6.1.

		Tiempo de trabajo de operario y de máquina.
		Tiempo muerto de operario y de máquina (espacio en blanco).
		Tiempo de carga y/o descarga de máquina.

Cuadro II.3.2.6.1. Símbolos utilizados en diagrama hombre-máquina.

Al pie del diagrama se indican el tiempo de trabajo y el tiempo muerto totales del operario, así como los tiempos totales de trabajo y muerto de cada máquina. Este tiempo productivo mas el tiempo inactivo del obrero, tiene que ser igual a la suma de los tiempos respectivos de su máquina. Los valores de tiempo deberán representar tiempos estándares que incluyan suplementos personales constantes y variables (ver inciso II.6.1. Estudio de tiempos).

Con este diagrama es fácil disponer en cada columna del diagrama las intervenciones de cada uno de los elementos, comprobando horizontalmente en qué son compatibles unas con otras.

UN EJEMPLO DEL DIAGRAMA DE RECORRIDO DEL PROCESO ACTUAL SE MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.3.2.6.2.

II.4. ESTUDIO CRITICO DEL PROCESO ACTUAL

II.4.1. EXTENSION DEL ESTUDIO

- DETERMINAR DONDE EMPIEZAN Y DONDE TERMINAN LAS ACTIVIDADES DEL PROCESO A ESTUDIAR.

Para determinar dónde empiezan y dónde terminan las actividades del proceso a automatizar se propone **UTILIZAR:**

- EL DIAGRAMA DE OPERACIONES,
- EL DIAGRAMA DE FLUJO Y
- EL DIAGRAMA DE RECORRIDO DEL PROCESO

PARA DETECTAR PROBLEMAS DENTRO DEL PROCESO.

SE PROPONE TRABAJAR PRIMERO EN LOS "CUELLOS DE BOTELLA" QUE SE DETECTEN EN EL PROCESO DE FABRICACION, sin dejar de analizar las consecuencias que puedan producirse hacia atrás y hacia adelante de dicho cuello para no crear otros cuellos de botella en otros pasos, que en vez de resolver el problema lo complicarían mas.

Esta propuesta se debe a que estos "cuellos de botella" son puntos clave donde la automatización puede obtener mejoras sustanciales en: tiempos de producción, volúmenes de producción, capacidad de reacción a cambios en la producción, flujo continuo de materiales, calidad del producto, reducción de defectos de fabricación, condiciones de trabajo, cantidad de mano de obra utilizada, satisfacción del cliente, métodos de fabricación, entre otros.

UN EJEMPLO DE LA EXTENSION DEL PROCESO A AUTOMATIZAR SE MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.4.1.

II.4.2. CUESTIONAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DEL PROCESO EN ESTUDIO

- SOMETER LAS ACTIVIDADES EN ESTUDIO A LAS SIGUIENTES PREGUNTAS:

II.4.2.1. ¿QUE SE HACE?

Considerar todas las actividades (operaciones, transportes, demoras, inspecciones y almacenamientos) de manufactura que se realizan desde dónde empieza hasta dónde termina el proceso a estudiar.

En una secuencia de fabricación se pueden hacer: maquinados, ensambles y/o acabados.

Los procesos de fabricación mas utilizados se presentan en la tabla II.4.2.1.

PROCESOS DE FABRICACION	
Soldadura (por puntos, por arco, etc.).	Pegado/sellado.
Fundición (por inyección, a la cera perdida, etc.).	Ensamble.
Corte (troquelado, punzonado, cizallado).	Recubrimiento de superficies (pintado).
Doblado.	Forjado.
Embutido (prensado).	Extruido.
Rechazado (spinning).	Estirado.
Esmmerilado.	Laminado.
Moldeo por inyección.	Deformación por calor.

Tabla II.4.2.1. Procesos de fabricación mas utilizados.

- UTILIZAR LA TABLA II.4.2.1., EL DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO Y DE FLUJO DE LAS OPERACIONES ACTUALES PARA RESPONDER A ESTA PREGUNTA.

UN EJEMPLO DE ¿QUÉ SE HACE? SE MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.4.2.1.

II.4.2.2. ¿PARA QUE SE HACE?

- UTILIZAR LA TABLA II.4.2.2. PARA RESPONDER A ESTA PREGUNTA.

¿PARA QUE SE HACE?
<p>¿Se hace para:</p> <ul style="list-style-type: none">- aumentar la productividad?,- satisfacer las expectativas de los clientes?,- disminuir los costos de fabricación?,- aumentar el volumen de ventas?,- aumentar la calidad de los procesos?,- dar mejor servicio post-venta?,- aumentar el control de fabricación de los procesos?,- proveer la producción requerida?,- mejorar tiempos de respuesta por cambio en la producción?,- aumentar la rentabilidad de la empresa?,- disminuir tiempos de fabricación?,- obtener mayores volúmenes de producción?,- obtener mayor velocidad de máquina?,- reducir el número de operaciones o procesos?,- mantener un flujo continuo e ininterrumpido de materiales?,- evitar defectos de fabricación?,

Tabla II.4.2.2. ¿Para qué se hace?

UN EJEMPLO DE LA PREGUNTA ¿PARA QUE SE HACE? SE MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.4.2.2.

II.4.2.3. ¿DONDE SE HACE?

- **UTILIZAR EL DIAGRAMA DE RECORRIDO** para una mejor visualización, interpretación y análisis de la distribución de las máquinas y áreas de trabajo.

UN EJEMPLO DE ¿DONDE SE HACE? SE MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.4.2.3.

II.4.2.4. ¿CUANDO SE HACE?

¿Porqué en este orden?. ¿Podría hacerse en otro momento?. ¿Tendría ventajas el cambio?

UN EJEMPLO DE ¿CUANDO SE HACE? SE MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.4.2.4.

II.4.2.5. ¿QUIEN LO HACE?

¿Podría hacerlo otra persona?. ¿Podrían intervenir más o menos personas?. ¿Podrían emplearse máquinas y/o equipo automáticos?. ¿Qué ventajas tendría?

- **UTILIZAR EL DIAGRAMA HOMBRE-MAQUINA** para obtener los tiempos empleados de máquinas y de operarios para equilibrar y/o mejorar los ciclos de trabajo.

UN EJEMPLO DE ¿QUIEN LO HACE? SE MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.4.2.5.

II.4.2.6. ¿COMO SE HACE?

¿Porqué así?. ¿Podría hacerse de otro modo?. ¿Qué ventajas tendría el cambio?, ¿Con qué máquinas se hace?

En la tabla II.4.2.6.1. se observan los niveles de control de máquinas que se pueden utilizar en el proceso y en la tabla II.4.2.6.2. se ilustran las máquinas-herramientas mas empleadas en los procesos de producción.

NIVELES DE CONTROL DE MAQUINAS

- Con herramientas, sin máquinas (forma artesanal).
- Con máquinas convencionales.
- Con máquinas semiautomáticas.
- Con máquinas automáticas.
- Con máquinas de Control Numérico CN.
- Con máquinas de Control Numérico Directo CND.
- Con máquinas de Control Numérico Computarizado CNC.
- Con manufactura Integrada por Computadora CIM.

Tabla II.4.2.6.1. Niveles de control de máquinas.

MAQUINAS-HERRAMIENTAS MAS EMPLEADAS

- | | | |
|-----------------|------------------|-------------|
| - Cortadora | - Torno | - Taladros |
| - Cepillo, etc. | - Fresa | - Sierras |
| - Dobladora | - Soldadora | - Oxicorte |
| - Robot | - Prensa | - Plegadora |
| - Taladros | - Rectificadoras | - Cizalla |
| - Suajadora | - Termoformadora | - Selladora |
| - Etc. | | |

Tabla II.4.2.6.2. Máquinas-herramientas mas empleadas.

- UTILIZAR LAS TABLAS II.4.2.6.1. Y II.4.2.6.2. PARA IDENTIFICAR LOS NIVELES DE CONTROL DE MAQUINAS Y LA MAQUINARIA EMPLEADA EN EL PROCESO ACTUAL.

UN EJEMPLO DE ¿COMO SE HACE? SE MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.4.2.6.

II.5. DESARROLLO DEL PROCESO PROPUESTO

II.5.1. IDENTIFICACION DE PROBLEMAS EN EL PROCESO ACTUAL

- IDENTIFICAR PROBLEMAS EN EL PROCESO ACTUAL, UTILIZANDO:

- LOS DIAGRAMAS DE OPERACIONES, DE FLUJO, DE RECORRIDO Y DE HOMBRE-MAQUINA DEL PROCESO ACTUAL DESCRITOS EN EL INCISO II.3. Y

- LAS RESPUESTAS DEL ESTUDIO CRITICO DEL PROCESO ACTUAL DESCRITAS EN EL INCISO II.4.

SE PROPONE TRABAJAR PRIMERO EN LOS "CUELLOS DE BOTELLA" QUE SE DETECTEN EN EL PROCESO DE FABRICACION, sin dejar analizar las consecuencias que se puedan producir hacia atrás y hacia adelante de dicho cuello para no crear otros cuellos de botella en otros pasos, que en vez de resolver el problema lo complicarían mas. Esta proposición se basa en el hecho de que, es en estos puntos donde se retrasa la producción de las demas áreas de trabajo, que trae como consecuencia pérdidas de tiempo de producción, perdida económicas (costos fijos de producción) por tiempo ocioso de máquinas y mano de obra, pérdidas de clientes por no tener la capacidad de producción suficiente para responder a cambios en la producción, etc.

- ELABORAR TABLA PARA REGISTRAR PROBLEMAS.

En esta tabla se anotarán los problemas que se hayan encontrado al identificar, analizar y estudiar las actividades en estudio del proceso actual.

UN EJEMPLO DE LA TABLA PARA REGISTRO DE PROBLEMAS SE MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.5.1.

II.5.2. ALTERNATIVAS DE SOLUCION

Las alternativas de solución a los problemas identificados deben obtenerse de acuerdo a los conocimientos de tecnología, habilidades, sentido común y experiencia extramuros de la empresa.

- BUSCAR SOLUCIONES QUE AUMENTEN LA PRODUCTIVIDAD DE LAS OPERACIONES Y CALIDAD DE LOS PRODUCTOS.

- PROPONER SOLUCIONES UTILIZANDO LOS NIVELES DE AUTOMATIZACION QUE SE ILUSTRAN EN EL INCISO II.5.2.1.

UN EJEMPLO DE LA BUSQUEDA DE SOLUCIONES UTILIZANDO NIVELES DE AUTOMATIZACION SE MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.5.2.

II.5.2.1. NIVELES DE AUTOMATIZACION

Al referirnos a la automatización de procesos de producción, hablamos de elementos independientes (sensores, actuadores o máquinas, sistemas de transporte, sistemas de control de calidad, controlador lógico programable, almacenes) de accionamientos neumáticos, hidráulicos y/o eléctricos, que pueden ser integrados a un sistema productivo tal que permita aumentar la calidad y la productividad de las estaciones de trabajo. De esta manera se deduce que la instalación y complejidad de la automatización puede ser gradual, dependiendo de las necesidades y posibilidades de la empresa. Esto es una gran ventaja para las empresas que cuentan con pocos recursos económicos y financieros, como es el caso de la mayoría de las empresas mexicanas, que normalmente no pueden darse el lujo de hacer la reconversión global de un departamento ó área de trabajo completa.

Estos niveles de automatización se pueden implantar en forma individual o combinada en cualquier actividad específica del proceso, dependiendo de las necesidades y posibilidades de la empresa.

Los grados o niveles de automatización; son:

- a) Estandarización y mecanización de actividades.
- b) Automatización de operaciones.
- c) Utilización de sistema robotizado.

A continuación se describen estos niveles de automatización.

A) ESTANDARIZACION Y MECANIZACION DE ACTIVIDADES

La "estandarización" significa definir un mismo modo de hacer las actividades repetitivas de forma continua y sin interrupciones.

La "mecanización" es el uso de dispositivos o máquinas para llevar a cabo el trabajo de personas, donde el operario alimenta, guía y corrige los movimientos de dichas máquinas. (Ver inciso II.4.2.6. ¿Cómo se hace?).

Las funciones de mecanización incluyen la ejecución de todas las actividades elementales de mecanizado y/o montaje para la fabricación de cualquier tipo de pieza.

- IDENTIFICAR SI EXISTEN ACTIVIDADES QUE SE PUEDAN ESTANDARIZAR Y/O MECANIZAR EN EL PROCESO.

B) AUTOMATIZACION DE OPERACIONES

La palabra "AUTOMATIZACION" proviene de la contracción de los términos en inglés "automatic motivation" (motivación automática), es decir, realizar movimientos y funciones automáticamente. Así pues, se puede dar como definición de la automatización que es el desempeño de operaciones automáticas dirigidas por medio de comandos programados con una medición automática de la acción, retroalimentación y toma de decisiones.

La automatización fue usada por primera vez en la década de los cuarentas por la Ford Motor Company para describir la operación colectiva de muchas máquinas interconectadas en una planta de Detroit, E.U.

Existen varios criterios que se deben considerar para automatizar las actividades de un proceso. La tabla II.5.2.1.1. ilustra estos criterios.

CRITERIOS PARA AUTOMATIZAR

- | | |
|---|---|
| - Tareas repetitivas. | - Mejora en la precisión. |
| - Mejora el tiempo de respuesta. | - Ambientes tóxicos o peligrosos. |
| - Consideraciones económicas factibles. | - Instalación y complejidad gradual (reconversión parcial de procesos). |

Tabla II.5.2.1.1. Criterios para automatizar.

- IDENTIFICAR SI EN EL PROCESO SE PRESENTAN OPERACIONES QUE CUMPLAN CON LOS CRITERIOS DE LA TABLA II.5.2.1.1. PARA SER AUTOMATIZADOS.

Existen tres tipos de automatización:

- fija,
- flexible y
- programable.

En la tabla II.5.2.1.2. se muestran los tipos de automatización y sus características.

CARACTERISITICAS DE LOS TIPOS DE AUTOMATIZACION				
TIPO	MAQUINA	VOLUMEN	VARIEDAD DE PIEZAS	RECUPERACION DE LA INVERSION
1. Fija.	realiza una pieza.	gran volumen (10 millones de pzas /año)	poca variedad.	en menos de un año (GENERALMENTE)
2. Flexible.	diferentes piezas, (sacrificando eficiencia).	vol. medio (entre 10 mill. y 15,000 pzas./ año).	variedad media.	después de un año, (GENERALMENTE)
3. Programable.	cambia el programa para elaborar diferentes piezas.	volumen bajo (menos de 15,000 pzas./ año).	variedad alta.	después de 5 años. Gran inversión (GENERALMENTE)

Tabla II.5.2.1.2. Características de los tipos de automatización.

- IDENTIFICAR EL TIPO DE AUTOMATIZACION QUE PODRIA IMPLANTARSE (UTILIZAR TABLA II.5.2.1.2.).

Las acciones de las operaciones de producción que pueden ser automatizadas en las áreas de: productividad, calidad del producto, fiabilidad del proceso y equipo se presentan en la tabla II.5.2.1.4. que se muestra a continuación.

ACCIONES CONSIDERADAS PARA SER AUTOMATIZADAS

En productividad:

- Funcionamiento sin operarios al menos durante un turno de trabajo.
- Rapidez en los cambios de herramienta y piezas.
- Tiempos de comprobación cortos.
- Optimización de las condiciones de mecanizado.

En calidad del producto:

- Inspección de piezas incluida en las fases de mecanizado.
- Autocorrección de desviaciones.
- Estabilidad térmica.
- Rigidez de las máquinas.
- Precisión de las guías, actuadores y sensores.
- Control del desgaste de herramientas y plantillas de sujeción.

En fiabilidad del proceso:

- Control de las condiciones de operación.
- Control de desviaciones y corrección automática.
- Mantenimiento preventivo.

En equipo:

- Capacidad de modificar rápidamente los programas de fabricación, tanto en cantidad como en tipo de piezas.
- Capacidad de absorber los cambios de diseño y especificaciones de las piezas.
- Capacidad de trabajo desatendido en largos periodos de tiempo.
- Capacidad de garantizar una calidad de cien por ciento.
- Capacidad de trabajo sin almacenamientos intermedios.
- Política de "cero" almacenamientos.
- Posibilidad de utilización de los equipos al 100%. (paro-cero).
- Mantenimiento preventivo. (Averías-cero).
- Capacidad de entrega inmediata de los pedidos. (Plazo de entrega-cero).

Tabla II.5.2.1.3. Acciones consideradas para ser automatizadas.

- IDENTIFICAR LAS ACCIONES QUE PUEDEN SER AUTOMATIZADAS (UTILIZAR TABLA II.5.2.1.3.).

Con una inversión relativamente modesta, cualquier industrial mexicano puede automatizar gradualmente una o varias estaciones de trabajo, gracias a que en la automatización se pueden utilizar elementos en forma aislada o combinada para aumentar la calidad de los productos y la productividad de las líneas de producción.

Usar elementos independientes integrados en un sistema tal que permita aumentar la calidad y la productividad de las máquinas y estaciones de trabajo no llega a la altura de la robótica pero eleva considerablemente la productividad de la empresa a un costo más bajo.

- LOS ELEMENTOS EMPLEADOS PARA LA AUTOMATIZACION DE LAS ACTIVIDADES DE PRODUCCION SON LOS SIGUIENTES:

- SENSORES: Ver tabla II.5.2.1.4.

TIPOS DE SENSORES	
1. Digitales:	<p>Entrega una salida activada (objeto presente) y una salida desactivada (objeto no presente).</p> <p>a) Inductivos: sensan materiales ferromagnéticos.</p> <p>b) Capacitivos: sensan materiales dieléctricos y algunos metales.</p> <p>c) Magnéticos: - Mecánicos. - De efecto Hall (diferencia de potencial).</p> <p>d) Fotoeléctricos: - De barreras directas (visibles e infrarrojos). - De barreras por reflexión y de proximidad.</p> <p>e) De contacto. - Piezoeléctrico (detecta una deformación de cuarzo o de un semiconductor). - Microswitch (cierra y abre por medio de una fuerza física).</p>
2. Analógicos:	<p>Siempre está presente una variable física:</p> <p>- Presión, temperatura, humedad, intensidad de luz, nivel de fluido, resistencia, dureza, flujo, distancia, densidad, intensidad de sonido, fuerza (peso), etc.</p>

Tabla II.5.2.1.4. Tipos de sensores.

- IDENTIFICAR LOS TIPOS DE SENSORES QUE PODRIAN UTILIZARSE PARA LA AUTOMATIZACION DE ACTIVIDADES (UTILIZAR TABLA II.5.2.1.4.).

- ACTUADORES (MAQUINAS).

Un actuador es quel elemento que realiza el trabajo (motor, electroválvula, cilindro, etc.)

Los tipos de actuadores o máquinas se ilustran en la tabla II.5.2.1.5.

TIPOS DE ACTUADORES	
1. Eléctricos:	Transforman la energía eléctrica en trabajo.
- Rotacionales (motores):	
- De corriente alterna:	donde se requiera mucha potencia. Utilizan magnitudes de 120, 220, 330 y 440 volts.
	- Motores síncronos: tienen velocidad constante y funcionan para cierta frecuencia.
	- Motores de inducción: tienen velocidad variable.
- De corriente directa:	se alimentan de corriente directa. Magnitudes de 6, 12 y 24 volts. Tienen poca potencia. Fácil control del desplazamiento de la flecha.
	- Motores reostáticos: se conecta un potenciómetro a la flecha.
	- Motor paso a paso: De imán permanente; manda 2 señales (S y N); se mueve a 180 grados cada vez. De inductancia variable; conforme se energiza la bobina, el rotor gira un cierto paso.

Tabla II.5.2.1.5. Tipos de actuadores.

TIPOS DE ACTUADORES (CONT.)	
<ul style="list-style-type: none"> - Lineales: <ul style="list-style-type: none"> - Solenoide: cuando se aplica voltaje y corriente la bobina se energiza y se mueve en forma lineal, cuando se desenergiza vuelve a su posición inicial con ayuda de un resorte. 	<ul style="list-style-type: none"> - Motor de 4 fases: necesita 4 señales.o secuencias de paso.
<p>2. Hidráulicos: Transforman la energía de un fluido en trabajo.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rotacional. - Lineal. 	
<p>3. Neumáticos: Transforman la energía de un gas (comprimido) en trabajo.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rotacional. - Lineal. 	

