

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
A R A G O N**



**Implementación de un Laboratorio
de Investigación para la Localización
y Distribución de Plantas Industriales
en México.**

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA: **INDUSTRIAL**
P R E S E N T A
JUAN GERMAN VALENZUELA RAMOS



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

	Página
PROLOGO.....	1
INTRODUCCION.....	4
CAPITULO 1	
LAS PLANTAS INDUSTRIALES EN MEXICO Y LA IMPOR- TANCIA DE LA APLICACION DE LA INGENIERIA IN-- DUSTRIAL.....	7
1.1. Situación Actual de Empresas Industria- les en México.....	8
1.2. La Importancia de la Aplicación de la - Ingeniería Industrial.....	24
CAPITULO 2	
DESARROLLO DE LAS PRACTICAS.....	28
2.1. Localización de Planta.....	29
2.1.1. Evaluación de los Factores que inter- vienen en la Localización de Planta..	33
2.1.2. Pronóstico de la Demanda.....	44
2.1.3. Determinación del Centro del Mercado.	88
2.1.4. Evaluación de las Localizaciones por el Método de la Suma de Ganancias y - Costos.....	94
2.1.5. Determinación del Tamaño de la Planta	139

2.2.	Distribución de Planta.....	169
2.2.1.	Determinación de los Requisitos de Ma- quinaria.....	185
2.2.2.	Tipos de Distribución de Planta.....	221
2.2.3.	Diagramas para el Análisis de la Dis- tribución de Planta.....	271
2.2.4.	Método de los Eslabones.....	303
2.2.5.	Método CRAFT.....	326
2.2.6.	Ruta Crítica.....	357

CAPITULO 3

	REQUERIMIENTOS DEL LABORATORIO DE INVESTIGA-- CION.....	453
3.1.	Requerimientos.....	454
3.2.	Cotización del Equipo.....	459
3.3.	Elementos para el Uso de Microcomputado- ras.....	463

CAPITULO 4

	EVALUACION DE LA METODOLOGIA DE INVESTIGACION	472
--	---	-----

CAPITULO 5

	CONCLUSIONES.....	479
--	-------------------	-----

	Página
APENDICES.....	486
A.1. Distribución T de Student.....	487
A.2. Pronóstico de la Demanda.....	492
A.3. Centro de Mercado.....	513
A.4. Método de Suma de Ganancias y Costos...	526
A.5. Método CRAFT.....	539
A.6. Método de la Ruta Crítica.....	558
BIBLIOGRAFIA.....	572
HEMEROGRAFIA.....	577

P R O L O G O

De todos es conocida la definición de Ingeniería - que dice: "Es el arte de transformar las fuerzas de la naturaleza para uso y conveniencia del hombre". Esto lleva implícito lo que un Ingeniero tiene que llegar a ser, ya que por medio de sus conocimientos científicos, su habilidad - creadora, así como su experiencia, desarrollará los métodos y procedimientos para transformar los recursos naturales en formas útiles para el uso del hombre. No olvidando que deberá trabajar con otras personas, las cuales contribuyen con sus conocimientos para ejecutar su trabajo, el cual será resolver problemas.

La habilidad para resolver problemas, a mi entender, la constituyen tres elementos que son indispensables para - que el Ingeniero pueda salir adelante en el ejercicio profesional; estos son en primer lugar: la preparación académica del mismo, ya que por medio de ésta adquiere los fundamen--tos teóricos, metodológicos y técnicos para abordar la problemática inserta en su campo profesional y cumplir con su función social específica. En segundo lugar, la inventiva -

que, aunada a su preparación, le permitirá encontrar soluciones a problemas con mayor rapidez o a menor costo y - prestar así un servicio mejor. Este elemento, lo irá adquiriendo desde los estudios profesionales al resolver problemas en donde la sola aplicación de una "receta de cocina" no da los resultados apetecidos. Y por último, mediante la acumulación de experiencias, el Ingeniero encontrará las - soluciones a los problemas que se le planteen. Sin embargo, cuando recién egresado, en la mayoría de los casos no puede ofrecer experiencia y es aquí donde los Ingenieros que vamos adelante estamos en condiciones de quitar las piedras del camino, aún cuando esto pueda resultar difícil en algunos casos.

Este trabajo de tesis acerca de: Localización y - Distribución de Plantas Industriales, no pretende ser una panacea, sin embargo, el hecho de que un profesional se - ocupe de ello para ayudar a los que vienen atrás, me parece que es un esfuerzo que todos deberíamos de realizar; esto me trae a la mente la frase de Seneca: "No nos falta valor para emprender ciertas cosas porque son difíciles, si- no que son difíciles porque nos falta valor para emprenderlas", desde este punto de vista considero que es un esfuero

zo que bien vale la pena intentar, pues tal y como afirma nuestro ilustre colega Sir W. Anderson: "Ya han pasado los días en los que un Ingeniero podía tener un éxito respetable con la única ayuda de su ingenio o de aquellos instintos constructivos que en el pasado llevaron a nuestros predecesores a resultados tan brillantes".

Ing. Jesús Juan Treviño Ortegón.

I N T R O D U C C I O N

Elegir el lugar para una Planta es como elegir mujer; si - bien es posible cambiar más - tarde, la modificación podrá ser costosa y desagradable.

Stuckeman

Los profesionales de la Ingeniería Industrial, tienen a su cargo el diseño, programación y supervisión del - proceso productivo, desde el ingreso de las materias pri--mas hasta la presentación y venta del producto elaborado.

Esto implica, necesariamente, el análisis e inves-tigación permanente que conduzcan a la determinación de - los sistemas, métodos y técnicas de producción adecuados a la empresa, a los bienes que ésta produce y a las necesidades y exigencias del consumidor.

El Ingeniero Industrial tiene a su cargo la resolulu

ción de problemas derivados de la ubicación, construcción y distribución de plantas industriales; el establecimiento de los procesos de manufactura; los diseños de producción y la supervisión de ésta a través del análisis de costos, control de calidad e higiene y seguridad industrial; la optimización de los recursos disponibles buscando mayor producción a menor costo y buena calidad; los estudios del mercado y la coordinación de los elementos humanos.

Mediante la aplicación de métodos científicos y modelos matemáticos, económicos y administrativos, el Ingeniero Industrial se encarga del desarrollo armónico y acelerado de la industria, a fin de que los recursos naturales sean transformados en productos útiles al hombre.

Es tan amplio el campo de acción del Ingeniero Industrial, que la presente tesis solamente trata el problema de Localización y Distribución de Plantas Industriales, para lo cual se dividió en cinco capítulos.

En el primero se esboza la situación actual de las empresas productivas del país y algunas aplicaciones de la Ingeniería Industrial que coadyuvan a la solución de sus

problemas.

El segundo capítulo está dividido en dos temas: Lo calización de Planta y Distribución de Planta, cada uno de los cuales se subdivide en investigaciones, las cuales están conformadas de objetivo, conceptos teóricos, ejemplo y ejercicio propuesto.

En el capítulo tercero se expresan los requerimientos tanto de recursos humanos como de equipo que necesita el laboratorio; además, presenta la cotización del equipo y una breve explicación para el uso del Microcomputador Ra dio Shack TRS-80 Modelo II.

Con la ayuda de la Licenciada en Pedagogía Blanca Rosa Bautista Melo, en el capítulo cuarto, se evaluó la me todología desarrollada en el capítulo segundo.

En el capítulo quinto, se presentan las conclusiones del desarrollo de este tema, que si bien es extenso, - no es menos apasionante.

C A P I T U L O

1

**LAS PLANTAS INDUSTRIALES EN MEXICO Y LA IMPORTANCIA DE LA
APLICACION DE LA INGENIERIA INDUSTRIAL**

1.1. Situación Actual de Empresas Industriales
en México

Dado que el país se encuentra en una situación económica vulnerable, se considera necesario dar a conocer los problemas y requerimientos que las empresas mexicanas tienen y, además, las posibles alternativas de solución.

En febrero de 1983 se realizó una encuesta a 163 empresas, divididas en dos grupos. El primer grupo está integrado por empresas dedicadas a Bienes de Inversión y contempla las siguientes ramas: Autopartes, Construcción, Llantas y productos de hule, Materiales para construcción, Maquinaria y equipo, Metalurgia, Minería, Muebles y equipo para oficina, Papel y cartón, Productos químicos, Siderurgia y Textiles. El segundo grupo, integrado por las que se dedican a Bienes de Consumo, incluye las ramas de: Alimentos, Automóviles, Cerveza, Jabones y detergentes, Línea blanca y aparatos electrónicos, Ropa y calzado, Productos farmacéuticos, Tabacos y cigarros, Refrescos y Vinos y licores. Se presentarán a continuación los resultados de dicha encuesta:

- En general, los empresarios estiman una mayor caída de la producción y más alta tasa inflacionaria. No obstante, hay consenso de que en 1984 se iniciará la recuperación con: mayores ventas, menor inflación, mejores posibilidades para exportar y más alto aprovechamiento de la capacidad instalada.

- Uno de los más importantes elementos positivos que se mencionaron en la encuesta es el de menores expectativas inflacionarias para 1984. Tal vez porque se toma en cuenta el esfuerzo que se hace para sanear las finanzas públicas, ya que esto se reflejará en un menor crecimiento del déficit presupuestal y se tenderá al equilibrio entre Oferta y Demanda de Bienes y Servicios. Además, se espera mayor abasto de insumos actualmente escasos.

- Otro factor que puede alterar la tendencia actual, según los empresarios entrevistados, es la posibilidad de elevar las exportaciones. En junio de 1982, el 50% de las empresas realizaba ventas fuera del país; en el presente, es el 68% (tabla No. 1.1).

- La baja generalizada en la demanda y los

problemas en la oferta, especialmente en el abastecimiento de insumos importados, son los factores que explican las cifras de ventas para 1983. Sólo 31% de las empresas espera crecimiento regular, 28% se inclina por la baja y, la mayoría, (41%) por nulo o negativo.

Tabla No. 1.1 Actividad Exportadora¹

	Bienes de Inversión	Bienes de Consumo	Total
Empresas que Exportan (%)	78	54	68
Producción destinada a la Exportación (%)	20	10	16

¹ Fuente: BANAMEX

- Para 1984 se preve una reactivación de las ventas; sólo el 9% de las empresas manifestó que tendría crecimiento nulo o negativo. El 52% señaló que sería regular o alto y el resto que podría ser bajo. Las ramas con -

mayor número de empresas que prevén recuperación son: Productos químicos, Siderurgia, Textil, Minería, Materiales para construcción, Jabones y Productos farmacéuticos (tabla No. 1.2).

Tabla No. 1.2 Expectativas de Crecimiento de Ventas
a Precios Constantes, 1983 y 1984
(Porcentaje de Respuesta)²

	Bienes de Inversión	Bienes de Consumo	Total
1983			
Alto o Regular	32	31	31
Bajo	26	31	28
Nulo o Negativo	42	38	41
1984			
Alto o Regular	56	47	52
Bajo	39	39	39
Nulo o Negativo	5	14	9

² Fuente: BANAMEX

Tanto los inventarios de materias primas como de productos terminados se encuentran, en la mayoría de las empresas, en niveles bajos. Se han eliminado existencias de productos terminados al bajar la producción en mayor proporción que la demanda, así como al presentarse dificultades en el abastecimiento de materias primas especialmente importadas.

Sin embargo, en algunas ramas dentro del grupo de Bienes de Inversión los inventarios de productos terminados se encuentran muy por arriba del nivel general, como reflejo de que las ventas han estado por debajo de lo esperado. No es el caso de las materias primas, donde se observa una baja generalizada (tabla No. 1.3).

Para la segunda mitad del año se espera una situación similar a la actual en cuanto al abastecimiento de materias primas, así nacionales como importadas; al parecer, también algunas de las primeras requieren de insumos extranjeros. No obstante, cabe aclarar que estas empresas en promedio, adquieren del exterior 17% de sus materias primas; el resto es nacional. Esta proporción era mayor en años anteriores, cuando no resultaba agudo el

problema de divisas. Las empresas que prevén una mejora en el surtido durante los próximos meses son de las ramas siguientes: Siderurgia, Autopartes, Materiales para construcción, Maquinaria, Automóviles, Aparatos eléctricos, Jabones y Vinos y licores.

Tabla No. 1.3 Nivel de Inventarios de Materias Primas
(Porcentaje de Respuestas)³

	Bienes de Inversión	Bienes de Consumo	Total
Junio de 1982			
Bajo	10	20	15
Normal	49	40	45
Alto	41	40	24
Febrero de 1983			
Bajo	50	35	46
Normal	36	65	54
Alto	14	-	-

³ Fuente: BANAMEX

- El grado de utilización de la capacidad instalada ha disminuido conforme lo ha hecho la demanda y se concluyen nuevas plantas.

El grupo de Bienes de Consumo trabaja al 72% en promedio, mientras que el de Bienes de Inversión lo hace al 65%. Para estos últimos, la situación se torna difícil ya que, generalmente, se trata de cuantiosas inversiones que de no trabajarse a niveles altos, determinan que los costos fijos absorban la rentabilidad. Es en Autopartes y en la rama de Maquinaria y equipo donde existe mayor capacidad ociosa (tabla No. 1.4).

- En lo que respecta a inversiones en Maquinaria y equipo, se esperan dos años con niveles realmente bajos, destinados en su mayoría a mantenimiento, al resultar sobrada la capacidad.

Para 1984 se espera que la reparación de equipos signifique 71% del total y la inversión en equipos nuevos el 29% restante; cifras muy similares a las de 1983, pero diferentes a las de otros años, cuando la de equipos nuevos predominaba.

Tabla No. 1.4 Grado de Utilización Actual
de la Capacidad Industrial⁴

	Bienes de Inversión	Bienes de Consumo	Total
Porcentaje de uso de la Capacidad de Producción			
Junio 1982	79.0	79.6	79.3
Febrero 1983	65.0	72.0	68.0
Número de Turnos			
Junio 1982	2.5	2.1	2.3
Febrero 1983	2.1	2.1	2.1

⁴ Fuente: BANAMEX

- La mano de obra ocupada por las empresas en cuestadas era de 402,500 personas en febrero de este año, cifra que significa una disminución de 28% respecto a Junio de 1982, cuando había más de medio millón de personas empleadas (tabla No. 1.5).

Tabla No. 1.5 Personal ocupado 1981 - 1983
(Número de Personas)⁵

	Bienes de Inversión	Bienes de Consumo	Total
Porcentaje de Variación			
Dic/81 a Jun/82	- 5.4	- 2.9	- 4.6
Junio de 1982	334,385	178,970	513,355
Febrero de 1983	239,865	162,675	402,540
Porcentaje de Variación			
Jun/82 a Feb/83	- 28.2	- 9.0	- 21.5

⁵ Fuente: BANAMEX

Es en las empresas constructoras donde se dió la mayor caída (-52%), si se las excluye, la baja promedio es de 9%. Autopartes, Automóviles, Muebles y equipos de oficina y Materiales para construcción, son los más afectados con descensos un poco mayores del 20%.

No obstante, se espera que en lo que resta de

1983 el desempleo sea menor: sólo en 38% de las empresas - hay planes de disminuir la planta de personal, mientras - que 56% la piensa mantener y 6% incluso la aumentará.

El mayor número de empresas donde no se espera desocupación, está en las ramas Química, Siderurgia, - Textil, Minería, Vinos y licores, Maquinaria y Jabones. - Los casos contrarios son Construcción, Muebles para oficina, Automóviles y Cerveza.

- Se espera que sea la Banca la principal - fuente de financiamiento, al aportar 37% del total requerido. Pero hay indicadores que sugieren que la demanda de - crédito no será de gran magnitud; 60% de la muestra calificó sus necesidades entre regulares y mínimas. Ante la falta de inversión, la mayoría de los recursos se destinará a capital de trabajo. La caída de la producción prevista para este año implica menor demanda de crédito. No obstante, 40% de las empresas piensa que serán grandes sus necesidades, tal vez como consecuencia del pago de deudas en dólares que vencerán este año y por la baja en ventas.

Los pasivos en moneda extranjera representan

el 70% del total y buena parte de ellos (17%) vence a un corto plazo (un año), aun cuando no están produciendo variaciones de las inversiones realizadas con dichos fondos.

Se espera destinar al pago de deudas el 53% de las divisas de que se disponga. Las empresas que tienen mayor plazo para liquidar (después de 1983) se ubican en las siguientes ramas: Siderurgia, Autopartes, Minería y Materiales para construcción. En las que producen Bienes de Consumo, la mayoría de los pasivos caen dentro del corto plazo, excepto en Automóviles y Cigarros.

- Sin duda, las limitantes más graves que vive la industria son las relacionadas con la baja de las ventas, la escasez de divisas y la falta de materias primas; en cuarto término se mencionó el control de precios y el financiamiento (tabla No. 1.6).

Se observa como en las ramas productoras de Bienes de Inversión la caída de la demanda y la escasez de insumos cobran relevancia. En las de Consumo, el control de precios y la falta de divisas son los obstáculos más críticos.

Tabla No. 1.6 Principal Limitante para el Logro
de los Planes en 1983
(Porcentaje de Respuestas)⁶

	Bienes de Inversión	Bienes de Consumo	Total
Declinación de Ventas	40	16	28
Escasez de Divisas	14	16	15
Abastecimiento de			
Materias Primas	18	7	13
Control de Precios	1	24	11
Financiamiento	13	8	11
Restricción de			
Importaciones	8	10	9
<u>Inflación</u>	2	10	6
Falta de Liquidez	2	6	4
Transporte y Puertos	1	-	1
Otros	1	3	2

Se consideró únicamente el problema calificado co
mo número uno, de una escala de cinco.

⁶ Fuente: BANAMEX

Los problemas involucrados con la liquidez de las empresas pueden agruparse en todos aquellos renglones generadores de ingresos: ventas, control de precios, financiamiento y utilidades, entre otros.

La problemática para 1983 se resume en la falta de liquidez de las empresas, que hará que la recuperación sea más lenta y difícil.

- No obstante que existen problemas que afectan la actividad industrial, en particular de algunas ramas en las que la producción ha descendido en forma marcada, - hay medidas de emergencia tomadas por la nueva administración a fin de apoyar a las empresas, sobre todo para elevar su rentabilidad y liquidez. Estas son, entre otras, - las siguientes:

- a) Créditos a sectores prioritarios.
- b) Liberación de precios.
- c) Política salarial moderada.
- d) Ajustes de control de cambios.
- e) Disminución del nivel arancelario para insumos importados.

Otras más, intentan que la demanda y el empleo no decaigan a niveles críticos. Destacan la reorientación del gasto público hacia el mercado interno y un programa - para crear empleos.

