

2ej, 40



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

INNOVACIONES TECNOLOGICAS EN LOS  
SISTEMAS DE MANEJO DE MATERIALES

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
P R E S E N T A N :

EDUARDO ALFONSO EGREMY SANDOVAL  
ALEJANDRO HERRERA CEDILLO  
VICTOR GERARDO MEDINA NIEMBRO



Director Ing. Juan José Di' Matteo C.

México, D. F.

1988



## **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 está 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.

# I N D I C E

## CAPITULO I

	Pág.
ANTECEDENTES HISTORICOS	1
- Evolución	2
- Historia del movimiento de materiales	3

## CAPITULO II

DEFINICION, OBJETIVOS, PRINCIPIOS Y ELEMENTOS DEL MOVIMIENTO DE MATERIALES	22
- Principios del movimiento de materiales	23
- Elementos de un sistema de manejo de materiales	28

## CAPITULO III

EL MANEJO DE MATERIALES EN LA RECONVERSION INDUSTRIAL	59
- El cambio estructural	59
- La reconversión industrial	61

	Pág.
- México ante la reconversión industrial	63
- La experiencia mundial	67
- La necesidad de la automatización	72

#### CAPITULO IV

LA FUNCION DE AUDITORIA	76
- Auditorías fiscales	78
- Auditorías internas	79
- Auditorías operativas	80
- Relación entre el muestreo estadístico y la auditoría	82
- Utilización del muestreo en auditoría	83
- Importancia de la computadora	84
- Conceptos y métodos estadísticos	86
- Selección de una muestra estadística	90
- Evaluación de los resultados estadísticos de una muestra	93
- Auditoría a un sistema de manejo de materiales	96
- Lineamientos del estudio	98
- Metodología	99
- Nivel de mecanización	102
- Flujo de materiales	102

## CAPITULO V

	Pág.
<b>INNOVACIONES EN LOS SISTEMAS DE MANEJO DE MATERIALES</b>	<b>106</b>
- Elementos de un sistema automático de manejo de materiales	110
- Innovaciones en los sistemas de manufactura	117
- Tecnología de Grupo y Manufactura Celular	121
- Diseño del producto	122
- Planeación de procesos	123
- Producción	124
- Las células de manufactura	125
- Células físicas y células lógicas	128
- Impacto en el manejo de materiales	129
- Sistemas de vehículos automáticamente guiados	132
- Historia	133
- Desarrollo de la electrónica	133
- Sistemas actuales	136
- Sistemas estándar con controles básicos	136
- Sistemas avanzados con microprocesador y controles electrónicos	136
- Microprocesadores o sistemas sofisticados en conexión con otros sistemas	137
- Tendencia a la automatización	137

	Pág.
- Beneficios: flexibilidad y facilidad de instalación	138
- Aplicaciones	140
- Aplicaciones de la robótica	143
- Montajes de robot	146
- Manejo de materiales en tarimas	147
- Línea de seguimiento	149

## CAPITULO VI

PRESENTACION DEL CASO REAL	152
- Descripción del proceso	154
- Descripción del método actual de trabajo	155
- Análisis de los métodos de movimiento de materiales	159
- Descripción del método propuesto	162
- Balanceo de la célula	164

## CAPITULO VII

CONCLUSIONES	167
BIBLIOGRAFIA	172

## CAPITULO I

### ANTECEDENTES HISTORICOS

A primera vista, el manejo de materiales puede ser subestimado y considerado simplemente como la acción de levantar y transportar objetos, pero representa más que esto, es decir, significa usar el método correcto para mover con seguridad la cantidad adecuada del material indicado, con la debida orientación hacia el lugar previsto, con tiempos y costos razonables. Los puntos centrales son, sin lugar a dudas, el material, el movimiento y el método.

Los logros científicos y tecnológicos acontecidos en los últimos años, han representado un importante avance para el desarrollo y conocimiento humanos. Es objetivo de este trabajo mostrar, en cierta medida, tales avances en lo que a sistemas de manejo de materiales

toca. Durante el desarrollo del mismo se contemplará el marco histórico del movimiento de materiales, su definición, objetivos y principios; la necesidad de la reconversión de la planta con respecto a estos sistemas, su control mediante auditorías, nuevas alternativas (automatización y/o optimización de los sistemas ya existentes) dependiendo del tipo de empresa o sistema productivo; -- y, finalmente, se expondrá un ejemplo real en el que se formulan alternativas de solución al problema que representa el manejo de materiales.

## EVOLUCION

El movimiento de materiales y la construcción de edificios para almacenarlos han constituido siempre un gran estímulo al ingenio y a la inventiva del hombre. Ya los antiguos se enfrentaron con el problema de mover objetos pesados y, con el creciente empleo del hierro y del acero, al principio de la edad moderna, el movimiento de grandes pesos llegó a ser una actividad de importancia cada vez mayor.

Desde el punto de vista del manejo de materiales, la historia puede dividirse en dos períodos:

1. Era de la manipulación manual (antes de 1900). Materiales movidos por la fuerza del hombre -- siempre que fuera posible. Aunque durante este período -- estaba extendido el uso de muchas grúas, tornos y otros -- aparatos de elevación, el empleo de la mayor parte de -- ellos se limitaba al manejo de los materiales que eran -- demasiado pesados para ser levantados a mano.

2. Era de la manipulación a máquina (después de 1900). Movimiento de materiales por medios mecáni---cos siempre que sea posible. La idea revolucionaria, -- desarrollada poco después del comienzo del siglo, fue -- que, aunque algunos materiales, a causa de su peso y tamaño limitados, pueden ser movidos a mano, deben ser movidos utilizándose equipo mecánico. La puesta en vigor de este concepto significa el nacimiento del moderno manejo de materiales.

#### HISTORIA DEL MOVIMIENTO DE MATERIALES

Aunque desde el punto de vista del movimiento de materiales, la historia puede dividirse en los dos períodos principales antes mencionados, cada uno de ellos, a su vez, abarca dos subdivisiones muy desiguales. No --

debe olvidarse que el problema de mover objetos no es, - de modo alguno, nuevo. Los períodos no comienzan o terminan automática y completamente con las fechas dadas. - Como sucede con todos los grandes adelantos, han existido pioneros que se anticiparon a su época, pero al mismo tiempo la historia está repleta de ejemplos de empresas que siguen los métodos y adoptan las actitudes de períodos anteriores.

a). El mundo antiguo. Muchas proezas que en materia de manipulación realizaron los antiguos, pondrían a prueba a los más modernos equipos de manejo de materiales. Ejemplos bien conocidos son la construcción de las pirámides en el antiguo Egipto y la edificación de los obeliscos en Egipto y Roma. De menor renombre son las piedras de Stonehenge, que fueron erigidas en el sur de Inglaterra hacia el año 1500 antes de Cristo.

Estas piedras, que pesan de 8 a 12 toneladas y tienen una altura aproximada de 15 pies, se supone que fueron extraídas en Gales del Sur, llevadas en barco alrededor de Land's End y aguas arriba por el Río Avon y después arrastradas en trineo tres millas por tierra hasta su actual situación.

En el Hemisferio Occidental una de las maravillas de la ingeniería antigua es un templo pre-inca cercano a Cuzco (Perú). Cada una de las piedras de este templo pesa cerca de 20 toneladas y fueron arrancadas del fondo de un valle a unos 2,000 pies por debajo del emplazamiento del templo. El problema de mover estas piedras fue más complicado por la circunstancia de que, al parecer, los constructores no conocían el principio de la rueda.

b). Período de 450 a 1900. Aunque durante este período se desarrollaron muchos tipos y variedades de maquinaria de manejo de materiales, el problema continuaba siendo el mismo, es decir, el movimiento de los materiales seguía haciéndose a mano. Sin embargo había algunas destacadas excepciones.

En 1800, Eli Whitney emprendió la producción en masa de mosquetes. Se sabe que no solamente estaban normalizadas las piezas empleadas, sino que además los bancos de trabajo estaban dispuestos de modo que las piezas empleadas pudieran pasar de un obrero a otro, simplificándose así el manejo de materiales. Aproximadamente en la misma época, Thomas Jefferson relatava el uso de -

un método similar de producción de una fábrica en Francia que se había fundado a comienzos del siglo XVIII: "En 1875, Le Blanc, en Francia, produjo mosquetes con piezas intercambiables". En 1770, Hosiiah Wedwood también llegó a ser conocedor de la importancia de la distribución de máquinas en lo que afecta a los costos de manipulación y ensayó varios métodos de movimiento de materiales.

En la fundición de la empresa Boulton and Watt, construida en 1796, se instalaron varios tipos de grúas de pluma oscilante y otros aparatos de elevación. Los primeros grabados que se conocen de esta fábrica muestran algunas de las mayores grúas de pluma montadas sobre pequeños carros que soportaban el dispositivo de elevación mediante los cuales se obtenía mayor flexibilidad para el movimiento de piezas pesadas. Hacia 1860 fué instalada una grúa puente que cubría por completo la zona de trabajo.

Varios tipos de grúa se describen en el libro de Agrícola "De Re Metallica", escrito en 1556 y que sirvió de texto clásico de metalurgia cerca de 200 años. Este tratado fué traducido al inglés en 1912 con las

ilustraciones originales. Estos grabados muestran otros muchos métodos usados para la elevación y transporte de materiales. La carretilla de una rueda, cuando apareció, era la principal máquina de transporte para movimiento horizontal, aunque también se usaba un tipo de carreta de cuatro ruedas. No aparece ningún tipo de instalación de vía fija, pero en un trabajo de aquella época, de Sebastian Münster, hay un dibujo de un carro que se mueve a lo largo de una vía de madera.

El problema de la elevación de materiales fue siempre uno de los más serios en las primitivas explotaciones mineras. Agrícola describió unos cuantos artefactos usados para este fin. Uno era un simple torno accionado por una manivela. Agrícola observa: "todos los que mueven un torno, cualquiera que sea el tipo de máquina que accionen, son necesariamente robustos, de forma que puedan soportar una faena tan dura". Había un tipo de torno que estaba equipado con un volante para regularizar su marcha. El engranaje se usaba en algunos modelos para transmitir la fuerza al torno, siendo la fuente de energía dos hombres que actuaban sobre una manivela o un malacate tirado por un caballo. El hierro se usaba con frecuencia para muñones y casquillos, pero nunca para --

ruedas ni ejes.

El agua se extraía de las minas por medio de un elevador formado por una cadena de cangilones metálicos. Estos eran de tamaño y forma unificados y podían ser reemplazados sin dificultad. La cadena estaba formada por -- grandes eslabones, igualmente metálicos, que también eran intercambiables. La necesidad de una gran reducción de - velocidad para que el aparato pudiera ser manejado por un hombre hacía sumamente lento el trabajo. Además, el peso de la máquina limitaba la altura de elevación.

Se empleaban también bombas aspirantes y algunos tipos de bombas impelentes. La más eficaz solución - encontrada al problema de elevar el agua fué el sistema - del rosario, en el cual unas bolas hechas de crin de caballo, con una envoltura cosida, sujetas a intervalos de seis pies sobre una cadena sin fin, actuaban como émbolo - en un tubo vertical, descargándose el agua por el extremo superior. Agrícola afirma que un rosario cuya rueda - tuviese veinticuatro pies de diámetro podría desaguar un pozo de doscientos diez pies; estas ruedas eran accionadas por una manivela movida a mano o por un malacate mo--

vido por una caballería.

c). Período de 1900 a 1940. En este lapso --- comienza a utilizarse maquinaria para mover materiales -- que antes eran movidos a mano. Señala también el comienzo de los modernos sistemas de producción, basados en la instalación de líneas de fabricación y montaje a lo largo de transportadores.

En su libro "Secretos de la industria", Lewis - C. Ord describe los métodos usados en la fabricación de - vagones de mercancías de madera en 1890, en los talleres de la Canadian Pacific Railway Company. Al principio, -- una misma brigada construía el vagón completo desde el -- chasis hasta el techo. Un segundo método, impulsado por la necesidad de una mayor producción y por la escasez de personal competente, consistió en utilizar cuadrillas especializadas. De este modo, las cuadrillas de infraes--- tructura se movían de un vagón a otro, seguidas a su vez, por las cuadrillas de revestimiento de pisos, carpintería y techado. Con este segundo método, se aumentaba el número de hombres que estaban trabajando al mismo tiempo.

Esto daba lugar a un mayor rendimiento y a un ritmo de producción más elevado, traduciéndose en una rebaja de los costos de producción, a pesar de que umentaban los gastos de control, vigilancia y manejo de materiales.

El tercer paso fue la aplicación de un método de montaje continuo, que habría de adoptar pocos años -- más tarde Henry Ford en su primera cadena de montaje. -- Con esta innovación, los obreros permanecían en un lugar fijo y los vagones iban pasando por delante de ellos. - Fue un progreso verdaderamente decisivo y señala la transición a los revolucionarios métodos modernos de montaje.

Trabajando de este modo, un taller de seis - - vías (cuatro de montaje y dos de suministro de material) podía construir once vagones por día en cada vía de montaje, con un sólo turno y jornada de nueve horas. En dichas vías los vagones eran adelantados hasta el puesto - siguiente cada cuarenta y cinco minutos. Desde que los rodámenes eran colocados en un extremo del taller, hasta que el vagón salía por el otro, listo para pintar, transcurrían poco más de siete horas. Esto era el comienzo -

de la producción en masa.

En mayo de 1913 comienza a funcionar la primera línea de montaje de la Ford Motor Company y al cabo de poco tiempo ya se habían puesto en marcha nuevas líneas de montaje de otras fábricas, con diversos tipos de transportadores. Durante la primera guerra mundial muchas empresas adaptaron sus instalaciones a este nuevo sistema, que requiere del empleo de aparatos de transporte de recorrido fijo. Esta siguió siendo la principal técnica de fabricación para la producción en masa, hasta el estallido de la segunda guerra mundial.

Durante el año de 1920 otras muchas compañías adoptaron el sistema de trabajo con transportadores para el movimiento de materiales, tanto a través del taller de mecanización, como a lo largo del proceso de montaje. Al principio de este período fue también puesta en práctica la idea de llevar un juego de piezas acompañando al chasis o bastidor principal durante todo el proceso de montaje. La Packard Motor Car Company y la Hudson and Valie también emplearon este procedimiento en esa época, y en 1930 el sistema fue adoptado por la Standard Motor Car Company, de Coventry (Inglaterra), que lo ha-

usado de una forma u otra hasta el momento. Es interesante hacer notar que en la fábrica Packard, el sistema fue suprimido en 1920 y vuelto a adoptar después de la segunda guerra mundial.

d). Después de 1940. Con el comienzo de la producción bélica para la segunda guerra mundial, tanto la técnica de movimiento de materiales como la de distribución de instalaciones en las fábricas, alcanzaron un grado avanzado de desarrollo y la dirección de las empresas les concede la importancia que tienen como medios de aumentar la producción. Muchos directores, que habían estado vacilando anteriormente sobre si hacer fuertes inversiones en equipo de manejo de materiales, se encuentran ahora con que el objetivo fundamental es producir al costo que sea. Las empresas que habían obtenido contratos para fabricar material de guerra a precios altos, dejaron de dudar sobre si convenía hacer tales inversiones de capital. En muchos casos, la reducción de los costos de producción que se obtuvo al introducir aquel equipo, fue realmente una consecuencia del objetivo más importante, de producir los materiales pedidos.

Las economías y ventajas que se obtuvieron con

el empleo de dicho equipo de manipulación y con los métodos basados en él, fueron factores que contribuyeron a - que su uso adquiriese un incremento extraordinario durante los años de la postguerra.

El movimiento de materiales es un tema clásico en la Ingeniería Industrial, y se encuentra en un continuo estado de evolución, aunque, de hecho, no se escriban muchos artículos de cómo resolver problemas de este tipo en forma general. Su evolución es provocada por varias razones:

- La naturaleza de los problemas de movimiento de materiales cambia constantemente.

- Cada vez se sabe más acerca de las capacidades y limitaciones de la tecnología existente.

- Constantemente se desarrollan nuevas tecnologías.

- Nuevas herramientas analíticas ayudan en el diseño del proceso.

En general, el cambio es una constante en el movimiento de materiales y, si no se cuenta con un sistema óptimo, los problemas de la planta se multiplican. Las consecuencias generadas por los problemas de producción de una planta ineficiente son complejas; éstas se ven reflejadas en lo siguiente:

En momentos en que se expresa interés por iniciar el acercamiento hacia la Comunidad Económica Europea con fines comerciales, resulta inquietante y desalentadora la declaración de que "América Latina en Europa es cada día más desconocida". Esto fue señalado por una dependencia de la propia CEE, el IRELA (Instituto de Relaciones Europeo-Latinoamericanas).

En los altos círculos de las finanzas internacionales, es evidente la indiferencia de la Comunidad hacia los países latinoamericanos, pues las relaciones de aquélla se orientan preferentemente hacia Africa y Asia.

En la última década, cuando las operaciones de comercio mundial han llegado a sus más altos índices,

los países del sureste asiático se han convertido en importantes proveedores industriales de Europa, mientras - lo exportado por Latinoamérica a la CEE apenas suma el - 20% del total de nuestras exportaciones. Y para mayor - catástrofe, de ese 20%, el 75% son productos básicos.

Esto significa que hasta ahora, Europa ha igno- rado por completo la capacidad manufacturera y la produc- ción industrial latinoamericanas.

Actualmente se cuenta con una industria en de- sarrollo que opera en su mayoría con procesos poco auto- matizados. Por una parte, estos favorecen el mantenimien- to de fuentes de trabajo; pero por otra, incrementan los costos y tornan insuficientes los volúmenes de produc- ción, reduciendo las economías de escala, así como la -- oportunidad para concurrir a los diferentes mercados. - Provocan con ello que las industrias que pueden contrapo- nerse a esas condiciones sean las transnacionales, que - terminan produciendo con base a los recursos locales y - consumiendo las oportunidades comerciales.

La producción agrícola es subsidiada por el -- gobierno mediante créditos y precios de garantía para --

preservar los niveles de generación de productos, lo que motiva a los posibles compradores extranjeros a establecer políticas proteccionistas, que tienden a colocar a esta rama en situación muy parecida a la de la industria.

No se trataría de la primera organización internacional con la que se tienen relaciones comerciales, ya que se ha participado con el Sistema Económico Latino Americano (SELA), con el Consejo de Ayuda Mutua Económica (CAME, Mercado Común de las Naciones Comunistas), con el Acuerdo General Sobre Aranceles y Comercio (GATT) y, consecuentemente, con la Organización Económica y el Desarrollo (OCDE), entre otras organizaciones; además, recientemente se ha insistido de manera persistente, -- por parte de los Estados Unidos, sobre la conveniencia de establecer un mercado común con México. Sin embargo, no se trata únicamente de participar en todos los foros económicos que se declaren con interés por la participación de los productos mexicanos, ya que la posición del país denota una encrucijada; por un lado, no se puede mantener aislado y reservado respecto del resto del mundo y, por el otro, no contamos aún con la capacidad competitiva que nos permita hacer frente a los países indus

trializados, sobretodo en materia de productos termina--  
dos.

Entonces, es importante considerar que la parti--  
cipación comercial con el mercomún europeo haría necesari--  
o, al igual que ha sucedido con el GATT, que se homolo--  
garan algunas medidas de política económica con las que--  
son vigentes en los países miembros de la CEE, como po--  
drían ser la adopción de aranceles comunes frente a ter--  
ceros países; el libre intercambio comercial con los --  
países miembros, descartando la posibilidad de proteger--  
la planta productiva o los precios nacionales; la dismi--  
nución o desaparición de los apoyos estatales o la pro--  
ducción de mercancías agrícolas, que repercutiría en la--  
alimentación doméstica, así como en la inflación y las -  
relaciones comerciales con otros países. Estas medidas,  
entre otras, pueden causar desequilibrios en la produc--  
tividad y en las relaciones comerciales del país, ade--  
más de los que ya existen, antes de tener intercambio --  
comercial con la CEE.

Recientemente, por parte de uno de los orga--  
nismos empresariales, hubo pronunciamientos en el senti--  
do de disminuir la velocidad en la apertura comercial -

del país, mientras no se corrijan los problemas estructurales de la economía y no se logre la reconversión -- como estrategia que salvaguarde a las empresas pequeñas y medianas, ya que se les pone en peligro de colapsarse irreversiblemente, ante el ingreso desmesurado de mercancías provenientes del exterior, que han sido producidas bajo condiciones que permiten abatir sus costos de producción y por ende, los precios de venta.

Además, es importante considerar que contribuyen a promover la quiebra de esas industrias las facilidades que existen para la importación de excedentes de producción, generados a nivel mundial por las medidas proteccionistas en las naciones industrializadas, especialmente tratándose de bienes de consumo, maquinaria y equipo.

Por otra parte, la demanda que provocaría la relación económica con la CEE difícilmente puede ser cubierta, en términos tanto de volumen como de precio, por la planta industrial, lo que conllevaría a dejar la oportunidad a las transnacionales, disminuyendo o eliminando las ventajas reales. Esto se debe en buena medida, a que la mayoría de las empresas han crecido acostum

bradas a contemplar el desarrollo tecnológico como un factor externo. En esta concepción, la tecnología y los nuevos productos siempre han provenído de fuera de la empresa, es más, de fuera del país. La acción de los industriales se ha limitado a traer la nueva tecnología e incorporarla a la suya, en producción y mercadotecnia.

Al respecto, es necesario que las empresas acepten la idea de convertir a la tecnología en un factor endógeno, en todas sus modalidades de producto, de producción, de infraestructura y de mercado. La inversión tecnológica en las empresas se debe convertir en un renglón cotidiano de inversión y crecimiento para contar con factores favorables en materia de competitividad en la producción y el comercio internacionales.

La solución corresponde al país en su conjunto. Para ello debe tomarse en consideración que, mientras en los países industrializados, los economistas descubrieron hace aproximadamente 20 años que el crecimiento económico de un país se debe en un 80% al cambio tecnológico, y sólo el 20% restante al crecimiento de los insumos financieros, de materiales y mano de obra, localmente aún se cree que el crecimiento económico consiste en invertir

y que la tecnología es algo que se compra ya manufacturada. Por lo tanto, no se ha entendido que la innovación tecnológica es la actividad que produce una importante de rrama de conocimientos dentro de la economía, y que supera las inversiones iniciales en un proceso.

