



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



A LOS ASISTENTES A LOS CURSOS DEL CENTRO DE EDUCACION
CONTINUA

Las autoridades de la Facultad de Ingeniería, por conducto del Jefe del Centro de Educación Continua, otorgan una constancia de asistencia a quienes cumplan con los requisitos establecidos para cada curso. Las personas que deseen que aparezca su título profesional precediendo a su nombre en la constancia, deberán entregar copia del mismo o de su cédula a más tardar el SEGUNDO DIA de clases, en las oficinas del Centro con la señorita encargada de inscripciones.

El control de asistencia se llevará a cabo a través de la persona encargada de entregar las notas del curso. Las inasistencias serán computadas por las autoridades del Centro, con el fin de entregarle constancia solamente a los alumnos que tengan un mínimo del 80% de asistencia.

Se recomienda a los asistentes participar activamente con sus ideas y experiencias, pues los cursos que ofrece el Centro están planeados para que los profesores expongan una tesis, pero sobre todo, para que coordinen las opiniones de todos los interesados constituyendo verdaderos seminarios.

Es muy importante que todos los asistentes llenen y entreguen su hoja de inscripción al inicio del curso. Las personas comisionadas por alguna institución deberán pasar a inscribirse en las oficinas del Centro en la misma forma que los demás asistentes, entregando el oficio respectivo.

Con objeto de mejorar los servicios que el Centro de Educación Continua ofrece, al final del curso se hará una evaluación a través de un cuestionario diseñado para emitir juicios anónimos por parte de los asistentes.

PLANEACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION

Fecha	Duración	Tema	Profesor
Junio 8	18 a 21 h	INTRODUCCION	M. en C. Juan José Dimatteo Camoirano
" 9	8 a 14 h	PRONOSTICOS	Ing. José Eliseo Ocampo Sámano
" 15	18 a 21 h	PRONOSTICOS	Ing. José Eliseo Ocampo Sámano
" 16	8 a 14 h	INVENTARIOS	Ing. Arturo Durán Peña
" 22	18 a 21 h	PLANEACION CONTROL y PRODUCCION	M. en C. Roberto Rosa Borges de Holanda
" 23	8 a 14 h	PLANEACION CONTROL Y PRODUCCION	M. en C. Roberto Rosa Borges de Holanda
" 29	18 a 21 h	PLANEACION CONTROL Y PRODUCCION SISTEMAS INTERMITENTES	M. en C. Juan Bueno Zirión
" 30	8 a 14 h	PLANEACION CONTROL PRODUCCION SISTEMAS INTERMITENTES	M. en C. Juan Bueno Zirión
Julio 6	18 a 21 h	ABASTECIMIENTOS	Ing. Miguel León Garza
" 7	8 a 14 h	MANTENIMIENTO DE MATERIALES	M en C. Juan José Dimatteo Camoirano



Directorio de Profesores del Curso Planeación y Control de la Producción, 1979

M. en C. Juan F. Bueno Ziri6n
Gerente General
Puertas y Diseños de Madera, S.A.
Blvd. A. 1. Mateos 1547
M6xico, D.F.
Tel. 598.41.66

Ing. Od6n de Buen
Jefe de la Divisi6n de Ingenieria Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingenieria, UNAM
M6xico 20, D.F.
Tel. 548.99.58

Ing. Juan Jos6 Dimatteo Camoirano (Coordinador)
Gerente General
Anuncios y Plásticos Inyectados, S.A.
16 de Septiembre 55
Naucalpan de Juárez, Estado de México
Tel. 358.15.58

Ing. Arturo Durán Peña
Subdirector de Ingenieria de Ventas
Combinado Industrial Sahagún
Av. Universidad y Miguel Laurent
Area de Direcci6n Comercial
M6xico 12, D.F.
Tel. 559.00.94

Ing. Miguel León Garza
Director General de Programas
Instituto Panamericano de Alta Direcci6n de Empresas
Floresta No. 20
Col. Clavería
M6xico 16, D.F.
Tel. 527.02.60

M. en C. Roberto Rosa Borges de Holanda
Coordinador del Area de Producci6n
Departamento de Ingenieria Industrial
Facultad de Ingenieria, UNAM
M6xico 20, D.F.
Tel. 550.52.15 Ext. 3740

Ing. Jos6 Eliseo Ocampo Sámano
Gerente de Programaci6n
Diesel Nacional, S.A.
Miguel Laurent 803
M6xico 12, D.F.
Tel. 575.18.57



EVALUACION DE LA ENSEÑANZA

CURSO: PLANEACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION (1979)

FECHAS: Del 8 de junio al 7 de julio.

	DOMINIO DEL TEMA	EFICIENCIA EN EL USO DE AYUDAS AUDIOVISUALES	MANT. DEL INTERÉS (AMENIDAD, FACILIDAD DE EXPRESION, COMUNICACION CON LOS ASISTENTES)	PUNTUALIDAD
Introducción (Dimatteo)				
Pronósticos (Ocampo)				
Inventarios (Durán)				
Planeación, Control y Producción (Rosa)				
Planeación, Control y Producción, Sistemas Intermitentes (Bueno)				
Abastecimientos (León)				
Mantenimiento de Materiales (Dimatteo)				
ESCALA DE EVALUACION DEL 1 AL 10 edcs. 6, VI, 79.				

1

1

1

1

10

1

1

1

1

1

1

EVALUACION DEL CURSO

CONCEPTO		EVALUACION
1.	APLICACION INMEDIATA DE LOS CONCEPTOS EXPUESTOS	
2.	CLARIDAD CON QUE SE EXPUSIERON LOS TEMAS	
3.	GRADO DE ACTUALIZACION LOGRADO CON EL CURSO	
4.	CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL CURSO	
5.	CONTINUIDAD EN LOS TEMAS DEL CURSO	
6.	CALIDAD DE LAS NOTAS DEL CURSO	
7.	GRADO DE MOTIVACION LOGRADO CON EL CURSO	

ESCALA DE EVALUACION DE 1 A 10

.

.

.

.

|

|

|

|

|

|

|

|

|

|

1. ¿Qué le pareció el ambiente del Centro de Educación Continua?

Muy agradable agradable Desagradable

2. Medio de comunicación por el que se enteró del curso:

Periódico Excélsior Periódico Novedades Folleto del Curso

Cartel mensual Radio Universidad Comunicación carta, teléfono, verbal, etc.

3. Medio de transporte utilizado para venir al Palacio de Minería:

Automóvil particular Metro Otro medio

4. ¿Qué cambios haría usted en el programa para tratar de perfeccionar el curso?

5. ¿Recomendaría el curso a otras personas? Si No

6. ¿Qué curso le gustaría que ofreciera el Centro de Educación Continua?

7. ¿Qué servicios desearía que tuviese el CEC para los asistentes a cursos?

8. Otras sugerencias:



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



PLANEACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION

INTRODUCCION

Ing. Juan José Dimatteo

junio - julio, 1979

• •

•

•

•

•

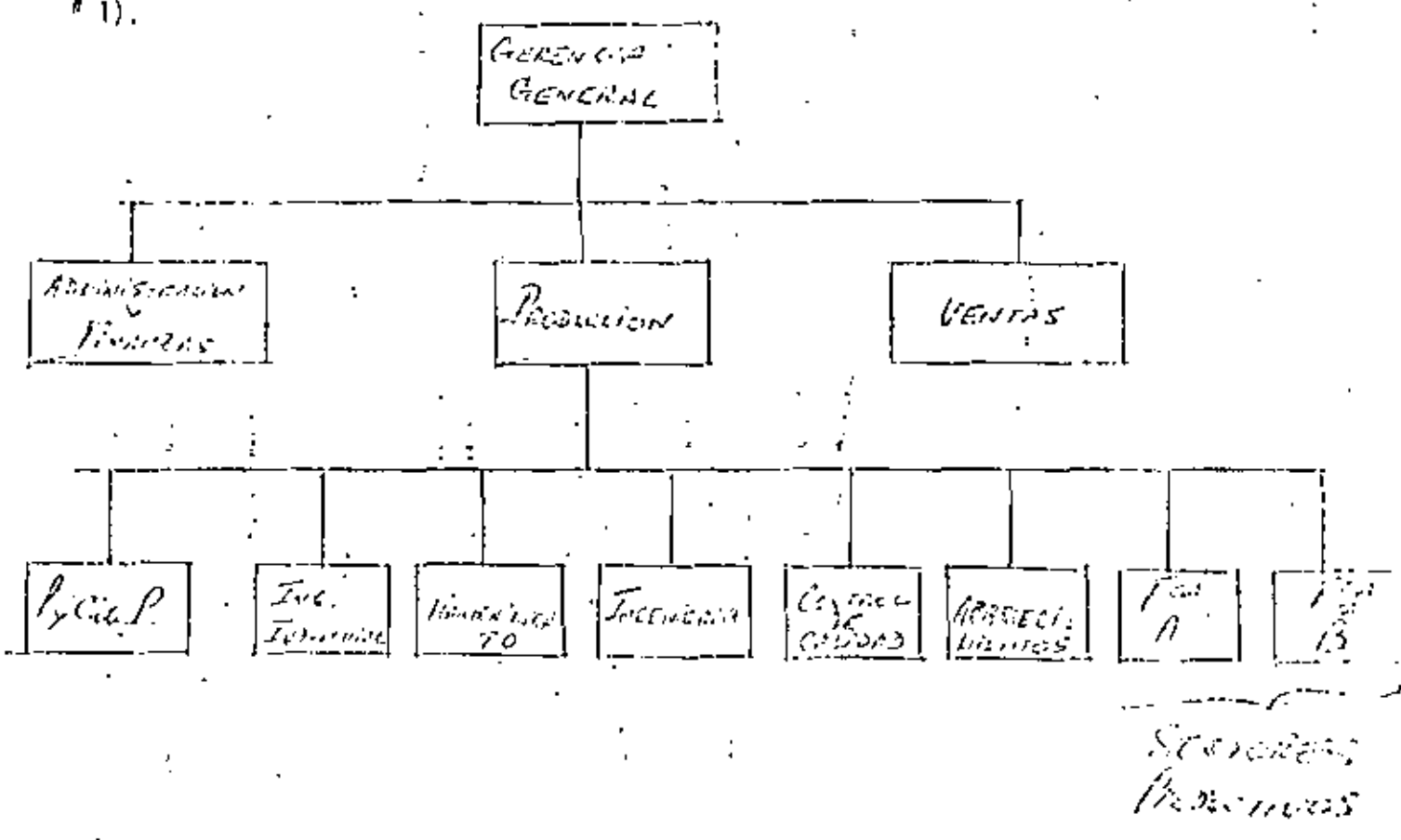
• • • • •

CONCEPTO DE SISTEMA DE PRODUCCION. - Es la armazón o esqueleto de las actividades dentro del cual ocurre la creación del valor.

CONCEPTO DE SISTEMA. - Es un conjunto de elementos interrelacionados con un objetivo común.

Dentro de este Sistema de Producción que acabamos de definir existen subsistemas, es decir sistemas más pequeños que forman parte del todo. Por ejemplo podemos hablar de un subsistema de información, un subsistema para planear y controlar la producción, para control de calidad, para inventarios, etc.

En estas notas abordaremos el Subsistema de Planeación y Control de la Producción. Para ello trataremos de ubicarlo dentro del organigrama de la empresa (fig. # 1).



Debe entenderse en primer lugar que la función de Planeación y Control de la Producción (P. y C. de P) es de Coordinación. Es decir requiere de información y cooperación entre varias áreas de la empresa.

La relación con ventas (mercadotecnia) debe ser bidireccional. Del Departamento de Ventas provienen los pedidos y las fechas de entrega prometidas. Los pedidos indican cantidades y fechas de embarque. Esta información es esencial para iniciar la planeación de la producción.

Sin embargo es común que haya problemas entre Ventas y Producción. Incluso hay empresas que estimulan una cierta competencia entre ambos departamentos.

Recuerdo un razonamiento que escuché en un Departamento de Ventas y que creo explica bien el conflicto que suele plantearse. "Cuando las ventas van bien, ello se debe a que las políticas y procedimientos de ventas son muy buenos. Cuando las ventas van mal, ello se debe a que el producto es malo o no se cumple con los compromisos de entrega".

Para evitar estos problemas (y aquí aparece la bidirección) el departamento de P. y C. de P. debe proporcionar informes a ventas sobre los tiempos críticos en la fabricación, para la compra de materiales y partes, las especificaciones de los productos que son factibles de producir y la relación de órdenes de trabajo que pueden demorar el cumplimiento de los pedidos particulares.

La relación con el Departamento de Ingeniería es obvia. Se necesitarán dibujos técnicos, especificaciones, heliográficas y otras informaciones descriptivas acerca de los productos y procesos comprendidos en la fabricación.

La P. y C. de P. necesita estos datos para hacer las hojas de ruta, lista de materiales, etc.

Nuevamente suelen presentarse fricciones entre estos departamentos. Los de ingeniería piensan que producción no quiere saber nada con cambios y los de producción resienten la alteración de programas y rutas cuando ingeniería hace tales cambios.

La relación con lo que hemos llamado "Sectores Productivos" es, desde luego, la que comprende la mayor parte de la actividad de la P. y C. de P. Casi todos los despachos van al departamento de fabricación y la mayoría de las expediciones se hace con este grupo. Cuando hay ruido en las comunicaciones entre estos dos departamentos, o se presenta algún conflicto, lo firma puede encontrarse con verdaderos problemas.

La relación con el departamento de personal comprende el problema de disponibilidad de empleados y la adquisición de nuevos. Personal requiere saber cuántos empleados se requerirán en el futuro y a menudo recurre a P. y C. de P. para obtener esta información.

Las relaciones con compras aparecen como obvias. Compras necesita saber, con bastante antelación, las cantidades y especificaciones de los materiales que se requerirán.

Esta información debe provenir de P. y C. de P. - De la misma manera P. y C. de P. necesita retroalimentación para saber si los materiales están disponibles o no y si llegarán en el momento adecuado para cumplir con el programa de producción. Ultimamente apareció una nueva función del departamento de compras llamado "Análisis del Valor" que fundamentalmente estudia materias y procesos alternativos. Esta nueva función ha aumentado la necesidad de comunicación con P. y C. de P. y con ingeniería.

Con el Departamento de Ingeniería Industrial se requiere un contacto muy estrecho. En ocasiones I.I. depende de P. y C. de la P. (en algunos organigramas se da la inversa).

Ingeniería Industrial deberá proporcionar datos sobre tiempos, distancias, disposición óptima de equipos, movimiento de materiales, inventarios, capacidad de máquinas, etc.

LAS FUNCIONES DE P. y C. de la P.:

Las funciones o tareas difieren mucho de acuerdo con el tamaño y tipo de industria.

No obstante, podemos enumerar las siguientes funciones para el caso más general.

1. Análisis de pedidos para determinar las materias primas y partes que se necesitarán.
2. Planeamiento de los trabajos.
3. Preparación de los órdenes de trabajo y de los modelos impresos para los mismos, de la redacción, de las tarjetas de tiempo, de los vales de almacén, etc.
4. Llevar el control de inventarios.
5. Solicitudes de compra:
 - a. reponer materiales
 - b. artículos comprados afuera
6. Lista de operaciones y hojas de ruta.
7. Estudios de tiempos y movimientos.
8. Carga de máquinas.
9. Reparto diario del trabajo.
10. Control del avance de trabajos.
11. Registros de Producción.
12. Control de Subcontratos.
13. Ayudar a hacer las estimaciones de costo sobre los órdenes.

TIPOS DE CONTROL DE LA PRODUCCIÓN

En realidad no podemos hablar de un tipo determinado de Control de Producción - pues un Sistema puede funcionar en una empresa y fracasar en otra similar.

Los factores básicos que hacen que un Sistema de Control sea más conveniente -

que otro, incluyen el tamaño de la compañía, la cantidad de detalles requeridos para el control, la naturaleza de los procesos, la naturaleza de los artículos y los tipos de mercados en los cuales está la empresa.

Dado que hay tantas variables, se han desarrollado varios tipos generales de sistemas para el control de la producción.

Los más comunes son:

1. Control por órdenes. Es el más común. Se usa para los sistemas intermitentes y de trabajo por lote. Los pedidos llegan a la fábrica en gran variedad de artículos y cantidades. Debido a esto, la P. y C. de P. debe basarse en órdenes individuales. Volveremos sobre él.
2. Control del flujo. Se utiliza para sistemas continuos (industria química, la petrolera y cualquier producto fabricado en cantidades masivas). En este caso se traza una ruta para el proceso y se hace la planeación cuando se hace la disposición de equipos. O sea que se establece una línea de producción balanceada. El Departamento de P. y C. de P. controla el flujo del trabajo dentro del sistema.
Como es muy común, lo analizaremos más en detalle.
3. Control de bloques. Lo encontramos en la industria textil, la industria editorial de libros, etc. - La razón básica es que debemos mantener las cosas separadas. Por ejemplos en la industria de la confección de ropa, debemos mantener las partes componentes separados por talla y estilo.

Por lo tanto, el Sistema de Control típico implica trabajar en un bloque de -

varias unidades de mangas, frentes, espaldas, cuellos, etc. O sea que es posible cortar quizás un lote de 50 espaldas, puños, cuellos, etc., todo de una vez. Entonces ese bloque se traslada a una operación de ensamble en donde son cosidas, y así continua el proceso, manteniendo constantes el color, la tela, el modelo, en el mismo bloque.

En el campo de los libros y revistas, es esencial el control por bloques para evitar mezclar las páginas o colocarlas en una secuencia equivocada.

4. Control de Proyectos Especiales. Si tenemos trabajos que son especialmente costosos o laboriosos para terminarlos, tales como la construcción de un puente, un reactor, un horno grande, obras de ingeniería civil, etc. se instituye este tipo de control

En vez de tener conjuntos de formas elaboradas para la ruta y la programación, un hombre o un grupo se mantienen en estrecho contacto con el trabajo. Por ser especialmente importante y común, lo hemos incluido como un tema aparte en este curso.

Antes de pasar a analizar en detalle cuales son las etapas de un sistema de control por órdenes o por flujo, es conveniente aclarar un poco más el concepto de producción intermitente y producción continua.

Producción Intermitente: Principales características.

1. Maquinaria de propósito general

2. Equipo de movimiento de materiales de trayectoria variable ó general.
3. Producción de lotes pequeños con gran variedad de productos.
4. Producción basada en órdenes de venta.
5. Menores costos para lotes pequeños.
6. Menores inversiones en activos fijos.
7. Mayor flexibilidad en la producción.

Ejemplos: Talleres mecánicos en general, fábricas de anuncios publicitarios, contratistas de edificios, etc.

Producción Continua: Principales características.

1. Menores costos para lotes grandes.
2. Menor movimiento de materiales. Equipo automático y mecanizado.
3. Costos de inventarios menores por unidad de producción.
4. Mayor rendimiento del espacio por unidad producida.
5. C. y P. de P. Simplificada. Menor necesidad de órdenes y controles. Secuencia lógica.

Ejemplos: Fabricación de automóviles, artículos alimenticios enlatados, artículos electrodomésticos, fábricas de papel, cemento, etc.

PLANEACION Y CONTROL DE LA P. EN SISTEMAS INTERMITENTES: (Control por órdenes).

Las actividades de la P. y C. de la P. están basadas en las órdenes y están coordinadas por el uso de números de órdenes. Cada pedido tiene un número durante

todo el proceso.

Cuando se recibe el pedido, el departamento de P. y C. de P. deberá determinar:

1. Las materias primas y las partes necesarias para cumplir el pedido.
2. Las operaciones que se requerirán.

El primer punto puede ser resultado de un análisis de ingeniería o pueden tomarse de una lista maestra de materiales, si se lo ha hecho antes. ...

Se elabora entonces la lista de materiales que deberá incluir:

1. Nombre y número del producto.
2. Materias primas requeridas y sus cantidades.
3. Especificaciones (dibujos, heliográficas, etc.)
4. Número de orden y número de piezas a fabricarse.

El segundo elemento que se recibe de ingeniería es la hoja de ruta. Esta contiene el orden de los pasos u operaciones que se requieren para completar la orden. Además indica el tipo de máquina, los herramientas necesarias, y el tiempo de cada operación.

Un ejemplo de Hoja de Ruta es el siguiente:

HOJA DE RUTA										
Orden No. _____		Fecha Inicio _____			Fecha Iniciación _____					
Pieza # _____		# . de Piezas _____			% Defectuosos _____					
Material _____		Entrega en _____			Materias Primas _____					
OF.	Operación	Máquina	TIEMPOS				FECHA		Inspec.	Observac.
			Prep.	Mag.	Lote	Total	i	T		
1	Cortar Láminas	Cizalla								
2	Cortar Círculos	Cortadora								
3	Agujerear	Prensa								
4	Rebabeear	A mano								
5	Etc.									

Una vez que se tiene lo anterior comienza la Programación Cronológica. Esto implica determinar los requisitos de tiempo para realizar cada trabajo.

Es recomendable trabajar en forma retrogresiva, es decir, a partir de la fecha en que debe entregarse el producto y avanzar hacia el principio. Para formular el programa es necesario contestar a otras preguntas. ¿Cuál es la capacidad de Producción? , ¿Cuál es la carga de máquinas actual? , ¿Qué tiempo se requiere para mover materiales entre los diferentes centros productivos? , ¿Qué tiempo se deberá asignar para inspección? , ¿Qué materias primas hay en el almacén y cuánto tardan en conseguirse las que faltan? , ¿Cuáles son las prioridades de fabricación? .

Una vez que hemos contestado a estas preguntas es posible comenzar a establecer fechas. El procedimiento más común para esto son los gráficos de GANTT que pueden fabricarse en forma manual o con tableros comprados.

Veamos la forma que toma un gráfico Gantt para la construcción de un galcón.

Actividades	Días			
	1 a 7	8 a 15	16 a 23	24 a 31
Movimiento de tierra				
Excavación				
Fundación				
Estructura				
Recubrimiento				
Pintura				
Electricidad				

El paso siguiente es la Expedición. Esto es la emisión de los órdenes de trabajo que pasarán al taller. Los datos que contiene una orden de trabajo son bastante parecidos a los de las hojas de ruta. En algunos casos la orden de fabricación tiene datos escuetos: cantidad a producirse y fecha de entrega. El encargado de producción decide en este caso en qué máquinas se hace el trabajo, con qué gente y demás detalles de implementación. Es decir que el encargado de producción hace la programación final.

Esto a dado origen a lo que se llama Expedición Descentralizada (que es este último caso) o la Expedición Centralizada (que es cuando P y C de P indica todos los detalles).

Junto con los órdenes de producción, deberán emitirse otras como requisiciones de compra, movimientos de materiales, herramientas, etc.

Todas las actividades mencionadas hasta aquí son en realidad de planeación. Una vez emitidas las órdenes comienza la fabricación y se presenta la necesidad del Control.

Estas actividades de control se conocen con el nombre de continuidad de la producción. Consisten esencialmente en comprobar que las cosas se están haciendo de acuerdo a lo planeado y aplicar medidas correctivas en caso de desviaciones.

Lo fundamental en esta etapa es el establecimiento de un Sistema de Comunicaciones adecuado. Estas comunicaciones incluyen reportes sobre las órdenes terminadas, interrupciones, quentisimo, desperdicios, inspección, inventarios actualizados, etc.

Se adjunta un formato que ejemplifica un reporte de tiempo perdido.

Resumiendo: La p y C de P. de los sistemas intermitentes requiere:

- 1) Análisis de las órdenes para determinar lista de materiales y la hoja de ruta.
- 2) Recibir la información necesaria para poder elaborar los programas cronológicos.

- 3) Despacho de órdenes y comienzo de la producción.
- 4) Actividades de continuidad para ver si los planes se llevan a cabo. En caso contrario se deberán aplicar las medidas correctivas del caso.

P y C. de P. en Sistemas de Producción Continua: (Control del Flujo)

En este caso las actividades de planeación y control son mucho más sencillas. No hay que preocuparse por la ruta, ya que la misma ha sido determinada al diseñar la planta.

El arreglo del equipo está basado en productos estandarizados, y las máquinas se colocan en secuencia. Las máquinas están conectadas con dispositivos de trayectoria fija para el movimiento de los materiales. Incluso el despacho de órdenes a los trabajadores se reduce mucho pues los mismos no ejecutan una pluralidad de trabajos, sino que hacen tareas especializadas día tras día.

Básicamente, la función de la planeación de la producción comprende la determinación de cuantas unidades producir de los artículos estandarizados para alineamiento o para pedidos futuros. Una vez hecho el pronóstico, enfrentaremos el problema de mantener suficiente materia prima y suministros para mantener funcionando el sistema:

La función que antes llamamos Despacho se convierte aquí en emisión de volantes de producción que indican el número de unidades que deben fabricarse en un pe-

rifido dado. Estos volantes van al responsable de la producción en vez de ir a los supervisores y / o trabajadores.

La función del control de la producción está dirigida hacia el mantenimiento del ritmo del flujo de la producción, de manera de producir el número requerido de artículos.

Estos sistemas se caracterizan por un gran volumen de producción y, por lo tanto, el control de inventarios adquiere mucha importancia y puede ser responsabilidad del departamento de P y C de P.

Si este es el caso, la gente del departamento dedica una gran cantidad de tiempo en mantener los inventarios y este punto lo veremos en otra parte del curso. La función primordial en este campo es lograr una buena rentabilidad del capital puesto en inventarios.

Resumiendo podemos afirmar que la P y C de P, en los sistemas de producción continua es más sencillo que en los sistemas intermitentes. Comprende fundamentalmente dos actividades.

1. Disponer de materias primas y suministros para mantener abastecido el sistema, y asegurarse de que los productos terminados sean sacados del sistema de producción.
2. Mantener el ritmo del flujo de producción de manera que el sistema pueda funcionar hasta casi cerca de su capacidad máxima.



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

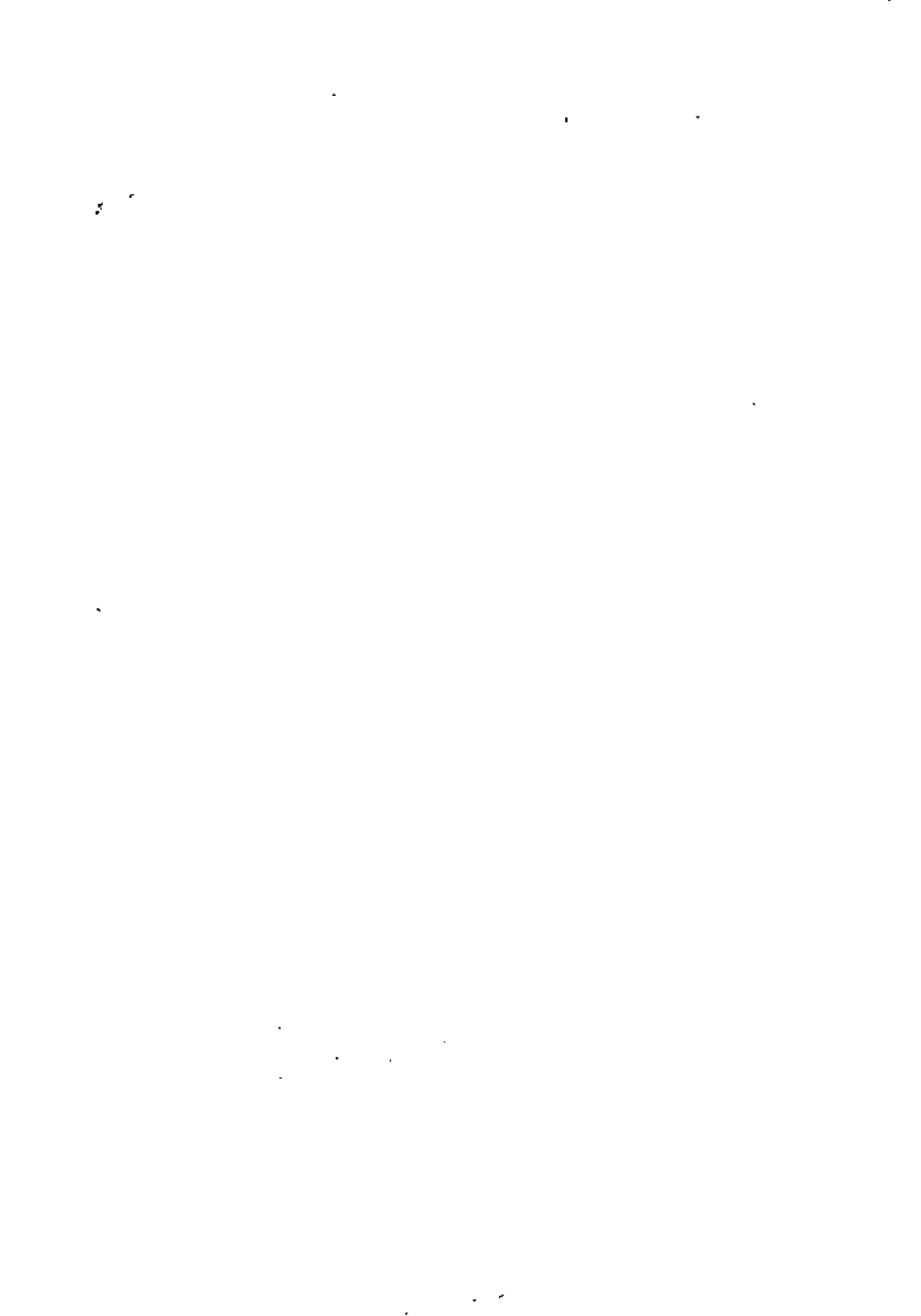


PLANEACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION

MANEJO DE MATERIALES

ING. JUAN JOSE DIMATTEO

Junio, Julio, 1979



MANEJO DE MATERIALES

En el sentido más amplio, el manejo de materiales puede definirse como "la preparación, ubicación y posicionada de los materiales para facilitar sus movimientos y almacenajes".

En los últimos años y en particular luego de la 2da. guerra, la Ing. de Manipuleo de Materiales ha tenido un gran desarrollo como consecuencia del análisis profundo de los costos asociados a movimientos y almacenajes realizados en las fuerzas armadas y en las grandes empresas. Fue así como se introdujeron gran cantidad de sistemas, equipos móviles, transportadores, sistemas de almacenaje, Etc., que naturalmente produjeron un gran impacto en la reducción de costos industriales.

Las técnicas de manipuleo de materiales tiene como objetivos:

- 1.- Reducir Costos.
- 2.- Reducir desperdicios
- 3.- Aumentar capacidad productiva.
- 4.- Mejorar condiciones de trabajo.
- 5.- Mejorar la distribución o Lay-Out.

Las actividades de planeamiento de Mov. de Materiales deben realizarse en forma conjunta con el Man de Lay Out debido a que el 2do. es un modelo estático y es el equipo de Movimiento de Materiales lo que lo hace dinámico.

Para tener una idea de la importancia de los costos de manipuleo podemos decir que globalmente llegan a ser del 30 al 35% del costo total de producción.

Se ha estimado también que sólo el 20% del tiempo en que los materiales están en una planta son procesados, siendo el 80% restante utilizado para movimientos e almacenaje.

Normalmente no será suficiente considerar el problema de manipuleo dentro de la fábrica o en Departamentos de Expedición. Es necesario enfocar el problema total en forma sistemática desde la fuente de Materia Prima hasta llegar al usuario. La tendencia moderna es aplicar el análisis de sistemas mediante la utilización de técnicas de Investigación de Operaciones. El análisis de sistemas parte de la idea que todas las actividades del Sistema Industrial están ligadas por relaciones causa-efecto que pueden describirse con expresiones matemáticas.

El problema de Mov. de Mat. a un costo mínimo de tiempo y esfuerzo no está restringido a la planta industrial. Si bien el desarrollo más espectacular se ha producido en el sector industrial, hay también numerosas oportunidades de aplicación en otras actividades que no deben ser pasadas por alto en el ejercicio de la Ingeniería Industrial.

EL PROBLEMA DEL MANIPULEO DE MATERIALES:

Genéricamente un problema de manipuleo incluirá los siguientes elementos:

- 1.- Movimiento: Materias Primas, partes, productos, Etc. deben tratarse. El movimiento debe hacerse asegurando eficiencia y bajo costo.

- 2.- Tiempo : Los materiales deben estar disponibles en las fechas planeadas.
- 3.- Lugar : Los materiales deben estar disponibles en los lugares adecuados.
- 4.- Cantidad : En las diversas etapas del proceso productivo, las cantidades pueden variar mucho. Es responsabilidad del Mov. de Mat. de proveer cantidades apropiadas.
- 5.- Espacio : Dado que los espacios cuestan dinero, la eficiencia del aprovechamiento de los espacios estará relacionada con los sistemas de movimientos de materiales.

PRINCIPIOS GENERALES :

A medida que un tema se complica se hace más necesario disponer de principios rectores en la práctica diaria. Los principios de Mov. de Mat. representan el conocimiento acumulado a lo largo de años por quienes han practicado estas actividades tanto en la industria como en el comercio.

- 1.- Planeamiento : Se deben planear las actividades de manipuleo y almacenaje de materiales a fin de obtener la máxima eficiencia operativa global.
- 2.- Sistemas : Integrar tantas actividades de manipuleo como fuera posible en un sistema coordinado de operaciones que cubra proveedores, recepción, producción, inspección, embalaje, depósitos, expedición, transporte y servicio.

- 3.- Gravedad : Utilizar la fuerza de la gravedad siempre que sea posible.
- 4.- Espacios : Aprovechar en forma óptima el espacio en tres dimensiones.
- 5.- Tamaño Unitario : Aumentar la cantidad, tamaño o peso de las cargas unitarias.
- 6.- Mecanización : Siempre que sea económicamente factible, se deberán mecanizar las operaciones de manipuleo.
- 7.- Normalización : Normalizar métodos de manipuleo así como también tamaños y tipos de equipos empleados.
- 8.- Adaptabilidad : Utilizar métodos y equipos que puedan realizar una variedad de tareas y aplicaciones, donde no se justifiquen equipos especiales.
- 9.- Peso propio : Reducir la proporción de peso propio del equipo de transporte con relación a la carga transportada.
- 10.- Utilización : Lograr la máxima Carga de Trabajo para equipos y la mano de obra.
- 11.- Mantenimiento : Planear el mantenimiento preventivo y correctivo de todos los equipos de manipuleo.
- 12.- Control : Utilizar actividades de manipuleo de materiales para mejorar el control de la producción e inventarios.
- 13.- Seguridad : Proveer métodos y equipos adecuados para un manipuleo seguro.

14.- Capacidad Los equipos de manipuleo deben ayudar a lograr la producción deseada y aún cubrir los picos.

El campo del Mov. de Mat. es un amplio sector de la Ingeniería Industrial incluye los problemas relacionados con Disposic. de Equipos, Almacén, Selección de Equipos Mecánicos, Automatización, Estudio de Tiempos y Métodos de Movimientos, Reducción de Costos, Tráficos, Embalajes, Etc.

En muchos problemas de lay out el Mov. de Mat. llega a ser el factor determinante, por eso declaramos que deben analizarse en forma conjunta.

DESCRIPCION DE EQUIPOS DE MOV. DE MAT.

El "Material Handling Handbook" (The Ronald Press Co. New York) presenta más de 430 clases de equipos. Nosotros agruparemos los tipos de equipos en 8 categorías principales:

- 1.- TRANSPORTADORES CONTINUOS
- 2.- GRUAS, MALACATES Y ELEVADORES
- 3.- VEHICULOS INDUSTRIALES.
- 4.- VEHICULOS AUTOMOTORES
- 5.- VAGONES FERROVIARIOS.
- 6.- TRANSPORTES MARITIMOS.
- 7.- TRANSPORTE AEREO.
- 8.- CAJAS DE TRANSPORTE Y EQUIPOS AUXILIARES.

Esta clasificación incluye todos los equipos de uso universal. Nosotros veremos los tipos más difundidos en el transporte industrial interno y que -

son: 1, 2, 3 y 8.

1.- TRANSPORTADORES CONTINUOS.- Genéricamente un transportador continuo se define como "un dispositivo horizontal, inclinado o vertical, concebido y construido para transportar materiales a granel, paquetes u objetos según una trayectoria determinada por el diseño del dispositivo y que tiene punto de carga fijos o selectivos.

Generalmente son fijos, si bien hay algunos móviles.

Los transportadores continuos pueden considerarse como el símbolo de la producción en masa, ya que proveen materiales en forma sincronizada -- que es la esencia de una producción organizada. Se los hace para transportar casi todo tipo de productos desde gramos hasta toneladas. Además se hace notar que aprovechan convenientemente en algunas cosas el espacio cúbico.

Los transportadores continuos se pueden dividir en dos grandes grupos:

- a). De paquetes individuales (cargas discretas).
 - 1. Transportadores de Trolley
 - 2. Transport. de cintas o cadenas (mov. horizontal o inclinado).
 - 3. Transport. de Gravedad.
- b). De material a granel -- (cargas continuas).

1.- Tipo Trolley: Consiste en una serie de trolleys que se desplazan sobre un riel colocado a cierta distancia del suelo, y conec-

tados unos a otros por medio de una propulsión sin fin como son : cor-
denas, cables, Etc. La carga se suspende de los trolleys mediante gan-
chos, bandejas o dispositivos especiales.

Se usan cuando se mueven cargas individuales con mucha frecuencia, -
siendo su aplicación más definida en las siguientes cosas :

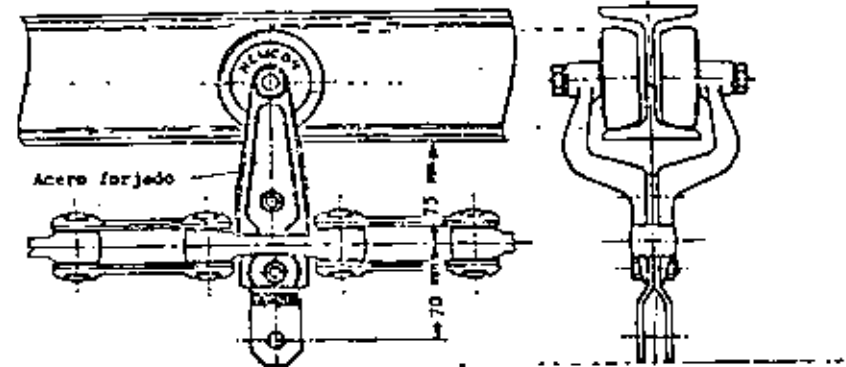
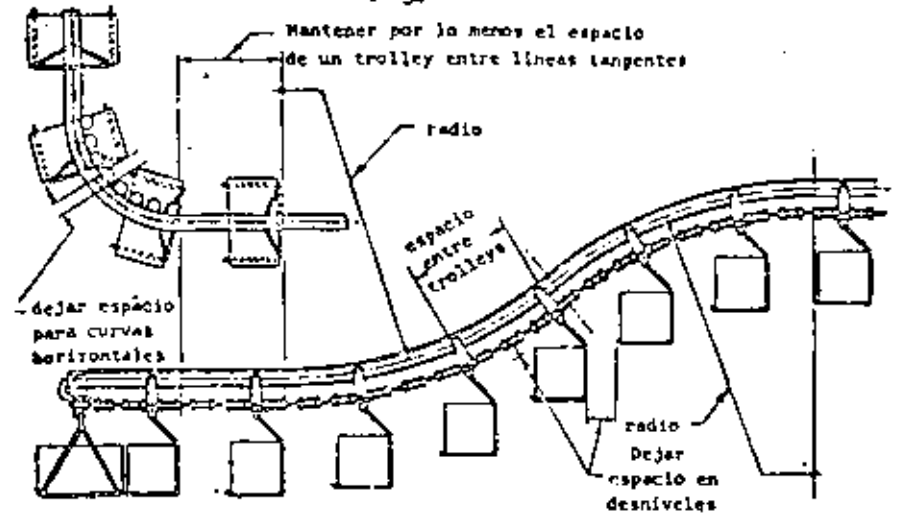
1. Transporte entre varios puntos con selección automática del -
punto de descarga.
2. Operaciones con baños electrofilitas, pinturas, Etc. en pro-
ducción masiva.
3. Armeo del producto sobre el transportador.
(Pueden o no usar el principio de potencia y libre (Power and
free).

La carga se lleva en trolleys individuales en un riel inferior mientras -
en uno superior se construye el accionamiento de modo que la tracción -
pueda ser desconectada en cualquier momento.

4. Almacenamiento de materiales en proceso en líneas de produ-
cción lo cual ahorra espacio en departamentos de Producción.

En las figuras puede verse una visto general de un transportador de -
trolley y un detalle del trolley.

...

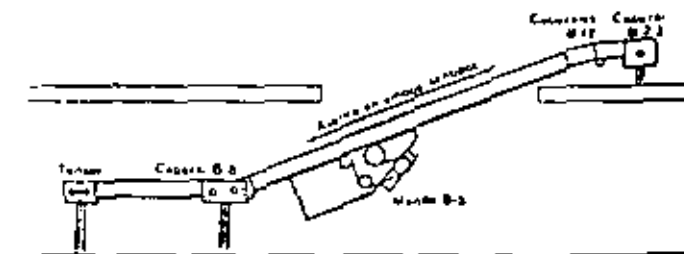
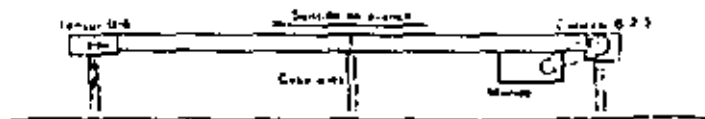


2. CINTAS TRANSPORTADORAS : Este grupo comprende los -
equipos utilizados para mover cargas discretas como son : pa-
quetes u objetos sobre una cinta generalmente de superficie -
plana y a lo largo de una trayectoria horizontal o inclinada.
No incluye los equipos para transportes a granel, que en par-
te se construyen según los mismos lineamientos.
En principio se trata de un movimiento bidimensional.

La superficie de acarreo es accionada por fricción mediante una polea matriz apoyada en rodillos. Son de uso muy general debido a su baja inversión y poca costo operativo. La única limitación lo constituye el hecho de que el material no debe dañar a la cinta. Los cintas se construyen de tela, hule, plástico, piel, metálicas, Etc. En todos los casos es necesario incluir un dispositivo tensor pues el estiramiento de la cinta es del orden del 0,5 al 1,5%.

Para el caso de cintas inclinada, hasta 10 grados no hay problemas; se puede llevar hasta 35° mediante el agregado de barras transversales o dispositivos especiales, ello depende también del centro de gravedad de la carga.

En cuanto a velocidades, el rango es muy grande pudiendo ir desde 15 cm/min. hasta varios mts/minuto.



Cintas transportadoras



B5. Mando intermedio



B2-3 B2-7. Cabezal extremo cinta



B6. Intermedio

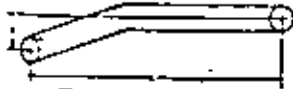


B12. Segmento angular intermedio
Detalle de cintas transportadoras.

Cálculo de potencia requerida para una cinta transportadora de bultos

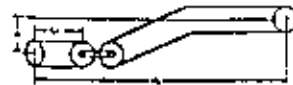
Se aplican las siguientes fórmulas de potencia requerida en la polea de mando (ferrada con cepo de goma) para los casos básicos de mando en sebal de extremo de cinta, sin aditamentos especiales

CASO I



$$N = \frac{(Q + Q_c) \cdot L \cdot V}{1400} + \frac{Q_c \cdot H \cdot V}{70}$$

CASO II



$$N = \left(1 + 0,12 \cdot \frac{L_a}{L} \right) \cdot \frac{(Q + Q_c) \cdot L \cdot V}{1400} + \frac{Q_c \cdot H \cdot V}{70}$$

Por otros casos la fórmula básica se transforma de acuerdo al siguiente Cuadro:

ADITAMENTO	MANDO	POLEA DE MANDO	FÓRMULA
---	En cabezal B-2	sin tensor	1,03 N
Tensor intermedio	En cabezal B-2	tensor	1,07 N
---	---	sin tensor	1,15 N
---	Intermedio B-5	ferrada	1,20 N
---	---	sin tensor	1,38 N

La potencia requerida en el motor será:

$$N_m = \frac{N_t}{\eta} \text{ siendo } \eta \text{ el rendimiento de la transmisión}$$

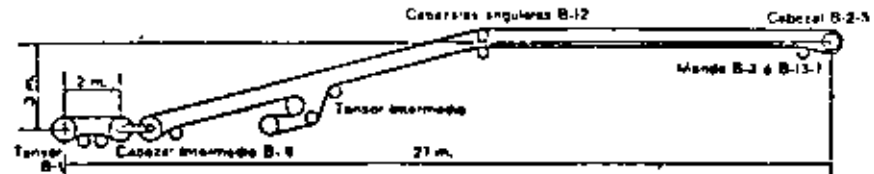
NOMENCLATURA

- Q_b : Capacidad de transporte en bultos/hora.
- d : Distancia promedio libre entre bultos en m.
- F_{max} : Fuerza de tracción máxima en kg.
- H : Altura total de elevación en m.
- L : Proyección horizontal en m. de la distancia total de transporte.
- L_a : Proyección horizontal en m. de la distancia de transporte anterior al cabezal intermedio B-5
- l : Longitud del bulto en m.
- N : Potencia básica en C.V.
- N_t : Potencia total de tracción con aditamentos en C.V.
- N_m : Potencia de motor necesaria en C.V.
- p : Paso entre rodillos en mm.
- Q : Peso de las partes móviles del transportador en Kg/m. (Tabla I)
- Q_b : Peso del bulto en Kg.
- Q_c : Peso máximo de bultos en Kg/m. (Distancia entre bultos d).
- V : Velocidad de transporte en m/seg.

Figura 11.

Cinta transportadora. Ejemplo de cálculo

Con los elementos normalizados indicados se instala una cinta como la de la figura que debe transportar 1200 paquetes por hora, cada uno de un peso de 40 Kg, largo 0,50 m. y ancho 0,45 m.



Estimando una velocidad de 0,3 m/seg. nos da una distancia promedio libre entre paquetes de:

$$d = 3600 \cdot \frac{V}{Q_b} = 3600 \cdot \frac{0,3}{1200} = 0,9 = 0,3 \text{ m}$$

perfectamente compatible con el transporte.

Elegimos la primer correa de ancho mayor o igual al ancho del paquete. Ancho de correa = 20" = 510 mm. y el peso p de los rodillos de acuerdo a la fórmula:

$$p = 500 \cdot l = 25 \quad p = 500 \cdot 0,8 = 25 = 275 \text{ mm}$$

Adoptamos el primer paso Standard inferior o igual al anterior, es $p = 200 \text{ mm}$, que nos da un peso $q = 14,7 \text{ Kg/m}$.

La carga máxima de bultos por metro será

$$Q_c = \frac{q_b}{l} = \frac{40}{0,5} = 80 \text{ Kg/m}$$

y la potencia (para caso II):

$$N = \left(1 + 0,12 \cdot \frac{L_a}{L} \right) \cdot \frac{(Q + Q_c) \cdot L \cdot V}{1400} + \frac{Q_c \cdot H \cdot V}{70}$$

$$N = \left(1 + 0,12 \cdot \frac{27}{27} \right) \cdot \frac{80,7 \cdot 27 \cdot 0,3}{1400} + \frac{66,6 \cdot 3 \cdot 0,3}{70}$$

$$N = 1,01 \cdot 0,47 + 0,86 = 1,33 \text{ C.V.}$$

Si usamos polea ferrada de goma por el tensor intermedio debemos aplicar:

$$N_t = 1,07 \cdot N = 1,07 \cdot 1,33 = 1,42 \text{ C.V.}$$

La fuerza de tracción sobre la correa será:

$$F = \frac{75 \cdot N_t}{V} = \frac{75 \cdot 1,42}{0,3} = 355 \text{ Kg.}$$

TRANSPORTADORES DE GRAVEDAD: Como su nombre lo indica se usa la gravedad como fuerza propulsora. Sirven únicamente para cargas discretas. Tienen el inconveniente que debido a que no puede controlarse muy bien la velocidad, en general no sirven para cargas frágiles.

El grupo puede funcionalmente dividirse en transportadores de rodillos, de ruedas (de patín) y toboganes. El grupo incluye también a los transportadores horizontales que se utilizan en general para operaciones de armada en el caso de productos voluminosos que pueden desplazarse de un puesto de trabajo al otro, empujándolos.

El largo de una instalación de rodillos y gravedad, está limitada únicamente por la pérdida de altura debido a la inclinación. Para instalar una línea larga, si no hay altura suficiente, se utilizan elevadores mecánicos colocados en puntos intermedios los que suben el bulto a cierto nivel permitiendo de tal manera la continuación del transporte por gravedad.

Estos transportadores permiten almacenar mercaderías a lo largo de su desarrollo, de modo tal, que a medida que se retiran los bultos de la parte inferior los demás descienden automáticamente. En las figuras se describen los principales tipos y sus características.

TRANSPORTADORES A GRANEL. Son los equipos concebidos y construidos para el manejo continuo de grandes cantidades de material a granel, que incluye gases, líquidos y sólidos.

Los gases y líquidos no plantean problemas dado que se transportan en conductos con o sin bombas o compresoras, o en barriles, tambores, batallas, Etc. En este último caso pueden ser considerados como cargas discretas. Por lo tanto al mencionar los transportadores continuos a granel debe entenderse que se trata de materiales sólidos.

Dada la gran cantidad de equipos en este aspecto funcional, su elección está determinada generalmente por los siguientes factores:

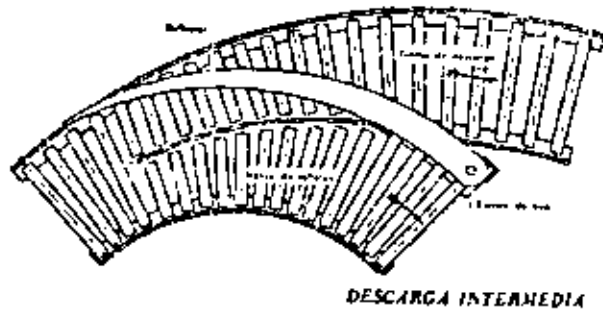
- | | | |
|-------|----------------------------------|---|
| 1a). | Estado Físico de los materiales. | Tamaño de la partícula.
Peso.
Temperatura
Fragilidad
Resistencia a la abrasión
Resistencia a la corrosión.
Etc. |
| | | Carbon
Piedra
Cal |
| 2da). | Uso a que se destine: | Formación de mezclas.
Recepción y descarga
Carga a paquetes individuales.
Carga de máquinas u hornos. |
| | | Transporte entre plantas. |

En este grupo debe mencionarse también el transporte neumático de elementos sólidos como es el caso del algodón.

ROLLETES DE GRAVEDAD

INDICACIONES PARA SU ELECCION:

- 1° Los rolletes deben tener una superficie rígida y lisa para el transporte. Los que se deforman excediéndose en los espacios entre rolletes, deben llevarse sobre bandejas. Los bultos con traviesas deben transportarse en forma que estas no se traben con los rolletes.
- 2° El peso de los rolletes elijase de la Tabla I, entrando en ella con el largo del bulto más corto. En caso de resultar esta medida entre dos valores, adoptese el que corresponde con un peso menor.
- 3° El largo del rollete determinese, sumando 50 mm. al ancho del bulto. Dimensión A ó A₁ de los dibujos de la pág. 27.
- 4° El diámetro del rollete, longitud de los tramos y perfiles del bastidor, se indican en la Tabla I, en base al peso y largo del bulto. Los largos normales de fabricación de los tramos de rollete son 2 400 ó 3 000 mm.
- 5° El largo de una instalación de rolletes está limitada únicamente por la pérdida de altura de bultos a la inclinación. Para instalar una línea larga, si no hay altura suficiente, utilizáramos eleva-dores mecánicos colocados en puntos intermedios que suban el bulto a cierto nivel, posibilitando así la continuación del transporte por gravedad.
- 6° La inclinación de una línea de rolletes depende de las características de la superficie del bulto y su peso. La Tabla II, indica aproximadamente los valores usuales de la misma.