- En cuanto al problema de la exportación, el pasado 6 de abril, se publicó en el Diario Oficial de la - Federación, un acuerdo que exime del requisito previo a la exportación de mercancías comprendidas en 294 fracciones arancelarias. Otro avance importante resultó ser la instau ración del sistema de ventanilla única en el Instituto Me- xicano de Comercio Exterior (IMCE), a través de convenios entre distintas dependencias del Sector Público, para for- talecer la colaboración en materia de apoyo y trámites di- versos a la exportación. Asimismo, la Secretaría de Salu-- bridad y Asistencia ha eximido del requisito de aprobación previa de exportación a 10,000 productos aproximadamente. Además, los trámites de autorización sanitaria se han redu cido con relación a los 15 días que antes se demoraban.

Para el problema de la baja demanda, los -- empresarios han buscado nuevos mercados, principalmente la zona fronteriza del norte, tanto por lo que se refiere a

compradores nacionales (maquiladoras), como por los estadounidenses que buscan abastecerse de manera creciente con artículos producidos aquí. Esto se debe a una política -- cambiaría que se traduce en condiciones favorables para la competitividad de nuestros productos en el exterior, así -- como, por la recuperación económica que han empezado a mostrar los Estados Unidos, nuestro principal comprador y -- otros países industrializados.

- En algunas ramas proveedoras de otras existe la posibilidad de producir partes y bienes para el mercado de refacciones o de mantenimiento de unidades en operación, las cuales se tratará de alargar en durabilidad y uso. Con lo que respecta a las materias primas, el 26.2% de las empresas van a producir a corto plazo los bienes -- que actualmente importan.

- Otro factor de aliento consiste en que se -- ha brindado a la empresa privada un instrumento idóneo para renegociar su deuda con proveedores y con Bancos del ex -- terior, a través de los programas del Fideicomiso para la Cobertura de Riesgos Cambiarios (FICORCA), que puede aliviar su situación financiera y mejorar el suministro de ma --

teriales foráneos, ante la mayor disponibilidad de divisas y la gradual liberación de importaciones.

- Ante la situación de la falta de liquidez y con el objeto de contar con el suficiente dinero para pagar sus deudas, se han tomado las medidas siguientes: - agilizar la cobranza, reducir los gastos administrativos, disminuir el personal, reducir las ventas a crédito y bajar los inventarios.

1.2. La Importancia de la Aplicación de la Ingeniería Industrial

Como se mencionó en el tema anterior, la industria mexicana y en general el país se encuentran frente a una problemática que, si bien no es imposible resolver, solamente la solucionaremos si todos, en la medida de nuestras posibilidades y capacidades, actuamos con ética y responsabilidad.

Es aquí, donde la Ingeniería y en especial la Industrial, tiene un gran campo de acción, dado que algunos de los problemas que aquejan a las empresas mexicanas, pueden ser solucionados parcial o totalmente.

Por consiguiente, se requiere de una participación activa del Ingeniero Industrial y lo que es más, de su ingenio y experiencia para poder no sólo mantener lo que tenemos, sino crear nuestra propia tecnología.

A continuación se presentarán algunas aplicaciones de la Ingeniería Industrial tendientes a resolver la situación de la industria en México.

Dado que se preve que un alto porcentaje del capital destinado a equipo, se asignará a mantenimiento, el Ingeniero Industrial puede realizar un programa preventivo - adecuado, con objeto de utilizar más eficientemente estos recursos.

Con lo que respecta al porcentaje asignado a equipos nuevos, el Ingeniero, con los conocimientos tecnológicos que posee, puede alcanzar hasta un 15% de ahorro en las adquisiciones, si en vez de esperar que le vengán a vender, salíese a seleccionar lo que desea comprar en las mejores condiciones para la empresa y en general para el país.

En lo que se refiere a la mano de obra y debido a que se ha reducido el número de empleados, el Ingeniero Industrial aplicando sus conocimientos sobre Ingeniería de Métodos (Estudio del Trabajo y Análisis de Tiempos y Movimientos) posibilitará el incremento de la productividad de los empleados y, por consiguiente, de la compañía.

Por último, y dado que se preven mayores ventas para el próximo año debido a la recuperación de algunas ra

mas de la industria y principalmente a nuevos mercados internacionales, es necesario incrementar el aprovechamiento de la capacidad instalada, además de hacerla más eficiente.

Con objeto de hacer un análisis del aprovechamiento de los recursos disponibles para el funcionamiento de una Planta Industrial, la presente tesis lo realiza en dos secciones.

La primera sección trata sobre la Localización de Planta y presenta un estudio de: los factores a considerar, los métodos para la obtención de los datos (Pronóstico de Demanda y Centro de Mercado), un método para evaluar las alternativas (Suma de Ganancias y Costos) y, al final, se expone una secuencia para la determinación del tamaño de la Planta.

La segunda corresponde a lo que se conoce como -- Layout o Distribución de Planta, la cual se inicia con la determinación del número de máquinas y el área que van a ocupar; después se procede a seleccionar el tipo de distribución más adecuado para la empresa en particular, con ayuda del Análisis ABC y el Método del Punto de Equilibrio,

Se realiza la distribución detallada utilizando los correspondientes diagramas, el Método de los Eslabones y el Método CRAFT. Al final, se presenta el Método del Camino Crítico como herramienta para la construcción de la Planta.

C A P I T U L O

2

DESARROLLO DE LAS PRACTICAS

2.1. Localización de Planta

INTRODUCCION

Se considera que el problema de Localización de -
Planta se presenta sólo de vez en cuando y es probable que
los dirigentes de algunas compañías lo tomen así, pero, -
considerando nuestra situación actual, tan cambiante y di-
námica, se puede asegurar que los estudios de Localización
de Planta deben ser continuos en empresas que pretendan -
perpetuarse en el tiempo.

El objetivo de esta sección es, por lo tanto, opti-
mizar los parámetros que se utilizan para la Localización
de Planta, considerando los factores de interés de la fir-
ma, de tal forma que se tratará de llegar a una ubicación
ideal, llamada así, porque en ella los costos de producción
y distribución son mínimos y los precios y volúmenes de ven-
ta darán los mayores beneficios.

Debido a que el continuo cambio de los factores, -
puede económicamente aconsejar nuevas localizaciones o ex-

pansiones, surgen las alternativas siguientes:

- a) En lugar de ampliar las instalaciones físicas, aumentar la maquila (para lograr una expansión general.
- b) Ampliar la Planta existente, si ello es posible.
- c) Conservar la Planta existente y construir una segunda en otro lugar.
- d) Localizar todo en una Planta nueva.

Por lo común, las empresas eligen las alternativas "a" o "b", pero como ya se ha dicho, una localización que inicialmente sea buena no tiene porque seguir siéndolo a través de los años.

Por lo tanto, el problema de la Localización de Planta puede definirse como la determinación del lugar que, considerando todos los factores, ocasionará el costo mínimo entregado al cliente del producto a fabricarse.

En esta sección se analizarán las herramientas necesarias para poder determinar el Estado, la zona y el te-

rreno más idóneo para cada empresa en particular.

PRINCIPIOS DE LOCALIZACION

Antes de elegir algún método, se deben establecer los siguientes principios:

- 1.- Determine objetivamente los requerimientos de la Planta.
- 2.- Fije en forma objetiva las características del lugar que puedan afectar la eficacia de las operaciones después de la Localización.
- 3.- Separe los estudios de Localización General de los estudios del lugar.
- 4.- Siga una secuencia de lo general a lo particular, es decir, primero determine el Estado, después el Municipio y por último el lugar.

Como se puede observar, el problema de la Localización de Planta requiere de un Grupo Interdisciplinario (In

investigadores de Mercado, Economistas, Ingenieros, Investigadores de Operaciones, Analistas Financieros, Sociólogos y otros), debido a que cada uno de los componentes (factores) afecta a los demás y es afectado por ellos. Es imprescindible que el principal Coordinador (Director) aplique reglas y técnicas de análisis y diseño de sistemas con el fin de equilibrar las interacciones para llevar al grado óptimo la eficacia del sistema en su totalidad y no de los componentes aislados.

2.1.1. Evaluación de los factores que intervienen
en la Localización de Planta

Objetivo

Comparar diversas Localizaciones con respecto a - los factores en base a puntaje (cualitativamente) y no valor monetario (cuantitativamente), ya sea que éstos no puedan fijarse (subjetivos) o que el costo de tal operación - fuese prohibitivo.

Conceptos Teóricos

Cuando se trata de determinar el lugar donde se - ubicará la Planta, es recomendable obtener informes de índole general y no específicos, debido a que esto significa una pérdida de recursos, tanto económicos como de tiempo.

Los principales factores que intervienen en el Análisis Regional son:

- 1.- Características de la comunidad y del lugar
- 2.- Financiamiento
- 3.- Mano de obra
- 4.- Materia prima
- 5.- Mercado
- 6.- Políticas y Legislación
- 7.- Servicios Públicos
- 8.- Suministros
- 9.- Transporte

Obviamente, cada firma en particular ponderará los factores de forma tal, que el factor más importante tenga un peso mayor.

Conforme se vaya limitando el área de localización, cada uno de estos factores principales debe dividirse en subfactores, con el objetivo primordial de minimizar costos o maximizar ganancias.

Hay que aclarar que cualquier lista de factores, por larga que fuese, tiene que ser incompleta, debido a que las consideraciones difieren de una firma a otra. Por

otra parte, es un desatino considerar todos los factores - en el estudio de un sólo proyecto, debido a que el costo y el tiempo llegarían a ser prohibitivos.

Cabe señalar que, la decisión respecto a la zona - es en primer lugar de índole económica, basada en características económicas o de costos actuales y futuros. Por lo tanto, la elección del sitio no puede corregir los errores cometidos cuando se escogió la región. Si se elige una zona inferior, no se ha de encontrar el mejor lugar, sino - tan sólo el mejor dentro de los límites regionales previamente definidos.

Una investigación de los sitios específicos disponibles, deberá hacerse únicamente después de haber elegido la localidad que mejor combine los factores significati--vos.

Por último, la decisión de Ingeniería no debe verse afectada por la belleza del lugar o un hermoso edificio, prescindiendo de los factores económicos, debido a que esto ha llevado a cometer la mayor cantidad de errores en - cuanto a la ubicación de Plantas.

TABLA FACTOR - PESO - ALTERNATIVA

El Ingeniero Industrial al realizar el Análisis de Localización, trata de minimizar la suma de todos los costos a los que afecta ésta. Sin embargo, no sólo piensa en términos de los costos actuales, sino también en términos de los costos a mediano y largo plazo, de modo que le interesan los factores intangibles que puedan influir en los costos futuros. Por lo tanto, mientras que un análisis del costo comparativo de varias localizaciones aconseja la -- elección de una comunidad, una evaluación de los factores intangibles puede inclinar la decisión en favor de otra.

Ruddel Reed, Jr., en la obra Localización, "Layout" y Mantenimiento de Planta establece cuatro procedimientos generales de evaluación de factores:

- 1.- Asignar pesos iguales a todos los factores y evaluar cada localización según la escala de factores.
- 2.- Señalar pesos variables a cada factor y evaluar cada localización según la escala de factores.

- 3.- Fijar pesos variables a cada factor. En este caso, las localizaciones se clasifican de acuerdo a una escala común para cada uno. El puntaje que se ha de asignar a cada lugar según los factores, se obtiene entonces, multiplicando la clasificación de cada factor por el peso que se le dió.
- 4.- Establecer una escala subjetiva común a todos los factores. Conceder a cada uno puntajes de acuerdo con esa escala. Clasificar la localización según la escala subjetiva y asignar a cada factor un puntaje según la clasificación subjetiva.

En la mayoría de los casos no se hace tentativa alguna de establecer una relación directa entre valor de puntaje y los valores de costos. Esto incumbe en realidad a la dirección. El analista de Localización presenta a la dirección los resultados relativos a los costos y a los datos intangibles y recomienda posibles alternativas. Si existe la posibilidad de asignar valores monetarios, el -

factor debería manejarse como factor de costos y sólo los intangibles tendrían que evaluarse su función de un plan de clasificación. Así se obtiene un máximo de datos para las decisiones de la dirección.

Se utilizará el tercer método por considerarlo más práctico y de uso más general. Para aplicar este método se deben seguir los pasos que a continuación se enumeran:

- 1 - Seleccionar los factores más importantes para la firma.
- 2.- Dar un peso relativo a cada factor. Puede tomarse una escala de 1 a 5. El factor más importante tendrá el peso más al to.
- 3.- Analizar cada una de las localizaciones con objeto de calificar (en forma subjetiva) en qué grado cumplen con el factor. Se aplica la escala, 5 si cumple de manera excelente, 1 si no cumple con dicho factor.
- 4.- Se multiplica la calificación por el peso relativo.

5.- Se suman los resultados. La localización más adecuada será la que tenga el resultado mayor.

Aunque habrá errores en la apreciación de los requisitos y condiciones del futuro, la utilización de este método aumentará la probabilidad de elegir la mejor localización para cumplir las necesidades de la firma. Cabe señalar que la evaluación en la que entra el juicio, debe en cargarse a la persona mejor calificada para ello.

Ejemplo

Una firma desea localizar una planta de mezcla de abonos, fertilizantes e insecticidas. Se consideraron seis lugares como factibles para cubrir el objetivo de la compañía.

1.- Los factores que la empresa consideró fueron;

- Clima
- Mano de Obra
- Materia Prima
- Mercado
- Transporte

2.- Les asignó los pesos relativos de 1, 3, 5, 4 y 4, respectivamente.

3.- La escala para calificar a las alternativas fue la siguiente:

Excelente	5
Muy Bueno	4
Bueno	3
Regular	2
Deficiente	1

4.- Ver tabla 2.1

5.- Por lo tanto, la Localización más adecuada es la alternativa A.

Tabla No. 2.1 Evaluación de las alternativas.

		ALTERNATIVAS					
FACTOR	PESO	A	B	C	D	E	F
1 Clima	1	2/2	2/2	1/1	5/5	1/1	2/2
2 Mano de obra	3	4/12	4/12	1/3	1/3	1/3	4/12
3 Materia prima	5	3/15	3/15	2/10	2/10	2/10	2/10
4 Mercado	4	5/20	5/20	2/8	5/20	5/20	5/20
5 Transporte	4	3/12	2/8	2/8	3/12	2/8	3/12
Total		61	57	30	50	42	56

Ejercicio Propuesto

Localizar una fábrica de acero. Considere por lo -
menos cinco lugares y siete factores, enúncielos y justifiq
quelos.

Determine la mejor Localización en base a lo ante-
riormente expuesto.

2.1.2 Pronóstico de la Demanda

Objetivo

Pronosticar la demanda en base a diferentes métodos, con el fin de poder elegir aquel que se ajuste más a los datos, es decir, que tenga un error mínimo.

Conceptos Teóricos

Debido a que existen varias concepciones de la palabra pronóstico, he considerado pertinente especificar el significado que tiene en esta tesis.

Pronóstico es la proyección del pasado hacia el futuro.

Esta proyección se logra obviamente basándose en datos históricos de la compañía o productos considerados.

Por lo que respecta a la demanda, Philip Kotler, en su libro "Dirección de Mercadotecnia", la clasifica en

tres niveles (ver gráfica No. 2.1), que son:

1. NIVELES DE PRODUCTOS

- a) Unidad de producto
- b) Clase de producto
- c) Línea de producto
- d) Ventas de la compañía
- e) Ventas de la industria
- f) Ventas totales

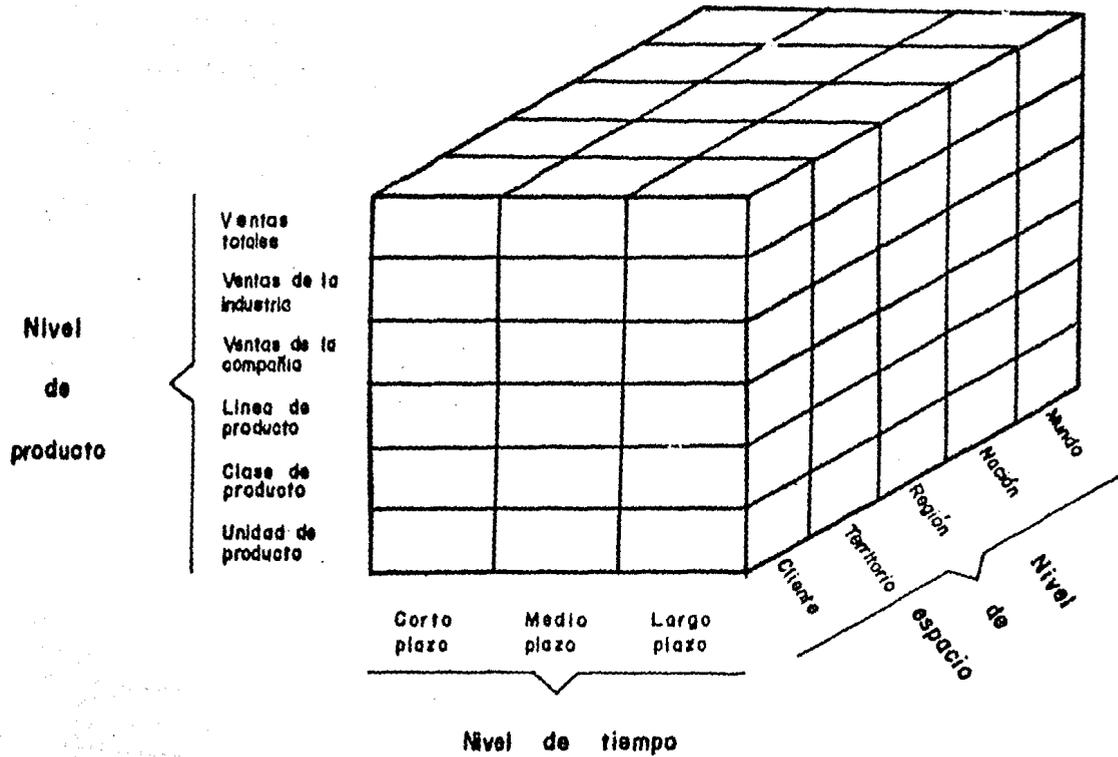
2. NIVELES DE ESPACIO

- a) Cliente
- b) Territorio
- c) Región
- d) Nación
- e) Mundo

3. NIVELES DE TIEMPO

- a) Corto plazo
- b) Medio plazo
- c) Largo plazo

Gráfica No. 2.1 Noventa tipos de medida de la demanda (3 X 6 X 5).