Es necesario que antes de abrir fronteras a las materias extranjeras, se concluya el proceso de reconversión o cuando menos, se cuente con avances tangibles y -- con perspectivas de corto plazo que garanticen que la -- planta industrial no se verá impactada tan severamente -- como lo sería en este momento. Para ello, deben concu-- rrir con un esfuerzo conjunto los distintos sectores de -- la economía, anteponiendo a sus intereses particulares -- la conveniencia general del correcto funcionamiento comer-- cial, tanto hacia el interior como al exterior.

Es en estos momentos cuando debe llevarse a ca-- bo una verdadera concertación de intereses, mediante el-- establecimiento de medidas directas, permanentes y oportu-- tunas de consulta e información sobre aranceles, contro-- les y estadísticas del comercio exterior entre las depen-- dencias que las generan y los organismos empresariales. -- Asimismo, deben ser planeadas objetivamente las estrate--

gias a seguir y derivarlas del cuidadoso análisis de las alternativas, pues no es lógico querer comercializar lo que aún no se ha producido o no se puede producir.

De no realizarse esta práctica antes de abrir fronteras, se arriesgaría la existencia de la planta productiva, base fundamental de fuentes de empleo y del desarrollo económico a largo plazo.

El movimiento de materiales, como parte integrante de la planta productiva, beneficiará a la producción en la medida en que éste se haga más eficiente. No cabe duda, entonces, de que quien cuente con sistemas más eficientes, podrá elaborar productos y servicios de mejor calidad y a precios más competitivos en los mercados internos y extranjeros.

El movimiento de materiales por sí solo no resolverá todos los problemas de la planta productiva, pero contribuirá en gran medida a la solución de éstos. --

## CAPITULO II

### DEFINICION, OBJETIVOS, PRINCIPIOS Y ELEMENTOS DEL MOVIMIENTO DE MATERIALES

Como sucede en muchos casos, existen diversas definiciones del manejo de materiales. Algunas de ellas son:

- Manipular materiales es recoger, depositar, mover en un plano horizontal o vertical o ambas cosas a la vez y por cualquier medio, materiales o productos de cualquier clase en estado bruto, semiacabado o completamente terminado.

- El manejo de materiales es la preparación y colocación de los mismos para facilitar su movimiento o almacenaje.

- El movimiento de materiales es proveer la --

cantidad adecuada del material indicado en la secuencia - ordenada, en la posición, lugar y tiempos correctos, con seguridad y sin daños.

Pero en el sentido más amplio, el manejo de materiales puede definirse como la preparación, ubicación y posicionado de los materiales para facilitar sus movimientos y almacenajes.

## PRINCIPIOS DEL MOVIMIENTO DE MATERIALES

Existen 20 principios fundamentales que el Colegio Industrial de Educación en Manejo de Materiales, ha garantizado como una solución completa al diseño de sistemas de manejo de materiales. A continuación se detallan cada uno de estos principios.

### 1. PRINCIPIO DE ORIENTACION

El problema del manejo de materiales debe ser estudiado a fondo antes de la planeación preliminar del proyecto para identificar problemas y contratiempos físicos y económicos, y para establecer requerimientos futuros y metas.

## 2. PRINCIPIO DE PLANEACION

Establecer un plan que incluya los requerimientos básicos, opciones deseables y la consideración de contingencias para todas las actividades de manejo de materiales y almacenamiento.

## 3. PRINCIPIO DE SISTEMAS

Integrar aquellas actividades de manejo y almacenamiento dentro del sistema operante, incluyendo recepción, inspección, almacenaje, producción, ensamble, empaque, depósito, embarque y transportación.

## 4. PRINCIPIO DE UNIDAD DE CARGA

Manejar el producto en unidades de carga tan grandes como prácticamente sea posible.

## 5. PRINCIPIO DE UTILIZACION DEL ESPACIO

Utilizar efectivamente el espacio en tres dimensiones.

#### 6. PRINCIPIO DE ESTANDARIZACION

Estandarizar los métodos de manejo y equipo en donde sea posible.

#### 7. PRINCIPIO DE ERGONOMIA

Diseñar el equipo de manejo de materiales y -- procedimientos, tomando en cuenta las capacidades y limitaciones del hombre para una interacción efectiva con la gente que usa el sistema.

#### 8. PRINCIPIO DE ENERGIA

Incluir el consumo de energía de los sistemas- y procedimientos de manejo de materiales, cuando se hacen comparaciones o se preparan justificaciones económicas.

#### 9. PRINCIPIO DE ECOLOGIA

Utilizar el equipo de manejo de materiales y - procedimientos que minimicen el efecto adverso sobre el medio ambiente.

#### 10. PRINCIPIO DE MECANIZACION

Mecanizar el sistema de manejo donde sea factible incrementar la eficiencia y la economía.

#### 11. PRINCIPIO DE FLEXIBILIDAD

Utilizar métodos y equipos que puedan desarrollar una variedad de trabajos bajo diversas condiciones de operación.

#### 12. PRINCIPIO DE SIMPLIFICACION

Simplificar el manejo eliminando, reduciendo o combinando movimientos y/o equipos innecesarios.

#### 13. PRINCIPIO DE GRAVEDAD

Usar la gravedad para mover el material donde sea posible, respetando siempre las limitaciones concernientes a la seguridad, daño al producto y pérdida.

#### 14. PRINCIPIO DE SEGURIDAD

Proveerse de equipo y métodos de manejo de materiales que sigan las regulaciones y códigos de seguridad existentes.

#### 15. PRINCIPIO DE COMPUTARIZACION

Considerar la posible computarización de los sistemas de manejo y almacenaje de materiales, para incrementar el control del material e información.

#### 16. PRINCIPIO DEL FLUJO DE SISTEMA

Integrar el flujo de datos con el flujo físico de materiales en el manejo y almacenaje.

#### 17. PRINCIPIO DE DISTRIBUCION

Preparar una secuencia de operación y una distribución del equipo para todas las soluciones factibles del sistema, luego, elegir el sistema de mayor productividad.

## 18. PRINCIPIO DEL COSTO

Comparar los costos de las soluciones alternativas de equipo y métodos sobre la base costo-eficiencia, que puede ser medida como gasto por unidad manejada.

## 19. PRINCIPIO DE MANTENIMIENTO

Preparar un plan de mantenimiento preventivo y reparaciones programadas de todo el equipo de manejo de materiales.

## 20. PRINCIPIO DE LA OBSOLESCENCIA

Preparar una política económicamente viable para el reemplazo de equipo obsoleto y métodos con especial consideración al costo del ciclo de vida.

## ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE MANEJO DE MATERIALES

Todos los sistemas de manejo de materiales -- comparten los mismos elementos básicos: un recipiente o envase, un mecanismo de movimiento, una trayectoria de movimiento, algún tipo de capacidad de almacenaje y-

un sistema de control. Para diseñar un sistema de manejo de materiales todos estos elementos deben ser considerados.

Pocas fábricas han realizado estudios que revelen el enorme peso total de materiales manipulados diariamente para hacer los productos que fabrican. Cada pieza tiene que manipularse para llevarla a cada máquina y después alejarla de ella, o para hacerla pasar por otra operación, y ha de transportarse de un departamento a otro durante el transcurso de la fabricación. Cuando se suma el peso total que esta continua manipulación y remanipulación implica, y el peso de los aparatos de fabricación que tienen que manejarse con los materiales, se aprecia hasta cierto punto la vasta importancia de adoptar mejores medios disponibles para la manipulación de los materiales. Algunos casos concretos estudiados han mostrado, por ejemplo, que en una planta industrial se manipulaban 67 toneladas de materias primas por cada tonelada de producto terminado, y en otra planta, se movían 180 toneladas de materiales por cada tonelada de producto terminado. Un promedio muy aproximado para toda la industria sería probablemente una proporción de 50 a 1 por lo menos.

En casi todos los procesos industriales, la mayor parte de la mano de obra indirecta empleada se dedica a la manipulación de los materiales. En cualquier período razonable, el porcentaje que arrojan las economías derivadas de eliminar, siempre que sea posible, la mano de obra indirecta, sería relativamente grande comparado con el porcentaje de las economías en otros costos, como las materias primas, la mano de obra directa, las cargas fijas y las cargas variables distintas de la mano de obra indirecta. La labor manual es la más costosa entre las que pueden emplearse, en todos los lugares en que el volumen de trabajo o los pesos que haya que manipular, ofrezcan oportunidad para utilizar aparatos que sean adecuados para esta tarea.

El costo de la mayoría de los productos es casi directamente proporcional al de manipular los materiales que se fabrican para llevarlos a los lugares de trabajo, para hacerlos pasar por los procesos de fabricación y para ser retirados. Se estima que el 30% del costo de fabricación, por término medio, se debe a la manipulación de los materiales. Por regla general, el costo del traslado efectivo vertical u horizontal de los materiales es pequeño, si se compara con el de cargar, des--

cargar, levantar y clasificar los materiales y con el de las interrupciones en la producción debidas a que el operario abandona, reduce la marcha o detiene su máquina o su unidad de producción para manipular materiales. Se ha estimado, además, que sólo el 20% del tiempo en que los materiales están en una planta son procesados, siendo el 80% restante dedicado para movimientos o almacenaje. De lo anterior, las conclusiones a que se llega con fines de abatir costos son:

a). Siempre que sea posible debe eliminarse la manipulación y, si es necesario, el trabajo debe hacerse por medios mecánicos y no por labor manual.

b). La rutina de manipulación debe hacerse lo más automatizada posible para reducir al mínimo los costos de este trabajo.

De la misma forma, podemos ver que los objetivos del manejo de materiales son, entonces:

1. Reducción de costos.
2. Reducción de desperdicios.
3. Incremento de la capacidad productiva.

4. Mejorar las condiciones de trabajo.

5. Mejorar el lay out.

Comúnmente se dice que el movimiento de materiales es un elemento de integración de la fábrica. Esto no es siempre cierto, pues el hecho de simplemente -- conectar operaciones no significa que integremos la fábrica.

Para que el movimiento de materiales sea realmente integrador, se requiere saber cómo afecta y es -- afectado por el programa de producción y la planeación -- del proceso. Tradicionalmente el primer paso en el diseño de sistemas de manejo de materiales, ha sido definir el alcance y los objetivos del sistema; esto implica que las necesidades son conocidas. Realmente debemos comenzar por cuestionarnos si necesitamos una solución al movimiento de materiales y contemplar la posibilidad de -- eliminar tal necesidad.

Para maximizar los beneficios de un sistema de movimiento de materiales, la planeación del mismo debe -- comenzar en el ciclo de diseño del proyecto. La ubica--- ción de la maquinaria puede ajustarse y hacer un lay out

más productivo. El proceso de manufactura puede diseñarse para facilitar los almacenamientos en proceso y una flexibilidad de las operaciones.

El diseño final de un sistema de manejo de materiales para la manufactura deberá incluir cinco elementos funcionales:

1. Unidad de carga y diseño del contenedor.
2. Micromovimientos en un centro de trabajo.
3. Macromovimientos entre operaciones.
4. Almacenamiento de material.
5. Sistemas de control para las actividades de dirigir y mover.

Cada uno de estos elementos debe analizarse -- desde diferentes posibilidades tecnológicas:

- Completamente automatizado.
- Mecanizado.
- Manual.

Como anteriormente se anotó, los puntos centrales del movimiento de materiales son el material, el mo-

vimiento y el método.

## 1. MATERIAL.

Desde el punto de vista de su manejo, los materiales se clasifican, en primer lugar, en materiales a granel y artículos empaquetados.

Los materiales a granel se clasifican, a su vez, por el tamaño de sus partículas y por su fluidez. Los artículos empaquetados se clasifican con arreglo a su peso o a su forma. Debe tomarse en cuenta, principalmente, la fragilidad y consistencia del material. En los productos a granel debe considerarse la forma de las partículas, su resistencia al desmenuzamiento, la influencia del polvo, los efectos de la humedad y de las variaciones de temperatura sobre el producto, las consecuencias, tales como el goteo que pueden tener algunas operaciones del proceso, y la necesidad de proteger el producto. Hay también una gran variedad de reacciones químicas que pueden producirse, desde la corrosión, hasta el peligro de incendios, pasando por humos y explosiones que pueden causar daños a instalaciones y a personal. También se deben incluir los efectos de los cambios de -

temperatura y humedad cuando pueden causar o iniciar una reacción química. Con pocas excepciones, la relación de peso o volumen al valor de estos materiales es alta; de aquí que en su proceso de elaboración o producción, el costo de manejo represente un porcentaje muy elevado del costo total. Por otra parte, se observa que, en general, el manejo de productos a granel ha llegado a un grado de perfección mayor que el alcanzado en otras ramas del manejo de materiales.

En general, pertenecen a la clasificación de materiales a granel:

- Líquidos y materiales en suspensión.
- Materiales molidos a tamaño muy fino.
- Materiales granulados.
- Materiales en terrones.

## 2. MOVIMIENTOS.

La Organización Internacional de Estándares -- ha definido cada uno de los movimientos involucrados en el manejo de materiales, estos son:

- Rotación. Es mover un objeto de una orientación definida a otra con respecto a un eje, pasando por un punto de referencia sobre el sistema coordinado del objeto. La posición del punto de referencia del objeto permanece inalterada.

- Giro. Es mover un objeto de una a otra orientación predeterminada y posición mediante la rotación -- respecto a un eje afuera del objeto.

- Trasladar. Es mover un objeto de una a otra posición predeterminada por un movimiento de traslación a lo largo de una línea recta. La orientación del objeto permanece inalterada.

- Orientar. Es mover un objeto de una posición indefinida a una predeterminada. La posición del objeto no se toma en cuenta.

- Dirigir. Es mover objetos de una posición indefinida a una orientación, posición o dirección de movimiento predeterminadas.

- Ordenar. Es mover objetos de una posición a

otra predeterminada a lo largo de un camino definido. La orientación del objeto se define en cada punto.

- Transferir. Es mover objetos de una posición a otra predeterminada a lo largo de un camino indefinido. El grado de orientación permanece inalterado.

- Entregar. Es mover objetos o productos voluminosos de una posición cualquiera a otra. El camino de movimiento y la orientación de los objetos durante su movimiento no necesitan ser definidos.

### 3. EL METODO.

Al existir diferentes tipos de materiales, surge la necesidad de contar con diferentes equipos para la manipulación de éstos. El máximo desarrollo tuvo lugar cuando los primeros vehículos usados después de la segunda guerra mundial fueron refinados y perfeccionados. En la actualidad existe una gran diversidad de equipos para manipulación de materiales, los cuales quedan inscritos de una forma u otra, en la siguiente clasificación:

- Transportadores continuos.
- Grúas, malacates y elevadores.
- Vehículos industriales.
- Vehículos automotores.
- Transporte ferroviario.
- Transporte naval.
- Transporte aéreo.
- Contenedores en general y equipos auxiliares.

A continuación, se describen algunos que son -  
usados en las plantas industriales.

- Transportadores continuos.

Se utilizan para la producción masiva y pueden transportar materiales a granel o paquetes individuales - u objetos, a lo largo de una trayectoria definida, con - puntos de carga fijos o selectivos. Proveen material en - forma sincronizada y la carga puede variar desde unos - - cuantos gramos hasta varias toneladas, además de que puede ocupar óptimamente el espacio en tres dimensiones.

Por el tipo de carga que manejan, pueden divi--  
dirse en transportadores de paquetes individuales y de ma

teriales a granel. Existen varios tipos, a saber:

#### Transportador de trolleys.

Se componen de una serie de ruedas metálicas - que corren sobre un riel que se encuentra situado a una - cierta altura; las ruedas (trolleys) están conectadas a - un medio de propulsión sin fin, pudiendo ser éste de ca-- ble y polea, engrane y cadena, etc. De las ruedas cuel-- gan unos ganchos en los que se suspende la carga en cajas, bandejas o dispositivos especiales. Como se anotó, se - usan en la producción masiva de artículos en donde es ne- cesario mover continuamente cargas individuales y pueden- ser usados también como sistema de almacenaje de produc-- tos en proceso, lo que ahorra espacio entre las diferen-- tes estaciones de trabajo.

#### Transportadores de banda.

Este sistema consiste en una banda sin fin con- poleas de cabeza y de pie, sirviendo una u otra como - - - polea motriz, rodillos locos que hacen de soportes y, fre- cuentemente, una rasqueta o un descargador volteador para vaciar la carga en cualquier punto a lo largo del recorri

do. El transportador debe tener una alimentación regulada y la carga ha de ponerse sobre la banda de modo que su choque sea lo más suave posible. Puede especificarse su empleo para casi todos los materiales pulverizados, granu-  
lados o con terrones, si su temperatura no excede los - -  
120° C.

Los materiales rociados con petróleo o sus acei-  
tes, destruyen el caucho de las bandas, pero pueden mani-  
pularse con las de algunos cauchos sintéticos, como el -  
neopreno.

La capacidad de carga aumenta bastante combando  
transversalmente la banda para que forme una concavidad,-  
y la potencia necesaria se reduce bastante poniendo rodi-  
llos provistos de cojinetes antifricción. Puesto que el  
choque de la carga sobre la banda es una de las causas im-  
portantes de su desgaste, deben disponerse rodillos locos  
especiales debajo de la banda en el punto en que se car--  
ga. Estos rodillos pueden estar recubiertos de caucho, -  
o bien, provistos de llantas huecas de caucho grueso sin  
inflar o neumáticas.

Las bandas transportadoras suelen tener tres o

más capas de lonà de algodón, que forman el género o esqueleto, embebidas en caucho. La cubierta del lado en que se efectúa el transporte está firmemente cementada al esqueleto por medio de una capa de tejido abierto a la que se le da el nombre de "tira protectora". Esta cubierta de caucho tiene un espesor que varía entre 1.5 y 16 mm., según la severidad del servicio. Los cojinetes anti-fricción sólo tienen que lubricarse una vez cada uno o dos años, mientras que los engrasadores exigen una atención casi diaria.

El ancho de las bandas varía entre 40 y 152 cm. Las bandas estrechas trabajan a velocidades no superiores a 76 m/min. Las más anchas no exceden de 120 a 140 m/min. y las bandas de 152 cm. llegan a velocidades hasta de 180 m/min.

#### Transportador de paletas.

El transportador de paletas consiste en una cadena sin fin o con dos cadenas gemelas, a las que van unidas varias paletas igualmente distanciadas, una canal y los bastidores usuales de su cabeza y su pie. Si la capacidad y longitudes son relativamente pequeñas, las pale-

tas son arrastradas a lo largo de la canal (transportador de paletas rascadoras). Para longitudes y capacidades mayores, las paletas van suspendidas, de manera que no tocan la canal, por medio de zapatas deslizantes - - (transportador de paletas suspendido). Para instalaciones aún más grandes, en las que merece consideración el consumo de energía por su gran magnitud, las paletas se montan sobre rodillos provistos de pestañas (transportador de rodillos con paletas), o bien, la cadena y las paletas se mueven sin tocar la canal por medio de cadenas de rodillos (transportador de paletas suspendidas de cadena de rodillos).

El transportador puede inclinarse hasta el punto en que la carga empiece a volver hacia atrás, pasando sobre los bordes superiores de las paletas. El límite es aproximadamente 30 grados. La capacidad va siendo cada vez menor a medida que aumenta la inclinación.

Transportador de mandil.

El transportador de mandil o de banda articulada tiene un mandil formado por bandejas, que empalman - - unas sobre otras, soportadas entre dos ramales de una - -

cadena de rodillos o montadas a veces sobre las cadenas. Comúnmente, altas placas laterales limitan la anchura de la carga e impiden que se derrame por los bordes del mandil; además, admiten cargas hasta una altura considerable.

Los transportadores de mandil se usan como alimentadores, por ejemplo, colocados debajo de una tolva para llevar el material a un elevador o a otro transportador. Su velocidad suele ser de 4.5 a 9 m/min.

#### Transportadores de tornillo sin fin.

Un transportador normalizado de tornillo sin fin, consiste en una hélice de acero montada sobre un eje y suspendida en un canal o artesa en forma de U hecha con lámina de acero. Un motor con reducción de velocidad hace girar la hélice moderadamente. El transportador puede ser de tornillo de rosca derecha (dextrógira) o de rosca izquierda (levógira). A veces, una parte o sección es dextrógira y la otra levógira. En el extremo de descarga, un transportador con rosca dextrógira gira en el sentido del reloj.

Los tamaños normales van de 10 cm. hasta 61 cm. de diámetro de la hélice. El porcentaje de la carga disminuye a medida que el material es más pesado, más abra-sivo o más destructor para los cojinetes o la canal. Si el material es altamente corrosivo o abrasivo, la hélice y la canal pueden ser de fundición.

Comúnmente, el transportador de tornillo sin - fin es horizontal, pero puede ser inclinado. La capaci-dad se reduce mucho a medida que aumenta la inclinación; así, un tornillo de paso normalizado inclinado 25 grados tiene el 45 por ciento de su capacidad en posición hori-zontal.

En la práctica, los cultivadores de trigo usan una barrena, esto es, una hélice sin canal, dejando que- el trigo forme su propia canal. Si un transportador de- tornillo sin fin se alimenta por gravedad desde un silo- de almacenamiento, se da a la sección o parte situada de- bajo de la boca de la tolva un paso más corto o un diáme- tro menor para reducir la alimentación a la que el transportador puede manejar más allá de dicho punto sin sobre- cargarse.

## Elevadores de cangilones.

Los elevadores de cangilones comprenden los -- bastidores o conjuntos de cabeza y de pie y una cadena - sin fin, cadenas gemelas o una banda a las cuales están sujetos los cangilones para elevar los materiales pulverizados, granulados o en terrones a lo largo de una trayectoria vertical o muy inclinada. Generalmente el elevador esta dentro de una envoltura hermética para que no salga el polvo. Los tipos normales son los siguientes:

Elevador de alta velocidad y descarga centrífuga.

Con un solo ramal de cadena o una banda y con los cangilones espaciados de modo que puedan lanzar el material por acción centrífuga cuando dan la vuelta sobre la rueda de cabeza. Los cangilones recogen sus cargas cuando dan la vuelta alrededor de la rueda de pie -- del interior de la caja de carga convenientemente curvada. Este tipo es de costo inicial más bajo y se especifica para capacidades pequeñas y medias, sin embargo, -- puede aplicarse para capacidades mayores si el material elevado está pulverizado o granulado.

Elevador de marcha lenta y descarga perfecta.

Este elevador es de doble ramal con las cadenas dobladas hacia adentro a su salida de la rueda de cabeza de modo que sea rodeada casi por completo, y funciona muy bien con materiales que no corren libremente y que no son fáciles de descargar. Como en el elevador de descarga centrífuga, la carga se efectúa recogiendo el material por medio de los cangilones.

Elevador de marcha lenta de cangilones continuos.