Tabla II.5.2.1.5. Tipos de actuadores. (Cont).

- IDENTIFICAR LOS TIPOS DE ACTUADORES QUE PODRIAN UTILIZARSE PARA LA AUTOMATIZACION DE ACTIVIDADES (UTILIZAR TABLA II.5.2.1.5.).

Las operaciones mas comunes, que pueden ser automatizadas en las máquinas, dependiendo de su tipo de operación, se ilustran en la tabla II.5.2.1.6.

OPERACIONES DE MAQUINAS PARA SER AUTOMATIZADAS
<ul style="list-style-type: none"> - Alimentación de materiales (mecánica, neumática, hidráulica, robots, etc.). - Descarga de materiales o piezas (mecánica, neumática, hidráulica, robots, etc.).

Tabla II.5.2.1.6. Operaciones de máquinas para ser automatizadas.

OPERACIONES DE MAQUINAS PARA SER AUTOMATIZADAS (CONT.)

- Flujo de información (utilizar computadoras, etc.).
- Cambio de herramienta(s). (mecánica, robot, etc.).
- Cambio de pieza(s). (mecánica, robot, etc.).
- Transporte entre máquinas. (sistemas de transporte: riel, banda, AGV, etc.)
- Limpieza de piezas.
- Evacuación de virutas.
- Inspección y corrección del desgaste de la herramienta. (sensores, etc.).
- Identificación de piezas y procesos correspondientes. (sensores, código de barras, etc.)
- Acomodo de piezas (por medio de una fuerza neumática, hidráulica, etc.).
- Activación de mecanismos (por medio de una válvula de control, etc.).

Tabla II.5.2.1.6. Operaciones de máquinas para ser automatizadas. (Cont.).

- IDENTIFICAR LAS OPERACIONES DE MAQUINAS QUE PUEDEN SER AUTOMATIZADAS (UTILIZAR TABLA II.5.2.1.6.).

La automatización de la maquinaria cuenta con diferentes niveles de control de máquinas, los cuales se exponen en la tabla II.5.2.1.7.

NIVELES DE CONTROL DE MAQUINAS

Nivel	Acción
1o.	Uso de herramientas.
2o.	Máquina convencional (mecanización).
3o.	Máquina semiautomática (mecanización).
4o.	Máquina automática.
5o.	Máquina de control numérico.
6o.	Máquina de control numérico directo.
7o.	Máquina de control numérico por computadora.
8o.	Robot interrelacionado con máquinas anteriores.
9o.	Máquinas automáticas de estaciones de trabajo conectadas entre sí por dispositivos de transporte.

Tabla II.5.2.1.7. Niveles de control de máquinas.

Los tipos diferentes de máquinas y sus características se ilustran en la tabla II.5.2.1.8.

TIPOS DE MAQUINAS

Tipo.	Características.
1. Máquina convencional:	<ul style="list-style-type: none"> - accionamientos manuales. - motores de ejes. - motor de husillo. - una sola herramienta (cambio manual). - Ejem.: tomos, fresadoras, etc.
2. Máquina semiautomática:	<ul style="list-style-type: none"> - accionamientos manuales y automáticos. - patrones para duplicar piezas o perfiles. - motores de ejes (semiautomáticos). - una sola herramienta (cambio manual). - Ejem.: fresadoras grandes, tomos con varios cabezales, etc.

Tabla II.5.2.1.8 . Tipos de máquinas.

TIPOS DE MAQUINAS (CONT.)	
Tipo:	Características:
3. Máquina automática:	<ul style="list-style-type: none"> - accionamientos automáticos. - motores de ejes. - un sólo programa. - sistema automático de cambio de herramientas.
4. Máquina de Control Numérico CN:	<ul style="list-style-type: none"> - control computarizado. - sistema de control analógico (tarjetas de control). - sistema de cambio de herramientas (limitado).
5. Máquina de Control Numérico Directo CND:	<ul style="list-style-type: none"> - control con computadora externa digital.
6. Máquina de Control Numérico Computarizado CNC:	<ul style="list-style-type: none"> - control digital. - almacenamiento de datos en cinta o disquette. - sistema de control integrado (teclado y pantalla integrados) - cambio automático de herramientas. - código G. - programación gráfica.

Tabla II.5.2.1.6. Tipos de máquinas. (Cont.)

- IDENTIFICAR QUE NIVELES DE CONTROL DE MAQUINAS Y QUE TIPOS DE MAQUINAS SE PUEDEN IMPLANTAR, DE ACUERDO A LAS POSIBILIDADES TECNICAS Y ECONOMICAS DE LA EMPRESA (UTILIZAR LA TABLA II.5.2.1.7. Y II.5.2.1.6.).

La automatización de una máquina, de una línea de producción (varias máquinas), de una estación de trabajo (varias máquinas y elementos que elaboran, de forma aislada y autónoma, una parte o subensamble del producto final) o de todo el sistema de producción (encadenamiento de todas las estaciones de trabajo) se pueden realizar gradualmente; esto es, empezando por la mecanización con máquinas convencionales, luego usar máquinas: semiautomática, automática, CN, CND, CNC, hasta el uso de robots.

- ALMACENES:

La función del almacén es recibir, clasificar, dar de alta en inventario y almacenar materia prima, productos en proceso y productos terminados.

Los tipos de almacenes se ilustran en la tabla II.5.2.1.9.

TIPOS DE ALMACENES	
1. Manuales	las funciones de almacenar las realizan los almacenistas
2. Automáticos:	las funciones de almacenamiento se realizan por medio de sensores y actuadores. Ej.: Sistema Automático de Almacenamiento y Suministro ASRS, "Automatic Storage Retrieval System". Es un almacén capaz de entregar y almacenar piezas de manera automática.

Tabla II.5.2.1.9. Tipos de almacenes.

- IDENTIFICAR EL TIPO DE ALMACEN QUE PODRIA SER IMPLANTARSE, DE ACUERDO A LAS NECESIDADES Y POSIBILIDADES DE LA EMPRESA (UTILIZAR TABLA II.5.2.1.6.).

- SISTEMAS DE TRANSPORTE.

Los tipos de sistemas de transporte se ilustran en la tabla II.5.2.1.A.

TIPOS DE SISTEMAS DE TRANSPORTE	
1. Manual:	El transporte de materiales lo realizan operarios.
2. Continuos:	Sistema de bandas, rodillos, carros, ductos, ruedas movidos por motores o por la fuerza de gravedad.

Tabla II.5.2.1.A. Tipos de sistemas de transporte.

TIPOS DE SISTEMAS DE TRANSPORTE (CONT.)	
3. Riel.	- Sistema que se mueve sobre un riel y se detiene para entregar material.
4. Grúa.	- Monoriel, viajera, soporte de brazo, montada en el techo, cuellos de ganso, montadas en vehículo.
5. Vehículos industriales:.	<ul style="list-style-type: none"> - Carretillas manuales. - Carros eléctrico de plataforma de levantamiento bajo o alto. - Vehículos elevadores con operador: <ul style="list-style-type: none"> - montacarga telescópico, - Elevador portátil para plataforma (patín). - Carro manual de levantamiento bajo (hidráulico).
6. Vehículos de guía automática (AGV's):	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema automático de transporte que utiliza: <ul style="list-style-type: none"> - Sistema de guía inductiva, óptica, por señales de radio (triangulación radial) o triangulación laser. - Unidad de intercambio de datos por radio. - Sistema de control para operar el vehículo, asignar tareas, controlar tráfico, coordinar con elementos estacionarios, seleccionar la ruta mas corta, organizar el almacenamiento de piezas. - Tipos: carga en cubierta, remolcada, con montacargas, con montacargas y elevador.

Tabla II.5.2.1.A. Tipos de sistemas de transporte. (Cont.)

- IDENTIFICAR EL TIPO DE SISTEMA DE TRANSPORTE QUE PODRIA IMPLANTARSE, DE ACUERDO A LAS NECESIDADES Y POSIBILIDADES DE LA EMPRESA (UTILIZAR TABLA II.5.2.1.A.).

- SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD.

A una pieza maquinada se le puede medir:

- Dimensiones.
- Acabados.
- Otros atributos (planicidad, etc.).

Los sistemas de control de calidad pueden medir:

- Dimensiones y
- Atributos

Los tipos de mediciones que se pueden realizar se ilustran en la tabla II.5.2.1.B.

TIPOS DE MEDICIONES DE CONTROL DE CALIDAD	
1. Directa:	- uso de palpadores.
	- uso de galgas extensiométricas.
2. Indirecta:	- uso de rayo láser.

Tabla II.5.2.1.B. Tipos de mediciones de control de calidad.

- IDENTIFICAR EL TIPO DE MEDICION DE CONTROL DE CALIDAD QUE PODRIA IMPLANTARSE, DE ACUERDO A LAS NECESIDADES Y POSIBILIDADES DE LA EMPRESA (UTILIZAR TABLA II.5.2.1.B.).

- PLC (CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE).

El PLC es una computadora reprogramable, que tiene como propósito específico controlar y coordinar electrónicamente las decisiones y acciones de un proceso.

Los PLC's sustituyen a los antiguos relevadores, en los cuales una bobina controla una serie de contactos.

Los elementos de un PLC son: unidad central de control, memoria, unidad de entradas y unidad de salidas.

- CONSIDERAR LA OPCION DE UTILIZAR PLC's COMO DISPOSITIVOS DE CONTROL ELECTRONICO DE

**PROCESOS, DE ACUERDO A LAS NECESIDADES Y
POSIBILIDADES DE LA EMPRESA.**

C) UTILIZAR UN SISTEMA ROBOTIZADO

La robótica es una forma de automatización industrial y coincide mas estrechamente con la automatización programable y con la automatización flexible. En la primera los productos se obtienen por lotes; cuando se completa un lote, el equipo se reprograma para procesar el siguiente lote. En cambio con la automatización flexible, diferentes lotes productos pueden obtenerse al mismo tiempo en el mismo sistema de fabricación, permitiendo un nivel de versatilidad en la producción.

**-SE RECOMIENDA UTILIZAR UN SISTEMA
ROBOTIZADO PARA PRODUCTOS QUE SE OBTIENEN
POR LOTES.**

Un robot industrial es una máquina programable de uso general que tiene algunas características antropomórficas. La característica mas común, de los robots actuales, es la de sus brazos móviles.

La definición "oficial" de un robot industrial fue proporcionada por la Robotics Industries Association (RIA), la cual se ilustra a continuación:

"Un robot industrial es un manipulador multifuncional reprogramable, diseñado para desplazar materiales, piezas, herramientas o dispositivos especiales mediante movimientos programados variables para la ejecución de una diversidad de tareas".

El robot industrial puede programarse para desplazar su brazo a través de una secuencia de movimientos con el fin de realizar una tarea, en forma repetitiva hasta que se re programe para realizar otra tarea distinta de utilidad. Por consiguiente, las características de programación permite que los robots se utilicen para una diversidad de operaciones industriales diferentes, muchas de las cuales implican el trabajo del robot junto con otros elementos de equipos semiautomatizados o automatizados.

En la tabla II.5.2.1.C. se muestran las características de los robots industriales.

CARACTERÍSTICAS DEL ROBOT INDUSTRIAL	
Tipo:	Características:
7. Robot:	<ul style="list-style-type: none"> - Manipulador multifuncional reprogramable, diseñado para desplazar materiales, piezas, herramientas o dispositivos especiales mediante movimientos programados variables para la ejecución de una diversidad de tareas. - volumen de trabajo: conjunto de puntos en el espacio que serán alcanzados por la punta efectora del robot. - capacidad de carga: peso máximo que puede ser movido por la punta efectora del robot, cuando éste se mueve a su máxima velocidad. - grados de libertad: número de movimientos del brazo del robot; dependen del número de articulaciones del robot que son semejantes a las del brazo humano. - exactitud o precisión: máxima desviación entre un punto en el espacio programado y el punto en el espacio al que se mueve el robot. - resolución: distancia mínima que debe existir entre dos puntos en el espacio para que el robot pueda diferenciarlos. - repetibilidad: capacidad del robot para colocarse en un punto en el espacio en corridas sucesivas (cuando se le indica que vuelva a colocarse en el mismo punto). - clasificación: eléctricos, neumáticos, hidráulicos e híbridos (combinaciones). - componentes: <ul style="list-style-type: none"> - controlador: recibe y manda datos a una unidad de disco de computadora o cinta magnética y recibe señales de los sensores interconstruidos en el robot. - brazo mecánico: recibe el movimiento de la unidad de potencia externa y lo manda a la punta efectora. - efector final: dispositivo que le permite al robot llevar a cabo una tarea específica (transportar un objeto, soldar, pintar, etc.).

Tabla II.5.2.1.C. Características de los robots industriales.

Los criterios técnicos para utilizar robots en el proceso están ilustrados en la tabla II.5.2.1.D.

CRITERIOS TECNICOS PARA UTILIZAR ROBOTS

- Las operación es simple y repetitiva.
- El tiempo del ciclo para la operación es mayor que 5 segundos.
- Las piezas se pueden entregar a la operación en posición y orientación adecuadas.
- El peso de la pieza es adecuado (generalmente se utiliza alrededor de 550 Kg como el limite de peso superior.
- No se requiere inspección para la operación.
- Se pueden sustituir una o dos personas en un periodo de 24 horas.
- Los ajustes y cambios son infrecuentes.
- Condiciones arriesgadas de trabajo o poco confortables.
- Las tareas son de difícil manipulación.
- Las operaciones son multitaruno.

Tabla II.5.2.1.D. Criterios técnicos para utilizar robots.

- UTILIZAR UN SISTEMA ROBOTIZADO SI LA ACTIVIDAD CUMPLE ALMENOS CON UNO DE LOS CRITERIOS ENUNCIADOS EN LA TABLA II.5.2.1.D.

Las aplicaciones potenciales de los robots industriales se encuentran expuestas en la tabla II.5.2.1.E.

APLICACIONES DE LOS ROBOTS INDUSTRIALES

Aplicaciones Potenciales.	Descripción y ejemplos.
<p>1. Transferencia de material:</p>	<p>el robot coge y mueve una pieza de trabajo de una posición a otra.</p> <p>Ejemplos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Operaciones de coger y situar. - Paletización y despaletización de productos. (Colocar y quitar productos de los palets usados para manejo y almacenamiento de materiales).
<p>2. Carga y descarga de material en máquinas:</p>	<p>son operaciones de manejo de material en las que el robot transfiere piezas hacia adentro y hacia afuera de una máquina de producción.</p> <p>Ejemplos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Carga/descarga de máquinas de fundición en troquel, moldeado plástico, forjado, operaciones de mecanizado (tornear, taladrado, fresado, conformado, cepillado, rectificado, etc.), estampación en prensa (corte y formación de piezas de lámina de metal), etc.
<p>3. Operaciones de procesamiento:</p>	<p>el robot utiliza una herramienta como un efector final para efectuar algún proceso sobre una pieza de trabajo que se posiciona por el robot durante el ciclo de trabajo.</p> <p>Ejemplos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Soldadura por puntos, soldadura por arco continua, recubrimiento con spray, taladrado, acanalado, rectificado, pulido, desbarbado, cepillado, remachado, corte por chorro de agua, taladrado y corte por láser, etc.

Tabla II.5.2.1.E. Aplicaciones de los robots industriales.

APLICACIONES DE LOS ROBOTS INDUSTRIALES (CONT.)

Aplicaciones Potenciales.	Descripción y ejemplos.
<p>4. Operaciones de Montaje:</p>	<p>el robot se utiliza para poner componentes juntos en un montaje.</p> <p>a) Métodos de presentación de piezas:</p> <p>Para que el robot realice una tarea de montaje, la pieza que se va a montar se debe "presentar al robot". Algunas formas para efectuar esta función son:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Piezas localizadas dentro de un área específica (pzas. no posicionada u orientadas). -Piezas localizadas en una posición conocida (piezas no orientadas). -Piezas localizadas en una posición y orientación conocida. <p>- Ejemplos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Cubetas (para alimentar y orientar piezas pequeñas en operaciones de montaje. -Bandejas (para manejar piezas que se reciben a granel). - Etc. <p>b) Montaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Coincidencia de piezas: dos o mas piezas se ponen en contacto una con otra. <p>Ejem: inserción de clavijas, agujero en clavija, apilamiento, etc.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Unión de piezas: dos o mas piezas se ponen en coincidencia y se aseguran sus posiciones por procedimientos de sujeción. <p>Ejem: Tornillo de sujeción, retenedores, ajustes forzados y elásticos, métodos de soldadura y unión relacionados, adhesivos de goma, etc.</p>

Tabla II.5.2.1.E. Aplicaciones de los robots industriales. (Cont.).

APLICACIONES DE LOS ROBOTS INDUSTRIALES (CONT.)	
Aplicaciones Potenciales.	Descripción y ejemplos.
5. Inspección automatizada:	<p>el robot se utiliza para realizar alguna forma de operación de inspección automatizada (verificación del producto en relación a estándares de diseño como dimensiones físicas). Es una operación de control de calidad</p> <p>Ejemplos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inspección de visión para precisión dimensional, para acabado de superficie, para completitud y correctitud de un montaje o producto. - Manipulación de equipo de prueba de inspección electrónica, prueba láser a lo largo de la superficie del objeto a medir: inspección de carrocería de automóviles etc. - Inspección de carga y descarga y equipos de verificación para cumplir tolerancias en componentes electrónicos, tarjetas de circuito impreso, etc.

Tabla II.5.2.1.E. Aplicaciones de los robots industriales. (Cont.).

- UTILIZAR UN SISTEMA ROBOTIZADO SI EN EL PROCESO SE PUEDE INCORPORAR ALGUNA APLICACIÓN DE LA TABLA II.5.1.9., DE ACUERDO A LAS NECESIDADES Y POSIBILIDADES DE LA EMPRESA.

Contra lo que muchos podrían pensar, la robotización no es la única forma de aumentar la calidad y la productividad en las industrias. En muchas ocasiones, la automatización de ciertas máquinas o procesos puede ser una excelente solución a los cuellos de botella y con un costo significativamente menor al de un robot - sistemas electrónicos - periféricos, que puede costar entre 50,000 y 300,000 dólares (dependiendo de la capacidad de trabajo, el software (programas para computadora) y los accesorios.¹

¹ Revista "Manufacture", Grupo Editorial Expansión, Vol. 1, Núm. 6, MAY/JUN 1985, página 10.

- ELABORAR TABLA COMPARATIVA PROBLEMA-SOLUCIONES.

UN EJEMPLO DE LA TABLA COMPARATIVA PROBLEMA-SOLUCIÓN SE MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.5.2.2.

II.5.3. ELECCION DE LA SOLUCION MAS ADECUADA

Para elegir la solución mas adecuada se utilizarán "factores de decisión". Estos factores varían dependiendo del problema particular y de la situación económica y financiera que tenga cada empresa.

Algunos factores de decisión para elegir la solución mas adecuada son los siguientes:

- Disponibilidad del grado de automatización.	- Costo de mantenimiento.	- Puntos de control.
- Prospección tecnológica	- Consumo de energía.	- Seguridad y medio ambiente.
- Precio de adquisición.	- Costo de instalación y puesta en marcha.	- Preparación de materiales.
- Dimensiones y distribución en planta.	- Equipos auxiliares.	- Aseguramiento de la calidad
- Capacidad de producción.	- Infraestructura necesaria.	- Capacitación de la mano de obra.
- Flexibilidad de operación.	- Disponibilidad de refacciones.	
- Mano de obra necesaria.		

II.5.3.1. PROCEDIMIENTO PARA ELEGIR LA SOLUCION MAS ADECUADA

1o. ASIGNAR UN PORCENTAJE DE IMPORTANCIA A LOS FACTORES DE DECISION SELECCIONADOS.

La suma de los porcentaje asignados a cada factor debe ser 100%.

2o. CALIFICAR CADA FACTOR CON UNA ESCALA ENTRE 0 Y 10 PARA CADA SOLUCION.

La calificación de 0 es la mas baja y la de 5 es la mas alta

3o. DETERMINAR LA CALIFICACION PONDERADA.