Kotler define la demanda del mercado de la siguiente forma:

"La demanda del mercado de un producto es el volumen total que podría comprar un grupo - de clientes en determinada área geográfica, durante cierto período de tiempo, en un medio comercial definido, según un programa - de Mercadotecnia determinado" *

FINALIDAD

La finalidad de un sistema de pronósticos es proporcionar retroalimentación de información en forma rápida y lo más acertada posible. Algunas de las áreas que requieren esta información en las empresas son:

- a) Compras
- b) Finanzas
- c) Ingeniería Industrial
- d) Ingeniería del producto
- e) Planeación y control de la producción
- f) Producción
- g) Ventas

* Philip Kotler, "Dirección de Mercadotecnia. Análisis, Planeación y Control" (México: Diana, 1979), pág. 255.

TIPOS DE PRONOSTICOS

Existen tres tipos de pronósticos debido a que tienen diferente duración y objetivo, estos son:

1. Pronósticos a corto plazo o de futuro inmediato. Se utilizan para las operaciones corrientes (hasta 3 años).
2. Pronósticos a mediano plazo o de futuro intermedio. Se emplean para determinar las capacidades requeridas de equipo, mano de obra y materias primas (de 3 a 5 años).
3. Pronósticos a largo plazo. Se usan para la determinación de una nueva localización de la planta, capacidad de ésta y de los almacenes, tanto de materia prima como de producto terminado y en algunos casos, también de producto semiprocesado, y además, en el cambio de la composición de líneas de productos o servicios y en la explotación de nuevos productos (de 5 años en adelante).

Los pronósticos de demanda son, por lo general, -
realizados por personas entrenadas en la aplicación de téc
nicas especiales. El empleo de estas herramientas, no eli-
mina los errores del pronóstico, pero puede reducir su mag-
nitud. Por tanto, es necesario que se tomen en considera-
ción las condiciones internas y externas de la empresa, -
por ejemplo:

- a) Avances y tendencias tecnológicas
- b) Cambio de Gobierno
- c) Decretos
- d) Desarrollo económico del país
- e) Devaluación de la moneda
- f) Información sobre otras industrias simila
res
- g) Introducción o promoción de los productos
de la empresa
- h) Nivel de salarios
- i) Nuevos materiales
- j) Nuevos productos
- k) Preferencias y tendencias de los consumi-
dores

Como vemos, el resultado de un pronóstico es afectado por un sinnúmero de factores, de los cuales algunos - contribuirían grandemente al efecto de la demanda, mientras que otros tendrían poca importancia. Además, hay que considerar que la predicción de los factores en algunos casos - sería fácil, mientras que en otros no.

Por lo tanto, para lograr una estimación más acertada es mejor dar un intervalo de valores, que un número - específico. Si los pronósticos se formulan como un intervalo de valores, la atención se concentra en el hecho de que todos los planes deben ser lo suficientemente flexibles para adaptarse a las variaciones de los pronósticos. Además, hay que tener presente que los pronósticos serán más ine--xactos a medida que tratemos de determinar la demanda de - períodos más lejanos.

TIPOS DE VARIACIONES

La demanda presenta cuatro diferentes variaciones que son:

- a) Variaciones debidas a la tendencia.

Son aquellas que resultan del aumento o disminución continuo de la demanda de la empresa.

b) Variaciones Cíclicas.

Son las que se repiten cada determinado período de tiempo.

c) Variaciones Estacionales.

Es un tipo especial de variación cíclica para la cual el ciclo es aproximadamente igual a un año. Este tipo de variaciones se observan siempre en los mismos meses o en las mismas estaciones del año.

d) Variaciones al Azar.

Son todas las variaciones que se producen en forma indeterminada.

MÉTODOS PARA LA ELABORACION DE LOS PRONOSTICOS

Los métodos para pronosticar la demanda se dividen en;

A. Cualitativos

B. Cuantitativos

Los cualitativos son los utilizados por Mercadotecnia, en Producción son empleados los cuantitativos los cuales se subdividen en:

1. A corto plazo
2. A largo plazo

Dentro de los métodos más importantes a corto plazo se encuentran los siguientes:

- a) Promedio móvil simple de m términos, siendo m un número entero mayor o igual a uno y menor o igual al número total de datos.
- b) Promedio ponderado exponencialmente, con $0 < \alpha < 1$.

Los métodos a largo plazo son los que se utilizarán, por lo que se explicarán con mayor detalle.

MÉTODOS DE PRONOSTICOS A LARGO PLAZO

Debido a que la tendencia es lo importante en los pronósticos a largo plazo, se utilizará el análisis de regresión con el objeto de determinarla. En dicho análisis -

se utiliza el método de mínimos cuadrados con el fin de -
ajustar los datos a una función, siendo algunas de ellas -
las siguientes:

- a) Línea Recta
- b) Curva Exponencial
- c) Curva de Potencia
- d) Curva Logarítmica
- e) Parábola
- f) Polinomial

El grado de complejidad en la aplicación del método de mínimos cuadrados y por lo tanto el tiempo invertido en la obtención de la estimación deseada, es mayor conforme se avanza en la anterior lista de funciones, es decir, el método más complejo es el de la función polinomial y el más sencillo es el de la línea recta.

Debido a que las tres primeras funciones son las -
más usadas, se analizarán a continuación,

- a) Método de Mínimos Cuadrados.
Línea Recta.

Función

$$Y = a + b X$$

- donde X es la variable independiente (tiempo)
 Y es la variable dependiente (demanda - del mercado)
 a es la ordenada al origen (constante)
 b es la pendiente de la recta (coeficiente de regresión)

Fórmulas

$$S_{xy} = \frac{1}{n-1} \left[\sum X_i Y_i - \frac{1}{n} (\sum X_i) (\sum Y_i) \right]$$

$$S_x^2 = \frac{1}{n-1} \left[\sum X_i^2 - \frac{1}{n} (\sum X_i)^2 \right]$$

$$b = \frac{S_{xy}}{S_x^2}$$

$$a = \frac{\sum Y_i - b \sum X_i}{n}$$

- donde S_{xy} es la covariancia de la muestra
 S_x^2 es la variancia de los valores de X
 n es el número total de datos.

b) Método de Mínimos Cuadrados.

Curva Exponencial

Función

$$Y = a b^X$$

donde X es la variable independiente

Y es la variable dependiente

a, b constantes

Fórmulas

$$S_{XY} = \frac{1}{n-1} \left[\sum X_i \text{Log } Y_i - \frac{1}{n} (\sum X_i) (\sum \text{Log } Y_i) \right]$$

$$S_x^2 = \frac{1}{n-1} \left[\sum X_i^2 - \frac{1}{n} (\sum X_i)^2 \right]$$

$$B = \frac{S_{XY}}{S_x^2}$$

$$a = \left[\frac{\sum \text{Log } Y_i - B \sum X_i}{n} \right]$$

$$b = \text{Antilog } (B)$$

donde S_{XY} es la covariancia de X y Log Y
de la muestra

S_x^2 es la variancia de los valores de X

n es el número total de datos

c) Método de Mínimos Cuadrados

Curva de Potencia

Función

$$Y = a X^b$$

donde X es la variable independiente

Y es la variable dependiente

a es constante

b es la potencia

Fórmulas

$$S_{xy} = \frac{1}{n-1} \left[\sum \text{Log } X_i \text{ Log } Y_i - \frac{1}{n} (\sum \text{Log } X_i) (\sum \text{Log } Y_i) \right]$$

$$S_x^2 = \frac{1}{n-1} \left[\sum (\text{Log } X_i)^2 - \frac{1}{n} (\sum \text{Log } X_i)^2 \right]$$

$$b = \frac{S_{xy}}{S_x^2}$$

$$a = \text{Antilog} \left[\frac{\sum \text{Log } Y_i - b \sum \text{Log } X_i}{n} \right]$$

donde S_{xy} es la covariancia de los logaritmos de la muestra

S_x^2 es la variancia de los valores de Log X

n es el número total de datos

CRITERIO PARA SELECCIONAR LA FUNCION QUE MAS
SE AJUSTA A LOS DATOS.

Análisis de Correlación.

El análisis de correlación determina el grado de -
relación que existe entre las variables que se consideran,
con la ayuda del coeficiente de correlación.

La fórmula para calcularlo es la siguiente:

$$r = \frac{S_{xy}}{S_x S_y}$$

donde S_y toma los siguientes valores dependiendo -
de la función que se analice:

Función Línea Recta

$$S_y^2 = \frac{1}{n-1} \left[\sum Y_i^2 - \frac{1}{n} (\sum Y_i)^2 \right]$$

donde S_y^2 es la variancia de los valores de Y .

Función Curva Exponencial y Función Curva de Potencia

$$S_y^2 = \frac{1}{n-1} \left[\sum (\text{Log } Y_i)^2 - \frac{1}{n} (\sum \text{Log } Y_i)^2 \right]$$

donde S_y^2 es la variancia de los valores de Log Y.

Para determinar cuál es la función que más se ajusta a los datos se elige aquel coeficiente de correlación (r) cuyo valor absoluto sea mayor, es decir, el más cercano a 1.

La tabla No. 2.2 da el porcentaje de certeza de que el coeficiente de correlación existe para un número de datos N.

Esta tabla proporciona la siguiente información, por ejemplo: si disponemos de 12 datos, el coeficiente de correlación tiene que ser mayor de 0.708 para que haya una probabilidad del 99% de que la correlación no existe por

Tabla No. 2,2 Porcentaje de Certeza del
Coeficiente de Correlación⁷

N	95%	99%	N	95%	99%
10	0.632	0.765	40	0.312	0.403
12	0.576	0.708	42	0.304	0.393
14	0.532	0.661	44	0.297	0.384
16	0.497	0.623	46	0.291	0.376
18	0.468	0.590	48	0.284	0.368
20	0.444	0.561	50	0.279	0.361
22	0.423	0.537	60	0.254	0.330
24	0.404	0.515	70	0.235	0.306
26	0.388	0.496	80	0.220	0.287
28	0.374	0.479	100	0.197	0.256
30	0.361	0.463	150	0.161	0.210
32	0.349	0.449	200	0.139	0.182
34	0.339	0.436	400	0.098	0.128
36	0.329	0.424	1000	0.062	0.081
38	0.320	0.413			

⁷ Fuente: W.J. DIXON y F.J. MASSEY,
"Introduction To Statistical Analysis"
(USA, McGraw-Hill, 1957)

casualidad. Si el coeficiente de correlación es mayor de - 0.576 pero menor de 0.708, hay una probabilidad del 95% de que la correlación no existe por casualidad.

CRITERIOS PARA DETERMINAR LOS INTERVALOS DE CONFIANZA

Dentro de los criterios más utilizados para determinar los intervalos de confianza se encuentran los siguientes:

- a) Desviación Estándar
- b) Desviación Estándar Media
- c) Media de una Distribución Normal cuya variancia es conocida
- d) Coeficiente de Regresión

- a) Desviación Estándar

Determinación de un intervalo de confianza en base a la desviación estándar.

1er. Paso; Calcular la desviación estándar de la muestra.

$$T = \left[\frac{\sum (Y_i - Y_{pi})^2}{n - 1} \right]^{1/2}$$

donde Y_i es el dato de la demanda

Y_{pi} es la cantidad pronosticada para el año i

n es el número total de datos. Si n es mayor de 20 se utiliza el factor (n) en vez de factor $(n-1)$.

2o. Paso; Determinar el coeficiente T en base de la tabla No. 2.3.

3er. Paso; El intervalo de confianza es

$$Y \pm CT$$

donde Y es el pronóstico

C es el coeficiente de T

Tabla No. 2.3 Probabilidad de Ocurrencia para las Desviaciones del Valor medio de la Curva de Distribución Normal

Desviación	Probabilidad de que los resultados caigan dentro de la desviación especificada	Porcentaje Aproximado
<u>±</u> 0.6745	1 en 2	50.0000
<u>±</u> 1.0000	2.15 en 3.15	68.2540
<u>±</u> 2.0000	21 en 22	95.4545
<u>±</u> 3.0000	369 en 370	99.7297

b) Desviación Estándar Media

Determinación de un intervalo de confianza en base a la desviación estándar media.

1er. Paso; Calcular V de la muestra

2o. Paso; Calcular

$$V_m = \frac{V}{\sqrt{n}}$$

3er. Paso; El intervalo de confianza es

$$Y \pm V_m$$

c) Media de una distribución normal cuya varian-
cia es conocida

Determinación de un intervalo de confianza para la media de una distribución normal con variancia conocida -

$$V^2$$

1er. Paso; Elegir un nivel de confianza δ
(95%, 99%, o uno semejante)

2o. Paso; Determinar la C correspondiente

δ	0.90	0.95	0.99	0.999
C	1.645	1.960	2.576	3.291

3er. Paso; Calcular

$$K = \frac{C \sqrt{V}}{n}$$

4o. Paso; El intervalo de confianza es

$$Y \pm K$$

d) Coeficiente de regresión

Suponemos que:

A1) Para cada X fija la variable Y es normal con media $A + B X$ y variancia V^2 (no dependiente de X) y

A2) Los n datos que forman la muestra son in dependientes.

Pasos para determinar el intervalo de confianza para el coeficiente de regresión b bajo las suposiciones (A1) y (A2).

1er. Paso; Se escoge un nivel de confianza γ (95%, 99%, o alguno semejante).

2o. Paso; Se determina la solución de la ecuación

$$F(c) = \frac{1}{2} (1 + \gamma)$$

con la ayuda de la tabla de la Distribución t de Student (ver Apéndice A.1) con $n-2$ grados de libertad (n = tamaño de la muestra), se obtiene el valor de C .

3er. Paso; Se calcula

$$q = (n - 1) (s_y^2 - b^2 s_x^2)$$

Las fórmulas para Sx^2 , Sy^2 y b fueron establecidas para cada función.

4o. Paso; Se calcula

$$K = C \sqrt{\frac{q}{(n-2)(n-1)Sx^2}}$$

5o. Paso; El intervalo de confianza es

$$b \pm K$$

CRITERIOS DE EVALUACION DEL ERROR

Existen varios procedimientos para evaluar el error debido a la diferencia entre el pronóstico y el dato de la demanda, éstos son:

- a) Error Medio
- b) Error Medio Absoluto
- c) Error Absoluto Porcentual

a) Error Medio (Em)

$$Em = \frac{\sum Ei}{n}$$

donde $Ei = Yi - Ypi$

Yi es el dato de la demanda

Ypi es la cantidad pronosticada para el
año i

n es el número total de datos

b) Error Medio Absoluto (Ema)

$$Ema = \frac{\sum |Ei|}{n}$$

c) Error Absoluto Porcentual (Eap)

$$Eap (\%) = \frac{\sum |Ei|}{\sum Yi} \times 100$$

Ajuste del Error Absoluto Porcentual

Eap	Ajuste
De 0 a menos de 5%	Bueno
De 5% a menos de 10%	Regular
De 10% en adelante	Malo

Observación; Obviamente lo que se busca es que los anteriores errores tengan los valores más bajos.

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR UN PRONOSTICO A LARGO PLAZO

1.- Se calcula el coeficiente de correlación de diferentes funciones y se elige aquella que tenga en valor absoluto el número mayor.

2.- Se elabora el pronóstico en base a la función seleccionada.

3.- Se determinan los intervalos de confianza.

4.- Se evalúan los errores.

5.- El pronóstico a largo plazo es el rango comprendido entre el intervalo inferior y el superior.

Ejemplo

Se tienen las ventas totales de automóviles del período comprendido entre 1970 y 1977. Se desea conocer las ventas probables para el año 1983.

AÑO	VENTAS ⁸ (MILES)
1970	133
1971	149
1972	164
1973	178
1974	234
1975	231
1976	199
1977	194

⁸ Fuente: A.M.I.A.

1o. Se calculan los valores de las variables (ver tabla núm. 2.4).

2o. Se evalúa el coeficiente de correlación para cada función, con objeto de elegir aquella que más se ajuste a los datos.

a) Línea Recta

$$S_{xy} = \frac{1}{7} \left[7136 - \frac{1}{8} (36) (1482) \right] = 66.7143$$

$$S_x^2 = \frac{1}{7} \left[204 - \frac{1}{8} (36)^2 \right] = 6$$

$$S_y^2 = \frac{1}{7} \left[283824 - \frac{1}{8} (1482)^2 \right] = 1326.2143$$

$$r = \frac{66.7143}{\sqrt{6} \sqrt{1326.2143}} = \underline{\underline{0.7479}}$$

b) Curva Exponencial

$$S_{xy} = \frac{1}{7} \left[82.5387 - \frac{1}{8} (36) (18.0818) \right]$$

Tabla No. 2,4 Tabulación de las Variables

AÑO	X_i	Y_i	$X_i Y_i$	X_i^2	Y_i^2	Log Y_i	X_i Log Y_i
1970	1	133	133	1	17689	2.1239	2.1239
1971	2	149	298	4	22201	2.1732	4.3464
1972	3	164	492	9	26896	2.2148	6.6445
1973	4	178	712	16	31684	2.2504	9.0017
1974	5	234	1170	25	54756	2.3692	11.8461
1975	6	231	1386	36	53361	2.3636	14.1817
1976	7	199	1393	49	39601	2.2989	16.0920
1977	8	194	1552	64	37636	2.2878	18.3024
TOTAL	36	1482	7136	204	283824	18.0818	82.5387

Tabla No. 2.4 Tabulación de las Variables (Continuación)

AÑO	Xi	Yi	Log Xi	Log Xi Log Yi	Log Xi ²	Log Yi ²
1970	1	133	0.0000	0.0000	0.0000	4.5110
1971	2	149	0.3010	0.6541	0.0906	4.7228
1972	3	164	0.4771	1.0567	0.2276	4.9059
1973	4	178	0.6021	1.3549	0.3625	5.0643
1974	5	234	0.6990	1.6560	0.4886	5.6131
1975	6	231	0.7782	1.8392	0.6056	5.5866
1976	7	199	0.8451	1.9428	0.7142	5.2849
1977	8	194	0.9031	2.0661	0.8156	5.2340
TOTAL	36	1482	4.6056	10.5698	3.3047	40.9221

$$S_{xy} = 0.1672$$

$$S_x^2 = \frac{1}{7} \left[204 - \frac{1}{8} (36)^2 \right] = 6$$

$$S_y^2 = \frac{1}{7} \left[40.9221 - \frac{1}{8} (18.0818)^2 \right] = 0.0076$$

$$r = \frac{0.1672}{\sqrt{6} \sqrt{0.0076}} = \underline{\underline{0.7834}}$$

c) Curva de Potencia

$$S_{xy} = \frac{1}{7} \left[10.5698 - \frac{1}{8} (4.6056) (18.0818) \right]$$

$$S_{xy} = 0.0229$$

$$S_x^2 = \frac{1}{7} \left[3.3047 - \frac{1}{8} (4.6056)^2 \right] = 0.0933$$

$$S_y^2 = \frac{1}{7} \left[40.9221 - \frac{1}{8} (18.0818)^2 \right] = 0.0076$$

$$r = \frac{0.0229}{\sqrt{0.0933} \sqrt{0.0076}} = \underline{\underline{0.8591}}$$