Pueden ser con un solo ramal o dos ramales de cadena, o bien de banda. El elevador se acopla a un alimentador y los cangilones se cargan después de que han iniciado su ascenso. Este tipo se recomienda para capacidades que varían desde moderadas hasta muy grandes. Como marchan a baja velocidad, manipulan muy bien los materiales frágiles.

Transportadores por gravedad.

En estos equipos el sistema de propulsión es -

la fuerza de gravedad, por tanto, su velocidad de operación resulta difícil de controlar, por lo que no es conveniente manejar materiales frágiles.

Por su funcionamiento se pueden dividir en transportadores de rodillos, transportadores de patín y toboganes. En ocasiones se utilizan elevadores mecánicos para posicionar la carga de tal manera que pueda ser transportada por la fuerza de gravedad únicamente; se les puede utilizar también como despachadores automáticos, ya que al retirar un artículo de la parte inferior, los demás bajarán por sí mismos.

La inclinación de la rampa más sencilla, la canal recta, se determina por tanteos viendo cuándo es pequeña, de modo que el material no resbala, o cuándo es grande y el material se acelera. Si la pendiente es pequeña, se remedia a menudo la dificultad forrando el fondo de la rampa con una lámina delgada de acero inoxidable, aluminio o incluso con vidrio. Si es excesiva, puede conseguirse el efecto equivalente a una inclinación menor, colocando transversalmente ángulos de hierro sujetos con tornillos. A veces la altura disponible es pequeña para permitir la instalación de una rampa incli

nada y en este caso la solución es una rampa o vertedero vibrante, movida por un aparato electromecánico. El vertedero puede ser entonces horizontal.

El tobogán en espiral se aplica al descenso - vertical de materiales cuando se desea manipularlos suavemente y se adapta bien a materiales a granel o empaquetados. Otro procedimiento usado frecuentemente consiste en un vertedero de caja vertical con salientes escalonadas alternativamente en los costados opuestos. El material cae en cascada sin sufrir mucho desmenuzamiento.

Transportadores a granel.

Estos equipos son utilizados para el transporte continuo de grandes cantidades de materiales a granel, los que pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos, e inclusive combinaciones de estos.

En el transporte masivo de sólidos a granel se puede alternar un proceso de selección de tamaño de material por medio de una serie de mallas dispuestas una debajo de la otra, en las cuales el tamaño de la malla va

disminuyendo mientras más bajo se encuentre. Este es el caso de la industria minera, del cemento o de producción de hierro.

En el transporte de líquidos, deben tomarse en consideración las propiedades del material tales como viscosidad, densidad, temperatura de trabajo, etc., también debe tomarse en cuenta el ataque corrosivo que pueda causar a la tubería y la susceptibilidad a ser contaminado; algunos materiales deben pasar primero por una etapa de precalentamiento para poder ser transportados, tal es el caso del combustible, guarapo (miel de caña) y sebo para la fabricación de jabón, para mencionar sólo algunos.

#### Transportadores neumáticos.

El transportador neumático consiste en un conducto o una tubería en la que se mantiene una corriente de aire, gracias a la acción propulsora de un chorro de vapor, un compresor o un ventilador. Hay dos tipos: forzado e inducido. En el sistema forzado, un compresor impulsa el aire por el conducto y el material es alimentado a éste a través de una compuerta rotativa de cierre hermético. En el sistema inducido, un aspirador succiona el

aire del conducto a través de un separador y un colector de polvo. El material sale del separador por una compuerta de cierre hermético.

El transportador neumático exige bastante más potencia, por tonelada movida por hora, que ningún otro tipo de transportador mecánico.

#### Transportadores hidráulicos.

Las aplicaciones industriales de los transportadores hidráulicos se relacionan principalmente con el transporte de las cenizas de las centrales eléctricas.

Un chorro de gran velocidad arrastra las cenizas de los ceniceros hasta el conducto de transporte, -- que es una tubería de fundición o un conducto descubier-- to. Chorros auxiliares colocados a intervalos de unos 15 m. arrastran las cenizas hasta un sumidero en el cual se escurre el agua mientras que una cuchara de mandíbulas saca las cenizas. Otro procedimiento consiste en -- agregar más agua a las cenizas y bombear la mezcla diluida hasta un punto en que se arroja.

Aunque consume bastante potencia por tonelada de ceniza eliminada, se prefiere a menudo el sistema hidráulico porque suprime los peligros para los operadores, no tiene ninguna pieza móvil, no se produce polvo y la cantidad manipulada puede ser muy grande si se dispone del volumen de agua necesario. Por lo general se necesitan 5 kg. de agua por kg. de ceniza.

#### Grúas, malacates y elevadores.

Estos equipos son utilizados para levantar y transportar grandes cargas, de forma irregular y pieza por pieza. El desplazamiento puede ser vertical y horizontal.

El movimiento de materiales por medio de grúas de vías fijas está supeditado a la autonomía de diseño de la grúa, que puede utilizarse para elevar, bajar o transportar grandes cargas como las que se manejan en astilleros o en grandes fundiciones.

Constan de un dispositivo de elevación comúnmente llamado malacate el cual puede ser accionado a mano, cuando su uso no es muy frecuente, o por medios mecá

nicos cuando lo es. El aparato de elevación está montado sobre un trolley, el cual se desplaza sobre un puente; este desplazamiento puede ser accionado a mano o eléctricamente.

En el caso de las grúas monorraíl, el trolley se desplaza sobre una vía aérea en forma de doble T, la cual se sujeta al techo o las paredes. Este dispositivo ofrece ventajas sobre los transportes terrestres, ya que no ocupa espacio en el suelo, pudiendo utilizarse sin interferir en las operaciones que tienen lugar en el área situada debajo de la grúa.

En el caso de las grúas puente, éste se apoya en ambos extremos sobre ruedas que se desplazan en rieles instalados perpendicularmente al puente. Los rieles se instalan sobre columnas del edificio, estructuras aéreas o marcos especiales.

Los malacates son dispositivos mecánicos colocados a una cierta altura del suelo, utilizados para elevar o bajar cargas, pueden ser accionados a mano cuando su altura es pequeña y la frecuencia poca, o por el contrario de accionamiento eléctrico por medio de un motor.

## Vehículos industriales.

Debido a su bajo costo y gran flexibilidad de uso, estos equipos son utilizados grandemente para el manejo de materiales dentro de las plantas productivas. - Se incluyen en este grupo todos los vehículos autónomos de dos o más ruedas, siendo su medio de propulsión manual o por medio de fuerza motriz eléctrica o mecánica.

Este grupo se puede subdividir de la siguiente forma:

1. Carretillas manuales.
2. Plataformas manuales de 3 o 4 ruedas.
3. Acoplamiento para tractores.
4. Carros eléctricos de plataforma.
5. Vehículos elevadores.
6. Vehículos especiales.

### Carretillas manuales.

Las carretillas manuales de dos ruedas para estibadores, generalmente conocidas como "diablos" ----

se eligen a menudo para las operaciones en que sólo se manejan unos cuantos fardos al día. Este artefacto, muy barato, aumenta mucho la capacidad de un trabajador para manipular materiales. Si el volumen de éstos es considerable se verá por experiencia que el uso de este sistema entraña costos elevados de mano de obra, y en ese caso puede fácilmente justificarse el empleo de equipos más eficientes. Consisten generalmente de un armazón tubular de acero, aluminio o de aleación ligera y provisto de dos ruedas fijas. La carga se levanta empujando la carretilla debajo de ella y dejándola caer.

Plataformas manuales de 3 ó 4 ruedas.

Las plataformas de 3 ó 4 ruedas proporcionan una capacidad entre 4 y 10 veces mayor que la de la carretilla manual de dos ruedas, pero es necesario levantar cada fardo o paquete para cargarlo en la plataforma y para descargarlo. Por consiguiente, lo que se gana en capacidad de transporte, está, en parte, contrarrestado por un aumento del tiempo necesario para cargar cada plataforma. Esta puede emplearse con provecho para los movimientos poco frecuentes de artículos voluminosos o poco manejables.

## Acoplamiento para tractores.

El paso siguiente para acelerar el movimiento de materiales, especialmente con arrastres y rampas largos, es la aplicación de dispositivos de enganche a las carretillas y el uso de tractores automotrices para mover trenes de remolques. La adopción de estos sistemas, reduce enormemente el costo de movimiento de materiales, pero no modifica el elevado costo de la carga de materiales sobre la plataforma o remolque y de la descarga. Los remolques son de tres tipos principales, teniendo todos cuatro ruedas y diferenciándose principalmente por el modo como están montadas éstas. Son estos tipos los siguientes:

1. De roldanas.
2. De quinta rueda.
3. Con dirección en las cuatro ruedas.

El remolque de roldanas tiene dos ruedas o - - roldanas delanteras giratorias independientes y las ruedas traseras están montadas sobre un eje fijo. Es el tipo de remolque que se adapta mejor al arrastre en trenes o a la manipulación local a mano, en el interior de las-

fábricas y almacenes. El remolque de quinta rueda tiene un eje fijo y un eje giratorio (quinta rueda) con una -- lengüeta para engancharlo a un tractor o a un remolque - en tándem. El remolque con dirección por las cuatro ruedas, tiene éstas montadas sobre articulaciones de dirección conectadas por barras articuladas, de modo que las cuatro ruedas se orientan simultáneamente.

#### Vehículos elevadores.

Los vehículos elevadores con gato mecánico - - (y posteriormente hidráulico), se idearon para mover cargas unitarias. Con este vehículo, un hombre puede mo---ver y colocar una carga de 1,130 kg. de material sobre - una tarima, sin necesidad de manipular los paquetes individualmente. Sin embargo, exige mucho espacio para el - almacenamiento, a menos que se construyan estanterías y se introduzcan en el sistema máquinas apiladoras que permitan la colocación en hileras, lo que hace aumentar el costo de mano de obra.

#### Vehículos de plataforma.

La aplicación de estos vehículos es limitada,-

porque la colocación en su hilera de la segunda carga, - requiere de una tarima para proteger contra las cargas - concentradas. Pueden propulsarse a mano o por un motor, y el accionamiento de la elevación puede ser hidráulico- o eléctrico.

#### Autoelevador de horquillas.

El autoelevador de horquillas recoge, con las prolongaciones inferiores de éstas, una carga unitaria - colocada sobre una camilla o tablero, la transporta y la apila o la pone en su hilera, hasta una altura de 3.60 - a 4.90 m., permitiendo, por consiguiente, utilizar mejor el volumen de cualquier espacio dedicado al almacenamiento. Se construyen para cargas útiles entre 450 y 4,500- kg. o más. Las horquillas pueden considerarse como vi- gas en cantilever que soportan la carga en su parte en - voladizo o no apoyada, siendo las ruedas sus apoyos, por consiguiente sólo levantará y transportará el peso que - sea equilibrado por el de la porción del vehículo situa- do detrás de las ruedas delanteras. En la práctica, se construyen estos vehículos de modo que se distribuya el- peso de la máquina para que, con la carga total, las rue- das delanteras soporten entre 90 y 95% del peso y para -

obtener la capacidad de carga necesaria dentro de las li  
mitaciones del bastidor, los vehículos de horquillas lle  
van un contrapeso en el extremo opuesto de la carga.

## CAPITULO III

### EL MANEJO DE MATERIALES EN LA RECONVERSION INDUSTRIAL

#### EL CAMBIO ESTRUCTURAL

Para responder a los retos de la compleja situación internacional y las exigencias sociales que el crecimiento del país ha propiciado, el cambio estructural fue definido como una meta prioritaria en la política económica nacional, poniendo en marcha muy diversas acciones dentro de las que destacan el fortalecer los aspectos sociales y redistributivos del crecimiento; reorientar y modernizar el aparato productivo y distributivo; descentralizar las actividades productivas y el bienestar social; preservar, movilizar y proyectar el potencial de recursos humanos, naturales, tecnológicos y culturales del país; adecuar las modalidades de financiamiento a las prioridades de desarrollo; y fortalecer la rectoría del Estado e impulsar al sector social, es-

estimulando al sector privado en el marco de nuestro sistema de economía mixta.

En el ámbito de las directrices mencionadas, se han puesto en marcha acciones muy diversas exigidas desde hace tiempo para obtener modificaciones estructurales profundas, que ya no podían seguirse posponiendo, para preservar nuestra planta manufacturera, que a partir de la segunda guerra mundial creció con características muy especiales que la llevaron a una deficiente articulación, una dependencia tecnológica externa muy elevada, insuficiente competitividad y limitada capacidad para generar mediante exportaciones, sus propias divisas, debido a su rápido crecimiento, excesivo proteccionismo y otros factores como el proceso de substitución de importaciones, sin tomar en cuenta que el cambio tecnológico tiene el doble efecto de substituir materias primas por nuevos materiales y acelerar la obsolescencia de procesos y productos tradicionales. Este fenómeno ha deteriorado significativamente los términos de intercambio y ha incidido en forma negativa en nuestra capacidad de exportación y en nuestras perspectivas de desarrollo.

Las medidas que destacan son las siguientes: -

a). la racionalización de la protección; b). el programa de fomento integral a las exportaciones; c). la política de estímulo fiscal y financiero al empleo; d). la inversión en actividades prioritarias y la descentralización industrial; e). la Substitución de una política defensiva en materia de inversión extranjera, por una de promoción selectiva; f). el impulso a la incorporación de tecnología moderna y al desarrollo tecnológico propio; y g). un nuevo esquema de negociación e inversión en el contexto internacional, fincado tanto en acciones bilaterales, como regionales y multilaterales (incorporación al Acuerdo General de Aranceles Aduaneros y Comercio, -- GATT).

#### LA RECONVERSION INDUSTRIAL

El cambio estructural como estrategia de desarrollo industrial responde a las particularidades de -- nuestra realidad económica, reorienta el patrón de industrialización y de especialización en el comercio exterior, fomenta la integración entre empresas de distinto tamaño, induce la formación de estructuras de mercado capaces de aprovechar plenamente los tamaños eficientes de la planta, promueve el desarrollo tecnológico y la des--

concentración de la actividad en el territorio nacional, procura la consolidación de nuestra economía mixta y busca avanzar hacia una sociedad en que la justicia social se concrete en más empleos y mejor remunerados.

Dentro de este contexto, cobra pleno sentido la reconversión industrial, esto es, el amplio, profundo y complejo proceso de adaptación de nuestro aparato productivo a las innovaciones tecnológicas, diseñando lineamientos estratégicos de acuerdo con la naturaleza de cada uno de los cuatro grandes grupos de industrias que conforman nuestra planta productiva, teniendo en cuenta que la reconversión se fija como objetivo fundamental la generación de un patrón de crecimiento más articulado al interior y más competitivo al exterior, o sea, equilibrar las cuentas comerciales con el exterior a efecto de reducir la vulnerabilidad externa de la economía y garantizar la producción de bienes básicos e insumos estratégicos para fortalecer el desarrollo del mercado interno.

Por ello la estrategia de cambio estructural en la planta productiva debe actuar reconvirtiendo las ramas tradicionales, articulando las cadenas productivas, fomentando el crecimiento estable de las ramas moderniza

das y creando industrias de alta tecnología. En la primera fase las acciones de reconversión se ejecutan en la planta productiva tradicional, con tamaños técnicamente inadecuados para competir y que presenta, además, rezagos tecnológicos. En la segunda fase, se comprende la articulación de las cadenas productivas, impulsando particularmente las conformadas por las plantas modernas y potencialmente competitivas, pero que carecen de integración. En tercer lugar se busca asegurar el crecimiento estable y competitivo de las plantas modernas, productivas y con tecnología avanzada, mediante la aplicación de políticas de fomento y regulación, finalmente para eliminar el rezago en el campo tecnológico, fomentar la creación de industrias de alta tecnología.

#### MEXICO ANTE LA RECONVERSION INDUSTRIAL

Nuestro país ha optado por una inserción activa en el mercado internacional, basada en una estrategia de cambio estructural y de reconversión industrial para alejarse del aislamiento y actitud pasiva. Sin embargo, estos factores no agotan por sí la renovación nacional, -- pues debe tenerse en cuenta que la economía depende, básicamente, de la evolución de la organización social y -

política del país; el cambio estructural se emprende para asegurar y mejorar la calidad de vida de la mayoría de la población y para fortalecer el desarrollo de una sociedad libre, justa y participativa.

El sector paraestatal ha implementado su participación en el cambio con los siguientes objetivos:

1. Dirigir los esfuerzos hacia lo estratégico y prioritario, desincorporando las empresas que no lo son; concentrar los recursos y fortalecer nuestro régimen de economía mixta bajo la rectoría del Estado.

2. Modernizar las ramas tradicionales en sus aspectos tecnológicos, productivos y de organización que permitan, por una parte, aumentar su eficiencia y competitividad internacional, ahorrando y generando divisas, y por la otra, promover empleos productivos, permanentes y mejor remunerados.

3. Garantizar un ritmo de inversión y progreso tecnológico que permita un crecimiento sostenido de las actividades estratégicas y prioritarias, mediante el desarrollo de una mayor capacidad de autofinanciamiento.

El proceso se intensificará revisando inversiones, readecuando plantas y reduciendo subsidios, observando los derechos de los trabajadores y concertando acciones con las organizaciones correspondientes.

Por otra parte y en virtud de que el proceso --redunda en perjuicio del empleo y las economías regionales, a fin de reducir el costo social, se tendrán en --cuenta en su aplicación, las siguientes medidas:

1. Gradualismo, para evitar un cambio drástico en los empleos directos e indirectos que genera el --sector y sobre el equilibrio económico y social de cada región.

2. Concertación con los obreros, empleados y productores del sector primario, en su caso, a través de sus organizaciones representativas.

3. Coordinar las acciones con los gobiernos --estatales y municipales, así como con otras entidades --del sector público, relacionadas con cada rama y con el proceso en general.

Desde el punto de vista de la modernización -- tecnológica, productiva y de organización de las empresas, implica actuar en cinco áreas básicas del sector -- paraestatal, a saber: modernización técnico-productiva, modernización comercial, capacitación directiva y de mano de obra, saneamiento financiero y programación de inversiones y crecimiento.

En los dos primeros aspectos se busca, entre otros propósitos, los siguientes:

1. Ajustar los tamaños de planta a efecto de alcanzar escalas competitivas de producción, lo que implica la ampliación de la escala productiva, la liquidación de plantas obsoletas o su fusión para alcanzar tamaños óptimos.

2. Promover el desarrollo tecnológico, incorporando nuevas tecnologías, tanto a nivel de procesos -- como de productos.

3. Adecuar la plantilla laboral al tamaño de planta y a los requerimientos para manejarla eficiente y competitivamente.

4. Modernizar la organización comercial de las empresas para enfrentar el nuevo contexto de mayor apertura a la competencia internacional.

5. Desarrollar estrategias comerciales efectivas, ante la racionalización de la protección al mercado interno.

6. Desarrollar estrategias ofensivas para conquistar mercados en el exterior, buscando nuevos canales de comercialización en el marco de una política de precios adecuada.

#### LA EXPERIENCIA MUNDIAL

A principios de los años setenta, los países industrializados afrontaron cambios provocados en gran medida por el aumento de los precios reales del petróleo, la saturación de los mercados de bienes de consumo y el deterioro del margen de beneficios, ésto debido a que la productividad no se incrementó al mismo ritmo que los salarios.

Frente a esta situación adaptaron sus indus---

trías a las nuevas condiciones prevalecientes, concentrando sus esfuerzos en la recuperación de la competitividad de aquellas industrias que no respondieron con flexibilidad a las nuevas condiciones impuestas por el mercado internacional. El cambio de la asignación y organización de los recursos productivos fue acompañado de innovaciones tecnológicas que propiciaron el ahorro de los insumos productivos, principalmente recursos naturales, energéticos y mano de obra.

#### FRANCIA

Inició un proceso selectivo de reconversión, con el objeto expreso de conformar una planta industrial que funcionase con base en criterios y ventajas competitivas en el área internacional. Para 1990 sus metas son: producir 75% de la energía eléctrica con tecnología nuclear, mientras que otros países generan menos del 30%; constituirse en el tercer centro electrónico del mundo y fortalecer su desarrollo agroindustrial, para mantener la posición de segundo exportador mundial de productos agrícolas y alimenticios.

## ESTADOS UNIDOS DE AMERICA

Impulsado por la competencia de Japón y Alemania en ramas como la automotriz, inició la reconversión de su industria a través de la aplicación de políticas específicas. Puso en práctica medidas proteccionistas, acuerdos voluntarios de restricción de importaciones, salvamento de empresas, ayuda financiera, entre otras, que han favorecido la modernización de las estructuras productivas de las empresas, a fin de hacerlas capaces de enfrentar la competencia internacional.

## JAPON

La reconversión ha sido una constante en sus planes y programas de industrialización y se concreta en el abandono deliberado de ciertas áreas productivas maduras, y de otras que son intensivas en el uso de energéticos; y en la creación de otras nuevas buscando incorporar actividades de alta tecnología. En las ramas con excesiva capacidad instalada, los carteles de recesión organizaron y facilitaron el ajuste de la capacidad nece

saria, evitaron las guerras de precios y la destrucción del aparato productivo.

## ESPAÑA

En el contexto y entorno al papel que juega el sector público en España, no se puede hablar de cambio estructural de cualquier naturaleza si no nos referimos al gran cambio que se ha producido en ese país, cambio político, cambio cultural, que fue la transición de la dictadura a la democracia.

El sector público empresarial actuó como moderador, como amortiguador de la crisis y en ese período un gran número de empresas privadas tuvo problemas y en vez de ser cerradas o que el mercado dispusiera su finalidad, fueron integradas en ese sector público.

Superada la etapa de transición y a fin de elevar la eficiencia y productividad de las empresas gubernamentales, se aplicaron políticas de reestructuración, tales como la reconversión industrial y la de redefinición de la participación pública.

Esta última se planteó con los siguientes criterios:

No traspasar al sector público ninguna empresa-privada en crisis, lo que se ha cumplido con el gobierno socialista; y dejar de invertir en empresas y sectores -- que no permitan consolidar un grupo competitivo, lo que ha llevado al cierre de empresas no viables y a ventas - directas al sector privado, como la de la industria automotriz que no lograba alcanzar siquiera su punto de equilibrio.

De esta manera se presentó una situación paradójica, el que la llegada del gobierno socialista propicia se el cierre o venta de empresas públicas no viables, de mostrando así que la política económica no responde al - concepto filosófico de que el sector privado es más eficiente que el público, sino que se encuentran en igualdad de condiciones, teniendo libertad de actuación para obtener los mayores beneficios posibles de acuerdo con - las necesidades del país.