CURVAS

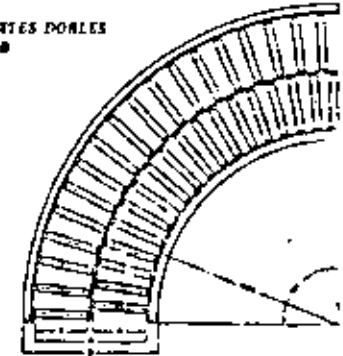
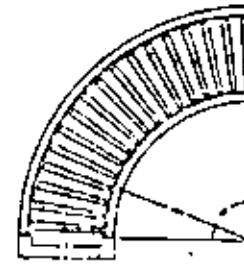
Para comprobar la dirección de transporte de los mercaderías, en una línea de rolletes de gravedad se usan curvas de fabricación normal cuyo desarrollo angular es de 30°, 45°, 60° ó 90°.

CURVAS CON ROLLETES SIMPLES:

25.

Se utilizan para bultos de hasta 550 mm de ancho. En ellas se emplean solamente rolletes cónicos, dispuestos en forma adecuada para obtener una marcha suave del bulto en la curva. El bastidor tiene el mismo ancho que en los tramos rectos y el radio interior de estas curvas es de 850 mm. La construcción es plana, es decir que los puntos de entrada y salida están al mismo nivel.

CURVA Nº PARA ROLLETES DOBLES
DIMENSIONES: A, A₁ y B
ver tabla III



CURVA Nº PARA ROLLETES
SIMPLES
DIMENSIONES: "A" y "B"
ver tabla III

CURVAS CON ROLLETES DOBLES:

Para bultos de 600 mm. o más, los construimos como ilustra la figura con dos hileras de rolletes, dispuestos en forma alternada y dirección radial. Con esta disposición se consigue mayor velocidad en la hilera externa de rolletes, facilitando así el desvío del bulto. El radio interior de estas curvas es de 1 200 mm y el bastidor se adapta al de los tramos rectos. La construcción es plana, es decir, que los puntos de entrada y salida están al mismo nivel.

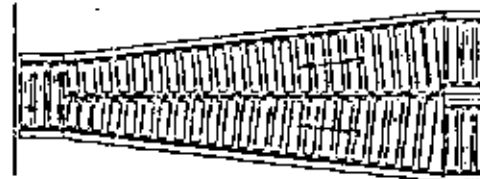
EMPALMES

EMPALME DE DOS TRAMOS, CURVO Y RECTO A UN TRAMO RECTO



Utilizados principalmente para enviar los bultos desde ramales a una línea general. En los empalmes, cuando los ramales no trabajan alternativamente, debe colocarse un hombre para evitar atascamientos. En las ilustraciones se indica con flechas la dirección de transporte.

EMPALME DE DOS TRAMOS RECTOS



EMPALME DE UN RAMAL CURVO A UN TRAMO RECTO

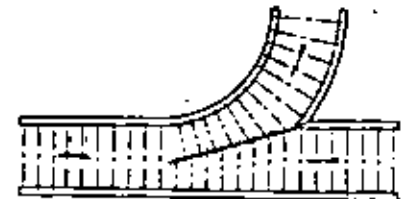


TABLA I

Longo del bulto	175	250	325	400	475	550	625	700	775	850	925	Características de los rolletes y botes
Fase de los rolletes	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	
Peso del bulto en Kg.	10	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Requieren construcción especial</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Requieren construcción especial</div> </div>										Rollete Ø 25 Botes Ø 150x42,5
	15											
	20											
	30											
	40											
	50											
	60											
	70											
	80											
	90											
100	Rollete Ø 50 Botes Ø 165x50x6											
120	Rollete Ø 70 Botes Ø 175x50x7											
Longo de los tramos	Para tramos con largo Rollete a 7400 mm.			Para tramos de 1600 mm de largo				Para tramos de 3000 mm de largo				

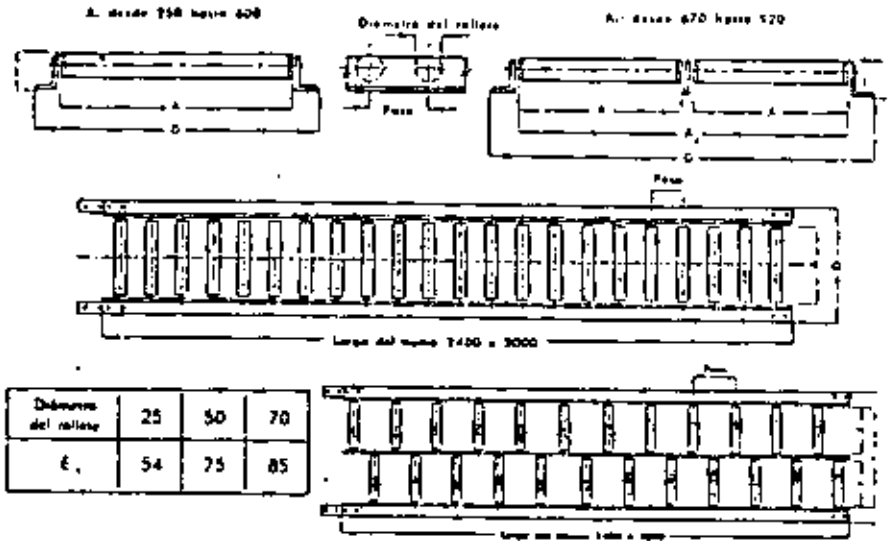
TABLA II

VALORES APROXIMADOS DE LA INCLINACION			
TIPO DE BULTO	OSERV.	INCLINACION	
		%	Grados y minutos
Cajones de madera o metálicos	10 a 25 kg	4	2° 20'
" " " " "	25 a 75 kg	3½	2° 0'
" " " " "	75 a 100 kg	3	1° 45'
Cajas de cartón	1 a 3 kg	7	4° 0'
" " " " "	3 a 7 kg	6	3° 25'
" " " " "	7 a 25 kg	5	2° 50'
Esqueletos	—	5	2° 50'
Torres de leche	llenas	5½	3° 10'
" " " " "	vacías	6	3° 25'
Tambores	—	2½	1° 15'

TABLA III

Longo del rollete A		250	300	325	350	375	400	425	450	500	550	600
D	Botes Ø	150-10x5	342	392	417	442	467	492	517	542	592	642
	Ø	165-50x6	362	412	437	462	487	512	537	562	612	662
	Ø	175-50x7										
Longo total rolletes A ₂		670	720	770	820	870	920	1020	1170	1270		
Longo de un rollete A		325	350	375	400	425	450	500	550	600		
D	Botes Ø	150-10x5	760	810	860	910	960	1010	1110	1260	1310	
	Ø	165-50x6	780	830	880	930	980	1030	1130	1280	1330	
	Ø	175-50x7										

DIMENSIONES DE LOS TRAMOS DE ROLLETES DE GRAVEDAD

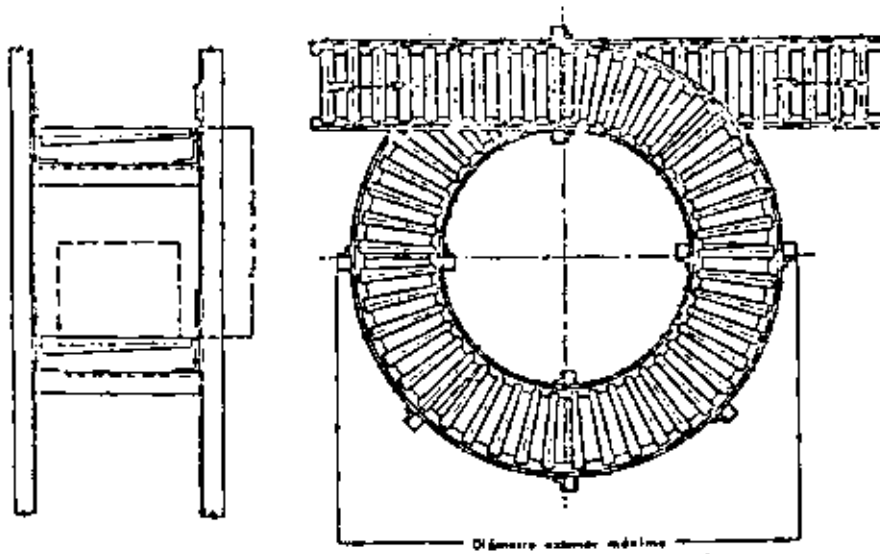


HELICES DE ROLLETES DE GRAVEDAD

Construidas con curvas de rolletes de gravedad de 90° & 45° de desarrollo, formando una hélice se pivota convenientemente por un bastidor de acero. Los rolletes pueden ser cilíndricos o cónicos siendo los primeros según el ancho del transportador, simples o dobles. El diámetro exterior de la hélice y su peso así como el tipo de rollete, dependen del peso y dimensiones de los bultos.

Permiten almacenar mercaderías a la larga de su desarrollo, de modo tal que, a medida que se retiran los bultos de la parte inferior los demás descenden automáticamente. Los bultos pueden cargarse en la hélice mediante tramos de rolletes de gravedad, y su descarga realizarse de igual manera. Para la carga o descarga en pisos intermedios es factible intercalar desvíos.

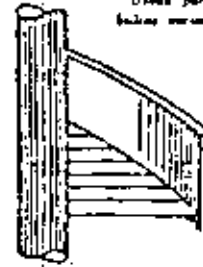
Las aberturas en los pisos normalmente son circulares, pero si no es factible practicar una abertura muy amplia, puede atravesarse el piso mediante una canaleta recta que empalme las hélices del piso superior e inferior.



CANALETAS METALICAS HELICOIDALES

SECCIONES DE CANAleta

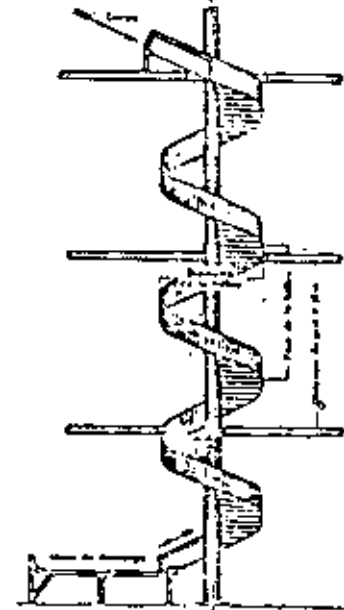
SECCION PLANA
Usada para bultos sencillos



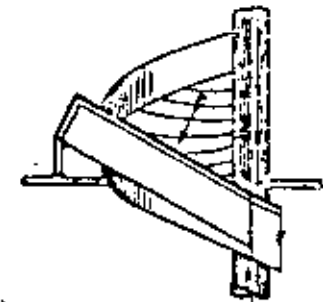
SECCION CURVA
Especialmente para bultos



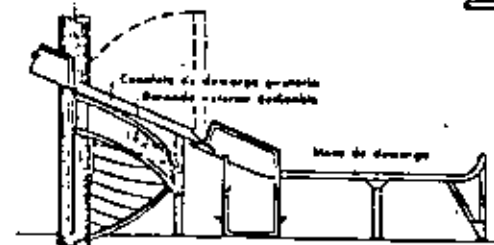
VISTA DE UNA CANAleta



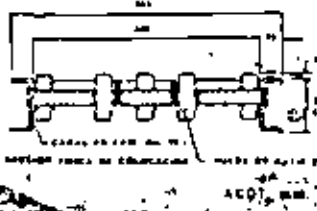
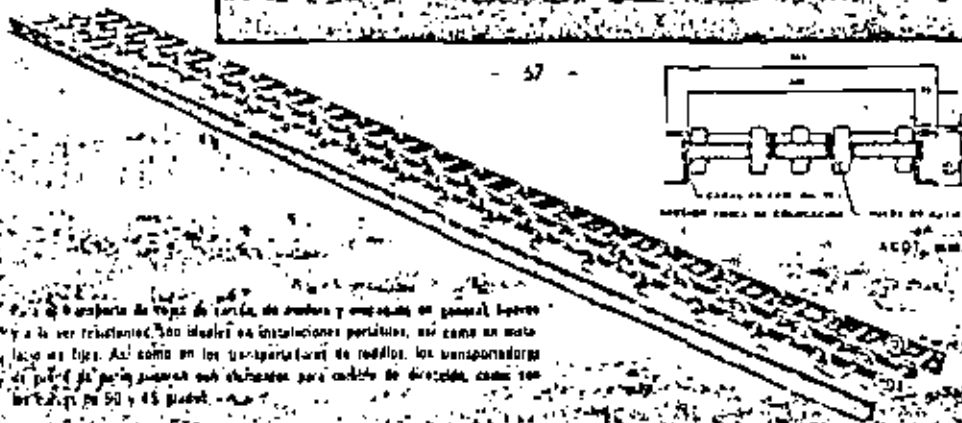
CARGA INTERMEDIA



DESCARGA INTERMEDIA



TRANSPORTADORES DE RUEDAS DE PATIN

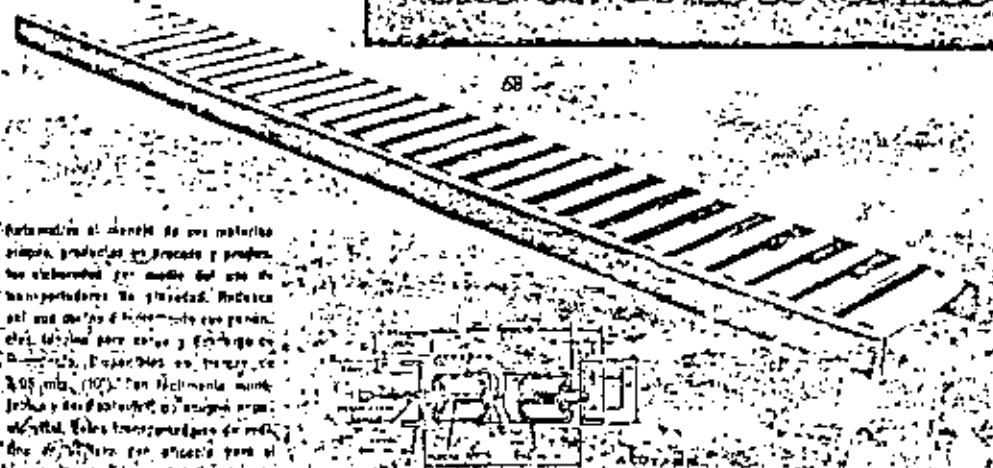


El uso de ruedas de patin de caucho y compuestas en general, favorece a la vez resistentes, son ideales en instalaciones portátiles, así como en metales ligeros. Así como en los transportadores de rodillos, los transportadores de patin de patin permiten con facilidad para cambios de dirección, como son los de 45 y 90 grados.

Modelo	Long. del eje	Ancho del eje	Ruedas por metro	Distancia entre ejes	Peso por metro
Modelo 22	900 mm (35")	38.0 mm (1.5")	300	34.0 mm	22 kg

NOTA: Los transportadores de ruedas de patin se suministran en estas dimensiones y capacidades.

TRANSPORTADORES DE RODILLOS

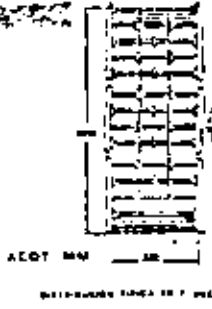


Formados al momento de ser instalados, siempre producidos en proceso y producidos en cantidad por medio del uso de transportadores de planchas. Instalados en los ejes de transporte que permiten, estos cambios para curvas y cambios de dirección. Los ejes de transporte son de 30 mm (1.125") con diámetro nominal de 30 mm y de 30 mm (1.125") con diámetro nominal de 30 mm. Los transportadores de rodillos de 45 y 90 grados para el cambio de dirección, como son los de 45 y 90 grados.

Modelo	Long. del eje	Ancho del eje	Ruedas por metro	Distancia entre ejes	Peso por metro
Modelo 22	900 mm (35")	38.0 mm (1.5")	300	34.0 mm	22 kg

NOTA: Los transportadores de rodillos se suministran en estas dimensiones y capacidades.

CURVAS DE TRANSPORTADOR DE RUEDAS DE PATIN

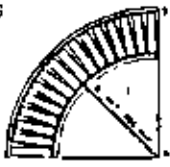


ENTRE EJES ENTRE EJES 34.0 mm

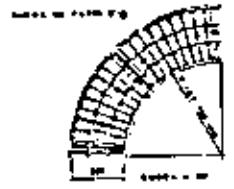
CURVAS DE TRANSPORTADOR DE RODILLOS



Modelo	Ruedas por metro	Radio exterior	Peso por metro del eje
90°	50	762 mm	30 kg
45°	25	381 mm	15 "



CURVA DE RODILLOS
ACOT. MM



ACOT. MM

Para los cambios de dirección en los ejes de transportadores, contamos con curvas de 45 y de 90 grados, con las siguientes dimensiones:

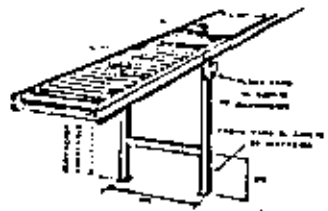
Modelo	Ruedas por metro	Radio exterior	Peso por metro del eje
90°	50	762 mm	30 kg
45°	25	381 mm	15 "

Para la instalación de estos transportadores, también se usan los tripies y los soportes tubulares a los que se usan en los transportadores de rodillos.

TRIPES Y SOPORTES PARA TRANSPORTADORES



El peso de los transportadores lo soportan en el caso de instalaciones semifijas, inventos para resistentes, los ejes de construcción tubular de hierro y ajustables a diversas alturas para ser la inclinación requerida al transportador, y en el caso de instalaciones fijas, se usan partes ajustables tipo "L", hechas de chapita lámina doblada en calibre 12 como la altura como la inclinación se gradúa por medio de dos tornillos por lado, pudiendo fijarse al piso por sendos tornillos en la parte inferior.

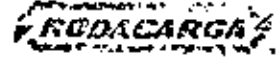


ACOT. MM



RODACARGA S.A. DE C.V.
CALLE DE BOCA 1874 SAN AGUSTIN HUATLÁN - MEXICO D.F.
TEL. 4-17-20

SUCURSAL MONTREY DE GUAYMAS MEXICO TEL. 4-17-20
SUCURSAL GUADALAJARA, CALLE GONZALEZ GALLO 984 TEL. 17-11-00
SUCURSAL LEON, AV. A. LINERAS 1000 TEL. 4-17-20



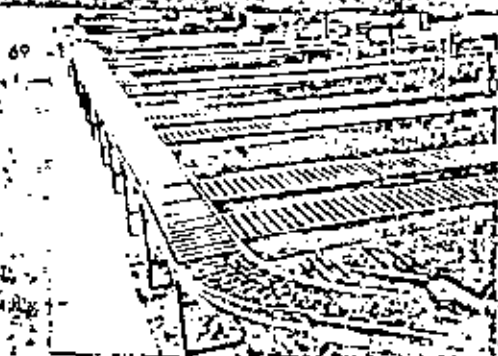
RODACARGA S.A. DE C.V.
CALLE DE BOCA 1874 SAN AGUSTIN HUATLÁN - MEXICO D.F.
TEL. 4-17-20

SUCURSAL MONTECERTE DE CONSTRUCCION 200 S.M. TEL. 40-10-00
SUCURSAL COahuila, CALLE GONZALEZ GALLO 984 TEL. 17-11-00
SUCURSAL LEON, AV. A. LINERAS 1000 TEL. 4-17-20

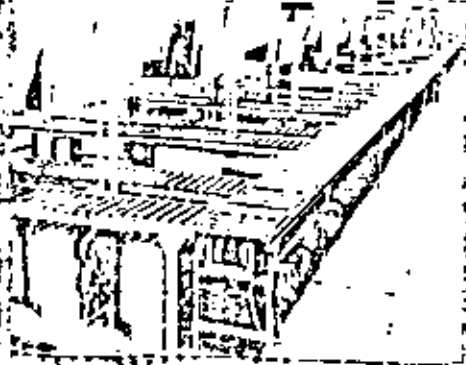
TRANSPORTADORES DE RETILLOS



Detalle de un sistema de transportador de muy corto radio por donde los diversos componentes están en banda metálica, cañiles, ruedas de goma, deflector, para cambios de dirección, y soportes ajustables de altura e inclinación.



Sistema de transportador de goma, para muy corto radio de curvatura, con deflector de cañiles para cambiar la dirección de la banda, y soportes ajustables de altura e inclinación.



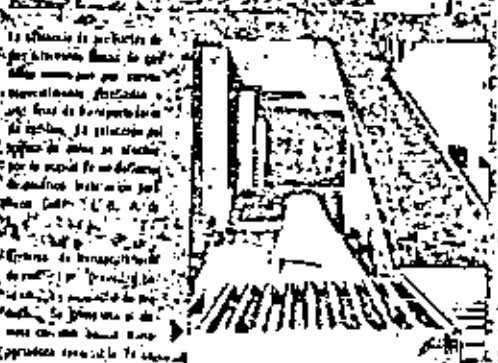
Detalle de un sistema de transportador de muy corto radio por donde los diversos componentes están en banda metálica, cañiles, ruedas de goma, deflector, para cambios de dirección, y soportes ajustables de altura e inclinación.



Sistema de transportador de goma, para muy corto radio de curvatura, con deflector de cañiles para cambiar la dirección de la banda, y soportes ajustables de altura e inclinación.



Detalle de un sistema de transportador de muy corto radio por donde los diversos componentes están en banda metálica, cañiles, ruedas de goma, deflector, para cambios de dirección, y soportes ajustables de altura e inclinación.



Sistema de transportador de goma, para muy corto radio de curvatura, con deflector de cañiles para cambiar la dirección de la banda, y soportes ajustables de altura e inclinación.



Sistema de transportador de goma, para muy corto radio de curvatura, con deflector de cañiles para cambiar la dirección de la banda, y soportes ajustables de altura e inclinación.



Sistema de transportador de goma, para muy corto radio de curvatura, con deflector de cañiles para cambiar la dirección de la banda, y soportes ajustables de altura e inclinación.



Sistema de transportador de goma, para muy corto radio de curvatura, con deflector de cañiles para cambiar la dirección de la banda, y soportes ajustables de altura e inclinación.



Sistema de transportador de goma, para muy corto radio de curvatura, con deflector de cañiles para cambiar la dirección de la banda, y soportes ajustables de altura e inclinación.



Sistema de transportador de goma, para muy corto radio de curvatura, con deflector de cañiles para cambiar la dirección de la banda, y soportes ajustables de altura e inclinación.



Sistema de transportador de goma, para muy corto radio de curvatura, con deflector de cañiles para cambiar la dirección de la banda, y soportes ajustables de altura e inclinación.



RODACARGA S.A. S. R. L.
 CALLE 40 BOQUE 1874 CAL. INDUSTRIAL VALLEJO - BOGOTÁ N. D. C.
 TEL. 87-12-81 APARTADO 10 06

INDUSTRIAL INDUSTRIAL VALLEJO CALLE 40 BOQUE 1874 - TEL. 87-12-81
 INDUSTRIAL INDUSTRIAL VALLEJO CALLE 40 BOQUE 1874 - TEL. 87-12-81



RODACARGA S.A. S. R. L.
 CALLE 40 BOQUE 1874 CAL. INDUSTRIAL VALLEJO - BOGOTÁ N. D. C.
 TEL. 87-12-81 APARTADO 10 06

INDUSTRIAL INDUSTRIAL VALLEJO CALLE 40 BOQUE 1874 - TEL. 87-12-81
 INDUSTRIAL INDUSTRIAL VALLEJO CALLE 40 BOQUE 1874 - TEL. 87-12-81

II GRUPO : GRUAS, POLIPASTOS, ELEVADORES : Este grupo abarca aquellos equipos destinados a desplazamientos verticales u horizontales o en ambas direcciones. En general se utilizan para trasladar cargas muy pesadas, pieza por pieza y frecuentemente de forma irregular. Genéricamente puede subdividirse en los siguientes tipos principales :

- 1.- Grúas de vías fijas.
- 2.- Grúas móviles.
- 3.- Malacates.
- 4.- Accesorios.

1.- Grúas de Vías Fijas : Son equipos de transporte mediante los cuales se puede elevar o bajar una carga y también desplazarla en un plano horizontal, estando determinada la autonomía del desplazamiento por el diseño de la grúa.

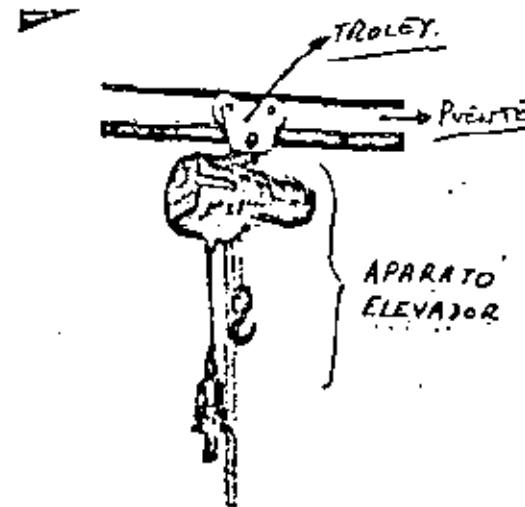
Su uso más frecuente es para piezas pesadas e irregulares como las que se dan en la construcción de buques, grandes equipos industriales como turbinas, Etc.

Desde el punto de vista constructivo una grúa puede dividirse en 3 partes, cada una de las cuales se desplaza según una dirección :

1. APARATO DE ELEVACION : Posibilita el movimiento en sentido vertical. Comúnmente se les denomina malacates. Son accionados a mano cuando su uso no es muy frecuente y eléctricamente a naumáticamente en caso de serlo.

2.- EL TROLLEY : Sobre él se monta el aparato de elevación y es el que permite el movimiento en sentido lateral. Como el anterior, puede ser accionado a mano o eléctricamente.

3.- EL PUENTE : Sobre él que se desplaza el trolley. Dicho movimiento también puede ser eléctrico o manual. En los monorrieles el puente es fijo, en otros como los puentes grúa, el puente se desplaza sobre dos vías obreas. En otros tipos el puente tiene un movimiento giratorio alrededor de un eje vertical.



MUNCK LINK CHAIN HOIST, 250, 1100, 1500, 3200 lbs. Capacity.

GRUAS MONORRIEL : Consisten en una vía aérea en forma de doble T sobre la que se desplaza un Trolley con un mecanismo elevador. La superficie de la grúa es en este caso una línea recta. Dado que la vía aérea va sujeta del techo a las paredes, este sistema de transporte puede instalarse y utilizarse sin interferir para nada con las operaciones que tienen lugar en el área situada debajo del mismo y por consiguiente ofrece algunas ventajas sobre los transportes terrestres que necesitan espacio libre sobre el suelo.

El sistema de monorriel se usa especialmente en la industria metalúrgica pesada, en la industria química, cerámica, Etc.

Su capacidad es de hasta 10 toneladas con aparejos eléctricos y su velocidad está comprendido entre 10 y 100 mts./minuto.

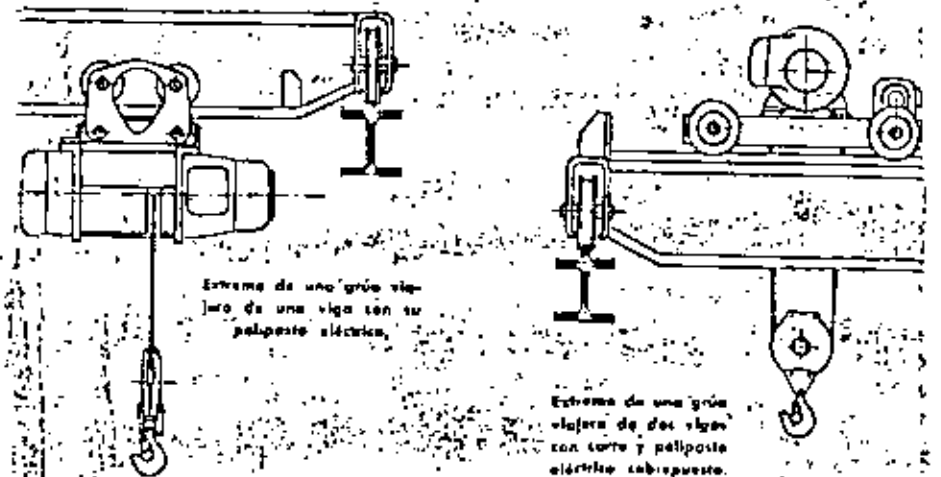
GRUAS PUENTE : En este caso el puente se apoya en ambos extremos sobre ruedas que se desplazan en rieles instalados formando ángulo recto con el puente. Los rieles se instalan sobre columnas del edificio, estructuras aéreas o muros espaciales.

El tipo de grúa puente sobre rieles asegura una buena operación y permite una construcción mejor debido a que pueden usarse ruedas grandes.

En casos en que la velocidad de traslación longitudinal de la grúa excede la velocidad a la que puede caminar un operario (80 mts/min) ésta pueda viajar en la cabina de la grúa o usar un control remoto.

Los puentes grúas grandes tienen un motor para impulsar el puente y, por

lo general, otros dos motores para accionar el trolley y el polipasto, respectivamente. Los puentes grúa eléctricos, que son los más comunes, tienen una capacidad muy variable, que puede llegar hasta las 360 toneladas. Los más comunes tienen entre 4 y 27 toneladas. La velocidad del puente varía desde 8 a 14 mts/min. cuando es necesario una gran exactitud en los movimientos y llega hasta 130 mts/min. cuando lo esencial es la rapidez.

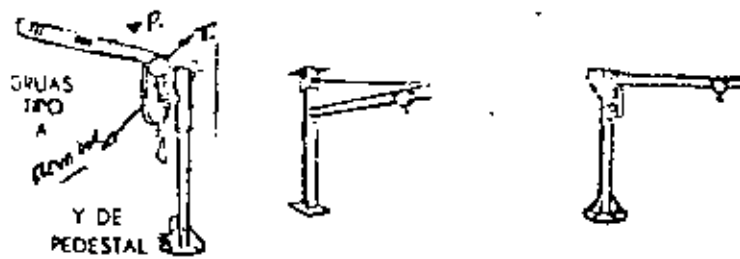


GRUAS FIJAS DE PARED Y PLUMAS . La viga principal de estas grúas gira alrededor de un eje vertical de modo que el área barrida es un segmento de círculo. Este eje vertical en las grúas está sujeto a la pared mientras que -

en las grúas pluma esté en una columna que puede construirse en cualquier lugar. El ángulo de giro de la grúa fija está limitado a 180° ó a 270° si se construye en un rincón o esquina. En los equipos normalmente encontrados en la industria la carga máxima es de 5 toneladas y la longitud varía de 1 a 6 mts.

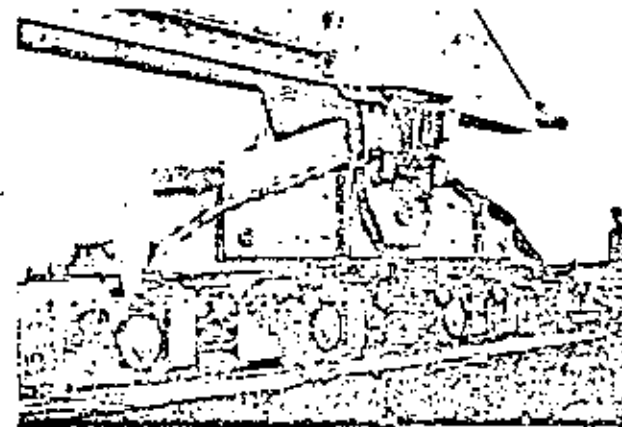
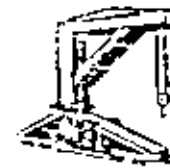
Estas grúas se instalan por lo general cuando se necesita elevar o manejar en un lugar fijo.

Es posible también construir una grúa fija de tal manera que pueda moverse una distancia corta a lo largo de la pared.



GRUA DE RIELES. - Este tipo de grúa (ver figura), está montada sobre un vehículo que puede ser arrastrado sobre rieles standard de ferrocarril por locomotoras u otra forma de tracción. La grúa gira alrededor de un eje vertical de modo que el área cubierta es un círculo alrededor del punto de giro. Estas grúas se construyen normalmente en tipos de 5 a 15 toneladas con radio de 7 a 20 mts. y, por lo general, son conducidas por medio de un motor diesel o de gasolina aunque también pueden ser eléctricas.

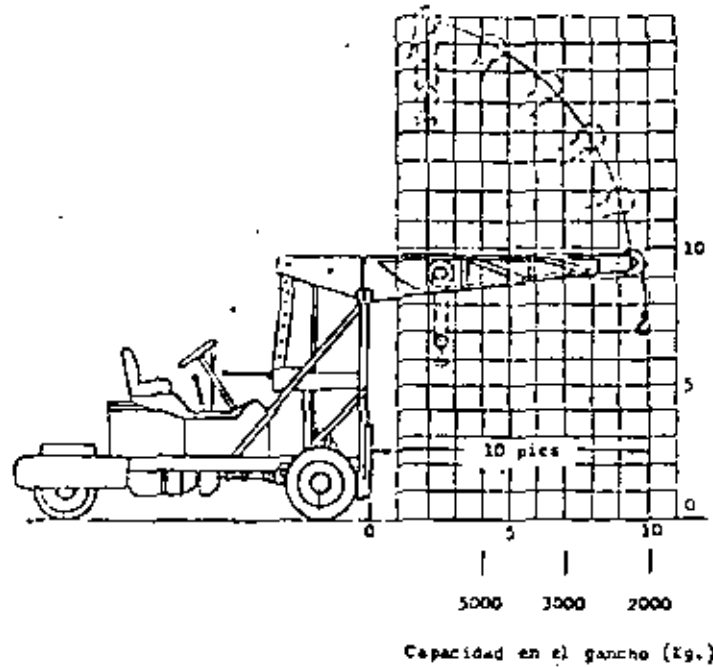
... "



266. GRUAS MOVILES: Las grúas móviles tienen la característica de que pueden ser conducidas a grandes distancias cuando están cargadas. Normalmente consisten en un vehículo automotor con una estructura que sostiene la pluma. La pluma puede desplazarse verticalmente y el aparato de elevación puede desplazarse sobre la pluma. En algunos tipos de grúas, se reemplaza la pluma por un brazo con una pala de modo que pueda utilizarse para transportar tierra. Las aplicaciones más comunes de estas grúas son en patios de fábricas, de ferrocarril, muelles, Etc.

Existen otros modelos en los cuales el vehículo va montado sobre orugas.

... "



3ro. MALACATES : Un malacate es un dispositivo mecánico suspendido para elevar y bajar cargas en dirección vertical con un pequeño esfuerzo.

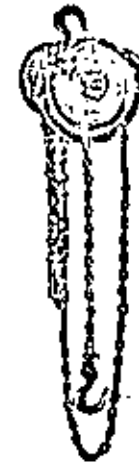
Los tipos más difundidos son :

- 1). De mano : utilizado en general para fines no productivos y cuando su uso se reduce a bajas alturas y poca frecuencia.
- 2). Malacate diferencial : es la forma más simple de elevación mecánica y consiste de una cadena sin fin operada sobre un tambor doble o dife-

rencial, y a través de una polea inferior. La diferencia o el diferencial en los diámetros de la polea doble es tan pequeña que la fricción de las distintas partes acopladas sirve para mantener la carga suspendida en cualquier punto cuando se deja de ejercer tracción sobre la cadena.



a. Diferencial

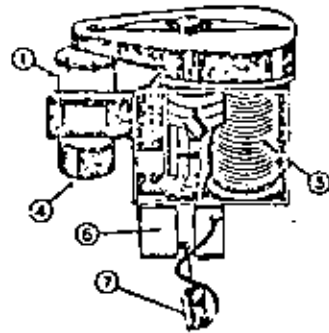
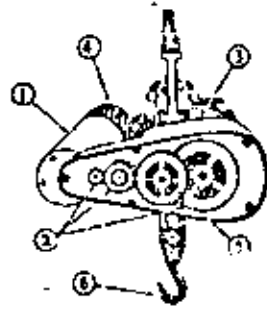


b. De engranajes planetarios

Aparejos de accionamiento manual

Se baja o se sube ejerciendo tracción en uno u otro de los lazos de la cadena sin fin que cuelga. Se necesita un hombre para su accionamiento y su uso es hasta 1.5 toneladas. Dado que la reducción de fuerzas se determina por la relación de los diámetros de las dos poleas de arriba, dicha reducción es muy poca.

Casos más elaborados de malacates, son los de reducción por engranajes y más aún los eléctricos, en los cuales las fuerzas requeridas para elevar la carga es proporcionado por un motor eléctrico acoplado al malacate, siendo este motor controlado por un operario mediante botonera. Tienen además un tambor donde se enrolla el cable y están provistos de un mecanismo de freno.



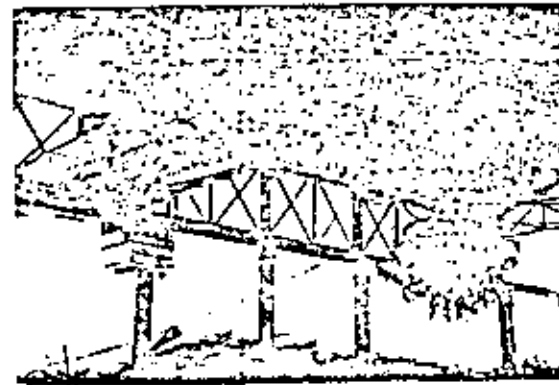
- | | | |
|--------------------|-----------------------|-------------------|
| 1. Motor eléctrica | 2. Tren de engranajes | 3. Tambor y cable |
| 4. Freno del motor | 5. Freno de la carga | 6. Gancho |
| 7. Control | 8. Panel de control | |

Aparato eléctrico

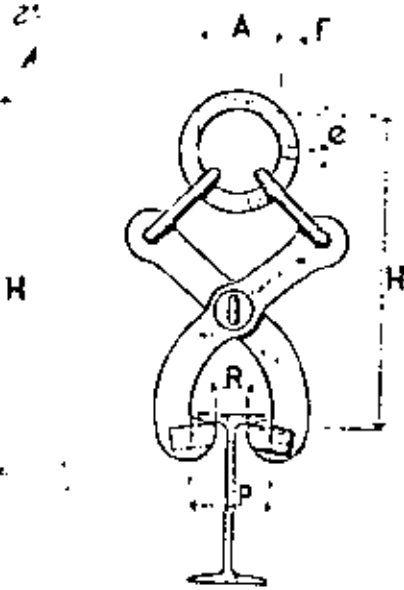
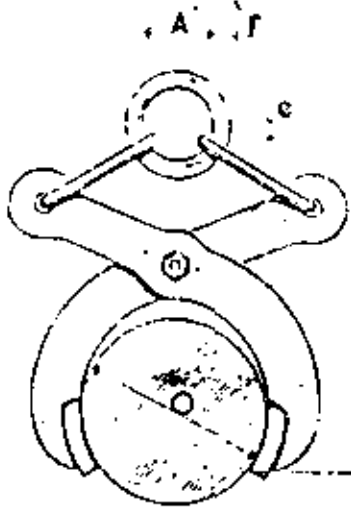
Existen también malacates accionados por aire comprimido para usarse en lugares donde no se permiten chispas o donde la regulación suave es esencial, siendo su capacidad limitada a unas 5 toneladas.

4to. ACCESORIOS: Tanto las grúas como los malacates que hemos descrito deben adaptarse en las operaciones normales a diferentes condiciones de trabajo lo que se logra mediante el uso de distintos accesorios. Dentro de los más comunes podemos citar al ELEVADOR ELECTROMAGNETICO que se usa para mover hierro, acero, virutas, desechos, Etc. Su fuerza portante puede ser hasta de 25 toneladas para un diámetro de electroimán del orden de los 25 cms.

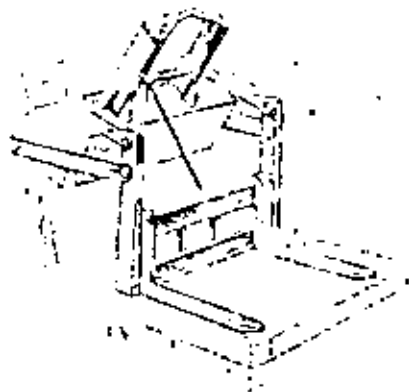
Los electroimanes son alimentados por corriente directa y no deben utilizarse durante un tiempo muy prolongado (Histeréisis, corrientes parásitas, Etc.)



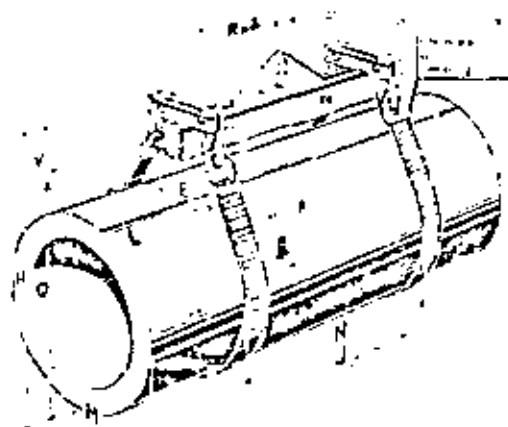
- H. ELEVADOR DE LAMINAS: Se utiliza para levantar pilas de láminas.
- C. PINZAS: Para materiales de formas diversas.
- J. CUCHARAS: Para descargar grava, carbón, Etc.
- E. CINTURONES: Para evitar caer la carga o que ésta se resbale.



unhas en L para tarimas



PERDIDA DE ALTURA H REDUCIDA



www.almacen.com

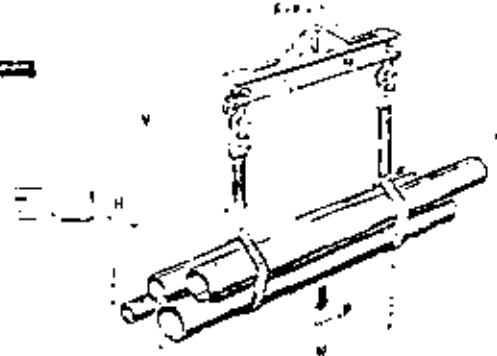
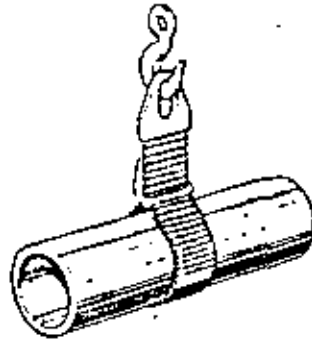
ECONOMIA

Al utilizar el contacto
se evita el uso de
diversos herrajes
A una pérdida mínima con el
equipo para el C.D.V. Con
nuestro sistema lateral. Su
resultado.

SEGURIDAD

A la hora de utilizarlo, el
que redondea el, la carga

www.almacen.com



www.almacen.com

NUDO CORREDIZO

Sobre ped-ro podemos pres-
cionar una oreja corrediza, lo
que permite utilizar el sistema
con nudo corredizo.

DISTRIBUIDOR AUTORIZADO:



F. VEHICULOS INDUSTRIALES. - Este grupo de equipos incluye todos los vehículos autónomos de dos o más ruedas utilizados para el manejo de materiales dentro de la fábrica y que pueden ser accionados a mano o por fuerza motriz eléctrica o mecánica. Tienen la ventaja de la flexibilidad y su costo de adquisición es relativamente bajo.

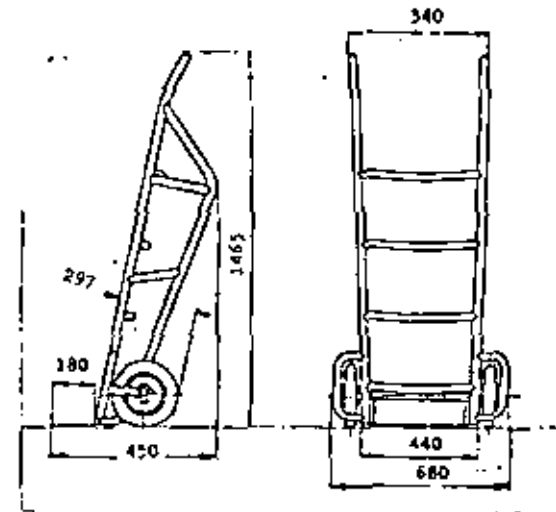
Dada la gran cantidad de tipos, se les suele subdividir en:

- 1.- CARRETILLAS MANUALES.
- 2.- PLATAFORMAS MANUALES DE 3 & 4 RUEDAS.
- 3.- ACOPLADOS PARA USAR CON TRACTORES.
- 4.- CARROS ELECTRICOS DE PLATAFORMAS.
- 5.- VEHICULOS ELEVADORES.
- 6.- VEHICULOS ESPECIALES.

Es muy importante dentro de este grupo el factor diseño, sobre todo en los tipos manuales. Los aspectos más importantes son los que se refieren a: estructura, ruedas y cojinetes.

Carretillas Manuales. (Diablos). Consisten en un armazón, generalmente tubular, de acero, aluminio o de aleación liviana y provisto de dos ruedas fijas. La carga se levanta empujando la carretilla debajo de aquello y dejándola caer.

Se usa para el transporte de bolsas, cajas grandes, tambores, Etc., sobre distancias de varias decenas de metros.

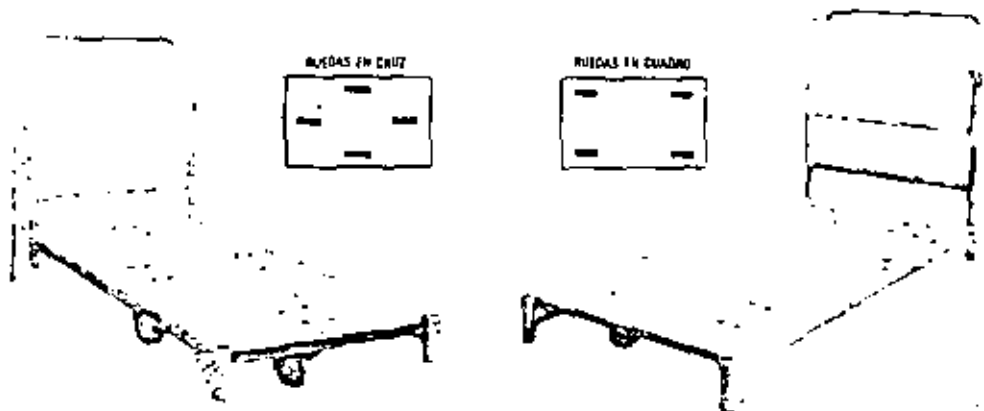


2.- PLATAFORMAS MANUALES DE 3 & 4 RUEDAS. Pueden ser de acero o madera y consisten en una plataforma montada sobre ruedas. Se usan para recorridos cortos con rutas variables y la carga máxima es de ----- 4,000 Kgs.

Existen modelos adaptados para aplicaciones especiales. En algunos las ruedas tienen bases giratorias. También hay de bases fija o combinadas.

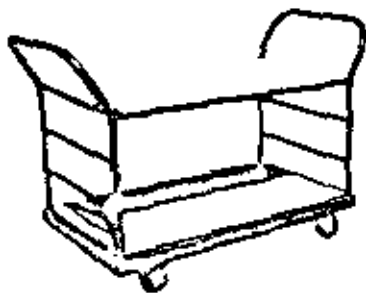
El modelo de base giratoria es difícil de controlar mientras que el de base fija es difícil de maniobrar.

CARROS PLATAFORMA



Carros plataforma independientes en 1960 kilos y 1900 kilos. Se usan en áreas
 de trabajo, almacenes, talleres, hospitales, centros de investigación, universidades,
 etc. Construcción de acero estructural de alta resistencia con plataforma de alu-
 minio de primera y acabados de pintura especial. Capacidad de 400 a 1000 kilos.
 Los modelos son de 1200 y 1500 mm de ancho. Se fabrican en cuatro tipos de
 ruedas: 1200 mm de ancho y 1500 mm de ancho para el uso en interiores y
 1200 mm de ancho y 1500 mm de ancho para el uso en exteriores. Se fabrican
 en cuatro tipos de ruedas: 1200 mm de ancho y 1500 mm de ancho para el uso
 en interiores y 1200 mm de ancho y 1500 mm de ancho para el uso en exteriores.
 Pueden ser de acero o aluminio. Se fabrican en cuatro tipos de ruedas: 1200 mm
 de ancho y 1500 mm de ancho.

Modelo	Dimensiones de plataforma	Cap. máxima	Cap. en kg	Cap. en lbs
2700-04	1200 mm x 1200 mm (48" x 48")	15.000 kg	4000 lbs	4000 lbs
2700-06	1200 mm x 1200 mm (48" x 48")	15.000 kg	4000 lbs	4000 lbs
2700-08	1200 mm x 1200 mm (48" x 48")	15.000 kg	4000 lbs	4000 lbs
2700-10	1200 mm x 1200 mm (48" x 48")	15.000 kg	4000 lbs	4000 lbs



- 3.- ACOPLADO PARA TRACTORES. Se les emplea especialmente para formar trenes y ser remolcados por un tractor. Consisten en una plataforma generalmente sin estructura superior y con 4 ruedas. Cuando se usan en trenes, tienen dispositivos especiales que enganchan al ser empujados los carros uno sobre otro.

- 4.- CARROS ELECTRICOS DE PLATAFORMA. Se trata de vehículos de tres o cuatro ruedas propulsados por un motor eléctrico o batería colocada en el mismo carro. En algunos tipos el operador va parado sobre la plataforma delantera y controla el desplazamiento mediante pedales, en otros va sentado y tiene un volante. Se usan para distancias medias, con movimientos frecuentes y con carga demasiado pesada para el movimiento manual.

- 5.- VEHICULOS ELEVADORES: Son vehículos de 3 ó 4 ruedas, provistos de un dispositivo por medio del cual pueden ser llevadas paqueterías apiladas sobre plataformas. Pueden considerarse como el desarrollo posterior de los vehículos no elevadores en los cuales los paquetes son descargados uno a uno.

Existen dos tipos principales que son:

- 1.- Vehículos de plataformas: Tienen una plataforma por medio de la cual pueden tomar un pallet o tarima.
- 2.- Elevadores de Horquillas: Son los vehículos industriales de elevación más comunes y tienen una horquilla con dos uñas cortadas en forma de bisel o dispositivos especiales, por medio de los cuales pueden elevar una plataforma, barriles, Etc.

Vehículos de Plataformas: Es un autoelevador de tres o cuatro ruedas con una plataforma o unos que se elevan. Es propulsado a mano o por un motor siendo la elevación de accionamiento hidráulico o eléctrico. En general se usan para el transporte de materiales pesados como matrices, fundiciones de hierro, tambores en la fabricación de pinturas, Etc.

Autoelevador de Horquillas: El autoelevador es un vehículo de cuatro ruedas con un mástil y una horquilla que se desliza hacia arriba y hacia abajo. Está construido de manera tal, que la horquilla y la carga están fuera de las ruedas delanteras, lo cual es necesario para estabilizar, y en consecuencia debe agregarse un contrapeso al vehículo que constructivamente está formado por el motor, el bastidor y en caso de ser necesario por pesos extras. Las ruedas delanteras en general

son más grandes debido al alto peso del vehículo cargado y pueden ser macizas o neumáticas.

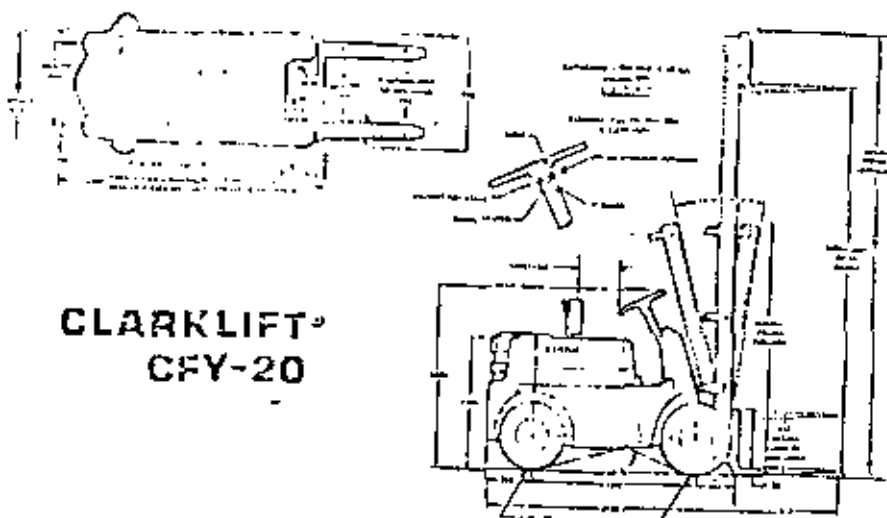
Las neumáticas mejoran la marcha y ejercen menos presión sobre el piso por razón de su gran superficie de contacto. Esta es una consideración importante para vehículos que trabajen al exterior o por superficies sin pavimentar o en interiores en que los pisos están mojados o resbaladizos. Las llantas macizas sin embargo duran más. Todos los autoelevadores tienen cambio de dirección en las ruedas posteriores.