Debido a que el coeficiente de correlación es mayor para la curva de potencia, se efectuará la estimación con dicha función (ver gráfica No. 2.2),

$$b = \frac{0.0229}{0.0933} = 0.2454$$

$$a = \text{Antilog} \left[\frac{18.0818 - 0.2454 (4.6056)}{8} \right]$$

$$a = 131.4990$$

Por lo tanto

$$Y = 131.4990 X^{0.2454}$$

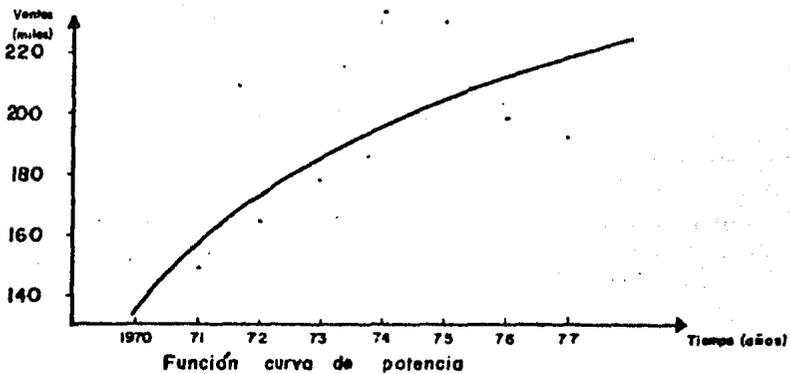
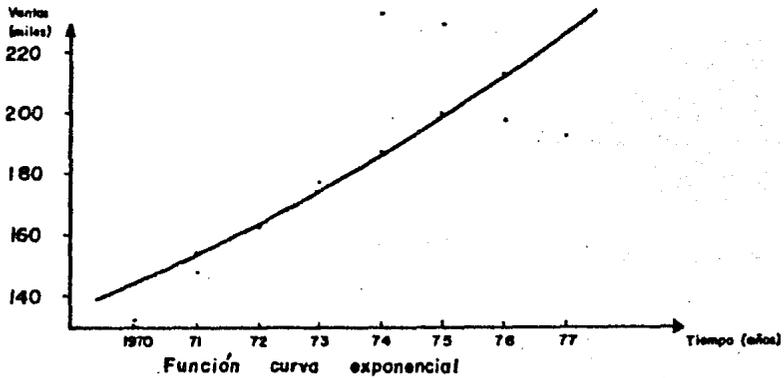
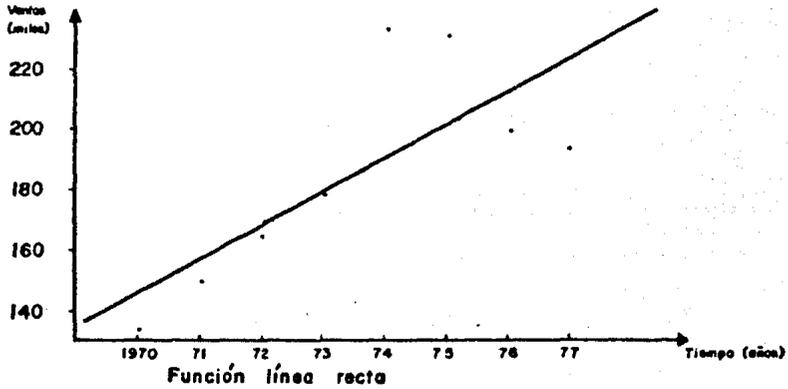
3o. El pronóstico para el año 1983, o sea $X = 14$ es

$$Y (14) = 131.4990 (14)^{0.2454}$$

$$Y (14) = 251.2941 \quad \text{miles de automóviles}$$

4o. Se calcula el intervalo de confianza. La práctica demuestra que el mejor criterio para determinarlo es el del coeficiente de regresión. Por tanto se procederá a -

Gráfica No. 2.2 Gráficas comparativas de correlación.



calcularlo para un $\delta = 95\%$

$$F(C) = \frac{1}{2} (1 + 0.95) = 0.975$$

De la tabla del Apéndice A.1 con

$$N = n - 2 = 8 - 2 = 6$$

Se obtiene

$$C = 2.45$$

$$q = 7 \left[0.0076 - (0.2454)^2 (0.0933) \right]$$

$$q = 0.0139$$

$$K = 2.45 \sqrt{\frac{0.0139}{6 (7) (0.0933)}}$$

$$K = 0.0595$$

Por lo tanto, el límite inferior para el año 1983
(X = 14) se obtiene

$$Y (14)_{\text{inf.}} = 131.4990 (14) (0.2454 - 0.0595)$$

$$Y (14)_{\text{inf.}} = 214.7769$$

Y el límite superior

$$Y (14)_{\text{sup.}} = 131.4990 (14) (0.2454 + 0.0595)$$

$$Y (14)_{\text{sup.}} = 291.7841$$

5o. Se evalúan los errores; para esto se elabora
la tabla No. 2.5.

a) Error Medio

$$Em = \frac{7.3038}{8} = 0.9130$$

Tabla No. 2.5 Tabulación del Error

AÑO	Yi	Ypi *	Yi - Ypi
1970	133	131.4990	1.5050
1971	149	155.8817	-6.8817
1972	164	172.1900	-8.1900
1973	178	184.7855	-6.7855
1974	234	195.1865	38.8135
1975	231	204.1177	26.8823
1976	199	211.9871	-12.9871
1977	194	219.0487	-25.0487
TOTAL	1482		7.3038

* Considerando $b = 0.2454$

$$Yi - Ypi = 127.0898$$

b) Error Medio Absoluto

$$E_{ma} = \frac{127.0898}{8} = 15.8862$$

c) Error Absoluto Porcentual

$$E_{ap} (\%) = \frac{127.0898}{1482} \times 100 = 8.5756$$

Cabe señalar que es posible reducir los valores de los errores si se considera, además de las variaciones debidas a la tendencia, las variaciones cíclicas. Por ejemplo, el cambio de gobierno como una variación que tiene un ciclo de 6 años.

6o. El pronóstico de ventas para el año 1983 se encuentra entre el límite superior e inferior, es decir

$$\begin{array}{r} 251.2941 \\ + 40.4900 \\ - 36.5172 \end{array} \quad \text{miles de automóviles}$$

Ejercicio Propuesto

Determine las ventas probables para el año de 1983 de autobuses y camiones, con los siguientes datos de ventas totales.

AÑO	VENTAS ⁹ (MILES)
1970	55
1971	59
1972	70
1973	84
1974	98
1975	115
1976	104
1977	95

⁹ Fuente: A.M.I.A.

2.1.3. Determinación del Centro del Mercado

Objetivo

Determinar el Centro del Mercado que se desea satisfacer, con el fin de considerarlo como una orientación en el estudio de Localización de Planta.

Conceptos Teóricos

Debido a que es importante determinar el centro geográfico del mercado que se pretende surtir, se usarán para determinarlo las siguientes fórmulas:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i x_i}{D} \quad \dots 1$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i y_i}{D} \quad \dots 2$$

- donde \bar{x} es la abscisa del centro del mercado
- \bar{y} es la ordenada del centro del mercado por lo tanto 0' es el Centro del Mercado
- x_i es la abscisa del punto i del mercado
- y_i es la ordenada del punto i del mercado
- d_i es la demanda del punto i del mercado
- D es la demanda total = $\sum_{i=1}^n d_i$
- n es el número total de puntos del mercado a considerar.

Estas fórmulas son análogas a las que en Mecánica se utilizan para obtener el centro de masa de un sistema de partículas, y se obtienen descomponiendo el vector de posición del centro de masa en sus componentes rectangulares, o de otra forma, calculando la suma de los momentos de las partículas con respecto a cada eje.

Un centro de mercado se define como un punto en un área tal que éste es el centro de gravedad de esa zona. El empleo de centros de mercado disminuye la variedad de datos al hacer un análisis final de costos y beneficios, permitiendo conservar sus verdaderos efectos.

Ejemplo

Considere cinco puntos de mercado con la siguiente Localización y Demanda.

PUNTO No.	LOCALIZACION (Km)		D E M A N D A (MILES DE PESOS)
	X	Y	
1	- 3	0	90
2	- 7	- 5	75
3	- 4	11	33
4	12	1	55
5	4	- 2	20

$$n = 5$$

$$D = \sum_{i=1}^n d_i$$

$$D = 90 + 75 + 33 + 55 + 20$$

$$D = 273$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i x_i}{D}$$

$$\bar{X} = \frac{90 (-3) + 75 (-7) + 33 (-4) + 55 (12) + 20 (4)}{273}$$

$$\bar{X} = \frac{-270 - 525 - 132 + 660 + 80}{273}$$

$$\bar{X} = \frac{-187}{273}$$

$$\bar{X} = -0.68$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i y_i}{D}$$

$$\bar{Y} = \frac{90 (0) + 75 (-5) + 33 (11) + 55 (1) + 20 (-2)}{273}$$

$$\bar{Y} = \frac{0 - 375 + 363 + 55 - 40}{273}$$

$$\bar{Y} = \frac{3}{273}$$

$$\bar{Y} = 0.01$$

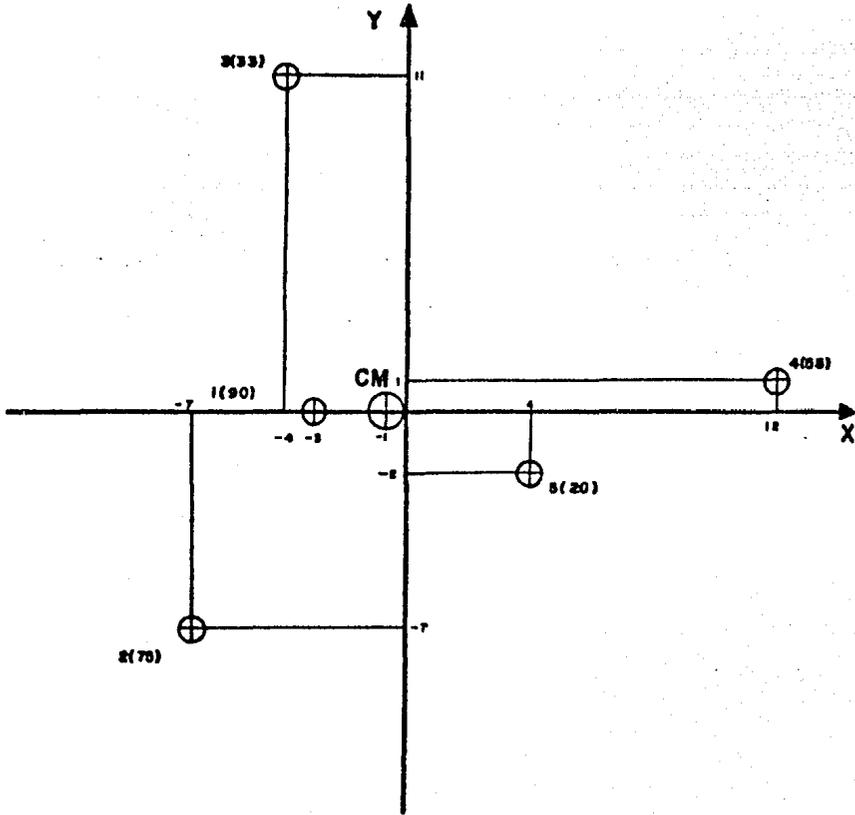
Por lo tanto el Centro del Mercado tiene las coorde

nadas (- 0.68, 0.01).

Si graficamos los puntos del Mercado y el Centro del Mercado obtenemos la gráfica No. 2.3, donde 2(75) significa que el punto No. 2 tiene una demanda de 75 miles de pesos.

Las coordenadas del Centro del Mercado, nos dan una posible Localización de la Planta.

Gráfica No. 2.3 Localización de los puntos de mercado y del centro de mercado.



Esc. 1:200,000

Ejercicio Propuesto

Una compañía de pinturas pidió que se realice un estudio de Localización de Planta. La empresa consideró los siguientes factores y pesos:

FACTOR	PESO
1.- Materia Prima	3
2.- Mercado	5

Con 29 puntos cada factor. Las tablas 2.6 y - 2.7 dan las coordenadas y peso de cada punto.

Obtener el centro de cada factor y la posible Localización siendo considerados los centros de los factores.

Tabla No. 2.6 Factor Materia Prima

No.	X (Km.)	Y (Km.)	Cantidad (miles de pesos)
1	-14	11	4982
2	-6	-9	4519
3	243	573	4226
4	1	4	3457
5	-6	-8	1657
6	-14	11	1641
7	11	-7	1602
8	-5	-1	1512
9	-5	6	1402
10	-3	6	815
11	-9	8	681
12	-6	-2	642
13	0	-11	450
14	7	-4	428
15	-10	-2	350

Tabla No. 2.6 Factor Materia Prima (Continuación)

No.	X (Km.)	Y (Km.)	Cantidad (miles de pesos)
16	-6	-5	349
17	-4	2	290
18	-5	1	287
19	-8	11	201
20	-4	-1	191
21	-5	0	186
22	-10	4	112
23	-5	0	112
24	-4	-4	95
25	-3	0	90
26	-7	5	75
27	-4	-1	55
28	-12	11	33
29	-150	945	20

Tabla No. 2.7 Factor Mercado

No.	X (Km.)	Y (Km.)	Cantidad (miles de pesos)
1	-64	-9	1309
2	4	-102	1164
3	-11	4	667
4	-1	-3	226
5	11	-4	364
6	-64	-9	737
7	1057	-225	700
8	-1237	932	394
9	4	-8	1684
10	-4	-2	152
11	2	-19	334
12	-15	-75	380
13	-1051	792	362
14	253	245	434
15	-4	4	280

Tabla No. 2.7 Factor Mercado (Continuación)

No.	X (Km.)	Y (Km.)	Cantidad (miles de pesos)
16	1	-8	85
17	4	-8	381
18	126	-41	743
19	-2	-2	401
20	1015	-659	122
21	-1339	1164	46
22	-1188	895	64
23	-1237	935	146
24	1225	-260	457
25	1057	-225	174
26	-393	-135	657
27	-1	3	471
28	-451	88	270
29	0	-4	477

2.1.4. Evaluación de las Localizaciones por el Método de la Suma de Ganancias y Costos

Objetivo

Evaluar diferentes localizaciones considerando los costos y utilidades que tiene cada una, con el fin de obtener los datos necesarios para determinar la localización - que provea la mayor ganancia.

Conceptos Teóricos

Los factores que influyen en la decisión sobre la Localización de Planta, pueden evaluarse sumando los costos y beneficios relacionados con cada localización. Esto se realiza enumerando los factores para los cuales es posible calcular los costos y los beneficios de cada localización, comparando después las localizaciones según los totales. - A manera de ejemplo se da la siguiente lista de factores y subfactores.

1.- Impuestos

- a) Sobre la propiedad
- b) Sobre la renta
- c) Sobre las ventas

2.- Mano de Obra

- a) Directa
- b) Indirecta

3.- Planta

- a) Gastos anuales
- b) Renta o depreciación

4.- Seguros

- a) Indemnización a operarios
- b) Inmuebles
- c) Inventarios

5.- Suministros

- a) Agua
- b) Electricidad
- c) Gas
- d) Otros combustibles

6.- Transporte

- a) Materia prima
- b) Producto terminado

Podría parecer relativamente sencilla la determinación de los costos y beneficios de cada localización, no es así y lo que es más, resulta bastante difícil cuando se comparan zonas o lugares que no concuerdan en cuanto a su posibilidad de servir a mercados idénticos, debido a que no sólo pueden variar los costos sino también el mercado potencial o las ventas mediante las cuales se recuperarían los costos. Por esta razón, deberán considerarse en el análisis económico tanto los beneficios como los costos.

Obsérvese además, que un análisis de este tipo podrá requerir una decisión gerencial posterior acerca de la cuestión de si la utilidad total en pesos o la tasa de retorno sobre la inversión se utilizará para hacer la elección final, en caso de que una localización proporcionara la cantidad máxima de pesos y otra una tasa mayor de retorno pero una suma menor en pesos en total.

CRITERIOS DE EVALUACION

Existen varios criterios y técnicas de análisis económico, dentro de los cuales se encuentran los siguientes:

- a) Utilidad
- b) Índice utilidad sobre ventas
- c) Tasa de rendimiento

En base a la gran cantidad de información que requiere la técnica de la tasa de rendimiento, sólo se usarán los dos primeros.

- a) Utilidad

Este criterio consiste en determinar la utilidad de cada localización y elegir aquella donde sea mayor.

Considerando el ingreso total igual a las ventas totales, la utilidad se calcula de la siguiente forma:

$$U = V - C$$

donde U es la utilidad total
V son las ventas totales
C son los costos totales

b) Índice utilidad sobre ventas.

Este índice mide la tasa de rendimiento de las ventas. El porcentaje resultante indica el remanente en centavos por cada peso de ventas.

Muchos opinan que para el éxito de una operación es necesaria una tasa alta de rendimiento sobre las ventas, pero tal punto de vista no siempre funciona. Para evaluar adecuadamente la importancia del índice, se deben considerar factores tales como:

- 1.- El valor de las ventas
- 2.- El total del capital utilizado, y
- 3.- La rotación de los inventarios y de las cuentas por cobrar.

Una tasa baja de rendimiento comparada con una rápida rotación y grandes volúmenes de ventas, por ejemplo, puede producir utilidades satisfactorias.

El índice se calcula de la siguiente manera:

$$I = \frac{U}{V}$$

$$I (\%) = \frac{U}{V} \times 100$$

donde I es el índice
 U es la utilidad
 V son las ventas

COMENTARIOS

Una gran dependencia en los índices es peligrosa. No son claves infalibles para todos los problemas de las empresas. Los índices son una gafa, no una camisa de fuerza.

Los índices son herramientas con funciones específicas que deben ser utilizadas correctamente, incluso de ser utilizadas incorrectamente, pueden ser peligrosas. Ninguna herramienta es efectiva a menos que se encuentre en las manos eficientes de un operador experimentado.

Ningún estudio substituirá el criterio y buen juicio gerencial, las razones no pueden proporcionar una respuesta final a problemas de la política operacional de un negocio determinado. No pueden tampoco convertir en exitosa a una empresa de la noche a la mañana, pueden sin embargo, ayudar en la medición de su actuación. El conocimiento de los resultados de otras empresas en la misma línea puede ser una gran ayuda en la toma de decisiones y en la localización de áreas potenciales de problemas. Por encima de esto, los propietarios y los gerentes de los negocios deben buscar por sí mismos la acción más efectiva.