## LA NECESIDAD DE LA AUTOMATIZACION

Para implementar la reconversión industrial, en la medida en que los recursos económicos lo permitan, la maquinaria y equipo tradicionales deberán incorporar las modernas tecnologías existentes en el plano internacional, así como los actuales métodos de trabajo.

Este proceso requiere, por consecuencia, equipos altamente automatizados y una preparación adecuada de los industriales y trabajadores, para lo cual deberá tenerse cuidado en su selección, de tal manera que la maquinaria sea funcional y compatible con los sistemas de producción existentes en la planta industrial del país, para obtener óptimos rendimientos.

Dentro de la capacitación a obreros y empleados, deberán contemplarse los incentivos y motivación que los hagan participar en forma más activa y responsable en el proceso productivo, de manera que se sientan más integrados a los sistemas de producción.

La reconversión supone se automatice en un cada vez más alto nivel la planta industrial, sin que esto

signifique que se disminuya o anule la actividad humana, sino que se elimine el trabajo monótono y mal pagado de un gran número de personas mejorando su nivel de vida -- mediante una reducción de los horarios de trabajo y de -- una mayor y mejor producción.

Las razones para automatizar son puramente económicas, sin embargo, se necesitan grandes inversiones de capital para las instalaciones y preparación de técnicos y operarios, por lo que el proceso será paulatino, en la medida en que el gobierno y los industriales puedan financiárselo.

Uno de los logros más importantes es el incremento en la capacidad de producción. En la industria actual es común tener máquinas ociosas hasta que el operario las hace funcionar, lo que se traduce en pérdida del potencial productivo; además, esta pérdida se incrementa con la disponibilidad normal del trabajador, que es de uno o dos turnos, cuando los sistemas automatizados se podrían utilizar las veinticuatro horas. Generalmente la maquinaria permanece ociosa un 70% del tiempo disponible, siendo esto un gran desperdicio de tiempo y dinero.

En términos económicos, el capital invertido en equipo tiene un potencial de uso de veinticuatro horas - por día, que significan 8760 horas al año, en cambio, - los operadores, considerando un promedio de trabajo de - ocho horas por día, durante 261 días al año (descontando únicamente sábados y domingos), alcanzan un potencial de 2088 horas. De esta manera, las máquinas tienen 6672 ho ras potenciales remanentes de trabajo ociosas, en que -- su productividad es nula.

Es aquí donde los sistemas automatizados producen los beneficios más tangibles, al aumentar significativamente la utilización de los equipos y por ende la ca pacidad de producción, obteniéndose así mayores benefi-- cios al reducirse el costo por unidad y los inventarios.

Al mismo tiempo la tecnología en el manejo de - materiales debe conservar el mismo paso que la automati- zación, para que sea eficiente en la alimentación de la materia prima y de las unidades en tránsito, de tal mane ra que la línea de producción desarrolle su máxima capa- cidad.

En la mayoría de las plantas industriales invo-

lucradas en la producción por lotes, el tiempo que dura una pieza de trabajo en tránsito significa el 80% y sólo ocupa un 20% siendo procesada o maquinada, del tiempo total de su paso por la línea de producción. El movimiento de materiales, como parte fundamental e integrante en todo proceso de fabricación, no puede quedarse al margen de las innovaciones que se presentan día a día, siendo un hecho que la mayor parte del tiempo muerto en el proceso productivo se debe al traslado de materiales.

## CAPITULO IV

### LA FUNCION DE AUDITORIA

La función de auditoría tiene tres aspectos: -  
(1) experiencia en el campo de contabilidad, (2) destreza en el manejo de métodos de recolección de información y (3) responsabilidad sobre un dictamen profesional ante terceras personas. Los métodos de recolección de información pueden aplicarse a diversos fines; no están limitados a su empleo para la emisión de dictámenes sobre estados financieros. Otros resultados de una auditoría pueden ser:

1. Recomendaciones para mejorar el rendimiento y la eficacia de las operaciones.

2. Influencia sobre las personas cuyas actividades se someten a auditoría.

Las recomendaciones de auditoría normalmente se refieren a algunas deficiencias en las actividades sometidas a este proceso y sugieren mejoras en su ejecución. - Las recomendaciones pueden contener explicaciones acerca de las causas y soluciones de ciertos problemas, o pueden simplemente identificar los problemas y sugerir una investigación.

Los textos sobre auditoría publicados hace varias décadas señalaban la influencia sobre los empleados sometidos a auditoría como uno de los muchos beneficios de ésta. Sin embargo, solo recientemente se han llevado a cabo investigaciones para corroborar lo que los auditores suponían como cierto a partir de su propia experiencia. En simulaciones del proceso de auditoría realizadas en laboratorio, se encontró que las personas cuyas actividades eran sometidas a auditoría se mostraban más dispuestas a seguir los procedimientos prescritos, que las de otro grupo no sometido a dicho proceso. Este desempeño persistía aunque hubiera otras alternativas. De esto se deduce que una auditoría puede influir positivamente sobre el control de procedimientos.

Los métodos de recolección de información se emplean en tres tipos de actividades diferentes a la auditoría de estados financieros:

1. Auditorías fiscales.
2. Auditorías internas.
3. Auditorías operativas.

#### AUDITORIAS FISCALES

En la sociedad mexicana, la más grande de todas las organizaciones es el Gobierno Federal. El Gobierno ciertamente es una gran empresa; hay una cantidad de oficinas responsables de la administración de regulaciones complejas y, a su vez, ellas mismas están sometidas a dichas regulaciones. Las oficinas y departamentos del Gobierno Federal son sometidos a auditoría por la Secretaría de la Contraloría General de la Federación. Como en el caso de la auditoría interna, esta Secretaría desempeña una actividad evaluadora, mediante la cual se mide el grado de cumplimiento de los objetivos de la organización. Sus informes señalan deficiencias y formulan recomendaciones para mejorar el rendimiento y eficacia de las operaciones.

Mientras que los contadores públicos se dedican a efectuar una evaluación global de los estados financieros presentados ante terceros, los auditores internos se interesan más por la eficiencia de sus detallados informes de operaciones a la gerencia. Los resultados principales de la auditoría interna son las recomendaciones para mejorar la eficiencia y eficacia de las operaciones, y la influencia ejercida sobre las personas cuyo trabajo se halla sometido a la auditoría. Una vez que estas personas se enteran de que los auditores internos evalúan su cumplimiento de las políticas, planes y procedimientos prescritos, se muestran más estimuladas para acatar dichas prescripciones.

#### AUDITORIAS OPERATIVAS

La auditoría operativa es una extensión de la auditoría interna. Esto ha ocasionado cierta confusión entre la naturaleza de ambos tipos de auditorías. Básicamente, la auditoría operativa es una actividad más amplia, concebida para analizar la estructura de la organización, los sistemas internos, la dinámica de trabajo y el desempeño administrativo. En resumen, una auditoría operativa está encaminada a proporcionar una medida

del logro de las metas y objetivos de una organización. - Mientras que la auditoría interna se limita al análisis de aspectos contables y financieros, la auditoría operativa se relaciona más con el logro general, la eficiencia de los procedimientos de operación y de los controles internos, el desempeño de algunos funcionarios en particular y otros aspectos no financieros del funcionamiento de una organización.

Los resultados de una auditoría operativa pueden incluir desde informes con recomendaciones sobre mejoras en productividad de las operaciones ordinarias, -- hasta sugerencias generales sobre la adecuada utilización de recursos para proporcionar los mayores beneficios a la compañía. Los informes de las auditorías operativas pueden comprender recomendaciones para la reestructuración de departamentos o divisiones, recomendaciones sobre entrenamiento y reemplazo de personal, o resultados de análisis de costos de controles internos de una organización. Este es el tipo de auditoría de mayor alcance, ya que comprende todas las principales funciones de una organización.

El concepto de auditoría operativa es antiguo,

pero sólo en los últimos años se ha aplicado a gran diversidad de problemas no financieros de las organizaciones. Las auditorías operativas han sido realizadas por todo tipo de auditores. Sin embargo, los auditores internos y las dependencias estatales de auditoría han desarrollado una mayor actividad en esta área que los contadores públicos independientes.

#### RELACION ENTRE EL MUESTREO ESTADISTICO Y LA AUDITORIA.

El muestreo es cualquier examen de partidas con fines que van más allá de los elementos específicos examinados. Cuando el propósito es inferir las características de la totalidad, con base en los elementos seleccionados, se tratará de una inferencia o un muestreo representativo. Un muestreo representativo es intencional cuando se basa solamente en el criterio de quien planea la muestra. No obstante, cuando se usan las matemáticas para planear, seleccionar y evaluar la muestra, el muestreo es estadístico. Ambos muestreos, el intencional y el estadístico, se utilizan en auditoría.

## UTILIZACION DEL MUESTREO EN AUDITORIA

El muestreo se usa en las pruebas detalladas. - Por lo tanto, se utiliza en las pruebas de transacciones y balances. No es aplicable en los otros pasos de la auditoría. Los auditores han utilizado el muestreo durante muchas décadas. El muestreo, más que un examen del 100% es sensible por varias razones. La información de auditoría frecuentemente se traslapa, tanto que una cuenta puede ser sustentada sin que sea necesario examinar todas -- las partidas declaradas en el balance. Los controles -- ejercidos sobre el sistema contable también proporcionan alguna certeza sobre la confiabilidad de los datos contables. Finalmente, el auditor no debe buscar más información cuando el costo de obtenerla no es proporcional a la mayor seguridad obtenida.

El muestreo sobre bases estadísticas le permite al auditor cuantificar la seguridad obtenida de la información de auditoría, y también, medir el riesgo de sobre-auditoría o de auditoría insuficiente. Esta habilidad para medir el riesgo y la seguridad es una de las principales ventajas del muestreo estadístico. Sin embargo, muchos auditores prefieren usar su propio criterio para --

evaluar estos aspectos. Estos últimos sostienen que no es necesario considerar los datos de contabilidad como un universo desconocido, sujeto a errores de azar. Dichos auditores consideran que el conocimiento de los controles que operan sobre un sistema, y el conocimiento adquirido a través de la evaluación lógica del proceso utilizado para preparar los datos de contabilidad, constituyen un fundamento sólido para el muestreo con base en sus propios criterios. Por consiguiente, el muestreo estadístico no ha tenido tanta influencia sobre la auditoría como la computadora, pero esta última ha hecho más práctica la utilización del muestreo estadístico.

#### IMPORTANCIA DE LA COMPUTADORA

Si el sistema de contabilidad es por computadora, el auditor estará libre de las dificultades ocasionadas por las fórmulas y tablas complejas, la terminología estadística poco familiar y la dispendiosa selección manual de las partidas de la muestra. Los cálculos estadísticos requeridos son complicados y dispendiosos. Asimismo, la aplicación manual de procedimientos estadísticos a menudo conduce a muestras estadísticamente no válidas porque inadvertidamente se hace una selección sesgada. La

aplicación manual es lenta, costosa y monótona. Por lo tanto, el riesgo de errores y su costo muchas veces impiden su utilización eficiente y eficaz.

Se pueden utilizar programas de computadora para el cálculo del tamaño de la muestra, la selección de la misma y la evaluación de sus resultados, sin riesgo de errores mecánicos. El empleo de la computadora para el muestreo estadístico es también más eficiente, porque permite el uso de procedimientos estadísticos más sofisticados.

Existen dos tipos de programas utilizados para el muestreo estadístico: programas que ejecutan rutinas estadísticas sobre archivos de datos de lectura mecánica y programas de tiempo distribuido. El primer tipo puede utilizarse para seleccionar partidas de un archivo de cantidades registradas de un cliente, o para suministrar un perfil de la población registrada. Los programas de tiempo distribuido se usan en planeación, como también para calcular el tamaño de la muestra y evaluar sus resultados.

## CONCEPTOS Y METODOS ESTADISTICOS

El muestreo estadístico tiene tres etapas: planeación, selección y evaluación.

En la planeación de una muestra estadística, el auditor tiene que definir el objetivo de la prueba, la población, el marco de referencia y la unidad de muestra. - La población se llama a veces el universo o campo, es decir, el grupo total de transacciones o partidas en un balance de cuenta. La unidad de muestra es el rubro individual que será seleccionado dentro de la población, tales como facturas o cuentas particulares del cliente que sustentan un total de cuentas por cobrar. El marco de la muestra es la representación física de la población. Por ejemplo, al examinar las cuentas por cobrar, el marco podría ser un balance de comprobación del mayor auxiliar - o de tarjetas individuales del mayor.

Definir los objetivos de la prueba implica especificar las características de interés y el objetivo estadístico. En el muestreo estadístico hay dos características básicas de interés: atributos y variables. Un atributo es una característica de la población que puede o no

existir. El muestreo de atributos mide el índice de - -  
ocurrencia, la frecuencia de un elemento, tal como el nú-  
mero de facturas de ventas que han sido aprobadas correc-  
tamente. Una variable es una medida poseída por cada - -  
miembro de la población, tal como la cantidad en pesos de  
una factura. Por ejemplo, una muestra de variables po---  
dría medir el valor facturado promedio de las facturas de  
ventas.

Hay además dos objetivos estadísticos básicos:-  
el cálculo y la toma de decisiones. Un objetivo de cálcu  
lo tiene lugar al construir un índice de algunas caracte-  
rísticas dentro de un sistema contable. Por ejemplo, una  
muestra de atributos podría utilizarse para calcular la -  
frecuencia de despachos no facturados. Un objetivo de de  
cisión implica la utilización de los resultados de la - -  
muestra para tomar una decisión. Algunas veces recibe el  
nombre de prueba de hipótesis. Por ejemplo, el auditor -  
podría estar interesado en decidir si es aceptable la fre  
cuencia de embarques no facturados que no excede un índi-  
ce especificado previamente, o en determinar si una cuen-  
ta no ha sido falseada considerablemente.

Además de definir el objetivo de la prueba, la-



como el 97% mejor que el 95%, requerirán una muestra de mayor tamaño.

El escoger una técnica estadística es la decisión que requiere un conocimiento más especializado. Las técnicas estadísticas son llamadas también métodos de muestreo o planes de muestreo. Básicamente hay planes de muestreo de atributos y planes de muestreo de variables. Cada tipo tiene variaciones en el método de selección y la forma de evaluación. La forma de escoger una técnica estadística es importante debido a que varios planes de muestreo se basan en supuestos acerca de la distribución, que pueden no ser válidos para las muestras seleccionadas de la población contable muestreada.

En los comienzos de la aplicación del muestreo estadístico en la auditoría, había una gran discusión sobre cuáles planes de muestreo estadístico eran más apropiados para la auditoría. En la actualidad se reconoce que el uso eficiente del muestreo estadístico requiere un conocimiento del cuándo y el cómo utilizar una variedad de técnicas estadísticas. No existe un plan óptimo de muestreo para la auditoría, independiente de las circunstancias.

## SELECCION DE UNA MUESTRA ESTADISTICA

Las matemáticas subyacentes en el muestreo estadístico se basan en la teoría de la probabilidad. Es bien sabido que las aplicaciones repetidas producen el mismo resultado con una frecuencia determinada. Para que la teoría de la probabilidad sea aplicable se necesita algún método de selección aleatoria. Las principales modalidades de selección aleatoria son el muestreo al azar no restringido, el muestreo estratificado al azar y el muestreo con probabilidad proporcional al tamaño.

En un muestreo aleatorio no restringido, cada unidad de la muestra tiene igual probabilidad de ser seleccionada. Este método requiere una tabla de números aleatorios o un programa de computadora con generación de números aleatorios. En auditoría, la selección aleatoria no restringida se utiliza con mayor frecuencia en planes de muestreo de atributos y se aplica sin sustitución; es decir, una determinada unidad de muestra puede seleccionarse sólo una vez.

El muestreo estratificado al azar implica unidades de muestra agrupadas en términos de características -

semejantes y de manera separada. En auditoría se utiliza en muestras de variables de los balances de cuentas o totales de transacciones. Las cantidades registradas son la base común para la estratificación. Las cantidades se clasifican en estratos o grupos antes de la selección, -- de tal manera que la variabilidad sea pequeña dentro de cada grupo. Una estratificación efectiva requiere fórmulas complejas, pero la disponibilidad de programas de computadora hace innecesaria su utilización por parte del -- auditor.

El muestreo con probabilidad proporcional al -- tamaño es un método de selección de variables que pueden evaluarse como una muestra de atributos. También se ha -- llamado muestreo de unidades de pesos o muestreo de cantidades acumulativas. La unidad de muestreo es cada número de pesos en un balance de cuenta o total de transaccio--nes. Al aplicarlo, el auditor selecciona columnas individuales de las partidas en un balance o en transacciones -- particulares que implican la aleatorización de las cantidades de pesos. Este método de selección automáticamente estratifica sobre la base de las cantidades registradas,

Tanto el muestreo estratificado al azar como el

muestreo de unidades de pesos proporcionan una representación más amplia de las mayores cantidades registradas en la muestra. Por consiguiente, son particularmente útiles para la auditoría. Una técnica de selección que se utiliza algunas veces es la selección sistemática. El tamaño de la población se divide por el tamaño de la muestra, para establecer el intervalo de selección. Por ejemplo, -- con un intervalo de 10 y un punto de partida determinado al azar, se puede seleccionar cada décima partida. Por su simplicidad, la selección sistemática fué usada comúnmente en las aplicaciones manuales del muestreo estadístico. Sin embargo, la distribución no aleatoria de las unidades de muestreo en una población puede invalidar la aleatoriedad de la muestra. Por lo tanto, el muestreo sistemático conlleva algún riesgo de selección sesgada.

La selección inadecuada de la muestra es una -- fuente de errores externos al muestreo. Los estadísticos distinguen errores de muestreo y errores externos al muestreo. Un error de muestreo es el riesgo de error ocasionado por la utilización de una muestra para extraer conclusiones más que para examinar la población. En la auditoría, el riesgo del muestreo, o la probabilidad de error de muestreo, es la posibilidad de que un procedimiento de

auditoría aplicado a una muestra de transacciones o partidas en un balance conduzca a una conclusión diferente de la que resultaría aplicando el procesamiento a todas las transacciones o partidas. El riesgo externo al muestreo es la probabilidad de que un procedimiento de auditoría aplicado a todas las partidas en la población conduzca a una conclusión incorrecta. Los errores externos al muestreo ocasionados por la utilización del muestreo estadístico incluyen la sustitución de elementos en una muestra, la definición inconsistente de un error en las muestras de atributos y el empleo de una técnica estadística inapropiada.

#### EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS ESTADÍSTICOS DE UNA MUESTRA

El estudio de los resultados de la muestra requiere una evaluación tanto estadística como de auditoría. Un auditor no puede limitar su estudio a un análisis matemático de los resultados. Por ejemplo, en una muestra de atributos de la frecuencia de ocurrencia de errores, el auditor tiene que considerar la causa de los errores y sus implicaciones, como también determinar la medida estadística de los errores. Las implicaciones del índice calculado de error también tienen que considerarse en rela-

ción con las conclusiones del auditor acerca del funcionamiento de los controles.

Cuando se utiliza el muestreo estadístico, tanto la planeación como la evaluación implican un estudio de cuatro factores relacionados: precisión, confiabilidad, tamaño de la muestra y una medida de dispersión o variabilidad. Para una muestra de atributos, esta medida se basa en el índice de error, y en una muestra de variables, se basa en la desviación estándar. En la planeación, el auditor determina la confiabilidad y la precisión deseada, y especifica previamente un índice de error o desviación estándar. El índice de error o desviación estándar predeterminados se especifican con base en la experiencia en las auditorías anteriores del cliente o, en el caso de la desviación estándar, sobre la base de un análisis de un perfil de la población de cantidades registradas. En muchas aplicaciones estadísticas, estas medidas se calculan con una muestra preliminar, pero esto generalmente no es práctico en la auditoría. Dadas la precisión y la confiabilidad deseadas y el índice de error o desviación estándar anticipado, se calcula el tamaño de la muestra.

Cuando se evalúan los resultados de la muestra,

han cambiado dos cosas. Estará dado el tamaño de la muestra y habrá un índice de error o desviación estándar observado más que anticipado. Por lo tanto, la evaluación exige calcular de nuevo la precisión y la confiabilidad alcanzadas. Puesto que el índice de error o desviación estándar observado normalmente difiere del anticipado, el nuevo cálculo es esencial para la evaluación. Estos cálculos son regularmente mucho más complejos que los que se utilizan para calcular el tamaño de la muestra. Sin embargo, los programas de tiempo distribuido pueden facilitar su ejecución.

Las interrelaciones entre la confiabilidad, la precisión, el tamaño de la muestra y el índice de error o desviación estándar son conceptos estadísticos importantes. El índice de error y la desviación estándar son propiedades de la población. En la etapa de evaluación está dado el tamaño de la muestra. En la etapa de planeación, éste se determina especificando la precisión y la confiabilidad.

Nótese que el tamaño de la población no se ha mencionado como un factor en la planeación o en la evaluación. Generalmente, el índice de error o la desviación

estándar son determinantes mucho más importantes del tamaño requerido de la muestra o de los resultados obtenidos de la muestra que el tamaño de la población. Mientras mayor sea la variabilidad mayor será el tamaño requerido de la muestra para lograr la misma precisión y confiabilidad. Si el tamaño de la muestra es grande en relación con el tamaño de la población esto influye sobre el cálculo del tamaño de la muestra y sobre los resultados alcanzados. Las fórmulas estadísticas incorporan una corrección para tal efecto.

El enfoque que adopte el auditor, ya sea de cálculo o de toma de decisiones, también influye sobre la evaluación de los resultados de la muestra. La precisión y la confiabilidad tienen una interpretación ligeramente distinta según la estrategia de evaluación utilizada.

#### AUDITORIA A UN SISTEMA DE MANEJO DE MATERIALES

La auditoría a un sistema de manejo de materiales cae en la categoría de la auditoría operativa, y su objetivo específico es el de desarrollar técnicas para conocer el nivel tecnológico de estos sistemas. Después de haber estudiado los métodos y el equipo disponible, po---

drán hacerse recomendaciones para hacer más productivos a dichos sistemas.

El estudio debe centrarse en los puntos siguientes:

1. Movimientos en la planta. Movimiento de materiales de un lugar a otro dentro de la planta.

2. Producción. Movimiento de materiales de un lugar a otro junto con procesos de manufactura tales como someter el producto a calor, pintura, secado, horneado, - etc.

3. Almacenaje. Detener el material en proceso en un punto de espera para pasar a otro proceso, o almacenarlo para posteriormente reincorporarlo a la línea de -- producción.

Por lo tanto, la auditoría debe incluir los puntos siguientes:

- Recepción y embarque. Métodos, equipo y utilización.