Esta calificación se obtiene multiplicando la calificación del factor por el porcentaje de importancia.

4o. OBTENER LA CALIFICACION FINAL DE CADA SOLUCION.

La calificación final de cada solución es la suma de las calificaciones ponderadas de todos los factores utilizados.

UN EJEMPLO DEL PROCEDIMIENTO PARA ELEGIR SOLUCION MAS ADECUADA SE MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.5.3.

II.5.4. DESCRIPCION DEL PROCESO PROPUESTO

Después de determinar la extensión del estudio, la selección de los problemas y sus soluciones a realizar, se procede a su descripción.

Los pasos para esta descripción son los siguientes:

II.5.4.1. ELABORAR DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO para mejorar y/o modificar las operaciones del proceso, apoyándose en la información obtenida del diagrama de operaciones y del estudio crítico del proceso actual.

UN EJEMPLO DEL DIAGRAMA DE OPERACIONES SE MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.5.4.1.

II.5.4.2. ELABORAR DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO para mejorar las actividades no productivas.

UN EJEMPLO DEL DIAGRAMA DE FLUJO SE MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.5.4.2.

II.5.4.3. ELABORAR DIAGRAMA DE RECORRIDO DEL PROCESO para distribución de las máquinas y área de trabajo, utilizando la información obtenida del diagrama de recorrido del proceso actual.

UN EJEMPLO DEL DIAGRAMA DE RECORRIDO SE MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.5.4.3.

II.5.4.4. ELABORAR DIAGRAMA HOMBRE-MAQUINA para mejorar una estación de trabajo, obteniendo mejores tiempos de máquinas y

movimientos de operarios para equilibrar los ciclos de trabajo. (El estudio de tiempos se explica en el inciso II.6.1.).

UN EJEMPLO DEL DIAGRAMA HOMBRE-MAQUINA SE MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.5.4.4.

II.6. PRODUCTIVIDAD

En este inciso se describe la metodología seguida para la determinación de la productividad del proceso. Esta productividad es considerada como un parámetro de evaluación y comparación del proceso propuesto con el proceso actual que, junto con la evaluación tecnológica y económica de los dos procesos, nos permiten concluir si conviene la implantación del proceso propuesto.

Para medir la productividad de los procesos necesitamos primeramente conocer los tiempos de las operaciones del proceso. Por esta razón comenzaremos describiendo la metodología empleada para realizar un estudio de tiempos de las operaciones de producción y de una simulación de la duración total del proceso actual y del proceso propuesto.

II.6.1. ESTUDIO DE TIEMPOS

El estudio de tiempos es una técnica que permite estimar tiempos estándar (promedio) que se requieren para realizar una tarea determinada, con un método específico bajo condiciones preestablecidas del lugar de trabajo.

Con tiempos estándar reales se puede calcular la capacidad de equipos e instalaciones.

La ingeniería de métodos (procedimiento sistemático para eliminar, combinar o reducir el contenido de una tarea en el trabajo) puede determinar qué actividad es crítica para que la administración tenga un mejor control de producción y costos.

II.6.1.1. SELECCION DEL OPERADOR

- SELECCIONAR AL OPERADOR CONSIDERANDO:

- Que el operador al cual se le realiza el estudio debe ser aquel que represente el promedio (o ligeramente sobre el promedio) del tiempo del grupo.
- Que debe contar con experiencia en el método de estudio para evitar paros por dudas sobre la operación que realiza.

- Que debe tener espíritu de cooperación y confianza en el analista.
- Que se debe eleccionar primero al operador promedio en cada departamento o área para los primeros ciclos del cálculo, y luego rotar al personal para medir variaciones significativas. Las desviaciones se analizarán en base al cálculo de los estándares.

II.6.1.2. ELEMENTOS DE LA OPERACION

Para definir los elementos de la operación se cuenta con la tabla II.6.1.2.

REGLAS BASICAS DE LOS ELEMENTOS DE LA OPERACION

1. La operación debe ser dividida en grupos de medición independientes, llamados "elementos".
(Un elemento es una división del trabajo que puede ser medido con un cronómetro y que tiene puntos terminales fáciles de identificar).
(Una operación debe ser dividida lo mas posible, pero evitando que un elemento sea tan corto que no pueda ser medido o que sea muy difícil de precisar. Divisiones elementales de aproximadamente 2.4 seg son las mas pequeñas susceptibles de ser leídas consistentemente por un analista de tiempos experimentado²).
2. Asegurarse que todos los elementos son necesarios.
3. Los elementos no deben combinar tiempo de máquina con tiempo de operación manual.
4. Tiempos constantes (tiempos que no varían dentro de un intervalo de trabajo específico) y variables no deben ser combinados en un mismo elemento.

Tabla II.6.1.2.1. Reglas básicas de los elementos de la operación.

² NIEBEL, Benjamin W., Ingeniería Industrial, Métodos, Tiempos y Movimientos, 3a. edición. Edit. Alfaomega S.A. de C.V. México 1990, pág. 341.

**REGLAS BASICAS DE LOS ELEMENTOS DE LA OPERACION
(CONT.)**

5. Los elementos deben seleccionarse cuando los puntos terminales pueden identificarse por vista o por sonido característicos.
6. Los elementos seleccionados deben ser lo mas cortos posibles, garantizando que la medición de la duración sea precisa.

Tabla II.6.1.2.1. Reglas básicas de los elementos de la operación. (Cont.).

**- ELABORAR LA SECUENCIA Y DESCRIPCION DE LOS
ELEMENTOS DE LA(S) OPERACION(ES) A ESTUDIAR, EN BASE
A LAS REGLAS BASICAS DE LA TABLA II.6.1.2.1.**

UN EJEMPLO DE LA SECUENCIA Y DESCRIPCION DE LAS
OPERACIONES A ESTUDIAR SE MUESTRA EN EL CASO
PRACTICO, INCISO III.6.1.2., TABLA III.6.1.2.2.

II.6.1.3. TAMAÑO DE LA MUESTRA

Debido a que el estudio de tiempos es un procedimiento de muestreo, es importante que el número de datos a colectarse sea el adecuado.

Para determinar el tamaño de la muestra o el número de observaciones que deberán efectuarse para cada elemento, tomando como dato el nivel de confianza y un margen de exactitud predeterminados, se puede utilizar el método estadístico, pero se tienen que tomar un número de lecturas preliminares (N'). Para un nivel de confianza de 95.46% y un margen de error de $\pm 5\%$ se utiliza la siguiente ecuación:

$$N = \left[\frac{40\sqrt{N' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x^2} \right]^2$$

Donde: N = Tamaño de la muestra a determinar.
N' = Número de observaciones preliminares.
X = Valor de las observaciones.

**-DETERMINAR EL TAMAÑO DE LA MUESTRA,
UTILIZANDO LA ECUACION ANTERIOR.**

**UN EJEMPLO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA SE
MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.6.1.3.**

II.6.1.4. CONDUCCION DEL ESTUDIO

Para el estudio de tiempos se cuenta con dos métodos para la toma del tiempo de ciclo de las actividades:

II.6.1.4.1. Método continuo

El cronómetro permite medir la duración total del ciclo y no se detiene de elemento a elemento.

Ventajas:

- Ningún tiempo queda fuera del estudio y los retrasos o elementos externos a la operación son considerados, debido a que se registra el periodo de observación global.
- Se usa cuando los ciclos de los elementos son muy cortos, ya que se minimiza el error en la toma de tiempo elemento por elemento.

II.6.1.4.2. Método intermitente

La lectura es hecha en el punto terminal de cada elemento y se re-inicia a cero cada vez.

Ventajas:

- Las actividades permiten pausar la medición en forma precisa (ciclos no tan cortos).
- No es necesario hacer restas de las mediciones entre elementos ya que éstos son medidos separadamente.
- Es fácil identificar y medir tiempos que hace el operador que no son parte en sí de la operación.

- Se pueden comparar varios ciclos de cada elemento por separado para ver la consistencia de cada uno.

- SELECCIONAR EL METODO PARA LA TOMA DE TIEMPOS.

UN EJEMPLO DE LA SELECCION DEL METODO PARA LA TOMA DE TIEMPOS SE MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.6.1.4.

II.6.1.5. VARIACIONES EN LA SECUENCIA DE ELEMENTOS

Durante el estudio, el analista puede encontrar cuatro tipos de variaciones en la secuencia de los elementos que se estableció originalmente. Ver tabla II.6.1.5.

VARIACIONES EN LA SECUENCIA DE ELEMENTOS	
1.	Olvidar leer un elemento por el analista. Cuando esto sucede se debe registrar una letra M en la columna L del formato para toma de tiempos.
2.	Omitir un elemento por el operador. Se presenta pocas veces pero cuando esto sucede se debe registrar una pequeña línea horizontal en el espacio de la columna L.
3.	Realizar diferente secuencia a la originalmente registrada de un elemento o elementos. Cuando esto sucede se debe registrar en la columna L del elemento realizado fuera de orden, el tiempo de inicio y fin de su realización. Este procedimiento se repetirá para cada elemento realizado fuera de orden y para el primer elemento que regrese a la secuencia normal.
4.	Introducir elementos externos que no forman parte del ciclo normal de trabajo. Estos pueden ocurrir durante la ejecución de un elemento o entre elementos.

Tabla II.6.1.5. Variaciones en la secuencia de elementos.

Quando la interrupción ocurre durante la ejecución de un elemento debe registrarse una letra del alfabeto en la parte derecha de la columna T del elemento afectado.

Quando la interrupción se suscita entre dos elementos, la letra deberá registrarse en la parte derecha de la columna T del siguiente elemento a la interrupción. La letra A puede utilizarse para

identificar el primer elemento externo, la letra B el segundo y así sucesivamente.

Después que los elementos externos han sido identificados con la letra apropiada en el punto de ocurrencia, una descripción corta del elemento y su tiempo de duración deben registrarse en la sección para elementos externos del formato de estudio de tiempos.

UN EJEMPLO DE LAS VARIACIONES PARA ESTUDIO DE TIEMPOS SE MUESTRAN EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.6.1.6.

El tiempo requerido para la realización de elementos externos o variaciones al proceso pre-establecido, especialmente aquellos que generan retrasos inevitables, representan información muy importante para la determinación de tiempos estándar justos. El tiempo consumido por estas variaciones hace considerar "suplementos" apropiadas para establecer el tiempo estándar.

II.6.1.6. DESARROLLO DEL ESTUDIO DE TIEMPOS

Los pasos para el estudio de tiempos son los siguientes:

- 1o Definir las reglas básicas (inciso II.6.1.2.) para llevar a cabo un estudio de tiempos.
- 2o Determinar las actividades o elementos a medir.
- 3o Hablar con los operarios para explicarles el fin del estudio para encontrar mejores métodos de manufactura, y explicarles que la única forma de encontrarlos es conociendo el proceso a detalle.
- 4o Elaborar el estudio.

UN EJEMPLO DEL DESARROLLO Y FORMATO DEL ESTUDIO DE TIEMPOS SE MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.6.1.6.

II.6.1.7. CALCULO DEL TIEMPO ESTANDAR

II.6.1.7.1. PASOS PARA DETERMINAR DEL TIEMPO ESTANDAR DE ACTIVIDADES EXISTENTES

1o. CALCULAR EL TIEMPO PROMEDIO TP

Se obtiene al dividir el tiempo total TT de todas las mediciones entre el número de observaciones reales OR.

El tiempo total TT es la suma de cada medición tomada TI, pero sin incluir los elementos externos EE, ocurridos durante la toma de tiempos. Las mediciones de estos elementos externos se pueden encmar dentro de un círculo (ver figura III.6.1.6. del caso práctico, inciso III.6.1.6.).

El número de observaciones reales OR es el número de ciclos medidos C menos el número de elementos externos EE.

UN EJEMPLO DEL CALCULO DEL TIEMPO PROMEDIO SE MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.6.1.7.1.

Muy rara vez la actuación del operario será conforme a la definición exacta de lo que se estableció como "normal" o "estándar". Por lo tanto es esencial hacer un ajuste al tiempo promedio observado a fin de determinar el tiempo que se requiere para que una persona normal ejecute el trabajo a un ritmo normal.

La calificación de la actuación es una técnica para determinar con equidad el tiempo requerido para que un operario promedio ejecute una tarea después de haber registrado los valores observados de la operación en estudio.

Existen diversos factores que influyen en la actuación del operario, como son: estado de ánimo, distracción, destreza, condiciones de trabajo, curva de aprendizaje, etc.

2o CALCULAR EL FACTOR DE NIVELACION FN (CALIFICACION DE LA ACTUACION DE UN OPERARIO)

Uno de los sistemas de calificación de la actuación de un operario mas utilizado, es el desarrollado por

Westinghouse Electric Corporation, que describen en detalle Lowry, Maynard y Stegemerten³. En este método se consideran cuatro factores al evaluar la actuación del operario, que son: **habilidad, esfuerzo o empeño, condiciones y consistencia.**

La habilidad es la "pericia en seguir un método dado" y se puede explicar mejor relacionándola con la calidad artesanal, revelada por la apropiada coordinación de la mente y las manos, según el sistema Westinghouse existen seis grados o clases de habilidad asignables a operarios y que representan una evaluación de pericia aceptable. Tales grados y sus valores numéricos en porcentaje se ilustran en la tabla II.6.1.7.1.1. Calificación de la actuación de un operario.

El esfuerzo es una "demostración de la voluntad para trabajar con eficiencia". Es representativo de la rapidez con la que se aplica la habilidad, y puede ser controlado en alto grado por el operario. Se debe calificar sólo el esfuerzo demostrado en realidad. Existen seis grados representativos del esfuerzo, que se ilustran en la tabla II.6.1.7.1.1.

Las condiciones son aquellos elementos que afectan al operario y no a la operación en la estación de trabajo. Estos elementos son la temperatura, la ventilación, la luz y el ruido. También existen seis grados generales de condiciones, como se observa en la tabla II.6.1.7.1.1.

La consistencia es la repetición de los valores de tiempo en que realiza un elemento dado. Esta consistencia debe valuarse mientras se realiza la operación de cronometrar los tiempos. Hay seis grados de consistencia como se muestra en la tabla II.6.1.7.1.1.

Las calificaciones de habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia se traducen valores en porcentajes equivalentes. Estos cuatro porcentajes se suman algebraicamente para obtener el factor de nivelación final.

UN EJEMPLO DEL CALCULO DEL FACTOR DE NIVELACION FN SE MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.6.1.7.1.

³ S. M. Lowry, H.B. Maynard y G. J. Stegemerten, Time and Motion Study and Formulas for Wage Incentives, 3a. de. (Nueva York: Mc. Graw-Hill, 1940), pp. 233.

CALIFICACION DE LA ACTUACION DE UN OPERARIO

1. Habilidad.	Extrema	A1	+ 0.15
	Extrema	A2	+ 0.13
	Excelente	B1	+ 0.11
	Excelente	B2	+ 0.08
	Buena	C1	+ 0.06
	Buena	C2	+ 0.03
	Regular	D	0.00
	Aceptable	E1	- 0.05
	Aceptable	E1	- 0.10
	Deficiente	F1	- 0.16
Deficiente	F2	- 0.22	
2. Esfuerzo.	Excesivo	A1	+ 0.13
	Excesivo	A2	+ 0.12
	Excelente	B1	+ 0.10
	Excelente	B2	+ 0.08
	Buena	C1	+ 0.05
	Buena	C2	+ 0.02
	Regular	D	0.00
	Aceptable	E1	- 0.04
	Aceptable	E2	- 0.08
	Deficiente	F1	- 0.12
Deficiente	F2	- 0.17	
3. Condiciones	Ideales	A	+ 0.06
	Excelentes	B	+ 0.04
	Buenas	C	+ 0.02
	Regulares	D	0.00
	Aceptables	E	- 0.03
	Deficientes	F	- 0.07
4. Consistencia.	Perfecta	A	+ 0.04
	Excelente	B	+ 0.03
	Buena	C	+ 0.02
	Regular	D	0.00
	Aceptable	E	- 0.02
	Deficiente	F	- 0.04

Tabla II.6.1.7.1.1. Calificación de la actuación de un operario. (Cont.).

FUENTE: S. M. Lowry, H.B. Maynard y G. J. Stegemerten, *Time and Motion Study and Formulas for Wage Incentives*, 3a. de. (Nueva York: Mc. Graw-Hill), pág. 233.

3o. CALCULAR EL TIEMPO PROMEDIO NIVELADO TPN

El tiempo promedio nivelado TPN se obtiene multiplicando el tiempo promedio observado TP por el factor de nivelación FN.

UN EJEMPLO DEL CALCULO DEL TIEMPO PROMEDIO NIVELADO TPN SE MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.6.1.7.1.

4o. CALCULAR SUPLEMENTOS

Este cálculo es el último punto a considerar para el determinar los tiempos estándar.

Es imposible que el operario mantenga siempre el mismo ritmo de trabajo durante todos los minutos de trabajo del día.

Los tipos de suplementos que se presentan ocasionalmente y que hay que compensar con tiempo adicional se ilustran en la tabla II.6.1.7.1.2.

SISTEMA PARA CALCULAR SUPLEMENTOS EN PORCENTAJES		
	Hombres	Mujeres
1. SUPLEMENTOS CONSTANTES		
Suplementos por necesidades personales	5	7
Suplementos básicos por fatiga	$\frac{4}{9}$	$\frac{4}{11}$
2. CANTIDADES VARIABLES AÑADIDAS AL SUPLEMENTO BASICO POR FATIGA		
A. Suplemento por trabajar de pié.....	2	4
B. Suplemento por postura anormal		
Ligeramente incómoda.....	0	1
Incómoda (inclinado)	2	3
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7

Tabla II.6.1.7.1.2. Cálculo de suplementos.

SISTEMA PARA CALCULAR SUPLEMENTOS EN PORCENTAJES (CONT)

	Hombres	Mujeres
C. Levantamiento de pesos y uso de fuerza (levantar, tirar o empujar)		
Peso levantado o fuerza ejercida (en kilogramos):		
2.5	0	1
5	1	2
7.5	2	3
10	3	4
12.5	4	6
15	6	9
17.5	8	12
20	10	15
22.5	12	18
25	14	--
30	19	-
40	33	-
50	58	-
D. Intensidad de luz		
Ligeramente por debajo de lo recomendado	0	0
Bastante por debajo	2	2
Absolutamente insuficiente	5	5
E. Calidad del aire (factores climáticos exclusivamente)		
Buena ventilación o aire libre	0	0
Mala ventilación, pero sin emanaciones tóxicas ni nocivas	5	5
Proximidad de hornos, calderas, etc.	5-15	5-15
F. Tensión visual		
Trabajos de cierta precisión	0	0
Trabajos de precisión o fatigosos	2	2
Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5
G. Tensión auditiva		
Sonido continuo	0	0
Intermitente y fuerte	2	2
Intermitente y muy fuerte	5	5
Estridente y fuerte	5	5
M. Tensión mental		
Proceso bastante complejo	1	1
Proceso complejo o atención muy dividida	4	4
Muy complejo	8	8

Tabla II.6.1.7.1.2. Cálculo de suplementos. (Cont.).

SISTEMA PARA CALCULAR SUPLEMENTOS EN PORCENTAJES (CONT.)

	Hombres	Mujeres
I. Monotonía: mental		
Trabajo algo monótono	0	0
Trabajo bastante monótono	1	1
Trabajo muy monótono	4	4
J. Monotonía: física		
Trabajo algo aburrido	0	0
Trabajo aburrido	2	1
Trabajo muy aburrido	5	2

Tabla II.6.1.7.1.2. Cálculo de suplementos. (Cont.).

Los suplementos de la tabla II.6.1.7.1.2. se traducen en porcentajes y se suman algebraicamente para obtener el porcentaje total por suplementos.

UN EJEMPLO DEL CALCULO DE SUPLEMENTOS SE MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.6.1.7.1.

5o. CALCULO DEL TIEMPO ESTANDAR ST

Para llegar al tiempo estándar TE, debe multiplicarse la suma de los suplementos S por el tiempo promedio nivelado TPN. Así, para el elemento 1 del ejemplo, el tiempo estándar quedaría:

$$TE = S * TPN$$

donde: TE = tiempo estándar.

S = suma de los suplementos.

TPN = tiempo promedio nivelado.