RESTRICCIONES DEL METODO

Debido a la complejidad del problema en la realidad, ya que las fuentes de materias primas (proveedores) -

tienen una determinada capacidad de planta y, por consiguiente, aquella fuente que nos proporciona el menor costo, sólo cubre una parte de nuestra demanda, se genera un problema de asignación de recursos, debido a que tenemos que dar la secuencia de producción de los productos y la secuencia de utilización de las fuentes.

Además, otro problema que se presenta es que la planta tiene una capacidad limitada de producción, por consiguiente sólo se satisface un porcentaje del mercado. Esto genera un análisis más detallado, con objeto de determinar la sucesión de abastecimiento de los mercados (distribuidores).

Lo anterior conduce a establecer las siguientes restricciones:

- 1.- Cada localización utilizará la fuente de abastecimiento de costo mínimo.
- 2.- Las fuentes elegidas nos proporcionarán toda la materia prima que se requiera.
- 3.- Independientemente del lugar seleccionado, la planta tendrá una capacidad de producción por lo menos igual a la demanda.

Ejemplo

Una planta fabrica tres productos P_1 , P_2 y P_3 que requieren diez materias primas MP_1 , MP_2 , MP_3 , MP_4 , MP_5 , MP_6 , MP_7 , MP_8 , MP_9 y MP_{10} . Además existen siete fuentes (proveedores) de materias primas F_1 , F_2 , F_3 , F_4 , F_5 , F_6 y F_7 y dos alternativas de localización de la planta L_1 y L_2 . Asimismo hay cinco centros de mercado M_1 , M_2 , M_3 , M_4 y M_5 .

La relación entre las variables se expresan en las tablas 2.8 a 2.15. En la tabla No. 2.8, $C_{i,j}$ es el costo en pesos por cada unidad de materia prima i de la fuente j . En la No. 2.9, $R_{i,k}$ es la cantidad de materia prima i , que se requiere para fabricar un producto k . La No. 2.10, $CP_{k,l}$ es el costo de fabricación del producto k en la localización l . En la tabla No. 2.11, se representa el costo de transporte por unidad de materia prima ($TMP_{j,l}$) de la fuente (proveedor) j a la localización l . En la No. 2.12, $TPT_{l,m}$ es el costo de transporte por producto terminado de la localización l al mercado m . Las tablas 2.13 y 2.14 representan la demanda en el mercado m del producto k si la localización de la planta es l . Por último, la No. 2.15 especifica

ca el precio de venta en el mercado m del producto k .

Como puede observarse el uso de los subíndices es el siguiente:

i para las materias primas

j para las fuentes

k para los productos

l para las localizaciones

m para los mercados

La localización de las variables están representadas en la gráfica No. 2.4 y las correspondientes coordenadas se muestran en la tabla No. 2.16.

Tabla No. 2.8 Costo por Unidad de Materia Prima
i de la Fuente j. ($C_{i,j}$ [$\$/U$])

		MATERIA PRIMA									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F U E N T E	1			150	45			80		20	
	2	90				70	30				50
	3		10	162			47		93	17	
	4	97			43			85	90		48
	5				46		40		89		50
	6	100	15			60				25	
	7		11	160		65		80			

Tabla No. 2.9 Cantidad de Materia Prima i , que se requiere para fabricar un producto k . ($R_{i,k}$ [UMP/UPT])

		MATERIA PRIMA									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P R O D U C T O	1	2.0		1.0		3.0		4.0		2.5	
	2		1.5		3.0		7.0		3.5		
	3			4.0		2.0	5.0	1.0			5.0

donde UMP son Unidades de Materia Prima

UPT son Unidades de Producto Terminado

Tabla No. 2.10 Costo de Fabricación del Producto k
en la Localización 1. ($CP_{k,1}$ [\$U])

		LOCALIZACION	
		1	2
P R O D U C T O	1	10	15
	2	20	30
	3	30	25

Tabla No. 2.11 Costo de Transporte de Materia Prima
de la Fuente j a la Localización 1.
($TMP_{j,1}$ [\$U])

		FUENTE						
		1	2	3	4	5	6	7
L O C A L I Z A C I O N	1	9	6	3	4	8	2	7
	2	7	5	4	6	9	3	8

Tabla No. 2.12 Costo de Transporte por Producto Terminado de la Localización 1 al Mercado m. ($TPT_{1,m}$ [$\$/U$])

L O C A L I Z A C I O N	MERCADO				
	1	2	3	4	5
1	8	4	3	6	9
2	2	5	7	1	4

Tabla No. 2.13 Demanda en el Mercado m del Producto k si la Localización de Planta es 1. ($D_{k,1,m}$ [U])

P R O D U C T O	MERCADO				
	1	2	3	4	5
1	15	20	13	42	50
2	23	56	30	29	35
3	40	17	42	31	25

Tabla No. 2.14 Demanda en el Mercado m del Producto k si la Localización de Planta es 2.
($D_{k,2,m}$ [U])

		MERCADO				
		1	2	3	4	5
P R O D U C T O	1	59	18	42	25	38
	2	27	30	51	76	64
	3	41	53	47	12	39

Tabla No. 2.15 Precio de Venta en el Mercado m del Producto k. ($PV_{k,m}$ [\$/U])

		PRODUCTO		
		1	2	3
M E R C A D O	1.	1,370	1,017	1,851
	2	1,293	1,124	1,778
	3	1,241	1,146	1,794
	4	1,265	1,059	1,835
	5	1,307	1,082	1,710

Gráfica No.2.4 Localización de las variables.

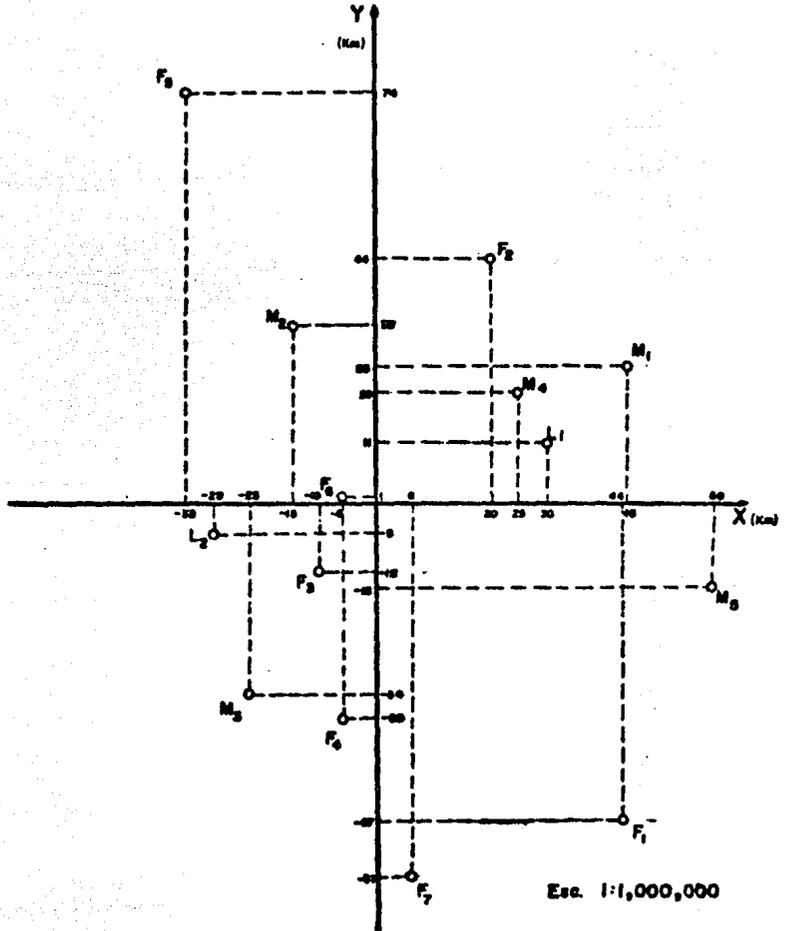


Tabla No. 2.16 Coordenadas (Km)

VARIABLE	X	Y
F ₁	44	-57
F ₂	20	44
F ₃	-10	-12
F ₄	- 6	-38
F ₅	-33	74
F ₆	- 6	1
F ₇	6	-67
L ₁	30	11
L ₂	-29	- 5
M ₁	45	25
M ₂	-15	32
M ₃	-23	-34
M ₄	25	20
M ₅	60	-15

Solución

Debido a que se tienen dos posibles localizaciones, se realizarán los cálculos por separado, con objeto de facilitar su comprensión.

Primero se evalúa el costo mínimo por unidad de materia prima en cada localización; después se calcula el costo de las materias primas requeridas para producir cada producto en cada localización. A este valor se le suma el costo de fabricación por producto y se multiplica por la demanda, obteniendo de esta manera el costo de producción total de cada producto. (Los cálculos se encuentran expresados en las tablas números 2.17 a 2.26).

Tabla No. 2.17 Costo Mínimo por Unidad de Materia
Prima en la Localización 1 (MC_{1,1})

No. MP	No. F	MP (\$/UMP)	TMP (\$/UMP)	CMP (\$/UMP)	MC
1	2	90	6	96	*
	4	97	4	101	
	6	100	2	102	
2	3	10	3	13	*
	6	15	2	17	
	7	11	7	18	
3	1	150	9	159	*
	3	162	3	165	
	7	160	7	167	
4	1	45	9	54	
	4	43	4	47	*
	5	46	8	54	
5	2	70	6	76	
	6	60	2	62	*
	7	65	7	72	

Tabla No. 2.17 Costo Mínimo por Unidad de Materia
Prima en la Localización 1 (MC_{1,1})
(Continuación)

No. MP	No. F	MP (\$/UMP)	TMP (\$/UMP)	CMP (\$/UMP)	MC
6	2	30	6	36	*
	3	47	3	50	
	5	40	8	48	
7	1	80	9	89	
	4	85	4	89	
	7	80	7	87	*
8	3	93	3	96	
	4	90	4	94	*
	5	89	8	97	
9	1	20	9	29	
	3	17	3	20	*
	6	25	2	27	
10	2	50	6	56	
	4	48	4	52	*
	5	50	8	58	

donde $CMP = MP + TMP$

Tabla No. 2.18 Costo Mínimo por Unidad de Materia
Prima en la Localización 2 (MC_{1,2})

No. MP	No. F	MP (\$/UMP)	TMP (\$/UMP)	CMP (\$/UMP)	MC
1	2	90	5	95	*
	4	97	6	103	
	6	100	3	103	
2	3	10	4	14	*
	6	15	3	18	
	7	11	8	19	
3	1	150	7	157	*
	3	162	4	166	
	7	160	8	168	
4	1	45	7	52	
	4	43	6	49	*
	5	46	9	55	
5	2	70	5	75	
	6	60	3	63	*
	7	65	8	73	

Tabla No. 2.18 Costo Mínimo por Unidad de Materia
Prima en la Localización 2 (MC_{1,2})
(Continuación)

No. MP	No. F	MP (\$/UMP)	TMP (\$/UMP)	CMP (\$/UMP)	MC
6	2	30	5	35	*
	3	47	4	51	
	5	40	9	49	
7	1	80	7	87	*
	4	85	6	91	
	7	80	8	88	
8	3	93	4	97	
	4	90	6	96	*
	5	89	9	98	
9	1	20	7	27	
	3	17	4	21	*
	6	25	3	28	
10	2	50	5	55	
	4	48	6	54	*
	5	50	9	59	

Tabla No. 2.19 Costo Total de las Materias Primas
Requeridas para fabricar el Producto
1 en la Localización 1 (CM_{1,1})

No. MP	No. F	MC (\$/UMP)	R (UMP/UPT)	SM (\$/UPT)
1	2	96	2.0	192
3	1	159	1.0	159
5	6	62	3.0	186
7	7	87	4.0	348
9	3	20	2.5	50
			TOTAL	935

donde $SM = R (MC)$

Tabla No. 2.20 Costo Total de la Materia Prima Requerida para fabricar el Producto 2 en la Localización 1 (CM_{2,1})

No. MP	No. F	MC (\$/UMP)	R (UMP/UPT)	SM (\$/UPT)
2	3	13	1.5	19.5
4	4	47	3.0	141.0
6	2	36	7.0	252.0
8	4	94	3.5	329.0
			TOTAL	741.5

Tabla No. 2.21 Costo Total de la Materia Prima Requerida para fabricar el Producto 3 en la Localización 1 (CM_{3,1})

No. MP	No. F	MC (\$/UMP)	R (UMP/UPT)	SM (\$/UPT)
3	1	159	4.0	636
5	6	62	2.0	124
6	2	36	5.0	180
7	7	87	1.0	87
10	4	52	5.0	260
			TOTAL	1,287

Tabla No. 2.22 Costo Total de la Materia Prima Requerida para fabricar el Producto 1 en la Localización 2 (CM_{1,2})

No. MP	No. F	MC (\$/UMP)	R (UMP/UPT)	SM (\$/UPT)
1	2	95	2.0	190.0
3	1	157	1.0	157.0
5	6	63	3.0	189.0
7	1	87	4.0	348.0
9	3	21	2.5	52.5
			TOTAL	936.5

Tabla No. 2.23 Costo Total de la Materia Prima Requerida para fabricar el Producto 2 en la Localización 2 (CM_{2,2})

No. MP	No. F	MC (\$/UMP)	R (UMP/UPT)	SM (\$/UPT)
2	3	14	1.5	21
4	4	49	3.0	147
6	2	35	7.0	245
8	4	96	3.5	336
			TOTAL	749

Tabla No. 2.24 Costo Total de la Materia Prima Requerida para fabricar el Producto 3 en la Localización 2 (CM_{3,2})

No. MP	No. P	MC (\$/UMP)	R (UMP/UPT)	SM (\$/UPT)
3	1	157	4.0	628
5	6	63	2.0	126
6	2	35	5.0	175
7	1	87	1.0	87
10	4	54	5.0	270
TOTAL				1,286

Tabla No. 2.25 Costo de Producción Total de cada Producto en la Localización 1

P	CM (\$/UPT)	CP (\$/UPT)	ST (\$/UPT)	DT (UPT)	PT (\$)
1	935.0	10	945.0	140	132,300.0
2	741.5	20	761.5	173	131,739.5
3	1,287.0	30	1,327.0	155	204,135.0

donde $ST = CM + CP$

$PT = D(ST)$

Tabla No. 2.26 Costo de Producción Total de cada
Producto en la Localización 2

P	CM (\$/UPT)	CP (\$/UPT)	ST (\$/UPT)	DT (UPT)	PT (\$)
1	936.5	15	951.2	182	173,173.0
2	749.0	30	779.0	248	193,192.0
3	1,286.0	25	1,311.0	192	251,712.0

Como ya se consideró el costo de transportación de materia prima, sólo nos resta obtener el costo total de - transportación de cada producto en cada localización. (Tablas números 2.27 a 2.32).

Tabla No. 2.27 Costo Total de Transportación del
 Producto 1 en la Localización 1
 ($TT_{1,1}$)

M	D (UPT)	TPT (\$/UPT)	TC (\$)
1	15	8	120
2	20	4	80
3	13	3	39
4	42	6	252
5	50	9	450
		TOTAL	941

donde $TC = D (TPT)$

Tabla No. 2.28 Costo Total de Transportación del
Producto 2 en la Localización 1
(TT_{2,1})

M	D (UPT)	TPT (\$/UPT)	TC (\$)
1	23	8	184
2	56	4	224
3	30	3	90
4	29	6	174
5	35	9	315
		TOTAL	987

Tabla No. 2.29 Costo Total de Transportación del
Producto 3 en la Localización 1
(TT_{3,1})

M	D (UPT)	TPT (\$/UPT)	TC (\$)
1	40	8	320
2	17	4	68
3	42	3	126
4	31	6	186
5	25	9	225
		TOTAL	925

Tabla No. 2.30 Costo Total de Transportación del
Producto 1 en la Localización 2
(TT_{1,2})

M	D (UPT)	TPT (\$/UPT)	TC (\$)
1	59	2	118
2	18	5	90
3	42	7	294
4	25	1	25
5	38	4	152
		TOTAL	681

Tabla No. 2.31 Costo Total de Transportación del
Producto 2 en la Localización 2
(TT_{2,2})

M	D (UPT)	TPT (\$/UPT)	TC (\$)
1	27	2	54
2	30	5	150
3	51	7	357
4	76	1	76
5	64	4	256
		TOTAL	893

Tabla No. 2.32 Costo Total de Transportación del
Producto 3 en la Localización 2

(TT_{3,2})

M	D (UPT)	TPT (\$/UPT)	TC (\$)
1	41	2	82
2	53	5	265
3	47	7	329
4	12	1	12
5	39	4	156
		TOTAL	844

Con el costo total de producción y transportación de cada producto, se calcula el costo total en cada localización expuestos en las tablas números 2.33 y 2.34.

Tabla No. 2.33 Costo Total en la Localización 1
(CT₁)

P	PT (\$)	TT (\$)	CL (\$)
1	132,300.0	941	133,241.0
2	131,739.5	987	132,726.5
3	204,135.0	925	205,060.0
		TOTAL	471,027.5

donde $CL = PT + TT$

Tabla No. 2.34 Costo Total en la Localización 2
(CT₂)

P	PT (\$)	TT (\$)	CL (\$)
1	173,173.0	681	173,854.0
2	193,192.0	893	194,085.0
3	251,712.0	844	252,556.0
		TOTAL	620,495.0

Para obtener las ventas totales en cada localización, se evalúan las ventas de cada producto (ver las tablas números 2.35 a 2.42).