- Almacenaje. Utilización del espacio, relación de transportación y equipo.

- Flujo de material. Entre departamentos y dentro de los mismos.

- Técnicas de apilamiento.

- Equipo de manejo de materiales. Vehículos industriales, transportadores, grúas de abastecimiento, etc.

La auditoría al sistema de manejo de materiales no pretende evaluar el proceso de producción en sí mismo, lo que pretende es determinar el impacto que ocasiona el movimiento de materiales en dicho proceso. Identificar un manejo excesivo dentro de un proceso puede hacer que se ponga énfasis en esa área para otros estudios de los procesos de manufactura en sí.

#### LINEAMIENTOS DEL ESTUDIO

A fin de mantener consistencia en la conducción de este estudio, para minimizar los requerimientos de recursos y para asegurar el compromiso de la planta al pro-

grama, se establecen los siguientes lineamientos:

- La auditoría no debe de ser forzada.
- La fábrica facilitará el tiempo y la oportunidad a su personal para que dé respuestas a las preguntas necesarias.
- El personal de la planta que sea requerido en la auditoría debe estar familiarizado con las operaciones de la planta.
- El estudio en la planta no debe tomar más de dos o tres días.

#### METODOLOGIA

El estudio del manejo de materiales utiliza -- una lista de control de los indicadores del manejo, entre vistas departamentales, preguntas, reconocimiento de los niveles de mecanización y cálculos simples. Se presenta a la administración un reporte preformado. El reporte final no es para publicación general ni distribución, es -- propiedad de la división solicitante.

Deberán estar incluidos en el reporte final:

- Lista jerarquizada de los problemas que obstaculizan el movimiento de materiales en la planta.

- Posibilidades de mejoría por departamento.

- Nivel de mecanización (existente y esperado) del manejo de materiales.

- Análisis del flujo de materiales.

- Comparación entre la planta estudiada y --- otras plantas.

- Recomendaciones.

Después del contacto inicial, se pide a la -- planta solicitante que provea un ingeniero de manufactura para que tome parte y asista al estudio. Antes de su llegada, se solicita un dibujo simplificado de la distribución de la planta para ayudar a que el investigador -- llegue a familiarizarse. Además, se le adelanta al ingeniero de manufactura una hoja de control de los indicado

res del manejo de materiales junto con las definiciones de éstos.

Una vez en la planta, el investigador la recorre y se entrevista con el personal de manufactura y producción y control de inventarios. Este encuentro sirve como introducción y explica el propósito y método del estudio.

Basado en el recorrido, el dibujo de distribución de la planta y el encuentro introductorio, las instalaciones son divididas en áreas para entrevistas y evaluaciones futuras.

Se establece un itinerario de entrevistas con los jefes de piso de las zonas elegidas y se inicia el estudio.

La duración de cada entrevista deberá ser de 30 ó 40 minutos, durante las cuales se solicitará al supervisor del área un recorrido por ella, discutiendo métodos, equipo, manejo y problemas. Al concluir la entrevista se le presentará la lista y las definiciones de los indicadores del manejo de materiales, las cuales de-

berá llenar y regresarlas al ingeniero de manufactura. -- El entrevistador y el ingeniero de manufactura asistente llenarán inmediatamente copias de la hoja de indicadores antes de continuar al área siguiente:

Las funciones de envío, recepción y almacén tienen una mayor concentración de actividad de manejo de materiales. Se dedica mayor tiempo a la entrevista y conducción para estas áreas, usando un formato específico de preguntas y lista de control.

Los 20 principios fundamentales del manejo de materiales (descritos en capítulos anteriores) representan los lineamientos generalmente aceptados para una buena práctica de este manejo. La tabla 1 muestra los indicadores más violados y el principio correspondiente en el manejo de materiales, si estos principios son seguidos, la productividad del sistema se incrementará.

#### NIVEL DE MECANIZACION

Un método adicional para revisar las funciones del manejo de materiales consiste en identificar el nivel de mecanización de éste. Niveles más altos de mecaniza-

	INDICADOR DE MANEJO DE MATERIALES PARA SU MEJOR EJECUCION.	PRINCIPIO DEL MANEJO DE MATERIALES PARA MEJORAR SU EJECUCION.
T R A F I C O	Retrocesos	Proveer de una secuencia operacional y equipo adecuado <u>pa</u> <u>ra</u> optimizar el flujo.
	Cruce del tráfico	Todas las actividades de mane <u>jo</u> <u>de</u> <u>ber</u> <u>án</u> <u>ser</u> <u>planeadas</u> <u>y</u> <u>la</u> <u>secuencia</u> <u>de</u> <u>operaciones</u> <u>revi</u> <u>sada</u> .
M A N E J O	Remanejo	Determinar la eficiencia de la ejecución del manejo en <u>términos</u> <u>de</u> <u>gasto</u> <u>por</u> <u>unidad</u> <u>manejada</u> .
	Manejo innecesario	Simplificar el manejo por <u>re</u> <u>ducción</u> , <u>eliminación</u> <u>o</u> <u>com</u> <u>binación</u> <u>de</u> <u>movimiento</u> <u>innecesario</u> <u>y/o</u> <u>equipo</u> .
D E S O R D E N	Material en el piso	Hacer uso óptimo del cubo del edificio, <u>con</u> <u>espacio</u> <u>de</u> <u>alm</u> <u>acén</u> <u>designado</u> <u>para</u> <u>todas</u> <u>las</u> <u>cosas</u> <u>que</u> <u>lo</u> <u>requieran</u> .
	Desorden en los pasillos	Integrado con varias <u>activida</u> <u>des</u> <u>de</u> <u>manejo</u> , <u>es</u> <u>práctico</u> <u>en</u> <u>un</u> <u>sistema</u> <u>coordinado</u> .
	Obstrucción del movimiento Condiciones de hacinamiento	Mecanizar el equipo de manejo de materiales cuando <u>ésto</u> <u>sea</u> <u>práctico</u> .

Tabla No. 1 Principales causas que obstaculizan el manejo de materiales.

CLASIFICACION NIVEL DESCRIPCION CARACTERISTICAS

CLASIFICACION	NIVEL	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS
CONTROL MANUAL	Fuerza	1 Manos	Un hombre lleva la carga.
	Manual	2 Equipo manual	El equipo lleva la carga.
		3 Equipo manual mecanizado	Utiliza ventajas mecánicas.
CONTROL MANUAL	Gravedad	4 Equipo de gravedad	Control positivo del objeto.
	Fuerza Externa	5 Equipo mecánico de control manual	La fuerza que realiza el trabajo es controlada por el hombre.
		6 Equipo mecánico de control remoto manual	Control lejos de la carga.
CONTROL AUTOMATICO	Fuerza Externa	7 Equipo mecanizado controlado por un programa	Control de acuerdo al programa.
		8 Equipo mecanizado controlado por retroalimentación	Corrección automática de acuerdo a señales.
		9 Equipos adaptados a sistemas	Sistemas integrados de señales y acciones.
		10 Equipos en sistemas completamente automatizados.	

Figura No. 1 Resumen de los niveles de mecanización del equipo de manejo de materiales.

ción podrían ser utilizados para fomentar la productividad del personal. El manejo de materiales no le agrega valor a un producto y debiera ser eliminado o automatizado donde sea posible. La figura No. 1 describe diez niveles, el inferior representa cargas llevadas a mano.

#### FLUJO DE MATERIALES

Varios de los indicadores del manejo de materiales se relacionan estrictamente con el flujo de materiales. Son ejemplos los retrocesos, flujos cruzados, embotellamientos y grandes movimientos. Si durante el análisis algunos de estos indicadores de flujo están en la categoría más violada, se aumenta una sección de flujo de material en el reporte, con ilustraciones.

En general, los caminos del flujo de materiales están marcados en el plano de distribución de la planta; la intensidad se señala verbalmente.

El intento principal de esta técnica de estudio es hacer que el personal estudiado en las instalaciones conozca los métodos, equipos y sistemas accesibles actualmente para incrementar la productividad del manejo

de materiales.

La mejor medida de éxito para cualquier técnica sería: ¿Ha ocurrido el cambio? La mejor respuesta realista sería: "Sí, pero lentamente". Casi en cualquier caso, los cambios drásticos en las instalaciones estudiadas ya ocurrieron o están ocurriendo. Estos incluyen:

- Completa redistribución de la fábrica y nuevo arreglo del proceso.
- Reacomodo de las instalaciones.
- Incremento en la mecanización del manejo de materiales y el ensamble robotizado.

La intención principal del estudio no es analizar las áreas problemáticas, sino hacer notar que pueden existir los extremos, que se puede requerir un análisis sistemático y que están disponibles diferentes métodos y sistemas para mejorar la productividad y la calidad.

Ningún problema de manejo de materiales puede resolverse hasta que se identifica una oportunidad de me-

joría. Un procedimiento organizado de auditoría es una buena forma de empezar. Es particularmente útil cuando varias plantas pueden ser comparadas con bases objetivas de tal manera que puede ponerse de manifiesto el mejor método actual y quizá ser aplicado al resto de las plantas. También es útil repetir la auditoría en una planta individual como recurso para mantener el progreso.

Este estudio desarrollado en forma general, puede ser particularizado modificando los índices para que se ajusten a requerimientos específicos.

Este método es el primer paso para identificar áreas que pueden mejorar. Como se describió aquí, se enfoca a las operaciones del manejo de materiales. Es importante recordar que el proceso de manufactura y los sistemas de manejo de materiales y los procedimientos son interdependientes. Cualquier cambio pendiente debe ser evaluado por su impacto en el manejo de materiales. Además, cambios en el proceso de manufactura, especialmente en los itinerarios de procedimiento que puedan facilitar las mejoras en el manejo de materiales deberán ser consideradas como parte del camino para capitalizar las oportunidades de identificación.

## CAPITULO V

### INNOVACIONES EN LOS SISTEMAS DE MANEJO DE MATERIALES

A través de la automatización, la tecnología - avanzada puede proveer alta productividad y calidad a la industria; sin embargo, los directivos se resisten a utilizarla, no por no estar disponible, sino por el monto - de las inversiones que se requieren.

Este capítulo trata las innovaciones tecnológicas en la distribución de las materias primas hacia las áreas de producción, carga de las máquinas, distribución de las piezas fabricadas a los centros de ensamble y la subsecuente operación de empazado.

El manejo de materiales significa, más que su simple levantamiento, usar el método correcto para mover con seguridad la cantidad adecuada de material indicado con la debida orientación y condición hacia el lugar previsto, en el tiempo y con el costo convenientes o razonables.

Los puntos centrales son el material, el movimiento y el método. El tipo, características y cantidades de material a ser movido, deben ser sopesados contra la fuente destino y logística del movimiento, el tamaño de una unidad, el equipo usado para hacerlo y la restricción física.

Desde el punto de vista del costo, el movimiento de piezas es una forma onerosa de almacenarlas. Los materiales en tránsito se consideran como almacenados, incurriendo todos en el mismo costo más el de la maquinaria para su manejo.

Como cualquier otro proyecto de ingeniería, el diseño de un sistema de manejo de materiales, debe seguir el proceso normal de seis pasos:

1. Definir el problema.
2. Analizar los requerimientos.
3. Generar diseños alternativos.
4. Evaluar y probar los diseños alternativos.
5. Seleccionar la alternativa más conveniente.
6. Implementar el sistema.

Para planear el sistema de manejo de materiales de una operación de manufactura, son útiles varias reglas más específicas. El principal objetivo es crear un ambiente que produzca resultados de alta calidad, aunque ésta es una consideración importante que muchos pasan por alto.

Todas las áreas operarán más fácilmente si sus materiales de entrada son de una calidad uniforme. Hay que planear su flujo, equipo, gente e información con cuidado y diseñar la colocación y el sistema de manejo para que se ajuste fácilmente a los cambios de la tecnología, secuencias de procesamiento, productos combinados y volúmenes de producción.

Se debe procurar reducir la cantidad de trabajo en proceso y controlar el movimiento y almacenaje de to--

dos los materiales; si es posible, eliminar la operación manual dentro y entre las estaciones de trabajo. Las - - piezas o partes y herramientas se deben repartir en cantidades predeterminadas y estar orientadas para permitir el cambio automático de herramienta, alimentación de partes, inserción y ensamblado.

Por otra parte, usar los recursos de computación disponibles para integrar el procesamiento, ensamblado, inspección, manejo, almacenamiento y control del material; y hacerse una distribución cuidadosa del espacio, - para utilizar de preferencia el superior en el traslado - y considerar el efecto de la maquinaria en los patrones - de tráfico.

Las condiciones actuales de la industria nos -- exigen la necesidad imperiosa de aplicar nuestra creatividad en el campo del manejo de materiales.

Para avanzar en este proceso, entre otros factores, se requiere de recursos humanos creativos, capacitados y motivados.

La creatividad es la capacidad de producir - - ideas novedosas que deben estar adaptadas a la realidad o modificar a ésta, solucionar un problema o reflejar una - situación.

La sociedad mexicana en general, y quienes tienen en sus manos la capacitación y formación en particullar, deben fomentar la formación de recursos humanos creativos que penetren en el campo de la innovación, mejorando con ésto al país en el área de producción.

#### ELEMENTOS DE UN SISTEMA AUTOMATICO DE MANEJO DE MATERIALES

Los sistemas de manejo de materiales comparten los mismos elementos básicos, que deben ser considerados en su diseño: un contenedor, recipiente o envase, un mecanismo de movimiento, una trayectoria de movimiento, algún tipo de capacidad de almacenaje y un sistema de control.

Muchos productos requieren varios recipientes, movimientos y medios de transporte durante los procesos - de manufactura, por ejemplo, un motor requiere un vehícu-

lo especial, pero las partes que lo componen no pueden -- ser manejadas en la misma forma. Después de que es instalado, el motor opera como parte del cuerpo del producto - que lo requiere.

Los contenedores son de naturaleza muy específica; deben ser vistos como herramientas que se reemplazan cuando están defectuosas y son reparadas si es posible. - Las especificaciones de los contenedores necesitan incluir un número de parámetros, empezando con las dimensiones físicas: volumen, área que opera y el peso, vacío o cargado. Desde luego, la estructura del contenedor debe tomar en cuenta el peso y medida de los contenidos (sustancias, piezas, productos, etc.), factores que también - tienen efecto sobre su duración.

Algunos sólo pueden ser usados una vez; son - - directamente montados una pieza importante durante el - - proceso de manufactura y destruidos o desmantelados después. Otros pueden volverse a usar y requieren un medio que los regrese, una vez vacíos, al lugar del proceso donde son llenados.

La protección del producto es un punto importante

te. Si el producto y su contenedor van a ser embarcados para largas distancias o almacenados en una área peligrosa, el segundo debe ser lo suficientemente fuerte para -- salvaguardar al primero de cualquier daño.

El contenedor debe ser construido en forma tal que evite que los contenidos se muevan, ya sea sujetados contra otros contenidos o colindando con las paredes del recipiente. Los materiales líquidos y fluidos requieren un contenedor herméticamente cerrado para prevenir las -- mermas, la contaminación de la fábrica y el medio ambiente.

La modularidad (que sean iguales de forma) es -- importante en caso de que el contenedor sea cargado dentro de otro más grande o de que vaya a contener otros más pequeños. Por esta razón, las dimensiones, diseño y el -- material debenser estandarizados, lo que también disminuye los problemas cuando son trasladados a otro departamento.

El almacenaje de contenedores vacíos puede re-- querir que éstos sean plegables, desarmables o separables fácilmente.

Deben diseñarse para poder apilarse y tener partes sobresalientes que permitan que sean montados en vehículos o colgados sobre las líneas de ensamble o sobre rieles. Su apilado e identificación requiere de algún tipo de etiquetado o marca. Algunas piezas o partes no requieren un contenedor; en su lugar, un soporte o armazón brinda suficiente apoyo, registro e identificación de la pieza y pueden ser movidas directa o individualmente por una banda transportadora o un trolley.

Los contenedores incluyen cajas, tambores, canastas, jaulas, patines, plataformas, fijadores, cajas deslizantes (con ruedas) y perchas.

Para que un equipo automático reconozca un contenedor, se necesita más que una simple etiqueta. Puede usarse un sistema automático de identificación, lo que incluye reconocer un carácter óptico, un código examinador de barras de luz, un examinador de luz laser, un lector de código magnético, un transportador de microondas, modelos y formas de reconocimiento y lectores de código reflectivo.

En una estación de trabajo ocurren micromovi---

mientos, y entre ésta y los departamentos ocurren macromovimientos. Básicamente, los primeros son cortos y los -- segundos largos.

Diferentes factores afectan cada tipo de movimiento. Los que afectan tanto a unos como a otros, empiezan con la medida de carga y peso, incluyendo aquéllas de los contenedores y aparatos de montaje. La amplitud de los movimientos y su frecuencia por unidad de tiempo, determinan la velocidad requerida en el sistema. El número de cargas llevadas y su mezcla también son importantes.

Se debe sincronizar el tiempo que tarda el sistema en distribuir cada cargamento con el tiempo del ciclo del movimiento. Hay que tomar en cuenta una compensación en el caso de que haya obstáculos en el camino del movimiento. El sistema debe ser flexible para afrontar los cambios en el requerimiento de la velocidad del flujo.

Los macromovimientos se completan generalmente en conjunto, ya sea usando vehículos o, continuamente, transportadores.

Los micromovimientos se consideran como aquellos que un hombre puede hacer con un solo paso, generalmente manejando una pieza en un tiempo. Algunos factores que los afectan son: el alcance del operador o máquina, las limitaciones de acceso a la estación de trabajo, el peso, los requerimientos de interfase del operador con la máquina y el tiempo de ciclo en la estación de trabajo.

El almacenamiento de los materiales afecta, puesto que es el principio o fin de un movimiento. Un almacenaje eficaz facilita el trabajo en proceso, reparaciones, abastecimientos e instalaciones.

Para planear el acceso al almacén, se debe considerar el espacio requerido y disponible, y las características especiales del edificio, como son la altura y condición del piso, el espacio entre las columnas y los códigos contra incendios.

Es importante tener en cuenta qué tan fácil de apilar son los materiales y hasta qué altura es posible hacerlo, así como la medida de la carga y su peso.

La necesidad de contar con un almacén central -

contra la de un descentralizado (en partes), puede afectar el diseño, así como la de almacenar y recuperar las piezas en un orden específico. Las características especiales como la inflamabilidad y la conservación de productos perecederos requieren de soluciones concretas.

Los sistemas automáticos de almacenamiento y recuperación, se gradúan de acuerdo a la unidad de carga. Los sistemas incluyen un vehículo para levantar las partes grandes o para depósitos costosos. Las piezas pequeñas pueden quedar en carruseles o repisas giratorias y las individuales, que no tienen un empaque, requieren alguna clase de percha, repisa, cajón o arcón.

El sistema de control podrá ser incorporado a las computadoras que ya existen y en su caso, dotar a éstas de capacidad adicional.

Si se tienen sistemas de inventarios y de control de proceso, disminuirá la necesidad de meter de nuevo la información; la misma base de datos puede ser usada en algunos casos. Se deben eliminar repeticiones en los sistemas computacionales uniendo los viejos con los nuevos en un sistema completo.

Hay ventajas al correr un sistema interactivo - de tiempo real, sobre uno de control por módulos, aunque las diferencias son sutiles. Muchos software disponibles para estos propósitos tienen elementos para ambos. El interactivo da la facilidad de colocar terminales en va----rios lugares de trabajo, permitiendo un reporte inmediato con poco papeleo.

El control por módulos es sólo eso, bloques de información que se capturan en un tiempo, reunidos y preparados por personas dedicadas a ello, en base a datos -- que procesan para obtener los reportes.

Es fácil ver los beneficios de los sistemas interactivos; dan continuidad al proceso. La importancia - de esta característica de los sistemas varía de una fábrica a otra. Los factores decisivos son: el precio de la operación, la necesidad de reportes, contratiempos y prioridades y la exactitud requerida del sistema.

#### INNOVACIONES EN LOS SISTEMAS DE MANUFACTURA

A través de los años, la industria manufacture-ra ha adoptado muchos elementos de la tecnología automati

zada. Cuando se instaló la primera máquina controlada nu  
méricamente, se establecieron dos fronteras con las no --  
automatizadas: la de entrada y la de salida. Algo no auto  
matizado trajo las piezas de trabajo a la máquina y se --  
las llevó; así se convirtió en una isla de automatización  
en un medio ambiente no automatizado.

La mayoría de los problemas con los sistemas --  
automatizados ocurren en las fronteras que tienen con los  
no automatizados. Las máquinas son diseñadas y probadas--  
para trabajar juntas, para generar solamente un cierto nú  
mero de situaciones internas y ser capaces de manejar ca--  
da una de ellas.

La máquina está preparada para hacer un trabajo,  
pero requiere de que la pieza sea colocada correctamente--  
y que sea de calidad y forma consistentes; o sea, debe --  
ser programada para aceptar productos de cierto tipo y --  
con cierta orientación física. Una vez que las piezas de  
trabajo tienen estas condiciones, y la máquina completa -  
su operación, la pérdida de la orientación ocasiona una -  
costosa reorientación cuando la pieza se mueve a la si---  
guiente fase del proceso de manufactura.

Desde el punto de vista de los sistemas, cada isla que requiere reorientación inyecta un factor de costo adicional. Cada isla puede estar ahorrando suficiente dinero para hacer una ganancia neta, pero algunos de los ahorros se pierden.

La aplicación selectiva de la automatización es un paso necesario, pero debe ser considerado como un aspecto temporal de un plan para integrar todas las islas de automatización en un sistema de producción unido y sin cronizado.

El sistema de manejo de materiales trabaja con el de control central, para construir los puentes físicos entre las islas y conseguir la información necesaria para coordinar actividades.

La selección de las áreas específicas que serán unidas debe hacerse considerando costo, calidad y beneficios en el tiempo del ciclo; en otras palabras, el mismo criterio que se usó al decidir la implementación del sistema automatizado original.

Un sistema de manufactura flexible es un arre--

glo de máquinas capaz de efectuar actividad industrial de manufactura en un ambiente de células de trabajo interconectadas por el de manejo de materiales. Es capaz de realizar el movimiento de piezas o partes a las máquinas, -- desde transportadores o tarimas, de moverlas entre estaciones de trabajo y fuera del sistema, una vez completada la operación.

El conjunto es controlado por programas de computadora diseñados específicamente; generalmente una computadora central procesa todas las instrucciones y los monitorea continuamente durante su operación. Debido a la versatilidad de la automatización computarizada, un sistema de manufactura flexible puede tener una variedad de -- partes procesándose al mismo tiempo.