UN EJEMPLO DEL CALCULO DEL TIEMPO ESTANDAR SE MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.6.1.7.1.

II.6.1.7.2. DETERMINACION DEL TIEMPO ESTANDAR PARA NUEVAS ACTIVIDADES

Algunas actividades del proceso propuesto no existen en el proceso actual, por lo que no se pueden medir en un estudio de

tiempos. Entonces los tiempos estándar se pueden obtener por los proveedores del equipo a utilizar, como por ejemplo: la velocidad de un elevador de carga, la velocidad de giro de un carrusel, tiempos de velocidad de transporte de bandas, tiempos de carga y descarga de material en máquinas, tiempos de ciclo de máquina, etc.

También se puede recurrir a bases teóricas que permiten calcular tiempos, como por ejemplo en la adición de un fluido por gravedad, se puede utilizar la ecuación de Bernoulli para fluidos estacionarios, etc.

UN EJEMPLO DE LA DETERMINACION DEL TIEMPO ESTANDAR DE NUEVAS ACTIVIDADES SE MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.6.1.7.2.

II.6.2. CONSOLIDACION DE DATOS

-AGRUPAR LOS TIEMPOS ESTANDAR DE LAS OPERACIONES EN UNA TABLA.

Para agrupar todos los tiempos estándar de las operaciones en estudio, se puede utilizar la tabla III.6.2. de consolidación de tiempos estándar.

UN EJEMPLO DE LA AGRUPACION DE DATOS SE MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.6.2.

II.6.3. BALANCEO DE LINEAS

Después de calcular los tiempos estándar de las operaciones actuales, es necesario conocer las operaciones mas lentas, ya que estas operaciones provocan un flujo discontinuo de materiales, tiempos ociosos e improductivos de máquinas y operarios, causando un aumento en los gastos de operación de máquina y de mano de obra, tanto de las operaciones anteriores y/o posteriores a estos "cuellos de botella". Además esta operaciones son puntos clave para mejorar el proceso utilizando elementos automatizados que mejoren considerablemente la productividad y la calidad de las operaciones

Para conocer las operaciones mas lentas, se realiza un equilibrado de líneas, para determinar el número de operarios y/o máquinas que deberían asignarse a la línea de producción para mantener tiempos de proceso y flujos de materiales constantes e ininterrumpidos.

El procedimiento del balanceo de líneas es el siguiente:

10. Calcular los tiempos estándar de las operaciones. (ver inciso II.6.1.)
20. Determinar el tiempo requerido para producir una pieza, en un tiempo de trabajo establecido y de acuerdo al volumen de producción que se necesite fabricar en dicho tiempo.

$$\text{Tpo. para producir una pieza} = \frac{\text{tpo. trabajado}}{\text{vol. de producción requerido}}$$

30. Calcular el número estimado de máquinas u operarios para producir una unidad, dividiendo el tiempo estándar de la operación entre el tiempo necesario para producir una pieza.

$$\text{No. de maq. u operarios} = \frac{\text{tpo. estándar de la operación}}{\text{tpo. necesario para producir una pieza}}$$

40. Calcular la operación mas lenta, dividiendo el tiempo estándar de cada una de las operaciones entre el número estimado de máquinas u operarios.

$$\text{Operación mas lenta} = \frac{\text{tpo. estándar}}{\text{No. estimado de maq. u operarios}}$$

50. Calcular la tasa de producción de cada operación, dividiendo el tiempo de trabajo establecido de cada operación entre el número obtenido del cálculo de la operación mas lenta.

Si la tasa de producción de cada operación fuera inadecuada, se debe incrementar la tasa de producción de las máquinas o de los operarios, ya sea:

- Haciendo que se trabaje tiempo extra.
- Utilizando mas máquinas u operarios.
- Mejorando el método en la operación mediante el uso de elementos de automatización .

UN EJEMPLO DEL BALANCEO DE LINEA SE MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.6.3.

II.6.4. SIMULACION DE LA DURACION DEL PROCESO ACTUAL Y PROPUESTO

Después de haber desarrollado el método propuesto, se debe comparar el tiempo total que tardarían el proceso actual y el propuesto en

realizar las mismas actividades para producir la misma cantidad del mismo producto, en un periodo de tiempo dado.

III.6.4.1. SIMULAR EL TIEMPO TOTAL DEL PROCESO PROPUESTO Y DEL ACTUAL PARA LA ELABORACION DEL MISMO PRODUCTO

Para simular el tiempo total que tardaría el proceso actual y el propuesto en producir el mismo producto en un periodo de tiempo dado, se propone utilizar una hoja de cálculo que contenga la descripción de las operaciones, sus tiempo estándar y el número de ciclos que realiza cada una de ellas en el periodo de tiempo de producción dado para el cálculo del total de todo el proceso.

Las tablas III.6.4.1. y III.6.4.2. del caso práctico ilustran el formato propuesto para hacer la simulación de los tiempos totales tanto del método actual como del propuesto.

- SIMULAR EL TIEMPO TOTAL DEL PROCESO ACTUAL Y DEL PROPUESTO.

- UN EJEMPLO DE LA SIMULACION DEL TIEMPO TOTAL DEL PROCESO ACTUAL Y DEL PROPUESTO SE MUESTRA EN EL INCISO III.6.4..

En la tabla del proceso propuesto se pueden encontrar una o varias actividades con un tiempo estándar igual a cero, debido a que esas actividades pueden ser eliminadas o mejoradas en dicho proceso.

III.6.5. DETERMINACION DE LA PRODUCTIVIDAD

Comencemos definiendo el concepto de productividad.

La productividad se puede expresar con base en factores totales o con base en factores parciales.

La productividad *total* de los factores es la relación entre la producción con base en todos los insumos:

$$\text{Productividad} = \text{Productos} / (\text{Mano de obra} + \text{Capital} + \text{Materiales} + \text{Energía}).$$

La relación entre la producción relativa a uno, dos, tres o cuatro insumos (mano de obra, capital, materiales y energía) constituye una medida *parcial* de la productividad.

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

La producción por *horas-hombre*, a menudo denominada *eficiencia de la mano de obra*, es la medida parcial de productividad mas común, y es la que se utiliza como una parámetro de evaluación para los procesos.

-CALCULAR LA PRODUCTIVIDAD PARCIAL DE LA MANO DE OBRA PARA LOS DIFERENTES PRODUCTOS EN CADA PROCESO.

- PROCEDIMIENTO PARA CALCULAR LA PRODUCTIVIDAD.

- 1o. Identificar los volúmenes de producción de cada producto utilizado en el modelo de simulación de la producción.
- 2o. Determinar las horas-hombre que se necesitaron en cada proceso para la elaboración de los volúmenes de producción de un tipo de producto.
- 3o. Elaborar una tabla que contenga el tipo de producto, la productividad del proceso actual, la productividad del proceso propuesto y su respectivo porcentaje de aumento para cada producto.

Con esta tabla podemos comparar la productividad parcial de la mano de obra de los dos procesos (actual y propuesto) y sus respectivos porcentajes de aumento o disminución de dicha productividad.

- UN EJEMPLO DEL CALCULO DE LA PRODUCTIVIDAD PARCIAL DE LA MANO DE OBRA DEL PROCESO ACTUAL Y DEL PROPUESTO SE MUESTRA EN EL INCISO III.6.5.

II.7. EVALUACION TECNOLOGICA

Otro parámetro de evaluación del proceso actual y del proceso propuesto es la evaluación tecnológica.

Una vez que se conocen los procesos de fabricación, es necesario comparar las diferencias tecnológicas, por lo tanto, en este inciso se hace una descripción de las diferencias tecnológicas existentes entre los dos procesos y se agrupan en "categorías tecnológicas", dando a cada categoría un peso específico respecto a las demás (muy importante, importante ó regular).

Esta técnica de evaluación permite cuantificar las diferencias y concluir de manera mas objetiva qué proceso representa la mejor opción tecnológica y se basa en la ponderación y calificación del grado de cumplimiento que tiene cada proceso en cada categoría. Cada puntuación se multiplica por el peso específico

de la categoría para obtener su valor ponderado. La suma de los valores ponderados de todas las categorías dan la calificación final de cada proceso.

II.7.1 DESCRIPCION Y CATEGORIZACION

- DESCRIBIR LAS DIFERENCIAS TECNOLOGICAS EXISTENTES ENTRE EL PROCESO ACTUAL Y EL PROCESO PROPUESTO Y AGRUPARLAS EN "CATEGORIAS TECNOLOGICAS".

- UN EJEMPLO DE LA DESCRIPCION TECNOLOGICA DE LOS PROCESOS Y SU AGRUPACION EN CATEGORIAS SE MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.7.1.

II.7.2 METODO DE EVALUACION

Para llegar a una cifra que permita tener una medición mas objetiva de los aspectos tecnológicos, se utiliza el método de "análisis matricial".

Procedimiento:

1o. ASIGNAR UN PORCENTAJE DE IMPORTANCIA A CADA CATEGORIA TECNOLOGICA.

La suma de los porcentaje asignados a cada categoría debe ser 100%.

2o. CALIFICAR CADA CATEGORIA CON UN VALOR ENTRE 0 Y 5 PARA CADA PROCESO.

La calificación de 5 es la mas alta y la de 0 es la mas baja.

3o. DETERMINAR LA CALIFICACION PONDERADA.

Esta calificación se obtiene multiplicando la calificación de la categoría por el porcentaje de importancia que se le habia asignado.

4o. OBTENER LA CALIFICACIÓN FINAL DE CADA PROCESO.

La calificación final de cada proceso es la suma de las calificaciones ponderadas de todas las categorías analizadas.

- UN EJEMPLO DEL METODO DE ANALISIS MATRICIAL SE MUESTRA EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.7.2.

II.8. EVALUACION ECONOMICA

El objetivo de cualquier negocio es generar utilidades, por lo tanto es necesario comprobar si el proceso propuesto ayuda a cumplir con ese objetivo.

El factor económico siempre es el decisivo para la autorización de un proyecto. Por lo tanto se tienen que representar las diferencias tecnológicas en terminos monetarios para poder determinar la factibilidad de aplicar el proceso propuesto.

II.8.1. METODOS DE EVALUACION

Cuando se realiza la sustitución de maquinaria o equipo, existen dos situaciones claramente definidas, que a su vez, obligan a definir un método específico de evaluación económica.

La primera situación surge cuando la maquinaria a sustituir solo es parte de un proceso productivo y no produce ingresos por sí misma, es decir, contribuye a la elaboración de un producto y es muy difícil cuantificar con precisión cuanto contribuye el trabajo de esa máquina, al costo real del producto. En este caso, como la maquinaria bajo estudio no produce un ingreso directo porque junto con otras máquinas elaboran un producto, la evaluación económica mas recomendable es una comparación de costos por el *método de costo anual uniforme equivalente (CAUE)*.

La segunda situación surge cuando la máquina bajo estudio produce directamente un artículo terminado que al venderse produce ingresos, aunque la misma empresa produzca una gran cantidad de artículos, es posible aislar la evaluación económica de esa maquinaria por el *método de análisis incremental*, el cual permite introducir al análisis toda la serie de datos reales que se pueden originar, como son aumento de productividad, disminución de costos, depreciación, impuestos, etc.

Se llama análisis incremental porque cuantifica aumentos de inversión a los cuales debe corresponder aumentos de ingresos, es decir, se tiene una maquinaria trabajando normalmente y ésta produce determinado ingreso, la inversión actual es cero, puesto que el equipo se compró hace tiempo. Como se pretende reemplazar dicho equipo, se produce un incremento de inversión por la compra de la maquinaria nueva; a este incremento de inversión debe corresponder un aumento proporcional de ingresos, de no ser así la inversión tendría que rechazarse.

El análisis incremental empleado, consiste en obtener los incrementos de la situación que guardan, en el estado de resultados, ambas máquinas.

**- UTILIZAR EL METODO DE EVALUACION ECONOMICA PARA LA
SUSTITUCION DE MAQUINARIA O EQUIPO.**

**UN EJEMPLO DE LA EVALUACION ECONOMICA SE MUESTRA
EN EL CASO PRACTICO, INCISO III.8.**

CAPITULO III

CASO PRACTICO

Breve descripción de la compañía.

La empresa, la cual me permitió poner en práctica la metodología anteriormente expuesta, se llama Max Pak de México S.A. de C.V. Esta compañía, ubicada al noreste de la Ciudad de México, en la delegación Azcapotzalco, tiene pocos años en operación y se dedica al termoformado de PVC rígido (película calendreada de cloruro de polivinilo) para producir "blisters pack" o burbujas de PVC para empaque, que serán llenadas con el producto (pilas), para luego ser selladas a una tarjeta de cartón para formar un producto terminado de empaque para baterías.

III.1. ¿QUE OBJETIVO SE PERSIGUE?

El objetivo que pretende alcanzar la dirección de la empresa es utilizar mejores métodos y procesos de termoformado y sellado a alta frecuencia que permitan elaborar productos altamente competitivos.

III.1.1. HACER VER LOS BENEFICIOS DE LA AUTOMATIZACIÓN A LA DIRECCIÓN DE LA EMPRESA.

En este punto se propuso a la dirección de la empresa contestar algunas preguntas para establecer mejor los objetivos, el rumbo que tomará en un futuro a corto plazo y la necesidad de modificar sus procesos utilizando a la automatización como una herramienta muy poderosa para resolver estos problemas de atraso tecnológico para mantenerse y crecer en el mercado, que cada vez es mas competitivo.

A continuación se presentan las preguntas y las respuestas dadas por el director general de la empresa.

QUESTIONARIO PARA LA DIRECCION DE LA EMPRESA.

¿En qué situación se encuentra la empresa respecto a los competidores del mercado?

R= Hoy en día nuestra empresa se encuentra en una situación crítica respecto a los competidores, ya que los procesos actuales de producción no satisfacen las demandas requeridas por los clientes; además nuestros precios son mas altos comparados con los de la competencia. La maquinaria y equipo, con la que contamos para producir, no cumplen las expectativas de calidad, tiempo de fabricación y precios que ofrece la competencia. Además con esta tecnología atrasada con la que contamos actualmente no podemos ser competitivos. Tenemos que innovarnos porque si no lo hacemos estaremos fuera de alguna posibilidad de continuar en el mercado.

¿Hacia dónde se dirigirá el entorno de la empresa en el futuro?

R= El entorno de la empresa se dirigirá hacia la fabricación de productos con alta calidad, con mas variedad de formas, con precios mas bajos, con capacidad de flexibilidad en la producción, con procesos mas rápidos, flexibles, continuos, sin errores, mas eficientes, con mejores acabados, con menores tiempos de respuesta a cambios, con tiempos de entrega mas cortos.

¿Qué objetivos pretende alcanzar la empresa en los próximos diez años?

R= Los objetivos que pretendemos lograr son:

- Ser líderes nacionales en la producción de blísters y empaques de una gama amplia de productos.
- Contar con los mejores procesos de producción.
- Llevar un control óptimo de la producción.
- Lograr producir un alto volumen al menor costo con alta calidad.
- Abarcar mas mercados.
- Contar con otros procesos de fabricación, a parte de los actuales, que tengan aceptación en el mercado.
- Exportar productos a E.U., Canadá y Sudamérica.

¿En qué punto de su curva vital se encuentran los productos del actual programa de producción?

R= Están en la madurez su curva vital, porque en el mercado se usa mucho el blíster para empaques de muchos productos.

¿Qué productos podrán renovarse en el mediano plazo gracias al desarrollo técnico, de modo que puedan fabricarse mas económicamente?

R= El blíster se podrá renovar utilizando materiales como el poliestireno "cristal", que es mas barato que el PVC para elaborar empaques que muestren el producto que se expone en los centros comerciales y tiendas.

¿Cuáles son los factores mas importantes que determinan las ventas y los beneficios (capacidad instalada, volumen de producción, flujo de materiales, transporte y preparación, calidad, capacidad de responder a cambios en la producción, volumen de ventas, distribución, servicio, precios, otros)?

R= Son la capacidad instalada, el volumen de producción, el flujo de materiales, la calidad, la capacidad de cambios en la producción y los precios, principalmente.

¿Qué modificaciones del proceso de producción dan lugar a reducciones de costo y una mayor flexibilidad y a un incremento de la competitividad?

R= En la operación de termoformado y de sellado se tienen que utilizar maquinaria con tecnología mas avanzada para reducir tiempo de producción y mejorar la calidad. El área de operaciones necesita mas espacio. También se necesita una mejor distribución de la planta y un mejor manejo de inventarios y un mejor sistema de transporte de materiales para su almacenamiento.

Después de que la dirección tuvo una mejor visión actual de la situación en que se encuentra y hacia dónde debe dirigirse en un futuro al contestar el cuestionario, se sostuvo una plática para plantear los beneficios que pueden obtenerse al utilizar los elementos de la automatización, los cuáles no requieren grandes inversiones para su implantación, ya que se pueden utilizar en forma individual o combinada, de acuerdo a las necesidades técnicas y a las posibilidades económicas de la empresa. Además que se lograría un nivel mejor de competencia en los mercados.

Para este caso sería el uso de maquinaria y equipo automatizados que permitan contar con mayor capacidad instalada, menores tiempos de fabricación, menores tiempos de ociosos de máquinas y operarios, mejor flujo de materiales, mejores niveles de calidad, para satisfacer los volúmenes de producción, la calidad y los tiempos de entrega -que requieren los clientes.

III.1.2. ESTRATEGIA PARA VENCER LA RESISTENCIA AL CAMBIO.

III.1.2.1. DIAGNOSTICAR LA RESISTENCIA.

Uno de los cuestionarios para diagnosticar aspectos de relación con uno mismo, con el nuevo trabajo y con otras personas fue aplicado a la operadora de la única máquina termoformadora de vacío semiautomática, ésta persona ha estado operando la máquina por casi cuatro años, pero ahora la capacidad de producción de esta máquina es insuficiente para las necesidades requeridas, por tanto se debe estudiar esta operación para hacer cambios.

Las respuestas del operario al cuestionario son las siguientes:

CUESTIONARIO DE CONTROL DE LA REACCION AL CAMBIO
Uno mismo:
+ (U-1) ¿Cómo cambiará la satisfacción de mis necesidades básicas?
R= Cambiará para vivir bien, vestir bien, etc.
+ (U-2) ¿Cómo cambiará la satisfacción de mis necesidades de orden superior?
R= Para cosas para mi familia.

Tabla III.1.2.1.1. Cuestionario de control de la reacción al cambio.

CUESTIONARIO DE CONTROL DE LA REACCION AL CAMBIO (CONT.)

+ (U-3) ¿Cómo cambiará mi salario?

R= Mejorará un poco, porque con mayor capacitación sabré mas cosas y mi sueldo subirá, aunque por otro lado el costo de la maquinaria afectará a la empresa .

? (U-4) ¿Cómo cambiarán mis posibilidades de promoción?

R= Sólo un poco, ya que mi desempeño será un poco mejor para mi superación personal.

+ (U-5) ¿Cómo cambiará mi opinión sobre mi mismo?

R= Tendré una mejor opinión, ya que con las mejoras en mi trabajo me sentiré mas contenta y satisfecha porque es para crecer.

- (U-6) ¿Cómo cambiará mi influencia formal (participación)?

R= Cambiará para menos, porque con la maquinaria nueva ya no tendré las mismas funciones que hago ahora ya que otro tipo de máquina mejor me desplazará y ya no sería indispensable.

? (U-7) ¿Cómo cambiará mi influencia informal (autoridad)?

R= No tengo autoridad sobre los demás, todos somos iguales.

+ (U-8) ¿Cómo cambiará mi futuro en esta organización?

R= Mi futuro cambiará para bien, porque con los cambios se producirá mas y con mejor calidad, habrá mas ventas y así podremos tener mejor salario.

+ (U-9) ¿Cómo cambiará mi escala de valores?

R= Me valoraría un poco mas porque, con las mejoras que se quieren hacer, tendría mas conocimientos que ahora y valoraría mas lo que hago y lo que sé.

? (U-10) ¿Cómo cambiarán mis sentimientos?

R= Mis sentimientos no creo que cambien.

Trabajo:

+ (T-1) ¿Cómo cambiará la cantidad de trabajo que hago?

R= La cantidad sería mas, pero mas rápido y menos cansado.