Tabla No. 2.35 Ventas Totales del Producto 1 en
la Localización 1 ($VP_{1,1}$)

M	D (UPT)	PV (\$/UPT)	V (\$)
1	15	1,370	20,550
2	20	1,293	25,860
3	13	1,241	16,133
4	42	1,265	53,130
5	50	1,307	65,350
		TOTAL	181,023

donde $V = D(PV)$

Tabla No. 2.36 Ventas Totales del Producto 2 en
la Localización 1 (VP_{2,1})

M	D (UPT)	PV (\$/UPT)	V (\$)
1	23	1,017	23,391
2	56	1,124	62,944
3	30	1,146	34,380
4	29	1,059	30,711
5	35	1,082	37,870
		TOTAL	189,296

Tabla No. 2.37 Ventas Totales del Producto 3 en
la Localización 1 (PV_{3,1})

M	D (UPT)	PV (\$/UPT)	V (\$)
1	40	1,851	74,040
2	17	1,778	30,226
3	42	1,794	75,348
4	31	1,835	56,885
5	25	1,710	42,750
		TOTAL	279,249

Tabla No. 2.38 Ventas Totales en la Localización
1 (VT₁)

P	V (\$)
1	181,023
2	189,296
3	279,249
TOTAL	649,568

Tabla No. 2.39 Ventas Totales del Producto 1 en
la Localización 2 (VP_{1,2})

M	D (UPT)	PV (\$/UPT)	V (\$)
1	59	1,370	80,830
2	18	1,293	23,274
3	42	1,241	52,122
4	25	1,265	31,625
5	38	1,307	49,666
	TOTAL		237,217

Tabla No. 2.40 Ventas Totales del Producto 2 en
la Localización 2 (VP_{2,2})

M	D (UPT)	PV (\$/UPT)	V (\$)
1	27	1,017	27,459
2	30	1,127	33,720
3	51	1,146	58,446
4	76	1,059	80,484
5	64	1,082	69,248
		TOTAL	269,357

Tabla No. 2.41 Ventas Totales del Producto 3 en
la Localización 2 (VP_{3,2})

M	D (UPT)	PV (\$/UPT)	V (\$)
1	41	1,851	75,891
2	53	1,778	94,234
3	47	1,794	84,318
4	12	1,835	22,020
5	39	1,710	66,690
		TOTAL	343,153

Tabla No. 2.42 Ventas Totales en la Localización
2 (VT₂)

Producto	V (\$)
1	237,217
2	269,357
3	343,153
TOTAL	849.727

Debido a que se tienen las ventas totales y los - costos totales en cada localización, estamos en condiciones de obtener la utilidad bruta de cada una de ellas (Tabla número 2.43).

Tabla No. 2.43 Utilidad Bruta

Localización	VT (\$)	CT (\$)	UB (\$)
1	649,568.00	471,027.50	178,540.50
2	849,727.00	620,495.00	229,232.00

donde $UB = VT - CT$

Por último, calculamos el índice utilidad a ventas (tabla número 2.44).

Tabla No. 2.44 Índice Utilidad a Ventas

Localización	IU (%)
1	27,4860
2	26,9771

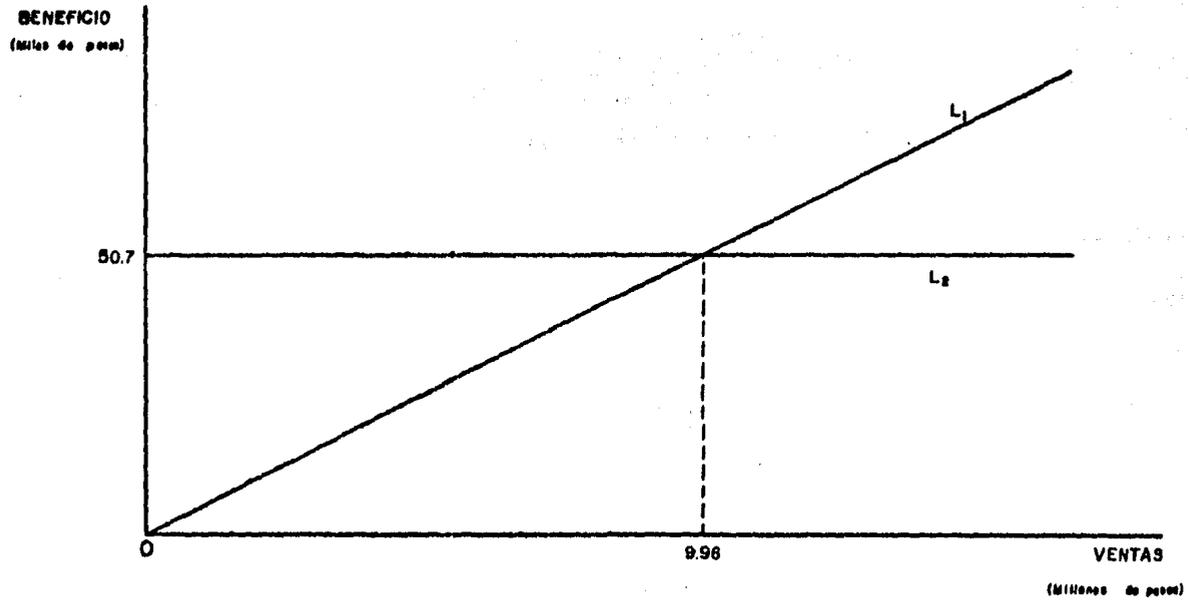
donde $IU = \frac{UB}{VT}$

Como se puede observar la localización dos tiene una utilidad bruta mayor en \$50,691.50 que la localización uno; en contraparte, la localización uno tiene 0.5089 de punto más que la localización dos en el rendimiento de las ventas. Para poder elegir cuál es la localización en la que se obtienen mayores beneficios, se requiere conocer el

pronóstico de ventas (V) de cada una de ellas.

Si el producto $0.005089 (V_1)$ es mayor a \$50,691.50 se elige la localización uno, sino se elige la dos (ver - Gráfica No. 2,5).

Gráfico No. 2.5 Comparación beneficio - ventas de las dos localizaciones.



Ejercicio Propuesto

Una planta fabrica dos productos P_1 y P_2 que requieren cinco materias primas MP_1 , MP_2 , MP_3 , MP_4 y MP_5 . Además, existen cuatro fuentes de materias primas F_1 , F_2 , F_3 y F_4 y dos localizaciones alternativas L_1 y L_2 . Asimismo hay tres centros de mercado M_1 , M_2 y M_3 . La relación entre las anteriores variables se expresan en las tablas números 2.45 a 2.52.

Tabla No. 2.45 Costo por Unidad de Materia Prima
i de la Fuente j ($C_{i,j}$ [\$ / U])

		MATERIA PRIMA				
		1	2	3	4	5
F U E N T E	1		80		20	
	2	30				50
	3	47		93	17	
	4		85	90		48

Tabla No. 2.46 Cantidad de Materia Prima i, que
se requiera para producir un Pro-
ducto k ($R_{i,k}$ [UMP / UPT])

		MATERIA PRIMA				
		1	2	3	4	5
P R O D U C T O	1	5.0	4.0		2.5	2.0
	2	7.0	1.0	3.5		5.0

Tabla No. 2.47 Costo de Fabricación del Producto
 k , en la Localización 1 ($CP_{k,1}$ [$\$/U$])

L O C A L I Z A C I O N	PRODUCTO	
	1	2
	1	30
2	25	15

Tabla No. 2.48 Costo de Transporte de Materia Pri-
 ma de la Fuente j a la Localización
 1 ($TMP_{j,1}$ [$\$/U$])

L O C A L I Z A C I O N	FUENTE			
	1	2	3	4
1	8	2	7	6
2	9	3	8	5

Tabla No. 2.49 Costo de Transporte por Producto Terminado de la Localización 1 al Mercado m ($TPT_{1,m} [$/U]$)

L O C A L I Z A C I O N	MERCADO		
	1	2	3
	1	6	9
2	1	4	7

Tabla No. 2.50 Demanda en el Mercado m del Producto k si la Localización de Planta es 1 ($D_{k,1,m} [U]$)

P R O D U C T O	MERCADO		
	1	2	3
	1	50	35
2	42	29	31

Tabla No. 2.51 Demanda en el Mercado m del Producto k si la Localización de Planta - es 2 ($D_{k,2,m}$ [U])

		MERCADO		
		1	2	3
P R O D U C T O	1	38	64	39
	2	25	76	12

Tabla No. 2.52 Precio de Venta en el Mercado m del Producto k ($PV_{k,m}$ [\$/U])

		PRODUCTO	
		1	2
M E R C A D O	1	1,265	1,059
	2	1,307	1,082
	3	1,710	1,778

2.1.5. Determinación del Tamaño de la Planta

Objetivo

Determinar el tamaño de la planta, mediante el análisis de los factores que influyen de una manera cuantitativa.

Conceptos Teóricos

Se conoce como tamaño de una planta industrial la capacidad instalada de producción durante un período de tiempo de funcionamiento que se considera normal para las circunstancias y tipo de empresa de que se trata. Esta capacidad se expresa en cantidad producida por unidad de tiempo, es decir, volumen, peso, valor o número de unidades de producto elaboradas por año, ciclo de operación, mes, día, turno, hora, o cualquier otra unidad de tiempo, por ejemplo, 150 automóviles por día. En algunos casos la capacidad de una planta se expresa, no en términos de la cantidad que se contiene, sino en función del volumen de

materia prima que entra al proceso.

En plantas industriales que cuentan con equipos de diferentes capacidades, la capacidad de la planta se da en función del equipo de menor capacidad.

En industrias que elaboran diversos lotes de productos de diferentes características, el tamaño de la planta se suele especificar con respecto a la producción de un lote tipo.

También suele expresarse el tamaño, por el total de obreros ocupados o el capital total empleado, pero este tipo de apreciación es más útil para comparar el tamaño de unidades que producen distintas cosas y/o para comparar al ternativas referentes a un mismo producto.

En plantas que producen bienes de capital de naturaleza heterogénea no es adecuado expresar su capacidad instalada en cantidad de productos por unidad de tiempo, debido a la no homogeneidad de los productos, por lo que esa capacidad se expresa en términos del valor de los productos manufacturados por unidad de tiempo.

Por último, algunas industrias expresan su capacidad en unidades especiales, por ejemplo, las hilanderías - por el número de husos.

FACTORES QUE DETERMINAN EL TAMAÑO DE LA PLANTA

En general, los factores que influyen en la selección del tamaño de una planta industrial son los siguientes:

1. Economías de escala
2. Mano de obra
3. Materia prima
4. Mercado
5. Política económica
6. Recursos financieros
7. Tecnología

El tamaño más adecuado de una planta industrial será aquel que se obtenga optimizando la economía de la misma en función de los factores antes mencionados. La selec-

ción del tamaño de la planta se realiza haciendo una primera estimación de la misma en términos del factor que se juzga le impone la mayor restricción; que en los más de los casos es la dimensión y localización del mercado o de las materias primas. Posteriormente se efectúan ajustes al tamaño así estimado en función de los otros factores de influencia antes señalados.

1. Economías de escala

Se conocen como economías de escala las reducciones en los costos de operación de una planta industrial debidas a incrementos en su tamaño, o a aumentos en su período de operación por diversificación de su producción o bien por extensión de sus actividades empresariales a través del uso de facilidades de organización, producción o comercialización de otras empresas.

Las economías de escala pueden ser el resultado de diversos efectos entre los cuales se encuentran los siguientes:

- a) El costo de inversión por unidad de capacidad instalada es menor a medida que aumenta el tamaño de la planta.
- b) Se obtiene un mayor rendimiento por hombre ocupado y una mejor utilización de otros insumos entre mayor es la capacidad de operación de la planta.
- c) Los costos unitarios de producción se reducen al dividirse los costos fijos entre un mayor volumen de productos.
- d) Al crecer el tamaño de la planta es posible utilizar procesos más eficientes que reducen los costos de operación.
- e) Al incrementarse el volumen de materia prima adquirida pueden obtenerse mejores precios de adquisición para la misma.
- f) Una mayor producción, por diversifi-

cación de los productos manufacturados, reduce los costos fijos unitarios al lograrse un aprovechamiento más eficiente de las instalaciones.

Los efectos de las economías de escala deben tomarse en cuenta para revisar el tamaño de la planta que ha sido previsto en función del mercado y de las materias primas.

La reducción en los costos unitarios de operación a través de las economías de escala tiende a ampliar los radios máximos de captación de materia prima y de distribución de productos permitiendo, en lo general, ampliar el tamaño de la planta.

2. Mano de obra

Un factor limitante del tamaño de la planta industrial puede ser la legislación laboral que esté vigente en la zona donde se le piensa localizar, ya que podría

resultar más conveniente reducir el tamaño de una planta - que hacer frente a fuertes erogaciones para dotar de ciertos servicios sociales a los operarios de la misma, tales como: servicio médico, escuelas, facilidades de habitación y centros de esparcimiento. Este factor, unido a la falta de mano de obra calificada, puede obligar a reconsiderar - el tamaño de la planta.

En algunos proyectos en que la incidencia de la mano de obra en los costos de operación es muy grande, puede resultar más económico operar una planta de una cierta capacidad durante un turno de ocho horas al día, que - una planta de menor capacidad que trabaje los tres turnos del día. Para tomar la decisión correspondiente habría que comparar las diferencias entre los costos de la mano de - obra y los costos de depreciación de ambas plantas.

3. Materia prima

Los volúmenes y las características de las materias primas, así como la localización de las áreas de - producción de las mismas, son factores que se toman en cuen

ta para ajustar el tamaño de la planta. En efecto, si se calcula que el volumen disponible de materia prima no es suficiente para llenar los requerimientos de abastecimiento de la planta al nivel de capacidad preseleccionada, será necesario reducir dicho nivel para ajustarlo a la disponibilidad previsible de materia prima.

El tamaño de la planta así ajustado, debe revisarse en función de la dispersión de las áreas de producción de su infraestructura de comunicación y transporte, y de las características de la materia prima, ya que el costo del transporte de la misma determinará el radio máximo de aprovisionamiento que es posible utilizar. Este radio se reduce a medida que las características de la materia prima hacen más costoso su transporte. Una vez establecido este radio máximo de aprovisionamiento es necesario determinar el volumen de materia prima que es posible captar dentro del mismo, el cual servirá para reajustar, si fuese necesario, el tamaño de la planta.

Los períodos de disponibilidad y las fluctuaciones en el suministro de materias primas perecederas -- también pueden originar la necesidad de ajustes en el tama

ño de la planta.

4. Mercado

El primer paso en la selección del tamaño de una planta suele ser una revisión de los resultados del estudio de mercado de consumo, tendiente a determinar si la dimensión del mercado potencial para el proyecto permite montar o no la planta industrial considerada, dependiendo ello de que dicho mercado potencial sea mayor o menor que la capacidad mínima de la planta que sea posible construir adquirir.

En el caso de que la dimensión del mercado potencial sea lo suficientemente grande para permitir la instalación de la planta, es necesario revisar la distribución geográfica de dicho mercado para determinar si la concentración de los centros de consumo sugiere la instalación de una planta o de varias. La revisión de este punto adquiere gran trascendencia en el caso de productos perecederos de relativamente bajo valor unitario, y en el caso de productos estables o controlados, cuyo valor unitario no per-

mite incorporar elevados gastos de flete al costo del producto.

La distribución del mercado de consumo permitirá decidir, de una manera tentativa, la conveniencia de - instalar una o más plantas para cubrir dicho mercado y hacer una primera estimación de la capacidad de la planta o plantas, que se considere deben montarse. Al aumentar el - tamaño de planta se reducirán tanto la inversión unitaria como los costos unitarios de producción, dentro de ciertos límites, lo que origina una tendencia a seleccionar plantas de gran tamaño para abastecer la mayor área geográfica del mercado. Por otra parte, al abastecer una mayor área - se alargan las distancias que es necesario recorrer para - llevar los productos al consumidor y con ello se incrementan los costos unitarios de distribución.

De continuar ampliando los radios de distribución, llegará un momento en que los incrementos en los gastos unitarios de distribución se igualen a las reducciones en los costos unitarios de producción originados en los aumentos en el tamaño de la planta; en ese momento ya no sería meritorio considerar plantas de mayor tamaño.

La magnitud del futuro mercado potencial influirá en la determinación del tamaño de la planta que deba instalarse. La ampliación de ciertos equipos es muy costosa y en esos casos se suele instalar, inicialmente, equipos de mayor capacidad. La decisión sobre el tamaño de planta que deba adoptarse dependerá, esencialmente, del resultado que se obtenga al comparar el costo de los intereses sobre la inversión ociosa, a través del período en el cual no se utiliza la capacidad excedente, contra el costo de la ampliación en la capacidad instalada, incluyendo el correspondiente a los pasos necesarios para efectuarla y la inversión que se erogue por dicho concepto.

5. Política económica

La política económica vigente en una región puede influir substancialmente en el tamaño de la planta a instalar, a través del establecimiento de diversos incentivos. Estos incentivos pueden estar encaminados a substituir importaciones, fomentar exportaciones o favorecer el desarrollo de una región. En otras ocasiones la política económica puede reducir el tamaño del proyecto, ya sea limitando

la importación de equipos por convenir a la balanza de pagos, o limitando los créditos a ciertas industrias como consecuencia de los programas de desarrollo en los cuales se encuentre el país.

6. Recursos financieros

Indudablemente uno de los factores limitantes de la dimensión de un proyecto industrial es la disponibilidad de recursos financieros. Estos recursos se requieren para hacer frente tanto a las necesidades de inversión en activo fijo como para satisfacer los requerimientos de capital de trabajo.

Los recursos para cubrir las necesidades de un proyecto industrial de iniciativa privada pueden provenir de dos fuentes principales:

- a) Del capital social suscrito y pagado por los accionistas de la empresa - que se forme para adquirir, instalar y operar la planta, y

- b) De los créditos que se puedan obtener de instituciones bancarias o financieras y de proveedores.

Un proyecto industrial no requiere que se disponga del monto total de los recursos financieros desde el inicio de su realización, ya que la adquisición, instalación y puesta en marcha de la planta requiere de un cierto período de tiempo, circunstancia que debe tomarse en cuenta antes de decidir si los recursos económicos disponibles obligan a reducir el tamaño de planta considerado.

Si la disponibilidad previsible de recursos económicos no es suficiente para la realización del proyecto en su dimensión prevista, conforme a las consideraciones de mercados de consumo y abastecimiento, y a las de economías de escala, es necesario considerar una reducción en la inversión fija requerida, ya sea mediante la adquisición de una instalación menos automatizada, o basada en un proceso intermitente en lugar de un proceso continuo, o mediante una reducción en el tamaño de la planta.

Es obvio que el proyecto debe ser rechazado -

si los recursos financieros son insuficientes para satisfacer las necesidades de capital de la planta de tamaño mínimo.

7. Tecnología

La selección del tamaño de una planta también debe tomar en cuenta las características de los procesos y equipos. En algunas ocasiones para aumentar la capacidad instalada se requiere de grandes inversiones o de períodos muy largos de construcción o instalación en los cuales es necesario disminuir o aún suspender la producción, por lo que resulta aconsejable la selección de un tamaño inicial de planta mayor que el determinado en función de otros factores.

Resumiendo, la determinación del tamaño de -- una planta industrial requiere de la revisión y análisis detallado del conjunto de factores de influencia descritos anteriormente, todos los cuales tienen repercusiones en el monto de las inversiones necesarias para instalar la planta, en los niveles de rentabilidad que habrán de obtenerse

y en las perspectivas de crecimiento de la misma.

Se debe analizar, si el tamaño con el cual se logran costos unitarios mínimos es el mismo que aquel con el cual se logra una máxima utilidad y rentabilidad o el máximo cociente de ventas a costos.