Los sistemas flexibles proveen el potencial para producir un rango de diferentes productos en grandes cantidades, con impacto directo en la reducción de los -- costos de producción. Los sistemas convencionales producen un rango estrecho con bajos niveles de salida para cada producto.

Los sistemas de manufactura flexible reemplaza-

rán un número importante de operadores de maquinaria y -- otros trabajadores, dando por resultado una disminución - directa del costo de mano de obra. Pero el impacto más - importante está en el aumento de la capacidad de produc-- ción, ya que las máquinas tienen un mayor grado de utili-- zación.

Implantar un sistema flexible automatico de ma-- nufactura trae ahorros importantes en los costos para pro-- ducir bienes y, por ende, una reducción en sus precios, - incrementando la demanda.

#### TECNOLOGIA DE GRUPO Y MANUFACTURA CELULAR

La tecnología de grupo está basada en la afirma-- ción de que muchos problemas son similares y, agrupándo-- los, se puede encontrar una solución sencilla para un pa-- quete, ahorrando así tiempo y esfuerzo.

Típicamente se define como una metodología sis-- temática basada en la similitud de componentes, usados pa-- ra formar parte de procesos comunes de producción y esta-- blece células de manufactura, de manera tal que se logran beneficios económicos. Puede verse como una estrategia -

de planeación o manufactura de familias de partes. Se --  
usa particularmente en industrias de tipo masivo o de producción  
de pocas clases de productos.

Es importante reconocer que la tecnología de --  
grupo no es simplemente una técnica de manufactura; en su  
sentido más amplio es una filosofía administrativa, por--  
que incluye dentro del alcance de sus actividades un rango  
más amplio que el de la manufactura, aplicándose comúnmente  
en las áreas de diseño del producto, planeación del  
proceso y producción.

#### DISEÑO DEL PRODUCTO

En el diseño del producto, mientras los requerimientos  
de partes para nuevos componentes pueden presen--  
tarse a una tasa constante o creciente, las características  
de las partes diseñadas tienden a alcanzar un nivel -  
finito.

La tecnología de grupo está dirigida a evitar -  
la proliferación de nuevas partes, a eliminar la duplicidad  
de diseños y el uso de una creciente normalización de  
componentes, así como a la reducción del tiempo de diseño.

Dentro de la gran población de partes de la mayoría de las compañías, siempre habrá muchas duplicadas o a punto de duplicarse. La tecnología de grupo permite -- identificar estas partes, y eliminar la duplicación; además, evita el costo de nuevas partes, y los tiempos de di seño, documentación, maquinado, proceso, medición de trabajo, contabilidad y de control de la producción.

El uso de la tecnología de grupo habilita al di señador para consultar todos los diseños similares pre---vios, para comparar, modificar, eliminar o simplemente para ayudarse en su trabajo.

#### PLANEACION DE PROCESOS

Usando la tecnología de grupo los procesos de - producción se estandarizan para cada familia de partes, - integrando uno sólo planeado y así, todas serán automáti- camente tratadas de acuerdo al estándar asignado a su clasif icación.

Se pueden lograr ahorros sustanciales al dise-- ñar maquinados para familias de partes. El maquinado flexible ha sido diseñado para producir con un mínimo de cambi os.

bios y costo por pieza.

## PRODUCCION

Normalmente la distribución de planta para la producción intermitente es por proceso, es decir, las máquinas se agrupan por tipo, en áreas llamadas departamentos. El movimiento de las partes dentro de una planta es por departamentos y dentro de éstos, por operación,

Al moverse a otro departamento, las partes hacen cola, esperando a que haya un cambio en la máquina para poder ser procesadas. Después de completar la operación deben ser removidas, esperar para ser trasladadas y de nuevo esperar en el otro departamento.

Estableciendo las horas estándar de una parte en su ruta, comparándolas con el tiempo total de manufactura, se puede mostrar que se le agrega valor sólo durante un 20% del tiempo que están en la fábrica.

Un concepto básico de la tecnología de grupo es el distribuir las máquinas y equipos para una familia de partes, en grupos o células, convirtiéndolas en una especie

de línea de producción. El uso de estos conceptos reduce extraordinariamente los movimientos dentro de la planta; además, a través del uso de células de manufactura, se reducen el inventario de producción en proceso, el tiempo principal del proceso y el tiempo de montar y desmontar las piezas, incrementándose la productividad en general.

#### LAS CELULAS DE MANUFACTURA

El cambio de una organización tradicional por funciones a células de manufactura, tiene gran impacto en la distribución del proceso y en los sistemas de manejo de materiales.

La regla 80/20 nos dice que el 80% del manejo de materiales se debe al 20% de los diferentes tipos de partes o piezas. Las células de manufactura permiten al ingeniero industrial simplificar, cambiar o eliminar gran cantidad de este manejo de materiales.

Cada aplicación de las células es diferente, debido a las variaciones locales en la combinación de partes y rangos de producción, disponibilidad y flexibilidad del equipo, fuerza de trabajo y presupuesto. Sin embargo,

hay varios puntos importantes que se deben considerar en todos los casos:

1) Tamaño del lote. Un motivo para implementar una célula es reducir el tiempo del proceso y los inventarios de producción en proceso. Cuando el tamaño de los lotes es grande, el tiempo de entrega se reduce, pasando directamente las partes de una operación a la siguiente sin acumular todo el lote completo. Esto se conoce como un proceso de alineación. Cuando los lotes son pequeños la alineación no es un requerimiento urgente. Puede permitirse acumular un lote entre operaciones cuando la célula no trabaje con un gran inventario de producción en proceso. Para determinar el tamaño del lote, se considera el grado de consumo de las partes y el tiempo requerido para la disposición y proceso del producto. Si por ejemplo, el consumidor es una operación de ensamble, el tamaño del lote debe especificarse para sostener un día o programa de ensamble.

2) Mezcla de partes. Por definición, las piezas asignadas a una célula utilizan algunos procesos en común. Sin embargo, la velocidad del proceso puede variar con cada parte en cada uno. También pueden variar

los requerimientos para preparar la producción. Generalmente, la necesidad de capacidad efectiva y flexibilidad del trabajo, aumenta conforme disminuye el número de piezas en la célula.

3) Costo de capacidad. Cuando determinadas piezas tienen un ciclo largo en un proceso en particular o se requiere la misma máquina para dos operaciones diferentes, con un arreglo para intercambiar entre ellas, la capacidad extra facilita el cumplimiento del proceso en una pasada a través de la célula. Si la capacidad de proceso es relativamente barata, debe considerarse la capacidad adicional para mejorar el desempeño de una célula, aun cuando algunas partes no la utilicen.

4) Flexibilidad del trabajo. Para poder utilizar las células a su máxima capacidad, los operadores deben ser capaces de arreglar y operar todo el equipo en una célula. Se debe motivar a los operadores a ayudarse mutuamente cuando surjan problemas, y ser entrenados para realizar todos los trabajos en la célula en base a una rotación. Sin estas condiciones, los beneficios que proporcionan las células serán pequeños y difíciles de obtener.

5) Tiempos de carga y descarga. La disminu-  
ción de los tiempos de carga y descarga incrementará la -  
capacidad de manufactura de las células. También facili-  
ta la disminución del tamaño de los lotes y el tiempo de-  
proceso. Se debe involucrar y recompensar a los trabaja-  
dores por sus esfuerzos en la reducción de los tiempos de  
operación.

6) Planeación del proceso. El ingeniero indus-  
trial debe optimizar el uso de la célula como si fuera --  
una sola máquina en vez de los procesos individuales. El  
éxito de la manufactura celular está en acoplar las ali-  
mentaciones y velocidades requeridas para los márgenes de  
producción y trabajar en otras operaciones durante el - -  
tiempo de los ciclos internos.

#### CELULAS FISICAS Y CELULAS LOGICAS

Conforme mejora la tecnología se producen más y  
más procesos altamente especializados en manufactura. Ade-  
más la tendencia a elaborar productos de vida corta y la  
fácil proliferación de estos ocasiona la frecuente redis-  
posición de las células y el reacomodo de los procesos. -  
Debido a estas tendencias, no siempre es práctico reacomo

dar físicamente las máquinas o estaciones de trabajo, - - aunque todavía hay beneficios potenciales al arreglar los procesos en células. La alternativa a las tradicionales-células físicas, se define como células lógicas y se utiliza un sistema de manejo de materiales automático para - brincar las distancias físicas entre las estaciones de -- trabajo. Las células lógicas aumentan el tiempo de traslado de las partes y eliminan la oportunidad de usar reglas de control visual. Una variedad de tecnologías de - transportadores se pueden usar para mover lotes o partes- individuales entre las estaciones de la célula.

#### IMPACTO EN EL MANEJO DE MATERIALES

El cambio de una distribución funcional o por - proceso a células de manufactura, obliga a cambios en el sistema de manejo de materiales. La naturaleza de estos- cambios depende del tipo de célula que será implementada- (física o lógica).

Para las células físicas, el manejo de materia- les interno consiste en movimientos cortos y de pequeñas- cantidades de partes, quizá piezas individuales. Los ope radores manejan las piezas directamente entre las opera--

ciones. Debido a que el movimiento del material se convierte en parte del proceso de manufactura, el manejo de materiales no se considera un problema distinto. Las unidades de carga están distribuidas a lo largo de toda la célula, así que se reduce la necesidad de una unidad de almacenamiento. Fuera de la célula, los movimientos de las unidades de carga son frecuentes y más largos, y por ende, más eficientes.

Para maximizar los beneficios de las células lógicas se necesita un sistema de manejo de materiales sensible y un método para seguir y controlar los trabajos en la célula. Esto se complementa mejor con un sistema automático en el cual las cantidades pequeñas de partes se muevan cortas distancias por medio de un transportador.

El diseño se simplifica enfocándose a una familia de partes específica y definiendo los procesos. La automatización dentro de la célula permite al sistema externo de manejo de materiales tratar a la célula como una máquina individual, facilitando un acercamiento jerárquico al control del material.

Las células de manufactura reducen las necesida

des de montar y almacenar, debido a la reducción en los tiempos de proceso e inventario de producción en proceso.

En resumen, las células de manufactura, correctamente aplicadas, pueden ser los mejores caminos para resolver el problema de manejo de materiales, ya que lo transforman en otro que es más fácil de resolver.

En la construcción de una célula se balancean numerosas consideraciones, de tal manera, que la configuración resultante representa el óptimo económico en un momento dado. Sin embargo, la industria es dinámica y por ello se deben hacer ajustes periódicos a la configuración de la célula. Antes de introducir nuevos productos, se deben resolver sus requerimientos de producción, por eso es esencial que en la planeación general y la ejecución de un ambiente de tecnología de grupo, se consideren las posibles expansiones o contracciones de la distribución celular y por consiguiente, el sistema de manejo de materiales.

## SISTEMAS DE VEHICULOS AUTOMATICAMENTE GUIADOS

Hace algunos años, tal vez sólo tres de cada -- diez personas involucradas en manejo de materiales, sa--- bían lo que era un vehículo automáticamente guiado. Ahora, ocho o nueve de diez no solamente los conocen, sino - que se han visto inmersos en su instalación.

La década de los 80's ha sido de un gran creci- miento de estos sistemas (SVAG), de la misma manera que - los 70's fue el período de rápido crecimiento y madurez - del almacenamiento y retroalimentación automáticas.

Podría causar sorpresa el que algunos de estos- sistemas no son innovaciones, ya que han estado presentes en la industria y en la vida cotidiana de las personas, - desde hace alrededor de veinticinco años.

Hubo gran cantidad de pioneros que innovaron e invirtieron con altos riesgos en este concepto, llamado - en principio sistema de vehículos sin operador, que en mu- chos aspectos hacían más que los actuales.

Para comprender lo que hacen ahora y lo que ha-

rán en el futuro, daremos un vistazo al pasado y veremos como se han desarrollado y aplicado.

## HISTORIA

Los primeros sistemas de esta clase, fueron desarrollados en 1954 por el ingeniero A. M. Barret Jr., -- quien vio una forma de aplicar la tecnología electrónica a vehículos de manejo de materiales industriales, siendo manufacturados por la compañía de su padre. De esta manera aparece la primera generación de vehículos sin operario capaces de seguir una trayectoria predeterminada, haciendo decisiones de selección de rutas.

## DESARROLLO DE LA ELECTRONICA

La tecnología ha sido beneficiada por los avances en el campo de la electrónica, durante los últimos -- veinte años. La rápida introducción de transistores a finales de los 50's, fue incorporada en los sistemas de control, ayudando a expandir el rango y mejorar la confiabilidad de las aplicaciones de los SVAG. En los 60's, el primero fue diseñado e instalado usando componentes electrónicos discretos en estado sólido. Un vehículo con com

putador permitió la comunicación sin operario, funcionando en un sistema de transferencia de carga automática y a control remoto.

En los 60's y principios de los 70's, surgen -- los circuitos integrados, que son pequeños chips electrónicos que contienen miles de circuitos transistorizados. Este desarrollo adicional de la automatización y control de los SVAG, permitieron un incremento en los sofisticados diseños de los sistemas, capaces así de un control totalmente automático, incluyendo múltiples secuencias lógicas, y de determinar dónde se encontraban las cargas en las diversas localizaciones en la planta, recogiendo las disponibles y entregándolas en puntos predeterminados.

En los 70's, con el surgimiento de los circuitos integrados, el control por computador de los SVAG tuvo un gran auge. Los minicomputadores fueron usados para la comunicación a control remoto con los vehículos y dirigir sus movimientos, así como para diseñar funciones específicamente automáticas. Se establecen rutinas con el uso de un minicomputador para implementar sistemas que respondan a llamadas para dar servicio; de esta manera, una estación puede llamar un vehículo y el minicomputador

central podrá despacharlo sin necesidad de la interven---  
ción del hombre.

A finales de los 70's, los microprocesadores --  
tuvieron gran aplicación en los SVAG, permitiendo contro-  
larlos por un software individual, sin depender del todo-  
de la minicomputadora central.

En sistemas con tecnología de microprocesado---  
res, abordo del vehículo, el software ha sido eliminado -  
en gran parte del hardware.

El software de los microprocesadores contenidos  
en pequeños chips dá a los sofisticados vehículos capaci-  
dad de control, sin la complejidad del hardware previamen  
te requerido. En suma, la avanzada capacidad de control,  
así como el tiempo real de comunicación, localización con  
tínua y condición de monitoreo de todos los vehículos y -  
las opciones de integrar otros sistemas de control, son -  
ahora fácilmente compatibles. El uso de los microcomputata  
dores en el diseño de los SVAG, tiene cada vez más popularidad.

## SISTEMAS ACTUALES

En general, los sistemas actuales pueden ser divididos en tres categorías básicas: (1) los sistemas estándar con control electrónico básico; (2) los sistemas-avanzados con microprocesador y controles electrónicos; y (3) el microprocesador o sistema sofisticado, en conexión con otros, para una automatización completa en el manejo de materiales.

## SISTEMAS ESTANDAR CON CONTROLES BASICOS

Esta clase es simple en concepto y operación; - puede involucrar alrededor de tres o cuatro estaciones de trabajo y solamente uno o dos vehículos asociados a remolques. La longitud total de la trayectoria se encuentra -- entre 1,000 a 2,000 ft. y no mayor de 5,000 ft. Si es -- más larga se requerirá de un bloqueo sofisticado y otros controles de operación, para una óptima eficiencia.

## SISTEMAS AVANZADOS CON MICROPROCESADOR Y CONTROLES ELECTRONICOS

Donde se requiere un número mayor de vehículos

y las trayectorias son largas y complejas, es adecuado este sistema. Su capacidad de maniobra permite la carga y descarga automática en las estaciones de trabajo y programar los vehículos a distancia. Sin embargo, puesto que existen más controles en los tableros así como se incrementan los mecanismos direccionales en las trayectorias, los costos se elevan.

#### MICROPROCESADORES O SISTEMAS SOFISTICADOS EN CONEXION CON OTROS SISTEMAS

Integrado un SVAG con otros sistemas de automatización se obtienen grandes ventajas, aun cuando el incremento de la complejidad requiere mayores recursos en planeación y equipos, pero reditúa el incremento de productividad.

#### TENDENCIA A LA AUTOMATIZACION

Los requerimientos de la industria para lograr una mayor producción con mínimo de costos, obligan a la búsqueda de mecanismos que impliquen ahorro en el número de equipo y de mano de obra, por lo que los SVAG, en virtud de su amplio rango de capacidades automatizadas, se -

convierten en una poderosa herramienta que contribuye a esos objetivos en el renglón de manejo de materiales, donde deriva su cada vez mayor aplicación en las plantas.

**BENEFICIOS: FLEXIBILIDAD Y  
FACILIDAD DE INSTALACION**

Una de las principales ventajas de estos sistemas consiste en su flexibilidad, ya que no necesitan grandes cambios en el lay out o en el flujo de materiales. Se adaptan a las necesidades de operación de las estaciones de trabajo, sin ocupar los carriles usados normalmente -- por otros vehículos o trabajadores, así como a los cam--bios derivados de los ajustes que pudieran realizarse después de iniciar su funcionamiento, mismos que no son costosos, ya que las trayectorias de las guías pueden ser -- reorientadas sin dificultad así como cambiar las estaciones de parada; son susceptibles de complementarse o reducirse en el número de vehículos o en el de las operacio--nes a realizar.

Su instalación es relativamente fácil comparada con transportadores o líneas remolcadoras de piso. Una -- trayectoria de guía puede establecerse colocándola a me--

dia pulgada de profundidad por un octavo de ancho, en el piso, el cable se coloca en la ranura y se sella. Este cable transmite las señales que guían el vehículo, mediante cambios electromagnéticos que tienen su origen en el control central. Para este efecto se colocan magnetos o pequeñas placas de metal a manera de puntos clave que proporcionan la información de los lugares en que se ubican los vehículos, que en su recorrido los activan mediante un sensor trasero y al mismo tiempo reciben las instrucciones de operación, como paradas o cambios de velocidad.

La instalación lleva un tiempo aproximado de -- tres semanas para una línea de 200 ft. en promedio; en -- ese lapso resulta indispensable interrumpir el proceso de producción, (en el tramo de trabajo).

Por otra parte, la gran variedad de vehículos -- que se pueden utilizar incluye desde una unidad hasta convoyes que forman verdaderos trenes sin conductor y sistemas de carros pallets.

Los convoyes resultan eficientes cuando el material a transportar es pesado y cuando la mayor parte de la carga debe ser manejada en puntos intermedios y una --

vez concluida la operación, pueden ser transferidos a maniobra de almacenaje o a otras funciones de la línea de producción y puntos de embarque.

#### APLICACIONES

Estos sistemas son muy útiles en prácticamente toda la industria, como en la textil, en que mueven bobinas de hilo, rollos de tela y cajas de material; en la papelería, remolcan carros con rollos de papel; en la hulería soportan grandes pesos, como son los productos recién elaborados; y en general, se acostumbra mover el material -- que ingresa en almacenes y posteriormente a los puntos de embarque. Además son muy efectivos para movimientos de cadena, o sea, cuando es necesario distribuir el material por todo el sistema de producción con paradas continuas -- para carga y descarga.

Su capacidad puede ser cuantificada conforme a los requerimientos de la operación de las plantas, sin embargo, existen limitaciones que varían entre 8,000 a -- 50,000 libras, con una fuerza de tracción de entre 60 a -- 600 libras.

Los trenes sin operario se usan principalmente, en sistemas donde los movimientos de carga son superiores a los 500 ft. y con volúmenes moderados.

Los tractores sin operario pueden remolcar una amplia variedad de carros o vagones, desde los más sencillos de una sola pieza, hasta aquellos con habilidades de carga y descarga automática.

Los vehículos moldeados de una sola pieza y - - cuatro ruedas, son los más populares con remolcador de alta potencia; y pueden entrelazar su operación con transportadores de otros tipos, a los cuales la carga es transferida automáticamente.

Es necesario tener en cuenta que los espacios - de maniobra varían, dependiendo de la longitud de convoy, el tipo de control y la amplitud de los pasillos donde -- operarán los trenes.

Los trenes de 4 ó 5 ruedas de dirección, se manejan mejor y son universalmente usados donde la carga y descarga es, hecha automáticamente. Sin embargo, son dificiles de operar manualmente.

La mayoría de aplicaciones de estos sistemas de trenes sin conductor, requiere de rieles que permitan el movimiento a las estaciones de trabajo. Estas requerirán de espacios para la operación del tren, que deberán ser cuidadosamente planeados y los convoyes controlados por medio de un tablero que lleva el tractor y que se encuentra previamente programado.

Este método de control requiere de una preparación para todos los operarios, la cual se llevará a cabo en una sesión de entrenamiento de alrededor de quince minutos, dada su sencillez.

Los carros de pallets con cable gufa, son ideales en donde los volúmenes de carga son moderados y las distancias cortas. Tienen la habilidad de descargarse automáticamente cuando llegan a una estación de trabajo programada; el vehículo es cargado manualmente y despachado a una posición situada a un lado de la vía. Cuando ha llegado a la estación de trabajo, baja sus horquillas colocando automáticamente los pallets en el piso; el vehículo reinicia su recorrido recogiendo sus horquillas y retorna a la vía principal.

De esta manera los pallets de carga pueden ser entregados y colocados sin ningún tipo de manejo adicional, por lo que resultan muy eficientes y, además tienen un rango de variación en sus capacidades de carga de - - 4,000 y 6,000 libras, y existen modelos capaces de transportar uno o dos pallets. Las horquillas de carga en la parte posterior de los carros son diseñadas para soltarse dentro de los pallets o bajo deslizadores de carga.

Para la mejor operación de estos vehículos, las dimensiones de las horquillas deben ser calculadas de tal manera que su longitud respecto de la posición de las ruedas, permitan que se suelten dentro de los pallets de doble carga, con el objeto de que las plataformas se liberen sin que las piezas interfieran su movimiento.

#### APLICACIONES DE LA ROBOTICA

Muchas de las aplicaciones de los robots están en el área industrial. En el pasado, los robots fueron utilizados donde existían altos factores de riesgo para los humanos. Por ejemplo, el primer uso de los robots - fue en las plantas nucleares, para cambiar las varillas de uranio en el reactor.

Hoy en día se encuentran muchas otras aplicaciones, tales como en el trabajo que es muy repetitivo o el manejo de materiales. Dentro de este último campo, los robots han sido utilizados con éxito en la colocación de piezas sobre tarimas y dentro de máquinas y en el empaquetado; para recoger piezas desordenadas de depósitos, carga y descarga sobre transportadores y almacenamiento.