Tabla III.1.2.1.1. Cuestionario de control de la reacción al cambio. (Continuación).

CUESTIONARIO DE CONTROL DE LA REACCION AL CAMBIO (CONT.)

- (T-2) ¿Cómo cambiará mi competencia en el trabajo?

R= Tendría mas exigencias y tendría que ser mas competente, y también puede que, si no manejo bien la maquinaria o lo que se cambien, me replacen, o ya no ses indispensablemte necesiten, pero con la experiencia que tengo en el termoformado no creo que haya tanto problema.

+ (T-3) ¿Cómo cambiará mi interés en el trabajo?

R= Mi trabajo sería mucho mas interesante, porque sabría como manejar algo mas complejo y aprendería el funcionamiento de algo mas moderno sin tener que hacer tanto esfuerzo físico. Además pensaría y aprendería mas.

+ (T-4) ¿Cómo cambiará la importancia de mi trabajo?

R= Mi trabajo sería mas importante porque se tiene que saber como operar una máquina mas moderna para hacer mejor las cosas y sacar mas producción en menos tiempo.

? (T-5) ¿Cómo cambiarán las presiones del trabajo (estrés)?

R= No se si cambiarían.

? (T-6) ¿Cómo cambiará mi entorno físico?

R= Cambiará para bien con mas orden.

? (T-7) ¿Cómo cambiará mi horario de trabajo?

R= No cambiaría, sería lo mismo.

Otras personas:

+ (O-1) ¿Cómo cambiarán mis relaciones con los compañeros?

R= No cambiarían porque nos llevamos bien.

- (O-2) ¿Cómo cambiarán mis relaciones con mi superior?

R= Yo creo que bastante, porque tendría a un supervisor que no sé como me exigiría y como nos entenderíamos.

? (O-3) ¿Cómo cambiarán mis relaciones con mis subordinados?

R= No tengo subordinados.

+ (O-4) ¿Cómo cambiarán mis relaciones con mi familia?

R= Serían para bien porque tendría un poquito mas dinero para ellos y estarían orgullosos de mí.

Tabla III.1.2.1.1. Cuestionario de control de la reacción al cambio. (Continuación).

QUESTIONARIO DE CONTROL DE LA REACCION AL CAMBIO (CONT.)

? (O-5) ¿Cómo cambiarán mis relaciones con amigos?

R= No cambiarían, serían iguales.

Tabla III.1.2.1.1. Cuestionario de control de la reacción al cambio. (Continuación).

Del cuestionario anterior se obtienen que las preguntas mas representativas, sus pesos de resistencia o aceptación (con un valor total de 20) y su magnitud de modificabilidad.

Número	Fuerzas de Resistencia (F-)	Peso	Modificabilidad
U-6	Menor influencia formal (poder).	4	2
O-2	Nuevo superior	4	4
T-2	Exigencias de mayor competencia	2	0
	Fuerzas de Aceptación (F+)		
U-8	Cambio de su futuro en la organización	1	0
T-4	Trabajo mas importante	2	1
U-3	Salario mas elevado	5	1
T-3	Trabajo mas interesante		3
		20	

De la tabla anterior podemos observar que la fuerza de resistencia (O-2), nuevo superior, tiene un peso mayor de resistencia, sin embargo, su modificabilidad también tiene un peso mayor, ya que el supervisor utilizará técnicas para disminuir los sentimientos de rechazo del individuo, tales como, obtener antecedentes sobre la persona para acogerle de manera protectora.

También podemos identificar que la fuerza de aceptación (T-3), trabajo mas interesante, tiene un peso mayor de aceptación, y también su modificabilidad, ya que puede aumentarse el interés por el nuevo trabajo mediante reconocimientos a su buen desempeño, bonos de productividad, etc., para aumentar su confianza en si mismo y su motivación.

El diagrama de reacción al cambio para este caso se ilustra en la figura III.1.2.1.2.

DIAGRAMA DE REACCION AL CAMBIO

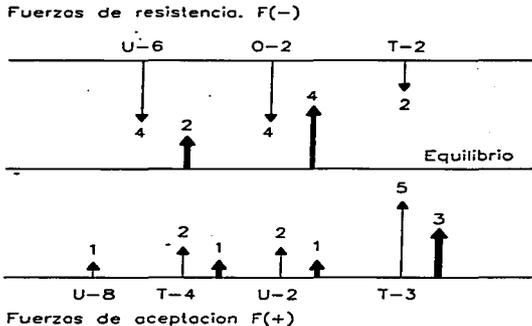


Figura III.1.2.1.2. Diagrama de reacción al cambio de una persona que operará una máquina termoformadora diferente a la actual.

Como se puede observar en el diagrama de reacción al cambio de la figura III.1.2.1.2., hay cuatro fuerzas principales de aceptación $F+$, en donde tres tienen una magnitud de modificabilidad (flechas gruesas) de la mitad o mayor de la mitad que los pesos asignados de aceptación. Además existen tres fuerzas principales de resistencia $F-$, de las cuales, una tiene una magnitud de modificabilidad igual al peso de resistencia, otra tiene una magnitud de la mitad en relación a su peso y la tercera no tiene modificabilidad, aunque su peso de resistencia es pequeño del peso asignado de resistencia al cambio. Por lo tanto, la capacidad de cambio para este caso tiene un balance cargado hacia las fuerzas

de aceptación, por lo que habrá menos resistencia que aceptación al cambio.

Al observar el equilibrio entre las magnitudes de peso y las de modificabilidad del diagrama anterior, se obtiene que las fuerzas de resistencia en las que hay que actuar son la (U-6), menor influencia formal o participación, la (O-2), relaciones con mi superior y la (T-2), exigencias de mayor competencia.

III.1.2.2. SUPERAR LA RESISTENCIA UTILIZANDO EL METODO DE "INFORMACION, COMUNICACION Y FORMACION".

Para superar las resistencias arriba descritas se utilizó el método de "información-comunicación-formación"

Primeramente se informó al operador que se iba a realizar un estudio de la operación de termoformado para mejorarlo, tanto en esa operación, como en las anteriores y en las posteriores a ella.

Luego se le comunicó, de manera individual, que el análisis y cambios en el proceso de termoformado traerían beneficios en los volúmenes de producción, en desperdicio de material, en fatiga del operador, en las condiciones de trabajo, en el tiempo ocioso de la máquina y del operador, en la calidad del termoformado de los blisters, en el flujo continuo de materiales, en los tiempos de espera de las operaciones siguientes por falta de producto semielaborado, en las ventas del producto y en las percepciones salariales. Y para lograr esto se tienen que hacer mejoras o cambios en su área de trabajo.

Para reducir la resistencia de la fuerza (U-6), menor influencia formal o participación, se comunicó a la operadora que el trabajo físico que realiza se reduciría al utilizar tecnología más avanzada, pero su participación sería indispensable para supervisar el buen desarrollo de la operación de termoformado y que no sería desplazado de su trabajo, sino al contrario, con el uso de una operación automatizada, su trabajo tendría mejores condiciones y sería menos cansado y tedioso.

Para reducir la resistencia a sentirse menos competente para realizar el nuevo trabajo, se le dijo al operario que habría una fase de capacitación para aprender a realizar las nuevas tareas con un buen desempeño. Esta "formación" o capacitación sería realizada constantemente con la ayuda y apoyo del supervisor, para que juntos analicen y propongan ideas de mejora continua en la

operación. De esta manera el operador se sentiría tomado en cuenta y con mayor participación en su trabajo.

Por último para vencer la resistencia (O-2), relaciones con mi superior, en este caso es la relación de que el supervisor le exija mas en el trabajo, se le explicó al operario que el trabajo tendría la responsabilidad de supervisar el buen funcionamiento de la nueva operación y que la exigencia en la calidad y volumen de producción no dependería directamente de un trabajo manual, debido a que los errores de manufactura y los desperdicios de material por mala calidad estarían mejor controlados y disminuirían con el uso de tecnología automatizada.

III.2. IDENTIFICACION DE LA EMPRESA

III.2.1. SISTEMA PRODUCTIVO.

El sistema productivo es de bienes (manufactura de burbuja rígida para empaque).

III.2.2. CLASIFICACION Y MISION DE LA EMPRESA.

- ¿QUE CLASIFICACION TIENE LA EMPRESA?

La empresa es "pequeña" según la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI), ya que la cantidad de ventas netas anuales que es de \$ 1'100,000 en 1996 y tiene 24 empleados.

- ¿CUAL ES LA MISION DE LA EMPRESA?

La misión de la empresa es generar utilidades por la venta de empaques de pilas de carbón y alcalinas.

III.2.3. MODELO DE PRODUCCION.

De acuerdo a la tabla II.2.3. Modelo de producción, la empresa cuenta con las siguientes características:

CARACTERISTICA	CONTINUO	INTERMITENTE
VOLUMEN DE PRODUCCION Y VENTAS	alto	
PRODUCTO	estandarizado	
MANO DE OBRA	calificada en el proceso (maquinaria)	
COSTO DEL PRODUCTO	bajo	
PRECIO DEL PRODUCTO	bajo	
CLIENTE		si escoge
INVENTARIOS		bajos
PRONOSTICO	fácil	
VENTA DEL PRODUCTO	pedidos continuos	
TIPO DE MAQUINARIA		obsoleta-media
MAQUINARIA	no flexible	
TIPO DE PRODUCCION	en línea	
TOTAL:	9	3

La empresa cuenta con nueve características de modelo continuo y 3 características de intermitente

Por lo tanto se considera que la empresa tiene un modelo de producción continuo.

III.2.4. TIPO DE PROCESO EXISTENTE.

De acuerdo a la tabla II.2.4. los materiales están en movimiento, la mano de obra es fija y la maquinaria es fija. Por lo tanto el tipo de proceso es en línea.

III.3. DESCRIPCION DEL PROCESO ACTUAL.

III.3.1. DESCRIPCION GENERAL DE LAS OPERACIONES ACTUALES.

La empresa Max Pak de México, S.A. de C.V. se dedica a producir empaques con exhibición, que tienen base de cartón y blister o burbuja rígida de PVC, con la forma del producto.

Las operaciones que se realizan son las siguientes:

1. Termoformado.

En esta operación se forman las burbujas o blisters utilizando un molde de termoformado, al cual se coloca una hoja de PVC. Esta hoja se somete a un precalentamiento a alta frecuencia por medio de resistencias tubulares, después se coloca la hoja sobre un molde, el cual tiene varias cavidades con la forma del producto; inmediatamente después se somete el molde con la hoja a un vacío de aire para obtener la forma de los blister o burbujas; después se enfría la hoja termoformada con un ventilador de aire y por último se desmolda quitando el vacío de aire.

2. Sujado.

En esta operación varias hojas de PVC termoformadas se colocan en un molde de suaje con su contratapa y se pasan por la suajadora de rodillos, los cuales presionan las hojas contra las cavidades con filo del molde de suaje. Por último se sacan los blisters cortados de las cavidades del molde y se acumulan en lotes.

3. Llenado.

Los blisters cortados se llenan con el producto a sellar y se apilan en mesas.

4. Sellado.

En una charola con cavidades se colocan los blisters que contienen las pilas, sobre estos se colocan las tarjetas de cartón, luego se coloca la charola debajo de una plancha y se sellan los blisters a la tarjeta por calor a alta frecuencia.

5. Empacado.

Los blisters sellados a la tarjeta de cartón se colocan en cajillas y luego las cajillas se empacan en cajas de cartón corrugado.

III.3.2. DIAGRAMAS.

III.3.2.1. DIAGRAMA DE BLOQUES.

DIAGRAMA DE BLOQUES DEL FORMADO Y SELLADO DE BLISTERS PARA PILA TIPO C (PROCESO ACTUAL)

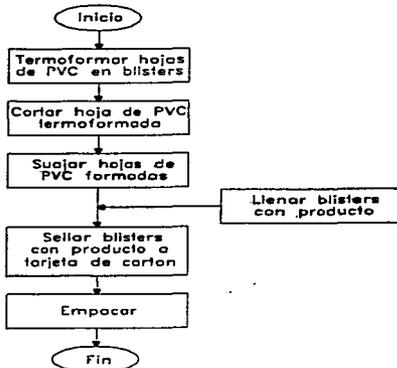


FIGURA III.3.2.1. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL FORMADO Y SELLADO DE BLISTERS PARA PILA TIPO C (PROCESO ACTUAL).

III.3.2.3. DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO ACTUAL.

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO DE FORMADO Y SELLADO DE BLISTERS PARA PILAS TIPO C (PROCESO ACTUAL)

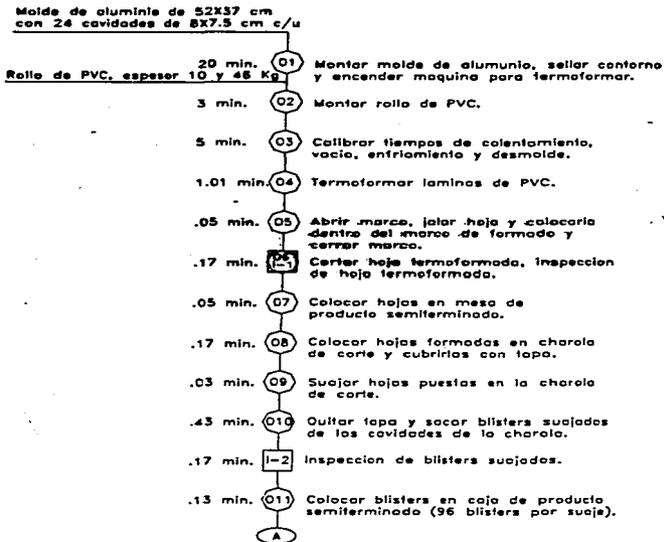
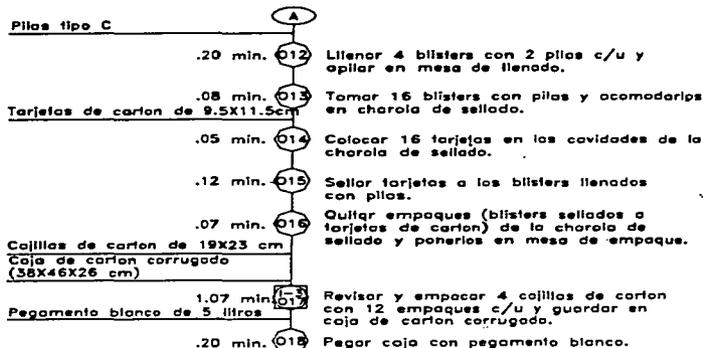


Figura III.3.2.3. Diagrama de operaciones del proceso de formado y sellado de blisters con pila tipo C (Proceso actual).

**DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO DE FORMADO
Y SELLADO DE BLISTERS PARA PILAS TIPO C
(PROCESO ACTUAL) (CONTINUACION).**



RESUMEN:

EVENTO	NUMERO	TIEMPO
Operaciones	16	30.59 minutos
Inspecciones	1	0.17 minutos
Ins. y oper.	2	1.24 minutos
TOTAL:		32.0 minutos

Figura III.3.2.3. Diagrama de operaciones del proceso de formado y sellado de blisters con pila tipo C (Proceso actual) (Continuacion).

III.3.2.4. HACER DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO ACTUAL.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE FORMADO Y SELLADO DE BLISTERS PARA PILA TIPO C. (PROCESO ACTUAL).

PRODUCTO: Empaque con estabilidor con base de cartón y blister rígido, con 2 pilas tipo C.				Elaborado por: RCA Fecha: 25 Nov. '98		No. de Diagrama: 1 Hoja 1 de 1	
PROCESO: Termoformar, sujar, llenar, sellar y empaquetar blisters con pilas tipo C. Empaques en: Almacén de materia prima. Terminar en: Almacén de Producto Terminado.				Aprobado por: MMG Fecha: 26 Nov. '98			
PROCESO: ACTUAL.							
DESCRIPCION	Canti- dad.	Distán- cia (m)	Tiempo (minutos)	Blisters			OBSERVACIONES
				○	→	□	
Rolló de PVC de 48 Ks. espesor 10.	1	-	-			-1	De 56 cm de ancho
Llevar rolló de -PVC a máq. termoformadora.	1	-	0,83		1		Acarreo a mano
Termoformar, cortar, inspeccionar y colocar hoja PVC en mesa de producto.	1	-	1,08	1		-1	Hoja de 24 plazas
Acarrear hojas termoformadas (lote) a mesa de preparación de sujado.	40	4	0,17		2		Acarreo a mano
Esperar lote de hojas termoformadas para sujar.	40	-	42,4		1		Hoja de 24 plazas
Colocar hojas en sujeción, sujar y sacar blisters de cavidades.	4	-	0,63	2			Hoja de 24 plazas
Inspección de hojas de blisters sujados.	4	-	0,17			2	Hoja de 24 plazas
Colocar blisters en caja.	96	-	0,13	3			
Acarrear blisters (lote) a mesa de llenado en caja de cartón.	960	5,5	0,25		3		Acarreo a mano
Llenar blisters con 2 pilas c/u y apilar en mesa de llenado.	4	-	0,2	4			
Espera de llenado de blisters con pilas.	50	-	2,5		2		
Tomar y colocar blisters c/pilas y tarjetas en charola de sellado, sellar y quitar empaques.	16	-	0,32	5			
Inspección de defectos de sellado de empaques y empaques en cajillas c/caja.	48	-	1,07	6		3	
Pegar caja con 4 cajillas de 12 empaques c/u.	1	-	0,2	7			
Acarrear cajas al almacén temporal de producto terminado.	16	4	0,13		4		
Cajas en almacén temporal de producto terminado.	-	-	-				2
Demora de transporte de cajas al almacén de producto terminado.	16	-	3,2		3		
Acarrear cajas al almacén de producto terminado.	16	15,5	0,52	5			Acarreo por carretilla manual
Almacén de producto terminado							3
TOTALES		29	83,78	7	5	3	3

Figura III.3.2.4. Diagrama de flujo del proceso de formado y sellado de blisters para pila tipo C. (Proceso Actual).

III.3.2.5. HACER DIAGRAMA DE RECORRIDO DEL PROCESO ACTUAL.

DIAGRAMA DE RECORRIDO DEL PROCESO DE FORMADO Y SELLADO DE BLISTERS PARA PILA TIPO C (PROCESO ACTUAL).

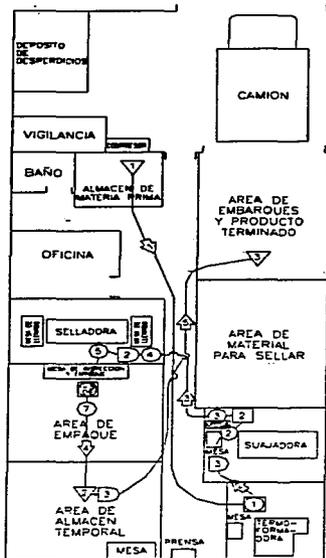


Figura III.3.2.5. Diagrama de recorrido del proceso de formado y sellado de blisters para pila tipo C (Proceso actual).

III.3.2.6. HACER DIAGRAMA HOMBRE-MAQUINA ACTUAL.

DIAGRAMA HOMBRE-MAQUINA DEL PROCESO DE TERMOFORMADO DE BLISTERS RIGIDOS DE PVC (PROCESO ACTUAL).

DIAGRAMA HOMBRE-MAQUINA

Objeto del diagrama: Termoformar hoja de PVC en blisters rígidos para pilas.
 Diagrama No. 02 Dibujo No.: 03 Parte No.: EVER-C2 Proceso: Actual
 Comienza en: Abrir marco de formado. Elaborado por: M. Carlos
 Final en: Esperar final de termoformado. Fecha: 20-Dic-96
 Hoja: 1 de 1

DESCRIPCION DE ELEMENTOS	OPERARIO	MAQUINA 1
Abrir marco de area de termoformado.	1	
Recorrer tolo de PVC para formar otra hoja.	2	
Cerrar marco del area de termoformado.	1	
Abrir maquina termoformadora.	0.5	
Ajugar navaja para cortar hoja termoformada.	1	
Sostener un extremo de la hoja y cortarla.	3	
Revisar cavidades formadas y colocar la hoja en masa de hojas termoformadas.	6	
		Carga y descarga. 4.5
		Termoformado de hoja de PVC. 45
Esperar termino del ciclo de termoformado de hojas de PVC.	35	
	TIEMPO MUERTO.	