En cuanto a los mástiles hay dos tipos: El telescópico, por medio del cual se obtiene un rango de elevación más grande, si bien se disminuye la capacidad de carga pues ésta se aleja del eje delantero, y el mástil no telescópico con limitación de la distancia de elevación. Para evitar que la carga se deslice de la plataforma, la mayoría de los autoelevadores de horquilla tienen un mecanismo de inclinación de modo que el mástil completo se puede inclinar hacia atrás, alrededor de un punto de rotación bajo. La inclinación hacia adelante es de 6° y hacia atrás de 15° .

Dado que el peso de la horquilla y de la carga deben balancearse, es importante tener presente el centro de gravedad de la carga. Los catálogos de los fabricantes traen estas especificaciones. Otro aspecto a considerar, es la resistencia de los pisos, ya que estos constituyen muchas veces una limitación, y los anchos necesarios de pasillos de acuerdo a la forma en que se quiera estabilizar. Los catálogos traen datos, como el radio de giro, distancias al eje delantero, Etc., y fórmulas matemáticas que permiten calcular los pasillos de acuerdo a la carga, la velocidad,

la posibilidad de tránsito de ida y vuelta.

En cuanto a la potencia, podemos decir que si las cargas se llevarán a grandes distancias o si hay rampas empinadas, se preferirá el montacargas impulsado por motor de gasolina, gas de petróleo licuado o diesel. Dichos montacargas presentan el inconveniente de que emiten gases. Los montacargas eléctricos son limpios, silenciosos y sin gases y se suelen preferir cuando la pulcritud es un requisito.



**CLARKLIFT®
CFY-20**

ESPECIFICACIONES Y MEDIDAS

ESPECIFICACIONES TECNICAS

MODELO

LEY 20 Fca 2.065 Vat
CY Pna 2.133 Kps

CAPACIDAD Y DISTRIBUCION DE PISO

Porcentaje sobre los ejes delanteros (vehículo vacío) 54 %
Capacidad nominal 2000 Kgs a 50 cm del centro de carga
Para otras capacidades ver folletos

ESPAÑO

Standard	avanzado	Tubo	Avanzado
Trazado simple y dirección	8 50 x 10	10	100 lbs
Opcional			
Trazado dual y dirección	8 50 x 10	10	100 lbs
Trazado simple y dirección	8 50 x 10	10	macete estándar

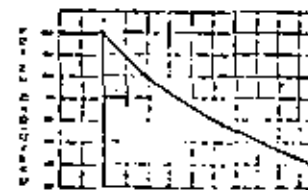
VELOCIDAD Y DECLIVES

	Embrague a motor	HIDRATOS
Velocidad de desplazamiento con carga nominal	16,9 Km/hora	17,6 Km/hora
Capacidad de subir rampas con carga nominal	31 %	31,5 %
	COLIZA STANDARD	
	cargado	
Velocidad de elevación	25,1 mts/segundo	28,8 mts/segundo
	18,3	24,5

MOTOR

ISA de 4 cilindros con regulador de velocidad centrifuga actuando en la punta del árbol de levas. Distribución a engranajes de dientes helicoidales recortados. Cebador automático.
Modelo 4L1751
Altoro 84 138 mm
Carrera 111 125 mm
Cilindros 3490 cm³
Cil. carbur. 4,75 lit.
Distribuciones reguladas con carga 2200 r.p.m.
P o reducciones reguladas 49,5
Temper. máxima máx 18,6
Cil. tiempo de combustible 37,5 lit.
Nota: 1º Sin acelerar a plena carga

TABLA DE CAPACIDADES



Centro de la carga en un punto al frente de los ejes.
Las capacidades nominales de las forklifts están determinadas con la carga en posición central.
El motor es de 2 litros máximo de elevación de 10-12 de hora a 50 cm.

DIMENSIONES Y ALTURAS DEL SUFLO

Longitud en el frente de los ejes	1120 mm
Distancia entre ejes	1307 mm
Ancho (ruedas motrices simples)	943 mm
Tamaño (empuñal)	765 mm
Radio de giro	1870 mm
Paleta lateral para estibar en ángulo recto	
Longitud nominal de la paleta	116 mm
Elevación	184 mm
Eje de dirección	188 mm
Centro de carga	203 mm
Luz central	80 %

FILTROS DEL MOTOR

Tres tipos: 111 Filtro de combustible 121 Filtro de aceite con elemento separador de agua tipo papel 112 Filtro de aire tipo caja con elemento conoble de papel plegado de 3 secciones

SISTEMA ELECTRICO

Batería	NEGATIVO A MASA
Tensión	12 Volts nominales
Capacidad	40 amperes-hora
Regulador de carga con puente por	Dinámico
	Limitador de intensidad
	Regulador de tensiones
Generador	
Volts	12 nominales
Amperes	15 nominales
Motor de arranque	12 Volts nominales
Bombas	Centrifuga

FRONTO

De aluminio. Tiene el perfil multicapa a fin de reducir el ruido en todo el ancho que reduce el esfuerzo y prolonga la vida de los frentes. Entre capas de aluminio hidróxido negro y aluminio rojo. Puede ser pintado en cualquier color. De fácil mantenimiento con pintura que también es a base de aluminio. La vida de los frentes, después de los trabajos, se incrementa considerablemente durante la vida útil del tractor.

DIRECCION

Cuadreros grandes brindan fácil desbloqueo a través de un eje de dirección de fuerza para un control preciso sobre los brazos. Mecanismo de punto que garantiza a cualquier dirección, control de giro hasta 15 cm. de altura. Topes de freno para estabilidad lateral. Frenos hidráulicos disminuyen el estrés de los brazos. Frenos de dirección para a cualquier dirección. El punto central garantiza y la angulación de 75° permiten girar sobre 180° con un eje de dirección de 153 mm. de diámetro.

EL MOTOR Y LA CAJA DE VELOCIDADES

Motor integral de tres puntos que reduce el mantenimiento, costo de operación, peso y tamaño. Instalación y conjunto de los motores hidráulicos. Incluye el eje del volante de la caja de cambios y no es necesario soldar con otros componentes en ningún momento. Fácilmente blindado.

EMBRAGUE Y FRECCION

Mechanical shaft of 280 mm. de diámetro de cambio rápido "quick change" con mecanismo de cambio de 10 velocidades. Incluye el eje del volante de la caja de cambios y no es necesario soldar con otros componentes en ningún momento. Fácilmente blindado.

TRANSMISION OPCIONAL HIDRATICA

De construcción robusta en acero forjado y con un eje de dirección de 153 mm. de diámetro. Incluye el eje del volante de la caja de cambios y no es necesario soldar con otros componentes en ningún momento. Fácilmente blindado.

CILINDROS DE INCLINACION E INCLINACION

Embudo de inclinación cilíndrico. Fácil para el operador el control de inclinación. Incluye un eje de dirección de 153 mm. de diámetro. Incluye el eje del volante de la caja de cambios y no es necesario soldar con otros componentes en ningún momento. Fácilmente blindado.

INSTRUMENTAL

Anemómetro, Presión de aceite motor, Medidor de temperatura, Medidor de combustible, Cuentavólvulos mecánico y digital.

COLISA

Colisa telescópica de goma embudo con refuerzo. Incluye el eje del volante de la caja de cambios y no es necesario soldar con otros componentes en ningún momento. Fácilmente blindado.

SISTEMA HIDRAULICO

Válvulas con ajuste hidráulico balanceado y precisión. Incluye el eje del volante de la caja de cambios y no es necesario soldar con otros componentes en ningún momento. Fácilmente blindado.

CAJAS PORTA UNAS Y UNAS

Construcción totalmente reforzada para trabajos de alta resistencia. Incluye el eje del volante de la caja de cambios y no es necesario soldar con otros componentes en ningún momento. Fácilmente blindado.

MANTENIMIENTO

El acceso a los órganos mecánicos del autocargador es simple. Con tan solo abrir los tapas laterales y el punto central. Incluye el eje del volante de la caja de cambios y no es necesario soldar con otros componentes en ningún momento. Fácilmente blindado.

ASIENTO

Anillo de acero y respaldo de goma espuma. Incluye el eje del volante de la caja de cambios y no es necesario soldar con otros componentes en ningún momento. Fácilmente blindado.

TIEMPO Y PARRILLA

Este tractor tiene opciones CLARK EQUIPMENT COMPANY, incluyendo un motor y accesorio al propio tractor. Incluye el eje del volante de la caja de cambios y no es necesario soldar con otros componentes en ningún momento. Fácilmente blindado.

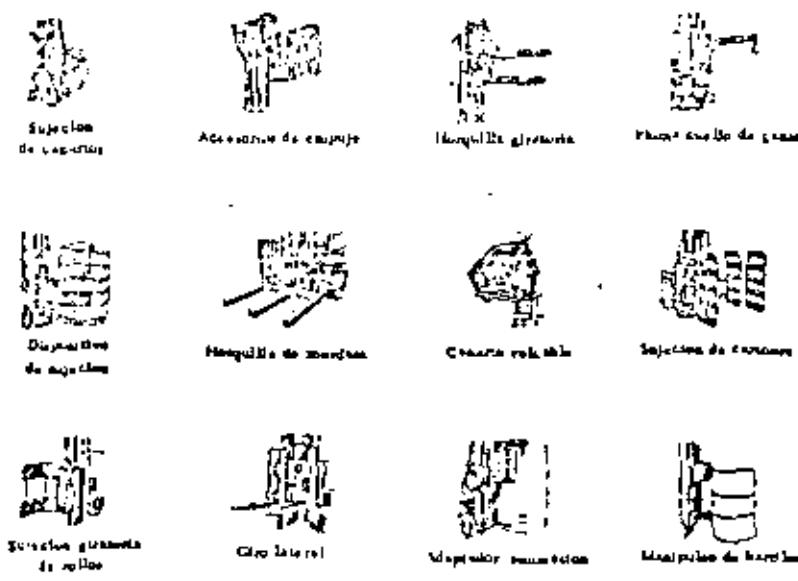
COLORES

Una línea gris plateada combinada con una de 3 colores: rojo, amarillo, blanco, negro o azul.

OTROS

Este tractor tiene opciones opcionales y más de 20 de capacidad. Incluye el eje del volante de la caja de cambios y no es necesario soldar con otros componentes en ningún momento. Fácilmente blindado.

Accesorios para autocargadores



Sujeción de cubetas

Accesorio de empuje

Hoja para el tractor

Placa de protección

Dispositivo de ajuste

Hoja para el tractor

Cuchilla para el tractor

Sujeción de cubetas

Sujeción para el tractor

Caja lateral

Dispositivo de ajuste

Placa de protección

6.- VEHICULOS ESPECIALES : Modernamente se han desarrollado una gran cantidad de vehículos diseñados y contruidos para aplicaciones no comunes; sin embargo, algunos tipos se han difundido llegando a ser más o menos comunes.

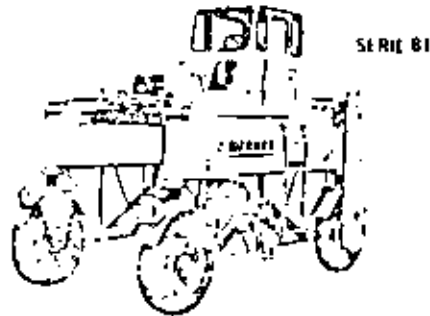
Entre ellos deben mencionarse dos :

1.- Autoelevador de carga lateral : Es un autoelevador de horquilla con cuatro ruedas normales y un mástil, que puede moverse lateralmente. Cuando tiene que tomar una plataforma, se coloca el vehículo a lo largo de la plataforma, el mástil y la horquilla se mueven hacia afuera para tomar la carga, levanta, vuelve hacia atrás y bajo y luego se desplaza el vehículo. El mástil tiene también un pequeño movimiento de inclinación hacia adelante. Se utiliza este equipo preferentemente para transportar materiales en los cuales predomina una dimensión con respecto a las otras dos, como son tablas, cañas, vigas de acero, Etc. y en la mayoría de los casos no se utilizan pallets. Normalmente llevan cargas entre 2 y 15 toneladas y la velocidad máxima es de 40 Km/Hr. Tienen la ventaja de permitir una gran visibilidad para el operador.

La carga larga no puede ser manejada fácilmente por el manipulador.



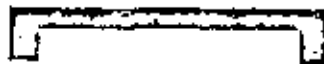
2.- ACARRILADOR DE HORCADAS. En un elevador de cuatro ruedas, diseñado para que el mástil sea tomado por la parte inferior del vehículo. La carga, que en algunos casos se coloca en pallets, se levanta por medio de zapatas elevadoras. Se ha difundido mucho en los últimos años en los E.E. U.U. y es muy apto para transportar materiales largos o voluminosos. Su capacidad puede llegar hasta 50 toneladas y tiene la ventaja adicional de poder desplazarse distancias grandes a una velocidad de 50 Km/Hr. aproximadamente, como por ejemplo del puerto a la fábrica directamente.



Grupo B. CAJAS DE TRANSPORTE Y EQUIPOS ESPECIALES : Los cajas de transporte (containers) pueden definirse como recipientes destinados a contener una cantidad de cierto material para su movimiento entre procesos, hacia depósitos, Etc. Existen una gran variedad de cajas de transporte normalizados y especiales, diseñadas para facilitar productos, partes, Etc. a través de todas las fases del ciclo de producción incluyendo expedición.

Veamos algunos tipos :

1).-



Esto es simplemente una plataforma (pallet).

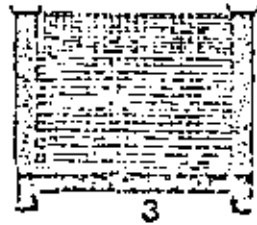
Destinada a transportar bolsas, paquetes, Etc. Existen diferentes medidas estandarizadas.

2).-



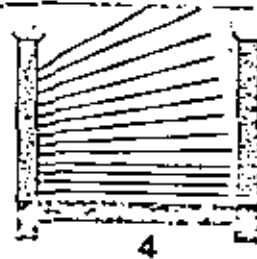
Igual al anterior con el agregado de cuatro columnas, lo que permite transportar tubos redondos, caños, Etc.

3).-



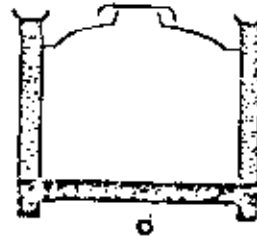
La forma básica se completa con relo metálica para el almacenamiento de partes que pueden estar en contacto, tales como piezas de fundición, piezas de plástico, Etc.

4).-



Consiste en base, columnas, costados y estantes para transportar piezas chicas en bandejas.

5).-



Similar a las anteriores, pero forrada interiormente para el transporte de material granular. Pueden hacer se también para transportar líquidos o elementos congelados.

En la práctica, estas formas elementales adquieren diferentes configuraciones para servir a propósitos específicos. En algunas modelos, las paredes son desmontables o plegadizas o efectos de disminuir el espacio ocupado cuando están vacías.



Simple cubierta



Doble cubierta



De dos corrugados



De cuatro varas



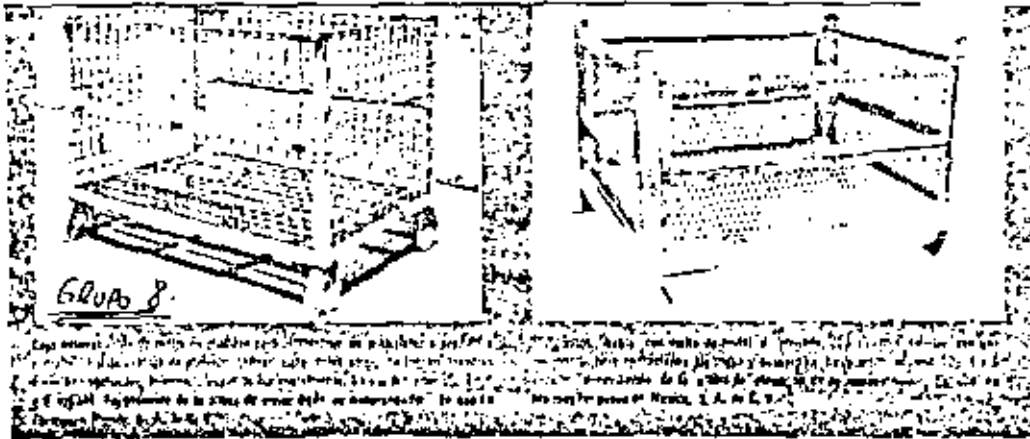
Sin barra



Con barra simple



Con barra doble



Grupo 8.

PALETIZADORES: Son máquinas destinadas a hacer pilas de productos que, generalmente, vienen en cajas, como son cerveza, productos alimenticios o también balsas de cemento, Etc. La máquina recibe cajas individualmente y las acomoda sobre una plataforma o pallet de acuerdo a un patrón predeterminado, en el número de capas requerido. El pallet se monta generalmente sobre un pistón hidráulico. Las cajas se alimentan a la parte superior de la máquina y van descargando sobre el pallet que hace bajar el pistón.

Cédulas fotoeléctricas cuentan el número de cajas y determinan orientación.

La carga completa es automáticamente descargada de la máquina. En la mayoría de los casos el pallet cargado es tomado por un montacargas.

Ejemplo de patrones que pueden hacer un paletizador a efectos de aprovechar óptimamente la superficie del pallet. (ver página No. 101).

Seguridad en el manejo de materiales. Este tema lo vemos, pues muchos ingenieros Industriales, por causas no muy claras, son nombrados Jefes de Seguridad.

La seguridad en el manejo de materiales depende de las mismas normas y

principios que los programas de seguridad en general. Los accidentes son de dos tipos principales :

- a). Debido a condiciones inseguras.
- b). Provocados por actos personales.

Los causas principales de los primeros son :

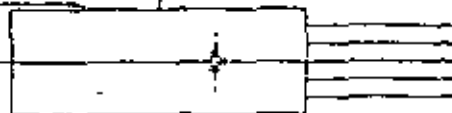
- 1.- Defensas inseguras.
- 2.- Diseño o construcción insegura.
- 3.- Iluminación deficiente.
- 4.- Ventilación deficiente.
- 5.- Rampas inadecuadas.
- 6.- Metromental no apropiado.
- 7.- Pisos en mal estado, Etc.

En cuanto a los actos personales que pueden provocar accidente pueden mencionarse :

- 1.- Operar equipos sin autorización.
- 2.- Trabajar con un equipo a velocidad peligrosa.
- 3.- Usar manos en vez de herramientas.
- 4.- Trabajar dispositivos de seguridad de los equipos.
- 5.- Distracciones, bromas, Etc.
- 6.- No utilizar dispositivos de seguridad (anteojos, guantes, Etc.)

Con referencia a equipos específicos, los fabricantes proveen de normas e instrucciones para su operación. Como ejemplo de normas para vehículos industriales motorizados, podemos mencionar :

- 1.- Mantenga su carga lo más baja posible estando en movimiento.
- 2.- Evite arranques o paradas bruscas.
- 3.- Disminuya su velocidad al acercarse a puntos peligrosos.
- 4.- Informe de pisos sucios.
- 5.- Asegúrese de levantar toda la carga.
- 6.- Use el claxon, Etc.



EFICIENTE ALIMENTACIÓN DE VARIAS LÍNEAS

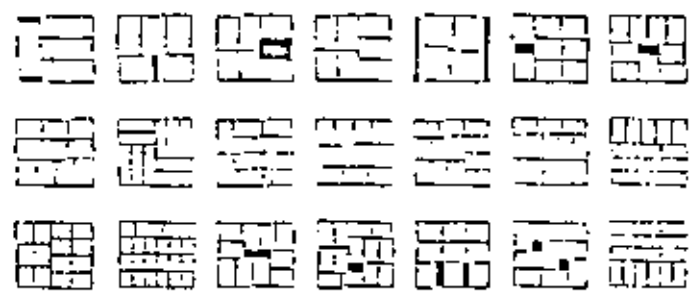
El 21-uno muestra tres transportadores de acumulación transportando paquetes desde tres centros de producción diferentes. Cuando los controles de cualquiera de estas tres líneas de transportadores indican que una carga completa de paquetes ha sido acumulada una señal es enviada al paleteador. Si el paleteador no está paleteando otra carga, descarga los paquetes de la línea de acumulación que ha enviado la señal, y automáticamente comienza a trabajar en la siguiente línea de una en su completa. Si el paleteador está en operación al recibir la señal, esta será registrada en la memoria hasta que la carga en proceso se haya paleteado, en cuyo momento el paleteador acepta los paquetes de la línea de acumulación en espera.

Cada producto tiene un patrón de código predeterminado, el cual es seleccionado automáticamente por la máquina al aceptar dicho producto. Un singular mes anterior de control permite el manejo de diferentes productos en cada línea de acumulación, asegurando que los productos serán paleteados separadamente y sin mezcla. Si una carga completa de paquetes se ha acumulado en cada una de las tres líneas acumuladas, estas están divididas con una longitud de acumulación tal que les permite recibir la producción adicional durante el tiempo requerido en paletear dichas líneas.

La carga completa es automáticamente descargada de la máquina. En la mayoría de los casos, la plataforma cargada es trasladada del transportador de descarga por medio de montacargas, aunque también es posible transportar la carga directamente a su punto de destino en el almacén.

POSIBLES PATRONES PARA CÁJAS, BOLSAS, O FARDOS

A continuación se muestran algunos de los tantos patrones que se pueden ejecutar en el paleteador 21-uno. Otros innumerables patrones también pueden ser formados.



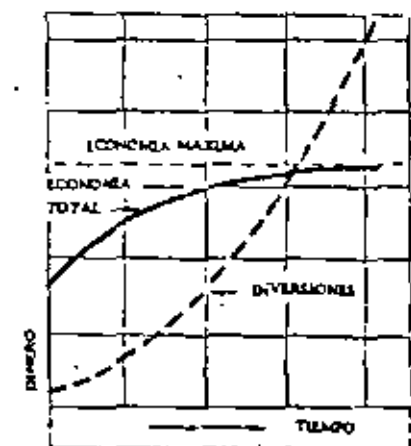
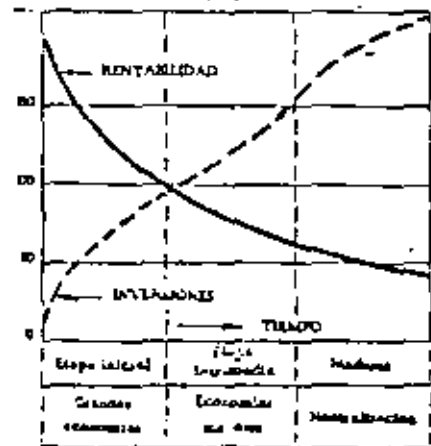
ANÁLISIS ECONÓMICO: En el mejoramiento del manejo de materiales pueden identificarse tres formas bien definidas:

- 1.- Etapa Inicial.
- 2.- Etapa Intermedia.
- 3.- Madurez.

Por supuesto que las líneas de división no son precisas.

En la primera etapa hay gran receptibilidad por parte de la dirección.

Cambios muy simples pueden producir economías muy grandes. A medida que el programa avanza, se van estableciendo mejores metas de rentabilidad lo -- cual en general no se verifica, pues se llega al límite de los rendimientos decrecientes. (Ley de los Rendimientos Decrecientes).



La etapa inicial de gran desarrollo y rentabilidad, llega a agotarse y el programa entra en una faz intermedia en la cual los Ingenieros Industriales de-

dican mayor tiempo para obtener menores resultados siendo sus proyectos más detallados.

Al llegar a la etapa de madurez, los cambios son más limitados y específicos. En esta etapa la atención de los especialistas se centra en la normalización de equipos y métodos, mejorar el mantenimiento y las condiciones de seguridad. Es decir que todo el programa llega a límites de refinamiento, de investigación de nuevas técnicas y la incorporación de los últimos adelantos. En todas las etapas, pero especialmente en la última es indispensable contar con un método uniforme, simple y confiable para que la Dirección pueda realizar las propuestas económicas. Se puede aplicar el método que veremos en selección de maquinaria en el cual se calculaban los costos totales anuales para las alternativas. Suele disponerse también de formularios impresos como el de la figura.

ANÁLISIS DEL COSTO ANUAL PARA EQUIPOS DE MANEJO DE MATERIALES						
Basado en _____ días hábiles						
CONCEPTO	Método A		Método B		Método C	
	B	16/24	B	16/24	B	16/24
INVERSIONES						
Precio de compra del equipo						
Gastos de instalación						
Cambios en instalaciones existentes						
Flete						
Trabajos de adaptación						
Varios						
TOTAL DE INVERSIONES						
CASTOS FIJOS						
Depreciación (____ años)						
Intereses (____ %)						
Seguros						
Impuestos						
Supervisión						
Gastos administrativos						
Personal de mantenimiento						
Otros gastos						
TOTAL CASTOS FIJOS						
CASTOS VARIABLES						
Operarios						
Electricidad y/combustibles						
Lubricantes						
M.d.o. de mantenimiento						
Repuestos						
Otros gastos						
TOTAL CASTOS VARIABLES						
TOTAL CASTOS ANUALES						

* Horas diarias de utilización

UNIDADES MAG (Adaptado del Systematic Layout Planning de Richard Muther).

En producciones diversificadas, que impliquen una apreciable variedad de materiales a transportar ni el peso ni el volumen pueden usarse como magnitudes para mediciones con fines comparativos. Por este motivo y a fin de poder realizar el planeamiento global de una disposición, antes de establecer métodos y equipos de movimiento de materiales, se ha introducido la unidad denominada MAG, que mide la transportabilidad de diferentes materiales.

El concepto y la aplicación de la unidad MAG, tiene sus limitaciones y puede esperarse del sistema una precisión del orden del 20%. No está basada en investigación Científica sino que fue desarrollado en base a la experiencia de especialistas en Lay Out y Movimiento de Materiales.

Los diferentes factores que afectan la facilidad o dificultad del transporte pueden reducirse básicamente a los 6 siguientes:

- A. Tamaño del elemento.
- B. Densidad o estado de agregación.
- C. Forma.
- D. Riesgo de daño al material, personal o equipos.
- E. Condiciones del elemento (limpio, aceitoso, etc.)
- F. Costo (Incluido sólo en algunos casos).

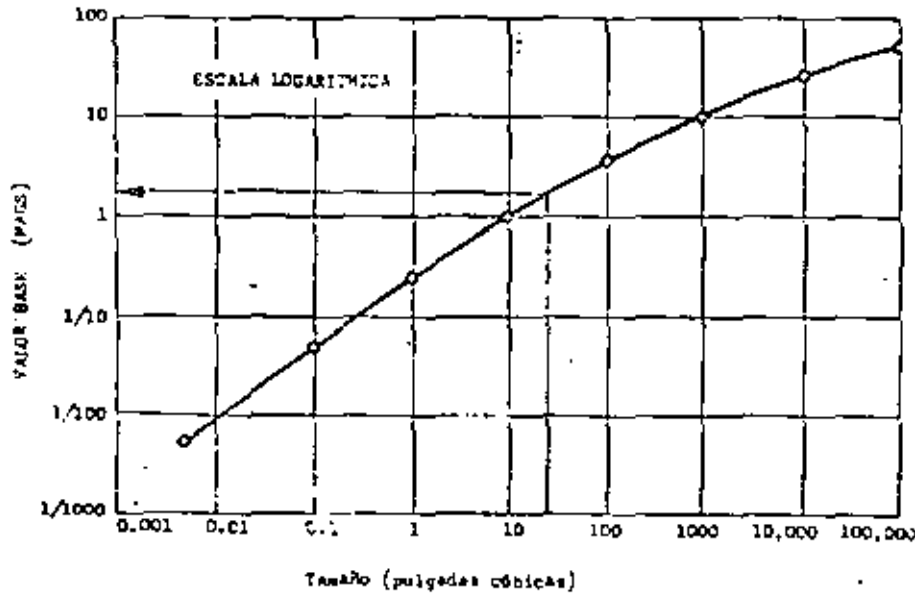
El peso no se incluye porque para un material dado, es proporcional al tamaño y además indicamos la densidad o estado de agregación.

El sistema que aplica la unidad MAG establece un valor básico para el tamaño, que se incrementa o reduce luego, según valores que tienen en cuenta los factores mencionados anteriormente. Por definición un MAG es igual a una pieza de material que reúne las siguientes condiciones.

- 1.- Puede tenerse cómodamente en una mano.
- 2.- Es razonablemente sólida.
- 3.- Es de forma compacta y puede apilarse.
- 4.- Poco susceptible de ser dañado.
- 5.- Es razonablemente limpia, firme y estable.

Un ejemplo típico de 1 MAG es un tubo de madera seca de 10 pulgadas cúbicas de volumen.

Sobre esta base, una cajetilla de cigarrillos es 1/2 MAG, Etc. Para el factor A, existe un gráfico en escala logarítmica.



Puede consultarse en el libro de Richard Muther. Se observa que el valor base, no es directamente proporcional al volumen, dado que es relativamente más fácil transportar un material a medida que el volumen aumenta.

Al medir el volumen para usar esta gráfica, debe tomarse las dimensiones exteriores y no restar las contornos irregulares o cavidades.

Para cualquier elemento, el número de MAGS, se calcula por la fórmula:

$$\text{MAGS} = A + 0.25A (B + C + D + E + F)$$

Los valores B, C, D, E, se encuentran tabulados. El factor F, no se incluye en la tabla dado que en general no lleva variaciones de transportabilidad dentro de la fábrica. No obstante si la situación requiriese considerarlo, bastaría -- con fijarse un valor cero y desarrollar la escala.

Cuando se transportan elementos planos en una pila, la unidad es la pila y

no la pieza individual. Entonces se aplicarán los seis factores a la pila: debe notarse que la cantidad de MAGS puede variar mucho de una operación a la otra a pesar de que la cantidad de material no lo haga, como en operaciones de pintura, estampado, etc.

Ejemplo: A fin de planear una nueva disposición de talleres metalúrgicos, se trató de establecer, entre otras cosas, la intensidad de movimiento de materiales. Uno de los productos, es un tapón para ruedas de automóviles. El análisis del producto es:

Def: Tapón metálico de 12¹¹ cúbicos de volumen.

Operaciones:

- 1.- Corte de lámina en tiras.
- 2.- Estampado en prensa.
- 3.- Recorte.
- 4.- Bases galvánicas.

Producción: 200,000 piezas/año.

Determinar el número de MAGS para el movimiento de estampado a recortado (op. 2 a 3).

Del gráfico, entrando con 12 pulgadas cúbicas, obtenemos A = 3.

De la tabla: B = -2 C = -1 D = 0 E = +1

$$\text{MAGS} = A + 0.25 A (B + C + D + E)$$

$$= 3 + (0.25) (3) (-2 -1 + 1) = 3 - 1.5 = 1.5 \text{ MAGS/pza.}$$

$$= 1.5 \text{ M/pieza y } 200,000 \text{ piezas/año.}$$

Intensidad de movimiento:

$$= 300,000 \text{ MAGS/año.}$$

LA GERENCIA DE MATERIALES.

Controlar existencias y movimientos de materiales con miras a su eficiencia global, ha sido de particular interés en las grandes compañías, y adquirió jerarquía científica, con la introducción de la Investigación de Operaciones y el Procesamiento Electrónico de datos. Con relación a esas actividades, una interesante innovación se ha registrado en los últimos años. Se trata de la Gerencia de Materiales, una nueva función básica, cuyo objetivo es incrementar la rentabilidad de los capitales invertidos en materia prima, artículos en proceso y productos terminados.

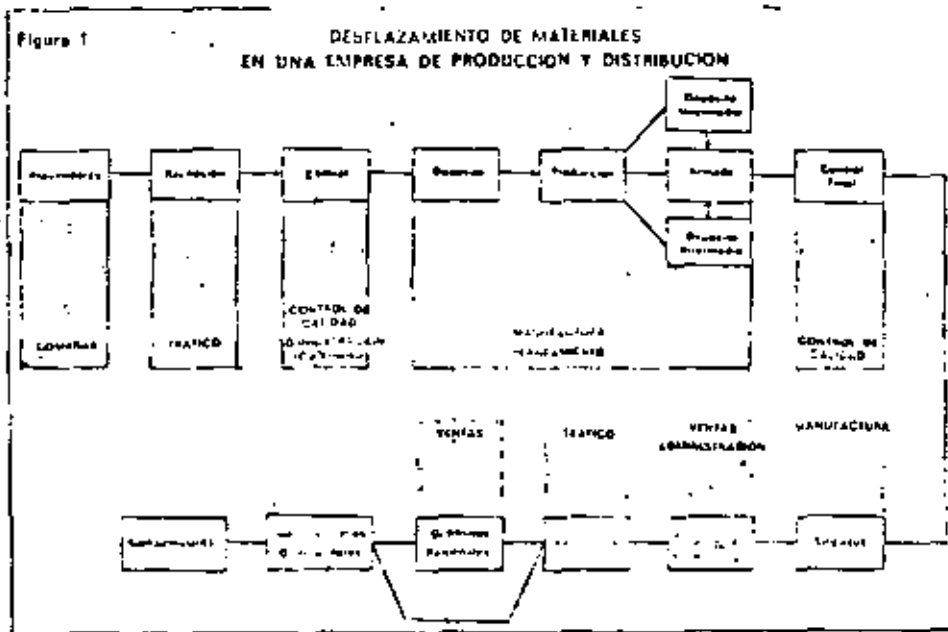
Tradicionalmente la administración de materiales es confiada en forma fragmentada a diferentes áreas de la empresa, que separadamente los controlan en cantidad y calidad, organizan sus movimientos y almacenajes, Etc.

La Gerencia de Materiales, en cambio, centraliza las subfunciones y personas que planean, programan, compran y controlan materiales desde la provisión de materia prima hasta su distribución física, bajo la autoridad y responsabilidad de un ejecutivo que actúa al mismo nivel que los gerentes de producción, compras, ventas, Etc.

Ejemplo : Si se considera el desplazamiento de los materiales y las responsabilidades pertinentes en una empresa integrada de producción y distribución, tendríamos un esquema como el siguiente :

GRUPO	B. DIVERSIDAD	C. FORMA	D. RIESGO	E. CONDICION
01	Muy ligeros y sencillos (Materiales básicos)	Muy ligeros, sencillos, o muy irregulares (Vigas de acero largo)	Alto riesgo, corrosión, o deterioro (Vigas de VVI)	Muy ligeros, muy curvados y pesadamente irregulares (Estructuras de tubos, alitas de aviones)
02	Parada y denso (Piedras sólidas)	Muy largos, cortados o irregulares (Troncos)	Muy susceptibles a daño (Troncos de VVI)	Cubiertas de hierro, calientes, resbaloso o difícil de tomar
03	Gravemente parada y densa (Llaves, tornillos, etc. con oxidación)	Largo, ordenado o algo irregular (Llaves de acero, barras cortas)	Intermitente de daño por espasmos, corrosión o resquebrajamiento (Placas pintadas)	Acileno, resbaloso, irregular e incómodo de tomar (Vidrios esmerilados)
04	Intermitentemente abrida (Bloque de maderas secas)	Intermitentemente abrida y aplastada (Bloque de maderas)	Ligeramente susceptible a daño (Maderas secas y maderas)	Limpio, liso y variable (Bloque de maderas)
05	Livianos y voluminosos (Carbón, arena, plásticos)	Intermitentemente abrida y aplastada (Madera, yeso)	Susceptible a muy alto riesgo (Fenómenos complejos)	-----
06	Muy livianos y sencillos (Materiales básicos voluminosos)	Muy delgado y aplastado o muy abrida (Baque de papel, cartón)	No susceptible a ningún riesgo (Cartón)	-----
07	-----	-----	-----	-----

LUGAR DE LA



Se observa que la responsabilidad sobre los materiales y sus costos asociados, está dividida en varios departamentos sin la suficiente coordinación sobre la rentabilidad total. Dada la diversidad de funciones, sub-funciones y Departamentos de la Empresa que pueden tomar decisiones, que afectan el movimiento de materiales, es necesario CONCENTRAR la responsabilidad y autoridad bajo un gerente único que puede planear, ejecutar y controlar las operaciones en su totalidad, independientemente de los intereses particulares de áreas específicas.

ASPECTOS ECONOMICOS. Dado el peso decisivo que sobre los costos del producto terminado, y el costo de inventarios, tienen los materiales, se considera actualmente, que el capital inmovilizado en ellos, debe ser objeto de un

análisis científico.

El control de inventarios, consiste en mantener los lotes óptimos que se surten de la aplicación de la Investigación de Operaciones, estableciendo los límites económicos para órdenes de compra, transporte, producción y depósitos.

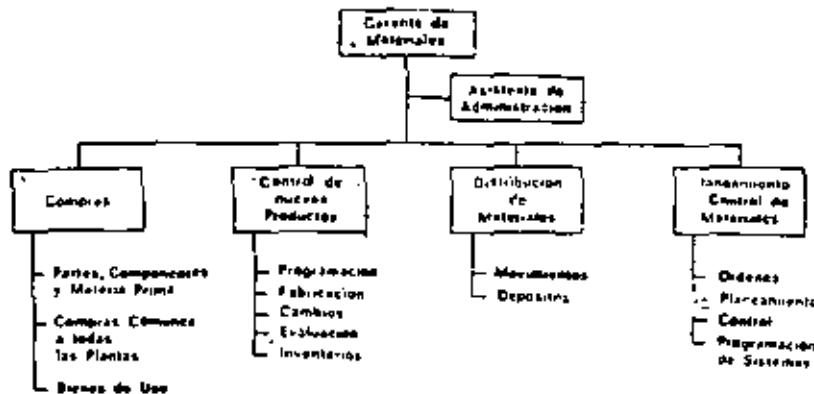
Una de las primeras empresas que concretó la idea de la Gerencia de Materiales fue la GOODYEAR TIRE AND RUBBER Co. que hizo una descripción de 5 puntos principales para la función:

- 1.- Asumir plena responsabilidad por toda la inversión en materiales a fin de satisfacer a ventas sin ser dominado por él.
- 2.- Coordinar con producción los lotes económicos que impidan inventarios inaceptables.
- 3.- Implementar las directivas financieras con respecto a los inventarios.
- 4.- Preparar pronósticos a corto plazo para control de Producción e inventarios.
- 5.- Considerar todos los factores estacionales y de obsolescencia referentes a los productos de la Empresa.

Posteriormente la IBM hizo una exposición más detallada de la función.

Su organigrama toma la siguiente forma:

Figura 3 LA GERENCIA DE MATERIALES EN EL DATA SYSTEM DEL SIM



La oficina de movimientos cubre desde la recepción hasta la expedición y distribución geográfica.

Publican una serie de resultados con este organigrama :

- 1.- Rotación de materiales en proceso : Aumento 55% del 60/62.
- 2.- Demoras en despacho de máquinas : NINGUNA.
- 3.- Órdenes de compra procesadas por día/hombre : Aumento 16%.
- 4.- Se cumplieron las metas fijadas en compras.

Otras empresas como CHAMPION, ALLIS CHALMERS, RCA, muestran cifras cuya promedio es :

- Reducción de Inventarios : 40%
- Productividad por hombre : Aumento 28%
- Rotación de Inversiones : Aumento 50%

TECNICAS UTILIZADAS. Aparte del cambio que se produce en la organización formal, la Gerencia de Materiales no implica ninguna novedad ya que su dinámica participa de la aplicación de técnicas conocidas y que han sido gradualmente consolidadas con la experiencia y la práctica industrial.

Dada que el campo es muy amplia, muchas son las técnicas de eficiencia y organización que pueden aplicarse.

Dentro de ellas mencionaremos :

1a. Para inventarios

- Regla 20/80, ABC, Lote Económico.
- Lo que entra primero sale primero.
- Lo que entra primero sale último, Etc.

2a. Costos de movimientos y almacenaje

- Estudios de tiempos y métodos.
- Muestras
- Programación Lineal.

3a. Análisis y Comunicaciones.

- Estadística, Inv. de Operaciones.
- (colas, Etc.) - Análisis Marginal.
- Computación, Etc.

CRITERIOS EUROPEOS

Algunas empresas han aceptado la idea de la Gerencia de materiales, aunque no todas aceptan sus consecuencias estructurales. En general se ha tratado de desarrollar y centralizar funcionalmente los aspectos tecnológicos relativos al movimiento y almacenaje de materiales más que a promover una integración económica (financiera) del control de los materiales. El criterio general en Europa parte de una definición de objetivos un poco diversa a la norteamericana: se considera como meta de la gerencia de materiales la reducción de costos en la recepción, almacenaje y movimiento de materiales durante el proceso y expedición. Se excluyen en casi todos los casos las actividades de compras y programación.

Iniciación de un Programa.

Dado que una reestructuración con vista a la administración integral de los materiales exige una redistribución de funciones y personal, no puede iniciarse fácilmente desde niveles inferiores de la organización. En las empresas que lo han experimentado en los últimos años, la nueva función ha debido contar con el apoyo firme de la dirección y fueron gradualmente afectando a los gerentes.

Un punto clave del nuevo esquema es la selección del ejecutivo máximo que ha de dirigirlo. De acuerdo a la experiencia, no hay una especialidad que habilite más que las otras. Hoy en la actualidad gerentes de materiales que anteriormente se desempeñaban en compras, ingeniería, administración, etc.

No obstante, y dado el nivel en que actuará, es evidente que la persona seleccionada además de ser un ejecutivo capaz, con relevantes condiciones de organización, deberá poseer experiencia o haber recibido instrucción en los siguientes campos:

- 1.- Movimientos de materiales.
- 2.- Programación y control de la producción.
- 3.- Compras y control de inventarios.
- 4.- Control de calidad.
- 5.- Conocimientos básicos de Ingeniería Industrial y Procesamiento --
Electrónico de datos.

Posibilidades en México. Si bien cada caso en particular indicará en qué medida las empresas puedan asimilar las experiencias extranjeras, podemos afirmar que, en general, una estructura tal como la tratada puede brindar a las empresas mexicanas considerables ventajas. Es de hacer notar, que el solo hecho de dibujar un organigrama no basta, y que los beneficios económicos financieros han de ser consecuencia de la aplicación inteligente de las técnicas de administración.

Se observa sobre todo en fábricas medianas y chicas que este tema se halla muy descuidado. La causa más frecuente es la falta de análisis por desconocimiento de las técnicas y la idea infundada de que toda racionalización exige grandes inversiones.

En las empresas grandes que cuentan con una sólida infraestructura económica y humana, el cambio de estructura hacia la gerencia de materiales debe repetir las experiencias de las empresas norteamericanas con probabilidades de obtener importantes beneficios.

Bibliografía sobre Mov. de Materiales.

- 1.- Immer. Movimiento de Materiales.
- 2.- Material Handling Handbook. (The Ronald Press Co.)
- 3.- Apple Jones M. Material Handling System Design, Ronald. 1977.
- 4.- Maynara, H. G., "Industrial Engineering Handbook", Mc Graw Hill.



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



PLANEACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION

PRONOSTICOS DE DEMANDA

Ing. José Ocampo Samano

junio - julio, 1979.



SELECCION DE TECNICAS DE PRONOSTICO

Introducción :

Todas las personas, principalmente los funcionarios, cada vez - que toman una decisión, se basan en alguna clase de pronóstico- En los últimos años se han desarrollado muchas técnicas de pronósticos para manejar la creciente variedad y complejidad de los problemas gerenciales, debiendo tenerse cuidado en la selección de la técnica adecuada a cada aplicación en particular .

Los objetivos que se pretenden alcanzar en cada caso, deberán - considerar el número de técnicas de pronóstico disponibles, cuando se deben de aplicar, que datos necesitan para aplicarse y los- resultados concretos que se pretende medir; en los párrafos si - guientes se pretende desglosar, los múltiples factores que intervienen en la selección del método adecuado, dividiéndolos en facto - res cualitativos, que dependen de la etapa del producto en que se encuentre su ciclo de vida, es decir de su madurez y en factores cuantitativos que nos auxilian en el establecimiento del costo / beneficio o valor del pronóstico .

ANALISIS CUALITATIVO

I Arbol de Decisiones

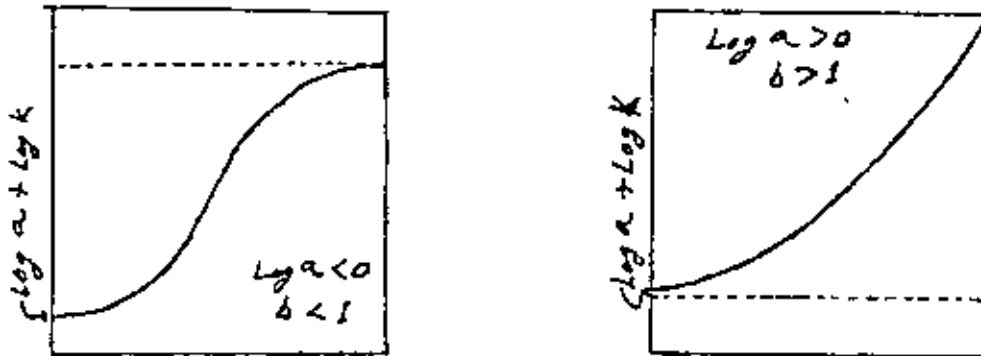
Considerando la disponibilidad de datos y la posibilidad de esta- blecer relaciones entre los factores que participan, dependiendo

básicamente todo esto de la madurez del producto .

Las cuatro etapas principales en el ciclo de vida de un producto son :

- 1o. Desarrollo del producto
- 2o. Pruebas de mercado e introducción
- 3o. Crecimiento acelerado
- 4o. Estado estable

Las etapas de madurez del producto están bien definidas, pero algunas veces es necesario conocer cuando terminará la etapa de crecimiento acelerado para entrar en la cuarta etapa o estado estable del producto. Uno de los métodos para determinar cuando es la fecha probable para que esto ocurra, es mediante la curva de Gompertz. Esta curva se obtiene aplicando el método desarrollado por el matemático del siglo XIX, Benjamín Gompertz. El modelo de Gompertz describe una función logística asintótica cuyo aumento decrece de acuerdo a una constante porcentual elevada a una variable. Como técnica de pronóstico existen dos formas relevantes de este método, estas son el modelo en forma de "S" con asíntota superior e inferior o el modelo con asíntota inferior, como se muestra en la siguiente figura :



La ecuación general para el modelo de Gompertz es : $Y_c = K \cdot a^{b^x}$

Para nuestro objetivo la curva interesante es la que tiene forma de "S", donde la asíntota superior (K) nos define los volúmenes probables a vender en la 4a. etapa; para poder aplicar la ecuación .

Si transformamos esta en su forma logarítmica tendremos :

$$\log Y_c = \log K + (\log a) b^x$$

DESARROLLO DEL PRODUCTO

Esta etapa consiste en la planeación comercial de un producto - que solo existe en la mente y que se pretende conocer cuales - serían los resultados que tendría su futura introducción en el - mercado .

Las técnicas de pronóstico nos ayudarán a contestar preguntas - tales como :

¿ Cuales serán las alternativas de crecimiento fabricando el producto X ?

¿ Como se ha establecido la cuota para productos similares ?

¿ Debemos entrar en este mercado de productos, y si es así, en que segmentos ?

¿ Como deberemos asignar nuestros recursos de investigación y desarrollo de mercado ?

¿ Que éxito tendrán conceptos diferentes del producto ?

¿ Que penetración en el mercado tendrá el producto X dentro de 5 ó 10 años ?

Pronósticos que ayuden a contestar preguntas de esta naturaleza a largo plazo, deben necesariamente expresarse como suposiciones probables. Una característica común de tales predicciones es que virtualmente es imposible determinar con precisión que pasará dentro de varios años.

Un sistema continuo de investigación de mercados ayuda a descubrir las preferencias del consumidor (o industria consumidora) y ayuda a aumentar la confiabilidad de las predicciones a largo plazo .

Las decisiones típicas de esta etapa son :

- 1) Determinación de los recursos necesarios para el desarrollo del producto .

2.) Diseño del producto

3.) Estrategias del negocio

Dependiendo de los datos existentes puede estar o no definido el mercado al que se quiere concurrir.

Para un mercado definido. Si no existen datos del mercado al que se va a concurrir, se pueden conseguir estos de las siguientes formas :

1o. Se puede comparar el producto planeado con productos actuales o planeados de la competencia, clasificandolos en escalas cuantitativas dependiendo de diferentes factores.

A esto se le puede llamar medición de las diferencias del producto. Generalmente este método tiene éxito, cuando se reúnen opiniones de personas de diferentes disciplinas, tales como : - - Mercadotecnia; Planeación; Producción; Jurídico; Ventas; etc.

2o. Se pueden contruir modelos de mercado desglosados (segmentación), separando diferentes submercados para consideraciones y estudios individuales : Ejemplo Areas geográficas, niveles de precios, etc.

3o. Se puede comparar el producto proyectado con su antecesor de características similares .

Para un mercado no definido. Frecuentemente, sin embargo, el mercado para un producto nuevo es definido vagamente o muy pocos datos existen disponibles, el concepto del producto esta en la mente y su historia parece irrelevante, por ejemplo: Automóviles de gas, turbina o eléctricos, casa modulares, etc.

Las técnicas utilizadas para este tipo de casos son: Análisis de entradas y salidas, panel de opiniones y predicciones visionarias.

PRUEBAS DEL MERCADO E INTRODUCCION DEL PRODUCTO

Antes de que el producto entre en la etapa de penetración al mercado en forma acelerada, deben realizarse pruebas en el mercado potencial para medir su grado de introducción.

En esta etapa se obtienen respuestas a preguntas como:

¿Cuál será nuestro plan de mercadeo. En que mercados debemos entrar y en que magnitud?

¿Que capacidad de producción requerirá la etapa de iniciación?

¿Conforme al crecimiento de la demanda, deberemos construir la capacidad de producción?

¿Como deberemos distribuir nuestros recursos de investigación y desarrollo de mercado con el tiempo?

Una predicción de ventas en esta etapa debería proporcionar tres puntos de información:

- 1o. La fecha cuando la aceleración de las ventas empieza.
- 2o. El índice de penetración en el mercado durante esta etapa.
- 3o. La participación en las ventas en el estado estable.

Las decisiones típicas de la etapa son :

- 1o. El tamaño óptimo de las instalaciones.
- 2o. Estrategias de mercadeo, incluyendo distribución y política de precios.

Para determinar cual será la fecha cuando un producto entrara en la etapa de crecimiento acelerado, se pueden emplear métodos estadísticos, verificando el comportamiento de las ventas para comprobar que tan exitosamente el producto está siendo introducido y mediante estudios de mercado para determinar cuando ha habido un incremento significativo con el índice de ventas.

La fecha de entrada al crecimiento acelerado es una función de factores tales como :

La existencia de un sistema de distribución eficiente

La aceptación del cliente.

Las necesidades creadas por el producto.

Los efectos significativos de cualquier índole.

Debe de tenerse cuidado al analizar las ventas inicial es desde que se introdujo el producto al mercado hasta las acumuladas a últimas fechas. Por ejemplo es importante distinguir las ventas-

a iniciadores (quienes prueban cualquier cosa nueva) y las ven-
tas a conservadores (quienes compraran un producto solamente
cuando ha sido aceptado por el primero).