Algunas reglas importantes para los robots en el manejo de materiales son:

1. Minimizar los movimientos, encontrando el menor número de ellos que permitan se realice el trabajo.
2. Reducir las veces que una pieza se levanta y la distancia que se mueve.
3. Combinar movimientos para eliminar operaciones redundantes.
4. No perder el registro de una pieza en movimiento.
5. El tiempo y dinero invertidos para mantener

la referencia registrada, hace que el sistema sea más - - efectivo en términos de costo.

6. Donde sea posible, utilizar monorrieles elevadores para transportar materiales. Estos sistemas ahorran espacio y no estorban al tránsito sobre el piso.

7. Estandarizar los contenedores para que puedan cruzar los límites departamentales sin necesidad de - ser registrados y/o transferir su carga a otro contenedor.

Los robots en el manejo de materiales se relacionan con otras muchas máquinas. Su sincronización puede hacerse ajustando el robot y/o el transportador, o implementando un nuevo dispositivo. Por ejemplo, cuando se sincroniza un transportador con un robot, el movimiento - del robot puede ser medido para que coincida con la entrega de la pieza, o se puede ajustar al transportador para que detenga temporalmente la pieza. Otras alternativas - son utilizar un transportador que recircule o acumule las piezas o usar otro robot que saque las piezas del trans--portador y las alinie para el otro robot.

Para mantener las piezas orientadas correctamen

te entre el transportador y el robot, una tarima marcada o un contenedor fijo pueden ser cargados más fácilmente -- que una pieza individual y la misma tarima puede ser usada para diferentes piezas.

Poner marcas o guías en las máquinas reduce en gran medida la necesidad de movimientos precisos de robot.

Para orientar la pieza correctamente se puede -- proveer al robot de un aparato sensor, identificándola -- por medio de rasgos o a través de un código en la pieza.

#### MONTAJES DE ROBOT

Los tipos de montaje más conocidos son los pedestales fijos, porque su diseño e implementación son fáciles. Los robots también pueden ser colocados directamente en una máquina.

Los montados en pedestales generalmente se colocan en lugares donde pueden atender a dos o tres máquinas. En la mayoría de los casos, el montaje sobre pedestal se coloca en el centro de las máquinas.

Dos operaciones típicas de manejo de materiales para un robot son cargar y/o descargar tarimas y el seguimiento sobre una línea de ensamble.

#### MANEJO DE MATERIALES EN TARIMAS

Muchas aplicaciones del robot en el manejo de materiales requieren de apilar las piezas sobre tarimas. Son dos procesos involucrados: uno es el de tomar las piezas de una línea de ensamble y colocarlas en la tarima y el otro es el de tomar las piezas de la tarima y colocarlas sobre la línea de ensamble. En la figura I podemos ver una operación de descarga de una tarima por un manipulador de coordenadas cilíndricas. Las botellas se colocan enfrente del manipulador de una estación de presentación de partes, la cual asegura la correcta posición de las botellas para que el manipulador las levante y las acomode dentro de la caja de cartón. El manipulador repite el ciclo tomando dos botellas más de la estación de presentación y las coloca enfrente de las dos que anteriormente había guardado en la caja. En el ciclo final, el manipulador levanta dos botellas más y las gira noventa grados para llenar los dos espacios vacíos en la caja. Cuando esta operación termina, el controlador da una se--

ñal al transportador para moverse y presentar la siguiente caja vacía para ser llenada. Si el transportador para la estación de presentación de partes no contiene botellas, el manipulador entrará en una sub-rutina para tomar las botellas de la tarima que se encuentra en la estación de trabajo.

La flexibilidad en la rutina de cargar y descargar tarimas se ilustra en la figura 2. En esta operación, el robot opera conjuntamente con dos transportadores de línea y carga dos tarimas por separado. Se necesitan transportadores y tarimas por separado, ya que piezas diferentes son movidas en cada uno. El robot se coloca sobre el primer transportador y levanta una pieza de la línea colocándola sobre la tarima directamente enfrente de ese transportador. Después, el robot se coloca sobre el segundo transportador y levanta una pieza de esta línea, colocándola sobre la tarima directamente enfrente de ese transportador. En la rutina de esta operación, el controlador detecta una señal cuando cada tarima está llena. Esta señal le indica al operador que retire la tarima llena y la reemplace por otra vacía. La operación entera podría realizarse por medio de un robot de control remoto, programado para retirar la tarima llena y transportarla a

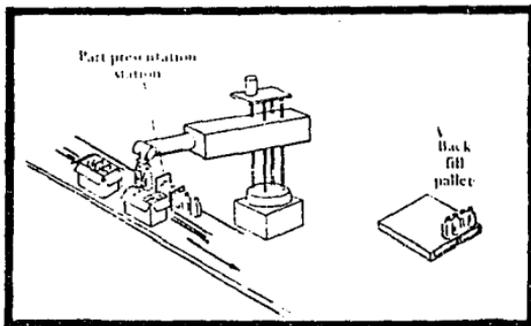


FIGURA No. 1

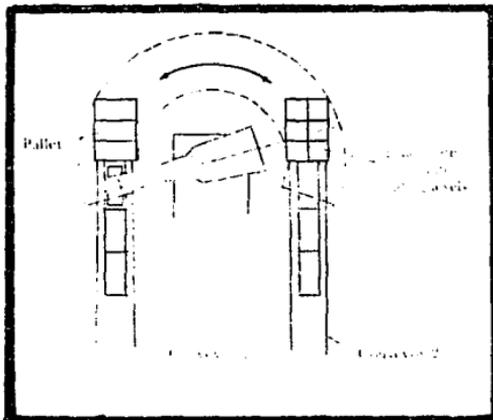


FIGURA No. 2

la siguiente estación de trabajo.

La figura 3 muestra la operación típica del manejo de materiales en tarima con un manipulador articulado coordinado. Las pinzas diseñadas especialmente se utilizan tanto para levantar las piezas como para colocar un separador entre las diversas filas de la tarima. En esta operación el manipulador toma seis partes al mismo tiempo y las coloca en la tarima.

Las operaciones de carga y descarga de tarimas con un robot pueden coordinarse con el trabajo humano. La figura 4 muestra un robot descargando tarimas con unidades de aire acondicionado y acomodándolas en una caja, y a un trabajador colocando separadores entre las unidades en la caja. Cuando está en operación, el robot mueve la unidad de aire acondicionado de la línea de ensamblado, - la coloca en la caja y regresa a su posición inicial para esperar la siguiente unidad. En esta operación el robot empezará su ciclo cada 19 segundos.

#### LINEA DE SEGUIMIENTO

La línea de seguimiento es un proceso en el - -

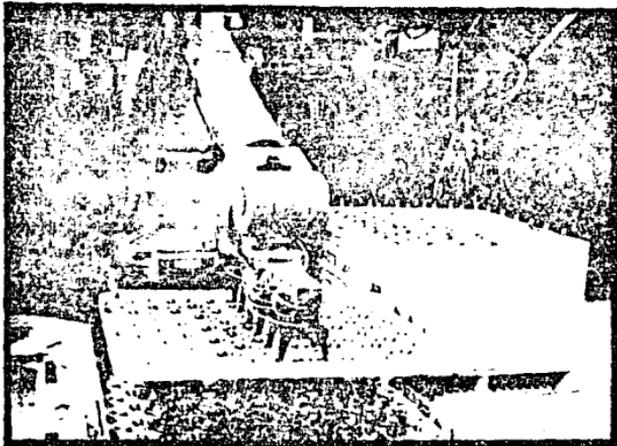


FIGURA No. 3

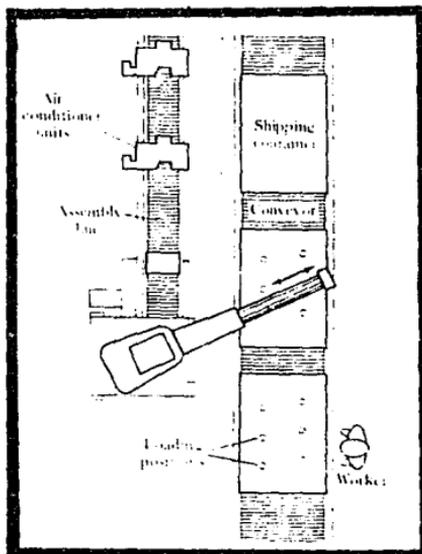


FIGURA No. 4

cual el robot viaja a lo largo con una pieza sobre una línea de ensamble. Este seguimiento puede ser por unos - - cuantos metros, pero mientras el robot sigue la pieza, -- puede realizar operaciones sobre ésta. La figura 5 ilustra una típica línea de seguimiento usada para inspección de carrocerías sobre una línea de ensamble. Dos manipuladores articulados son usados, una para cada lado de la carrocería y conforme llega a la estación de inspección, -- los manipuladores entran por el espacio abierto de las - - puertas e inspeccionan las soldaduras críticas.

El proceso de inspección es efectuado a través del uso de una cámara de visión localizada al final del brazo del manipulador. El sistema de visión interactúa con una impresora en la estación de trabajo del operador, generando un reporte de la inspección efectuada. El operador monitorea el proceso en un orden para identificar defectos en la soldadura.

Los manipuladores en la figura siguen a la carrocería a lo largo de la línea de ensamble. El seguimiento es usado en esta aplicación porque la producción no debe interrumpirse, por eso, el manipulador debe moverse a lo largo con la carrocería para efectuar el proceso-

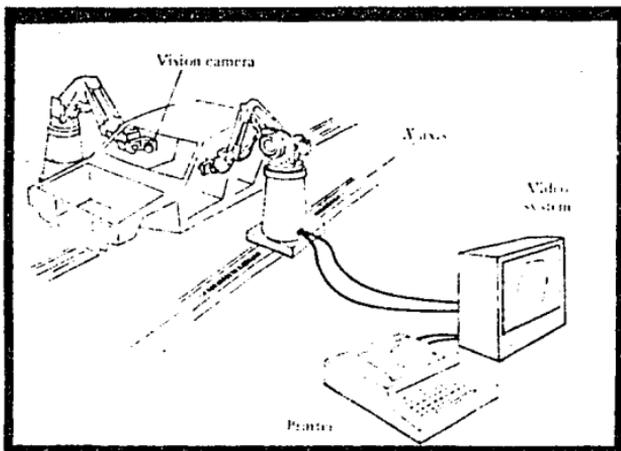


FIGURA No. 5

de inspección. El eje de esta operación es el eje lineal o eje X, constituido por el carril en el cual el manipulador se mueve.

En resumen, los robots pueden ser aplicados en diversas áreas de la industria y muchas de las peligrosas y aburridas tareas pueden realizarse por ellos.

Una de las más comunes es el manejo de materiales. El manipulador usado en esta aplicación debe tener una articulación correcta para alcanzar partes del transportador, así como la capacidad de levantar por encima a líneas transportadoras. El controlador del robot debe tener suficiente memoria para almacenar todas las rutinas requeridas en estas operaciones.

El robot también debe tener la velocidad necesaria sobre sus ejes para mantenerse en coordinación con la línea de ensamble, siguiendo el programa de producción.

En el manejo de materiales dos tareas son especialmente indicadas para los robots: la carga o descarga de partes de una tarima y en la línea de seguimiento, donde el manipulador se mueve con la línea de ensamble y efectúa su trabajo.

## CAPITULO VI

### PRESENTACION DEL CASO REAL

Como complemento a los capítulos anteriores, se presenta el estudio realizado en una fábrica de cierres, - en la que, a pesar de ser líder en el ramo, no se ha dado la importancia necesaria a algunas partes de su sistema - de producción, siendo el caso de nuestro estudio el movimiento de materiales.

Debido al crecimiento que experimentó la empresa por el aumento en la demanda de sus artículos, se hicieron esfuerzos para aumentar su capacidad de producción, sin tomar en cuenta algunos de los principios básicos de la Ingeniería Industrial; especialmente, el de manejo de materiales, que no ha recibido la atención necesaria como un factor determinante para acortar los tiempos de producción y el servicio a clientes, así como reducir los altos

costos de inventarios de productos en proceso.

Los sistemas actuales de producción requieren - se mecanice el manejo de materiales, para obtener continuidad en el flujo de las operaciones, ya que tradicionalmente se ha venido haciendo en forma manual, alargando -- así los tiempos de espera entre las estaciones de trabajo y dando lugar a mayor número de operarios y supervisores-encargados de esta tarea.

Debido a la gran variedad en los tipos del pro-- ducto, se seleccionó al más representativo por su volumen de producción, y por contar con equipo automatizado, que requiere un mejor manejo de materiales para aprovechar su grado de eficiencia. Cabe mencionar que el proceso es si milar para todas las variedades del producto, con la dife rencia de que en las otras líneas, existen pasos manuales y semiautomáticos.

El capítulo se ha estructurado de la siguiente-  
forma:

Se describe el proceso de producción y el méto-  
do actual de trabajo, incluyendo los diagramas de flujo y

de recorrido del producto. A continuación se hace un análisis del método actual de manejo de materiales. De este análisis y como punto final, surge la propuesta de mejora con la descripción del nuevo método, así como los diagramas de flujo y recorrido propuestos.

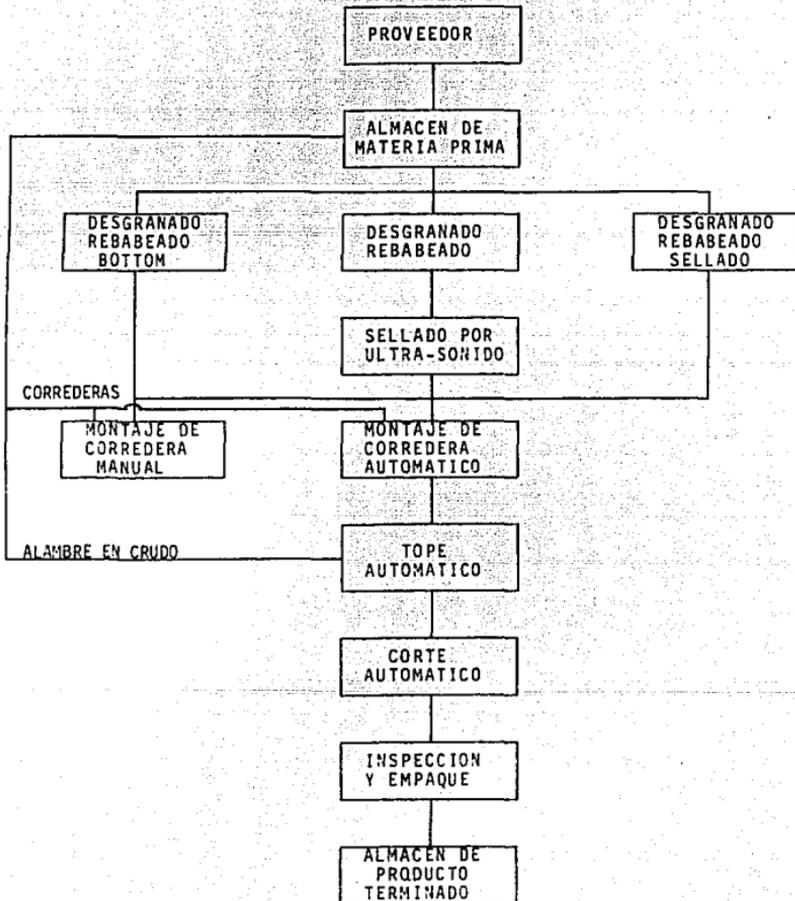
#### DESCRIPCION DEL PROCESO

Está integrado por siete estaciones de trabajo; en la primera, a una parte del material se le efectúan -- dos operaciones, pasando de ahí a la segunda. A la otra parte del material, en la misma primera estación de trabajo, se le ensambla un componente que sustituye a la operación de la segunda estación debido a la menor capacidad -- de ésta, pasando directamente a la tercera. En ésta y en la cuarta, se le agregan otros componentes al producto.

Durante las primeras cinco estaciones, el producto es manejado en lotes completos, en los cuales viene unido; a la salida de la quinta estación, es separado en piezas individuales, pasando a las dos últimas estaciones en las que no sufre ninguna transformación.

El proceso de producción comprende cinco áreas--

DIAGRAMA DE PROCESO  
1000. POLYESTER



de responsabilidad, al pasar el producto de una otra, el supervisor correspondiente es el responsable de mover el producto en su área.

Cada área comprende las siguientes estaciones -  
de trabajo:

Area	Estación
1	1
2	2, 3
3	4
4	5, 6
5	7

#### DESCRIPCION DEL METODO ACTUAL DE TRABAJO

A continuación se describe en forma detallada - el método de trabajo a través de las estaciones que integran el proceso.

El supervisor de la primera estación recibe las órdenes de producción y solicita la materia prima que recibe a la entrada del almacén (aproximadamente 40 rollos, con un peso medio de 8 kg. cada uno), y transporta en -- una plataforma manual de cuatro ruedas, una distancia de 25 metros en trayectoria recta; acomoda los rollos en --

unos anaqueles, haciendo más de un viaje si esto es necesario.

El operador toma del anaquel el material, desplazándose a una distancia que varía de 5 a 10 metros, carga la máquina, se procesa el lote y se recibe en una bolsa de polietileno, que se coloca en una caja de plástico, cuyas dimensiones son de 80 x 40 x 40 cm. de profundidad.

Estas cajas se transportan manualmente y son apiladas por el supervisor en una zona de espera, a una distancia media de 5 metros, en donde un trabajador dedicado exclusivamente al manejo de materiales, las toma y las transporta a la segunda o tercera estación, dependiendo de la operación anterior, asignando los lotes uniformemente entre las máquinas.

Entre las dos primeras estaciones existe una reja que impide una trayectoria recta, por lo que se debe hacer un rodeo para tener acceso a la segunda área; que representa un recorrido de 10 metros.

El operador de la segunda estación carga las má

quinas, se procesan los lotes y se reciben en un contenedor del mismo tipo, el cual se coloca enfrente de la máquina a una distancia de 2 metros; el encargado del manejo de materiales apila las cajas de tres en tres y las transporta a la siguiente estación, asignando a cada una de las máquinas la misma cantidad.

Este trabajador debe recoger del almacén de materia prima, el componente que se ensambla en la siguiente operación, haciendo un recorrido de 30 metros con una carretilla manual de cuatro ruedas, llevando una carga -- aproximada de 200 kgs. repartida en 20 gavetas; descarga el carro manualmente en varios viajes y apila las gavetas en el área para ese fin, debiendo recorrer una distancia de 4 metros por cada viaje.

El operador carga las máquinas y al terminar de ser procesado el producto, es recibido en la misma forma que en las estaciones anteriores, empuja las cajas, que -- han aumentado de peso debido al componente ensamblado, -- una distancia de 2 metros, hasta una zona de espera. El encargado del manejo de materiales las apila de tres en tres y las empuja hasta la zona de espera de la siguiente estación de trabajo una distancia de 20 metros.

El supervisor de la cuarta estación las toma y las reparte uniformemente entre los operadores para su -- proceso, en donde se ensambla al producto el último compo-- nente, recibíéndose el lote de igual forma. Las cajas se apilan en una zona de espera para ser trasladadas a la -- quinta estación. El supervisor de ésta lleva los lotes -- hasta las máquinas, después de ser procesado, el producto terminado es recibido en el mismo tipo de contenedores, -- los cuales son transportados por el supervisor y apilados de tres en tres en otra zona, desde donde las reparte a -- las mesas de inspección y empaque.

En esta sección el producto terminado se empa-- queta en bolsas con 100 unidades y son colocadas en cajas de 80 x 40 x 20 cms. de profundidad, las que son transpor-- tadas manualmente una distancia de 10 metros, hasta la -- báscula en donde se pesa paquete por paquete para verifi-- car su contenido y especificaciones del producto.

Los paquetes se colocan en el mismo contenedor-- y se apilan a un lado de la báscula, de donde son tomados por los empleados del almacén y transportados al área de-- sellado de paquetes y, finalmente, se les da entrada al -- almacén de producto terminado en donde concluye el reco--

rrido.

#### ANALISIS DE LOS METODOS DE MOVIMIENTO DE MATERIALES

Con base en algunos de los lineamientos mencionados en el Capítulo IV, apartado de "Auditoría a un Sistema de Manejo de Materiales", se realizó el análisis que se expone enseguida y que, de alguna manera, refleja la situación que prevalece en esta empresa.

Consideraciones interesantes son las siguientes:

Fue llevado a cabo en el departamento de ensamble y comprende únicamente un tipo de cierre sintético, - aunque el método de movimiento de materiales es el mismo que para todos los demás productos.

El manejo es realizado por seis personas a lo largo del proceso, cada una de las cuales atiende distintas zonas de trabajo y se encargan de transportar los lotes del producto cuando se encuentran en su área de responsabilidad, lo que ocasiona que existan zonas de almacenaje temporal entre cada una de ellas. Este trabajo represen-

ta un promedio de 12,000 horas/hombre anuales.

Los operadores de cada máquina también realizan manejo de materiales, ya que tienen que mover los contenedores para cargar las máquinas y sacarlos cuando el lote ha sido procesado, hasta zonas de espera. Las horas/hombre anuales utilizadas para manejo de materiales representan un 25% de las dedicadas a la producción.

La característica esencial del proceso es que resulta intermitente con operaciones idénticas. Aunque se ha intentado agrupar las máquinas por especialidad, el flujo de materiales es discontinuo y con retrocesos. Las dimensiones de las cargas transportadas han sido fijadas de acuerdo a los lotes económicos y el manejo se realiza mientras las máquinas están funcionando. No se ha intentado mecanizar las operaciones de carga, descarga y transporte, ni se ha integrado el manejo a la fabricación para realizar operaciones en cadena y tampoco se ha establecido un circuito de manejo predeterminado, sin existir normas de tiempos en sus diferentes etapas.