Tiempo muerto de operario
 por ciclo: 35 seg = .009 hr
 Tiempo de trabajo de operario
 por ciclo: 4.5 seg = .004 hr
 Horas-hombre por ciclo: 25.5 seg = .013 hr

Tiempo muerto de maquina por ciclo: 0 seg = 0 hr
 Tiempo productivo de maquina por ciclo: 49.5 seg = .014 hr
 Tiempo de ciclo: .013 hr
 Tiempo por pieza: .013 hr
 14 piezas
 Tiempo por pieza: .006 hr

Figura III.3.2.6.2. Diagrama hombre-maquina del proceso de termoformado de blisters rígidos de PVC. (PROCESO ACTUAL).

III.4. ESTUDIO CRITICO DEL PROCESO ACTUAL

III.4.1. EXTENSION DEL ESTUDIO.

El estudio abarcará desde la operación de termoformado hasta la operación de empaçado.

Un cuello de botella que se detecta rapidamente es en la primera operación, el termoformado, ya que está operación es muy lenta ocasionando flujos de producto en proceso discontinuos y tiempos ociosos de máquinas y operarios de las siguientes operaciones de producción.

II.4.2. CUESTIONAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DEL PROCESO EN ESTUDIO.

El cuestionamiento que se muestra a continuación es para la operación de termoformado ya que ésta es un gran cuello de botella en el proceso de producción.

III.4.2.1. ¿QUE SE HACE?

De acuerdo a la tabla II.4.2.1. es un proceso de deformación de material por calor a alta frecuencia.

Se hace el termoformado de hojas rígidas de PVC de calibre de 10 milésimas de pulgada de espesor, para producir blisters o burbujas rígidas para empaques de pilas.

III.4.2.2. ¿PARA QUE SE HACE?

Se hace para obtener la forma de los blisters que es el producto principal del empaque de pilas, ya que es en éstos donde se colocan las pilas para ser selladas.

Del cuestionario de la tabla II.4.2.2. ¿Para qué se hace? podemos obtener información acerca del retraso tecnológico de la operación, ya que no cumple con los índices de productividad requeridos, con las expectativas del cliente, con los costos de fabricación competitivos, con los volúmenes de ventas requeridos, con el aumento del control de la operación de termoformado, con los tiempos de fabricación requeridos, con los volúmenes de fabricación que requiere el cliente, con velocidades de máquina, con evitar defectos de fabricación, con mantener un flujo continuo e ininterrumpido de materiales, con mejorar los tiempos de respuesta

y con aumentar la rentabilidad de la empresa. Es decir, la tecnología utilizada es obsoleta para cubrir las necesidades actuales de producción.

III.4.2.3. ¿DONDE SE HACE?

Se hace en el fondo del lado izquierdo de la planta, porque es ahí donde hay menos flujo de corrientes de aire que afecten la operación de precalentamiento de la hoja de PVC, ya que la máquina termoformadora no tiene tapas para cubrir la hoja precalentada de las corrientes de aire que se producen al abrir el portón de la parte delantera de la planta para cargar y descargar diariamente materiales, donde corre mucho aire.

Podría hacerse en la parte delantera derecha a un lado de la oficina, ya que estaría muy cerca del almacén de materias primas y junto a las operaciones de suajado, llenado, sellado y empaçado. De esta forma se evitarían cruces de materiales y se mantendría una producción totalmente en línea, además de reducir bastante las distancias recorridas de materiales.

III.4.2.4. ¿CUANDO SE HACE?

La operación del termoformado se hace al principio ya que es el primer paso para producir el empaque, además es el producto semielaborado que se debe producir primero, para luego ser procesado en las siguientes operaciones, manteniendo así una producción en línea.

III.4.2.5. ¿QUIEN LO HACE?

Al analizar el diagrama hombre-máquina se observa que el tiempo de ciclo de máquina para formar una hoja es muy largo, ya que la máquina que se utiliza fue de las primeras máquinas semi-automáticas para termoformar PVC y Vinyl, donde la carga y descarga de la hoja a formar se realiza manualmente. Además la capacidad de producción no es suficiente para cubrir la demanda de producción diaria. Por lo tanto es necesario utilizar tecnología reciente como sería el uso de una máquina termoformadora automática que tenga una velocidad de ciclo mucho mayor para cubrir las necesidades de producción.

Por otra parte el tiempo ocioso del operario es muy grande, porque tiene que esperar que la máquina termine el ciclo de formado.

III.4.2.6. ¿COMO SE HACE?

El termoformado se hace con una máquina termoformadora de vacío, modelo 51-75, que tiene un nivel del control de máquina es semiautomático.

Se hace así porque con ésta máquina se cubría la demanda de producción de años pasados, pero ahora ya no cumple con las demandas y requerimientos de producción.

Ventajas:

Si se utiliza una máquina con elementos automatizados que permitan menores tiempos de fabricación, mejor calidad, mejor control de fabricación, mayores volúmenes de producción, mejor flujo de materiales, mejores tiempos de respuesta por cambios en la producción, carga y descarga automática del material, etc se podrá satisfacer la demanda requerida y se aumentarán los volúmenes de ventas; además se tendrán mejores condiciones de trabajo del operario.

III.5. DESARROLLO DEL PROCESO PROPUESTO.

III.5.1. IDENTIFICACION DE PROBLEMAS EN EL PROCESO ACTUAL.

Los problemas identificados en la operación de termoformado se muestran en la tabla siguiente:

REGISTRO DE PROBLEMAS DE LA OPERACION DE TERMOFORMADO	
1.	Alimentación y descarga de hojas de PVC.
2.	Capacidad de termoformado.
3.	Sistema de enfriamiento.

Tabla III.5.1. Registro de problemas.

III.5.2. ALTERNATIVAS DE SOLUCION.

Se analizarán las alternativas de solución para los problemas de la operación de termoformado.

Se propone cambiar el nivel de automatización de la operación de termoformado.

III.5.2.1. NIVELES DE AUTOMATIZACION.

La operación de termoformado requiere la automatización de la maquinaria.

- AUTOMATIZACION DE OPERACIONES.

La operación de termoformado cumple con los siguientes criterios para automatizar:

- Tareas repetitivas.
- Mejora el tiempo de respuesta.
- Instalación y complejidad gradual.
- Consideraciones económicas factibles.

De acuerdo con la tabla II.5.2.1.2, en la operación de termoformado se podría implantar el tipo de automatización fija, ya que cumple con las características de realizar un tipo de pieza para gran volumen de producción. Poca variedad y se podría recuperar la inversión en menos de un año.

De acuerdo a la tabla II.5.2.1.3., las acciones para ser automatizadas en el termoformado son:

En productividad:

- Tiempos de comprobación cortos.
- Optimización de las condiciones de mecanizado.

En calidad del producto:

- Precisión de las guías, actuadores y sensores.

En fiabilidad del procesos:

- Control de las condiciones de operación.
- Mantenimiento preventivo.

En equipo:

- Capacidad de trabajo desatendido en largos períodos de tiempo.
- Capacidad de garantizar una calidad de cien por ciento.
- Capacidad de trabajo sin almacenamientos intermedios.
- Posibilidad de utilización de los equipos al 100% (paro-cero).
- Mantenimiento preventivo. (Averías-cero).

De acuerdo a las posibilidades económicas de la empresa, los tipos de actuadores que podrían utilizarse en la operación de termoformado son:

- Eléctricos:

- Rotacionales (motores), de corriente alterna.

- Neumáticos:

- Cilindros de movimiento rectilíneo (pistones)
- Válvulas de vías (para controlar paso de aire).
- Válvulas de presión (regular presión).

De acuerdo a las posibilidades económicas de la empresa, las operaciones de máquina para ser automatizadas son:

- Alimentación y descarga de materiales.
- Regulación y corrección del formado de piezas.
- Activación de mecanismos de control.
- Control de la operación.

De acuerdo a la tabla II.5.2.1.7., el nivel de control de máquina para implantarse debe ser automático.

De acuerdo a la tabla II.5.2.1.8., el tipo de máquina para implantarse es una máquina automática de: accionamientos automáticos, motores de ejes y un sólo programa.

III.5.2.2. TABLA COMPARATIVA PROBLEMA-SOLUCION.

PROBLEMA	ALTERNATIVAS DE SOLUCION
1. Alimentación y descarga de hojas de PVC.	<p>A) Avance por accionamientos mecánico y manual.</p> <p>B) Avance por accionamiento automático (neumático-mecánico).</p> <p>C) Avance por accionamiento automático (hidráulico-mecánico).</p>
2. Capacidad de producción.	<p>A) Máquina automática (accionamientos automáticos, motores de ejes, un sólo programa y volumen alto).</p> <p>B) Máquina de control numérico CN (sistema de control analógico, sistema de cambio de herramientas limitado, volumen muy alto).</p> <p>C) Máquina de control numérico directo CND (control con computadora externa digital).</p> <p>D) Máquina de control numérico computerizado CNC (control digital integrado, programación gráfica).</p>
3. Sistema de enfriamiento.	<p>A) Torre de enfriamiento.</p> <p>B) Sistema de enfriamiento por ventilador.</p> <p>C) Sistema de enfriamiento por enfriador de agua reciclado.</p>

III.5.3. ELECCION DE LA SOLUCION MAS ADECUADA.

III.5.3.1. PROCEDIMIENTO DE ANALISIS MATRICIAL PARA ELEGIR LA SOLUCION MAS ADECUADA.

Problema 1. Alimentación y descarga de material.

ANALISIS MATRICIAL DE ALIMENTACION Y DESCARGA DE MATERIAL PVC				
Factor de decisión	% de importancia.	Solución A.	Solución B	Solución C
- Precio de adquisición.	13	bueno 10	moderado 15	moderado 5
		130	65	65
- Velocidad de avance.	20	baja 0	buena 10	moderada- 5
		0	200	100
- Flexibilidad de operación.	12	baja 0	buena 10	buena 10
		0	120	120
- Costo de mantenimiento.	8	bueno 10	moderado 5	moderado 5
		80	40	40
- Consumo de energía.	12	poco 10	adecuado 5	adecuado 5
		120	60	60
- Puntos de control.	13	ninguno 0	buenos 10	buenos 10
		0	130	130
- Seguridad y medio ambiente.	7	moderada 5	buena 5	buena 5
		35	56	56
- Precisión.	15	baja 0	muy buena 10	moderada 5
		0	150	75
	TOTALES:	365	621	646

Escala: 0 al 10.
El diez es la calificación mas alta.

Por lo tanto la mejor opción es la solución B, sistema neumático-mecánico para carga y descarga de material.

Problema 2. Capacidad de producción.

ANÁLISIS MATRICIAL DE MAQUINARIA PARA TERMOFORMAR					
Factor de decisión	% de importancia.	Solución A.	Solución B	Solución C	Solución D
- Precio de adquisición.	15	bueno 10 150	adecuado 5 75	moderado 4 45	poco adecuado 2 30
- Dimensiones y distribución en planta.	5	buenas 10 50	buenas 10 50	moderadas 5 25	moderadas 5 25
- Capacidad de producción.	16	buenas 7 112	muy buena 9 144	muy buena 9 144	excelente 10 160
- Flexibilidad de operación.	10	moderada 4 40	adecuada 5 50	buenas 8 80	muy buenas 10 100
- Mano de obra necesaria.	2	buenas 10 20	buenas 10 20	buenas 10 20	buenas 10 20
- Costo de mantenimiento.	6	muy bueno 9 54	adecuado 5 30	moderado 4 24	poco adecuado 3 18
- Consumo de energía.	10	bueno 10 100	adecuado 7 70	moderado 6 60	moderado 5 50
- Costo de instalación y puesta en marcha.	6	bueno 10 60	adecuado 6 36	moderado 5 30	poco adecuado 2 12
- Equipos auxiliares.	7	bueno 8 56	adecuado 7 49	moderado 6 42	poco adecuado 3 21
- Puntos de control.	14	buenos 8 112	muy buenos 9 126	muy buenos 9 126	excelentes 10 140
- Seguridad y medio ambiente.	5	buenos 8 40	muy buenos 10 50	muy buenos 10 50	muy buenos 10 50
- Capacitación.	4	recomendable 10 40	moderada 5 20	moderada 5 20	poco recomendable 4 16
TOTALES:		834	720	666	642

Escala: 0 a 10.
El diez es la calificación mas alta.

Por lo tanto la mejor opción es la solución A, máquina automática (accionamientos automáticos, motores de ejes, un sólo programa y volumen de producción alto).

Problema 3. Sistema de enfriamiento.

ANÁLISIS MATRICIAL DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO				
Factor de decisión	% de importancia	Solución A.	Solución B	Solución C
- Prospección tecnológica.	13	malos 0 0	regular 4 52	bueno 10 130
- Precio de adquisición.	15	adecuado 7 105	bueno 10 150	adecuado 5 75
- Dimensiones y distribución en planta.	10	malos 0 0	bueno 10 100	adecuado 7 70
- Capacidad de enfriamiento.	20	adecuada 7 140	moderada 5 100	muy buena 10 200
- Costo de mantenimiento.	8	bueno 8 64	moderado 5 40	adecuado 4 32
- Consumo de energía.	9	moderado 5 45	adecuado 7 63	moderado 6 54
- Costo de instalación y puesta en marcha.	5	adecuado 7 35	bueno 8 40	moderado 6 30
- Seguridad y medio ambiente.	3	adecuado 7 21	moderado 5 15	muy bueno 10 30
- Aseguramiento de la calidad	17	adecuado 6 102	bajo 3 51	muy bueno 10 170
TOTALES:		512	611	791

Escala: 0 a 10.

El diez es la calificación mas alta.

Por lo tanto la mejor opción es la solución C, sistema de enfriamiento por medio de agua reciclado.

Después de obtener la solución mas adecuada para la alimentación y descarga de material PVC, para la capacidad de producción y por el sistema de

enfriamiento se concluye que estos problemas se pueden resolver integrando elementos de automatización, como sería la utilización de una máquina termoformadora de vacío con avance automático de material (por medio de un sistema pistón-cremallera) y de horno (por medio de pistón neumático) para la operación de termoformado. Y utilizar un enfriador de agua como, equipo auxiliar, para mantener la temperatura del molde de termoformado constante.

III.5.4. DESCRIPCION DEL PROCESO PROPUESTO.

III.5.4.1. DIAGRAMA DE OPERACIONES PROPUESTO.

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO DE FORMADO Y SELLADO DE BLISTERS PARA PILAS TIPO C (PROCESO PROPUESTO)

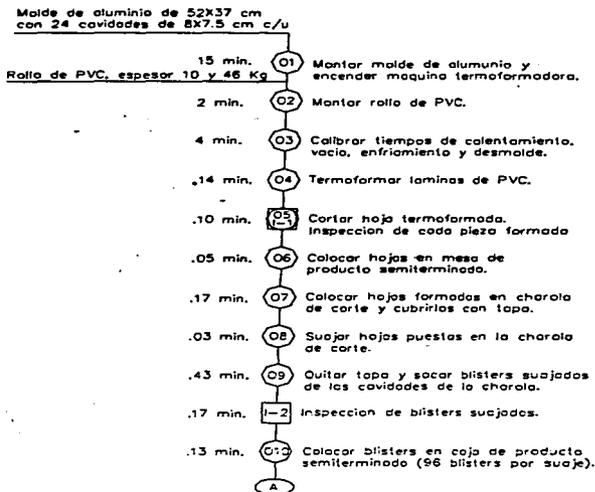
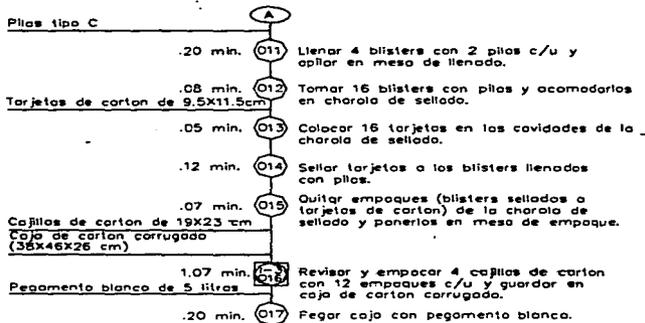


Figura III.5.4.1. Diagrama de operaciones del proceso de formada y sellado de blisters con pila tipo C (Proceso Propuesto).

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO DE FORMADO Y SELLADO DE BLISTERS PARA PILAS TIPO C (PROCESO PROPUESTO) (CONTINUACION).



RESUMEN:

EVENTO	NUMERO	TIEMPO
Operaciones	15	22.67 minutos
inspecciones	1	.17 minutos
inspecciones	2	1.17 minutos
TOTAL:		24.01 minutos

Figura III.5.4.1. Diagrama de operaciones del proceso de formado y sellado de blisters con pila tipo C (Proceso Propuesto) (Continuacion).

III.5.4.2. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO PROPUESTO

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE FORMADO Y SELLADO DE BLISTERS PARA PILA TIPO C (PROCESO PROPUESTO).

DESCRIPCIÓN	Candi- dad	Distan- cia (m)	Tiempo (minutos)	Símbolos					OBSERVACIONES	
				○	▷	□	▽	▽		
PRODUCTO: Empaque con exhibidor con base de cartón y blister rígido, con 2 pilas tipo C. PROCESO: Termoformar, sujar, llenar, sellar y empaquetar blisters con pilas tipo C. Empleza en: Almacén de materia prima. Termina en: Almacén de Producto Terminado. PROCESO: PROPUESTO.				Elaborado por: RCA Fecha: 15 Dic. '88		No. de Diagrama: 1 Hoja 1 de 1				
			Aprobado por: RMG Fecha: 17 Dic. '88							
Roller de PVC de 48 Kg. espesor 10	1	-	-	○	▷	□	▽	-1	De 56 cm de ancho.	
Llevar rollo de PVC a máq. termoformadora (a mano).	1	6,7	0,34					1		
Termoformar, cortar, inspeccionar y colocar hoja PVC en mesa de producto.	1	-	0,14					1	Hoja de 24 piezas	
Llevar hojas termoformadas (lote) a mesa de preparación de sellado.	40	1,55	0,07					2	Acarreo a mano	
Espera lote de hojas termoformadas para sujar.	40	-	5,67					1	Hoja de 24 piezas	
Cortar hojas en sujeción y sacar blisters de cavidades.	4	-	0,63					2	Hoja de 24 piezas	
Inyección de hojas de blisters sujados y colocar blisters en caja.	4	-	0,3					3	Hoja de 24 piezas	
Llevar blisters (lote) a mesa de llenado en caja de cartón.	960	5,3	0,24					3	Acarreo a mano	
Llenar blisters con 2 pilas c/u y apilar en mesa de llenado.	4	-	0,2					4		
Espera de llenado de blisters con pilas.	50	-	2,5					2		
Tomar y colocar blisters apilados y tarjetas en charola de sellado, sellar y quitar empujes.	16	-	0,32					5		
Inspección de defectos de sellado de empujes y empaquetar en cajillas c/caja.	48	-	1,07					6		
Pagar caja con 4 cajillas de 12 empujes c/u.	1	-	0,2					7		
Acarrear cajas al almacén de producto terminado.	16	8	0,26					4	Llevar con carretilla manual.	
Almacén de producto terminado	-	-	-					-3		
TOTALES			21,66			7	4	2	3	2

Figura III.5.4.2. Diagrama de flujo del proceso de formado y sellado de blisters para pila tipo C. (Proceso Propuesto).

III.5.4.3. DIAGRAMA DE RECORRIDO DEL PROCESO

DIAGRAMA DE RECORRIDO DEL PROCESO DE FORMADO Y SELLADO DE BLISTERS PARA PILA TIPO C (PROCESO PROPUESTO)

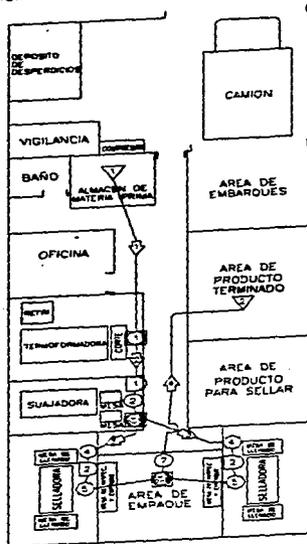


Figura III.5.4.3. Diagrama de recorrido del proceso de formado y sellado de blisters para pila tipo C (Proceso propuesto).