Ejemplo

A continuación se presenta, de una manera simplificada, la determinación del tamaño de una planta de extracción de aceite de cártamo que se instalaría hipotéticamente, en la ciudad de Los Mochis, Sinaloa, con base en la producción de semilla de cártamo del Distrito de Riego 75 de la República Mexicana.

1. Mercado

Al analizar un estudio de mercado sobre los aceites vegetales en la República Mexicana se encontró que el consumo nacional de estos productos muestra una tendencia ascendente en el período de 1962 a 1970, pasando de 312,000 a 410,000 toneladas anuales, respectivamente, presentando diversas fluctuaciones durante dicho período. Dentro de ese consumo nacional está considerado un volumen de importación de aceites vegetales que ha ido ascendiendo, para ese período, de 17,000 a 32,000 toneladas anuales.

La participación de los diversos aceites en el

consumo nacional ha variado significativamente en los últimos años, así se tiene que en el año de 1962, el aceite de cártamo representó el 6% de dicho consumo, mientras que en 1970, ascendió al 24%.

De acuerdo con lo antes señalado, se podrían substituir en el mercado de consumo con aceites vegetales, los que se vienen importando por aceites de producción nacional, en volúmenes superiores a 32,000 toneladas a partir de 1971.

2. Materia prima

La producción total de semilla de cártamo en el Estado de Sinaloa, aún cuando ha fluctuado durante los últimos años, presenta una tendencia ascendente al pasar - de 53,000 toneladas en 1962 a 176,000 toneladas en 1970.

El cultivo de esta oleaginosa se realiza en los tres Distritos de Riego, habiendo correspondido en los últimos años el 60% del total de la producción obtenida al Distrito 10; el 21% al Distrito 63 y el 19% al Distrito 75.

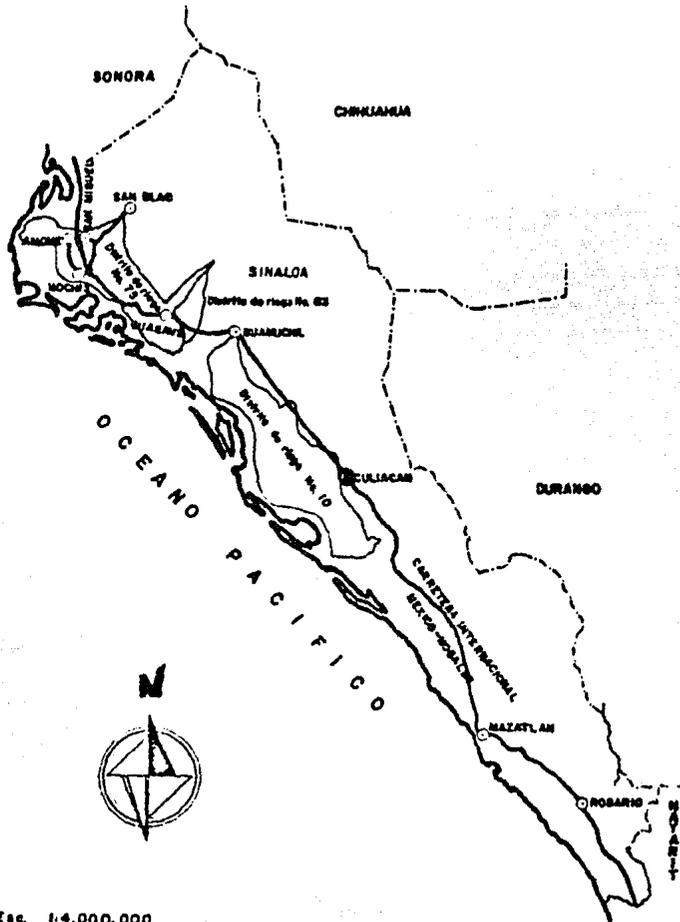
La producción de este último Distrito de Riego es la que se planea procesar en la planta proyectada (ver gráfica No. 2.6).

La proyección de los datos históricos permite prever una producción de cártamo en el Estado de Sinaloa no menor de 150,000 toneladas a partir de 1971 (ver gráfica No. 2.7).

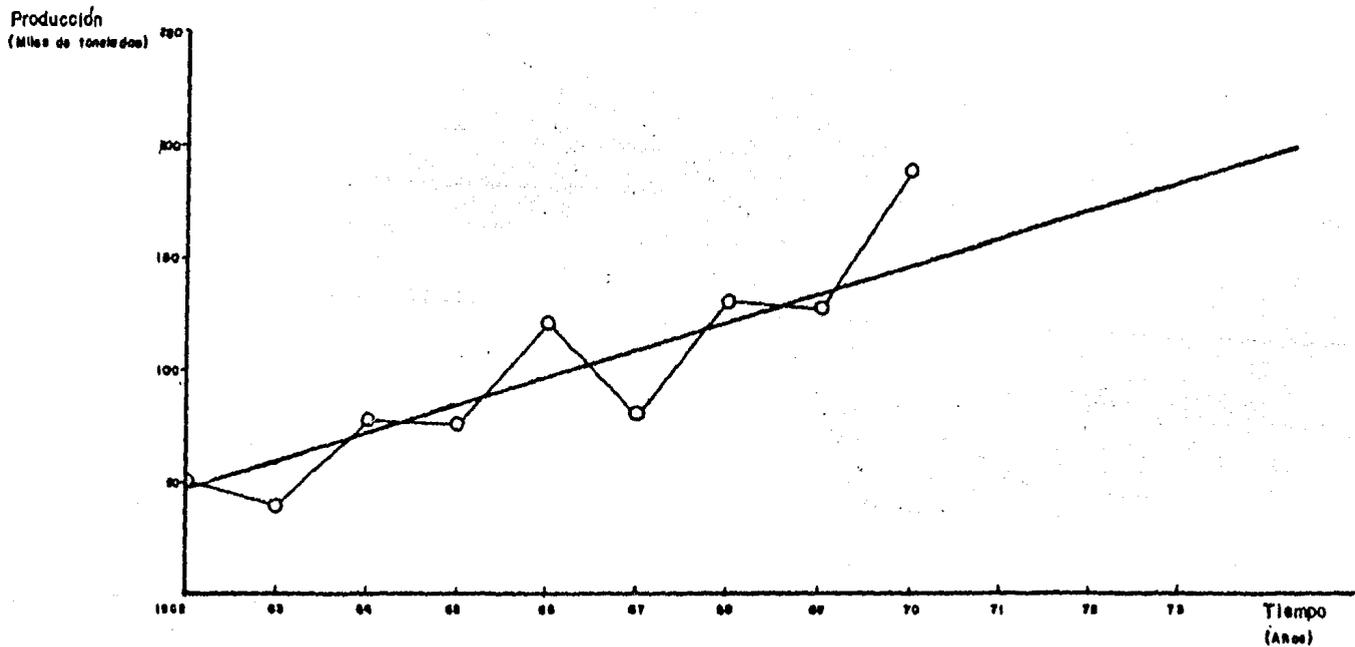
Suponiendo que se mantenga el porcentaje de contribución del Distrito de Riego 75 en un nivel próximo al observado en los últimos años de 19%, es de esperarse una producción de semilla de cártamo en dicho Distrito del orden de 29,000 toneladas a partir de 1971, misma que, de acuerdo con el proyecto de estudio, sería captada por la planta que se desea instalar en la ciudad de Los Mochis.

Para cubrir el déficit de aceites vegetales en el país, se ha puesto en marcha un plan agrícola de acuerdo con el cual se sembrarán con girasol, tierras suficientes en la región central del país para alcanzar una producción estimada de 40,000 toneladas de esta semilla oleaginoso, en un plazo de dos años, misma que se continúa

Gráfica No. 2.6 Localización de los Distritos de riego 10, 63 y 75 en el Estado de Sinaloa.



Gráfica No. 2.7 Producción histórica y proyectada de la semilla de cártamo en el estado de Sinaloa a partir de 1962.



rá incrementando en la medida que se juzgue conveniente y de acuerdo con las producciones que se vayan obteniendo de las otras semillas oleaginosas.

3. Economías de escala

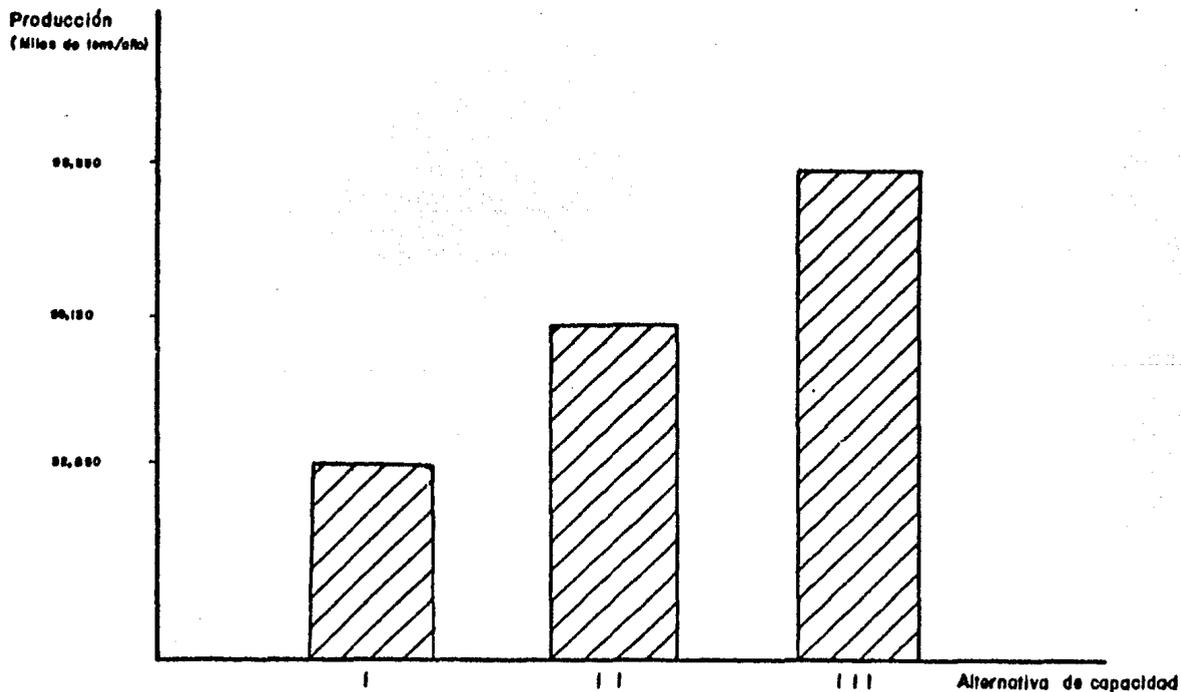
Con base en el volumen inicial de materia prima disponible para la Planta, se podría seleccionar como mínimo una capacidad de producción de 100 toneladas de semilla de cártamo por día, que operaría continuamente durante cerca de 10 meses al año. Sin embargo, al analizar la estructura de costos de este tipo de industrias, se observa que uno de los conceptos que incide más fuertemente, después del costo de la materia prima, es el correspondiente a los intereses sobre el crédito de avío que las plantas de extracción de aceites obtienen de las instituciones bancarias, para financiar la adquisición de la materia prima. Para disminuir el efecto de estos cargos financieros es conveniente procesar, en el plazo más corto posible y dentro de las restricciones del mercado, el total de la materia prima.

Tomando en cuenta lo anterior, se considera necesario analizar económicamente diversas alternativas de tamaño para la planta. En este caso, se revisarán tres alternativas: La primera, correspondiente a una planta de 100 ton./día; la segunda, a una de 180 ton./día, mientras que la tercera sería de 300 ton./día (ver gráfica No. 2.8).

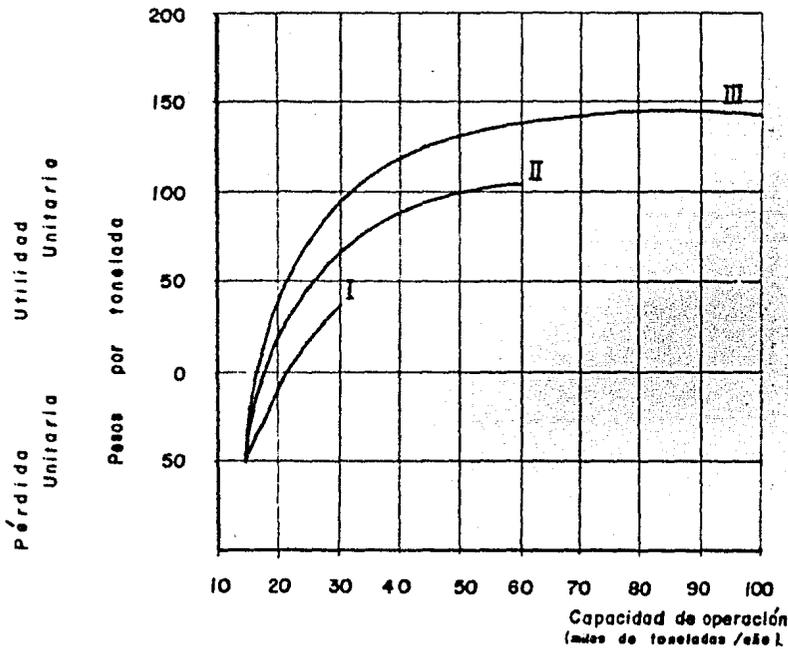
Al realizar las estimaciones de la utilidad unitaria para cada alternativa, se obtienen los resultados ilustrados en la gráfica No. 2.9. En esta gráfica se observa que para una disponibilidad de materia prima aproximadamente de 29,000 toneladas anuales, las utilidades unitarias que se obtendrían en una planta de 300 toneladas por día serían mayores que las que se lograrían en una de 180. A su vez, las utilidades que se generarían en esta última planta, serían mayores que las que se obtendrían en una planta con una capacidad de 100 toneladas de semilla procesada por día, si operacen al mismo nivel de 29,000 toneladas anuales.

En la gráfica No. 2.9 se observa que, para el estudiado rango de capacidades, las utilidades unitarias son mayores a medida que la planta considerada es de mayor

Gráfica No 2.8 Determinación del tamaño de una planta de extracción de aceite vegetal a través del análisis de tres alternativas.



Gráfica No. 2.9 Utilidad unitaria esperada de la operación de una planta de extracción de aceite, en función de la capacidad instalada y los intereses del crédito de avío.



Con base en una estimación preliminar de costos, aproximación $\pm 20\%$.

Indicaciones a la Gráfica No. 2.9

BASES DE LA ESTIMACION

Constantes

Precio de Adquisición del Cártamo	\$ 2,200.00 /ton.
Precio de Venta del Aceite	\$ 6,600.00 /ton.
Precio de Venta de la Pasta	\$ 500.00 /ton.
Rendimiento de Extracción	37%
Rendimiento de Pasta	54%

Capacidad

Planta	ton./día
I	100
II	180
III	300

capacidad para el mismo volumen de operación, principalmente como resultado de que el costo del crédito de avío es mayor que el incremento en los cargos de depreciación.

El análisis anterior permite señalar que la planta más conveniente, desde el punto de vista de economías de escala, debería tener una capacidad de 300 toneladas por día.

4. Recursos Financieros

La disponibilidad de recursos financieros para llevar a cabo el proyecto es limitada, debido a que la empresa que desea instalar la planta tiene en mente invertir en otras actividades complementarias, y por tal motivo, no desea invertir más de 5.0 millones de pesos de sus recursos en este proyecto.

Esos 5.0 millones de pesos servirían para cubrir el 30% de la inversión fija, ya que la empresa ha obtenido ofrecimientos de entidades de crédito de financiar hasta el 70% de la inversión fija necesaria para llevar a

cabo el proyecto. Por consiguiente, dicha inversión no deberá exceder de 16.6 millones de pesos,

Al analizar las estimaciones de inversión fija para cada alternativa de capacidad, se observa en la tabla 2.53 que la planta de 300 ton./día, tendría un costo de 21.4 millones de pesos. Al reducir la capacidad de la planta a 180 ton./día y a 100 ton./día, la inversión anterior se reducirá en 5.5 millones de pesos y en 8.9 millones de pesos respectivamente.

Tabla No. 2.53 Inversión Fija Requerida para el Proyecto
(Millones de Pesos)

Alternativas de Tamaño	I	II	III
Monto de la Inversión	12.5	15.9	21.4

Tomando en cuenta los factores estudiados y en particular los resultados de la proyección de la disponibilidad de materia prima y los efectos de economías de escala, dentro de los límites de los recursos financieros -

disponibles, se concluye hasta aquí que la planta que debería adoptarse es la de una capacidad de 180 ton./día, con una inversión fija de 15.9 millones de pesos. La capacidad de esta planta se ampliaría posteriormente a 300 ton./día, una vez que la empresa pudiese hacer las erogaciones adicionales correspondientes.

5. Tecnología

El análisis de la tecnología de extracción de aceites vegetales comestibles y el de la maquinaria y equipo comercial correspondiente señala que, para capacidades iguales o superiores a 180 toneladas por día, resulta conveniente utilizar sistemas continuos de extracción de aceites. Asimismo, dicho análisis señala que, en este tipo de sistemas, resulta crítica la unidad de extracción por solventes debido a su inflexibilidad de ampliación y su costo.

Con base en lo anterior, resulta altamente conveniente considerar la adquisición e instalación de una unidad de extracción de aceite por solventes con una capacidad de 300 ton./día, aún cuando el resto de las instala-

ciones sean de una capacidad inicial de 180 ton./día, ya que éstas, si se podrán ampliar en forma económica posteriormente.

Una planta integrada en la forma anteriormente señalada, representaría una inversión de aproximadamente 17.4 millones de pesos, lo que significaría que la empresa tendría que aportar \$5.22 millones de sus recursos, o sea \$220,000 más del límite de \$5.0 millones que ha considerado para este proyecto. Sin embargo, tomando en cuenta las considerables ventajas para el futuro de la empresa, se estima conveniente que ésta revise su política de inversiones procurando, si ello fuese posible, adquirir e instalar la planta con capacidad inicial limitada a 180 toneladas por día y con flexibilidad para ampliarse a 300 toneladas por día.

Ejercicio Propuesto

Investigue los productos que actualmente importa - México y se pueden producir aquí. Seleccione uno, realice la localización de la planta y determine el tamaño de la misma.

Considere la disponibilidad de 50 millones de pesos y un crédito, hasta por la misma cantidad, para llevar a cabo el proyecto. Argumente sus decisiones.