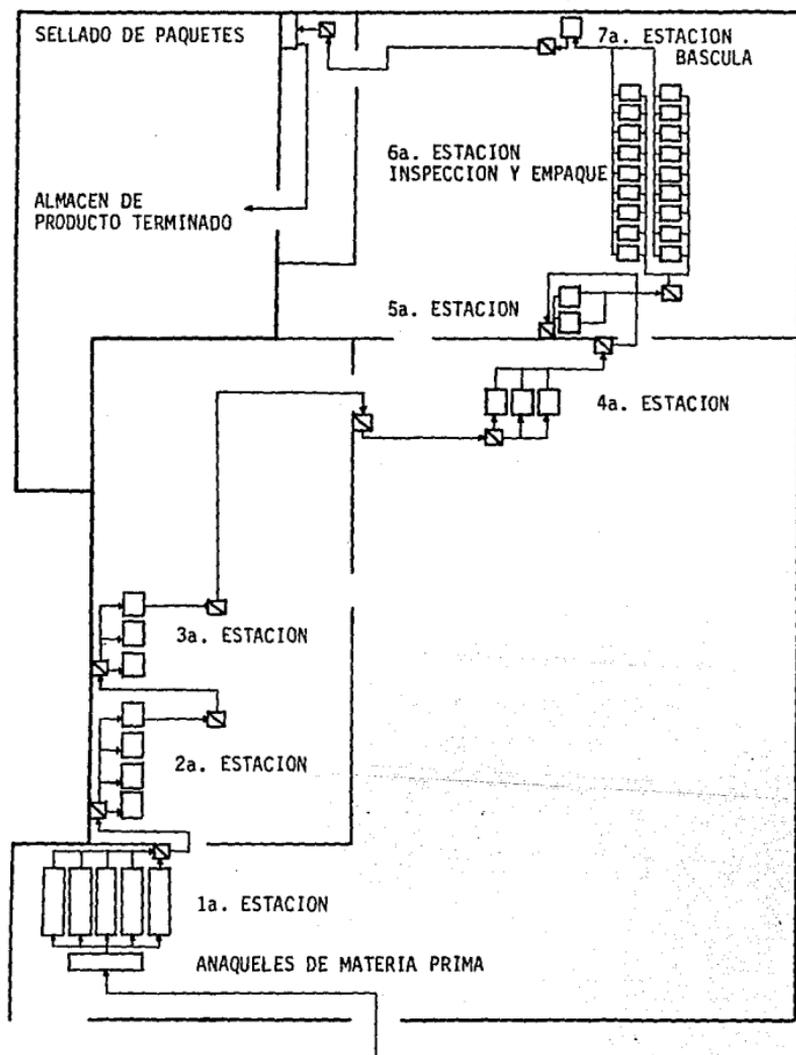
Al salir de una estación, los lotes en proceso son transportados por el encargado de esta área hasta una

zona de espera, pasando a ser su transporte responsabilidad del encargado de la siguiente operación. El manejo diario promedio es de 100 lotes en proceso y el contenedor utilizado es una caja de plástico de 80 x 40 x 40 - - cms. colocándose el lote en una bolsa de polietileno para evitar que se ensucie. Las áreas de almacenaje temporal no están definidas, lo que ocasiona amontonamientos, obstrucción de pasillos, etc., ya que no se utiliza ningún dispositivo para este fin.

El equipo para el movimiento de materiales, es, en el mejor de los casos, carretillas manuales de dos o - - cuatro ruedas, las cuales se encuentran en un estado - - aceptable de uso. El peso promedio de los lotes en un -- contenedor, oscila entre los 10 y 20 kgs., lo que los hace poco práctico para su fácil levantamiento, considerando que los operadores son mujeres. Las características - de este manejo, ocasiona algunos accidentes por el esfuerzo individual, a lo largo de todo el proceso.

El análisis resalta puntos que reflejan un manejo de materiales excesivo y deficiente, debido a una inadecuada distribución de planta y a una mala organización en las áreas de responsabilidad.

## DIAGRAMA DE RECORRIDO ACTUAL



ALMACEN DE MATERIA PRIMA

CURSOGRAMA ANALITICO  
(METODO ACTUAL)  
DIAGRAMA No. 1

Objeto: Cierre sintético 1000 polyester.  
Actividad: Ensamble, Inspección y empaque.  
Método: Actual.  
Lugar: Departamento de ensamble.

ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTO	ECONOMIA				
Operación	14						
Transporte	15						
España	15						
Inspección	1						
Simoneaje	2						

Nota: El presente diagrama se realizó al seguimiento del recorrido del material.

DESCRIPCION	CANTIDAD (mts.)	DISTANCIA (mts.)	TIEMPO (min.)	SIMBOLOGIA	OBSERVACIONES		
Almacén de materia prima.	500						
A sacos de materia prima.	500	25	5.30		Centro orden producción. Per carpeta manual.		
Para procesar.							
Desgrana y rabasado.							
Recepción en contenedor.					Caja plástica.		
A zona de espera.		10	2.05		Aux. Superr.		
Zona de espera.							
A zona de espera.		5	1.30		Aux. Superr.		
Para procesar.							
Sellado.							
Recepción en contenedor.					Caja plástica.		
A zona de espera.		7	1.40		Aux. Superr.		
Zona de espera.							
A zona de espera.		2	0.40		Aux. Superr.		
Para procesar.							
Montaje de carretón.							
Recepción en contenedor.					Caja plástica.		
A zona de espera.		2	0.40		Par supervisor.		
Zona de espera.							
A zona de espera		20	6.10		Aux. Superr.		
Zona de espera.							
A zona de espera.		10	2.05		Aux. Superr.		
Para procesar.							
Ensamble de torn.							
Recepción en contenedor.					Caja plástica.		
A zona de espera.		5	1.30		Aux. Superr.		
Zona de espera.							
A zona de espera.		5	1.30		Aux. Superr.		
Para procesar.							
Corte.							
Recepción en contenedor.					Caja plástica.		
A zona de espera.		4	1.25		Aux. Superr.		
Zona de espera.							
A zonas de inspección y empaque.		10	2.05		Aux. Superr.		
Para inspeccionar y empacar.							
Inspección, conteo y empaque.							
Recepción en contenedor.					Caja plástica.		
Para pasar.							
A báscula.		8	1.45		Aux. Superr.		
Comprobación contenido.							
Para sellado de bolsas.							
A sellado.		12	3.35		Aux. Superr.		
Sellado de bolsas.							
Para almacén de producto terminado.							
Almacén de producto terminado.		10	2.05		Aux. Superr.		
Dar entrada al almacén.							
Almacén de producto terminado.							
TOTAL		138	29.75	14	15	1	2

## DESCRIPCION DEL METODO PROPUESTO

La propuesta para mejorar el manejo de materiales en la fábrica de cierres que nos ocupa, establece un cambio en la distribución de planta, transformándola en un sistema de manufactura celular.

Las ventajas que proporcionará consistirán en una disminución drástica en las distancias recorridas entre estaciones de trabajo, reducción de zonas de almacenaje temporal y en el tiempo total del proceso, menor manipulación de los lotes por parte de los operarios, obteniéndose de esta forma un sistema más productivo.

La creación de esta célula implica realizar un balanceo de las líneas del proceso, para que a la salida de cada estación se pueda alimentar la siguiente sin tiempos de espera. En seguida se describe su forma de operar.

Existirá un supervisor general a cargo de la célula, y contará con una persona dedicada exclusivamente a proveerla de materiales y a su movimiento dentro de ella. Al comienzo del turno, transportará desde el almacén

materia prima, la cadena y componentes necesarios para cu  
brir el plan de trabajo diario, acomodando los rollos en-  
los anaqueles de la primera estación y los componentes en  
los de la tercera. Los operadores de la primera estación  
tomarán la cadena del anaquel y cargarán su máquina, des-  
plazándose una distancia de 2 m.; a la salida de esta es-  
tación, el lote es recibido en contenedores iguales a los  
utilizados actualmente, con los que se comenzará a cargar  
la siguiente estación de trabajo, aunque parte del lote -  
siga siendo procesado en la estación anterior.

Debido a que la capacidad de las máquinas de la  
segunda estación no es suficiente para absorber la produc  
ción de la primera, en ésta se coloca a la cadena un com-  
ponente que elimina el proceso de la segunda, por lo tan-  
to, una parte de los lotes pasa directamente de la prime-  
ra a la tercera.

La parte de los lotes que es procesada en la se  
gunda estación, es recibida en los mismos contenedores, -  
desde los cuales se carga a la tercera, en donde se junta  
con la parte que viene directamente desde la primera; es-  
tos lotes son recibidos en los mismos contenedores, los -  
cuales serán trasladados a mano una distancia de 3 metros

entre ellas.

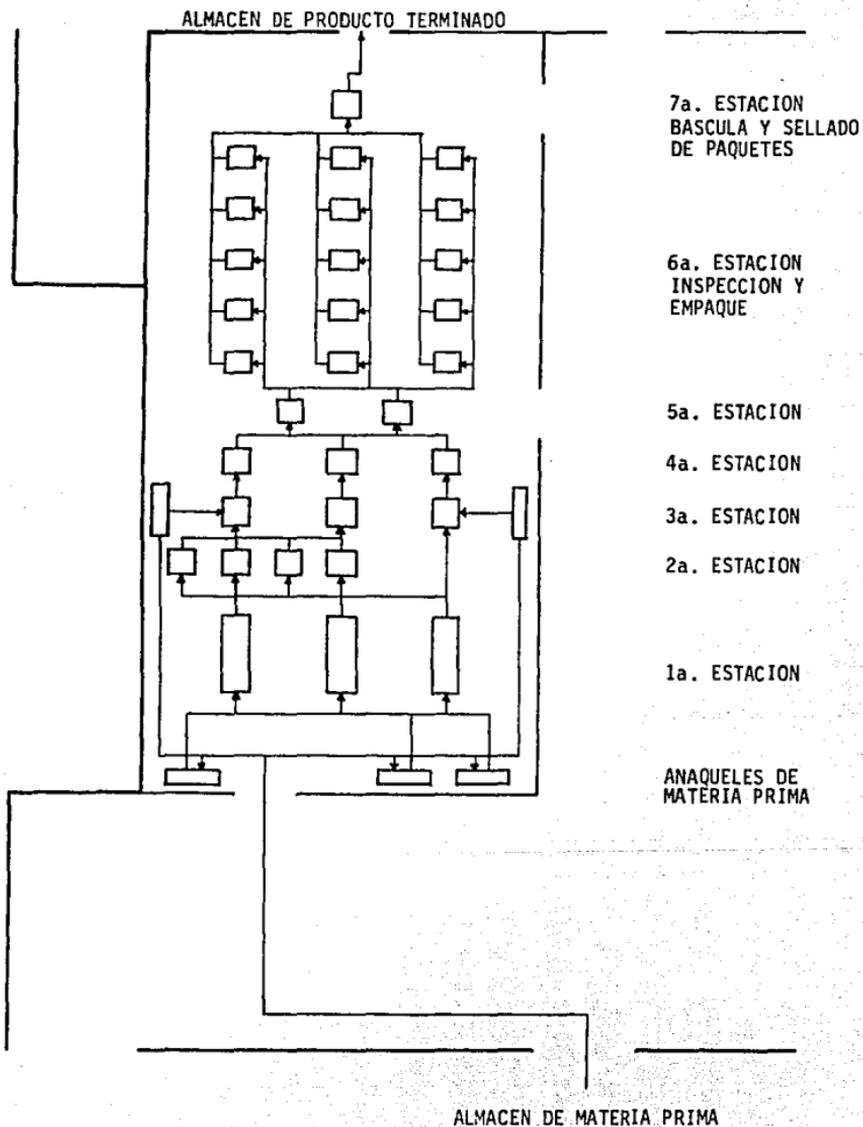
En la tercera, cuarta y quinta estaciones, el manejo de los lotes es igual que en las anteriores, que es realizado por los operadores sin necesidad de cargar los lotes ni apilarlos. A la salida de la quinta estación, el encargado del movimiento de materiales distribuirá los lotes a las mesas de inspección y empaque, transportándolos una distancia media de 5 m., y a la salida de éstas, los transportará para ser pesados y sellados, una distancia de 5 m., y de ahí hasta el almacén de producto terminado, recorriendo una distancia de 10 m.

#### BALANCEO DE LA CELULA

Para implementar una célula de manufactura y obtener los máximos beneficios de ella, es necesario que todas sus actividades estén perfectamente coordinadas, evitando cuellos de botella entre operaciones, lo que ocasionaría zonas imprevistas de almacenaje temporal, tiempos muertos en el proceso, etc.

Sin entrar en detalles en la solución del problema, diremos que se resuelve con ayuda de técnicas de -

## DIAGRAMA DE RECORRIDO PROPUESTO



CURSOGRAMA ANALITICO  
(METODO PROPUESTO)  
DIAGRAMA No. 2

Objeto: Cierre sintético 1000 polyester.  
Actividad: Ensamble, inspección y empaque.  
Método: Propuesto.  
Lugar: Departamento de ensamble

ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTO	ECONOMIA
Operación		14	0
Transporte		4	11
Espera		4	11
Inspección		1	0
Almacenaje		2	0

Nota: El presente diagrama se realizó al seguimiento del recorrido del material.

DESCRIPCION	CANTIDAD (mts.)	DISTANCIA (mts.)	TIEMPO (min.)	SIMBOLOGIA					OBSERVACIONES
				○	→	□	▽	□	
Almacén de materia prima.	500								Contra orden producción.
A anaquel de materia prima.	500	25	5.30						Por carretilla manual.
Para procesar.									
Desgranado y rebabeado.									
Recepción en contenedor.									Caja plástica.
Sellado.									
Recepción en contenedor.									Caja plástica.
Montaje de corredera.									
Recepción en contenedor.									Caja plástica.
Ensamble de tope.									
Recepción en contenedor.									Caja plástica.
Corte.									
Recepción en contenedor.									Caja plástica.
A mesas de inspección y empaque.		7	1.40						Aux. supervisor.
Para inspeccionar y empacar.									
Inspección, conteo y empaque.									En forma manual.
Recepción en contenedor.									Caja plástica.
Para pesar.									
A báscula.		7	1.40						Aux. Supervisor.
Comprobación contenido.									Aux. Supervisor.
Sellado de bolsas.									En forma manual.
Para almacén de producto terminado.									
A almacén de producto terminado.		5	1.30						Por carretilla manual.
Dar entrada al almacén.									Con orden de producción.
Almacén de producto terminado.									Espera orden de venta.
TOTAL		44	9.30	14	4	4	1	2	

investigación de operaciones. Para atacarlo se necesita como mínimo tener información sobre:

- Volúmenes de producción.
- Lista de operaciones, su secuencia y porcentaje estándar de defectuosos.
- Tiempos requeridos por cada operación.

En este caso particular, el volumen de producción es variable de acuerdo a la demanda del mercado, por tal razón los requerimientos de capacidad son variables, pero la célula se diseñará de tal manera que sea ésta un sistema autosuficiente capaz de absorber las fluctuaciones de la demanda.

La figura A muestra la proposición del diseño final de la célula de manufactura, en la cual se indican las capacidades promedio de producción de cada estación de trabajo, que integran el proceso total del artículo en cuestión. Podemos observar que está limitada por la estación de menor capacidad, la cual es la quinta y no la segunda como pudiera creerse, ya que esta segunda estación sólo puede absorber una parte de la producción de la primera, a la otra parte se le ensambla un componente que --

FIGURA A

	BASCULA		SELLADO		
	513	513	513	513	
Inspección y empaque	513	513	513	513	CAPACIDAD (PIEZAS)  6,300
	513	513	513	513	
	513	513	513	513	
	513	513	513	513	
	513	513	513	513	
Proceso 5	3500		3500		7,000
P 4	2800	2800	2800	2800	8,400
P 3	2500	2500	2500	2500	7,500
P 2	1000	1000	1000	1000	4,000
P 1	2500	2500	2500	2500	7,500

equivale a la segunda operación, pasando directamente a la tercera.

El balanceo fue realizado con promedios reales de producción, ya que hasta la fecha no se cuenta con estándares de producción.

La ubicación física de la célula será en el área enrejada, en donde actualmente se encuentran ubicadas la segunda y tercera estaciones de trabajo, de esta manera la célula propuesta podría funcionar como un plan-piloto aislada de los demás procesos, hasta comprobar sus beneficios, antes de implantar otras células con los demás artículos.

Es importante mencionar que, para el funcionamiento y máxima flexibilidad de la célula, el personal operativo debe estar capacitado para manejar cualquier máquina dentro de ella; además el personal de mantenimiento deberá estar calificado para corregir cualquier falla, es decir, el funcionamiento de la célula es una labor de equipo, en el cual todos y cada uno de sus integrantes son responsables de su correcta operación y de la óptimalidad de los productos elaborados en ella.

## CAPITULO VII

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

El objetivo final de este trabajo es el de resaltar la importancia del manejo de materiales en los sistemas de producción actuales, no como un factor aislado, sino como parte de un sistema integral, en el cual todos sus elementos interactúan entre sí y si uno falla, afecta a los demás.

En México, el manejo de materiales nunca ha recibido la importancia necesaria en la industria ni en las escuelas. De hecho, es escasa la información actualizada que se tiene sobre el tema, siendo la mayoría de hace más de veinte años.

Como hemos dicho a lo largo del trabajo, el ma

nejo de materiales es algo más que trasladar objetos de un lugar a otro con equipos convencionales que todos conocemos como carretillas, montacargas, transportadores - de banda, etc. Representa un medio relativamente fácil y económico para elevar sustancialmente la productividad de una empresa, disminuyendo tiempos muertos por demoras y mermas en los materiales.

Como primer punto en el desarrollo del trabajo damos un repaso a la información que tradicionalmente se ha manejado sobre el tema, como son los principios básicos del manejo de materiales, clasificaciones de equipos, etc. Después de esto, para darle un enfoque más práctico y actual, hemos planteado el papel que desempeñará el manejo de materiales dentro del proceso de reconversión industrial que debe desarrollarse a partir de la entrada de México al GATT y de qué manera se debe estudiar el tema en una empresa, efectuando una auditoría de operaciones enfocada al sistema de manejo de materiales, en la cual debe considerarse la interrelación de este sistema con cada una de las operaciones del proceso productivo en cuestión. A continuación presentamos las innovaciones tecnológicas de mayor importancia que se han dado en esta área de la ingeniería, las cuales nos servirían de-

pauta para proponer una mejora en el estudio realizado - en una empresa real, la cual adolece de un grave problema de manejo de materiales en todas sus áreas.

Debido al gran tamaño de la empresa el estudio se realizó en base a uno solo de sus productos, el cual presenta las características de automatización de sus -- procesos de producción que facilitan el mejoramiento de su manejo a lo largo de éste.

En muchas ocasiones, después de hecho el estudio se podrá ver que el problema se reduce a una distribución inadecuada de la planta, más que de movimiento -- de materiales y, una vez hechos los ajustes necesarios, -- éste tiende a disminuir en gran proporción; en otros casos resultará que los sistemas de manejo de materiales -- que se encuentran en operación son deficientes y muy costosos de mantener; el trabajo incluye algunas innovaciones, tanto en equipo como en métodos de producción, que -- muy bien pueden ayudar a solucionar tales problemas. Un tercer caso resulta ser aquél en el que los sistemas actuales de manejo de materiales son subocupados, esto es, no se les saca el partido que se debiera. Para esta situación bastará con reestructurar dichos sistemas y adap

tarlos a las necesidades específicas de cada situación.

La solución que se sugiere para el caso práctico, resulta ser únicamente de una redistribución de la planta; se puede observar que el manejo de materiales decrece considerablemente como una actividad específica, obteniéndose una disminución de 10,000 horas/hombre anuales (ya que sólo una persona se encargaría de éste), eliminándose el manejo por parte de los operadores y las zonas de espera y, como consecuencia, una reducción del inventario de producto en proceso.

Por último, resulta importante aclarar que, además de las propuestas de mejora que se mencionan en los párrafos anteriores, uno de los aspectos fundamentales en cuanto al concepto de reconversión, no significa solamente un cambio en equipo e instalaciones, sino en la forma tradicional de ver o entender los sistemas de producción actuales, es decir, un cambio de actitud a nivel dirección y operativo, lo cual, aunado a una adecuación del equipo a las necesidades existentes, sería el primer paso a seguir para la pequeña y mediana industria y así enfrentar la apertura de las fronteras al mercado internacional.

Como el caso estudiado, debe haber muchos en el medio industrial de México, con excepción de las grandes-empresas trasnacionales, por lo cual consideramos importante el estudio y actualización de la Ingeniería Industrial en el área de manejo de materiales.

## BIBLIOGRAFIA

Ayres, Robert U.  
Robotics, applications and  
social implications  
Ballinger Pub. Co.  
1983  
Cambridge, Ma., U.S.A.

Ham, Inyong  
Group technology applications for  
higher manufacturing productivity  
Pennsylvania State University  
University Park, Pa., U.S.A.

Hirschhorn, Larry  
Beyond mechanization  
MIT Press  
1984  
Cambridge, Ma., U.S.A.

Hunt, V. Daniel  
Industrial robotics handbook  
Industrial Press  
1983  
New York, N.Y., U.S.A.

Immer, John  
Manejo de materiales  
Editorial Hispano-europea  
1964  
Barcelona, España

Instituto Mexicano de Contadores Públicos, A.C.  
Normas y procedimientos de auditoría  
I.M.C.P.  
1984  
México

Kulwiec, Raymond A.  
Materials handling handbook  
John Wiley and Sons  
1985  
New York, N.Y., U.S.A.

Malcolm, Douglas R.  
Robotics: an introduction  
Breton Publishers  
1985  
Boston, Ma., U.S.A.

Maus, Rex; Allsup, Randall  
Robotics: a manager's guide  
John Wiley and Sons  
1986  
New York, N.Y., U.S.A.

Oficina Internacional del Trabajo  
Introducción al estudio del trabajo  
O.I.T.  
1980  
Ginebra, Suiza

Perry, John H.  
Manual del ingeniero químico  
UTEHA  
1966  
México

Willinghan, John J.; Carmichael, D.F.  
Auditoría, conceptos y métodos  
Mc Graw Hill  
1982  
Colombia

Ejecutivos de finanzas  
1987: Reto para la intermediación financiera  
Instituto Mexicano de Ejecutivos de Finanzas, A.C.  
1987  
México

Forum financiero  
La reconversión y el mercado común europeo  
No. 67, julio de 1987  
México

**Industrial Engineering:**

- March 1987  
Volume 19 No. 3  
Innovations in facilities and  
material handling systems: an introduction  
By James M. Apple, Jr., and Leon F. Mc Ginnis
  
- April 1987  
Volume 19 No. 4  
Subassembly area renovation improves  
methods and increases work flow  
By John Galonek
  
- May 1987  
Volume 19 No. 5  
Conducting a material handling audit  
By Carl F. Urban

- June 1987  
Volume 19 No. 6  
Choosing equipment: six steps for  
evaluating noncost characteristics  
By W.J. Kennedy, Jr.

Mercado de valores  
Inversión y financiamiento para  
la reconversión industrial  
Nacional Financiera  
Julio 13, 1987

SEMIP  
Comparecencia ante la LIII Legislatura  
Alfredo del Mazo  
Dirección General de Comunicación Social  
1986  
México

SEMIP  
Primer seminario latinoamericano  
de reconversión industrial  
Ixtapa Zihuatanejo  
1987  
México