II.5.4.4. ELABORAR DIAGRAMA HOMBRE-MAQUINA

TERMOFORMADO DE BLISTERS RIGIDOS DE PVC (PROCESO PROPUESTO).

DIAGRAMA HOMBRE-MAQUINA

Objeto del diagrama: Termoformar hoja de PVC en blisters rigidos para pilas.
 Diagrama No. 01 Dibujo No.: 01 Parte No.: EVER-C2 Proceso: Propuesto
 Comienzo en: Agerrar extremo de hoja y navaja Elaborado por: R. Carlos
 Final en: Colocar hoja cortada en mesa Fecha: 27-Dic.-96
 Hoja: 1 de 1

<u>DESCRIPCION DE ELEMENTOS</u>	<u>OPERARIO</u>	<u>MAQUINA 1</u>
Agarrar hoja formada y navaja.	0.5	
Sostener y cortar hoja con navaja.	1.5	
Revisar termoformado de cavidades.	3.5	Termoformado de hoja de PVC. 7.0
Colocar hoja cortada en mesa.	3.0	Carga y descarga 1.5
Tiempo muerto de operario par ciclo: 0 seg = 0 hr		
Tiempo de trabajo de operario par ciclo: 8.5 seg = .0024 hr		
Horos-hombre par ciclo: 8.5 seg = .0024 hr		
Tiempo muerto de maquina par ciclo: 0 seg = 0 hr		
Tiempo productivo de maquina par ciclo: 8.5 seg = .0024 hr		
Tiempo de ciclo: .0024 hr		
Tiempo por pieza = $\frac{.0024 \text{ hr}}{24 \text{ piezas}}$		
Tiempo por pieza = .0001 hr		

Figura: II.5.4.4. Diagrama hombre-maquina del proceso de termoformado de blisters rigidos de PVC (PROCESO PROPUESTO).

III.6. PRODUCTIVIDAD.

III.6.1. ESTUDIO DE TIEMPOS.

El estudio de tiempos se realizó para las operaciones de termoformado, suajado, llenado, sellado y empaçado, obteniéndose sus tiempos estándar de cada una de estas operaciones del proceso y el equilibrado de la línea de producción.

III.6.1.1. SELECCION DEL OPERADOR.

A partir de este punto hasta el inciso III.6.1. Cálculo del tiempo estándar, se ejemplificará el estudio para una trabajadora de la operación de llenado de pilas en blisters.

La operadora a la cual se le realizó el estudio representa el promedio del tiempo del grupo para realizar las actividades de llenado de pilas y cuenta con una experiencia de tres años.

A esta operadora se le explicó el motivo del estudio y se le dijo cuándo y a qué hora se iban a tomar los tiempos de sus actividades. Esta persona estuvo de acuerdo y tomo una actitud de completa cooperación.

III.6.1.2. ELEMENTOS DE LA OPERACION.

Debido al tiempo tan corto de las actividades de tomar pila de blisters, colocar pilas dentro de cuatro blisters, y apilar blister lleno en mesa de llenado, se dividió a la operación en un elemento para ser medido con precisión.

ELEMENTOS	DESCRIPCION
1 Llenado de blister con pilas:	Tomar pila de blisters de PVC, llenar cuatro blisters con pilas y apilar esos cuatro blisters con pilas en mesa de llenado junto a la máquina selladora.

III.6.1.3. TAMAÑO DE LA MUESTRA.

Lecturas preliminares:

$$N' = 10$$

$$X1 = 9.62$$

$$X6 = 13.19$$

Nota:

$$X2 = 8.03$$

$$X7 = 8.69$$

$$X3 = 10.10$$

$$X8 = 10.83$$

Tiempos en centésimas de segundo.

$$X4 = 15.41$$

$$X9 = 11.94$$

$$X5 = 11.71$$

$$X10 = 8.08$$

Tamaño de la muestra:

$$N = \left[\frac{40\sqrt{N' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x^2} \right]^2 = N = \left[\frac{40\sqrt{10(1208.26) - (11577.76)}}{107.6} \right]^2$$

$$N = 69.7 \approx 70$$

Por lo tanto se harán 70 observaciones.

III.6.1.4. CONDUCCION DEL ESTUDIO.

Se utilizará el método continuo ya que los ciclos de los elementos son muy cortos. Así ningún tiempo queda fuera del estudio y los retrasos o elementos externos a la operación son considerados, debido a que se registra el periodo de observación global.

III.6.1.5. VARIACIONES EN LA SECUENCIA DE ELEMENTOS.

Un ejemplo de las variaciones de elementos se muestra en el formato para estudio de tiempos en la sección para elementos externos, inciso III.6.1.6.

III.6.1.6. DESARROLLO DEL ESTUDIO DE TIEMPOS.

A continuación se presenta el formato para el estudio de tiempos, con 74 ciclos u observaciones, de la operación de llenado de pilas en blister. Figura III.6.1.6.

OPERACION: LLENADO DE BUSTIER RIGIDO DE PVC CON PILAS.

OPERADOR (S): Socorro.

ELABORADO POR: Roberto Carlos A.

TECNICA: CRONOMETRO CONTINUO.

TEMPOS EN : CENTESIMAS DE MINUTO.

Figura: H.E.I.G. Formada para estudio de tiempos Registro de un elemento y 74 ciclos.

FECHA 15/04/76 ESTUDIO No. 2 MOMA No. 1 DE 1 MOMAS													ELEMENTOS EXTERNOS							
NUMERO	L 1			L 2			L 3			L 4			S	T	DESCRIPCION					
	L	T	M	L	T	M	L	T	M	L	T	M								
1	18	16	211	09	4	85	16	49	15	120	16	81	16	54	15	51	22	A	58	HABILAR CON SUPERVISOR.
2	31	16	32	27	90	15	83	14	31	22	90	13	60	17	72	21		B	22	UNIFORME LA MAMA.
3	46	15	51	21	41	15	70	18	40	15	20	18	80	14	80	18		C	28	PLATICAR.
4	65	17	71	18	31	18	90	19	85	18	33	12	110	15	130	15		D	25	CAJON DE PILAS.
5	81	20	85	14	47	18	81	18	87	22	50	17	28	18				E		
6	107	24	300	15	67	20	30	20	92	15	72	15	4	14	15			F		
7	24	17	13	13	83	18	54	18	28	20	81	19	82	19				G		
8	37	15	31	09	92	18	67	15	43	15	90	15	90	15				H		
9	53	16	50	17	216	17	74	13	67	15	23	18	79	17				I		
10	75	20	87	13	54	18	93	13	75	15	39	16	29	20				J		
11																		K		
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
18																				
19																				
20																				
RESUMEN													DESCRIPCION							
HABILIDAD	ACEPT.	-5	ESFUERZO:	BUENO +5	CONDICION BUENA +3	CONSISTEN:	ACEPT.	-2	% TOTAL INV.	= 1%	VAL REGISTRADOS = 70									
ELEMENTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	VAL OBSERVADOS = 74										
TOTALES	11.90									RESUMEN TOLERANCIAS										
OBSERV.	70									PERSONAL		7								
TIEMPO PROM	0.17									PAUSA		4								
FACT. INV.	1.01									POSTURA: DE PIE		4								
TPO MUELADA	0.1717									TOLERANCIA TOTAL %		15								
% TOLERAN.	15 %									INICIO FINAL		TIEMPO GLOBAL								
TPO ESTAND.	0.1915 / 4 PZAS. = 0.05 MIN/PZA.									11:25 AM 11:39 AM		14 min.								
COMENTARIOS: Se omite el punto decimal en el registro de los tiempos.																				

III.6.1.7. CALCULO DEL TIEMPO ESTANDAR.

III.6.1.7.1. DETERMINACION DEL TIEMPO ESTANDAR PARA ACTIVIDADES EXISTENTES.

1o. CALCULO DEL TIEMPO PROMEDIO TP.

Elemento1:

$$TT = \sum Ti - \sum EE = (16+16+15+\dots+21+18+15) - (38+22+28+25) = 11.90$$

$$OR = C - EE = 74 - 4 = 70$$

$$TP = TT / OR = 11.90 / 70 = 0.17 \text{ minutos.}$$

2o. CALCULAR DEL FACTOR DE NIVELACION FN (CALIFICACION DE LA ACTUACION DE UN OPERARIO).

De la tabla II.6.1.7.1.1. Calificación de la actuación de un operario, obtenemos los porcentajes siguientes:

Habilidad :	Aceptable	- 5 %
Esfuerzo :	Buena	+5 %
Condiciones :	Buena	+3 %
Consistencia:	Aceptable	-2 %
TOTAL:		+1 %

Por lo tanto el factor de nivelación FN = 1 %

3o. CALCULAR EL TIEMPO PROMEDIO NIVELADO TPN.

$$TPN = TP * P = 0.17 * 1.01 = 0.1717 \text{ minutos.}$$

4o. CALCULAR SUPLEMENTOS.

Los tipos de suplementos que se presentan ocasionalmente y que hay que compensar con tiempo adicional

De la tabla II.6.1.7.1.2. Cálculo de suplementos, se obtienen los siguientes suplementos:

1. SUPLEMENTOS CONSTANTES	Mujeres
Suplementos por necesidades personales.....	7
Suplementos básicos por fatiga.....	<u>4</u>
	11
2. CANTIDADES VARIABLES AÑADIDAS AL SUPLEMENTO BASICO POR FATIGA	
A. Suplemento por trabajar de pié.....	4
TOTAL: 15 %	

5o. CALCULAR EL TIEMPO ESTANDAR TE.

$$TE = S * TPN = 1.15 * .1717$$

$$TE = 0.1975 \text{ minutos / 4 piezas llenas}$$

$$TE = 0.05 \text{ minutos / pieza llena}$$

$$TE = 2.96 \text{ segundos / pieza llena}$$

III.6.1.7.2. DETERMINACION DEL TIEMPO ESTANDAR PARA NUEVAS ACTIVIDADES.

La operación de termoformado será mejorada utilizando una máquina termoformadora de vacío con avance automático de material, ya que esta máquina tiene un tiempo productivo mucho mejor para satisfacer las necesidades de producción.

Por el proveedor del equipo se sabe que el tiempo de ciclo de la máquina automática de termoformado propuesta tiene:

$$- \text{Tiempo productivo por ciclo} = 8.5 \text{ seg / 24 piezas}$$

$$= 0.35 \text{ seg / pieza}$$

III. 6.2. CONSOLIDACION DE DATOS.

Los tiempos estándar del proceso actual y propuesto son los siguientes:

TIEMPOS ESTANDAR PROCESO ACTUAL Y PROPUESTO					
Operación	Ciclos medidos	Tiempo estándar proceso actual (seg/pza)	Tiempo estándar proceso actual (min / pza)	Tiempo estándar proceso propuesto (seg/pza)	Tiempo estándar proceso propuesto (min / pza)
1. Termoformado	20	2.52	0.042	0.35	0.006
2. Sujado	22	0.405	0.00675	0.405	0.00675
3. Lienado	74	2.96	0.049	2.96	0.049
4. Sellado	15	1.20	0.02	1.20	0.02
5. Empacado	20	2.12	0.035	2.12	0.035
TOTAL:		9.205	0.153	7.036	0.117

Tabla III.6.2.Consolidación de datos (tiempos estándar).

De la tabla de consolidación de datos se observa que el tiempo estándar de la operación de termoformado es mucho menor al tiempo estándar actual.

III.6.3. BALANCEO DE LINEAS.

1. Los tiempos estándar de las operaciones se muestran en la tabla III.6.2. arriba ilustrada.
2. Se requieren 50,000 unidades de trabajo al día (8 horas), por lo tanto:

$$\text{Tpo. para producir una pieza} = \frac{26,800 \text{ seg}}{50,000 \text{ unidades}}$$

$$\text{Tpo. para producir una pieza} = 0.576 \text{ seg}$$

3. y 4. Cálculo del número estimado de máquinas u operarios para producir una unidad y calculo de la operación mas lenta.

$$\text{No. de maq. u operarios} = \frac{\text{tpo. estandar de la operacion}}{\text{tpo. necesario para producir una pieza}}$$

$$\text{Operacion mas lenta} = \frac{\text{tpo. estandar}}{\text{No. estimado de maq. u operarios}}$$

OPERACION	Tiempo std. (seg/pza)	Tpo.estd./ 0.576 (seg /pza)	No. operarios o máquinas	Tpo. Est. / No. operario o máquinas (seg / pza)	Comparación de operación lenta
1. Termoformado	2.52	4.375	4 máquinas.	2.52 / 4	0.63
2. Sujado	0.405	0.703	1 máquina.	0.405 / 1	0.405
3. Llenado	2.96	5.14	5 operarios.	2.96 / 5	0.592
4. Sellado	1.20	2.08	2 máquinas.	1.20 / 2	0.60
5. Empacado	2.12	3.68	4 operarios.	2.12 / 4	0.53

5. Cálculo de la tasa de producción de cada operación.

$$\text{Tasa de produccion termoformado} = \frac{28,800 \text{ seg}}{0.63} = 45,714 \text{ piezas}$$

$$\text{Tasa de produccion sujado} = \frac{28,800 \text{ seg}}{0.405} = 71,111 \text{ piezas}$$

$$\text{Tasa de produccion llenado} = \frac{28,800 \text{ seg}}{0.592} = 48,650 \text{ piezas}$$

$$\text{Tasa de produccion sellado} = \frac{28,800 \text{ seg}}{0.60} = 48,000 \text{ piezas}$$

$$\text{Tasa de produccion empacado} = \frac{28,800 \text{ seg}}{0.53} = 54,339 \text{ piezas}$$

De los datos anteriores podemos concluir que las operaciones mas lentas son el termoformado y el sellado.

Estas operaciones tienen una tasa de producción inadecuada, por lo que se debe balancear la línea.

Para el balanceo en la operación de termoformado se utilizará una máquina con un nivel de automatización que tenga la capacidad de producir 5 veces o más unidades que la máquina actual para satisfacer el volumen requerido.

Para el balanceo de la operación de sellado se utilizará una de las dos máquinas selladoras en un segundo turno de trabajo para fabricar las dos mil piezas faltantes para cubrir el volumen requerido.

Para la operación de llenado se utilizarán operarios trabajando tiempo extra para cubrir las mil quinientas piezas que faltan para cubrir la demanda de cincuenta mil.

III.6.4. SIMULACION DE LA DURACION DEL PROCESO ACTUAL Y PROPUESTO.

Las siguientes tablas muestran el tiempo, por operación individual, requerido para producir 10,800 unidades terminadas en un día de producción del proceso actual y del proceso propuesto de empaques para pilas tipo C.

PROCESO ACTUAL PARA PRODUCIR EMPAQUES DE PILAS TIPO C			
Descripción	Tiempo estándar (min. / ciclo) Proceso actual	No. de ciclos / día de producción Empaque pila C	Tiempo / día de producción Empaque pila C (minutos)
Termoformar hoja de 24 bilatera de PVC, cortar cada hoja y colocar en mesa de producto semiterminado.	1.008	450	453.6
Suajar 4 hojas de 24 bilatera c/u y colocar en mesa de producto semiterminado.	0.648	113	73.2
Llenar lote de 4 bilatera con 2 pilas c/u y colocar en mesa de llenado.	0.196	540	105.84
Sellar 15 bilatera c/pilas a tarjeta de cartón y colocar en mesa de empaque.	0.32	338	108.16
Empacar 36 bilatera en caja de cartón cortugado (cada caja contiene 4 cajillas) de 12 empaques c/u)	1.26	75	94.5

Tabla III.6.4.1. Simulación del proceso actual para producir empaques de pilas tipo C. Volumen de producción de 10800 unidades.

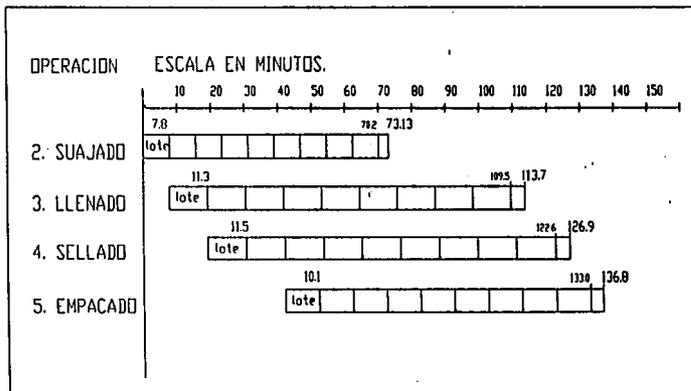
PROCESO PROPUESTO PARA PRODUCIR EMPAQUES DE PILAS TIPO C			
Descripción	Tiempo estándar (min / ciclo) Proceso actual	No. de ciclos / día de producción Empaque pila C	Tiempo / día de producción Empaque pila C (minutos)
Termoformar hoja de 24 bilistars de PVC, cortar cada hoja y colocar en mesa de producto semiterminado.	0.144	450	64.8
Suajar 4 hojas de 24 bilistars c/u y colocar en mesa de producto semiterminado.	0.648	113	73.2
Llenar lote de 4 bilistars con 2 pilas c/u y colocar en mesa de llenado.	0.196	540	105.84
Sellar 16 bilistars c/pilas a tarjeta de cartón y colocar en mesa de empaque.	0.32	338	108.16
Empacar 36 bilistars en caja de cartón corrugado (cada caja contiene 4 cajillas de 12 empaques c/u)	1.20	75	94.5

Tabla III.6.4.2. Simulación del proceso propuesto para producir empaques de pilas tipo C. Volumen de producción total de 10800 unidades.

Para obtener el tiempo total para producir 10800 empaques por día, no se considera como la suma de cada operación individualmente, ya que las operaciones se realizan traslapadas en lotes de 48 hojas termoformadas (1152 piezas), porque es una cantidad de material adecuada para transportarse a la siguiente operación del proceso. Por lo tanto, en la primera operación (termoformado) se produce un lote de 10800 piezas (450 hojas de 24 piezas c/u) en un turno de trabajo. Después, en el siguiente turno, se comienza con la segunda operación (suajado), en donde se producen lotes de 1152 piezas (48 hojas formadas), al terminar el primer lote empieza la tercera operación (llenado), la cual hace lotes del mismo tamaño, y al terminar su primer lote, empieza la operación de sellado, en la cual al terminar dos lotes de 1152 piezas, empieza la operación de empaclado, y así se continúa trabajando sucesivamente por lotes en cada operación hasta completar las 10800 unidades. Así se mantiene un flujo de materiales continuo.

Los tiempos de los lotes de cada operación arriba mencionadas se observan en los diagramas de Gantt del proceso actual y propuesto que se presentan a continuación:

DIAGRAMA DE GANTT DEL PROCESO ACTUAL



125

LOS LOTES SON DE 1152 PZAS C/U. Y EL ULTIMO BLOQUE ES DE 432 PZAS.

NOTA: LA PRIMERA OPERACION (TERMOFORMADO), NO SE PRESENTA EN EL DIAGRAMA, YA QUE SE REALIZA UN DIA ANTES DE LA SIGUIENTE OPERACION (SUAJADO), CON UN TIEMPO DE 453.6 MIN. PARA PRODUCIR 10800 PZAS (VOLUMEN DE PRODUCCION CONSIDERADO PARA LA SIMULACION).

De los diagramas de Gantt tenemos que:

Operación	Tiempo (minutos)
Tiempo actual de termoformado (lote de 10800 pzas.)	453.6
Tiempo propuesto de termoformado (lote de 10800 pzas.)	64.8
Tiempo de suajado (lote de 1152 pzas.)	7.8
Tiempo de llenado (lote de 1152 pzas.)	11.3
Tiempo de sellado (lote de 1152 pzas.)	11.5
Tiempo de empaclado (lote de 1152 pzas.)	10.1

Por lo tanto, para obtener el tiempo total de producción de 10,800 piezas en el proceso actual y propuesto, se suman los siguientes tiempos:

SIMULACION DEL PROCESO ACTUAL	
Operación	Tiempo (minutos)
Tiempo total de termoformado	453.6
Tiempo del primer lote de suajado	7.8
Tiempo del primer lote de llenado	11.3
Tiempo de los dos primeros lotes de sellado	23.0
Tiempo total de empaclado	94.5
TOTAL:	590.4 minutos = 9.84 horas

SIMULACION DEL PROCESO PROPUESTO	
Operación	Tiempo (minutos)
Tiempo total de termoformado	64.8
Tiempo del primer lote de suajado	7.8
Tiempo del primer lote de llenado	11.3
Tiempo de los dos primeros lotes de sellado	23.0
Tiempo total de empaçado	94.5
TOTAL	201.6 minutos = 3.36 horas

De las tablas anteriores se observa que el tiempo del proceso propuesto es mucho menor que el actual.