El grupo conservador es el que proporciona estabilidad a la de-
manda. La posible vía para estudiar a estos dos grupos es por
medio de encuestas, ya que el primero nos puede enseñar a --
mejorar el producto, mientras el segundo nos indica los dese-
os y comportamiento del mercado total .

Aunque la investigación estadística es una herramienta útil du-
rante la etapa de introducción del producto, los datos estadísti-
cos muy raramente son suficientes. Investigaciones de merca-
do también pueden ser útiles como se ha indicado, pero es más
común tratar de identificar el producto con otro, cuyos patrones
de penetración en el mercado deben ser similares al nuevo .

CRECIMIENTO ACELERADO

Quando un producto entra en esta etapa, las decisiones más im-
portantes son las relativas al incremento de la capacidad produc-
tiva. Estas traen generalmente y como consecuencia los mayo-
res gastos en el ciclo de comercialización y justifican proyec-
ciones precisas y esfuerzos de investigación de mercados mayo-
res.

Las proyecciones e investigaciones deben de proporcionar las siguientes premisas :

La verificación de que el producto se encuentre en la etapa de crecimiento acelerado .

Un aviso de alerta cuando las ventas entren al nivel normal de crecimiento estable .

Se debe de averiguar las desviaciones en la curva de crecimiento causadas por las condiciones características de los canales de distribución .

Las decisiones típicas de la etapa son :

- 1o. Expansión de la capacidad productiva .
- 2o. Estrategias de mercado .
- 3o. Planeación de la producción .

Pronósticos a mediano y a largo plazo del índice del crecimiento del mercado y del punto en que las ventas se estabilizan, requieren las mismas técnicas empleadas para la etapa de Introducción de un producto .

Cuando un producto ha entrado en la etapa de crecimiento acelerado existen generalmente suficientes datos disponibles para contruir métodos estadísticos, posiblemente hasta modelos de crecimiento causales (a pesar de que mas tarde, sea necesario verificar las condiciones pre-establecidas) .

La mejor forma de analizar un sistema es estudiar sus movimientos dinámicos y comprobar si las condiciones preestablecidas se cumplen correctamente. Los métodos estadísticos proporcionan una buena base a corto plazo para estimar y comprobar el índice de crecimiento y el reconocimiento de las señales cuando los puntos de cambio aparecen. Generalmente los inventarios a lo largo del canal de distribución siguen una curva "S", lo que crea la necesidad de tener un inventario inicial muy elevado y períodos subsecuentes entre los cuales varía el inventario desde niveles altos hasta muy bajos.

Cuando se utilizan intermediarios en los canales de distribución generalmente distorsionan la continuidad de las ventas al consumidor final.

Una de las actividades importantes durante esta etapa consiste en comprobar los estimados iniciales y si ellos están incorrectos tratar de identificar tan preciso como sea posible, el error en el estimado original y producir un pronóstico corregido.

ESTADO ESTABLE

Las decisiones de esta etapa son muy diferentes a las que se han efectuado en las etapas anteriores. La mayoría de los recursos de planeación de mercados han sido eliminados y las tendencias e índices de crecimiento alcanzado una razonable estabilidad. Pero es posible que ocurran cambios en la demanda y en las ganancias, debido a modificaciones en las condiciones, tales como productos nuevos y competidores, dinámica en los canales de distribución,

etc. Por lo cual se deberán mantener los sistemas de información actualizados.

Sin embargo se puede concentrar la atención en las siguientes áreas :

- 1o. Planeación de la producción a corto y largo plazo.
- 2o. Desarrollar proyecciones para mejorar las ganancias planeadas .

También se deberá establecer un sistema de información para identificar la declinación de la demanda del producto.

Las decisiones típicas en esta etapa son :

- 1o. Promociones especiales
- 2o. Política de precios
- 3o. Planeación de la producción
- 4o. Planeación y control de inventarios .

En la planeación de la producción y en el establecimiento de la estrategia del mercado a corto y mediano plazo, la primera consideración es generalmente, estimar con más precisión el presente nivel de ventas y el grado con que este nivel cambia.

Se puede recurrir a los siguientes métodos :

- a) A estimados de tendencias y estacionalidades que afectan obviamente el nivel de ventas. Las estacionalidades son especialmente importantes para la planeación de la producción total en un período de tiempo y un adecuado control de-

- inventarios. Para este estudio es necesario aplicar análisis de series de tiempo y técnicas de proyección.
- b) Se debe de correlacionar el nivel de ventas futuras a factores que son mucho más fáciles de predecir o identificar.
- Para hacer esto es necesario contruir modelos causales.

En general en este punto del ciclo de vida de un producto existen suficientes datos series de tiempo y adecuadas relaciones causales disponibles, conocidas de experiencias directas y de estudios de mercado. Cuando menos se debe de contar con datos históricos de los últimos años.

II TECNICAS BASICAS DE PRONOSTICOS .

A métodos cualitativos .

Estos métodos consisten en tomar opiniones de expertos e información acerca de eventos especiales en los que se puede considerar o no la historia.

- Se utilizan cuando los datos son escasos, por ejemplo:

Quando un producto es introducido al mercado. Emplean criterios y esquemas de clasificación para convertir información cualitativa en estimado cuantitativo. Se emplean en pronósticos a largo plazo.

- Su objetivo es conducir de una manera lógica, imparcial y sistemática la información, tratando de relacionar los factores implícitos. Tales técnicas son frecuentemente utilizadas en áreas de tecnologías nuevas, donde el desarrollo de un producto-idea es difícil de estimar y donde el índice de aceptación y penetración en el mercado es incierto .

Los métodos más utilizados son :

1o. METODO DELPHI

Consiste principalmente en que un grupo de expertos son interrogados a través de cuestionarios secuenciales en los cuales, las respuestas a un cuestionario se utilizan para producir el siguiente.

Parte de los expertos recibe cierta información y el resto recibe otra clase de datos, de tal manera que estos tengan acceso a la información, pero en forma parcial y diferida. Cada vez la muestra reduce y los datos son más selectivos. Esta técnica elimina el efecto de la influencia de la opinión de la mayoría.

2o. PANEL DE OPINIONES

Se basa en la información de un panel de expertos en exposición abierta para llegar a un pronóstico.

Esta técnica presupone que varios expertos pueden llegar a un mejor pronóstico que opiniones personales aisladas, debido a que se propicia la comunicación entre los participantes. El pronóstico es algunas veces influenciado por factores sociales y puede no reflejar la verdadera opinión .

3o. PREDICCIÓN VISIONARIA

Es el pronóstico de posibles acontecimientos en el futuro, basados en la experiencia de hechos pasados y en puntos de vista personales. Como se caracteriza por el uso de la imaginación de los colaboradores, este método no se considera científico .

10. ANALOGA HISTORICA

Este es un análisis comparativo del desarrollo de productos similares basado en patrones de similitud.

11. METODOS ESTADISTICOS

Se basan en patrones y cambios en los patrones y utilizan indispensablemente los datos históricos.

10. ANALISIS DE SERIES DE TIEMPO

Consiste básicamente en aislar para su estudio sus cuatro principales componentes : a) Tendencia, b) Movimientos Periódicos, c) Movimientos Cíclicos y d) Variaciones Irregulares. Generalmente estas cuatro componentes están presentes en una serie de tiempo y son coexistentes. A continuación se presenta una descripción de cada uno de estos elementos y de los métodos estadísticos usados para su determinación cuantificación y análisis .

a) TENDENCIA

Cuando se considera un período lo suficiente largo, una serie de tiempo, muy probablemente presentará un comportamiento que involucra una trayectoria creciente o decreciente de tal naturaleza que generalmente puede ser representada en forma más o menos aproximada por uno o más modelos matemáticos a esto se le conoce como tendencia .

Existen dos razones importantes, para determinar la tendencia de una serie de tiempo, la primera es medir las desviaciones de los datos respecto a la tendencia. Estas desviaciones consisten en movimientos cíclicos, estacionales e irregulares. Frecuentemente el obtener estas desviaciones es un paso en el intento de aislar los ciclos para su estudio.

La segunda es estudiar la tendencia misma para determinar el efecto de los factores relacionados con la trayectoria de la serie, comparar la tendencia con otras, descubrir que efecto tienen los movimientos de la tendencia sobre las fluctuaciones cíclicas y tratar de pronosticar el comportamiento de la tendencia en el futuro. El método mas sencillo, y el que se recomienda, como el primer paso en el análisis de una serie de tiempo, es graficar los datos originales en papel aritmético y determinar la tendencia por inspección. El procedimiento usado con mas frecuencia es el de ajustar los datos, mediante mínimos cuadrados a una línea ^{cuya} expresión matemática es conocida.

Las curvas que con mayor frecuencia son utilizadas para representar este elemento de las series son :

TIPO DE CURVA	EXPRESION	FORMA LOGARITMICA
Curva de 2o. grado	$Y=A+BX+CX^2$	-----
Exponencial	$Y=AB^X$	Log Y=Log A+X Log B
Exponencial modificada	$Y=K+AB^X$	-----
Curva de Gompertz	$Y=KA^{B^X}$	Log Y=Log K+ (Log A) B^X
Curva logística	$1/Y=K+A^{B^X}$	-----

La curva de Gompertz se analizó anteriormente, por ser la que en su comportamiento se involucran las cuatro etapas de la vida de un producto .

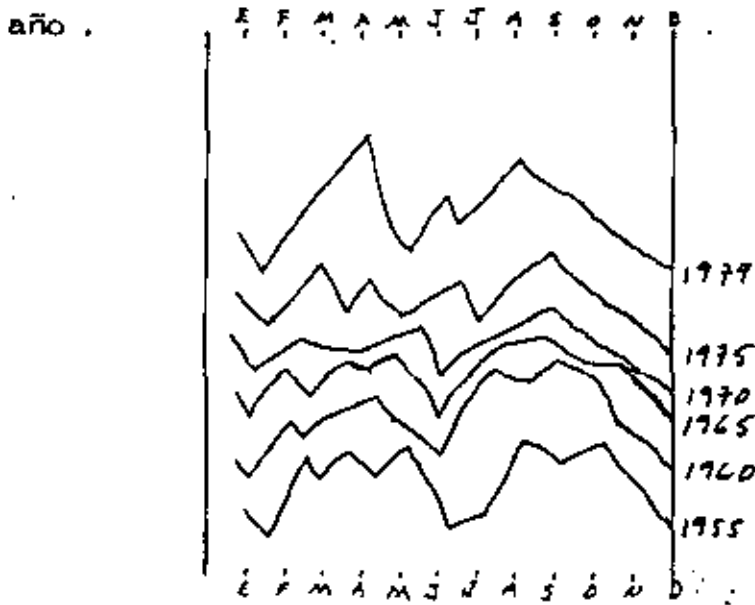
b) MOVIMIENTOS PERIODICOS

Es aquel que se repite con cierto grado de regularidad dentro de un período definido de una serie de tiempo .

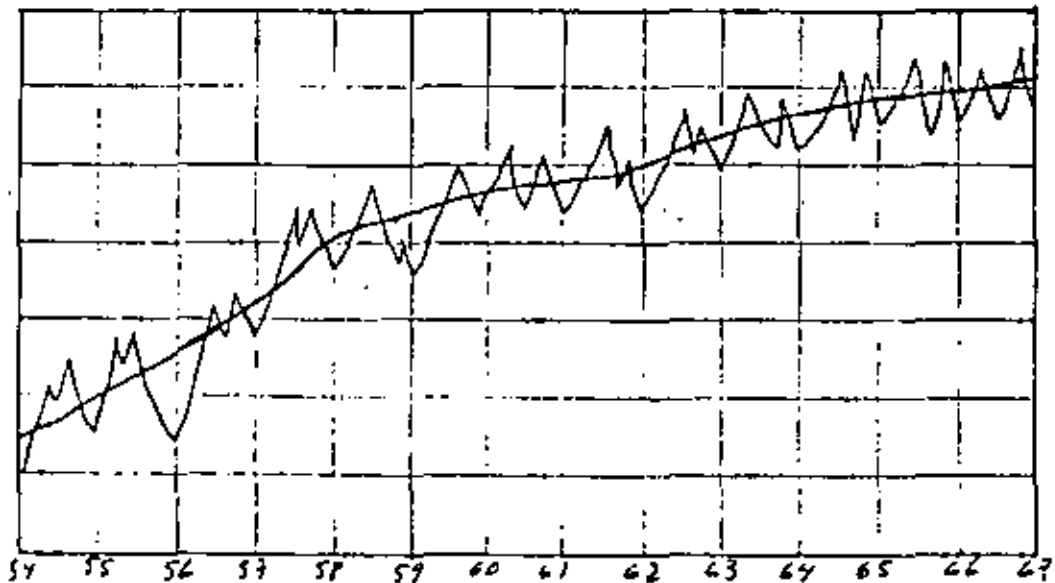
Existen varios tipos de movimientos periódicos, incluyendo aquellos que se repiten en formadiania, semanal, mensual y anual. Aquí nos enfocaremos al análisis de movlmientos mensuales, también conocidos como movimientos estacionales, por ser generalmente los de -- mayor interés. Estos métodos pueden ser adaptados fácilmente a los otros tipos de movimientos periódicos. Existen dos clases de movimientos estacionales, uno cuyo patrón a comportamiento se presenta año con año y otro cuyo patrón varía anualmente .

1) Antes de empezar a calcular un índice de estacionalidad, debe uno asegurarse de que existe un movimiento estacional en la serie mediante la elaboración de una gráfica en la cual la línea de los datos vs meses de cada año es colocada en un nivel superior a la corres-

pendiente del período anterior, esto nos permitirá observar claramente si existe o no movimiento estacional constante año con año.



Porcentaje respecto a promedios móviles centrados de 12 meses : este método consiste en calcular el promedio móvil de 12 meses, el cual es un estimado de los elementos de tendencia y movimientos cíclicos de la serie ($T \times C$), ya que suaviza o elimina los movimientos estacionales y la mayor parte de las variaciones irregulares ($E \times I$) como puede observarse en la siguiente figura :

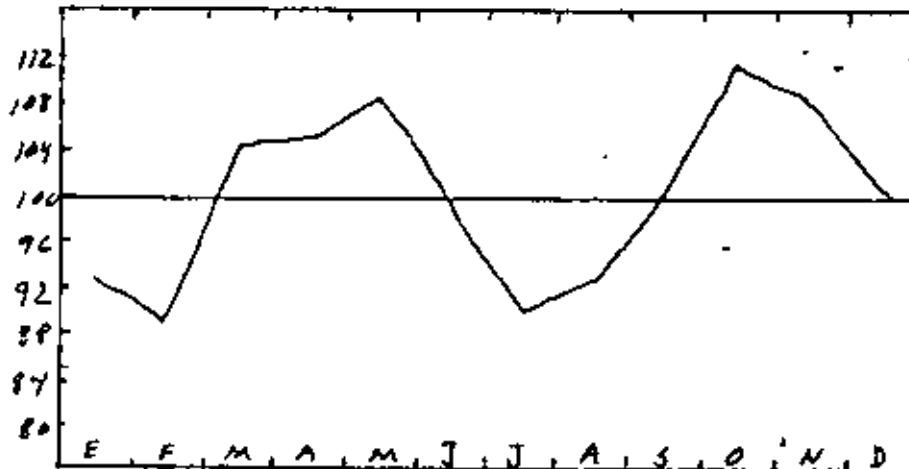


donde la línea central es la gráfica de los promedios móviles. Si dividimos los datos originales que contiene los cuatro elementos de la serie entre el promedio móvil correspondiente, se obtiene :

$$\frac{T \times C \times E \times I}{T \times C} = E \times I$$

que es un indicador de la estacionalidad, aunque conteniendo todavía las variaciones irregulares, las cuales se manifiestan como puntos extremos en los juegos de índices correspondientes a cada mes como puede observarse en la siguiente figura .

POR CIENTO

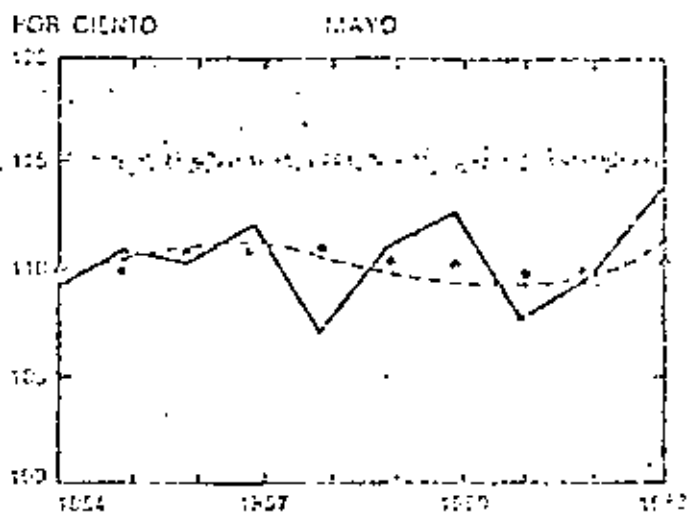
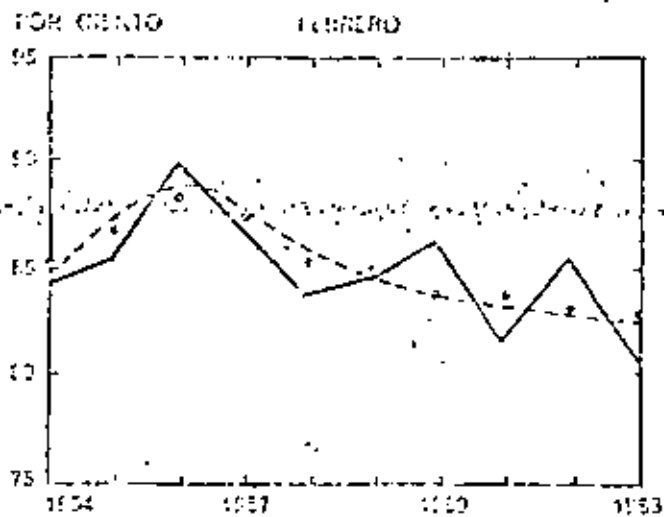
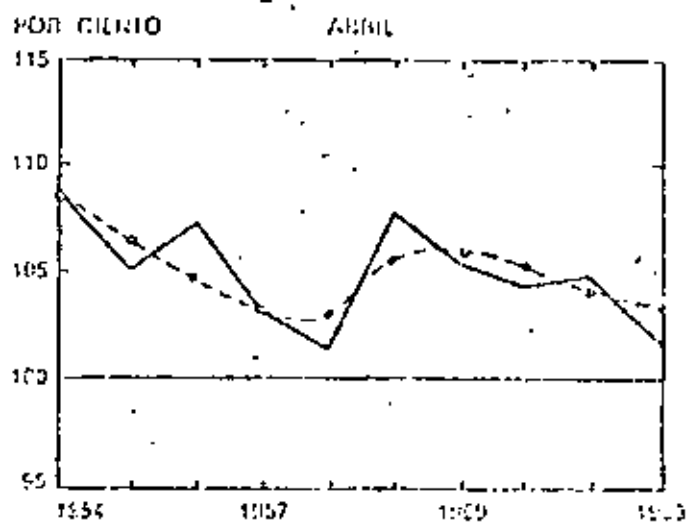
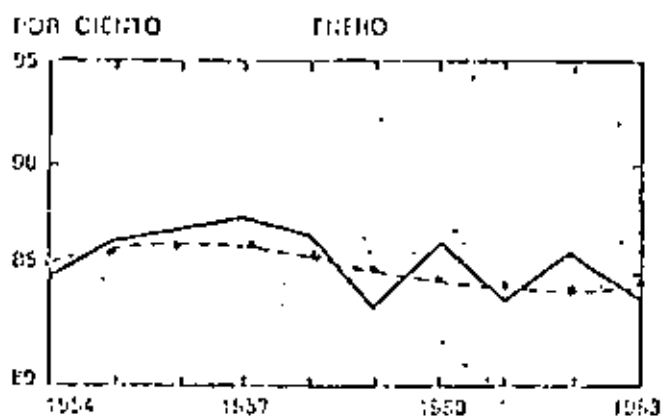


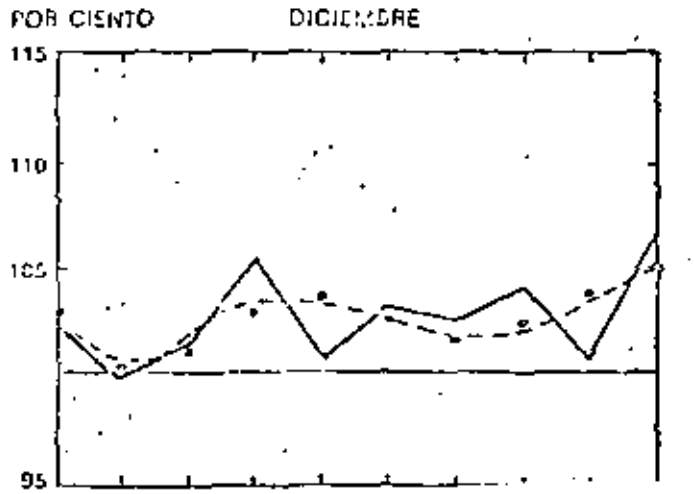
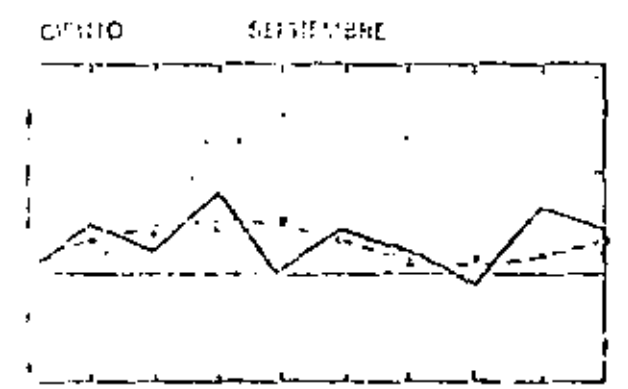
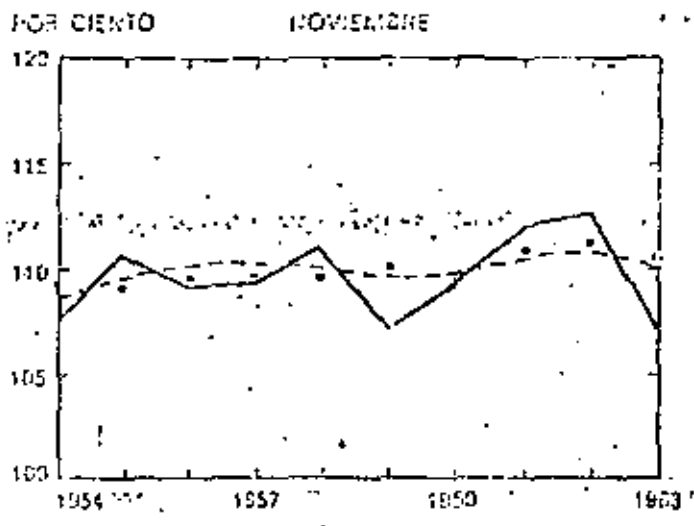
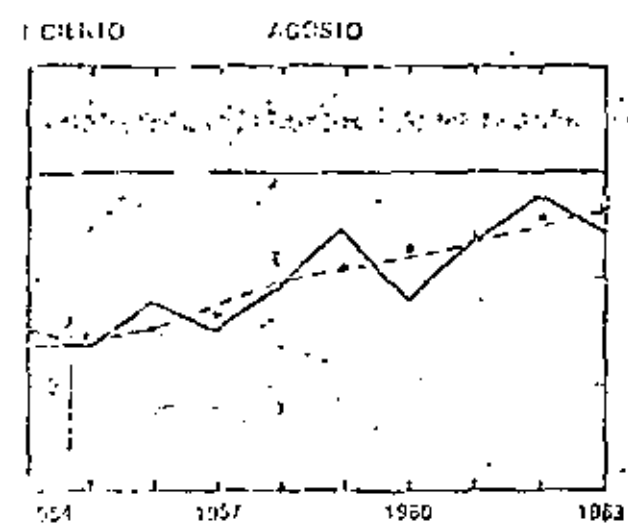
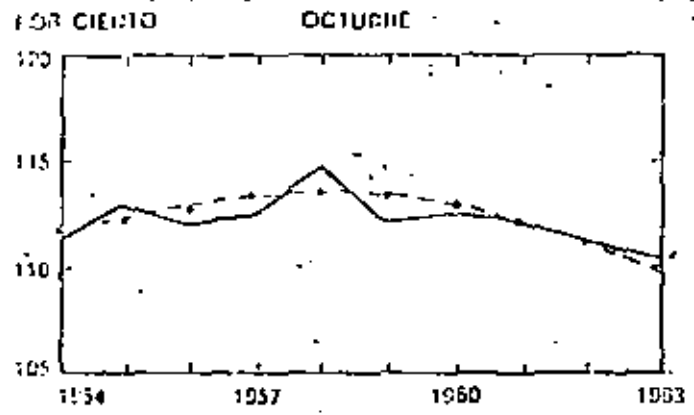
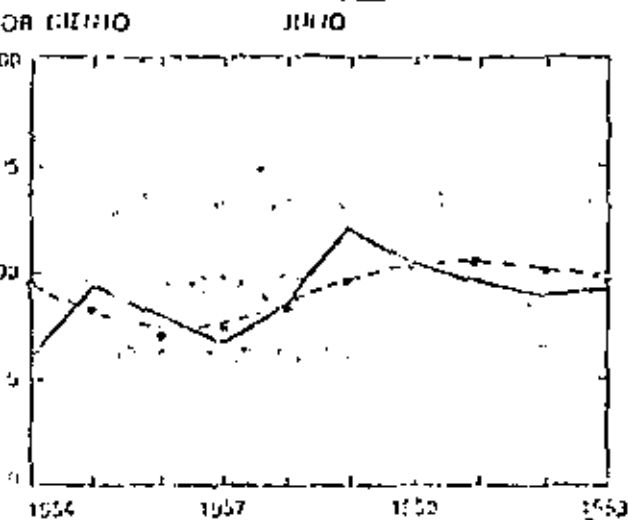
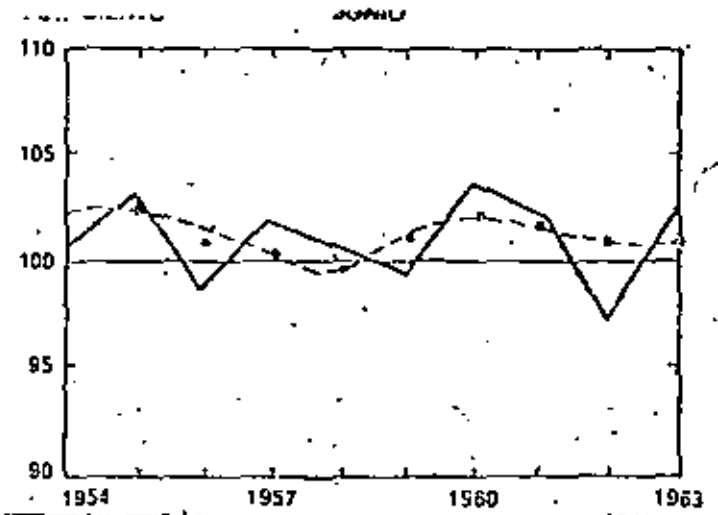
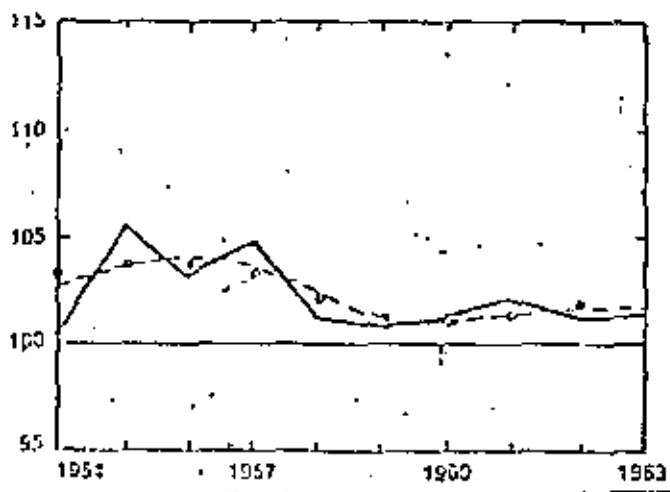
La forma más frecuente de eliminar estas variaciones es calcular una media aritmética modificada de cada grupo, eliminando estos puntos extremos (mayor y menor). Dicha media aritmética es el índice de estacionalidad (E) .

II) PATRON VARIABLE DE ESTACIONALIDAD .

Algunas series de tiempo presentan movimientos estacionales cuyo patrón cambia año con año, estos cambios pueden ser graduados o repentinos. Para cuantificar este efecto es necesario calcular un índice de estacionalidad móvil.

Esto se hace calculando o trazando la línea de tendencia que siguen los porcentajes de los datos originales de cada mes con respecto a su promedio móvil como puede observarse en las siguientes gráficas:





c) MOVIMIENTOS CICLICOS

Habiendo determinado y expresado matemáticamente la tendencia y calculado los índices de estacionalidad, es posible aislar los elementos cíclicos y las variaciones irregulares, decentralizando la serie, operación que consiste en dividir los datos originales

$T \times E \times C \times I$ entre los índices de estacionalidad (E) correspondientes :

$$\frac{T \times E \times C \times I}{E} = T \times C \times I \quad \cdot \cdot \cdot \quad \frac{T \times C \times I}{T} = C \times I$$

Los datos que solo contienen ya los movimientos cíclicos y las variaciones irregulares, muestran claramente los movimientos cíclicos de la misma serie .

No es posible eliminar completamente las variaciones irregulares, sin correr el riesgo de sobresuavizar la serie .

d) VARIACIONES IRREGULARES

Si se intenta estudiar las variaciones irregulares, es posible aislarlas dividiendo los datos $C \times I$, obtenidos en el análisis de los movimientos cíclicos, entre los valores C resultantes de la aplicación de los promedios móviles de corto plazo a los datos $C \times I$ obteniéndose :

$$\frac{C \times I}{C} = I$$

20. SUAVIZACION EXPONENCIAL

El método consiste en calcular un promedio móvil ponderado de los datos disponibles, dando mayor peso a los más recientes y en el cual, la rutina de cálculo ha sido adaptada a las características de los equipos de procesamiento electrónico de datos :

La forma de establecer la ponderación de la historia consiste en determinar un factor de peso, llamado constante de suavización (α) que toma valores en el intervalo (0,1) e indica cual es la importancia que se le asignará al dato más reciente, la porción de importancia restante ($1-\alpha$) se distribuye entre los demás datos de la serie de la siguiente manera : el siguiente dato más reciente $\alpha(1-\alpha)$ es decir su importancia será el $(1-\alpha)$ % de la importancia del dato más nuevo; la importancia de la siguiente observación en edad será $(1-\alpha)(1-\alpha)$ ó $(1-\alpha)^2$ o sea el $(1-\alpha)$ % de la importancia del dato inmediato anterior y así sucesivamente . Por ejemplo asignémosle un valor de $\alpha = 0.2$ el peso o importancia de la observación más reciente es 0.2 , el del siguiente será $0.2 \times 0.8 = 0.16$ que es el 80 % del peso del anterior, al tercero le corresponderá $0.16 \times 0.8 = 0.128$ que es el 80 % de la importancia del inmediato anterior, etc. Esto hace que conforme aumenta la edad del dato influya menos en la estimación del futuro. Esto expresado en forma de un modelo matemático sería : $S_t = \alpha X_t + (1-\alpha) S_{t-1}$ (X)

donde el nuevo valor suavizado $S_t(X)$ es igual al valor suavizado anterior mas la última observación, ambos afectados por sus respectivos factores de peso. Sustituyendo el valor suavizado anterior por su expresión se obtiene :

$$\begin{aligned} S_t(X) &= \alpha X_t + (1-\alpha) [\alpha X_{t-1} + (1-\alpha) S_{t-2}(X)] \\ &= \alpha X_t + \alpha(1-\alpha) X_{t-1} + (1-\alpha)^2 [\alpha X_{t-2} + (1-\alpha) S_{t-3}(X)] \\ S_t(X) &= \alpha \sum_{k=0}^{t-2} (1-\alpha)^k X_{t-k} + (1-\alpha)^{t-1} X_1 \end{aligned}$$

que representa la suavización con modelo constante (línea horizontal)

En la práctica es recomendable obtener constantes de suavización que tengan valores no mayores entre 0.1 y 0.3, puesto que alfas de esta magnitud permiten considerar la totalidad o casi la totalidad de la historia, constantes mayores (0.5, 0.6, etc.) debido a la disminución acelerada que producen sobre la importancia, anularían el efecto de los datos mas antiguos. Cuando $\alpha > 0.3$ es necesario comprobar la validez del modelo usado para el ajuste.

C MODELOS CAUSALES

Utilizan información específica y altamente refinada, acerca de la relación entre los elementos del sistema y son lo suficientemente relevantes para considerar eventos especiales en su proceso.

Un modelo causal es la más sofisticada de las herramientas de pronósticos. Expresa matemáticamente las relaciones causa-efecto más importantes, puede incluir consideraciones de distribución e in-

formación de encuestas en el mercado y puede incorporar directamente el resultado del análisis de series de tiempo.

El modelo causal toma en cuenta todas las cosas conocidas en la dinámica del diagrama de flujo del sistema y utiliza predicciones de sucesos posibles, tales como acciones de la competencia, huelgas y promociones. Si los datos están disponibles, el modelo generalmente incluye factores para cada posición del diagrama de flujo y los conecta con ecuaciones que describen el flujo general.

Si cierta clase de datos son dudosos, al principio será necesario hacer conjeturas acerca de algunas relaciones y entonces tratarlas de comprobar para determinar si estas son verdaderas. Es típico, que el modelo causal sea continuamente revisado, debido a que se conoce mejor el sistema cuando se pone en operación.

Los modelos causales son con mucho los mejores para predecir los puntos de cambio y para preparar proyecciones a largo plazo.

10. MODELO DE REGRESION

Relaciona las ventas e índices económicos, de competencia o variables internas en una ecuación que utiliza la técnica de mínimos cuadrados. Las relaciones deben en primer lugar analizarse estadísticamente y cualquier correlación deberá ser fundamentada en elementos racionales.

20. MODELO ECONOMICO

Un modelo econométrico es un sistema de ecuaciones de regre-

sión interdependientes que describen el comportamiento de algún sector de la economía o actividad rentable. Los parámetros de las ecuaciones de regresión son generalmente estimados simultáneamente. Como regla, estos modelos son costosos y este depende del detalle de información. Sin embargo, debido al sistema de ecuaciones implícitas en tales modelos, expresan mejor las causas que en modelos de regresión ordinarios y permiten predecir los puntos de cambio con mayor precisión .

3o. MODELO DE ENTRADAS Y SALIDAS

Este método de análisis se refiere a interconectar o correlacionar el flujo de bienes y servicios interindustriales o interdepartamentales de la empresa y de la economía del país y sus mercados. Muestra que entradas deben de participar para obtener ciertas salidas. Esfuerzos considerables deben de realizarse para utilizar estos modelos correctamente. Requieren de datos específicos que casi nunca están disponibles y son difíciles de obtener, pero son necesarios para aplicarse a productos o negocios específicos. Es un método sumamente caro .

4o. INDICADOR BASE

Este método consiste en el análisis de una serie de tiempo de una actividad económica específica, cuyos movimientos van en determinada dirección, precede al movimiento de algún otra serie de tiempo en la misma dirección .

III SISTEMAS DE INFORMACION

1o. Investigación de Mercados

Se puede utilizar para cualquiera de los tres tipos de técnicas de pronósticos. Se define como : La búsqueda y el análisis sistemático y objetivo de información relevante a un problema o asunto comercial, con objeto de descubrir datos para una decisión .

Existen los diferentes tipos característicos que se mencionan a continuación :

A Investigación de actuación comercial

A-1) Investigación de potencial del mercado

A-2.) Investigación de dimensión del mercado

A-3) Investigación de participación en el mercado

A-4) Análisis de ventas

A-5) Proyección de ventas

B Investigación de Productos

C Investigación de Promoción

D Investigación de Distribución

E Investigación de Precios

F Investigación de Compañías

G Investigación Estructural del Mercado (censo básico)

2o. Intenciones de Compra y Encuestas Previas

Estas encuestas determinan :

- a) Las intenciones de compra de determinados productos.
- b) Un índice que mida el sentimiento general de la situación presente y de la futura. Se estima la forma como estos sentimientos afectarán los hábitos establecidos.

Sirven básicamente para detectar si los puntos de cambio están mal diseñados y evitar que esto ocurra.

3o. Análisis del Ciclo de Vida

Este es el análisis y pronóstico del índice de crecimiento de nuevos productos, mediante curvas de Gompertz ("S"), basados en la aceptación de las diversas partes de la etapa por varios grupos, tales como indicadores, adaptativos iniciales, mayoría inicial, mayoría final y últimos compradores.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

En general se debe de escoger la técnica que hace el mejor uso de los datos disponibles. Se debe de evitar utilizar técnicas muy avanzadas que requieran de información inexistente o difícil y costosas de conseguir.

Necesariamente productos distintos requieren diferente clase de técnicas de pronósticos, por ejemplo cuando el producto es un bien de capital y cuando el producto es un bien de consumo.

Parámetros de decisión .

Antes de escoger la técnica de pronósticos es necesario definir los parámetros de decisión, contestando las siguientes preguntas :

1o. Cual es el propósito de la proyección y como será utilizada?
Esto nos determina la precisión y el alcance de las técnicas que se utilizarán .

2o. Cual es el costo-beneficio o el valor del pronóstico ?

Se tiene que valorizar entre los gastos ocasionados por la técnica- empleada contra los ahorros de costos o beneficios logrados. Generalmente a mayor precisión y confiabilidad del pronóstico el costo se incrementa, este se tiene que comparar contra el costo ocasionado por las malas decisiones por no contar con los elementos que los proporcionen la información decisoria suficiente .

3o. Cuales son los componentes y fuerzas dinámicas del sistema que se utilizará ?

Esto aclara la relación entre las variables participantes.

Generalmente, se debe de revisar el diagrama de flujo que muestra la posición relativa de los diferentes elementos del sistema de - ventas, sistema de producción, o cualquier sistema u organización que tomen parte.

Debe de especificarse lo que esta bajo el control de la compañía - y lo que no está, esto es el total de los elementos que toman parte, las entradas y salidas, especificando los datos que no están disponibles u que son muy costosos de obtener, para de esta manera -

conocer cuando el método de pronóstico escogido es limitado .

En las partes del sistema donde la compañía tiene control total, se deben de señalar las relaciones causa-efecto que pueden aportar factores causales que seran de suma utilidad en la técnica de pronóstico utilizado.

Una vez que estos factores y su relación han sido determinados, se puede contruir un modelo causal del sistema, en el cual relaciona los dos factores (causa + efecto) y la logística de la situación, lo cual constituye, la base de sofisticación de los pronósticos.

4o. Cual es la importancia del pasado en la estimación del futuro ?

Los cambios significativos en el sistema como son nuevos productos, nuevas estrategias de la competencia, etc. que disminuyen la similitud del pasado y el futuro.

Los cambios recientes a corto plazo no alterarán todas las formas establecidas, pero los efectos de los cambios a largo plazo, generalmente se incrementa .

00



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



PLANEACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION

I N V E N T A R I O S

ING ARTURO DURAN P.
16 JUNIO 1979



Faint, illegible text or markings, possibly a signature or date, located in the upper left quadrant of the page.

.

.

.

.

.

.

.

TEMARIO:

- 3.1 OBJETIVO DE LA SESION
- 3.2 TERMINOS USUALES
- 3.3 CRITERIOS DE DECISION
- 3.4 PRINCIPALES TIPOS DE INVENTARIOS
- 3.5 LA FUNCION DEL CONTROL DE INVENTARIOS
EN LA EMPRESA
- 3.6 CASOS
 - 3.6.1 PLANEACION DE LA PRODUCCION
 - 3.6.2 A B C



3.2 TERMINOS USUALES

3.2.1 INVENTARIO. - ES AQUEL RECURSO OCIOSO DE CUALQUIER TIPO, CLASE O MATERIA; SIEMPRE QUE ESTE RECURSO TENGA UN VALOR ECONOMICO.

(Discusión)

3.2.2 ¿ QUE ESTUDIA LA TEORIA DE INVENTARIOS?

LA DETERMINACION OPTIMA DE ESTE RECURSO OCIOSO Y SU FLANEAACION ANTICIPADA QUE PERMITA QUE SU COSTO DE AMORTIZACION SEA MENOR QUE SU COSTO EN EL PASADO.

(Discusión)

3.2.3 QUE OBJETO TIENE UN INVENTARIO?

3.2.3.1 EVITA FALTANTES EN EL PRODUCTO O SERVICIO PROPICIADOS POR LA FALTA DE SINCRONIZACION, EN ALGUNA DE LAS ACCIONES INDUSTRIALES DE TRAMITE.

3.2.3.2 AMORTIGUA LA IMPRECISION DE LOS PRONOSTICOS OPERANDO EL BANCO COMO COLCHON PRECAUTORIO.

3.2.3.3 EN LAS ETAPAS DE FLUCTUACION DE PRECIOS ES UN ELEMENTO ESPECULATIVO QUE PUEDE OTORGAR UNIDADES ADICIONALES.

3.2.4 ¿ QUE SE ENTIENDE POR CRITERIO DE DECISION?

ES EL METODO EMPLEADO AL ELEGIR DE UN GRUPO DE ALTERNATIVAS (ESTRATEGIA) AQUEL LA QUE SE APROXIMA AL RESULTADO PROBABLE DESEADO.

3.2.5 COSTO DE OPORTUNIDAD

ES AQUEL COSTO ORIGINADO POR UNA DECISION INADECUADA EN EL AMBITO DE LA DEMANDA REAL.

3.3 CRITERIOS DE DECISION

3.3.1 CRITERIO MINIMAX

POSTULADO POR ABRAHAM WALD Y CONSIDERADO COMO EL TIPO DE CRITERIO CONSERVADOR CUYO PLANTEAMIENTO PUEDE MENCIONARSE EN LOS SIGUIENTES TERMINOS:

3.3.1.1 CONSIDERE TODAS LAS ESTRATEGIAS DISPONIBLES ARREGLADAS MATRICIALMENTE Y EXPRESADA EN TERMINOS DE UTILIDAD.

3.3.1.2 DETERMINEMOS PARA CADA ESTRATEGIA EL PEOR DE LOS RESULTADOS QUE PODEMOS ESPERAR.

3.3.1.3 ELIJA AQUELLA ESTRATEGIA QUE TIENE EL VALOR MAXIMO DENTRO DE EL MINIMO ANTERIOR.

3.3.2 CRITERIO DEL PAGO DE LA PENA MENOR, PLANTEADO POR LEONARD J. SAVAGE Y CONSIDERA QUE EN LA TOMA DE DECISIONES LO QUE SE DESEA REALMENTE ES MINIMIZAR LA PENA DESPUES DE QUE LO PROBABLE YA FUE POSIBLE; LO CUAL SE LOGRA.

3.3.2.1 ESTRUCTURANDO LA MATRIZ DE COSTOS DE OPORTUNIDAD PARA LAS POSIBLES ALTERNATIVAS.

3.3.2.2 APLICANDO EL CRITERIO MINIMAX YA ENUNCIADO.

3.3.3 CRITERIO DE LA INCERTIDUMBRE AL RIESGO O DE "BAYES"

EL CUAL CONSIDERA QUE SIEMPRE ES POSIBLE PASAR DE UN ESTADO DE INCERTIDUMBRE A UNO DE RIESGO.

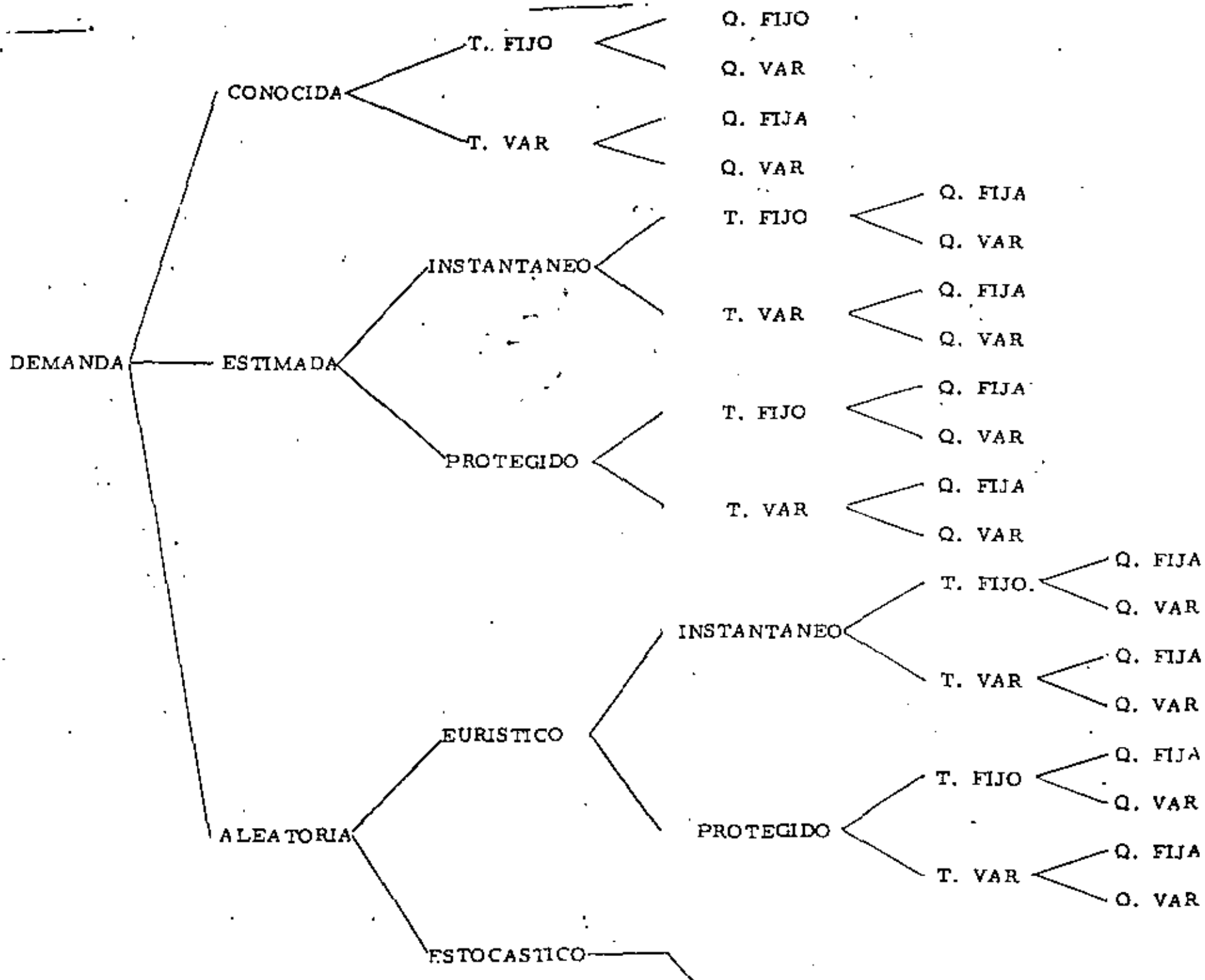
LO ANTERIOR SE REALIZA ASIGNANDO PROBABILIDADES IGUALES A CADA DEMANDA DE LA ESTRATEGIA Y ELIJIENDO AQUELLA QUE TENGA EL RESULTADO PROBABLE MAYOR

3.4 PRINCIPALES TIPOS DE INVENTARIOS

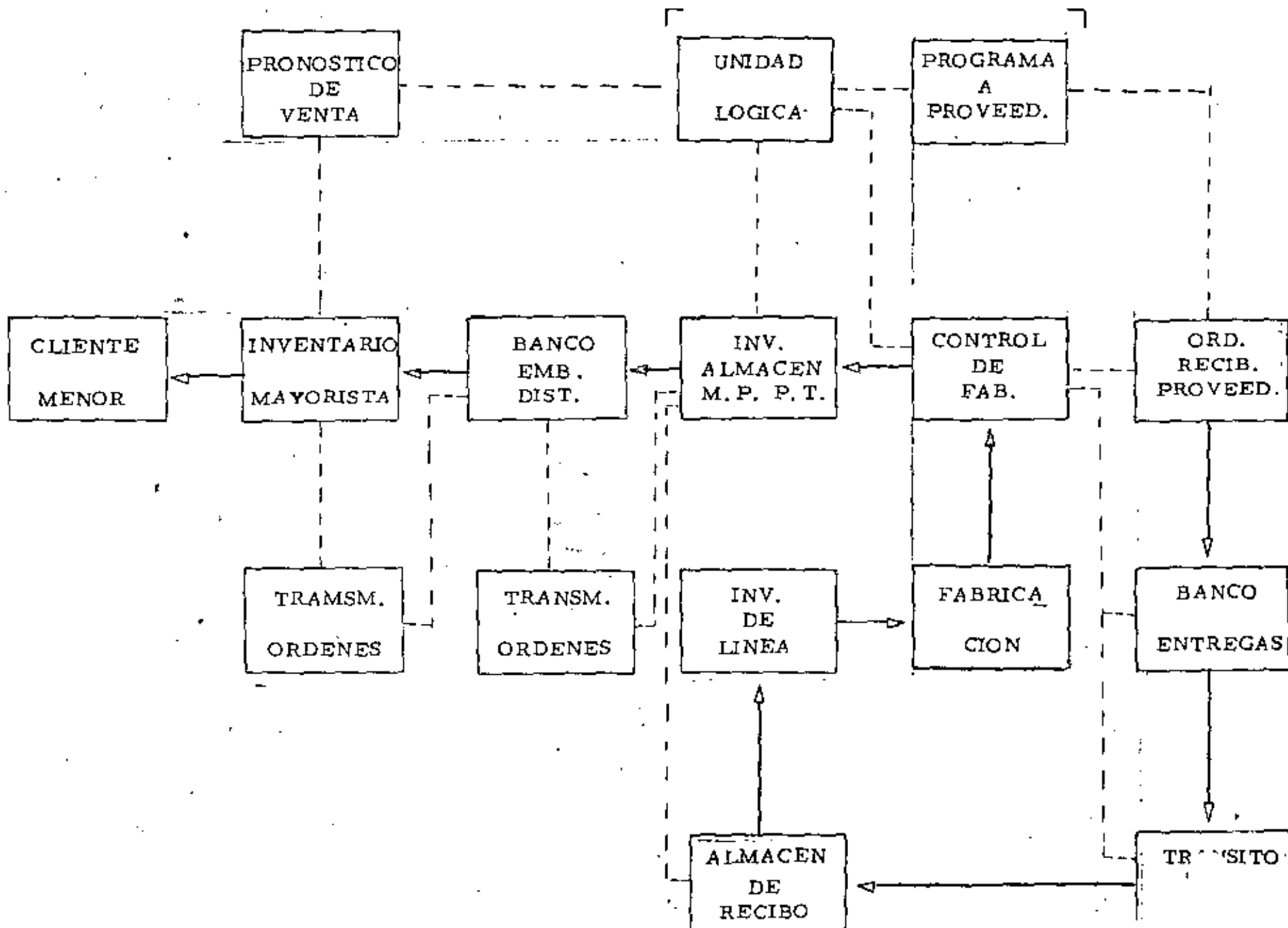
TIPO	M E D I O			CRITERIO DE DECISION
	CERTEZA	RIE Z G O	INCERTIDUMBRE	
FIJO P	FACTOR CONOCIDO T, S . .	T. VARIABLE		CALCULO SIM- PLE PARA CADA ORDEN DE ARTI- CULOS
FIJO Q	FACTOR CONOCIDO Q, D	D. VARIABLE		
DINAMICO PL. PROD. A ∇ 100 DINAMICO A B C A ∇ 100		CONOCIMIENTO PARCIAL DE -- LOS FACTORES (SE TIENE DIS-- TRIBUCION DE LA DEMANDA		*POLITICA DE INVENTARIOS - (DEFINE CRITE- RIOS DE CADA FACTOR)
DINAMICO MIXTO A ∇ 100			DESCONOCIMIE TO EXTREMO Y ALTO NIVEL DE ALEATORIEDAD	*POLITICA DE - INVENTARIOS *SOPORTA DESI- CIONES EN LA ES- TADISTICA DE -- VENTA POR AR- TICULOS

C. J.

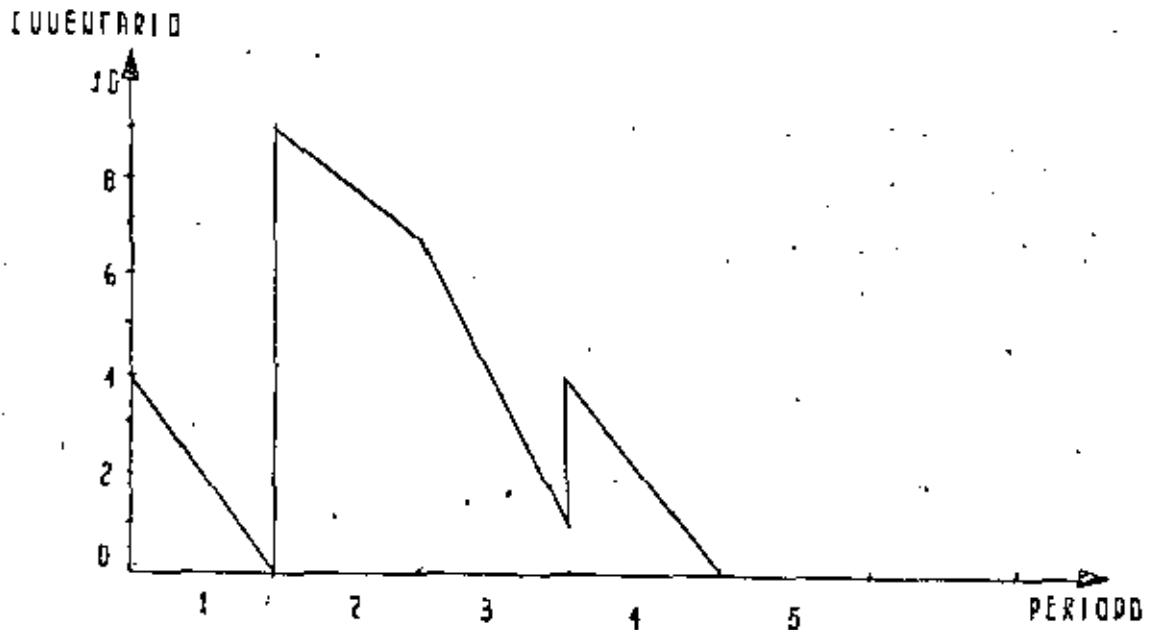
3.4 C' CLASIFICACION



3.5 ESQUEMA DE LA FUNCION CENTRAL



3.6.1 METODO PLANEACION DE LA PRODUCCION .



PRINCIPIO:

PARA UNA DEMANDA ARBITRARIA, UN COSTO DE PUESTA EN MARCHA CONTANTE Y COSTOS LINEALES DE PRODUCCION Y DE MANTENER INVENTARIOS, EXISTE UNA POLITICA OPTIMA QUE PRODUCE (ORDENA) CUANDO EL INVENTARIO ES CERO.