II.6.5. DETERMINACION DE LA PRODUCTIVIDAD.

1o. Identificar los volúmenes de producción de cada producto utilizado en el modelo de simulación de la producción.

2o. Determinar las horas-hombre que se necesitaron en cada proceso para la elaboración de los volúmenes de producción de un tipo de producto.

3o. Elaborar una tabla que contenga el tipo de producto, la productividad del proceso actual, la productividad del proceso propuesto y su respectivo porcentaje de aumento para cada producto.

Ejemplo de productividad parcial de mano de obra para pila tipo C:

Proceso actual:	Vol. de Prod. / tiempo requerido para la fabricación
	10800 pzas. / 7.56 hr. = 1428 pzas. / hr.hombre
Proceso propuesto:	10800 pzas. / 1.08 hr. = 10000 pzas. /hr.hombre

PRODUCTIVIDAD PARCIAL DE MANO DE OBRA			
TIPO DE PRODUCTO	PROCESO ACTUAL	PROCESO PROPUESTO	PORCENTAJE DE AUMENTO
Burbuja rígida tipo C.	1428 pzas./hr	10000 pzas./hr	600.3 %

Tabla III.6.5. Productividad parcial de mano de obra para termoformado de burbuja rígida tipo C..

III.7. EVALUACION TECNOLOGICA

III.7.1 DESCRIPCION Y CATEGORIZACION

Las categorías tecnológicas y sus descripciones para comparar las diferencias tecnológicas entre la operación actual y propuesta del termoformado de burbujas rígidas de PVC son las siguientes:

1. Prácticas adecuadas de manufactura.

a) Distribución de planta.

En el proceso actual, la distribución de las operaciones tiene distancias grandes entre las operaciones de termoformado y suajado y las de llenado y sellado de empaques (ver figura III.2.5.), además existen cruces de materiales en el área de suajado y del almacén temporal de producto terminado. Esta distribución puede modificarse para evitar cruces con las otras áreas de operaciones y recorrer distancias mas cortas para el almacenamiento de producto terminado.

Con la distribución de planta propuesta se tiene un proceso en línea, donde se aprovecha mejor el espacio disponible para las áreas de operación y de almacenamieto y se reducen considerablemente las distancias recorridas de los productos en proceso, de los productos terminados y de los componentes del producto, para mantener un flujo continuo de materiales entre las operaciones.

b) Capacidad de producción.

En el proceso actual se tiene poco aprovechamiento de la capacidad instalada de las máquinas y un flujo intermitente de materiales por el desbalanceo de la línea de producción. Esto es debido a que la capacidad instalada de producción, en la operación de termoformado, es muy inferior a la de las demás operaciones, provocando un gran "cuello de botella".

En el proceso propuesto se balancea la línea de producción para contar con un flujo de materiales continuo y constante; para aprovechar en mayor medida la capacidad instalada de las demás máquinas del proceso y para eliminar los tiempos ociosos de máquinas y operarios. Para esto se propone utilizar elementos de automatización en la máquina de termoformado, de esta manera, se elimina el "cuello de botella" principal del proceso productivo.

c) Capacidad de respuesta.

En el proceso propuesto se tiene una mayor capacidad de respuesta a los cambios en las formas de los blisters o burbujas, ya que en la máquina termoformadora propuesta se pueden colocar moldes con profundidades mayores de las permitidas en la máquina actual, para obtener piezas profundas homogéneas y sin deformaciones. Además en la máquina propuesta se pueden hacer moldes con sobrerelieves, los cuales no se pueden utilizar en la máquina actual.

2. Métodos de operación.

a) Control de proceso.

En el proceso actual se cuenta con un control de paro del ciclo de la máquina termoformadora. Y el avance del material a formar es manual, lo que provoca una cantidad mayor de desperdicio de material.

En la operación de termoformado propuesta se tienen puntos de control intermedios para parar y reanudar el ciclo de operación de la máquina. También se tiene un control de temperaturas de calentamiento en tres zonas del área de formado (en los extremos y en el centro), un control de avance y retroceso automático de material a formar, un control de ancho del área a termoformar y un control de la temperatura de enfriamiento del molde para formar piezas con mayor calidad. Además se pueden controlar los tiempos de moldeo, enfriamiento y desmolde del material.

b) Aseguramiento de la calidad.

En el proceso actual la operación de termoformado no cuenta con puntos de control de temperaturas en el área de la película a termoformar, ya que el calentamiento de esta área se realiza con resistencias tubulares, las cuales calientan primero el centro del área y después se extiende el calor a los lados. Esto provoca que en los extremos del área a formar no se tenga la misma temperatura que en el centro, donde se tiene mayor radiación de calor, provocando una mala formación de las piezas exteriores. Además no se cuenta con un vacío uniforme en toda el área del molde para atraer el material contra el molde, provocando una mala calidad de formado en algunas zonas del material.

En el proceso propuesto el área de película se calienta con un horno de resistencias de cerámica que irradian calor por medio de rayos infrarrojos para calentar más rápido el área. Estas resistencias de cerámica se dividen en zonas de calentamiento que se controlan independientemente, lo que permite controlar la temperatura del centro y de los extremos de la hoja a termoformar para obtener un formado uniforme y de mejor calidad en todo el material. También se cuenta con un montaje del molde de formado sin fugas de aire cuando se realiza la operación de succión para obtener un vacío uniforme en toda el área del molde que permite un formado uniforme, tanto en el centro como en los extremos del material.

c) Productividad y capacidad.

La productividad y la capacidad son mayores en el proceso propuesto, debido a que la capacidad instalada de producción de la máquina termoformadora propuesta puede ser hasta diez veces mayor que la máquina actual y el desperdicio de material para formar es menor por el avance del material con la medida exacta de uno de los lados del molde.

d) Mano de obra.

Para operar la máquina de termoformado actual, se requiere un operario, el cual se encarga de cargar y descargar manualmente el material a termoformar, en cambio para el uso de la máquina termoformadora automática de vacío, aunque se requiere también un sólo operario, la alimentación y descarga del material se realiza automáticamente; por lo tanto, el operario tiene la función de supervisar la producción de la máquina sin hacer tanto esfuerzo físico, como el que se hace actualmente. Además, con el uso de la máquina propuesta, el volumen de producción es mucho mayor al actual, cumpliéndose, de esta manera, con el nivel de producción requerido y con mejores condiciones para el trabajador. Por

otra parte, para producir el volumen requerido por los clientes, se puede utilizar una de las máquinas selladoras que se tienen actualmente en un segundo turno de trabajo.

3. Seguridad y medio ambiente.

a) Instalaciones, maquinaria y equipo.

En el proceso actual, la máquina termoformadora no tiene controles de interrupción de ciclo para evitar accidentes provocados por un descuido del operador al tener contacto directo con el horno o con el marco de sujeción del material a termoformar, cuando carga y descarga manualmente el material.

En el proceso propuesto, la máquina de termoformado tiene sensores que interrumpen el ciclo de operación de la máquina si hay un elemento extraño entre el horno y el molde de termoformado, o bien, si se abren las puertas de los compartimentos mecánicos de la máquina. De esta manera se evitan accidentes de la mano de obra.

b) Condiciones de trabajo.

En el proceso actual, la máquina termoformadora tiene mas riesgo de accidentes porque el operador tiene contacto directo con el horno a altas temperaturas al cargar y descargar manualmente el material. En cambio con la máquina propuesta, el operador no tiene contacto directo con el horno ni con los sistemas mecánicos y neumáticos de operación de la máquina, además de que ésta cuenta con microcontroladores de seguridad que paran el ciclo al abrir las puertas de los compartimentos de la máquina.

c) Control de ruido y emanación de sustancias tóxicas.

La contaminación por ruido es mayor en la operación de termoformado actual, ya que el sistema neumático que tiene no cuenta con silenciadores y el ruido aumenta considerablemente al accionar el ventilador para enfriar el material formado.

En la máquina propuesta se cuenta con un sistema de silenciadores de ruido para los pistones neumáticos utilizados, aunque el vapor tóxico emanado al calentarse el material es mayor que en la máquina actual, debido al mayor número de ciclos por minuto en que opera la máquina propuesta.

4. Mantenimiento.

a) Equipo.

El mantenimiento en la máquina actual es mas sencillo y de menor costo, debido a que sus mecanismos son puramente mecánicos y mas simples que los utilizados en la máquina termoformadora propuesta, ya que ésta tiene sistemas mecánicos, neumáticos y electrónicos mas complejos, como son los microcontroladores de seguridad, las mangueras de agua del sistema de refrigeración, el sistema cremallera-pistón para avance automático de material, etc.

5. Percepción.

a) Imagen.

La posibilidad de automatización gradual, por la integración de elementos de automatización las operaciones, es un factor que genera una imagen de vanguardia en el proceso propuesto, que obviamente no tiene el proceso actual.

III.7.2. METODO DE ANALISIS MATRICIAL

La tabla III.7.2., que a continuación se presenta, muestra el resultado de la evaluación tecnológica de ambos procesos.

EVALUACION TECNOLOGICA					
Categoría	% de importancia	Proceso actual		Proceso propuesto	
		Calific.	Calif. ponderada	Calific.	Calif. ponderada
Prácticas adecuadas de manufactura	25	1.75	43.75	4.5	112.5
Métodos de operación	30	2.50	75.0	4.0	120.0
Seguridad y medio ambiente	15	3.0	45.0	4.75	71.25
Mantenimiento	20	4.5	90.0	3.25	65.0
Percepción	10	2.25	22.5	4.0	40.0
TOTALES:			276.25		408.75

Tabla III.7.2. Evaluación tecnológica.

El proceso propuesto fue claramente seleccionado desde el punto de vista técnico, como puede observarse en el resultado de la evaluación.

III.5. EVALUACION ECONOMICA

Como la operación de termoformado produce un artículo terminado que al venderse produce ingresos se utilizará el método de análisis incremental.

La máquina que se propone tiene una mejor tecnología que la actual y una capacidad de producción mayor. Esto hará que las ventas puedan incrementarse de \$ 40 a \$ 240 mil pesos¹ al año y que se puedan reducir los costos de mano de obra de \$7 a \$4 mil pesos, así como también reducir las pérdidas por artículos terminados defectuosos de \$4 a \$2 mil pesos anuales. La máquina usada se venderá al valor en libros que tuviera en el momento de la transacción.

La máquina usada se compró hace 5 años a un costo de \$20 mil pesos, está siendo depreciada en línea recta y tiene una vida fiscal de 10 años, con un valor de recuperación de cero al final del periodo.

La máquina nueva cuesta \$30 mil pesos, tiene una vida fiscal de 5 años, sin valor de recuperación al final de los cinco años y la empresa lo depreciaría en línea recta. La empresa paga impuestos a una tasa del 50%. La tasa mínima aceptable de rendimiento es de 25%.

¹ Por razones de confidencialidad, los datos utilizados para la evaluación no son los datos reales, sin embargo se utilizaron cantidades proporcionales a las reales para que el resultado del estudio no cambie.

El análisis incremental empleado consiste en obtener los incrementos de la situación que guardan, en el estado de resultados, ambas máquinas, la cual se muestra a continuación:

	Máquina usada	Máquina propuesta	Incremento (miles de pesos)
(+) Ventas	40	240	200
(-) Costo de M.O.	7	4	-3
(-) Costo por pérdida	4	2	-2
(-) Depreciación	2	6	4
(=) Utilidad antes de impuestos	27	228	201
(-) Impuestos 50%	13.5	114	100.5
(=) Util. después de impuestos	13.5	114	100.5
(+) Depreciación	2	6	4
(=) FNE (Flujo neto de efectivo)	15.5	120	104.5

El valor 104.5 es el flujo neto de efectivo incremental, pues se obtuvo a partir del incremento de flujos de la máquina propuesta restando el de la máquina actual y es el flujo usado para calcular la rentabilidad económica por el método de Valor Presente Neto (VPN).

Para el VPN el valor de la inversión inicial es \$30 mil menos \$10 mil pesos por la venta de la máquina usada.

No se hizo préstamo en la compra de las máquinas.

$$VPN = -20 + 104.5 (P/A, 25\%, 5)$$

$$VPN = -20 + 104.5 (2.6889)$$

$$VPN = 260.9$$

Como $VPN > 0$ por lo tanto el remplazo debería aceptarse.

CONCLUSIONES

Se ha hablado muchas veces que la mano de obra en México es muy barata respecto a países desarrollados, y que ahora con el Tratado de Libre Comercio muchas empresas extranjeras construirán unidades productivas en nuestro país. Debido a esta razón, algunos accionistas se han preguntado si vale la pena invertir en tecnología en México. La respuesta, creo yo, depende de la situación de cada compañía, del grado de complejidad que tenga la manufactura de sus productos, de sus competidores, y sobre todo de la ambición que se tenga de conquistar los mercados internacionales. Mercados en los cuales la exigencia cada día va mas enfocada a la calidad, el servicio y, por supuesto, a que los costos de producción permitan ser competitivos.

La calidad sólo se asegura cuando existen procedimientos claros y efectivos que sean desarrollados siempre igual durante el proceso de manufactura. Una forma de garantizar que esto ocurra, es mediante el uso de elementos de automatización y mecanismos automáticos. Sin embargo si el proceso a controlar no es el adecuado, de nada sirve tener aparatos sofisticados para controlar procesos ineficientes.

El nivel de automatización depende de muchos factores, tales como: volumen de producción, el grado de complejidad del proceso de manufactura, las instalaciones actuales, la capacidad instalada, la distribución de la planta y otros factores que varían de compañía en compañía. esto hace que no exista una regla universal para determinar el nivel de automatización que se requiere. Sin embargo, como se presenta en el desarrollo de este trabajo, existen ciertos pasos que siempre deben de tomarse en cuenta durante la automatización de un proceso (de alto o bajo nivel). Estos pasos fundamentales van desde el conocimiento claro y medido de los procesos, que permitan determinar cuales son las actividades que generan la mayor restricción dentro del proceso. Estas actividades restrictivas son las primeras que deben intentar cambiarse, ya que éstas son las que mejorarían en mayor grado el proceso global de producción. Cuando éstas se hayan implantado se debe volver a analizar el proceso para determinar nuevas restricciones a mejorar.

Esta forma de atacar las actividades permite desarrollar un programa de automatización gradual que evite a la empresa realizar grandes desembolsos durante la implantación de la automatización en el proceso productivo.

El siguiente paso es el desarrollo de la automatización, que permita estimar los resultados que se esperan obtener. En esta tesis este paso se realiza mediante: la identificación de problemas y de las posibles soluciones, elección de la solución mas adecuada, de acuerdo a las circunstancias de la empresa, simulación del proceso propuesto que permite medir la productividad que se espera obtener con el nuevo sistema.

Después se debe continuar con un análisis de evaluación tecnológica para cuantificar las diferencias tecnológicas entre los procesos.

Por último, como el índice más importante, se debe realizar un análisis financiero para determinar la bondad del proyecto. Si los resultados de esta evaluación demuestran que el proyecto es rentable, se recomienda implantar el grado de automatización.

Así es que a medida que se mejoren los procesos de producción existentes en las plantas productivas, y a medida que las posibilidades económicas de cada empresa permitan entrar al mundo de la automatización, la oportunidad de competir internacionalmente aumentará, y con esto, ayudarán a mejorar la economía de sus países.

BIBLIOGRAFIA

1. [Illegible text]

2. [Illegible text]

3. [Illegible text]

4. [Illegible text]

5. [Illegible text]

6. [Illegible text]

7. [Illegible text]

8. [Illegible text]

9. [Illegible text]

10. [Illegible text]

11. [Illegible text]

12. [Illegible text]

13. [Illegible text]

14. [Illegible text]

15. [Illegible text]

16. [Illegible text]

17. [Illegible text]

18. [Illegible text]

19. [Illegible text]

20. [Illegible text]

21. [Illegible text]

22. [Illegible text]

23. [Illegible text]

24. [Illegible text]

25. [Illegible text]

26. [Illegible text]

27. [Illegible text]

28. [Illegible text]

29. [Illegible text]

30. [Illegible text]

31. [Illegible text]

32. [Illegible text]

33. [Illegible text]

34. [Illegible text]

35. [Illegible text]

36. [Illegible text]

37. [Illegible text]

38. [Illegible text]

39. [Illegible text]

40. [Illegible text]

41. [Illegible text]

42. [Illegible text]

43. [Illegible text]

44. [Illegible text]

45. [Illegible text]

46. [Illegible text]

47. [Illegible text]

48. [Illegible text]

49. [Illegible text]

50. [Illegible text]

51. [Illegible text]

52. [Illegible text]

53. [Illegible text]

54. [Illegible text]

55. [Illegible text]

56. [Illegible text]

57. [Illegible text]

58. [Illegible text]

59. [Illegible text]

60. [Illegible text]

61. [Illegible text]

62. [Illegible text]

63. [Illegible text]

64. [Illegible text]

65. [Illegible text]

66. [Illegible text]

67. [Illegible text]

68. [Illegible text]

69. [Illegible text]

70. [Illegible text]

71. [Illegible text]

72. [Illegible text]

73. [Illegible text]

74. [Illegible text]

75. [Illegible text]

76. [Illegible text]

77. [Illegible text]

78. [Illegible text]

79. [Illegible text]

80. [Illegible text]

81. [Illegible text]

82. [Illegible text]

83. [Illegible text]

84. [Illegible text]

85. [Illegible text]

86. [Illegible text]

87. [Illegible text]

88. [Illegible text]

89. [Illegible text]

90. [Illegible text]

91. [Illegible text]

92. [Illegible text]

93. [Illegible text]

94. [Illegible text]

95. [Illegible text]

96. [Illegible text]

97. [Illegible text]

98. [Illegible text]

99. [Illegible text]

100. [Illegible text]

BIBLIOGRAFIA

- * NIEBEL, Benjamin W., Ingeniería Industrial. Métodos, Tiempos y Movimientos
3ª edición. Ed. Ediciones Alfaomega, S.A. de C.V.
México, 1990
- * OIT (Oficina Internacional del Trabajo), Introducción al Estudio del Trabajo
3ª edición revisada. Ed. LIMUSA
México, 1987
- * GROOVER, Mickell P., Robótica Industrial. Tecnología, Programación y Aplicaciones
2ª edición. Ed. Mc. Graw-Hill
México, 1990
- * CASTRESANA, José I., El Directivo Impulsor de la Innovación
1ª edición. Ed. Marcombo S.A.
Barcelona, España, 1991
- * CASTANYER, Francesc F., Cómo Mejorar la Productividad en el Taller
1ª edición. Ed. Marcombo S.A.
Barcelona, España, 1988
- * Mc. CLOY, D., Robótica. Una introducción
2ª edición. Ed. LIMUSA
México, 1993
- * BACA U., Gabriel. Evaluación de Proyectos. Análisis y Administración del Riesgo
2ª de. Ed. Mc.Graw-Hill
México, 1990
- * BAUMGARTNER, H. CIM Automatización de la Producción
1ª de. Siemens Aktiengesellschaft & Marcombo S.A.
Berlín & Munich, Alemania, 1991
- * Facultad de Ingeniería UNAM, Apuntes de Estudio del Trabajo
México, 1989.
- * Revista Manufactura, ¿Automatizar o robotiza? por Teresa Arduino
Vol. 1, Núm. 6, MAY/JUN. Ed. Grupo Editorial Expansión
México, 1995
- * Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000.

* Revista El Mercado de Valores, Criterios Generales de Política Económica para 1997
Vol. 1/97, Año LVII, Enero 1997. Ed. Subdirección de Información Técnica y Publicaciones, Nacional Financiera S.N.C.
México, 1997.