3.6.1 PLANEACION DE LA PRODUCCION

MODELO ORIGINADO POR WAGNER Y WHITIN COMO UNA VERSION DEL LOTE ECONOMICO DE TIPO DINAMICO EL CUAL CONSIDERA LOS SIGUIENTES TIPOS DE COSTOS.

ESTE MODELO SUPONE QUE LAS DEMANDAS DE CADA UNO DE LOS PERIODOS PUEDE SER DIFERENTE; CUANDO ESTE ES EL CASO, LAS FORMULAS ANTERIORES PIERDEN SU VALIDEZ.

SUPOSICIONES:

- 1. - UN SOLO PRODUCTO
- 2. - NO SE PERMITEN INCUMPLIMIENTOS DE LA DEMANDA
- 3. - SE PLANEA PARA PERIODOS IGUALES
- 4. - NO EXISTE INVENTARIO AL INICIARSE LA DEMANDA.
- 5. - PRODUCCION INSTANTANEA

NOTACION:

a_t = CANTIDAD REQUERIDA EN EL PERIODO t (CONOCIDA).

x_t = CANTIDAD PRODUCIDA (ORDENADA) EN EL PERIODO t (VARIABLE DE DECISION).

I_t = INVENTARIO QUE ENTRA AL PERIODO t PROVENIENTE DEL PERIODO (t_1)

$C_t(x_t)$ = COSTO TOTAL DE PRODUCIR (ORDENAR) x_t UNIDADES PARA EL PERIODO t .

i_t = COSTO DE MANTENER UNIDADES EN EL INVENTARIO QUE PASARA AL PERIODO (t_1) .

OBJETIVO MINIMIZAR EL COSTO TOTAL.

$$f_t^*(I_t) = \min_{\substack{x_t \geq a_t - I_t \\ x_t \geq 0}} \left\{ C_t(x_t) + i_t (I_t + x_t - a_t) + f_{t+1}(I_t + x_t - a_t) \right\} \quad (\alpha)$$

donde I_t puede tomar cualquier valor entre cero y $\sum_{i=t}^n a_i$, es decir $0 \leq I_t \leq \sum_{i=t}^n a_i$.

Suponiendo que $C_t(x_t)$ es una función creciente de x_t entonces:

$I_{n+1} = 0$ es permisible y por lo tanto óptima. (por el teorema anterior).

Así mismo:

$$f_{n+1}^*(I_{n+1}) = 0$$

Básicamente en lo que consiste el procedimiento es en hacer $t = n$, asignar a I_t todos los valores posibles desde cero hasta $\sum_{i=t}^n a_i$. En forma de tabla tendremos:

I_t	$f_t^*(I_t)$	x_t^*
0		
1		
2		
$\sum_{i=t}^n a_i$		

Tabla 1

donde $f_t^*(I_t)$ es el valor definido en (α) y $x_t^* = a_t - I_t$.

Para encontrar $f_t^*(I_t)$ nos vamos de la siguiente tabla (tabla 2).

$I_t \backslash x_t$	0	1	...	$\sum_{i=t}^n a_i$	x_t^*
0					$f_t^*(0)$
1					$f_t^*(1)$
2					\vdots
$\sum_{i=t}^n a_i$					$f_t^*(\sum_{i=t}^n a_i)$

Tabla 2

Una vez encontrados los anteriores valores continuamos en la misma forma dejando que:

$$t = n \rightarrow n-1 \rightarrow n-2 \dots \dots \dots \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 1$$

Datos:

Período	a_t	K_t	c_t	i_t
1	3	2.0	1.0	0.20
2	2	2.0	1.0	0.20
3	3	2.0	1.0	0.20
4	2	2.0	1.0	0.20

$$n = 4$$

Inv. inicial = 0

Inv. final = 0

Solución :-

Ya vimos que :

$$f_t^*(I_t) = \min_{\substack{x_t \geq a_t - I_t \\ x_t \geq 0}} \left\{ \underbrace{c_t(x_t)}_C + \underbrace{i_t(I_t + x_t - a_t)}_D + \underbrace{f_{t+1}(I_t + x_t - a_t)}_D \right\}$$

donde

$$c_t(x_t) = \underbrace{K_t}_A + \underbrace{c_t x_t}_B$$

haciendo $t = n = 4$ tendremos :

Período 4.-

I_4	$f_4^*(I_4)$	x_4^*
0	4	2
1	3	1
2	0	0

$I_4 \backslash x_4$	0	1	2	x_4^*
0	-	-	4	2
1	-	3	-	1
2	0	-	-	0

$$\begin{aligned}
 & \text{(A)} \quad \text{(B)} \quad \text{(C)} \quad \text{(D)} \\
 \text{(I)} & 2 + 1(2) + 0 + 0 = 4 \\
 \text{(2)} & 2 + 1(1) + 0 + 0 = 3 \\
 \text{(3)} & 0 + 0 + 0 + 0 = 0
 \end{aligned}$$

Haciendo $t = 3$

Periodo 3.-

I_3	$f_3(I_3)$	x_3
0	7.4	5
1	6.4	4
2	5.4	3
3	4.0	0
4	3.2	0
5	0.4	0

I_3	x_3	0	1	2	3	4	5	x_3
0	-	-	-	9	0.2	7.4	5	
1	-	-	8	3.2	6.4	-	4	
2	-	7	7.2	5.4	-	-	3	
3	4	6.2	4.4	-	-	-	0	
4	3.2	3.4	-	-	-	-	0	
5	0.4	-	-	-	-	-	0	

	A	B	C	D	
(1)	$2+1(3)$	$+$	0	$+$	$4 = 9$
(2)	$2+1(4)$	$+$	$0.2(1)$	$+$	$3 = 9.2$
(3)	$2+1(5)$	$+$	$0.2(2)$	$+$	$0 = 7.4$
(4)	$2+1(2)$	$+$	0	$+$	$4 = 8$
(5)	$2+1(3)$	$+$	$0.2(1)$	$+$	$3 = 8.2$
(6)	$2+1(4)$	$+$	$0.2(2)$	$+$	$0 = 6.4$
(7)	$2+1(2)$	$+$	0	$+$	$4 = 7$
(8)	$2+1(2)$	$+$	$0.2(1)$	$+$	$3 = 7.2$
(9)	$2+1(3)$	$+$	$0.2(2)$	$+$	$0 = 5.4$
(10)	0	$+$	0	$+$	$0 + 4 = 4$
(11)	$2+1(1)$	$+$	$0.2(2)$	$+$	$3 = 6.2$
(12)	$2+1(2)$	$+$	$0.2(2)$	$+$	$0 = 4.4$
(13)	0	$+$	0	$+$	$0.2(1) + 3 = 3.2$
(14)	$2+1(1)$	$+$	$0.2(2)$	$+$	$0 = 3.4$
(15)	0	$+$	0	$+$	$0.2(2) + 0 = 0.4$

haciendo $t = 2$

Período 2.-

I_2	$f_2(I_2)$	x_2
0	10.4	7
1	9.4	6
2	7.4	0
3	6.6	0
4	5.8	0
5	4.6	0
6	4.0	0
7	1.4	0

$I_2 \backslash x_2$	0	1	2	3	4	5	6	7	x_2^*
0	-	-	11.4	11.6	11.8	11.6	12.0	10.4	7
1	-	10.4	10.6	10.8	10.6	11.0	9.4	-	6
2	7.4	9.6	9.8	9.6	10	8.4	-	-	0
3	6.6	8.8	8.6	9.0	7.4	-	-	-	0
4	5.8	7.6	8.0	6.4	-	-	-	-	0
5	4.6	7.0	5.4	-	-	-	-	-	0
6	4.0	4.4	-	-	-	-	-	-	0
7	1.4	-	-	-	-	-	-	-	0

Para este período solo calcularemos 3 valores, los demás deberán comprobarlos el alumno.

$$(1) 2 + 1(2) + .2(3) + (4) = 8.6$$

$$(2) 0 + 1(0) + .2(3) + 4 = 4.6$$

$$(3) 0 + 1(0) + .3(5) + .4 = 1.4$$

haciendo $t = 1$

Período 1.- ($I_1 = 0$ solamente).

I_1	$f_1(I_1)$	x_1	$I_1 \backslash x_1$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	x_1
0	14.80	5610	0	-	-	-	15.4	15.6	14.8	15.3	15.6	15.6	16.2	14.8	5620

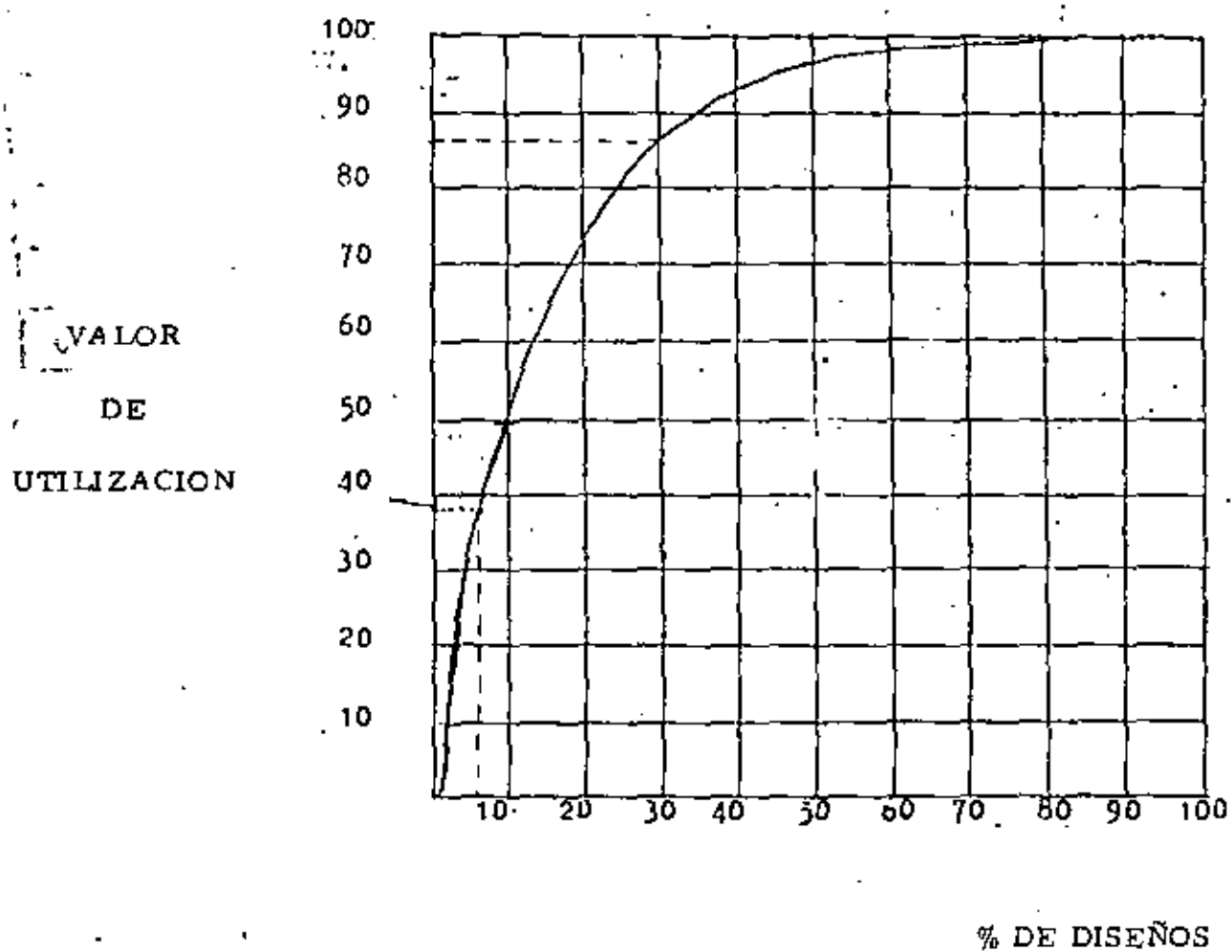
Vemos que existen dos políticas que conducen a un costo mínimo

Política (A)

$$\begin{aligned} x_1^* &= 5 \\ x_2^* &= 0 \\ x_3^* &= 5 \\ x_4^* &= 0 \end{aligned}$$

Política (B)

$$\begin{aligned} x_1^* &= 10 \\ x_2^* &= 0 \\ x_3^* &= 0 \\ x_4^* &= 0 \end{aligned}$$

3.4.2 METODO ABC

3.6.2 CASO A B C

DETERMINAR EL COSTO TOTAL DEL MANEJO DE UN INVENTARIO DE 30 PRODUCTOS (ENSAMBLES Y/O MATERIA PRIMAS) CON UNA POLITICA DE CONTROL DE CLASE 3 (A, B, C) SI LA FRECUENCIA DE LOS PERIODOS ES 1 MES, 2 MESES, 3 MESES Y SE TIENE UN COSTO DE CAPITAL POR INVENTARIO DE 24% ANUAL (α) Y UN COSTO UNITARIO DE COMPRA DE 300 PESOS (F) POR PEDIDO.

3.6.2.1 NOMENCLATURA

CLAVE	DESCRIPCION
α	COSTO DE CAPITAL
C 1	COSTO TOTAL ALMACEN
C 2	COSTO DE ADQUIRIR
C 3, K	COSTO DE MANTENER EL INVENTARIO
D	DEMANDA
F	COSTO UNITARIO DE COMPRA
f	PERIODO
Q	LOTE ECONOMICO
U	PRECIO UNITARIO DEL ARTICULO
N	CANTIDAD DE PARTES DEL GRUPO (N=30)
UV	VALOR DE UTILIZACION
R	CANTIDAD DE ENTREGA ANUALES
S.S	COLCHON DE SEGURIDAD
S.S\$	" " " (PESOS)
E.N.	EXISTENCIA NORMATIVA

(S.S) EXISTENCIA

3.6.2.2 DESARROLLO

- 1 DETERMINE EL VALOR DE USO O DE UTILIZACION POR CADA NUMERO DE PARTE D x U (TABLA HOJA N° 17)
- 2 LISTE EN ORDEN DECRECIENTE DE VALOR DE UTILIZACION UV (TABLA HOJA N° 18)
- 3 PARA ESTE CASO SE FIJA LA FRECUENCIA POR ESTRATO EN FUNCION DE LOS TIEMPOS DE REACCION DEL SISTEMA Y DE LOS MONTOS A CONTROLAR

$$F_A = 1 \text{ MES}$$

$$F_B = 2 \text{ MESES}$$

$$F_C = 3 \text{ MESES}$$

- 4 SE CALCULA EL LIMITE DE CLASE CONSIDERANDO QUE LA EXISTENCIA PROMEDIO ES $1/2 UV (F) \times 1/12$ Y EL COSTO DE ADQUIRIR $C_2 = 1/2 (F)$ O SEA EL COSTO DE CADA PEDIDO (F) POR LA FRECUENCIA CON QUE SE PIDE $1/4$.

- 5 CALCULADO EL PUNTO 4 PARA CADA ARTICULO EN C_1

Y C_2 SE INTEGRA PARA FORMAR EL COSTO DE MANTENER EL INVENTARIO (C_3) O SEA $C_3 = C_1 + C_2$ PERO --
 $C_1 = [1/2 UV (f)] \frac{\alpha}{12}$ Y $C_2 = (1/f) (F)$ QUE SI LOS IGUALAMOS

(1) - - - - $C_3 = [1/2 UV (f)] \frac{\alpha}{12} + 1/f (F)$ LO QUE NOS PERMITE VER QUE SI SE INCREMENTA EL COSTO DE ALMACEN SE DECREMENTA EL COSTO DE ADQUIRIR POR -- EFECTO DIRECTO DE LA FRECUENCIA Y DEL PERIODO.

CON LO ANTERIOR SI IGUALAMOS LOS C_3 EN (1) PARA CADA FRECUENCIA TENDREMOS:

$$C_{3A} = C_{3B} \text{ QUE SIMPLIFICANDO NOS LLEVA}$$

A:

$$UV = \frac{24F}{\alpha} \frac{1}{A \cdot f \cdot B}$$

QUE SUSTITUYENDO CON LOS VALORES DE CASO SE OBTIENE:

$$UV = \frac{24 \times 300}{0.24} \quad (12) = 360000$$

COMO LA FRECUENCIA ES 1 EN A, 2 EN B, 3 EN C ENTONCES LOS LIMINTES DE CLASE SERAN :

$$\text{LIM. A B} = \frac{360000}{1 \times 2} = 180000$$

$$\text{LIM. B C} = \frac{360000}{2 \times 3} = 60000$$

CON LO QUE LOS LIMITES QUEDAN :

$$A \geq 180,000, \quad B \geq 60,000 \quad \text{Y.}$$

$$C < 60,000$$

(LLENAR EN TABLA)

LISTA DE PARTES

18

ARTICULO	D. CONSUMO ANUAL	U	COSTO ESTANDAR UNITARIO EN \$	UV. VALOR UTILIZACION \$
1	90,000	pzas	1.00	\$ 90,000
2	2,000	Kg.	2.00	4,000
3	2,667	m.	3.00	8,000
4	130,000	m ²	1.00	130,000
5	600	l	5.00	3,000
6	10,000	pzas	4.00	40,000
7	23,330		3.00	70,000
8	2,000		1.00	2,000
9	32,500		2.00	65,000
10	160		5.00	800
11	7,500		8.00	60,000
12	70		10.00	700
13	50,000		5.00	250,000
14	250		4.00	1,000
15	6,660		3.00	20,000
16	150		4.00	600
17	10,000		8.00	80,000
18	120		5.00	600
19	6,000		10.00	60,000
20	80		5.00	400
21	60,000		3.00	180,000
22	250		2.00	500
23	5,000		2.00	10,000
24	300		1.00	300
25	50,000		1.00	50,000
26	100		2.00	200
27	714		7.00	5,000
28	17		6.00	100
29	7,167		6.00	7,000
30	29		7.00	203

LISTA DE PARTES
CLASIFICADA POR VALOR CRECIENTE

ARTICULO	UV VALOR DE UTILIZACION	UV Acum. VALOR DE UTILIZACION ACUMULADO
13	250,000	250,000
21	180,000	430,000
4	130,000	560,000
1	90,000	650,000
17	80,000	730,000
7	70,000	800,000
9	65,000	865,000
11	60,000	925,000
19	60,000	985,000
25	50,000	1'035,000
6	40,000	1'075,000
15	20,000	1'095,000
23	10,000	1'105,000
3	8,000	1'113,000
29	7,000	1'120,000
27	5,000	1'125,000
2	4,000	1'129,000
5	3,000	1'132,000
8	2,000	1'134,000
14	1,000	1'135,000
10	800	1'135,800
12	700	1'136,500
16	600	1'137,100
18	600	1'137,700
22	500	1'138,200
20	400	1'138,600
24	300	1'138,900
26	200	1'139,100
30	200	1'139,300
28	100	1'139,400

TABLA DE CALCULO

C L A S E

<u>CONCEPTO</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>	<u>TOTAL</u>
LIMITE DE CLASE	180,000	60,000	60,000	
ARTICULOS QUE CONTIENE DE CADA CLASE	2	7	21	30
ANUAL	430,000	555,000	154,400	1,139,400
IV MES	36,000	46,000	13,000	95,000
RECEPCIONES ANUALES	12	6	4	
C 1	7,200	12,600	25,200	45,000
SS	3	2	1	
SS \$	108,000	92,000	13,000	213,000
EN	126,000	115,000	29,500	270,000
C 2	30,400	27,600	7,050	65,050

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1 - PRODUCCION CONTROL AND DECISIONS 1968
JAMES H. GREWE
- 2 - KEY CONSIDERATION TO INVENTORY MANAGEMENT.
A M.A 1953
H FORD DUKIE.
- 3. - SCIENTIFIC INVENTORY CONTROL
W. EVENT WELCH
MANAGEMENT PUBLICHING CORP.
- 4 - HIGUER ALGEBRA
HALL ANA KNIGHT
- 5 - TECNICAS CUANTITATIVAS APLICADAS A LA ADMINIS
TRACION
A M D A P P A C
- 6 - PRODUCTION INVENTORY SYSTEMS
ELWOOD S. BUFFA.
- 7 - INVESTIGACION DE OPERACIONES (APUNTES)
PINILLOS MARIN BENITO.
- 8 - OPERATION RESEARCH METHODS AND PROBLEMS
SASIENI YASPAN ANA FRIEDMAN.



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



PLANEACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION

PLANEACION AGREGADA Y
BALANCEO DE LINEAS

M. EN C. ROBERTO ROSA BORGES DE HOLANDA

Junio, Julio, 1979



VI - PLANEACIÓN AGREGADA

1. Hay básicamente 3 tipos de planeación en cuanto al plazo:

a) Planeación a corto plazo. Este tipo de planeación puede ser diaria, semanal o mensual. La planeación a corto plazo de la fabricación propiamente dicha es generalmente llamada de programación y ésta consiste principalmente de la determinación de las secuencias de fabricación y de la determinación de las máquinas y/o obreros para cada operación o producto. En otras palabras, este tipo de planeación es la respuesta a las siguientes preguntas:

- ¿Cuándo?
- ¿En qué máquinas?
- ¿En qué secuencia?
- ¿Quién?

En todas las otras áreas de actividad de las empresas, también existe la planeación a corto plazo. En el área de mantenimiento, por ejemplo, la planeación a corto plazo consiste de la elaboración de los planes de mantenimiento preventivo para la próxima semana o mes.

b) Planeación a mediano plazo. Este tipo de planeación es generalmente realizado para los próximos 1-3 años, y consiste por ejemplo, de la determinación de la mezcla óptima de productos, la selección del mercado y de los clientes, la determinación del nivel de producción y de los inventarios, etc.

Llamamos planeación agregada a la planeación a mediano plazo que se concentra en el análisis de los siguientes aspectos:

- Nivel de producción
- Nivel de los inventarios
- Tiempo extra
- Sub-contratación
- Contratación y despidos de obreros.

c) Planeación a largo plazo. Este tipo de planeación consiste del análisis y determinación de soluciones técnicamente adecuadas, para los próximos 4-10 años, en cuanto a los siguientes aspectos:

- Localización de la planta
- Innovaciones de productos y/o maquinaria
- Aumento de la capacidad productiva
- Etc.

Si la empresa está en proceso de expansión, este tipo de planeación siempre conduce a nuevas inversiones (activos, investigaciones, etc).

2. Los sistemas productivos deben ser considerados como un conjunto de sub-sistemas, los cuales tienen interferencias unos sobre los otros. Consecuentemente, los sistemas de planeación, y en particular los sistemas de planeación agregada, deben tomar en consideración esta interdependencia de los varios sub-sistemas. Como ejemplos de sub-sistemas tenemos los siguientes:

- a) Producción propiamente dicha (secuencias, lotes de fabricación, etc)
- b) Inventarios (qué productos y qué niveles)
- c) Personal (cantidad de obreros, contratación, despidos, etc)
- d) Ventas (qué plazos, qué inventarios de productos terminados, etc)

- e) Compras (qué proveedoras, qué plazos, tamaño de los pedidos, etc)
- f) Finanzas (qué capital debe ser invertido en inventarios, capital de trabajo, contratación o despidos de obreros, etc).
- g) Clientes (qué plazos y qué calidad exigen, cómo se portan, etc)

3. Ejemplos de interdependencias:

- a) Ventas desea niveles elevados de inventarios para poder satisfacer, con rapidez, a cualquier pedido de sus clientes o a un aumento de la demanda. Sin embargo, esta política podrá causar un aumento exagerado del capital invertido en inventarios y esto obviamente afectará la planeación de la distribución de recursos requerida por el Departamento de Finanzas.
- b) Para satisfacer a los clientes, Ventas podrá exigir de Producción plazos de fabricación demasiado cortos, lo que conducirá a un sistema de planeación de la producción ineficiente.
- c) Los clientes podrán solicitar cambios frecuentes de diseño, lo que hará imposible la existencia de inventarios.
- d) Para reducir los costos de fabricación, Producción podrá requerir máquinas más modernas, las cuales conducirán a inversiones adicionales de capital que no podrán ser realizadas por Finanzas.
- e) Para reducir los costos de preparación de las máquinas, Producción podrá decidir fabricar siempre grandes lotes, lo que conducirá a un aumento del nivel de los inventarios y podrá también afectar los plazos de entrega de los pedidos.

4. Como podremos observar más adelante, los modelos de Planeación Agregada consideran solo algunas de estas interdependencias y, en particular, ayudan a contestar las siguientes preguntas:

- a) ¿Hasta que punto deberán los inventarios absorber las fluctuaciones del volumen de ventas?
- b) ¿Hasta que punto deberán dichas fluctuaciones ser absorbidas a través de una variación del personal directo contratado?
- c) ¿Cuándo se deben utilizar tiempo extra y/o turnos extra para absorber las fluctuaciones de las ventas?
- d) ¿Cuándo se debe subcontratar la fabricación total o parcial de algunos productos para satisfacer a un aumento de la demanda?
- e) ¿En qué casos se debe mantener el nivel de producción más o menos constante, así como un bajo nivel de inventarios, y a propósito perder algunos clientes cuando la demanda sea elevada?
- f) ¿En que casos se debe dejar que aumente el número de pedidos pendientes y se debendilatar los plazos de entrega, para absorber las fluctuaciones de la demanda?
- g) ¿En que casos se deben fabricar productos de variación estacional del mercado para compensar las fluctuaciones de la demanda de cada producto?

5. De una forma general, ninguna de estas políticas es la mejor. La solución óptima es siempre una combinación de dos o más de estas políticas. En otras palabras, cada una de estas alternativas reduce unos elementos de los costos y aumenta otros, y consecuentemente la suma de todos los

mentos solamente podrá ser minimizada a través de la aplicación simultánea de algunas o todas estas políticas.

EJEMPLO ELEMENTAL DE PLANEACIÓN AGREGADA

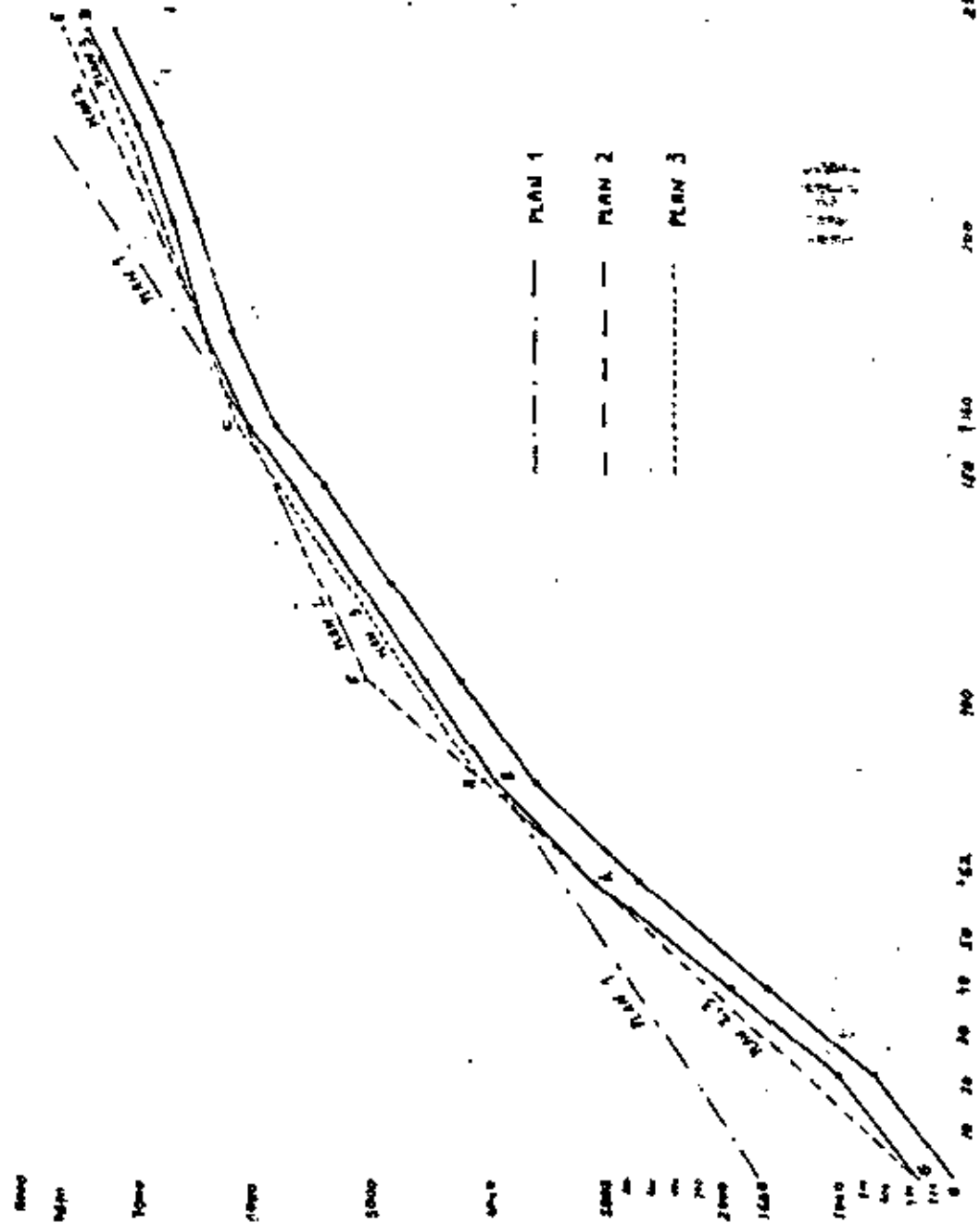
- f. Supongamos que para una Empresa dada, los volúmenes de ventas pronosticadas y los inventarios mínimos requeridos al final de cada mes, son los que se muestran en el cuadro a continuación:

MES	VOLÚMENES REQUERIDOS		DÍAS LABORALES		INVENT. MÍNIMOS
	MENSUAL	ACUMULADO	MENSUAL	ACUMULADO	
Diciembre	-	-	-	-	300
Enero	700	700	22	22	300
Febrero	900	1600	18	40	340
Marzo	1100	2700	22	62	375
Abril	900	3600	21	83	340
Mayo	650	4250	22	105	290
Junio	600	4850	21	126	275
Julio	550	5400	21	147	265
Agosto	400	5800	13	160	230
Septiembre	400	6200	20	180	230
Octubre	300	6500	23	203	195
Noviembre	300	6800	21	224	195
Diciembre	400	7200	20	244	230

Además, tenemos la siguiente información:

- El volumen normal de producción de la planta es de 30 unidades por día y con tiempo extra puede llegar a un máximo de 36 unid./día.
- El costo de mantener se da \$ 240.00 por unidad por año.
- Un cambio del nivel de producción de 1 unidad/día conduce a un costo adicional de contratación y entrenamiento o de despidos igual a \$ 2,000.00
- Las unidades producidas con tiempo extra cuestan \$ 20.00 más.
- Las unidades producidas a través de subcontratación cuestan \$ 25.00 más.
- Al terminar el mes de diciembre del año anterior, el inventario era de 300 unidades y la planta estaba trabajando a su nivel normal de producción, o sea, 30 unidades/día.

- g. A continuación mostramos la gráfica representativa de los volúmenes de ventas acumuladas y de los inventarios mínimos requeridos:

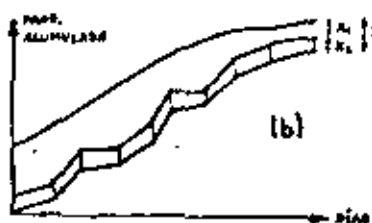


8. Antes de continuar, será conveniente que hagamos algunos ejercicios sobre el tipo de gráficos que hemos presentado en la página anterior;

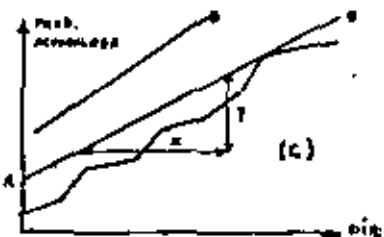
a) Cualquier línea diseñada por encima de la línea representativa de los volúmenes de ventas y de los inventarios mínimos requeridos, representará una solución para el problema de programación agregada.



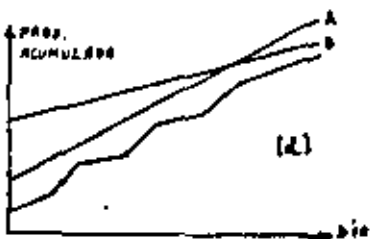
b) El inicio de la línea muestra el inventario inicial requerido para que la solución sea posible. Las distancias entre los puntos finales indican el inventario final total (x_2), que es la suma del inventario mínimo (x_1) y del inventario extra innecesario (x_3).



c) Una línea recta (ejemplo, AB) represente una tasa de producción constante. La producción normal puede ser representada por una determinada inclinación "D". Cualquier línea paralela a la dirección "D" representará una solución en la cual la tasa de producción será normal. La tasa de producción representada por cualquier línea recta puede ser calculado dividiéndose "y" (número de productos producidos en un dado período) entre "x" (número de días).



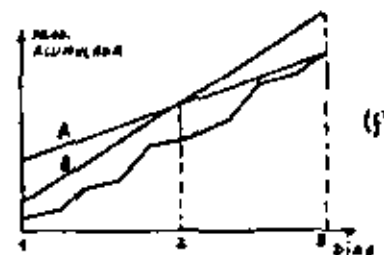
d) Una línea con mayor inclinación represente una tasa de producción mayor. Por ejemplo, la tasa de "A" es mayor que la tasa de "B". Es importante señalar que el inventario inicial de "B" compensa su menor tasa de producción.



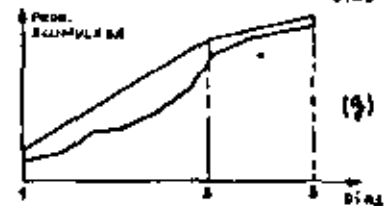
e) Una línea horizontal significa que durante el período no habrá producción y por lo tanto se necesita un inventario inicial muy grande para que la solución sea factible.



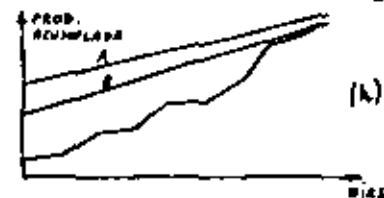
f) Cuando una línea está por encima de otra, esto significa que durante el período considerado los inventarios del plan representado por la línea de arriba son mayores que los inventarios del plan que corresponde a la línea de abajo. Entre los puntos "1" y "2", el plan "A" conduce a mayores inventarios y entre "2" y "3" el plan "B" conduce a mayores inventarios.



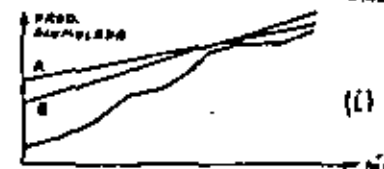
g) Un cambio en el grado de la línea representa un cambio de la tasa de producción. La tasa entre "1" y "2" es mayor que entre "2" y "3".



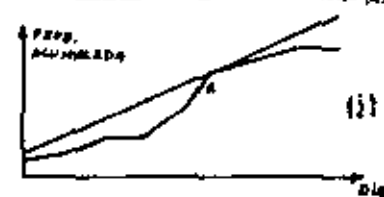
h) Una línea que está siempre arriba de otra conduce a un inventario anual promedio mayor.



i) Cuando dos líneas se cruzan no se puede decir cual plan conduce a un inventario promedio mayor al mayor. Para saberlo, tendríamos que calcular los inventarios correspondientes a los dos planes.



j) Si la línea representativa de una solución pasa por un punto de la línea representativa de los volúmenes requeridos e inventarios mínimos, esto significa que en este punto el inventario resultante del plan propuesto es igual al inventario mínimo. Por ejemplo, el inventario resultante en "A" es igual al inventario mínimo requerido.



9. Volviendo al problema de la Empresa "X", analizaremos 3 soluciones alternativas: PLAN 1, PLAN 2 y PLAN 3.

PLAN 1

La línea representativa del PLAN 1 pasa por los puntos "B" y "C" de la gráfica y representa una tasa de producción diaria fija durante todo el año. Pasa que esta solución sea factible, se necesita un inventario inicial de 1650 unidades (este valor es sacado de la gráfica).

Puesto que la línea pasa por el punto "B", su grado (tasa de producción) puede ser calculado como sigue:

$$T.P. = \frac{\text{diferencia vertical}}{\text{diferencia horizontal}} = \frac{1.940 - 1650}{13 - 0} = 22.6$$

Fuere que necesitamos un valor exacto para la tasa de producción diaria, este deberá ser mayor de 27.6 y nunca menor, porque si no los inventarios resultantes serían menores que los inventarios mínimos requeridos. Por lo tanto:

$$I.P. = 28 \text{ unidades/día}$$

A continuación presentamos un cuadro que proporciona el programa anual de producción si se adopta el PLAN 1:

Mes	Producción requerida	Inventario resultante	Días	Producción diaria	Producción mensual	Inv. mín.
Diciembre	-	1650	--	--	--	--
Enero	700	1566	72	78	616	300
Febrero	900	1170	18	78	504	340
Marzo	1100	686	22	28	616	375
Abril	900	374	21	28	588	340
Mayo	650	340	22	28	616	290
Junio	600	328	21	28	588	275
Julio	550	366	21	28	588	265
Agosto	400	330	13	25	364	230
Septiembre	400	490	20	28	560	230
Octubre	300	834	23	28	644	195
Noviembre	300	1122	21	28	588	105
Diciembre	400	1282	20	28	560	230
TOTAL	7200	---	244	--	6932	--

Por lo tanto, los costos de esta solución (PLAN 1) serán los siguientes:

*1 Costo debido a cambios del nivel de producción:

Producción inicial: 30 unid./día

Producción del plan: 28 unid./día

Diferencia: 2 unidades

Costos 2 unid. x \$ 2,000/unid.

$$\text{Costo} = \$ 4,000.00$$

b) Costo del inventario:

El costo de mantener el inventario será igual al inventario medio anual multiplicado por el costo de mantener, que en este caso es \$ 240.00 por unidad por año.

El inventario medio anual puede ser estimado calculándose el promedio aritmético de la columna correspondiente al inventario resultante (véase el cuadro de la página anterior). Otra manera más precisa sería la siguiente:

El inventario medio de cada mes es la semi-suma de los inventarios final e inicial. Por ejemplo, para el mes de enero tenemos:

Inv. Inicial: 1650

Inv. Final: 1566

$$\text{Inv. medio} = (1650 + 1566)/2 = 1608$$

Para los doce meses tenemos:

MES	I.I.	I.F.	I.M.	DIAS	I.M. x DIAS
Enero	1650	1566	1608	22	35,376
Febrero	1566	1170	1368	18	24,624
Marzo	1170	686	928	22	20,416
Abril	686	374	530	21	11,130
Mayo	374	340	357	22	7,854
Junio	340	328	334	21	7,014
Julio	328	366	347	21	7,287
Agosto	366	330	348	13	4,524
Septiembre	330	490	410	20	8,200
Octubre	490	834	662	23	15,226
Noviembre	834	1122	978	21	20,538
Diciembre	1122	1282	1202	20	24,040
TOTAL	--	--	--	244	186,229

I.I. = Inv. Inicial

I.F. = Inv. Final

I.M. = Inv. Medio

Finalmente, el inventario medio anual será la media ponderada de los inventarios medio mensuales y los pesos serán los días laborables de cada mes. Por lo tanto tenemos:

$$\text{Inv. medio anual} = 186,229 \div 244 = 763$$

Y el costo de mantener dicho inventario será:

$$\text{Costo anual} = 763 \text{ unid.} \times \$ 240 = \$ 183,120.00$$

$$\text{Costo anual} = \$ 183,120.00$$

c) Costo del tiempo extra:

(No se trabajará tiempo extra)

d) Costo de la subcontratación:

(No habrá subcontratación)

9. Segunda solución alternativa (PLAN 2)

Como se puede observar en la gráfica, esta solución presenta dos tasas de producción diferentes: una entre los puntos "G" y "A" y otra entre los puntos "F" y "E". Sugerimos este cambio en la tasa de producción, para que podamos seguir más de cerca las fluctuaciones de las ventas, reduciendo así el inventario medio anual.

La tasa de producción entre los puntos "G" y "A" es la siguiente:

$$T.P. = \frac{\text{Diferencia vertical}}{\text{Diferencia horizontal}} = \frac{3075 - 300}{62 - 0} = 44.7$$

Por lo tanto:

$$T.P. = 45 \text{ unid./día.}$$

Análogamente, la tasa de producción entre "F" y "E" puede ser calculada como sigue:

$$T.P. = \frac{\text{Diferencia vertical}}{\text{Diferencia horizontal}} = \frac{2600}{139} = 18.7$$

Y por lo tanto adoptaremos la siguiente tasa:

$$T.P. = 19 \text{ unid./día.}$$

Finalmente, el programa de producción resultante si se adopta el PLAN 2 será el siguiente:

Mes	Prod. req.	Inv. res.	Días	Prod. normal		Prod. extra		Prod. sub.		Total
				Tasa	Total	Tasa	Total	Tasa	Total	
Diciembre	---	300	--	--	---	-	---	-	---	---
Enero	700	590	22	30	660	6	132	9	198	990
Febrero	900	500	18	30	540	6	108	9	162	810
Marzo	1100	390	22	30	660	6	132	9	198	990
Abril	900	435	21	30	630	6	126	9	189	945
Mayo	650	775	22	30	660	6	132	9	198	990
Junio	500	574	21	19	399	-	---	-	---	399
Julio	550	473	21	19	399	-	---	-	---	399
Agosto	400	270	13	19	247	-	---	-	---	247
Septiembre	400	250	20	19	380	-	---	-	---	380
Octubre	300	387	23	19	417	-	---	-	---	417
Noviembre	300	496	21	19	399	-	---	-	---	399
Diciembre	400	444	23	19	380	-	---	-	---	380
TOTAL	7200	-	244	--	5791	-	630	-	945	7366

Consecuentemente, los costos de esta solución alternativa son los siguientes:

a) Costo debido a cambios de la tasa de producción:

Producción entre "G" y "F" (normal) = 30 unid./día

Producción entre "F" y "E" = 19 unid./día

Diferencia = 11 unidades

Costo = 11 x \$ 2,000

Costo = \$ 22,000.00

b) Costo del inventario:

Inventario medio = 458 unid.

Costo anual = 458 unid. x \$ 240/unid.

Costo anual = \$ 109,920.00

c) Costo del tiempo extra:

Unid. producidas con tiempo extra = 630

Costo = 630 unid. x \$ 20/unid.

Costo = \$ 12,600.00

d) Costo de la subcontratación:

Unid. producidas a través de subcontratación = 945

Costo = 945 unid. x \$ 25/unid.

Costo = \$ 23,625.00

10. Tercera solución alternativa (PLAN 3)

Esta solución presenta 3 tasas de producción diferentes durante el período de planeación. La primera tasa ya fue calculada para el PLAN 2 y es igual a 45 unid./día.

La segunda tasa es la siguiente (entre el 83^o día y el 160^o día):

$$T.P. = \frac{6160 - 4040}{160 - 83} = \frac{2120}{77}$$

$$T.P. = 28 \text{ unid./día}$$

Finalmente, la tercera tasa será (entre el 160^o día y el 244^o día):

$$T.P. = \frac{7430 - 6160}{244 - 160} = \frac{1270}{84} = 15.1$$

Por lo tanto:

$$T.P. = 15 \text{ unid./día}$$

Observación: En este caso será conveniente utilizar también el valor $T.P. = 15$ unid./día, puesto que los otros dos valores son mayores que los valores calculados y consecuentemente, en que utilizamos el valor $T.P. = 15$ para la última tasa, los inventarios resultantes serán todavía mayores que los inventarios mínimos.

El programa de producción que resultaría con la aplicación del PLAN 3, es el siguiente:

	Prod. ren.	Inv. ren.	Días	Prod. normal		Prod. extra		Prod. sub.		Total
				Tasa	Total	Tasa	Total	Tasa	Total	
Diciembre	---	300	--	---	---	-	---	-	---	---
Enero	700	590	22	30	660	6	132	9	198	990
Febrero	900	500	18	30	540	6	108	9	162	810
Marzo	1100	390	22	30	660	6	132	9	198	990
Abril	900	435	21	30	630	6	126	9	189	945
Mayo	650	401	22	28	616	-	---	-	---	616
Junio	600	389	21	28	588	-	---	-	---	588
Julio	550	427	21	28	588	-	---	-	---	588
Agosto	400	391	13	28	364	-	---	-	---	364
Septiembre	400	311	20	16	320	-	---	-	---	320
Octubre	300	379	23	16	368	-	---	-	---	368
Noviembre	300	415	21	16	336	-	---	-	---	336
Diciembre	400	335	20	16	320	-	---	-	---	320
TOTAL	7200	--	244	--	5990	-	498	-	747	7235

Y los costos resultantes serán:

a) Costo debido a cambios en la tasa de producción:

Primer cambio:

Producción entre "G" y "H" (normal) = 30 unid./día

Producción entre "H" y "C" = 28 unid./día

Diferencia = 2 unidades

Costo = 2 x \$ 2,000

Costo = \$ 4,000.00

Segundo cambio:

Producción entre "H" y "C" = 28 unid./día

Producción entre "C" y "D" = 16 unid./día

Diferencia = 12 unidades

Costo = 12 x \$ 2,000

Costo = \$ 24,000.00

Costo total de los cambios:

Costo total = \$ 24,000 + \$ 4,000

Costo total = \$ 28,000.00

b) Costo del inventario:

Inventario medio = 413

Costo = 413 x \$ 240

Costo = \$ 99,120.00

c) Costo del tiempo extra:

Unidades producidas con tiempo extra: 498

Costo = 498 x \$ 20

Costo = \$ 9,960.00

d) Costo de la subcontratación:

Unidades producidas a través de subcontratación: 747

Costo = 747 x \$ 25

Costo = \$ 18,675.00

V. COMPARACION ENTRE LOS 3 PLANES

Finalmente, presentamos un resumen de los costos resultantes de cada uno de las soluciones alternativas estudiadas. Para que sea posible una comparación entre los costos adicionales debido a cada PLAN, será necesario restar de los costos del inventario obtenidos, los costos correspondientes a los inventarios mínimos:

Promedio de los inventarios mínimos: 276

Costo de los inventarios mínimos: 276 x \$ 240 = \$ 66,240

Costos adicionales correspondientes a los 3 planes:

PLAN 1: \$ 183,120 - 66,240 = \$ 116,880

PLAN 2: \$ 109,520 - 66,240 = \$ 43,680

PLAN 3: \$ 99,120 - 66,240 = \$ 32,880

COSTOS	PLAN 1	PLAN 2	PLAN 3
Inventarios	116,880	43,680	32,880
Cambios T.P.	4,000	22,000	28,000
Tiempo extra	---	12,600	9,960
Subcontratación	---	21,000	18,675
TOTAL	120,880	101,280	89,515

Por lo tanto, la mejor solución es el PLAN 3 con un costo adicional total de \$ 89,515.00.

79.

VII - BALANCEO DE LINEAS

La situación más elemental de balanceamiento de líneas, y sin embargo la que se encuentra por todas partes, es donde varios operarios, cada uno llevamos a cabo operaciones consecutivas, trabajan como una sola unidad. En tal situación, es obvio que la tasa de producción a través de la línea depende del operador más lento. Por ejemplo, tenemos una línea de cinco operadores ensamblando montaduras de cecho, antes del proceso de curación. Las asignaciones específicas de trabajo podrían ser del modo siguiente; Operador 1; 0.52 minutos; Operador 2; 0.48 minutos; Operador 3; 0.65 minutos; Operador 4; 0.41 minutos; Operador 5; 0.35 minutos. El Operador número 3 establece el ritmo como se muestra a continuación:

Operario	Minutos Estándar para ejecutar la operación (M.E.)	Tiempo de espera basado en el operario más lento	Minutos asignados (M.A.)
1	0.52	0.13	0.65
2	0.48	0.17	0.65
3	0.65	--	0.65
4	0.41	0.24	0.65
5	0.35	0.30	0.65
	<u>2.61</u>		<u>3.25</u>

La eficiencia de esta línea puede calcularse como la relación entre el total de minutos estándares y el total de minutos asignados, o sea:

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n M.E.}{\sum_{i=1}^n M.A.} \times 100 = \frac{2.61}{3.25} \times 100 = 80\%$$

en donde:

E = Eficiencia

M.E. = Minutos estándar por operación

M.A. = Minutos asignados por operación

Es evidente que una situación parecida, en la vida real, proporcionaría ahorros muy significativos, ya que si pudiéramos ahorrar 0.10 minutos en el caso del operario 3, los ahorros netos por ciclo no serían 0.10 minutos, sino 0.10 x 5, o sea, 0.50 minutos.

También es importante señalar que sólo en circunstancias excepcionales puede una línea estar perfectamente balanceada, esto es, cuando los minutos estándar para ejecutar las operaciones fueran idénticas para todos los operadores.

El total de minutos asignados para producir una unidad será igual a la suma de los minutos estándar requeridos más el recíproco de la efi-

ciencia, es decir:

$$\sum M.A. = \sum M.E. \times 1/E$$

Es pues evidente que el número de operarios requeridos es igual a la tasa requerida de producción, por el total de minutos asignados:

$$N = P \times \sum M.A.$$

donde:

N = Número de hombres requeridos en la línea

P = Tasa de producción deseada (en unidades por minuto)

Por ejemplo, supongamos que tenemos un nuevo diseño para el que debamos establecer una línea de ensamble. Hay ocho distintas operaciones que ejecutar y la línea tiene que producir 700 unidades por día. Las ocho operaciones involucran los siguientes minutos estándares, basados en datos estándares ya existentes; Operación 1; 1.25 minutos; Operación 2; 1.38 minutos; Operación 3; 2.58 minutos; Operación 4; 3.84 minutos; Operación 5; 1.77 minutos; Operación 6; 1.79 minutos; Operación 7; 2.45 minutos; Operación 8; 1.79 minutos. El análisis de un planear esta línea de ensamble del modo más económico.

El primer paso consistirá en encontrar el número de operarios necesarios para cada una de las operaciones.

Puesto que se requieren 700 unidades por día, será necesario producir cada unidad en 0.685 minutos (480/700). Podemos encontrar cuántos operarios se necesitarán para cada operación, dividiendo los minutos estándares de cada operación entre el número de minutos que se necesitan para producir una unidad. Por ejemplo, el número de operarios para la Operación 1 es $1.25 \div 0.685 = 1.82 = 2$. Para las demás operaciones, tenemos:

Operación	Minutos Estándar	Minutos estándar entre minutos por unidad	No. de Operarios
1	1.25	1.82	2
2	1.38	2.01	2
3	2.58	3.77	4
4	3.84	5.57	6
5	1.77	2.58	3
6	1.79	2.58	3
7	2.45	3.52	4
8	1.79	2.58	3
Total	<u>15.77</u>		<u>24</u>

Para determinar cuál operación es la más lenta, dividimos los minutos estándares para cada una de las operaciones, entre el número de opera-

Balanceo de operaciones:

Operación	Minutos estándar entre No. de operaciones	Operación	Minutos estándar entre No. de operaciones
1	1.23/2 0.625	5	1.77/2 0.635
2	1.38/2 0.690	6	1.29/2 0.645
3	2.58/4 0.645	7	2.46/4 0.620
4	3.84/6 0.640	8	1.20/2 0.640

La Operación 2 determinará la producción de la línea que, en este caso es:

$$\frac{2 \text{ hombres} \times 60 \text{ min.}}{1.38 \text{ minutos estnd.}} = 87 \text{ piezas por hora o } 696/\text{día.}$$

La eficiencia de esta línea podrá ser calculada de la siguiente manera:

Como visto más N = F x $\sum M.A.$ = F x $\sum M.E./E$. Despejando la eficiencia, tenemos:

$$E = F \times \sum M.E./N$$

Sustituyendo, tenemos:

$$E = \frac{700}{480} \cdot 15.37 / 24 = 0.9339$$

$$E = 93.4\%$$

Finalmente, vale la pena resaltar que si la tasa de producción de la línea, es decir 696 piezas por día, resultara inadecuada, tendríamos que aumentar la tasa de producción de la Operación 2, lo que puede lograrse así:

1. Haciendo que uno o los dos operarios trabajen tiempo extra para producir más piezas en la estación de trabajo.
2. Utilizando los servicios de un tercer hombre (a tiempo parcial), en la estación de trabajo de la Operación 2.
3. Asignando algo del trabajo de la Operación 2 a la Operación 1, o a la Operación 3, será preferible asignarlo a la Operación 1.
4. Mejorando el método de la Operación 2, para disminuir el ciclo de la operación.

Balanceo de líneas; el método de Kilbridge y Wester (*)

El procedimiento del método de Kilbridge y Wester se puede describir mejor mediante un ejemplo como el que define el diagrama de precedencia de la Figura 7.1., que resume los requerimientos tecnológicos de la secuencia. Los números dentro de los círculos representan las operaciones y los números pequeños que se ven fuera de los círculos, los tiempos de las operaciones en centésimas de minuto.

En la columna I del diagrama anotamos todas las operaciones de trabajo que no necesitan seguir a otras operaciones. Las operaciones que siguen inmediatamente se anotan en las columnas II, III, etc., observando las relaciones de precedencia. Advertirse que todas las operaciones se en cuentran situadas hacia la izquierda, tan lejos como lo permiten las restricciones de secuencia. La suma de todos los tiempos de las operaciones es 552, y teóricamente se puede obtener un balance perfecto con un tiempo de ciclo de $c = 552/3 = 184$, o sea 3 estaciones. Describiremos el procedimiento suponiendo que el objetivo es balancear la línea perfectamente con tres estaciones y un tiempo de ciclo de 184.

En el Cuadro 7.1. hemos resumido la figura 7.1. en una forma tabular más útil. La información nueva más importante del Cuadro 7.1. se encuentra en la columna (C), que resume la flexibilidad de asignación de las operaciones a las columnas del diagrama de precedencia. Por ejemplo, para el caso de la operación 39, la observación II, ..., XI significa que ésta podría moverse a la derecha, a cualquiera de las columnas del diagrama de precedencia hasta la columna XI, sin cambiar la precedencia básica de las relaciones. Esta flexibilidad para mover las operaciones horizontalmente será útil en el procedimiento que sigue. Advertimos que algunas tareas aparecen en la columna (B) del Cuadro 7.1. con alguna notación. Por ejemplo, la operación No. 3 aparece con la notación (w. 5, 9). Con esto se quiere decir que la operación en cuestión puede moverse horizontalmente por el diagrama de precedencia, sólo si las tareas exactas se mueven delante de ella. Por lo tanto, la operación 3 se puede mover a la derecha solamente si las tareas 5 y 9 se mueven delante de ella.

Dos datos importantes del Cuadro 7.1. son las duraciones de las operaciones por columna del diagrama de precedencia original que aparecen en la columna (E) y los sumas de tiempos acumulados que aparecen en la columna (F). Toda esta información, procedamos como sigue:

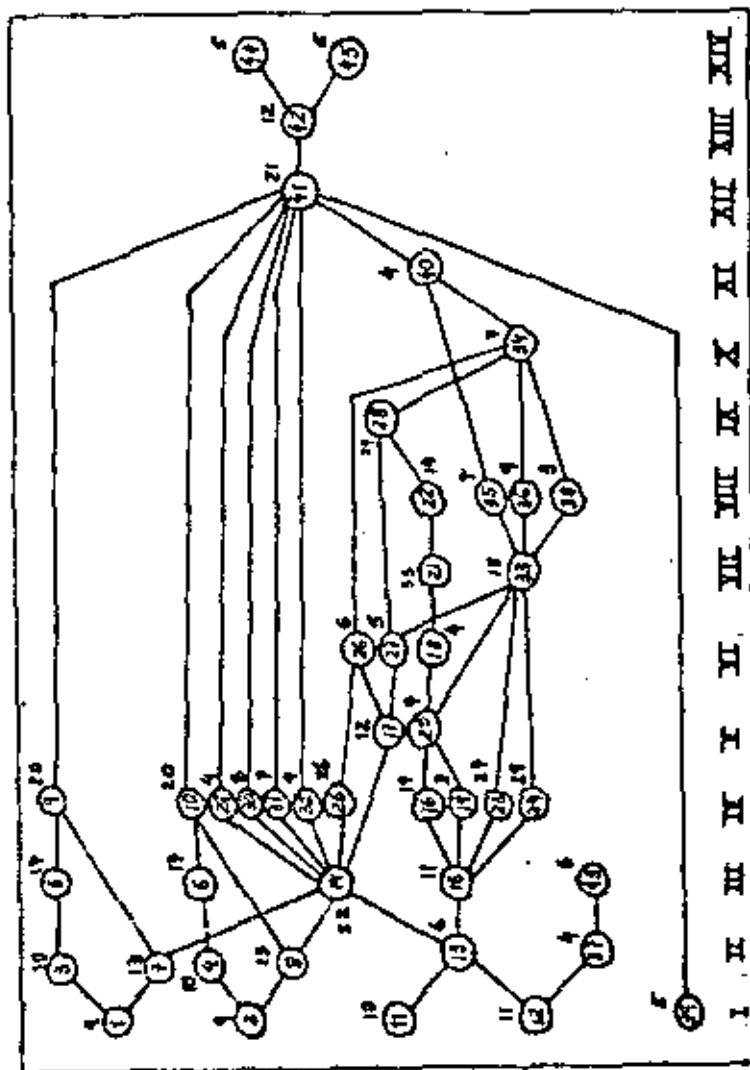
Paso 1. Dado que $c = 184$, examinemos la columna (F) del Cuadro 7.1. para encontrar la suma acumulada que más se aproxima a 184. La suma acumulada de la columna III, de 173, se aproxima. Los tiempos de las operaciones de las columnas I, II y III no satisfacen las necesidades de la estación 1 por sólo $184 - 173 = 11$ unidades de tiempo.

Paso 2. Examinemos los tiempos de las operaciones de la columna IV. ¿Hay alguna combinación de tiempos de las operaciones que sume exactamente 11? Sí, las operaciones 31 y 32 tienen tiempos de 7 y 4, respectivamente.

Paso 3. Moveremos las operaciones 31 y 32 a la parte superior de la lista de operaciones de la columna IV, asignándolas así a la estación 1.

(*) Cuadro de Kilbridge y Wester, "A Heuristic Method of Assembly Line Balancing", Industrial Engineering, vol. 12, No. 4, 1961.

FIGURA 7-1.
Diagrama de precedencia para las operaciones. Tomado de Kilbridge y Wester, "A Heuristic Method of Assembly Line Balancing", Industrial Engineering, Vol. 12, No. 4, 1961.



Ahora todas las operaciones de las columnas I, II y III, más las operaciones 31 y 32 de la columna IV, están asignadas a la estación 1. El estado de la solución aparece en el Cuadro 7.2..

Paso 4. Examinamos la columna (F) del Cuadro 7.2, para encontrar la suma acumulada que más se aproxime a $2 \times 184 = 368$. La suma acumulada de la columna VI es 371.

Paso 5. Examinamos la lista de operaciones no asignadas (columnas V y VI y parte de la columna IV) que se pueden mover horizontalmente hasta la columna VI o a cualquier otro más allá de ésta. Son las operaciones 9, 10, 29, 30, 25(w. 26), 23, 24 y 26.

Paso 6. ¿Hay alguna combinación de tiempos de las operaciones móviles que totalice $371 - 368 = 3$ No.

Paso 7. Aumentamos el número de la columna del paso 4 y repetimos el procedimiento. La suma acumulada de la columna VII es 441.

Paso 8. Examinamos la lista de operaciones no asignadas (columnas V, VI y VII y parte de la columna IV) que se pueden mover horizontalmente hasta la columna VII o a cualquier otro más allá de ésta. Son las operaciones 9, 10, 29, 30, 25(w. 26), 26 y 33 (w. 35, 36, 38).

Paso 9. ¿Hay alguna combinación de tiempos de las operaciones móviles que totalice $441 - 368 = 73$ No.

Paso 10. Aumentamos el número de columna del paso 7 y repetimos el procedimiento. La suma acumulada de la columna VIII es 474.

Paso 11. Examinamos la lista de las operaciones no asignadas (columnas V, VI, VII y VIII y parte de la columna IV) que se pueden mover horizontalmente hasta la columna VIII o a cualquier otro más allá de ésta. Son las operaciones 9, 10, 29, 30, 25(w. 26), 26, 33(w. 35, 36, 38), 35, 36 y 38.

Paso 12. ¿Hay alguna combinación de tiempos de las operaciones móviles que totalice $474 - 368 = 106$; o a la inversa, dado que el tiempo total de las operaciones del conjunto móvil suena 115, ¿hay alguna combinación en el conjunto móvil que totalice $115 - 106 = 9$ y que pueda ser conservada en la estación 2? Si lo hay, los tiempos de las operaciones 29 y 30 con $4 + 5 = 9$ y al resto de estas operaciones móviles tiene un tiempo total de 106.

Paso 13. Movemos las operaciones 9, 10, 25(w. 26) y 33 (w. 35, 36, 38) más allá de la columna VIII. La estación 2 se compone ahora de las operaciones de las columnas IV (sin incluir 31 y 32), V, VI, VII y de la operación 27 de la columna VIII.

Paso 14. La estación 1 se compone de las operaciones restantes no asignadas cuyo tiempo suena también 184. La asignación final aparece en el Cuadro 7.3 y en el diagrama de precedencia de la figura 7.3.

El procedimiento de 14 pasos que acabamos de describir no es general, sino específico de la aplicación de este ejemplo. Kilbridge y Wester ofrecen las siguientes generalizaciones y sugerencias como auxiliares en la aplicación de su método heurístico:

1. Se utiliza la permutabilidad entre columnas para facilitar la selección de operaciones de la duración deseada para un agrupamiento óptimo de las estaciones de trabajo. La movilidad lateral ayuda a colocar las operaciones en las estaciones de las líneas de ensamble, pero que

CUADRO 7.1.
Representación tabular del diagrama de precedencia de la Figura 5.1.

(A) Número de columna del diagrama	(B) Número de identificación de la operación	(C) Observaciones	(D) Duración de las operaciones t	(E) Suma de las dura- ciones	(F) Suma de los tiempos acumu- lados
	1		9		
	2		9		
I	11		10		
	12		11		
	39	II, XI	5	44	44
	3(w. 5,9)	III, IX	10		
	7		13		
II	4(w. 6,10)	III, IX	10		
	8		13		
	13		6		
	27(w. 4,3)	III, XIII	4	56	100
	5(w. 9)	IV, X	17		
	6(w. 10)	IV, X	17		
III	14		22		
	15		11		
	43	IV, XIV	6	73	173
	9	V, XI	20		
	10	V, XI	20		
	29	V, XI	4		
	30	V, XI	5		
	31	V, XI	7		
	32	V, XI	4		
IV	25(w. 26)	V, VIII	26		
	16		19		
	19		3		
	23	V, VI	27		
	24	V, VI	29	164	337
V	17		12		
	20		7	19	356
VI	26	VII, IX	6		
	27		5		
	18		4	15	371
VII	21		55		
	33(w. 35, 36, 38)	VIII	15	70	441
	22		14		
VIII	35	IX, X	7		
	36	IX	9		
	38	IX	3	33	474
IX	28		74	24	498
X	34		7	7	505
XI	40		4	4	509
XII	41		21	21	530
XIII	42		12	12	542
XIV	44		5		
	45		5	10	552

Fuente: Kilbridge y Wester, "A Heuristic Method of Assembly Line Balancing", Industrial Engineering, Vol. 12, No. 4, 1961.

CUADRO 7.2.
Cuadro 7.1. modificada tras de la asignación de operaciones a la estación 1, Únicamente.

(A) Número de columna del diagrama	(B) Número de identificación de la operación	(C) Observaciones	(D) Duración de las operaciones t	(E) Suma de las dura- ciones	(F) Suma de los tiempos acumu- lados
	1		9		
	2		9		
I	11		10		
	12		11		
	39		5		
	3		10		
	7		13		
II	4	ESTACION 1.	10		
	8		13		
	13		6		
	27		4		
	5		17		
	6		17		
III	14		22		
	15		11		
	43		6		
IV	31		7		
	32		4	184	184
	9	V, XI	20		
	10	V, XI	20		
	29	V, XI	4		
	30	V, XI	5		
	25(w. 26)	V, VIII	26		
	16		19		
	19		3		
	23	V, VI	27		
	24	V, VI	29	153	337
V	17		12		
	20		7	19	356
VI	26	VII, IX	6		
	27		5		
	18		4	15	371
VII	21		55		
	33(w. 35, 36, 38)	VIII	15	70	441
	22		14		
VIII	35	IX, X	7		
	36	IX	9		
	38	IX	3	33	474
IX	28		74	24	498
X	34		7	7	505
XI	40		4	4	509
XII	41		21	21	530
XIII	42		12	12	542
XIV	44		5		
	45		5	10	552

CUADRO 7.3.
Cuadro 2, modificado tras la asignación de las operaciones a las tres estaciones.

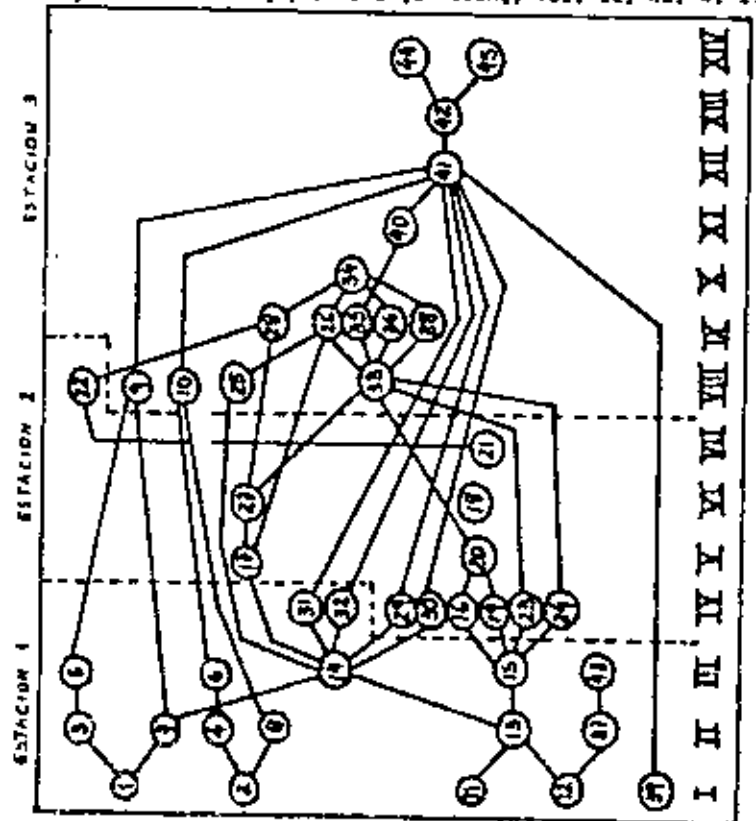
(A) Número de columna del diagrama	(B) Número de identificación de la operación	(C) Observaciones	(D) Duración de las operaciones t	(E) Suma de las dura- ciones	(F) Suma de los tiempos acumu- lados
	1		9		
I	2		9		
	11		10		
	12		11		
	13		5		
II	3		10		
	7		13		
	4		10		
	8		13		
	13	ESTACION 1	4		
	17		4		
III	5		17		
	4		17		
	14		22		
	15		11		
	17		6		
IV	21		7		
	22		4	184	184
	29		4		
	30		5		
	16		19		
	19		3		
	21	ESTACION 2	27		
	24		29		
V	17		12		
	20		7		
VI	27		5		
	18		4		
VII	21		35		
VIII	22		14	184	168
	9		20		
	10		20		
	25		26		
	27		15		
	28		24		
IX	26		6		
	35	ESTACION 3	7		
	36		6		
	38		3		
X	34		7		
XI	40		4		
XII	41		21		
XIII	42		17		
XIV	44		5		
	48		8	184	532

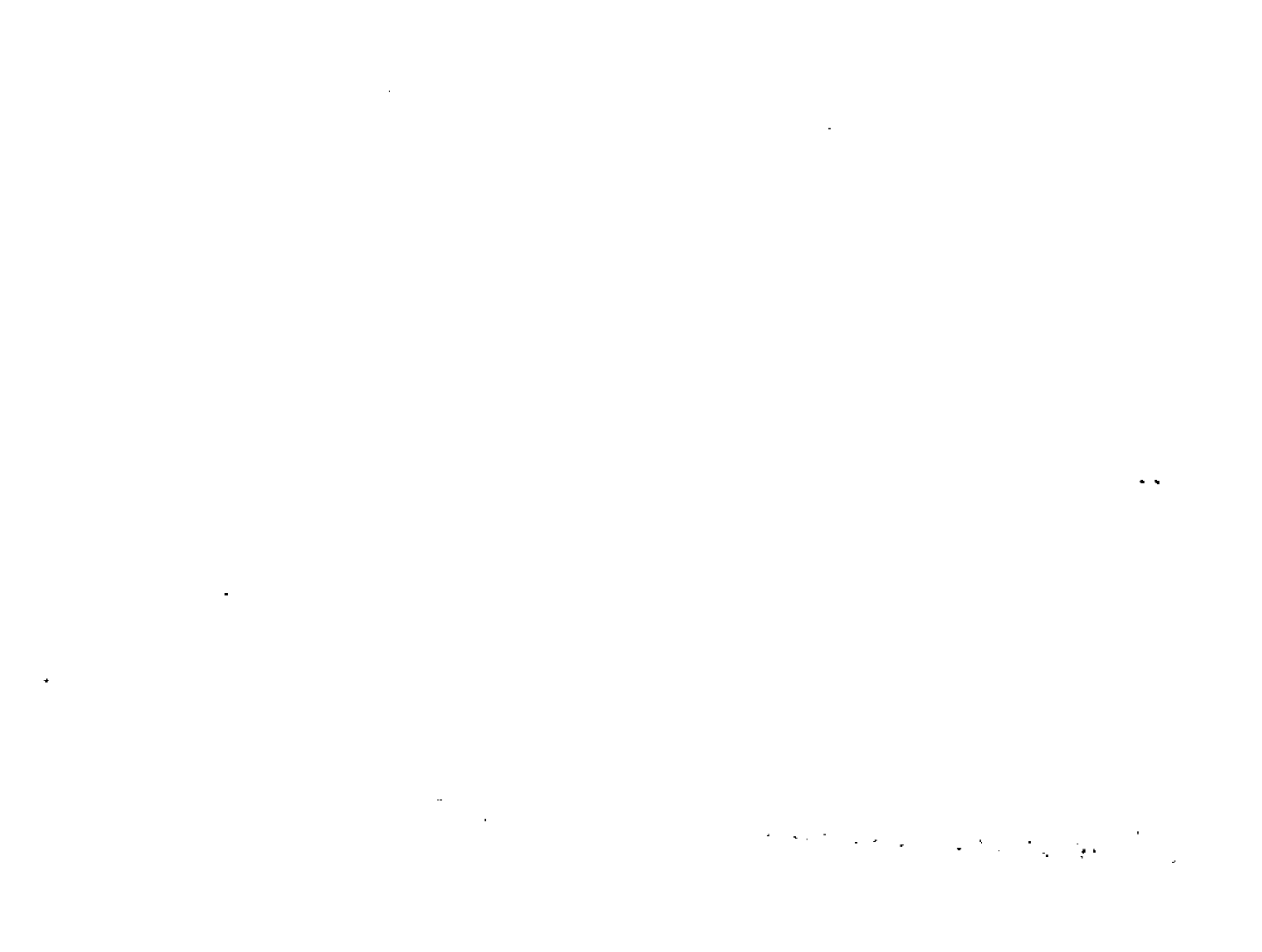
pueden ser utilizadas donde sirvan mejor a la solución del agrupamiento.

2. Generalmente las soluciones no son únicas. Las operaciones asignadas a una estación se pueden permutar generalmente dentro de la columna. Esto da al supervisor de línea cierta flexibilidad para alterar la secuencia de las operaciones, sin perturbar el balance óptimo.

3. Si es posible, hay que disponer primero de las operaciones de mayor duración. Por lo tanto, si se pueda escoger entre la asignación de una operación de duración 20, por ejemplo, y la asignación de dos operaciones de duración 10 cada una, asignase primero la operación de mayor duración. Los elementos de menor duración se guardan para mayor facilidad de manipulación al final de la línea.

FIGURA 7.2.
Diagrama de precedencia equilibrado con tres estaciones.
Tomado de Kilbridge y Wester, "A Heuristic Method of Assembly Line Balancing", Ind. Engineering, Vol. 12, No. 4, 1961.







centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



PLANEACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION

SISTEMAS DE PRODUCCION INTERMITENTES

M. EN C. JUAN BUENO ZIRION

JULIO, 1979.

SISTEMAS DE PRODUCCION INTERMITENTES.

1. - Introducción.

La producción llamada intermitente, nos trae de inmediato a la mente la imagen de un taller con su gran capacidad de producir una gran cantidad de productos y productos hechos según las especificaciones del cliente. Este concepto general nos lleva al modelo de taller con una diversificación de equipo con uso intermitente, donde la base para su distribución y departamentalización es básicamente funcional. Estos sistemas frecuentemente no producen para crear inventarios, sino que se mantiene un inventario de capacidad lista para hacer frente a las órdenes; y por ello las complicaciones internas son generalmente más serias que para los sistemas de producción continuos.

Existen en general otros tipos de los llamados talleres. Estos son: -- abiertos y cerrados. En el abierto se reciben órdenes prácticamente de cualquiera y ante tal circunstancia uno debe preveer, diseñar las facilidades físicas, hacer planes agregados, programas, conseguir la materia prima y presupuestar con la mayor incertidumbre. El taller cerrado es un taller cautivo, de algún cuidado para los fabricantes y puesto ahí para su propio uso interno (tal como un taller de mantenimiento en una fábrica que produce en serie). Su línea de productos es bastante predi-

cible y por lo tanto un poco más fácil de administrar. En ambos casos son en general ocho los problemas que se tienen que resolver en un taller:

1. - Diseñar y distribuir el sistema minimizando costos de manejo de material.
2. - Pronosticar la demanda.
3. - Planeación agregada del uso del equipo y recursos.
4. - Programación de la mano de obra y el equipo para minimizar costos de inicio de operaciones, tiempo muerto, inventarios en proceso y tiempos extra.
6. - Programación del equipo para el uso del proceso más eficiente.
7. - Compra económica de las materias primas.
8. - Política de presupuestos.

En esta sección veremos con cuidado los primeros cinco puntos ya que los tres últimos son tan peculiares de cada situación que se salen del propósito general del curso. Y de estos cinco puntos el segundo ya fue tratado con mayor extensión en un capítulo anterior de su curso. Así, tenemos cuatro puntos en general a tratar que constituirán el cuerpo de esta sección. Pero veamos antes, en una forma general estos ocho puntos.

Distribución del Sistema. El diseño de las facilidades y su distribución puede, claro está, ser considerado en diversos niveles de complejidad y

detalle. Nuestra mayor preocupación es en una manera general, determinar la mejor posición relativa de los departamentos y sus requerimientos de área en una forma de bloques. Como los productos son diferentes y sus secuencias de operaciones usualmente también, no existe una distribución que sea mejor para todos. Se trata de elegir una distribución que minimice los costos totales de movimiento de artículos y personal, aunque debemos reconocer el impacto que se tiene en el tiempo promedio de circulación de las órdenes.

Pronóstico de la Demanda y Planeación Agregada. Para ser útiles para el uso de la planeación, programación y control, los pronósticos deben de ser traducidos finalmente en pronósticos de uso de horas de los diferentes equipos, tomando en cuenta la eficiencia de planta. Estas cargas departamentales proyectadas sirven de base para la contratación y entrenamiento de la gente. Como la única cosa realmente vendible en un taller es su capacidad, existe siempre reticencia a despedir la mano de obra calificada, esto limita en cierta forma la planeación agregada, que en términos normales se hace en base a grupos de productos para determinar niveles de inventarios, mano de obra y equipo disponible y por último conjuntarlo todo en un solo plan maestro.

Programación de las Ordenes. La programación de un taller se ha reconocido siempre como uno de los problemas industriales más complejos y difíciles. Esta complejidad nace del hecho de que cada orden sigue una ruta

4

diferente y necesita de diferentes recursos y su seguimiento es altamente complicado. La programación de talleres se ha estudiado bajo la luz de la teoría de colas utilizando la metodología de la simulación, dándose reconocimiento al hecho de que en la mayoría de las situaciones, tenemos un exceso de maquinaria con la mano de obra rotándose entre los diferentes trabajos. El equipo, entonces, se programa para seguir el proceso más económico, basándose en un análisis del producto y los costos estimados de inicio y producción. La mano de obra es el recurso más flexible y limitante, por lo tanto, que se asigna a los diferentes equipos según lo manda el plan.

Compra de materia prima y presupuestos. En este caso se siguen las prácticas comunes del manejo de inventarios y adquisición de materiales, aunque debemos señalar que aquí la relación con la función de presupuestos es más estrecha por la dependencia vital de uno al otro. El presupuesto normalmente comprende tomar en cuenta la materia prima a usarse, el costo de la mano de obra y usualmente un cargo fijo por indirectos y utilidad, estos últimos determinados en base a estudios sobre comportamiento pasado de los gastos reales contra los gastos aplicados a cada orden, procurando que la diferencia entre ellos sea exactamente la utilidad planeada.

Empecemos por ver algunos de estos puntos mencionados con mayor cuidado, formando el cuerpo de nuestra sección que nos atañe.

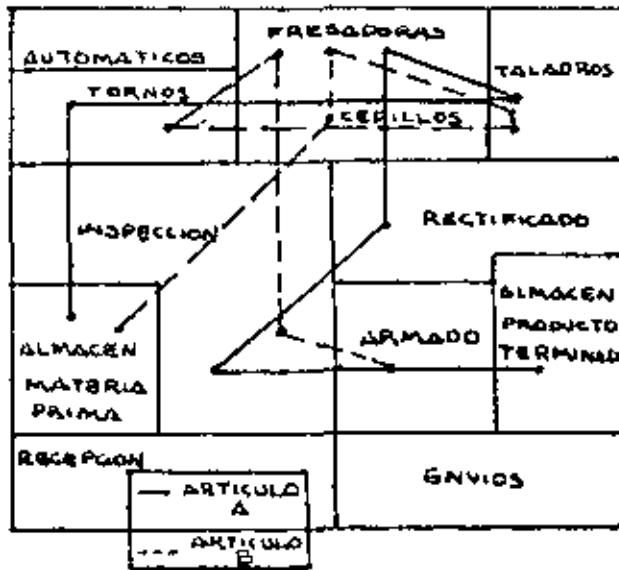
2. - Distribución en Planta.

La distribución en planta establece límites amplios para la planeación y control de la producción e inventarios, para los sistemas intermitentes. Se intenta tomar en cuenta los posibles caminos de las órdenes de forma que se minimice el total del costo de manejo de materiales.

Usualmente los modelos comprenden el estudio de la distribución en planta, considerando únicamente los artículos que tengan el mayor volumen de producción y desarrollando para ellos diagramas de flujo de forma que por tanteos se llega a una solución aceptable. En la actualidad, con la disponibilidad más grande de las computadoras, se han desarrollado métodos heurísticos de solución, de los cuales, tal vez, el más conocido y efectivo es el CRAFT. Es este el método al que veremos con mayor cuidado en los próximos párrafos.

2.1. - CRAFT

El conflicto que se crea al intentar dar solución al problema de la colocación respectiva de los diferentes departamentos en una planta, lo podemos ilustrar en la siguiente figura en la que se muestra un taller en el que se fabrican dos partes. Cada una de ellas tiene una diferente secuencia de



operaciones y si se arreglan los departamentos de forma que se minimice el manejo del artículo 4, el resultado es que el manejo de B sería mucho. Si añadiéramos a la figura otros artículos se volvería un desorden y se perdería la con

fianza de encontrar una solución, estando asimismo fuera de toda consideración la enumeración y evaluación de todas las posibles combinaciones. En CRAFT no consideramos todas las soluciones sino únicamente una secuencia limitada de las soluciones, siendo cada una mejor que la otra.

En la versión más simple de CRAFT una solución existente, similar a la de la figura, se evalúa calculando el costo del manejo de material primero, y entonces, haciendo la pregunta ¿Cómo cambiarían los costos si intercambiáramos dos departamentos? Si se encuentra un intercambio que baja los costos, se tabula. Cuando hemos realizado todos los posibles intercambios se elige el mejor y se realiza el cambio de localización. El proceso se repite hasta que no existen intercambios que logran una reducción en costos.

Recientes versiones del programa pueden considerar intercambios entre tres departamentos a la vez y permite el uso de diferentes sistemas para

el manejo de materiales, toma en cuenta los requerimientos de área y permite la fijación de algunos departamentos.

Los datos que se requiere dar al programa son tres:

- a) Flujo de material entre departamentos por carga.
- b) Costo de manejo entre departamentos por carga por nivel de distancia.
- c) Distribución inicial.

y el resultado es la distribución final de la planta.

*CRAFT Computer Program

SHARE Library No. SDA 3591

Los resultados que se obtengan tienen que ser estudiados bajo la luz de las limitantes del método. Por un lado los costos de manejo de material es posible que no sean proporcionales a la carga, el flujo de materiales es variable en ocasiones y deseamos a veces una cierta flexibilidad en la colocación. Sin embargo, y aún con esos supuestos es mejor el uso de CRAFT que la simple intuición, a menos que la dominancia de flujo de un artículo sea tal que casi caigamos en el caso de producción en serie.

3. - Programación de Ordenes.

El problema consiste en determinar la secuenciación en que deben pro-

cesarse las diferentes órdenes entre los diferentes departamentos. La planeación de la producción del proceso tecnológico y ruta a seguir, la compra de materiales y otras planeaciones preceden al paso de programación, que deberá completarse por un seguimiento adecuado.

El método tradicional consiste en el uso de gráficas (de Garrett) para representar al sistema de una forma determinística. El programador, usando ayudas gráficas, produce un programa horario en que la carga de trabajo proyectada para cada máquina se grafica, hora por hora, orden por orden. Desafortunadamente las órdenes llegan estocásticamente y los tiempos de proceso fluctúan y sobre todo, no todas las órdenes son igualmente urgentes y no tienen el mismo valor monetario. El reconocer que un taller puede ser representado por un sistema de colas fue un hecho importante, que inició investigaciones fundamentales que aún continúan. Estas investigaciones se han centrado en el análisis comparativo de diferentes disciplinas para la atención de las colas, a través de simulaciones en computadoras.

Las reglas de servicio que se han analizado bajo diferentes respuestas son las siguientes:

1. - PEPS - Primera entrada primera salida
2. - TOMC- Tiempo de operación más corto
3. - HE- Holgura estática (Tiempo prometido - tiempo de arribo)

4. - HE/TP - Holgura estática/tiempo de proceso
5. - HE/NO - Holgura estática/número de operaciones
6. - UEPS - Última entrada primera salida
7. - HD - Holgura dinámica (tiempo prometido-tiempo de operación)
8. - HD/TP
9. - HD/NO

En general, los hallazgos demostraron que la regla TOMC era la mejor, sin embargo, bajo ella es posible que algunas órdenes permanezcan casi indefinidamente en el sistema. Es por ello que se han buscado combinaciones de PEPS con TOMC y se opera de la siguiente forma: La programación en cada departamento se hace bajo TOMC a menos que la orden cumpla una cantidad preestablecida de tiempo esperando. En ese caso, las órdenes que cumplan esto tienen prioridad uno y se desoachan bajo la regla PEPS.

En el caso en que sea la mano de obra el factor limitante se ha encontrado que la asignación de obreros a el departamento en que mayor carga de trabajo existe y dentro del departamento la atención de órdenes de acuerdo a TOMC truncada, ha dado los mejores resultados.

Sin embargo, en la práctica estas reglas son modificadas con frecuencia debido a el énfasis puesto en que los retrasos en las órdenes no sean grandes, y al hecho de que en ocasiones existen diferentes prioridades en las órdenes aunque su llegada sea posterior. Estas y otras condiciones más

más realistas, a la fecha no han sido incorporadas en los modelos de simulación.

3. - Sistemas de Control.

El material cubierto en la sección anterior nos dá los elementos o programa, que deberá estar sujeto posteriormente a la función de control. Estas como su nombre lo dice, consiste en un seguimiento de las órdenes y en la toma de medidas apropiadas de corrección cuando por varias condiciones, la situación prevista por el plan y programa varía. En este caso el sistema que nos permite la función de control es el sistema interno de información existiendo en general dos niveles: en uno únicamente se conoce el número órdenes en cada departamento y su tiempo de operación y de acuerdo a alguna regla se asigna su prioridad y otro más profundo en que se asignan tiempos de empiezo y terminado para cada orden en cada uno de los departamentos por los que debe pasar.

En el primer nivel, su característica es que no se ejecuta una programación detallada de hombres y máquinas para cada orden. Esta labor se deja al supervisor del departamento o a los propios empleados. Únicamente se indica el orden en que deben procesarse las órdenes de producción existentes.

En el segundo nivel, en poco uso actualmente se ejecuta toda la planeación centralizada. Sin la ayuda de computadoras se comprenderá que el siste

ma se vuelve inoperante.

En ambos casos lo usual es hacer una simulación de la programación antes de considerarla como válida y siempre el mayor problema lo constituye en primer lugar el flujo de información desde el centro de programación hacia los departamentos y viceversa y en segundo lugar la estimación de tiempos de operación. El segundo problema se resuelve con experiencia y el primero se empieza a resolver actualmente con el abaratamiento de las computadoras y el desarrollo de sistemas de cómputo descentralizados.





centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de Ingeniería, unam



PLANEACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION

ANEXOS

ING. ROBERTO ROSA BORGES DE HOLANDA

JULIO, 1979

determining the type of problems to which specific tools are most applicable. An attempt to isolate the key aspect of a particular problem unhindered by folklore approaches, e.g., "how we have always done it," frequently aids immeasurably in the selection of the right analytical tool.

A typical result of considering a layout problem as unique may be the discovery that the criteria themselves are vague. That is, management knows it wants a layout but cannot specify a criterion of evaluation, or may have several criteria which are somewhat conflicting. To the extent that problems with conflicting criteria can be examined by materials handling cost models, subjective factors and changes in criteria and assumptions on the objective function can be measured by simulation.

If, on the other hand, the problem seems to be entirely dictated by qualitative factors, it should be stated and treated as such with a recognition of the limitations in methodology. Unnecessary problem sophistication should be avoided. If no clear measure of effectiveness for a particular problem is evident, a good opportunity for the workers to participate in the decision may be provided. The qualitative benefits thereby obtained may prove greater than any benefits obtained by rigorous solutions.

In summary, the layout problem should be considered in the light of problem uniqueness, the concomitant uniqueness of

specific problem criteria, and the need to reflect this uniqueness in problem approaches. The facilities layout problem is inherently multi-valued and is not properly handled by a single criterion model. Problems cannot be forced into models; models must be adapted to problems.

REFERENCES

1. ARMOUR, G. C. and BUFFA, E. S. "A Heuristic Algorithm and Simulation Approach to the Relative Location of Facilities," *Management Science*, Vol. 9, No. 2 (January, 1963).
2. BUFFA, ELWOOD S. "Sequence Analysis for Functional Layouts," *Journal of Industrial Engineering*, Vol. VI, No. 2 (March-April, 1955), pp. 12-13, 25.
3. BUFFA, ELWOOD S., ARMOUR, GORDON C. and VOLLMANN, THOMAS E. "Allocating Facilities with CRAIT," *Harvard Business Review* (March-April, 1964), pp. 136-58.
4. HILLIER, FREDERICK S. "Quantitative Tools for Plant Layout Analysis," *Journal of Industrial Engineering*, Vol. XIV, No. 1 (January-February 1963), pp. 33-40.
5. MUTHER, RICHARD. *Systematic Layout Planning*. Boston: Industrial Education Institute, 1961.
6. VOLLMANN, THOMAS E. "An Investigation of the Bases for the Relative Location of Facilities." Unpublished doctoral dissertation, University of California, Los Angeles, 1964.

15

A review of assembly line balancing*

EDWARD J. IGNALL

A BASIC characteristic of an assembly line is the movement of the workpiece from one worker to the next. The tasks that must be

performed to complete the product are divided among the workers so that a given worker does the same thing to every workpiece that passes him. The workpiece spends a certain time, called the *cycle time*, at each work station. Given this situation, balancing an assembly line consists of

* Edward J. Ignall, "A Review of Assembly Line Balancing." Reprinted from the July-August, 1965 issue of *The Journal of Industrial Engineering*, Vol. 16, No. 4, pp. 244-54.

dividing the given set of tasks among the workers on the line.

To be specific, assume that the following are given:

1. A set, U_1, U_2, \dots, U_N , of N tasks to be performed on each workpiece, the i th task having t_i as its performance time. The sum of the performance times

$$\sum_{i=1}^N t_i$$

is the total work content.

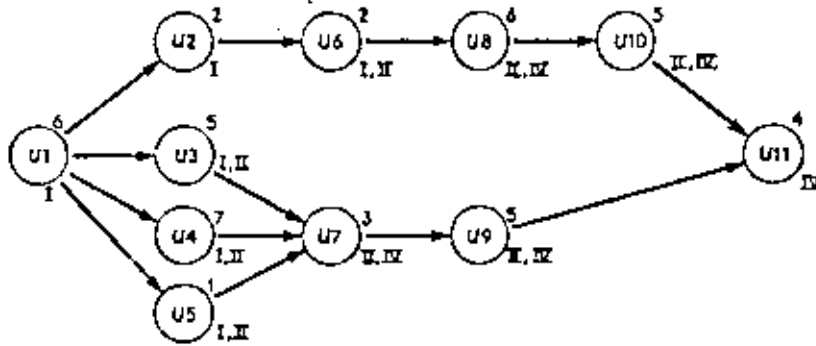
2. Some precedence relations, which restrict the order in which the tasks can be performed.

imply $U_1 \rightarrow U_6$, the arrow from U_1 to U_6 can be (and is) omitted. The tasks are also numbered so that it is possible to perform them in numerical order; this is an aid to some of the techniques that will be discussed. The I, II southeast of U_3 means that U_3 can be in either zone I or zone II. Zoning requires all the tasks in any one station to have at least one zone number in common (See [19] for a clear description of zoning.)

CRITERIA FOR CHOOSING A BALANCE

Idle time, which is (number of work stations \times cycle time)—total work content, is the most important consideration in

FIGURE 1



3. Some zoning constraints, which prevent the grouping of certain tasks at the same work station. For example, work on both the front and the back of a large unit would not be done at the same work station.

4. Possibly some other constraints, such as the *must do task*, which has to be performed at one particular work station, and the *two-man task*.

A big help in visualizing the problem is the directed graph or precedence chart. A directed graph from (10) appears as Figure 1.

The 6 northeast of U_1 is its performance time, t_1 . The arrows indicate precedence relations: $U_1 \rightarrow U_2$ means that U_1 must precede U_2 . Since $U_1 \rightarrow U_2$ and $U_2 \rightarrow U_6$

balancing a line. Assigning tasks to work stations so that idle time is minimized will minimize the number of assembly man-hours per piece.

One way to minimize idle time is to consider all the reasonable values for the number of work stations and then for each one, find a balance that minimizes the cycle time. From these balances, the balance that minimized idle time could be selected. However, directly minimizing cycle time, given the number of stations, is quite difficult. Only two of the methods to be reviewed (the second phase in [14] and the third phase of [17], [18]) attempt to do so. The other methods find balances that minimize the number of stations given cycle time. This must be done for several values

of cycle time in order to (approximately) minimize the number of stations given cycle time.

How should these values of cycle time be chosen? To find a minimum cycle time balance for K work stations, one might use a given method for cycle time $C = (\text{total work content})/K$ and see if a K station balance is obtained. If not, increase C in relatively large steps until a K station balance is obtained, then reduce C in smaller steps until the number of stations goes back up to $K + 1$, then increase C , and so forth.

One would expect that lowering the value of K would give balances with lower idle time, since there will be more tasks per station and better chances for good fits. However, zoning constraints restrict the possible combinations of tasks that can be put in the same station, thus tending to increase idle time. Therefore generalizations about the number of work stations (or cycle times) that will permit low idle time balances are risky.

If idle time alone is considered, then one has the *balance delay* problem, as discussed in (11) (12) (19) (20). However, there are other things to consider. The expected demand for the product implies a "natural" cycle time. If the cycle time that minimizes idle time is higher than this "natural" cycle time, then overtime, a second shift or a second line (with duplicate equipment, and so forth) will be required to meet demand. On the other hand, if the cycle time that minimizes idle time turns out to be much lower than the "natural" cycle time, then the line will have to be shut down a large fraction of the time. Conceivably, the workers on the line could be "farmed out" to other departments for a few hours each day. But practical problems of scheduling and managing may dictate running the line for a few weeks and farming out for a few weeks, and inventory will be built up to cover the period when the line is shut down.

Therefore minimum cycle time balances for various values of the number of work stations should be compared on the basis

of the cost of idle time, inventory, overtime, or a second line, and so forth, at the expected demand level, and the best balance chosen. Comparisons for other demand levels are desirable, so that the line can be rearranged if and when there is a large enough change in demand.

DEFINING THE PROBLEM

Tasks, their performance times, precedence relations, zoning, and other constraints are assumed to be given. To go back a step, suppose that only the manufacturing method is given. How should one divide the work into tasks and come up with the precedence and zoning constraints? The obvious criterion is making the total work content ($\sum t_i$) as small as possible. Following this criterion may have the following consequences:

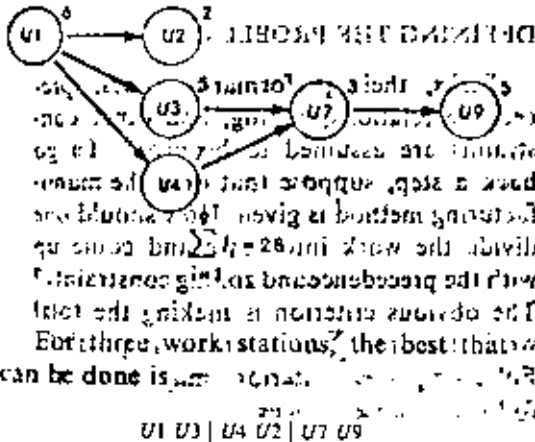
1. There will be many tasks with long performance times, tasks that could be broken up into several shorter tasks with longer total performance time.
2. Many precedence relations will be added, say $U1 \rightarrow U2$, not because it is impossible to do $U2$ before $U1$, but because there is a time penalty for doing so.
3. Many zoning constraints will be added, keeping tasks at separate stations, not because it is impossible to do them together, but because they will take longer if done together.

There are instances where it is worthwhile to pay these penalties. To illustrate for zoning first: suppose in our example line, $U7$ is restricted to zone II. Then at least three stations would be needed to balance the line. Since the t_i are integers, a cycle time of at least 16, with idle time of $3 \times 16 - 46 = 2$ man-minutes, is necessary. Now suppose that this restriction was added because $U7$ would take 3.2 minutes rather than 3 minutes if it were done in zone IV. Then two station balances would be possible if the penalty were paid: for example, $U1$ through $U6$ in the first station, the rest in the second is a balance with

cycle time 23.2 and idle time $U4$ less than the best possible three-station balance.

Now, consider situations where it is advantageous to divide up tasks and eliminate precedence constraints. Suppose the directed graph of Figure 2 (part of our example line) was obtained by defining tasks and precedence to yield minimum total work content.

FIGURE 2



with cycle time 11. But suppose $U3$ can be broken into two tasks, $U3a$ and $U3b$, taking 3 minutes each. Then, although $\sum t_i$ is now 29, one can get

$$U1 \ U3a \ | \ U3b \ U4 \ | \ U2 \ U7 \ U9$$

with cycle time 10.

Now revoke the assumption about breaking up $U3$ and instead remove a precedence constraint. Allow $U3$ to follow $U7$ if a 0.5 minute penalty is added to $U3$'s performance time, making $t_3 = 5.5$. Then the best one can do is

$$U1 \ U2 \ | \ U4 \ U7 \ | \ U3 \ U9$$

and cycle time is 10.5.

This is a real issue only if idle time is high when cycle time is minimized for a given number of work stations. Therefore initially, tasks should be defined to give minimum total work content. If the best resulting balances have high idle time, then redefining tasks, precedence, and zoning may help. There is always the question of

whether it is possible to find a better balance for a given number of work stations. Although the best balance found in the search is not necessarily the best possible, it is often very close.

which tasks to redefine or which restraints to remove. However, an experienced engineer can often see what is preventing a good fit. He can then break up a task or remove a precedence relation and improve the balance with no need to solve formally the "new" problem.

STRUCTURE

Before discussing solution methods, there is a way of structuring line balancing problems which will provide good background. A key idea in line balancing is putting the tasks in some executable order, either before they are assigned to stations or as they are assigned. An ordered arrangement of the N tasks that can be performed in that order is called a *feasible sequence*. Now N tasks can be arranged in $N!$ distinct sequences. Because of precedence relations, only some of these $N!$ will be feasible. If there are r precedence relations among the N tasks (r arrows on the directed graph), then there are roughly $N!/2^r$ distinct feasible sequences. For our example, this estimate is $11!/2^{10} = 4870$ distinct feasible sequences. The actual number is $3!(9!/5!4!) = 756$, less than the estimate. If tasks $U8$, $U10$, and $U11$ are deleted, then the estimate becomes $8!/2^9 = 78$, while the actual number is $3!(7!/5!2!) = 126$, greater than the estimate.

A feasible sequence can be turned into a balance in the following way. Assign the tasks in the order given by the sequence. After several tasks have been assigned, it will be found that the next one in the sequence will not fit into the first work station (either because of cycle time or zoning), this task becomes the first one in the second station, and the process is continued until the next task in the sequence will not fit into the second station. This task becomes the first one in the third station, and one continues in this way until all N tasks have been assigned.

It is not hard to see that there are fewer distinct balances than there are feasible sequences. For example, A and B, below

Therefore minimum cycle time balances for various values of the number of work stations should be compared on the basis

are distinct feasible sequences, yet for cycle time $C = 10$, one gets:

$A: U_1, U_2, U_6|U_4, U_5|U_3, U_7|U_8|U_9, U_{10}|U_{11}$

$B: U_1, U_2, U_6|U_3, U_4|U_5, U_7|U_8|U_9, U_{10}|U_{11}$.

Here A and B yield only one distinct balance, since the same tasks are assigned to each work station for both sequences. But for $C = 12$, one gets:

$A: U_1, U_2, U_6 | U_4, U_5|U_3, U_7|U_8, U_9 | U_{10}, U_{11}$

$B: U_1, U_2, U_6, U_5|U_4, U_3|U_7, U_8|U_9, U_{10}|U_{11}$

and for $C = 17$ one gets:

$A: U_1, U_2, U_6, U_4|U_5, U_3, U_7, U_8|U_9, U_{10}, U_{11}$

$B: U_1, U_2, U_6, U_5|U_4, U_3, U_7 | U_8, U_9, U_{10}|U_{11}$.

A and B yield two distinct balances for each of these two cycle times. These two sequences also illustrate two valuable results, attributable to Jackson (10), which are given below.

For $C = 12$, U_1, U_2 and U_6 are assigned to the first station for both sequences. But for sequence B , it is possible to add a fourth task, U_5 , to the first station. It can be concluded, *without going any farther than the first work station*, that B must be at least as good as A , since for the remaining stations, the only difference between them is that for B there is one less task to assign. Therefore, if A yields the minimum number of work stations, B must do so also, and A need not be considered. (However, in this case, B and A both require five work stations.)

For $C = 17$, U_1, U_2 , and U_6 are assigned to the first station for both sequences. For sequence A , U_4 is assigned to the first station, and for sequence B , U_5 is assigned. Now U_4 takes longer than U_5 , precedes every task that U_5 precedes, and U_5 is in every zone that U_4 is. These three facts enable us to conclude, again without going any farther, that sequence A yields a balance at least as good as that of sequence B . This can be said because A squeezes in a longer task earlier, with no possible precedence or zoning penalty. (In this example, A in fact gives a balance with one less work station than B .)

For the three cycle times that have been chosen, there are three cases: A and B yielding only one balance, A giving a better balance than B , and B giving a better balance than A . The sequences which can be discarded as duplicates ($C = 10$) or as dominated ($C = 12, 17$) depend upon the cycle time. This is why minimizing the number of work stations for a given cycle time is easier than minimizing cycle time for a given number of work stations, at least when one starts with the idea of generating feasible sequences.

At this point, it might be asked how much duplication will there be in turning feasible sequences into balances. For a given line, the number of feasible sequences is fixed. Increasing the cycle time increases the number of tasks per station. Since rearranging the tasks within a station gives different sequences but the same balance, there is more duplication for large cycle times.

In summary then, usually the number of sequences is much greater than the number of distinct feasible sequences, which in turn is greater than the number of distinct balances. In addition, one can discard some distinct balances and still be sure of getting a balance that minimizes the number of work stations.

METHODS FOR BALANCING ASSEMBLY LINES

Fortified by this introduction to feasible sequences, it is now possible to discuss several methods that have been proposed for balancing assembly lines.¹ In this discussion, the emphasis is on ease in explaining and comparing methods, and therefore is not necessarily the same as that of the articles discussed. For example, it is implied in the following that all of these methods can handle zoning (and they can, at least conceptually), although the individual articles may not even mention zoning.

Two facts which favor quick approximations should be kept in mind when

¹ For a complete bibliography, see reference [4].

evaluating the methods. First, line balancing problems grow very rapidly. For a line with 70 tasks and 105 precedence relations, an estimate of the number of feasible sequences is $70!/2^{105} = 10^{65}$. (The interested reader can determine how many centuries it would take all the high-speed general purpose digital computers in the free world to enumerate 10^{65} sequences.) Even after taking advantage of Jackson's two results (10) and eliminating sequences that give duplicate balances, there will be an astronomical number left. On top of this, all but two of the methods that will be discussed attempt to minimize the number of work stations given cycle time. Consequently, with a single line to balance, a method will have to be used from 5 to 50 times in order to compare minimum cycle time balances over a range of the number of stations. Secondly, the distinction between optimal (minimum cycle time) balances and nonoptimal ones tends to fade in the light of things such as the possibility of redefining tasks, precedence, zoning, and other problems which will be discussed later. Helgeson and Birnie (6) point out that it is their experience that any balance can be improved upon by an experienced engineer (by redefining tasks, and so forth). The effort of enumerating everything or pursuing a time consuming algorithm to completion may not yield as good a balance as giving a qualified man a good approximate balance as a starting point.

SALVESON—BOWMAN—WHITE

The first published article (1955) on assembly line balancing was written by Salveson (15) (16). His comprehensive treatment of the setting and definition of the problem is extremely valuable. In particular, Salveson suggests that lines with relatively few precedence constraints might best be handled by one method and those with many constraints by some other method. He stresses the need for providing several balances, so that things that are

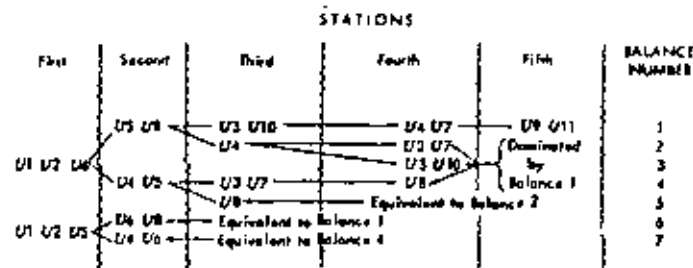
difficult to get into the problem statement can be considered. For example, some tasks may require a more highly skilled (and paid) worker, and a balance that puts all these tasks at one station rather than two can afford to have slightly higher cycle time.

The main formal solution method Salveson proposes is a linear programming (*LP*) model. This formulation allows tasks to be split among stations, and integer *LP* is required to assure that each task is assigned to only one station. Bowman (2) presents two separate integer *LP* models, one of which is improved upon by White (22). The first model requires about 50 equations and 66 variables for our eleven-task example, while the second needs about 100 equations and 43 variables. Things do not get better as the assembly line gets bigger, so this approach seems to be of cultural rather than practical interest, no matter how fast the integer *LP* algorithm of the future is.

JACKSON

In 1956, Jackson presented a method for obtaining balances that minimize the number of stations for a given cycle time (10). The idea is simple: construct all feasible first work stations; then for each such first work station, construct all feasible second work stations; for each first-second combination, construct all feasible third stations, and so forth. At some point, say, after the k th stations are constructed, it will be found that one or more of the balances have assigned all the tasks; therefore, these balances minimize the number of work stations for the given cycle time. Jackson's dominance arguments, given previously, can be used to eliminate a great many balances, with the assurance that the method will yield at least one of the balances with the minimum number of work stations. The entire computation (making use of dominance) needed to solve our example line for cycle time 10 is shown in Figure 3.

FIGURE 3



It is obvious that our 756 feasible sequence example has been greatly reduced. However, dominance has been used and sequences eliminated by looking at more than one station at a time. Even for hand calculation one might not normally see all the duplicates and dominance, so the solution given overstates the economy of this method. For large lines, where one would like to have computers do the balancing, another difficulty arises. It is not too hard for people to understand the use of dominance and to discard duplicates, but getting a computer to do so efficiently is another story. The problem will be easier for the computer if checks for duplicates and dominance are restricted to the station currently being constructed. In this event, balances 5, 6, and 7 would not have been dropped; instead the calculations would have continued and spread out for them. Also balances 2, 3, and 4 would not have been dropped as dominated. Therefore, more balances are carried along at each stage.

In conclusion, Jackson's method is excellent for hand calculations; up to thirty tasks, perhaps more. For computer calculation, the choice is essentially between making use of all the dominance and duplication results, which increases running time, and not doing so, which requires great amounts of storage. Tonge (17) (18) has imbedded Jackson's method in his procedure. It is illuminating to note that Tonge's program had to execute 389,000 instructions to balance our eleven-task line. Although other programs of Jackson's method probably exist, the author does

not know of any published data on the number of tasks handled or speed of execution.

HELD, KARP, AND SHARSHIAN

Held, Karp, and Sharseshian offer a method which will also yield balances with minimum number of work stations given cycle time (5). Before presenting their method, a few definitions are required. A *feasible subset* is a subset of the N tasks that can be executed in some order without any other tasks being done. In our example $\{U3, U4, U7\}$ is *not* a feasible subset because $U1$ must be done before $U3$, and $U5$ must be done before $U7$ and neither $U1$ nor $U5$ is in the subset. A *feasible subsequence* is a subsequence of the N tasks that can be executed in the indicated order without any other tasks being done. There is a correspondence between feasible subsets and feasible subsequences: $\{U1, U2, U3\}$ is a feasible subset while $\{U1-U2-U3\}$ and $\{U1-U3-U2\}$ and its associated feasible subsequences. The "cost" of a feasible subsequence is the number of filled-up stations it requires plus the time in the last station. The cost of a feasible subset is the minimum of the costs of its associated feasible subsequences. For cycle time 10 in our example, the cost of $\{U1-U2-U3\}$ is one full station (for $U1$ and $U2$) plus 5 minutes (for $U3$) and the cost for $\{U1-U3-U2\}$ is one full station (for $U1$) plus 7 minutes (for $U3$ and $U2$). Therefore the cost of subset $\{U1, U2, U3\}$ is minimum (1 station + 5 minutes, 1 station + 7 minutes) or 1 station + 5 minutes.

The following relationship is the heart of the technique:

$$\begin{aligned} & \text{Cost of sequence } (U_a - \dots - U_i - U_j) \\ & = \text{Cost of sequence } (U_a - \dots - U_i) + \Delta(U_j) \end{aligned}$$

where

$$\begin{aligned} \Delta(U_j) &= t_j \text{ if } U_j \text{ fits in the last station of} \\ & \quad (U_a - \dots - U_i) \\ &= t_j \text{ in the next station + idle time in} \\ & \quad \text{the last station of } (U_a - \dots - U_i) \\ & \quad \text{if } U_j \text{ does not fit.} \end{aligned}$$

Therefore, for a subset S ,

$$\begin{aligned} & \text{Cost of } \{S\} \\ &= \text{Minimum over all } U_i \text{ such that} \\ & \quad \{ \text{Cost of } \{S - U_i\} + \Delta(U_i) \mid S - U_i \} \\ & \quad \text{is feasible.} \end{aligned}$$

This relationship is used recursively to get the costs of the subsets with two tasks from those with one, then the costs of the subsets with three tasks from those with two, and so on, until the cost of the entire N task line is obtained. This is the minimum cost of the line, since the N task (sub)set has all the feasible (sub)sequences associated with it.

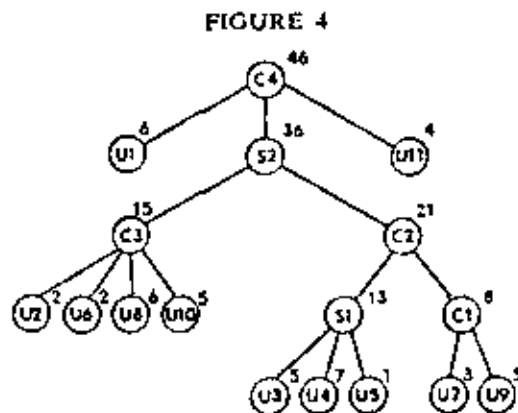
The advantage of this calculation is that only the feasible subsets and their costs must be saved. For our eleven-task example there are 50 feasible subsets (compared to 756 feasible sequences). The authors of (5) have developed methods for counting the number of feasible subsets, enabling them to predict storage capacity required. They have programmed the calculation process for the IBM 7090. The program balances a 36 task line in 20 seconds. For larger lines, the number of feasible subsets exceeds storage limitations, and an approximation is necessary. In their approximation, the authors of (5) break the set of N tasks into small groups of tasks. These groups replace the individual tasks in their recursive relationship. Experimentation has yielded rules for breaking the tasks up into groups that are satisfactory in the sense that the resulting balances have low idle time. To give an idea of problem size and speed, the approximation has balanced a 180 task line in 5 to 7

minutes and a 612 task line in 24 to 30 minutes on the IBM 7090.

TONGE

F. M. Tonge has developed a heuristic program for assembly line balancing (17) (18). As before, definitions and an example lead off the discussion. A *chain* is a group of tasks, having the same tasks as predecessors and the same followers, that must be performed in the indicated order. In our example, $U7 \rightarrow U9$ is a chain, call it $C1$. A *set* is a group of tasks, having the same predecessors and followers, that can be performed in any order. In our example, $U3, U4$, and $U5$ form a set, call it $S1$. This can be continued— $S1 \rightarrow C1$ is a chain, call it $C2$. In fact, our example line can be reduced to a chain. (Lines with more complex precedence relations require the definitions of more complex groups to complement the chain and the set.) This idea is Phase I of Tonge's procedure; the calculation is completed below.

$U2 \rightarrow U6 \rightarrow U8 \rightarrow U10$ is a chain, call it $C3$. $C2$ and $C3$ form a set, call it $S2$. Then $U1 \rightarrow S2 \rightarrow U11$ is a chain, call it $C4$. The resulting "tree" is shown in Figure 4.



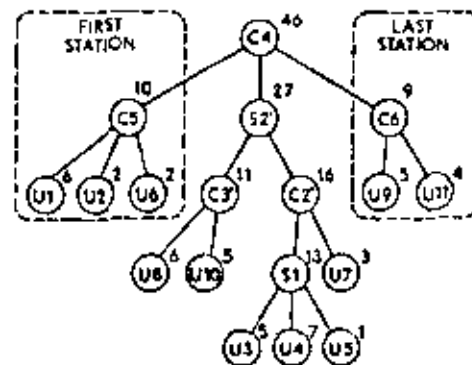
The numbers to the northeast indicate the performance time for each group. Note that the precedence relations are here; the groups that make up a chain must be performed in order from left to right. For example, $S1$ is to the left of $C1$ and both are in chain $C2$, so $S1$ must precede $C1$.

To begin Phase II, a cycle time is necessary. Starting with the lower bound on the number of stations that is implied by the cycle time, the procedure tries to assign all the tasks to that number of stations. If it fails, then another station is added, and the process is repeated. There are 5 heuristics (rules of thumb) used by the procedure in trying to assign tasks to stations. Tasks are switched between groups in the process. The procedure includes rules for deciding, as it goes along, which group to work on next and in what order to try the heuristics. For $C = 10$, implying 5 or more stations, the tree might be attacked as follows.

Start at the top. C_4 is a chain, and is started from the front. U_1 requires 6 minutes, so there are 4 left. S_2 is too big, so its components, C_2 and C_3 , are examined. They are also too big. Arbitrarily, the choice is to try the components of C_3 first, and it is found that U_2 and U_6 fill up the first station. Now the attack is from the rear, and tasks are assigned to the last station. Working from the back of C_4 , U_{11} is inserted. Again the components of S_2 are examined; this time C_2 is tried first. Since C_2 is a chain, C_1 must be tried first. Working from the back of C_1 , U_9 is assigned, leaving 1 free minute in the station. U_7 will not fit. Going back up the tree, S_1 cannot be examined since C_1 is not completely assigned. C_3 is tried since S_2 is a set. U_{10} is too big. Therefore, at this point, the last station consists of U_9 and U_{11} . In the process the tree has been restructured, and the new tree appears as Figure 5. Now one would attempt to assign the tasks in S_2' to the three remaining men.

Once a balance is obtained, Phase III begins. Here heuristics are employed to try to rearrange the tasks among stations to lower cycle time. This is one of the only published instances where an attempt has been made to minimize cycle time directly. Phase III had not been programmed when Tonge wrote his article, so comment on how well it works is impossible.

FIGURE 5



Phases I and II have been programmed in IPL-IV (a list processing language) for the JOHNNIAC computer at The Rand Corporation. This computer is relatively slow; it took 11 minutes to solve our eleven-task example and 5 hours for a 70 task line. Tonge estimates that the 70 task problem would take about 10 minutes on the IBM 7090. An advantage of this method is that the tree resulting from the calculations for one cycle time can be used as input for balancing for another cycle time, saving time in the second calculation.

ARCUS

In the technique developed by Arcus, the essential idea is the random generating of a feasible sequence (1). In our example, U_1 must be first, but U_2 or U_3 or U_4 or U_5 could be next. Suppose probability $\frac{1}{4}$ is assigned to each of these tasks and one is selected at random, say U_5 . Then U_2 or U_3 or U_4 can be next, and probability $\frac{1}{3}$ might be assigned to each of them, and so on, until an entire sequence is generated. As each sequence is generated, the tasks can be assigned to work stations. Arcus's method consists of generating a large number of sequences in this way and choosing the one that gives the fewest stations.

Arcus first proceeds by assigning, at each stage, equal probability to all the tasks that could come next. Then, judging on the basis of the yield of good balances, he explores other methods for weighting

the tasks. Not surprisingly (in view of Jackson's results) he finds that putting all the weight to those tasks that will fit into the current station pays off handsomely. For cycle time 10 in our example, after $U1$ has been assigned, all the weight goes on $U2$ and $U5$ because either will fit in the first station while neither $U3$ nor $U4$ will.

Still restricting attention to those tasks that will fit, but weighting them unequally rather than equally, can yield marginally better balances for the lines with which Arcus experimented. Arcus's best heuristic weights each task that will fit in inverse proportion to the number of places it can go in the sequence. For example, with $U1$ assigned to the first station and $C = 10$, $U2$ or $U5$ will fit. Now $U6$, $U8$, $U10$, and $U11$ must follow $U2$, so $U2$ cannot be eighth or later in the sequence. Therefore, at this stage, it can be second or . . . or seventh; that is, in any one of six slots. Similarly, $U5$ can be in any one of seven slots. So $U2$ will get higher weight than $U5$, in ratio 7 : 6. Therefore, probability $7/13$ would be assigned to choosing $U2$ and $6/13$ to choosing $U5$.

Arcus's computer program stops after generating 1,000 sequences, this part of the program taking from 5 to 8 minutes on the IBM 7090 for Tonge's 70 task line. Out of the 1,000, it obtained 75 to 150 that gave 23 station balances (depending on which heuristic was used), and, for the heuristic just outlined, 4 that gave 22 station balances. Tonge obtained a 23 station balance for this same problem. Arcus estimates that the whole program would take 30 minutes for 1,000 sequences for this 70 task line.

One would like to know if the weighting scheme that gave the best yield of good balances for Arcus's examples will do so for other lines. The answer is no; for our eleven-task line and cycle time 10, equal weighting of those tasks that will fit is better. To be specific, it can be verified that the probability of generating a five-station balance if, at each stage, all the tasks that will fit are weighted equally is $1/9$ or 0.111.

The probability of generating a five-station balance by weighting each of the tasks that could fit in inverse proportion to the number of places it could go in the sequence is about 0.091.

It should be pointed out that this method of generating permits the same sequence to be generated more than once. There will be little duplication, however, if the ratio of the number of distinct feasible sequences associated with the line to the number actually generated is large. Since large lines have an extremely large number of feasible sequences, this condition is assured. For a ratio as low as 10, on the average 95% of the sequences will be distinct. In other words, if there are 10,000 feasible sequences in which the tasks can be executed and 1,000 are generated using Arcus's techniques, one can expect to get about 950 different sequences from the 1,000.²

A more important consideration is the duplication in the balances that will be obtained. Feasible sequences are generated, and even if there is little duplication of sequences, there will be considerable duplication of balances, since many distinct sequences will yield only one balance. Although Jackson (10) and Held, Karp, and Sharehian (5) avoid this problem, there is more "bookkeeping" involved with each of their methods. In a sense, the choice is between speed and selectivity.

KILBRIDGE AND WESTER

A heuristic technique for assembly line balancing has been presented by Kilbridge and Wester in three articles. In (20) they review analytical systems of line balancing, and they stress also points about zoning that they first brought up in (19). In (19), they also discuss how to choose cycle times when zoning or "must do" tasks break the line into a sequence of independent sublines.

In their first article (11), Kilbridge and Wester offer a heuristic technique for

² Duplication is equivalent to unfilled cells in the "occupancy" problem. See reference [3].

balancing assembly lines. Their setup requires the addition of column labels to the directed graph. For our example, the column label 1 would be put above U_1 , the label 2 above U_2 , the label 3 above U_6, \dots , and the label 6 above U_{11} . The basic ideas are:

1. The order in which tasks in the same column are performed is a matter of indifference.
2. Tasks can be moved between columns.

To illustrate the latter, U_9 could be in column 5 just as easily as in column 4. For computation purposes, the information on the directed graph is tabulated in Table 1.

columns 1, 2, and 3. This leaves three tasks, totaling 14 minutes in the third station. For three stations, C cannot be reduced to 15, since $3 \times 15 = 45 < 46$. So a minimum cycle time balance for three stations has been obtained with very little effort.

Then, $C = 10$ is tried. If U_2 and U_5 are added to column 1, one can get 9 minutes in the first station. U_3 and U_4 are left in column 2; they will not both fit into one station, so U_3 is moved to column 3 (and U_7 to 4, U_9 to 5). Then U_4 and U_6 can be in the second station, and U_3 and U_7 in the third. This leaves U_8, U_9, U_{10} , and U_{11} ; and it will take three more stations since U_9 is now in column 5. Consequently, at this point there are six stations. One can try again, moving different jobs between

TABLE 1

Column	Task	Columns Task Can Move to	t_i	Cumulative
1	U_1		6	6
2	U_2		2	
	U_3	can go to column 3 if U_7 and U_9 move to 4 and 5	5	
	U_4		7	
	U_5		1	21
3	U_6		2	
	U_7	can go to column 4 if U_9 moves to 5	3	26
4	U_8		6	
	U_9	can go to column 5	5	37
5	U_{10}		5	42
6	U_{11}		4	46

First, the technique will be used to balance the line for $C = 23$. One looks down the cumulative t_i column and sees that 21 minutes are used for tasks in columns 1 and 2. If U_6 from column 3 is added, one gets 23 minutes; this leaves 23 minutes in the second station. Thus, a zero idle time balance is derived almost effortlessly.

Now try $C = 16$. Again observe that cumulative t_i is 21 for columns 1 and 2. If U_3 is removed, one gets a first station with $21 - 5 = 16$ minutes of work. This means that the first and second together must have 32 or less. It is seen that one can get 32 exactly by adding U_8 to

columns this time. However, in order to get the five station balances which are known to exist, some "dummy" columns would have to be added. Three dummy columns are needed to allow U_4 to be moved into the same column U_{10} so that U_{10} can precede it.

What this exercise has hopefully illustrated is that Kilbridge and Wester have a simple, powerful technique for large cycle times, when one station crosses several columns. However, for low cycle times, where one column may require two or more stations, much adjustment is necessary, with no guarantee of good results. The technique loses some of its attractive-

ness in these cases. This seems to confirm Salveson's hypothesis that different methods work in different situations. One can also observe that if the cumulative t_i figures are placed on the directed graph at the bottom of each column, there is little need for the table, since the computation can be made on the graph itself.

HOFFMAN

The work of Hoffman begins with the precedence matrix, whose elements give the same information as the arrows on the directed graph (7) (8). The precedence matrix for our example line appears in Table 2.

TABLE 2

	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10	U11
U1		1	1	1	1						
U2						1					
U3							1				
U4							1				
U5							1				
U6								1			
U7									1		
U8										1	
U9											1
U10											1
U11											

The matrix is constructed as follows: For each arrow on the directed graph, enter a 1 in the cell corresponding to the row of the task that precedes and the column of the task that follows. The 1 in row 1 column 2 means $U1 \rightarrow U2$. Call this matrix X ; let $S = X + X^2 + X^3 + \dots + X^N$. The elements of S are the number of paths from the task in the row to the task in the column. In (7) Hoffman shows how

simple operations on S yield all feasible sequences. Computer programs that will rapidly obtain S for up to a 75 task line are given.

In (8) Hoffman suggests the "successive maximum elemental time" method. The procedure is this: Select as the first station that feasible subset of tasks that leaves the least idle time in the station; then select from the remaining tasks the subset that leaves the least idle time in the second station, and so on. If there are "ties" at any station, apparently both sets are kept, so several different balances can result.

For our example line and $C = 10$, $\{U1, U2, U6\}$ is the only feasible set of tasks that fills up the first station. From the remaining tasks, $\{U4, U5\}$ take 8 minutes, more than any other set of tasks that can go second, so they comprise the second station. Continuing until all tasks are assigned, one gets:

$$U1 \ U2 \ U6 \ | \ U4 \ U5 \ | \ U3 \ U7 \ | \ U8 \ U9 \ U10 \ | \ U11$$

which has six stations.

Hoffman also proposes backward balancing [first suggested by Helgeson and Birnie (6)], that is, turning all the arrows on the directed graph around and balancing from right to left. It is not hard to see that the resulting problem is equivalent to the original one, and solving it by his method, one gets:

$$U11 \ U9 \ | \ U7 \ U4 \ | \ U10 \ U3 \ | \ U8 \ U6 \ U2 \ | \ U5 \ U1$$

$$U11 \ U10 \ | \ U8 \ U6 \ U2 \ | \ U9 \ U7 \ | \ U3 \ U4 \ | \ U5 \ U1.$$

The first of these has five stations, so backward balancing with Hoffman's method yields an optimal balance in this example.

From a computer programming point of view, the foregoing description of the procedure is not sufficient. A method for finding that subset of the remaining tasks that has the least idle time at the current station is necessary. Simple operations on the S matrix will do this job, and Hoffman has developed a FORTRAN program for executing the algorithm. This program is included in (8). It can handle lines with up to 99 tasks, and has balanced 19 to 76 task

lines in 3 to 10 minutes on the CDC 1604 (corresponding to perhaps 2 to 8 minutes on the IBM 7090).

HELGESON AND BIRNIE

A heuristic technique, the ranked positional weight method, has been developed by Helgeson and Birnie (6). The *positional weight* of a task is its t_i plus the t_i 's of all the other tasks which must follow it. After calculating the positional weights, the tasks are ranked, the task with the largest weight coming first.

Task	U1	U2	U4	U3	U6	U8	U5	U7	U9	U10	U11
Positional Weight ...	46	19	19	17	17	15	13	12	9	9	4
Immediate Preceders .	—	U1	U1	U1	U2	U6	U1	U3, U4, U5	U7	U8	U9, U10

Once again, our example will be balanced for $C = 10$. One proceeds to assign tasks to stations, going in the order of the ranking. If a task takes longer than the time remaining in the station or would violate precedence or zoning, it is passed over and the next task is tried. This process is continued until no further tasks can be assigned to the station. At this point, the next station is started, beginning with the first of the tasks passed over at the preceding station. The resulting balance is

$$U1 \ U2 \ U6 \ | \ U4 \ U5 \ | \ U3 \ U7 \ | \ U8 \ | \ U9 \ U10 \ | \ U11,$$

which requires six work stations.

To give two balances to choose from, Helgeson and Birnie introduce the idea of inverse positional weight, which is the ranked positional weight of the backward balancing problem. If one turns the arrows around, calculates positional weights, and balances from right to left, the following is obtained:

$$U11 \ U9 \ | \ U7 \ U10 \ U5 \ | \ U8 \ U6 \ U2 \ | \ U4 \ | \ U3 \ | \ U1$$

which also requires six work stations.

In evaluating this method, it must be realized that examination and improvement by an experienced engineer or technician is an integral part of the method. The

method's advantage is that the engineer is provided very quickly with a decent balance to work on. The amount of work required to get this preliminary balance does not increase boundlessly with the number of tasks. On the other hand, it is hard to say how good the resulting balance will be. For our example, it does not seem likely that either preliminary balance would open the door to a five-station balance.

MANSOOR

A refinement of the ranked positional

weight (RPW) method is suggested by Mansoor (13). He describes one way in which an experienced engineer might handle the output of the Helgeson and Birnie procedure. Mansoor's key idea is keeping track of total idle time as the RPW method is applied. When the total idle time in the stations assigned so far exceeds $(C \times \text{desired number of stations}) - \sum t_i$, he backtracks, removing from the current stations some of the tasks that have already been assigned. He suggests first removing the last task assigned, and trying RPW from this point (excluding the removed task from being the first one assigned, of course). He recommends continuing the backtracking until either a balance with the desired number of stations is found or, after all possibilities have been examined, no such balance is found. (If no balance is found, then at least one more station or a higher cycle time is needed.)

If Mansoor's procedure is followed, an optimal balance is guaranteed, as he claims; but the amount of work required may be quite large. Every time a task with low positional weight must be ahead of a large number of tasks with higher weights in an optimal balance, it may take a lot of backtracking to get it assigned ahead of them.

For example, in our line for $C = 10$, we know that a five-station balance exists. The allowable slack is $5 \times 10 - 46 = 4$ man-minutes. Mansoor's method would flag the RPW calculation in the fourth station. To get an optimal balance, U_8 , which is currently in the fourth station, must be moved up to the second station. This takes a fair amount of work even in this case. Therefore, it is not clear that Mansoor's method is practical for large lines. However, the idea of flagging the RPW method when idle time gets too large is very appealing, and selective (as opposed to exhaustive) application of backtracking may be very effective.

MOODIE AND YOUNG

Moodie and Young have developed a two-phase heuristic procedure for balancing lines (14). In the first phase, a preliminary balance is obtained using the "largest candidate rule": Construct work stations sequentially by, at each stage, selecting from those tasks that are feasible and will fit in the current station, the one with the largest performance time. In our example problem with $C = 11$, this phase yields the following five-station balance:

$U_1 | U_3 | U_4 U_2 U_6 | U_8 U_{10} | U_5 U_7 U_9 | U_{11}$.

For example, U_3 , U_4 , U_5 , or U_8 could be the first task assigned to the second station. U_4 is chosen because t_4 is the largest of the four performance times.

In the second phase, as in Tonge's phase III, heuristics are used to shift tasks between stations in an attempt to reduce idle time.³ The heuristics prescribe a series of trades of single elements between stations, with each trade reducing, or at least not increasing, cycle time. In our example, this procedure will not transform the preliminary balance into one with cycle time of 10.

³ Actually, they define the "smoothness index" and try to minimize it. However, idle time seems superior, since the two measures are roughly equivalent and smoothness does not have the cost interpretation that idle time has.

Moodie and Young's procedure allows task performance times to be variable. They assume that the times for the N tasks are independent, normally distributed random variables with known means and variances. The criterion for a station being filled up becomes "the probability that the sum of the performance times of the tasks in that station be greater than cycle time is less than (say) 2%." The second phase now also attempts to equalize the variances between stations. This is a step in the right direction, although the question of what the allowable probability ought to be, and whether it ought to be the same for all stations is not considered.

Moodie and Young have used the method by hand for small problems and have written a FORTRAN program for larger lines. The program has balanced 21-70 task lines, with and without variable performance times, in 1-2 minutes on the IBM 7090. They observe that keeping the precedence information essentially in list form (as Arcus and others do) rather than as a precedence matrix reduces the computer memory required for large lines.

KLEIN

Klein presents a procedure for problems where the feasible sequences are given (say by Hoffman) and the T_i are integers (enabling one to look only at integer cycle times) (12). For each feasible sequence, a minimum idle time balance is obtained, and the best of these balances is selected. Since this method considers all the feasible sequences, it merits consideration only for small lines.

HU

Hu has developed an algorithm for assigning tasks to workers when only one workpiece can be in process at any time (9). There can be no comparison with the methods that have already been discussed, since they assume that several pieces will be in process simultaneously.

SUMMARY OF METHODS

<i>METHOD</i>	<i>CHARACTERISTICS</i> (Exact if a balance with the minimum number of stations is guaranteed, otherwise approximate; a short description; applicability).
<i>Arcus</i>	Approximate; generates undominated feasible sequences randomly; 1000 sequences for 70 task line in 30 minutes on IBM 7090 (estimated).
<i>Held, Karp and Shareshian</i>	I: exact; dynamic programming with feasible subsets; balanced 36 task line in 20 seconds on IBM 7090; can handle up to 36 tasks. II: approximate; as I, but uses groups of tasks rather than individual tasks; balanced 180 task line in 5-7 minutes, 612 task line in 24-30 minutes on IBM 7090.
<i>Helgeson and Birnie</i> (Ranked Positional Weight)	Approximate; ranks the tasks, assigns to stations in ranked order, as far as possible; programmed for computer, but can be done by hand; should give a balance for an engineer to improve faster than any of the other methods.
<i>Hoffman</i> (Successive Maximum Elemental Time)	Approximate; obtains first station with minimum idle time, adds minimum idle time second station, etc.; balanced 19-76 task lines in 3-10 minutes on CDC 1604 (probably 2-8 minutes on IBM 7090); can handle up to 99 tasks.
<i>Jackson</i>	Exact; generates all undominated feasible balances; programmed in Tonge's procedure and probably elsewhere; good for hand computation for relatively small lines.
<i>Kilbridge and Wester</i>	Approximate; trial and error assignment of tasks to stations; for hand calculation, especially when number of tasks per station is large.
<i>Mansoor</i>	Exact or approximate; flags the ranked positional weight method when idle time gets too high, then backtracks; for hand cal-

culations; exact if all backtracking is done, perhaps better if backtrack selectively.

Moodie and Young

Approximate; phase 1 assigns longest of those tasks that will fit to current station, phase 2 rearranges tasks between stations; allows variable performance times; balanced 21-70 task lines in 1-2 minutes on IBM 7090; hand computation possible for smaller lines.

Tonge

Approximate; structures line as a tree, applies 5 heuristics to it; balanced 70 task line in 3-5 hours on JOHNNIAC (estimated 10 minutes on IBM 7090); Phase III tries to directly minimize cycle time for a given number of stations.

WHERE DO WE GO FROM HERE?

From the point of view of the practical value of further research, "the" assembly line balancing problem—the one posed up to now—is solved. A number of good solutions to it are available. However, real assembly lines differ significantly from "the" problem, and research into methods for handling these complications could yield results that would be of great value to people who actually balance lines.

The problem of defining tasks, precedence relations, and zoning constraints has been discussed previously, as has the problem of the more highly paid worker. One significant consideration that has not been touched on yet is that of *product mix*. A good example is the automobile assembly line, where different models will require different amounts of work at some of the work stations. In (21), Kilbridge and Wester have discussed some aspects of this problem.

Another problem is associated with the assumption of constant performance times. *Performance times are usually variable*, and this has an effect on the line's operation. In fact, if a man at the beginning of the line does not finish a workpiece, then no one

after him can work on it. If he stays with it after the cycle time is up, then the man after him is under pressure to work faster than usual to gain back the time. If he does not, the problem is passed on to the next man. On the other hand, if a man near the end of the line is late, the consequences are less disturbing, since fewer people follow him. Therefore, it may be desirable to assign work more loosely at the beginning of the line and/or keep inventory between stations in order to absorb the effects of variable performance times. A start on this problem has been made by Moodie and Young (14).

What about the manager who says "Why bother with fancy methods when we can't assign more than 90% of the cycle time to any worker anyway?" This statement really does not argue against better balances: a 90%, 90%, 90% balance is still better than an 85%, 85%, 90%. However, the fact that a line with quite a bit of idle time on the basis of standard performance times will look better when matched up with men of unequal ability is interesting. Suppose the abilities of the men who will work on the line are known. If the men are considered in some fixed order, then any of the methods that have been discussed can be used if cycle time is changed at each station to fit the man who will be working there. If it is also desirable to find the best order for the men to be in, there are (number of men)! different problems to solve.

Some of these problems may yield to theoretical analytical attack. Regardless of whether they do or not, real data case studies are necessary. These would indicate just how significant some of the problems are, and whether or not they occur in combination. Perhaps in automobile assembly lines, the product mix problem dominates everything else, while in the assembly of electronic equipment, the variable performance time might be dominant. Knowing whether these problems occur together is important, because analyzing them separately is not sufficient if they do. Using the "sum" of the results obtained by analyzing each problem separately as the procedure

for the combined problem can be a dangerous pastime.

Case studies may also reveal that some of these problems can be taken care of effectively by using one of the methods already discussed, if some rule of thumb is also used. For example, a rule such as "balance as if men were of equal ability, but put the faster men near the beginning of the line" might take care of both variable performance times and men of unequal ability in many cases.

REFERENCES

1. ARCUS, A. L. "Assembly Line Balancing by Computer," Graduate School of Business, University of California, Berkeley, July, 1962.
2. BOWMAN, E. H. "Assembly Line Balancing by Linear Programming," *Operations Research*, Vol. 8, No. 3 (May-June, 1960), pp. 385-89.
3. FELLER, W. *An Introduction to Probability Theory and Its Applications*, Vol. I, 2d ed.; New York: John Wiley & Sons, Inc., 1957, pp. 91-95.
4. HART, L. W., JR. "Activity Sequencing—A Bibliography," *Journal of Industrial Engineering*, Vol. 14, No. 4 (July-August, 1963), pp. 220-23.
5. HELD, M., KARP, R. M., and SHARSHIAN, R. "Assembly Line Balancing—Dynamic Programming with Precedence Constraints," *Operations Research*, Vol. 11, No. 3 (May-June, 1963), pp. 442-59.
6. HELGESON, W. P., and BIRNIE, D. P. "Assembly Line Balancing Using the Ranked Positional Weight Technique," *Journal of Industrial Engineering*, Vol. 12, No. 6 (November-December, 1961), pp. 394-98.
7. HOFFMAN, T. R. "Generation of Permutations and Combinations," Engineering Experiment Station Report No. 13, University of Wisconsin, Madison, July, 1959.
8. HOFFMAN, T. R. "Assembly Line Balancing with a Precedence Matrix," *Management Science*, Vol. 9, No. 4 (July, 1963), pp. 551-63.
9. HU, T. C. "Parallel Sequencing and Assembly Line Problems," *Operations*

- Research*, Vol. 9, No. 6 (November-December, 1961), pp. 841-48.
10. JACKSON, J. R. "A Computing Procedure for a Line Balancing Problem," *Management Science*, Vol. 2, No. 3 (April, 1956), pp. 261-71.
 11. KILBRIDGE, M. D., and WESTER, L. "A Heuristic Method of Assembly Line Balancing," *Journal of Industrial Engineering*, Vol. 12, No. 4 (July-August, 1961), pp. 292-98.
 12. KLEIN, M. "On Assembly Line Balancing," *Operations Research*, Vol. 11, No. 2 (March-April, 1963), pp. 274-81.
 13. MANSOOR, E. M. "Assembly Line Balancing—An Improvement on the Ranked Positional Weight Technique," *Journal of Industrial Engineering*, Vol. 15, No. 2 (March-April, 1964), pp. 73-77.
 14. MOODIE, C. L., and YOUNG, H. H. "A Heuristic Method of Assembly Line Balancing for Assumptions of Constant or Variable Work Element Times," *Journal of Industrial Engineering*, Vol. 16, No. 1 (January-February, 1965), pp. 23-29.
 15. SALVESON, M. E. "The Assembly Line Balancing Problem," *Transactions of the ASME*, Vol. 77 (August, 1955), pp. 939-48.
 16. SALVESON, M. E. "The Assembly Line Balancing Problem," *Journal of Industrial Engineering*, Vol. 6, No. 3 (May-June, 1955), pp. 18-25.
 17. TONGE, F. M. "Summary of Heuristic Line Balancing Procedure," *Management Science*, Vol. 7, No. 1 (October, 1960), pp. 21-42.
 18. TONGE, F. M. *A Heuristic Program for Assembly Line Balancing*, Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, Inc., 1961.
 19. WESTER, L., and KILBRIDGE, M. D. "Heuristic Line Balancing—A Case," *Journal of Industrial Engineering*, Volume 13, Number 3, May-June, 1962, pp. 139-49.
 20. WESTER, L., and KILBRIDGE, M. D. "A Review of Analytical Systems of Line Balancing," *Operations Research*, Vol. 10, No. 5 (September-October, 1962), pp. 626-38.
 21. WESTER, L., and KILBRIDGE, M. D. "The Assembly Line Model-Mix Sequencing Problem," *Proceedings of the Third International Conference on Operational Research*, Dunod, Paris, 1964, pp. 247-60.
 22. WHITE, W. W. "Comments on a Paper by Bowman," *Operations Research*, Vol. 9, No. 2 (March-April, 1961), pp. 274-76.

16

An economic model for the division of labor*

MAURICE KILBRIDGE and LEON WESTER

THE industrial or technical division of labor, as distinguished from the social division of labor, is the rational division of work among persons and machines within a particular enterprise. It has as its object an increase in the productivity of labor and machines, and its extent at any time and place is a function of the extent and stability

of the market, the product, and methods employed.

Although the technical division of labor is the most obvious characteristic of the modern factory system, it is an ancient and natural phenomenon that far predates the industrial revolution. The great ancient civilizations of the Mediterranean world fostered factory systems for the mass production of some consumer goods in which extensive division of labor was undoubtedly practiced. Xenophon provides evidence of

* Maurice Kilbridge, and Leon Wester, "An Economic Model for the Division of Labor," *Management Science*, Vol. 12, No. 6 (February, 1966), pp. B255-B269.





centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de Ingeniería, unam



PLANEACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION

BALANCEO DE LINEAS

ING. ROBERTO HOLANDA

JULIO, 1979.

ING. ROBERTO HOLANDA.

BALANCEO DE LINEAS: METODO DE HELGESON Y BIRNIE.

EL PROBLEMA CONSISTE EN BALANCEAR LA LINEA EN SEIS ESTACIONES.

PRIMERAMENTE SE OBTIENE UNA SECUENCIA DE OPERACIONES, DE TAL FORMA QUE LA PRIMERA SEA RESPONSABLE DEL MAYOR NUMERO DE TIEMPO, LA SEGUNDA LA QUE LE SIGA EN ESTA CIRCUNSTANCIA Y ASI SUCESIVAMENTE.

ES DECIR:

$$PW_j = \sum t_i \text{ QUE DEPENDAN DE LA OPERACION (INCLUYENDO j)}$$

DE ESTA FORMA SE TABULA Y SE PROCEDE DE LA SIGUIENTE FORMA:

PROCEDIMIENTO:

1. ASIGNAR LA OPERACION PW_1 A LA ESTACION 1
2. CALCULAR EL TIEMPO RESTANTE DEL CICLO
3. ASIGNAR LA OPERACION PW_2 A LA ESTACION 1, SIEMPRE Y CUANDO SE SATISFAGAN LAS SIGUIENTES CONDICIONES:

a) LA OPERACION QUE PRECEDE INMEDIATAMENTE A LA QUE SE QUIERE ASIGNAR HAYA SIDO PREVIAMENTE ASIGNADA.

b) QUE CUMPLA CON:

$$t_i \leq [T_{\text{CICLO}} - \sum t \text{ ASIGNADAS A ESA ESTACION}]$$

SI NO SE CUMPLE CON CUALQUIERA DE LAS CONDICIONES SEÑALADAS, TOMA EL SIGUIENTE PW Y PRUEBE SI LAS SATISFACE.

*NOTA: EN EL CASO DE QUE SE QUIERA ASIGNAR AJUSTADAMENTE, HAY QUE PROBAR CON TODAS LAS COMBINACIONES POSIBLES QUE CUMPLAN CON ESTO, Y SE TOMA LA QUE NOS DA EL MENOR TIEMPO RESTANTE (TIEMPO RESTANTE = $T_{\text{CICLO}} - \sum t \text{ ASIGNADAS}$).

4. CUANDO NINGUNA DE LAS PW NO ASIGNADAS SATISFACE LAS CONDICIONES MENCIONADAS, ABRA LA ESTACION 2 Y REPITA LOS PASOS 2, 3 Y 4.

EN LA SIGUIENTE HOJA SE DA LA TABLA DE SECUENCIAS.

SECUENCIA	OPERACION	TIEMPO INDICADO	PESO (Pw)	PRECEDENCIA INMEDIATA	PESO #
1	12	11	399	—	32
2	11	10	388	—	30
3	13	6	378	11, 12	29
4	15	11	281	13	17
5	1	9	272	—	25
6	2	9	272	—	25
7	7	13	236	1	22
8	8	13	236	2	22
9	16	19	211	15	15
10	14	22	203	7, 8, 13	20
11	19	3	195	15	15
12	20	7	192	16, 19	14
13	18	4	151	20	10
14	21	55	147	18	9
15	17	12	135	14	14
16	29	29	117	15	11
17	27	5	117	17	12
18	23	29	115	15	11
19	22	14	92	21	8
20	3	10	90	1	7
21	4	10	90	2	7
22	33	15	88	20, 23, 24, 27	10
23	5	17	80	3	6
24	6	17	80	4	6
25	28	24	78	22, 27	7
26	25	26	69	14	8
27	9	20	63	5, 7	5
28	10	20	63	6, 8	5
29	36	9	63	33	7
30	26	6	60	17, 25	7
31	38	3	57	33	7
32	34	7	54	26, 28, 36, 38	6
33	35	7	54	33	6
34	31	7	50	19	5
35	30	5	48	14	5
36	39	5	48	—	5
37	29	4	47	14	5
38	32	4	47	14	5
39	40	4	47	34, 35	5
40	41	21	43	9, 10, 29, 30, 31, 32, 39, 40	4
41	42	12	22	41	3
42	37	4	10	12	2
43	43	6	6	37	1
44	44	5	5	42	1
45	45	5	5	42	1

DE ESTA FORMA

ESTACION 1

OP	t_i	t_i RESTANTE
		92
12	11	81
11	10	71
13	6	65
15	11	54
1	9	45
2	9	36
7	13	23
8	13	10
3	10	—

ESTACION 2

OP	t_i	t_i RESTANTE
		92
16	19	73
14	22	51
19	3	48
20	7	41
17	12	29
24	29	—

ESTACION 3

OP	t_i	t_i RESTANTE
		92
18	4	88
21	55	33
25	26	7
31	7	—

ESTACION 4

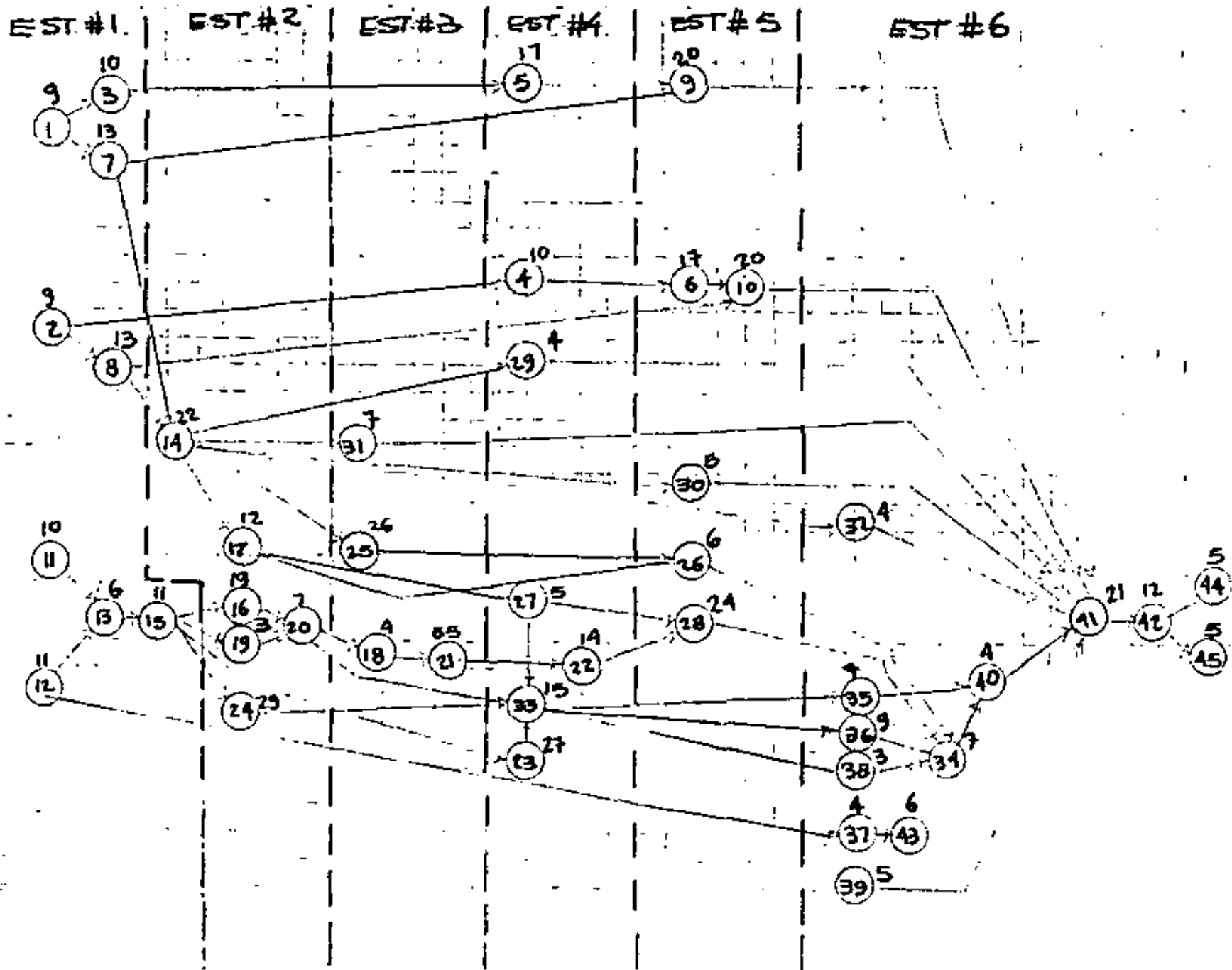
OP	t_i	t_i RESTANTE
		92
27	5	87
23	27	60
22	14	46
4	10	36
33	15	21
5	17	4
29	4	—

ESTACION 5

OP	t_i	t_i RESTANTE
		92
6	17	75
28	24	51
9	20	31
10	20	11
26	6	5
30	5	—

ESTACION 6

OP	t_i	t_i RESTANTE
		92
36	9	83
38	3	80
34	7	73
35	7	66
39	5	61
32	4	57
40	4	53
41	21	32
42	12	20
37	4	16
43	6	10
44	5	5
45	5	—





centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de Ingeniería, unam



PLANEACION Y CONTROL DE LA
PRODUCCION

CONTROL DE PROYECTOS POR
CAMINO CRITICO

ING. ODON DE BUEN LOZANO

MEXICO, D. F.; JUNIO DE 1979.



CONTROL DE PROYECTOS POR CAMINO CRITICO

1.- EL PROYECTO.

El proyecto puede definirse como el conjunto de antecedentes que permite estimar las ventajas y desventajas económicas que se derivan de asignar ciertos recursos de un país o de una empresa estatal o privada, para la producción de determinados bienes o servicios.

La palabra PROYECTO tenía en el pasado un sentido más reducido que el que se le da actualmente. Anteriormente considerábamos como proyecto a un conjunto de diseños únicamente. La influencia de la literatura de habla inglesa que se relaciona con el tema, ha ampliado el significado de la palabra y su sentido actual que sin duda ya ha tomado carta permanente de naturaleza, es el de diseño y desarrollo conjuntos.

Nosotros, aquí, usaremos la palabra Proyecto en su acepción extensa.

Un proyecto está formado por una serie de actividades que se van a ejecutar o se están ejecutando en forma coordinada. La ejecución de las actividades determina la realización escalonada de ciertos eventos.

Los proyectos pueden ser cíclicos, como el de la fabricación en serie de un producto industrial o no cíclicos como la construcción de una nueva fábrica. Los sistemas de dirección de proyectos que vamos a estudiar se aplican básicamente a los proyectos no cíclicos, existiendo otros sistemas más adecuados para controlar los procesos cíclicos.

Algunos de los riesgos y contingencias a que se enfrenta todo proyecto son asegurables; pero no lo son los que derivan de errores de estimación en los varios aspectos que

comprende el estudio del proyecto y que pueden ser de tal cuantía que conduzcan al fracaso.

Indudablemente que al enfrentarse al desarrollo de un proyecto no solo se requiere contar con la decisión para afrontar el riesgo a secas, sino también con un análisis racional de las posibilidades de éxito, basado en los mejores antecedentes y elementos de juicio disponibles.

Un proyecto es normalmente el producto del trabajo conjunto interdisciplinario de profesionales y especialistas de muy diversas ramas. La metodología que aquí vamos a estudiar es especialmente adecuada para lograr la coordinación de los esfuerzos de todos los participantes en un proyecto, con el objeto de alcanzar en forma adecuada las metas comunes.

La planeación de cualquier proyecto, en sus diversas etapas de desarrollo requiere un proceso de aproximaciones sucesivas. Durante el avance del mismo es necesario llevar a cabo un trabajo permanente de planeación y programación que conduzca en todo momento al camino mejor para el éxito del proyecto. Este proceso tiene lugar, en particular, cuando se hacen las revisiones periódicas de la Ruta Crítica, para su actualización.

Como se verá más adelante, el Método del Camino Crítico puede aplicarse a trabajos muy simples o a proyectos sumamente complejos, como son los de instalación, por ejemplo, de un nuevo proyecto industrial, en cuyo caso el procedimiento se puede aplicar, en forma general a la totalidad del proyecto, en sus etapas de: estudio del mercado, tamaño y localización de las instalaciones, ingeniería, inversiones, presupuestos y ordenación de datos para la evaluación, financiamiento y organización, hasta la entrega de los productos al último consumidor.

En el caso anterior el método se aplica a diferentes niveles y requiere la aplicación de un correcto criterio de escala para su utilización, decidiendo cuál es el nivel de detalle más adecuado en cada caso. El éxito de la aplicación del método estriba fundamentalmente en la buena selección por parte de los responsables del trabajo de planeación y programación, de dicho nivel de detalle, ya que un detalle excesivo lo convierte en engorroso y poco manejable y una falta de detalle lo hace inútil.

Por otra parte, desde el punto de vista de la aplicación del Método de Ruta Crítica un proyecto es cualquier tarea que tiene un principio y un fin definibles y que requiere el empleo de uno o de más recursos en cada una de las actividades separadas, pero interrelacionadas e interdependientes, que deben ejecutarse para alcanzar los objetivos para los cuales el proyecto fué instituído. (Definición de R.L. Martino)

Un Proyecto tiene los tres elementos siguientes:

- 1) OPERACIONES.- Que son las cosas que hacemos.
- 2) RECURSOS.- Que son los medios de que nos valemos para realizar las operaciones.
- 3) CONDICIONES O RESTRICCIONES.- Que son los factores que limitan y condicionan nuestro proyecto.

Si ponemos el ejemplo del montaje de una planta termoeléctrica para la generación de energía eléctrica, las operaciones son, por ejemplo, : los trabajos de perforación de pozos para agua, la construcción de cimentaciones para la caldera, el montaje de los tanques de combustible, etc.

Los recursos son básicamente: Personal, Entrenamiento, Dinero, Créditos, Materiales, Herramienta y Tiempo:

Las Condiciones o Restricciones son generalmente de aspecto externo al proyecto en sí, pero generalmente influyen en forma determinante en el éxito del proyecto; como son: la fecha fija de terminación de una obra, la entrega de diseños y planos, materiales y maquinaria; las limitaciones de capital o crédito; las aprobaciones, inspecciones y recepciones de los trabajos parcial o totalmente terminados, etc.

2. LA PLANEACION.

La planeación tiene por objeto la previsión del futuro, con el objeto de adecuar nuestra presente y futura actividad, para hacer posible el alcance de determinadas metas especificadas, en un tiempo establecido. Incluye la estimación de los recursos generales necesarios para alcanzar dichas metas.

La planeación la podemos dividir en: Estratégica y Táctica. En la planeación estatégica se toman decisiones que tienen efectos más permanentes y que son más difíciles de cambiar y tienen repercusiones a plazos más largos; la planeación táctica por otra parte, se realiza para acciones a más corto plazo y más fácilmente cambiables. Ambos tipos de planeación son necesarias y se complementan.

En términos generales se acostumbra dividir a la planeación en tres rangos: A corto, mediano y largo plazo. La duración de cada uno de estos rangos es variable con la rama de actividad en la que se realiza la planeación y del dinamismo con que dicha rama se desarrolle.

De acuerdo con el Dr. Russel L. Ackoff la planeación la podemos dividir en tres tipos fundamentales:

La planeación resolutoria: Que busca una solución resuelva el problema planteado, aunque no sea la mejor solución posible.

La planeación optimizada: Que busca no solamente resolver un problema sino encontrar la mejor solución posible.

La planeación adaptativa: Que adapta al sistema para resolver mejor el problema, considerando en el término sistema, tanto al organismo que tiene un problema que resolver como el medio que rodea a dicho organismo.

3. EL METODO DEL CAMINO CRITICO.

El método del Camino Crítico consiste fundamentalmente de lo siguiente:

- 1) Es una herramienta de la administración para definir y coordinar las actividades que deben ser realizadas para cumplir con éxito y a tiempo, los objetivos de un proyecto.
- 2) Una técnica que ayuda en la toma de decisiones pero no toma las decisiones por sí misma.
- 3) Una técnica que nos proporciona una información estadística que nos permite conocer qué incertidumbre existe con respecto a la terminación oportuna de las actividades de un proyecto.
- 4) Un método que permite al director de un proyecto dirigir su atención hacia:
 - a) Los problemas latentes que requieren y/o soluciones.
 - b) Los procedimientos y ajustes, en lo que se refiere al tiempo, los recursos, o el mejoramiento de la eficiencia, que permitan mejorar la capacidad que se tiene para cumplir con los objetivos propuestos.

Desde el punto de vista de este método, también denominado normalmente como de Ruta Crítica, la planeación es la primera etapa del proceso y consiste en la determinación de las necesidades de recursos del proyecto y su orden necesario de aplicación, en las diversas actividades que deben realizarse para lograr los objetivos del proyecto.

Por ejemplo, si el proyecto consiste de la instalación de una estructura metálica, el trabajo de planeación consistirá en el análisis paso a paso, de la forma en que se va a realizar el montaje, estableciendo los sistemas de trabajo que se utilizarán en cada etapa del mismo, y seleccionando el equipo de maniobra más adecuado en cada caso y la clase de personal que será necesario en cada etapa, decidiendo en qué momento se utilizarán varios turnos o se pagará tiempo extra.

4. LA PROGRAMACION.

Con los factores ya establecidos en la Planeación se procederá a realizar el programa detallado de cada una de las actividades que se van a realizar, que quedarán finalmente establecidas con fechas de calendario claramente determinadas. Esta es la Programación.

Es importante tener en cuenta al realizar los dos procesos anteriores que una obra puede terminarse en tiempos muy disímiles dependiendo de la forma y la cantidad en que se utilicen los recursos disponibles. Al hacer un programa para realizar un Proyecto el objetivo fundamental que se persigue es el de terminarlo con la mejor CALIDAD y con el menor TIEMPO y COSTO posibles.

Revisión Periódica de la Planeación y Programación

Nunca debe olvidarse que los proyectos son diná-

micos y que cualquier sistema de planeación y programación de los mismos tiene que serlo también. Muchas personas creen que todo termina con la preparación de un buen programa, que se pasa al personal técnico y administrativo para su ejecución. Esto es un gran error. Desde luego es mejor hacer un buen programa una sola vez que no hacer ninguno y avanzar en la obra a base de improvisación e intuición, pero no es suficiente.

La periodicidad de revisión de los programas detallados del Proyecto dependen básicamente del tipo de éste y de las restricciones internas y externas del mismo y en forma muy especial de la variabilidad con el tiempo de dichas restricciones y de la incertidumbre de su ocurrencia.

Haciendo un resumen muy conciso de los diferentes métodos utilizados para el control de proyectos, podemos clasificarlos esquemáticamente de la siguiente manera:

- 1) Experiencia, Intuición, Memoria.
- 2) Diagramas de Barras.
- 3) Diagramas de Flechas, Ruta Crítica.
- 4) Combinación de Diagramas de Flechas y Estadística.
- 5) Planeación Conjunta de Diseños, Entregas de materiales y equipo y Construcciones.
- 6) Aplicación de Ingeniería de Sistemas.

Todos estos caminos llevan a un solo resultado: PREVISION y CONTROL, tenerlos nos permiten conocer en cualquier proyecto y en cualquier momento, lo siguiente:

- a) Qué es lo que hay que hacer.
- b) Cuándo va a realizarse y cuánto se va a tardar en hacerlo.
- c) Qué ha sido ya hecho.

- d) Qué se está haciendo.
- e) Qué falta por hacer.
- f)Cuál es el costo de lo realizado hasta la fecha y cuánto se estima que costará ejecutar lo que falta por hacer.

Para lograr estos controles que son totalmente indispensables para el buen control de los proyectos, el empleo de computadoras electrónicas representa un poderoso auxiliar que hace posible en la actualidad tener los controles citados en forma adecuada, por grande que sea el proyecto que se trata de controlar.

Cuando se pone un proyecto en nuestras manos para su realización debemos estudiarlo con todo detalle, para conocer perfectamente qué vamos a hacer, dónde lo vamos a hacer y cuándo se requiere que lo hagamos y cuáles son sus restricciones.

Los pasos para Planear y Programar un proyecto son los siguientes:

- 1) Hacer una relación cuidadosa del trabajo a efectuar, a partir de los planos, especificaciones, memorias y condiciones del proyecto.
- 2) Separar el trabajo en sus partes principales, analizando que CALIDAD se requiere en cada una de ellas.
- 3) Hacer el estudio de Métodos, Tiempos y Movimientos de cada una de las actividades a realizar, para encontrar el procedimiento más adecuado para llevar a cabo cada actividad y conocer la suma de recursos que se van a necesitar para su ejecución, asignando TIEMPOS a cada actividad finalmente.

- 4) Establecer la secuencia lógica necesaria entre las diferentes actividades.
- 5) Asignar los RECURSOS disponibles a las diferentes actividades.
- 6) Calcular las fechas límite de inicio y terminación de todas y cada una de las actividades del proyecto.
- 7) PROGRAMACION de las fechas de inicio y terminación de cada una de las actividades, dentro de sus límites de tiempo, y de acuerdo con los RECURSOS disponibles.
- 8) Analizar el tiempo total resultante para la terminación total del proyecto o de una de sus partes, si así se requiere para ver si es mayor, igual o menor que el requerido. En caso de que el resultado no sea satisfactorio hacer una nueva Planeación y Programación.
- 9) Calcular los costos Directos e Indirectos del proyecto. En caso de que el costo no se considere adecuado, hacer una nueva planeación y programación o llegar a la conclusión de que el proyecto no es factible.

5. DIAGRAMAS DE FLECHAS.

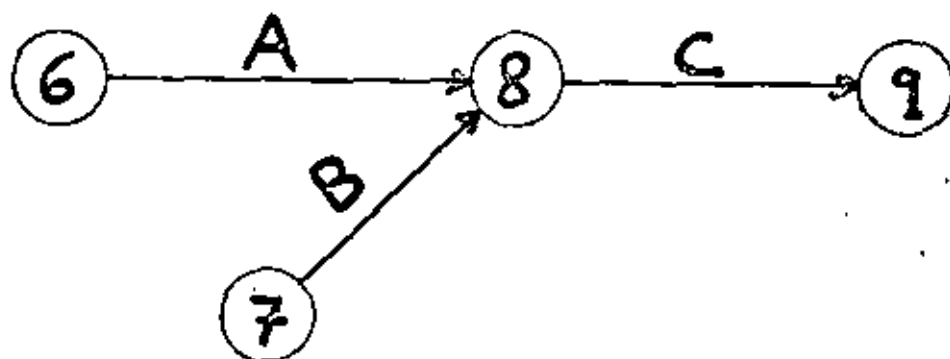
El Diagrama de Flechas es un modelo lógico del proyecto. En este diagrama cada flecha representa una diferente actividad. La longitud de cada flecha no tiene importancia, ni tampoco su dirección. La cola de la flecha representa el principio de la actividad y su punta el fin de la mis-

ma. Como se trata de un modelo lógico, la escala con que se dibuje el tamaño de la fecha no tiene importancia.

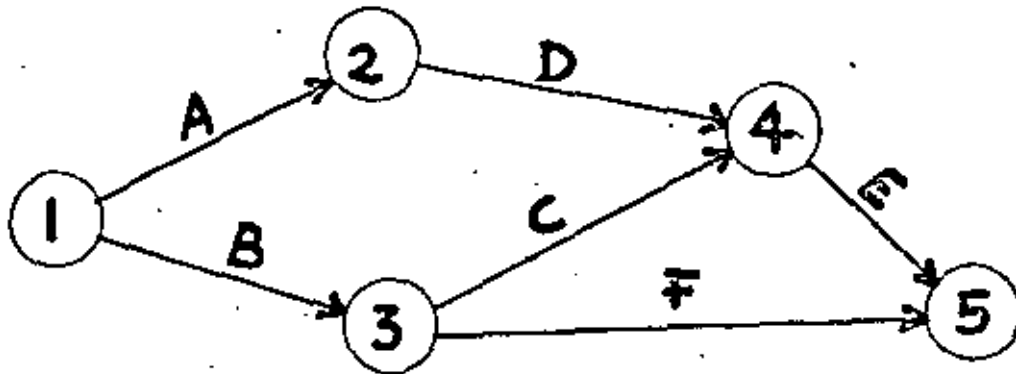
Para sacar provecho de los diagramas de flechas es necesario prepararlos siguiendo una serie de convenciones y reglas. Unos autores recomiendan unas, otros recomiendan otras y la práctica otras más, habiendo en conjunto muchas reglas comunes en las que todos están de acuerdo.

Estas reglas, por otra parte, van cambiando con el tiempo, a medida que se van desarrollando nuevos métodos o se crean nuevos programas para la solución de estos problemas, por medio de computadoras electrónicas. En nuestro caso las reglas que van a ser empleadas son las siguientes:

Regla 1. Las actividades se representan por medio de flechas. Las actividades quedan limitadas por nodos o EVENTOS que son acontecimientos que tienen lugar cuando terminan una o varias de las actividades que concurren a ese nodo o evento.



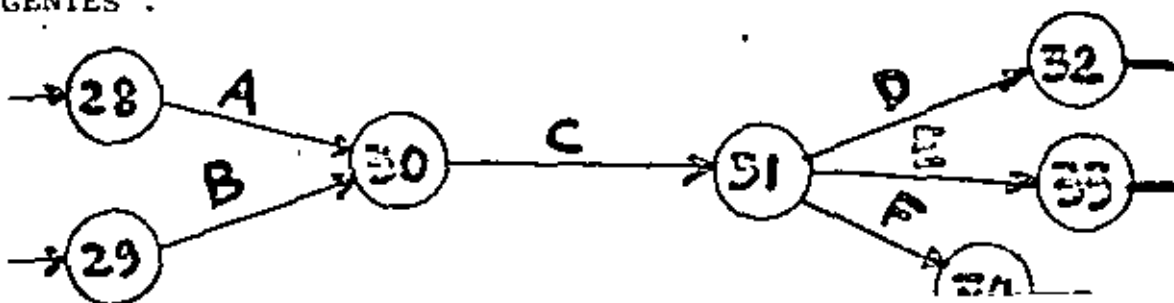
Regla 2. Se usa una flecha y sólo una para representar cada actividad, no teniendo ninguna importancia ni significación la longitud, la forma y el sentido de cada flecha. La cola representa el comienzo de la actividad y la punta el final de la misma.



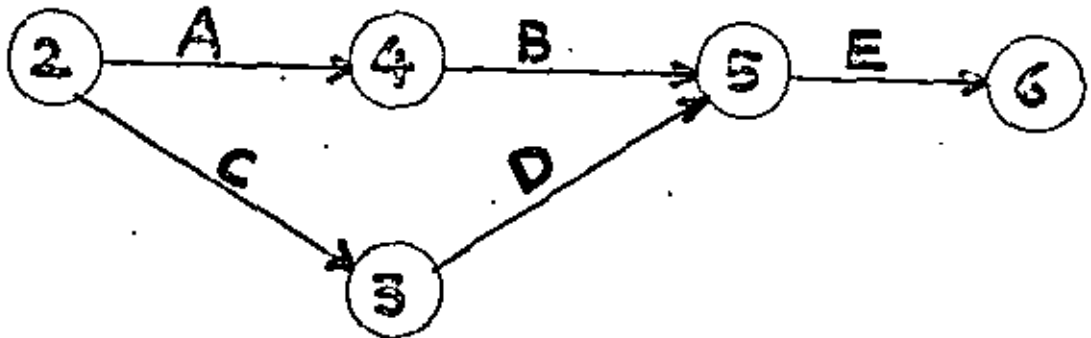
Regla 3. Cada flecha o actividad queda denominada de acuerdo con el nodo que la antecede y que la precede y la descripción de la actividad se coloca sobre la flecha misma. En el diagrama anterior la actividad "A" se denomina (1-2).

Regla 4. Para dibujar el diagrama de flechas de un proyecto lo más práctico es dibujar todas las flechas correspondientes a las actividades iniciales y avanzar hacia adelante, siguiendo la lógica del programa y estableciendo sistemáticamente todas las relaciones lógicas que existen entre las diversas actividades, hasta llegar a la actividad final.

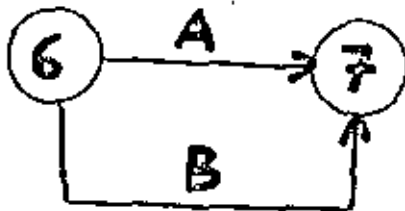
Regla 5. A los nodos en que concurren más de una actividad se les denomina "CONCURRENTES" y a aquellos de los que parten más de una actividad se les llama "DIVERGENTES".



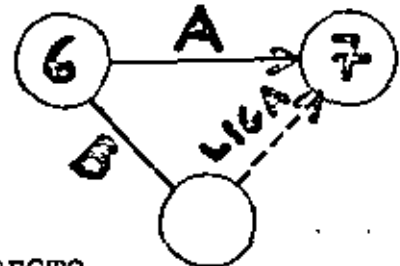
Regla 6. Antes de que una actividad pueda comenzar se deben haberse terminado todas las actividades que concurren al nodo donde dicha actividad comienza. Así, por ejemplo, en la figura siguiente la actividad (5-6) no puede ser comenzada mientras no se terminen las actividades (4-5) y (3-5).



Regla 7. Como según la Regla 2 no podemos representar a dos actividades con los mismos números y en muchos casos ocurre que hay dos actividades y sólo dos que comienzan en un mismo nodo y terminan en un mismo nodo, se utilizan las "FLECHAS DE LIGA", adicionales, que no tienen duración, pero sí tienen utilidad para dar una secuencia lógica al diagrama de flechas.

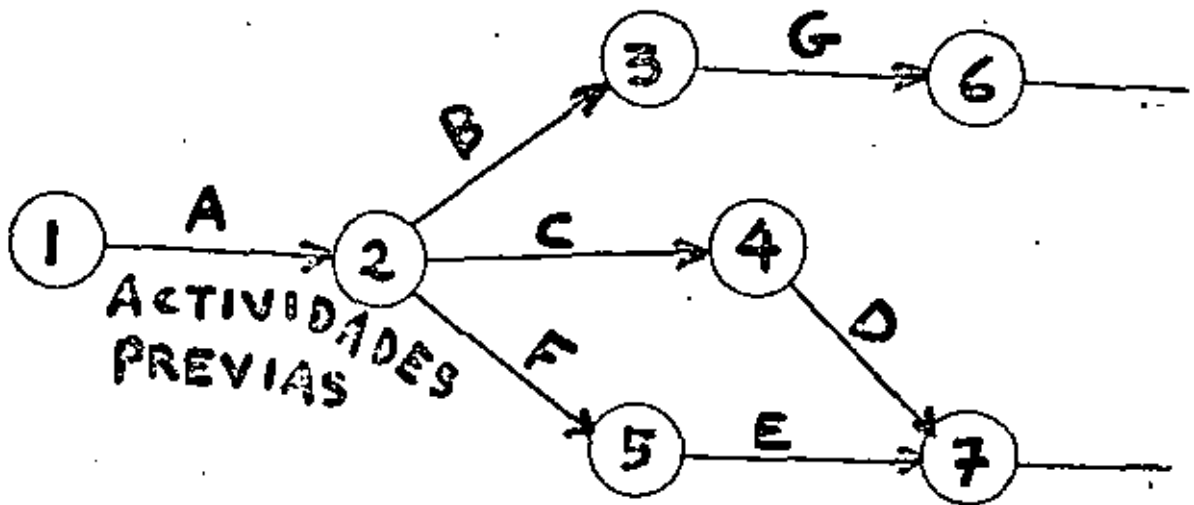


INCORRECTO



CORRECTO

Regla 8. En algunos casos es conveniente poner al principio de todo un diagrama de flechas una flecha de tiempo de iniciación o que corresponda a actividades previas del proyecto en sí. A esta flecha se le puede asignar o no, según convenga, un tiempo posteriormente.



Regla 9. Cuando se hace un diagrama de flechas debe tenerse especial cuidado en que las secuencias lógicas sean correctas. Es muy común cometer errores a este respecto.

Tenemos, por ejemplo, el caso de que exista una actividad "C" que depende de dos actividades "A" y "B" y una actividad "D"; que depende exclusivamente de la actividad "A". Es fácil cometer un error dibujando el diagrama, como indica la figura siguiente:

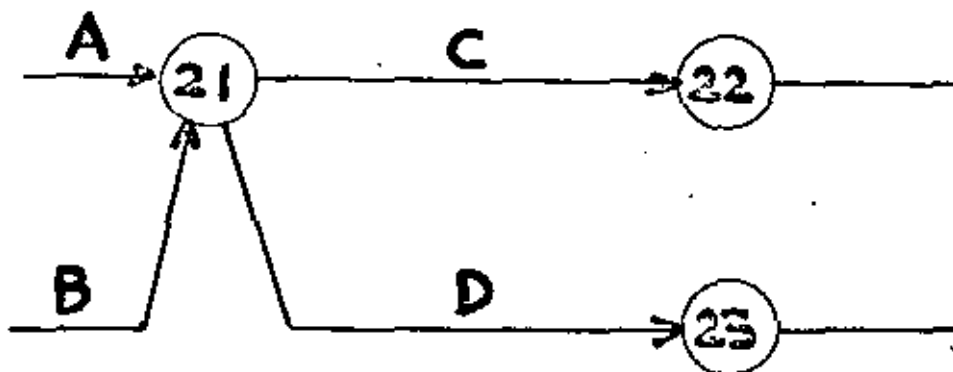
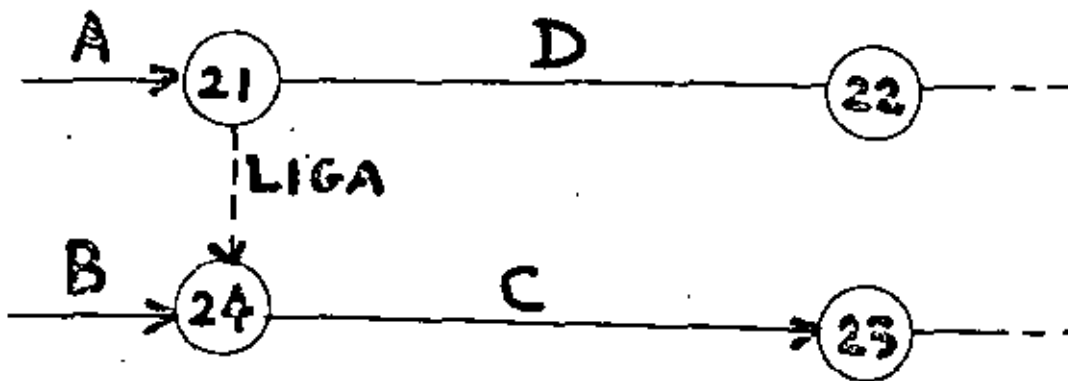


DIAGRAMA INCORRECTO

La forma correcta de dibujar el diagrama es diseñarlo tal como se indica a continuación, utilizando una flecha de liga, para dar la secuencia lógica:



Al realizar un proyecto existen siempre diferentes formas, a veces muy disímiles, de llevarlo a cabo. La preparación del diagrama de flechas y la programación posterior de las actividades nos permiten estudiar en el papel los diferentes caminos posibles de ejecución, antes del comienzo real de los trabajos, pudiéndose así escoger la mejor solución sin necesidad de realizar costosas experiencias prácticas para encontrarlo.

Por otra parte, como los diagramas de flechas sirven fundamentalmente para coordinar los trabajos de un proyecto, es indispensable que en la preparación de los mismos participen, con VOZ y VOTO, los sobrestantes, ingenieros o administradores que vayan a controlar los trabajos que se están programando. En esta forma, al tener una participación directa y viva en la preparación del programa, lo sentirán como suyo y se interesarán más activamente en su realización y se sentirán más responsables del cumplimiento de las fechas establecidas.

6. ASIGNACION DE TIEMPOS A LAS ACTIVIDADES DEL DIAGRAMA DE FLECHAS.

La asignación de tiempos a las actividades del diagrama se puede ir haciendo a medida que se dibuja cada flecha, o bien, se puede terminar el diagrama completo para establecer todas las secuencias lógicas y, entonces, asignar la duración a cada actividad.

En páginas anteriores hemos indicado cuál es el proceso que debe seguirse para Planear y Programar el proyecto y allí se indicó que la duración de cada actividad dependerá, básicamente, de los recursos que decidamos utilizar para su realización.

Cuando se utiliza el método conocido como "C.P. M." la asignación de los tiempos se hace basándose en la experiencia de las personas que realizan la planeación, considerando que ya han participado en actividades similares a la considerada y que pueden estimar con bastante aproximación el valor medio que tendrá dicha actividad.

Hay, por otra parte, ciertos tipos de proyectos como, por ejemplo, el desarrollo de nuevos productos o de investigación, en los que hay mucha incertidumbre acerca de la posible duración de las actividades. Para resolver este problema, se ha desarrollado una solución estadística, que es la base del Sistema "PERT" y se funda en que la distribución de probabilidades de los tiempos de duración de actividades con mucha incertidumbre, sigue la distribución conocida como "DISTRIBUCION DE PROBABILIDADES BETA", la que para ser utilizada requiere de tres estimaciones de tiempo para cada actividad:

El tiempo optimista. Es el tiempo menor en que se estima que determinada actividad puede ser realizada, o sea, el tiempo que tomaría realizarla si todo sucediera mejor de lo esperado.

El tiempo más probable. Es la mejor estimación del tiempo en que pueda realizarse una actividad, si todo ocurre normalmente.

El tiempo pesimista. Es el tiempo mayor que se estima que puede durar la actividad, o sea, el tiempo que tomaría si todo saliera mal. No debe considerarse en estos casos la posibilidad de catástrofes.

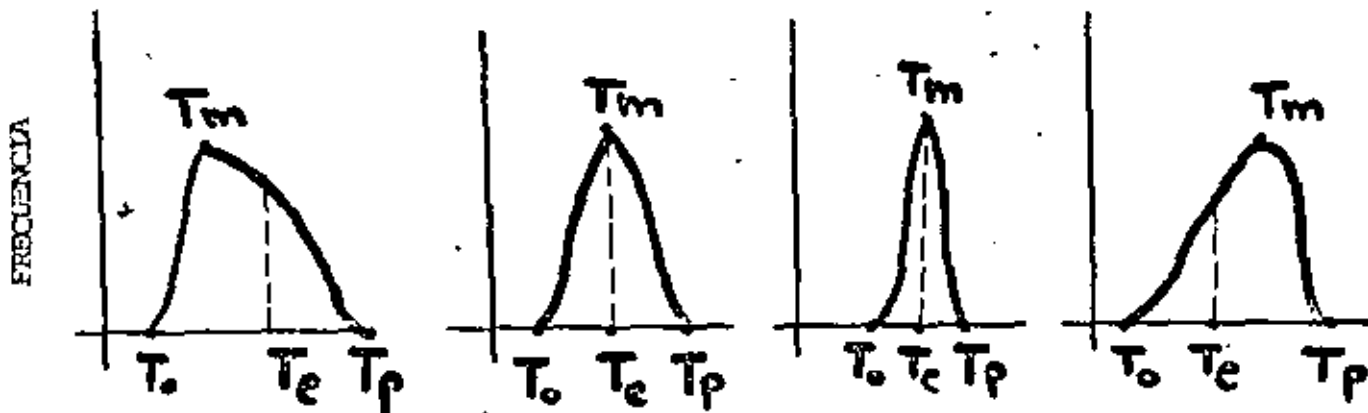
Cuando se hacen estimaciones de tiempo como las tres indicadas, se están estableciendo curvas de distribución de probabilidades como las que se indican en las figuras siguientes, donde:

T_o = al tiempo optimista.

T_m = al tiempo más probable.

T_p = al tiempo pesimista.

T_e = al tiempo esperado o medio.



Las posiciones relativas de T_e , T_m y T_p , en las curvas de distribución, dependen lógicamente de los valores numéricos que hayan sido dados por el programador.

El valor de T_e para cualquier tipo de distribución como los aquí estudiados es:

$$T_e = \frac{T_o + 4T_m + T_p}{6}$$

INCERTIDUMBRE Y VARIANCIA

Cuanto mayor sea la separación entre el tiempo optimista, y el pesimista, mayor será la incertidumbre acerca del tiempo en que realmente se ejecutará la actividad. El

concepto VARIANCIA nos da una medida de la incertidumbre. Cuando la VARIANCIA es grande hay mayor incertidumbre acerca de cual será el tiempo real de realización de una actividad.

Por otra parte, la duración de una actividad es una variable aleatoria, cuya distribución de probabilidad tiene características que dependen del grado de control que se tenga de los factores que intervienen en la ejecución de la actividad.

Una actividad bien controlada tiene una Variancia chica y se tiene una menor incertidumbre acerca del tiempo real en que va a realizarse.

Al calcular los diagramas de flechas, cualquiera que sea el método que se use para dar valor a la duración de las actividades, siempre se trabaja con un solo valor, ya sea el directamente estimado o el calculado como tiempo medio, usando el sistema del PERT.

7. CALCULO DE UN DIAGRAMA DE FLECHAS.

Antes de proceder al cálculo de un Diagrama de Flechas es conveniente definir algunos términos que se usarán en los cálculos.

t = tiempo directamente estimado o tiempo medio calculado a base de T_o , T_m y T_p .

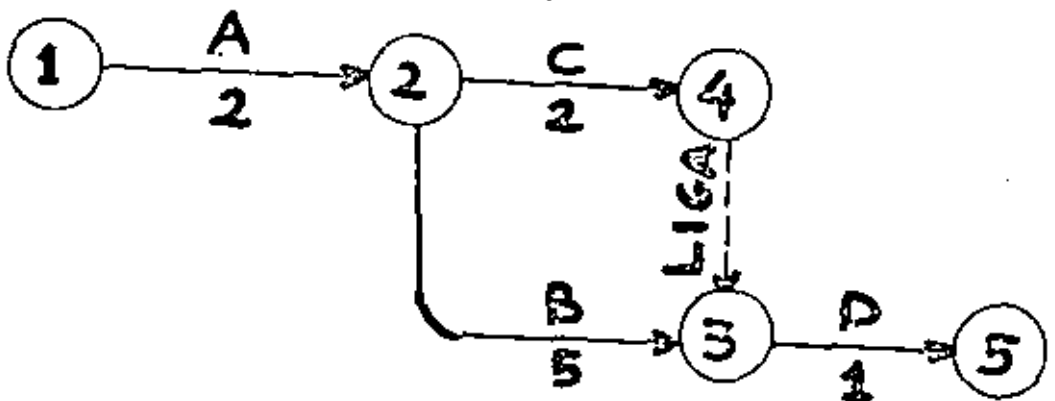
FMP = Fecha más próxima en que puede ocurrir un evento.

FML = Fecha más lejana en que puede ocurrir un evento.

CMP = Comienzo más próximo de una actividad, o sea, la fecha más próxima en que puede comenzar.

- CML = Comienzo más lejano de una actividad, o sea, la fecha más lejana en que puede comenzar.
- TMP = Terminación más próxima de una actividad, o sea, la fecha más próxima en que puede terminar.
- TML = Terminación más lejana de una actividad, o sea, la fecha más lejana en que puede terminar.
- MT = Margen total de tiempo o tiempo flotante total.
- ML = Margen libre de tiempo o tiempo flotante libre.
- MI = Margen independiente, o tiempo flotante independiente.

Para mejor comprender el proceso de cálculo vamos a considerar el diagrama elemental que se indica a continuación, en el que hemos sustituido la descripción de las actividades, por una letra mayúscula.



En este caso al evento inicial lo hemos denominado (1) y a éste le corresponde un tiempo cero. En esta for

ma los tiempos, que pueden ser días, horas, minutos, o cualquiera otra unidad de tiempo, se calculan como las edades de las personas, ya que se considera que un niño no tiene un año sino hasta que no ha transcurrido el primer año.

El cálculo de los tiempos del diagrama de flechas se hace recorriendo ésta actividad por actividad, sin dejar ninguna, hasta llegar al evento final, en un camino de recorrido hacia adelante. Después se completan los cálculos haciendo, como veremos un recorrido semejante, pero en sentido contrario, desde el evento final hasta el inicial.

RECORRIDO HACIA ADELANTE.

Las reglas que deben seguirse para el cálculo del diagrama de flechas, en el recorrido hacia adelante son las siguientes:

- 1) La fecha más próxima en que puede ocurrir el evento inicial se hace igual a cero:

$FMP = 0$, para el evento inicial.

- 2) Se considera que cada actividad comienza en cuanto el evento anterior correspondiente tiene lugar. o sea, CMP de una actividad = FMP del evento que la precede.
- 3) En los nodos concurrentes, la fecha más próxima en que puede ocurrir el evento correspondiente al nodo en cuestión, es la fecha más alejada de las terminaciones más próximas de todas las actividades que concurren a este nodo.

FMP = Fecha más próxima de un evento, es la más alejada de las terminaciones más próximas ($TMP_1, TMP_2, \dots, TMP_n$), para un evento concurrente, con n actividades que concurren.

Aplicando estas reglas al diagrama de la página 22 ten-

mos:

Nodo 1. Hacemos $FMP_1 = 0$

Actividad A, (1-2).-

$$CMPA = FMP_1 = 0$$

$$TMPA = CMPA + t = 0 + 3 = 3$$

Nodo 2. $FMP_2 = 3$, ya que antes del nodo 2 existe únicamente la actividad "A".

A continuación podemos seguir los cálculos por cualquiera de las dos rutas posibles, por 2-3, ó por 2-4; en este caso seguiremos por 2-3.

Actividad B, (2-3).-

$$CMPD = FMP_2 = 3.$$

$$TMPB = CMPB + t = 3 + 2 = 5$$

Nodo 3. $FMP_3 = TMPB = 5$

Actividad D, (3-5).-

$$CMPB = FMP_3 = 5$$

$$TMPD = CMPD + t = 5 + 1 = 6$$

Actividad C, (2-4).-

$$CMPC = FMP_2 = 3$$

$$TMPC = CMPC + t = 3 + 4 = 7$$

Nodo 4. $FMP_4 = TMPC = 7$

Actividad E, (4-5).-

$$CMPE = FMP_4 = 7$$

$$TMPE = CMPE + t = 7 + 2 = 9$$

Nodo 5. FMP_5 es el mayor de los tiempos TMP de las actividades (3-5) y (4-5) que concurren a este nodo.

Por lo tanto, $FMP_5 = 9$

Actividad F, (5-6) .-

$$CMPF = FMP_5 = 9$$

$$TMPF = CMPF + t = 9 + 2 = 11$$

Nodo 6. $FMP_6 = TMPF = 11$

EL VALOR DE FMP_6 NOS DA LA DURACION TOTAL DEL DIAGRAMA DE FLECHAS.

En el caso que se pone como ejemplo, si se cumplen los tiempos de ejecución planeados, la duración total del proceso será de 11 unidades de tiempo.

RECORRIDO HACIA ATRAS

El objetivo que se persigue al recorrer el diagrama de flechas en sentido contrario al anterior es el de calcular la fecha más lejana en que puede tener lugar cada evento y las fechas de terminación más lejana de las actividades del diagrama.

Para hacer estos cálculos se hacen las siguientes consideraciones:

- 1) La fecha más lejana en que puede tener lugar el evento final, debe ser igual a la fecha más próxima que se calculó en el recorrido hacia adelante.

Es decir:

$$FML_6 = FMP_6 = 11$$

- 2) El comienzo más lejano de cualquier actividad es igual a la fecha más lejana del evento que la sucede, menos la duración de la actividad en cuestión.

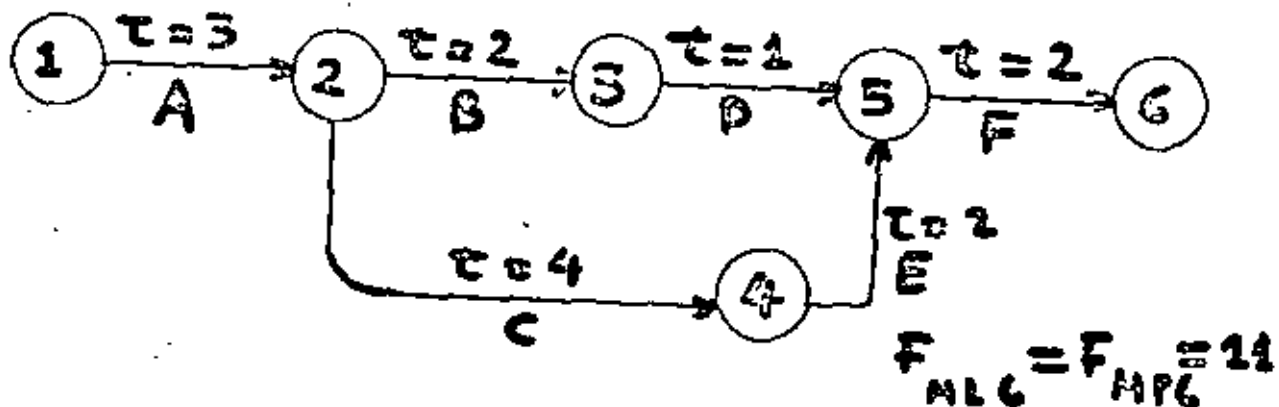
TML (De una actividad) = FML (Del evento posterior)

CML (De una actividad) = TML (De la misma act.) -
t = FML - t

- 3) La fecha más lejana en que puede ocurrir un evento es la más cercana de las fechas de comienzo más lejano de las actividades que salen de ese evento.

FML (De un evento) = a la más cercana de las fechas más lejanas de comienzo de las actividades que se originan en dicho evento (CML₁, CML₂, ..., CML_n) para n actividades.

Para mejor comprensión de las reglas vamos a aplicarlas al mismo ejemplo anterior:



Nodo 6. Hacemos $F_{ML6} = F_{MP6} = 11$

Actividad F, (5-6).

$$TMLF = F_{ML6} = 11$$

$$CMLF = TMLF - t = 11 - 2 = 9$$

Nodo 5. $F_{ML5} = CMLF = 9$

Actividad D, (3-5).

$$TMLD = F_{ML5} = 9$$

$$CMLD = TMLD - t = 9 - 1 = 8$$

Actividad E, (4-5).

$$TMLE = FML_5 = 9$$

$$CMLE = TMLE - t = 9 - 2 = 7$$

Nodo 4. $FML_4 = CMLE = 7$

Nodo 3. $FML_3 = CMLD = 8$

Actividad B, (2-3).

$$TMLB = FML_3 = 8$$

$$CMLB = TMLB - t = 8 - 2 = 6$$

Actividad C, (2-4).

$$TMLC = FML_4 = 7$$

$$CMLC = TMLC - t = 7 - 4 = 3$$

Nodo 2. La fecha más lejana en que puede ocurrir este evento es la menor de las fechas de comienzo más lejano de las actividades B y C.

Por lo tanto: $FML_2 = 3$

Actividad A, (1-2).

$$TMLA = FML_2 = 3$$

$$CMLA = TMLA - t = 3 - 3 = 0$$

Este resultado final de $CMLA = 0$, nos sirve de comprobación de los cálculos, ya que $FMP_1 = FML_1 = 0$ en el evento inicial; de la misma forma que $FML_6 = FMP_6$, en el evento final.

CALCULO DEL MARGEN TOTAL, PARA CADA ACTIVIDAD.

El margen Total es igual a la diferencia entre la fecha más Lejana del Evento sucesor de una actividad y la fecha de terminación más próxima de la actividad en cuestión.

$$MT = FML - TMP$$

El Margen Total es, por lo tanto, el tiempo que puede retrasarse cualquier actividad, sin que se afecte el Comienzo más próximo o la fecha de ocurrencia de cualquier actividad o evento, del Camino Crítico del diagrama de flechas.

La definición anterior es equivalente a decir que el Margen Total es igual a la diferencia entre la Terminación más lejana y la Terminación más próxima de una actividad, o entre el Comienzo más lejano y el Comienzo más próximo de la misma.

$$MT = TML - TMP = CML - CMP$$

El Margen total es el número de unidades de tiempo que faltan para que la actividad se vuelva crítica.

El Margen Total es, en general, el número de unidades de tiempo que puede tomar adicionalmente el tiempo de realización de una actividad, sin causar un retraso, o sea, sin aumentar, la fecha esperada de cualquier evento, que se encuentre en la Ruta Crítica.

En nuestro ejemplo anterior las actividades A, C, E y F se encuentran en la Ruta Crítica y no tienen por lo tanto Margen Total. En cambio, las B y D sí tienen Margen Total, que es, siguiendo los conceptos expresados:

Para la actividad B (2-3).-

$$MT = TMLB - TMPB = 8 - 5 = 3$$

$$\text{ó también: } MT = CMLB - CMPB = 6 - 3 = 3$$

$$\text{ó también: } MT = FML_3 - TMPB = 8 - 5 = 3$$

Para la actividad D (3-5).-

Siguiendo nada más uno de los caminos de cálculo indicados:

$$MT = CMLD - CMPD = 8 - 5 = 3$$

Se puede ver que cuando dos actividades están en serie, como la B y D, tienen el mismo Margen Total. En este caso, constituyen, además, la Única Ruta Subcrítica del diagrama en cuestión.

CALCULO DEL MARGEN LIBRE, PARA CADA ACTIVIDAD.

Las únicas actividades que tienen Margen Libre son aquellas que concurren a un nodo y no pertenecen a ninguna Ruta Crítica.

El Margen Libre es igual a la diferencia entre la fecha más próxima del evento posterior de una actividad, y la fecha correspondiente a la terminación más próxima de la misma actividad.

O sea: $ML = FMP - TMP$

El Margen Libre, es por lo tanto, el tiempo que puede representarse la terminación de una actividad, sin afectar al Comienzo más próximo de cualquier otra actividad o a la fecha más próxima de cualquier evento en el diagrama de flechas correspondientes.

En nuestro ejemplo, la única actividad que tiene Margen Libre es la D (3-5), por ser la única actividad que llega a un nodo concurrente y no está, al mismo tiempo, en una Ruta Crítica.

En la actividad D (3-5).-

$$ML = FMP_5 - TMPD = 9 - 6 = 3$$

Este tiempo es también el tiempo que puede tomar la actividad D (3-5) adicionalmente, sobre su Terminación más próxima esperada, sin que el evento (5) deje de realizarse en su fecha más próxima esperada.

Aplicando la fórmula de ML a cualquiera de las demás actividades del diagrama que sirvió de ejemplo, encontramos que en todos los casos $ML = 0$.

Hagamos el cálculo, por ejemplo, para la actividad C:

$$MC = FMP_4 - TMPC = 7 - 7 = 0$$

Es interesante llamar la atención sobre el hecho de que el Margen Total es siempre igual o Mayor que el Margen Libre, ya que:

$$MT = FML - TMP$$

y

$$ML = FMP - TMP$$

y FML es siempre mayor que FMP.

BIBLIOGRAFIA.

Project Management with CPM and PERT
Moser and Phillips
1964

Reinhold Industrial En-
gineering and Management
Sciences Textbook Series
New York

Determinación de la Ruta Crítica
R. L. Martino
1965

Editora Técnica, S. A.
Dinamarca No. 60
México 6, D. F.

A Concept of Corporate Planning
Russel L. Ackoff
Edición 1970

Wiley International
Edition
New York

Tecnología Mecánica e Instalaciones
Odón de Buen Lozano
1967

Representaciones y Servi-
cios de Ingeniería, S. A.
Apartado Postal 70-180
México 20, D. F.

Métodos Modernos de Planeación,
Programación y Control de Proce-
sos productivos.
Melchor Rodríguez Caballero
1962

Editado por el autor
México, D. F.

I N D I C E

	Página
1.- El Proyecto -----	1
2.- La Planeación -----	4
3.- El Método del Camino Crítico -----	5
4.- La Programación -----	6
<hr/>	
5.- Diagramas de Flechas -----	9
6.- Asignación de tiempos a las actividades del diagrama de Flechas -----	14
7.- Cálculo de un diagrama de flechas -----	17
8.- BIBLIOGRAFIA -----	27

DIRECTORIO DE ALUMNOS DEL CURSO PLANEACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION DEL 8 DE JUNIO AL 7 DE JULIO DE 1979.

RAFAEL ACOSTA CRODA DIRECCION GENERAL DE CASA DE MONEDA INGENIERO DE METODOS CAL. LEGARIA 631 MEXICO 10, D. F. TEL. 557.80.99	Priv. de la Providencia 19 Sn. Jerónimo México 20, D. F. Tel. 595.15.92
RAMON ALONSO CRUZ CIA. DE REAL DEL MONTE Y PACHUCA JEFE DE CONTROL DE PRODUCCION VICENTE SUAREZ Y FF. CC. A MEXICO PACHUCA, HGO. TEL. 2.61.94	Alatraste 204-A Pachuca, Hgo.
RAFAEL AVENDAÑO ZERADUA NACIONAL MEXICANA S. A. BLVD. TOLUCA 22 NAUCALPAN, EDO. DE MEX. TEL. 576.56.00	Edif. Condesa F-5 México 11, D. F. Tel. 553.21.48
HUGO EDGAR BORRAS GARCIA UNAM . FAC. DE INGENIERIA AYUDANTE DE PROFESOR MEXICO 20, D. F.	Pirámide de la Luna 4761 México 21, D. F. Tel. 6.77.82.08
JOEL BRISEÑO AGUILLON CENTRO DE EDUCACION CONTINUA TACUBA 5 MEXICO 1, D. F. TEL. 521.73.35	M. Angel 12 Col. Moderna México 13, D. F. Tel. 590.51.57
SERGIO CANO GARCILAZO LEVI STRAUSS DE MEXICO S. A. . ATOMO NO. 3 PARQUE IND. NAUCALPAN, EDO. DE MEX. TEL. 576.10.88	Zentzontles 100 Col. Alamedas Atizapán, Edo. de Méx.
ENRICO CASTAÑEDA RICCI NACIONAL FINANCIERA-FOGAIN ASESOR TECNICO Y ADMINISTRATIVO REFORMA 136 12° MEXICO 5, D. F. TEL. 529.92.99 EXT. 205	Sierra Amatepec 383 México 10, D. F. Tel. 596.34.01

NASHLEY CASTELAN C.
LIVI STRAUSS DE MEXICO S.A. DE C.V.
JEFE DE PROGRAMACION Y CONTROL DE PROD.
ATOMO 3
PARQUE IND. NAUCALPAN, EDO. DE MEX.
TEL.576.10.88

ROBERTO CASTELLANOS PEREZ
FF.CC. DE MEXICO
AV. CENTRAL 140-9°
MEXICO 3, D.F.
TEL.547.62.84

Coral 100-A
Col. Estrella
México 14, D.F.
Tel.517.18.60

RAFAEL CRUZ MARTINEZ
AHS DE MEXICO S.A. DE C.V.
AV. DE LOS 50 METROS NO.2
CIVAC
CUERNAVACA, MOR.
TEL.524.00

Acacias 114
Cuernavaca, Mor.
Tel.3.30.41

VICTOR FLORES ZAVALA
FACULTAD DE INGENIERIA, UNAM
MEXICO 20, D.F.

GUILLEMO JAVIER GARATE
PROMOTORA INDUSTRIAL DEL BALSAS
GERENTE DE COORDINACION Y LOGISTICA
JUAREZ 14-8°
MEXICO 1, D.F.
TEL.521.32.52

Gabriel Mancera 906
México 12, D.F.
Tel.559.67.13

JOSE ANTONIO GARCIA FRAGOSO
LIVI STRAUSS DE MEXICO S.A. DE C.V.
GERENTE DE PROGRAMACIONES
ATOMO 3
NAUCALPAN, EDO. DE MEXICO
TEL.576.25.70

Pinguinos 25
ARBOLEDAS, Edo. de Méx.
Tel.397.28.93

GUILLEMO GOMEZ M.
SECRETARIA DEL PATRIMONIO Y
FOMENTO INDUSTRIAL
HERMOSILLO 26-4°
COL. ROMA SUR
MEXICO, D.F.
TEL.564.01.77 EXT.138

Unión 27
México 18, D.F.
Tel.516.32.30

JOSE MANUEL GUZMAN ESTRADA
MOTORES Y REFACCIONES S.A.
CALLE NORTE 35 No. 895
COL.IND. VALLEJO
MEXICO 16, D.F.
TEL.567.47.00

Calle 305 No.54
Col. El Coyol
México 14, D.F.
Tel.754.38.22

RENE JIMENEZ VARGAS.
MEXTRASA S.A.
Azahares 106
MEXICO, D.F.
TEL.541.10.84

Playa Azul 308.
México 13, D.F.
Tel.90.49.21

ADRIAN JUAREZ MUÑOZ
CIA. REAL DEL MONTE DE PACHIUCA
VENUESTIANO CARRANZA 106
PACHUCA, HGO.
TEL.2.18.51

Guerrero 517-4
Pachuca, Hgo.
Tel.234.12

JOSE LEGORRETA MARTINEZ
CORPORACION INDUSTRIALIZADORA DE
MADERAS S.A.
CALLE 3 # 333
COL. PANTITLAN
MEXICO 13, D.F.
TEL.558.99.37

Note 135 A No.53
México 16, DF.
Tel.561.92.01

VICTOR HUGO LOPEZ ARAIZA
INDUSTRIAS LADRAISA S.A.
AV. SN. ANTONIO 319-103
MEXICO 18, D.F.
TEL.516.84.42

JOSE MALDONADO VALDES
INDUSTRIAS UNIDAS S.A.
UNIDAD IND. PASTEJE
JOCOTITLAN, MEXICO

Arbol de las manitas 106
Lomas Altas
Toluca, Méx.

DONACIANO MAXIMES NAJERA
FRENOS HIDRAULICOS AUTOMOTRICES S.A.
CARR. A PRESA S/N
SAN JUAN IXHUATEPEC, EDO. DE MEX.
TEL.586.23.33

Noe. 86 A No.5205
G. Sánchez
México 14, D.F.
Tel.551.63.18

CARLOS MENDOZA
JACA 6-303
COL. PORTALES
MEXICO 13, D.F.

HECTOR OGAZ PIERCE
I.M.S.S.
TOKIO 80-4°
MEXICO 6, D.F.
TEL.525.46.80 EXT.176

Cerrada Esmeralda
Col. Valle Dorado
Tlanepantla, Edo. de Méx.
Tel.397.17.80

RAFAEL PALACIOS VELAZQUEZ
FERROCARRILES NACIONALES DE MEX.
COMISIONADO A LA SUBGERENCIA DE SISTEMAS
AV. CENTRAL NO.140
MEXICO 3, D.F.
TEL.547.62.84

Edif.103-20
Unidad Paterna
México 14, D.F.

ALFONSO PINTO CONCHAS
PRODUCTOS ESPECIALIZADOS DE ACERO S.A.
PTE. 134 No. 854
MEXICO, D.F.
TEL.567.70.22

Colima 191
México 7, D.F.
Tel.514.66.98

RODOLFO POCOROBA ALZPURO
COMISION MIXTA DE LA INDUSTRIA
TEXTIL DEL A.
FLORENCIA 65-1º
MEXICO 6, D.F.
TEL.511.71.34

Membrillo 17
Granjas de Acolman
Edo. de México

JOSE GUILLERMO RODRIGUEZ ALCANTARA
ETAL S.A.
FELIPE ANGELES NO.52
VELLAVISTA, TACUBAYA
MEXICO, D.F.
TEL.271.30.66

Nicolás Bravo 37
México 18, D.F.

ADOLFO SAMUEL RUIZ PEREZ
GRUPO CYANOMEX S.A.
DR. GUSTAVO BAZ 92-13
ALCE BLANCO NAUCALPAN
TEL.576.66.97

Lago de los Pinos 26
Fuentes de Satélite
Estado de México.
Tel.572.25.89

ENRIQUE SALAZAR CAMACHO
APPLIED POWER (MEXICO) S.A. DE C.V.
BLVD. FPE. ANGELES 1604
PACHUCA, HGO.
TEL.2.60.00

Dr. F.Ortíz Cortés 601
COL.Doctores
México, D.F.

FIDEL SALOMON CONTRERAS
C. F. E.
JEFE DE TALLERES INDUSTRIAL
P.H.CHICOASEN
TUXTILA, GTZ. CHIAPAS
TEL.2.54.50

CARLOS SANCHEZ MEJIA V.
ENEP ARAGON
AV. RANCHO SECO
ARAGON, MEXICO

Magisterio Nacional 129
Tlalpán
México 22, D.F.
Tel.573.15.59

LEONARDO SANCHEZ ROJAS
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHAPINGO
CHAPINGO, MEXICO.
TEL.585.45.55 EXT.135

GUILLELMO SANTUARIO FERNANDEZ
S. A. R H.
Allende 717-1
PACHUCA, HGO.
TEL.235.63.

MARCO ANTONIO SOLORIO TORRES
FARMACEUTICOS LAKESIDE S.A.
DIAGONAL 20 DE NOV.294
COL.OBRERA
MEXICO, D.F.
TEL.578.20.11 EXT.69

Ote.55 No.370
Villa de Cortés
México 13, D.F.

ALBERTO SUAREZ MARTINEZ
UPIICSA DEL I.P.N....
THE Y CANALA (THE 850)
COL.GRANJAS MEXICO
MEXICO, D.F.
TEL.579.94.22

Playa Condesa 55-6
México 13, D.F.
Tel.672.69.42

FELIX TIJERINA CORONADO
APPLIED POWER DE MEXICO S.A.
BLVD. FELIPE ANGELES 1604
PACHUCA, HGO.
TEL.2.60.00

Ensenada 85-5
Col. Condesa
México 11, D.F.

CARLOS ZALDIVAR LOPEZ
FORD MOTOR CIA.
CUAUTITLAN, IZCALLI
ESTADO DE MEXICO

Cruz Gálvez 186
Nva. Sta. Ma.
México, D.F.
Tel.556.68.83

VICTOR HUGO ZALAPA MARTINEZ
INFONAVIT
PARQUE VIA Y CALZADA DE LAS ARMAS
MEXICO, D.F.
TEL.572.17.63

EJIDO 24
Lindavista
México 14, D.F.