2.2. Distribución de Planta

INTRODUCCION

Debido al aumento de la producción, el cambio e incremento de maquinaria y procesos, son características de cualquier compañía. Por lo tanto, las instalaciones que la alojan tienden a ser inoperantes debido a que máquinas y -puestos de trabajo tienen que agregarse a los ya existen--tes. Este proceso puede presentarse paulatinamente o en un lapso de tiempo breve. Si se planea la forma en que se --agregarán las máquinas y puestos de trabajo, se tendrá un incremento en la producción, por lo que la utilización eficiente del espacio en la instalación actual, permite pos--tergar el día en que se habrán de construir locales adicionales o una nueva planta.

Por lo tanto, el realizar una distribución de planta, basada en una planeación adecuada, es un trabajo importante para las compañías, ya que brinda una buena oportuni--dad para analizar las operaciones y costos de la compañía y, especialmente, las que afectan a la producción.

Dado que el recorrido de los materiales es muy importante en cualquier proceso productivo debe evitarse que los equipos se conviertan en un conjunto desordenado de - hombres y máquinas.

En la actualidad las compañías, tanto grandes como pequeñas, se enfrentan a la problemática del alza de los - precios en las materias primas y el límite de precio de - sus productos. Debido a esto tienen que reducir sus costos si quieren operar con utilidades.

En base a la información proporcionada por varias empresas, Di Matteo afirma que:

"El costo de los movimientos es del orden del 30% del costo total de la fábrica y llega en algunos casos a ser del 50%" *

Puede ser que los factores de costo intangible, como la disposición de equipo y el manejo de materiales, - ofrezcan la mejor solución o quizás la única a la problemática actual de las empresas.

* Juan José Di Matteo Camoirano, "Diseño de Sistemas Productivos" (México: Facultad de Ingeniería, UNAM, 1982), pág. 28-29.

DEFINICION DE DISTRIBUCION DE PLANTA

Antes de dar la definición de Distribución de Planta, considero adecuado mencionar algunas de las denominaciones que se dan comúnmente:

- a) Disposición de Fábrica o Planta
- b) Disposición o Distribución de Equipos
- c) Distribución de Planta o en Planta
- d) Layout
- e) Planeación o Distribución de Talleres
- f) Plant Layout

Distribución de Planta es el diseño de un plan y su realización, con objeto de colocar las máquinas y demás equipo de la manera que permita a los materiales avanzar con mayor facilidad, al costo más bajo y con el mínimo de manipulación, desde que se reciben las materias primas hasta que se despachan los productos terminados.

Por lo que se puede afirmar que: Distribución de Planta es la ordenación física de los elementos industria-

les. Esta ordenación, ya practicada o en proyecto, incluye tanto los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las otras actividades o servicios, como el equipo de trabajo y el personal de taller.

OBJETIVOS

Algunos objetivos además de los ya expresados en la definición son los siguientes:

- a) Asegurar una alta rotación de materiales en proceso.
- b) Determinar el proceso idóneo a las necesidades de la empresa.
- c) Elaborar una mezcla de productos de un diseño deseado, en cantidad y calidad requeridas.
- d) Encontrar la distribución más segura y satisfactoria para los empleados.
- e) Facilitar el proceso de fabricación.

- f) Mantener una flexibilidad adecuada de la planta, tanto en cantidad como en calidad.
- g) Minimizar la inversión en equipos.
- h) Reducir o eliminar los tiempos muertos de las operaciones y tiempos perdidos por el personal de desplazamiento.
- i) Utilizar lo más racionalmente posible el espacio disponible, considerando el espacio en tres dimensiones.
- j) Utilizar más eficientemente la mano de obra.

TIPOS DE PROBLEMAS Y ASPECTOS A CONSIDERAR

Existen dos tipos de problemas de distribución de planta:

- 1.- Realizar la distribución de una planta nueva.
- 2.- Mejorar la distribución existente.

El primer caso generalmente incluye diferentes especialistas además del Ingeniero Industrial, con objeto de compaginar su deseo de economía en la producción con el valor de reventa de los edificios, instalaciones y maquinaria.

Además, es el momento de mejorar los métodos y estudiar nuevos procesos de producción,

El segundo caso se presenta, como anteriormente se expuso, debido a que la distribución no va cambiando de acuerdo a su plan, sino que se van agregando máquinas en donde se encuentra espacio, lo que provoca una distribución que agrega mucho tiempo al contenido original de trabajo.

Desde el inicio de la planeación de la Distribución de Planta, es necesario pensar en todos los aspectos que influyen y que son influidos, no obstante que en alguna de sus fases sean contradictorios.

Algunos de los principales aspectos son los siguientes:

- a) Calidad del producto
- b) Circulación de las personas
 - b.1) Personal de la empresa
 - b.2) Personas ajenas a la empresa
- c) Circulación de los materiales
- d) Condiciones de trabajo
 - d.1) Ambiente (aire, ruido)
 - d.2) Higiene
 - d.3) Iluminación
 - d.4) Seguridad
- e) Costos de construcción y de instalación
- f) Empleo eficiente del personal
- g) Facilidades de mando, supervisión y control
- h) Mantenimiento
- i) Posible ampliación o modificación de la -
planta.

BENEFICIOS

Los beneficios que se obtienen al realizar una bue
na distribución de planta son los siguientes:

- a) Acortar el tiempo de producción y el tiem
po improductivo de los operarios.
- b) Control más estricto sobre los costos de
producción.
- c) Evitar el congestionamiento de los mate--
riales.
- d) Incremento de la producción.
- e) Mayor facilidad de ajuste a los cambios.
- f) Mayor utilización de la maquinaria, de la
mano de obra y de los servicios.
- g) Menor confusión en las órdenes de produc-
ción.
- h) Menor manejo de los materiales.
- i) Reducción de los niveles de inventario de
materia prima, productos en proceso y pro
ductos terminados.

- j) Reducción del área ocupada.
- k) Reducción del material en proceso.
- l) Reducción del riesgo para la salud y aumento de la seguridad de los trabajadores.
- m) Reducción del trabajo administrativo y del trabajo indirecto en general.
- n) Reducción en el costo de fabricación.
- o) Supervisión más fácil y mejor.

PRINCIPIOS BASICOS

Richard Muther en su obra "Distribución en Planta", establece seis principios básicos que facilitan el logro de una buena Distribución de Planta. A continuación se enuncian:

1.- Principio de la Integración de Conjunto

La mejor distribución es la que integra a los hombres, los materiales, la maquinaria, las actividades auxiliares, así como cualquier otro factor, de modo que re-

sulte al compromiso mejor entre todas estas partes.

No es suficiente conseguir una distribución - que sea adecuada para los operarios directos. Debe ser -- también conveniente para el personal indirecto, mantenimiento, control de producción e inspectores de calidad.

2.- Principio de la Mínima Distancia Recorrida

Es siempre mejor la distribución que permite que la distancia a recorrer por el material entre operaciones sea la más corta.

3.- Principio de la Circulación o Flujo de Mate- riales

Es mejor aquella distribución que ordene las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso esté en el mismo orden o secuencia en que se transforman, tra--tan o ensamblan los materiales.

No deben de existir retrocesos o movimientos transversales.

4.- Principio del Espacio Cúbico

La economía se obtiene utilizando de un modo efectivo todo el espacio disponible, tanto vertical como horizontal.

Esto significa que aprovecharemos el espacio libre existente por encima de nuestras cabezas o bajo el nivel del suelo.

5.- Principio de la Satisfacción y de la Seguridad

Será siempre más efectiva la distribución que haga el trabajo más satisfactorio y seguro para los obreros.

6.- Principio de la Flexibilidad

Siempre será más efectiva la distribución - que pueda ser ajustada o reordenada con menos costo o inconvenientes.

ALGUNOS INDICADORES DE LA NECESIDAD DE UNA NUEVA DISTRIBUCION DE PLANTA

Existen varias razones para que se efectúe una nueva distribución de planta, pero la de mayor peso es sin lugar a dudas, lograr una producción eficiente al costo más bajo posible.

La siguiente lista muestra posibles puntos problema en la empresa. Cabe señalar que esta lista dista mucho de ser completa, debido a que cada empresa, tiene diferentes dificultades.

1. Almacenes

a) Areas congestionadas

- b) Control de inventarios insuficiente
- c) Daños a los materiales
- d) Demoras en los despachos
- e) Excesivo personal (no olvidar que es indirecto)
- f) Falta de materiales o piezas solicitadas por producción o mantenimiento
- g) Pérdidas de materiales
- h) Piezas obsoletas en inventarios

2. Ambiente

Condiciones inadecuadas de:

- a) Iluminación
- b) Limpieza
- c) Ruido
- d) Ventilación

3. Personal

- a) Alta rotación
- b) Muchos accidentes
- c) Poco interés

4. Producción

- a) Distribución inadecuada del centro de trabajo.
- b) Frecuentes interrupciones por fallas de algunas máquinas.
- c) Frecuentes movimientos de los equipos.
- d) Máquinas paradas en espera del material a procesar.
- e) Materiales en el piso y/o pasillos.
- f) Operarios calificados que mueven materiales.
- g) Programa de producción ineficiente.
- h) Quejas de los supervisores por falta de espacio.

- i) Tiempos de movimientos de materiales grandes con respecto al tiempo de proceso.

5. Recepción

- a) Congestión de materiales.
- b) Demoras en los camiones proveedores.
- c) Excesivos movimientos manuales o de remanipuleo.
- d) Necesidad de horas extras.
- e) Problemas administrativos.

Por último, cabe mencionar que la distribución de planta comprende un amplio campo, ya que se puede distribuir desde un centro de trabajo, hasta una fábrica completa. Pero, en ambos casos, debemos realizar un análisis adecuado para lograr una distribución eficiente, ya que de lo contrario, hay que modificarla y en la mayoría de los casos resulta costosa; además de los gastos indirectos, hay que considerar la pérdida de producción como consecuencia de la deficiente planeación.

Los resultados de una mejor distribución son a veces impresionantes. Menores costos en el manejo de material y puestos de trabajo más adecuados y eficientes; todas estas cosas que provienen de una distribución bien planeada, permiten que la producción fluya con un mínimo de interrupciones y problemas.

Nunca debe pensarse que cierta distribución de planta es la definitiva. Tanto ésta como los métodos, siempre estarán sujetos a cambios.

2.2.1. Determinación de los Requisitos de Maquinaria

Objetivo

Determinar el número necesario de máquinas para cada operación de los diferentes productos fabricados, en base al pronóstico de venta, el tiempo necesario para realizar la operación y el intervalo de tiempo disponible.

Conceptos Teóricos

Antes de diseñarse el sistema de producción, compuesto de todo el equipo de producción y montaje, así como el personal operador, es necesario determinar los componentes del sistema, en este caso, las cantidades de equipos individuales.

Veamos inicialmente los principales factores de los cuales dependen los requisitos de maquinaria para una operación particular:

1. El número total de productos, (P), sobre -- algún intervalo expresado en unidad de -- tiempo.
2. El tiempo necesario para realizar la operación, (T).
3. La duración del intervalo de tiempo disponible, (H).
4. El uso de la máquina, (U).

Por lo tanto, el número de máquinas, (N), para una operación es:

$$N = \frac{P T}{H U}$$

Deben tomarse ciertas precauciones al calcular N. En primer término, puesto que P es el total requerido, debe incluir el total de productos buenos más una tolerancia para el trabajo malo que puede esperarse de la operación. El mal trabajo suele expresarse como porcentaje de defec--tos, y éste se manifiesta como la fracción del insumo que

se encuentre defectuosa después de terminar la operación.
Por lo tanto:

$$P = \frac{B}{1 - d}$$

donde B es la producción buena requerida, y
d es el porcentaje de defectos.

Obsérvese que B y P deben ser la cantidad requerida para el período de tiempo H. No tiene importancia para la fórmula qué tiempo corresponde a H mientras se emplee el mismo período para todas las operaciones y P se refiera a ese período. Cabe señalar, no obstante, que el tiempo por operación, T, suele expresarse en horas o minutos, y como (P · T) es el tiempo que requiere una máquina para producir el número de piezas deseado, H también ha de expresarse en las mismas unidades, horas o minutos,

Así T, expresado en minutos, puede convertirse en horas si se divide por 60 minutos por hora, por lo que se ha llegado a la convención de expresar H en horas por unidad de tiempo (día, semana, mes o año) después de conver--

tir T en horas por operación.

El tiempo por operación, T, generalmente podrá ser indicado por el grupo encargado de establecer los estándares en forma de valor de tiempo estándar. Las horas por período de unidad de tiempo suelen entenderse como horas según reloj.

Para que la fórmula sea aplicable, tanto T como H deben expresarse en las mismas unidades, ya sea ambos en horas estándar o ambos en horas de reloj. La transformación a tiempo estándar se realiza multiplicando las horas según reloj (h) por período de unidad de tiempo, equivalente a H, por el rendimiento (r) esperando de los operarios en comparación con el estándar. Por lo tanto:

$$H = h r$$

en horas estándar

El uso, U, se entiende como el empleo de la máquina en consideración, suponiendo que no haya demoras por falta de trabajo y/o materiales. Entonces el resultado es:

$$N = \frac{P \text{ (productos/tiempo)} T \text{ (horas estándar/producto)}}{H \text{ (horas estándar/tiempo)} (U)}$$

donde N es el número de máquinas para una operación.

La producción requerida P variará considerablemente entre las operaciones, sobre todo a causa de dos factores: toda operación anterior ha de producir cantidades que llegarán a ser desperdicios no recuperables en operaciones siguientes y el nivel de calidad que puede mantenerse variará según el personal, equipos, material, tolerancias, método de operación y de control para cada operación. La producción total requerida es igual a la producción buena solicitada más el trabajo defectuoso o, expresado simbólicamente

$$P = B + D$$

donde B representa la producción buena requerida, y

D el trabajo defectuoso no recuperable.

Debido a que se gasta tiempo de máquina tanto para el trabajo malo como para el bueno, el problema consiste - en determinar los requisitos de producto bueno y el trabajo malo esperado en cada operación.

El producto bueno para la operación final (O_n) es igual a los requisitos de ventas esperados. Las condiciones de producto bueno para la penúltima operación (O_{n-1}) - son iguales al producto bueno para O_n más los trabajos defectuosos no recuperables generados por O_n . (El trabajo defectuoso no recuperable se compone a menudo de desechos, - artículos de segunda clase u otra calidad inferior, recuperables para la venta. Una mercancía puede ser no recuperable como producto perfecto sin que tenga que desecharse como chatarra). Entonces:

$$B(O_{n-1}) = B(O_n) + D(O_n) = P(O_n)$$

$$B(O_{n-2}) = B(O_{n-1}) + D(O_{n-1}) = P(O_{n-1})$$

$$\begin{array}{cccc} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{array}$$

$$B(O_1) = B(O_2) + D(O_2) = P(O_2)$$

Estableciendo $B(O_n)$ y determinando el porcentaje - de defectos, d , para cada operación, se pueden calcular to dos los demás valores, dado que:

$$D = \frac{B d}{1 - d}$$

para cualquier operación.

A una producción defectuosa no recuperable se le - agrega a menudo otra que puede regenerarse y convertirse - en un producto de buena calidad. La otra cantidad de trabajo defectuoso no afecta la determinación de los requisitos de producto bueno de operaciones precedentes, pero sí la - producción total requerida en cada operación. Por lo tanto, se deberá perder tiempo en regenerar ese producto y en suministrar equipos adicionales.

El tiempo necesario para rehacer las cosas puede - ser más largo que para la operación original, puesto que - cada pieza que tiene que elaborarse de nuevo presenta exigencias peculiares. Esto requiere un análisis adicional de parte del operario, así como de los Ingenieros de Control

de Calidad o de Producción, a fin de que especifiquen qué es lo que debe hacerse. A causa de esos requisitos individuales y características se podrán instalar lugares o departamentos separados para trabajos de regeneración o éstos pueden programarse para los períodos desocupados de la maquinaria. La elección depende en primer lugar de factores de costo y control. En todo caso, el equipo que sobre para las necesidades de las primeras operaciones puede asignarse por separado, aprovechándose los lapsos que sean aplicables a los trabajos de regeneración. Con el propósito de diferenciar la carga de regeneración, ésta se determinará mediante la fórmula:

$$N' = \frac{P' T'}{H U}$$

siendo (N') el número de máquinas necesarias para los trabajos de regeneración, (T') el tiempo asignado para esos trabajos y (P') el número de piezas que han de rehacerse. En la determinación básica de la ocupación de máquinas, esa cantidad se distribuirá entre B y D, puesto que después de la regeneración una parte será aprovechable y el resto se desechará.

Si se decide hacer las operaciones de regeneración dentro de las áreas de producción, N' se sumará a N , con el fin de determinar los requisitos totales de maquinaria para la operación. Si se realizan en un lugar aparte, N' constituye los requisitos para ese lugar.

Para estimar apropiadamente los valores que corresponden a B y P' se necesitan datos históricos. Estos han de analizarse con el propósito de determinar los probables efectos de variaciones entre las condiciones en que se reunieron y las presentadas por la nueva distribución de planta. Si se pueden establecer límites de control y hacer un análisis de las causas de los rechazos, existe la posibilidad de tratar de eliminar o reducir las principales fuentes de tales causas en el nuevo método de proceso.

Si no se dispone de datos históricos se hará un análisis de los defectos combinados de los factores que podrían causar rechazos. Una lista parcial de los factores que determinan los niveles de rechazo es la siguiente:

1. Calidad del producto
2. Cantidad y variedad de productos

3. Características del equipo
4. Herramientas
5. Mantenimiento
6. Materiales
 - 6.1 Cualidades
 - 6.2 Manejo
7. Método de Producción
8. Mano de obra
 - 8.1 Directa
 - 8.2 Indirecta

FACTOR DE USO

El factor de uso se define como la relación entre las horas de aprovechamiento de un equipo y las horas totales disponibles en un período de unidad de tiempo, a menudo un año de producción, cuyos valores límite son 0 y 1.

El factor de uso depende en primer lugar del diseño del equipo en consideración, de la continuidad de su aprovechamiento y de la política de mantenimiento.

En la medida en que aumenta la complejidad de los equipos, crecen las posibles causas de su mal funcionamiento. Esto redundará en un factor de uso inferior. La calidad y cantidad del producto se incrementarán muy probablemente al introducir en el equipo una mayor especialización y control, pero los mecanismos incorporados y los controles suelen volverse más complejos en cuanto al diseño individual y a las interrelaciones. Por eso, resulta necesario aumentar la precisión de los componentes individuales si ha de lograrse una alta exactitud en el sistema. En la mayoría de los casos, la acrecentada precisión de los componentes sólo puede lograrse mediante mejores programas de mantenimiento preventivo.

El mantenimiento surtirá un mayor efecto sobre el factor de uso que las características del equipo o la continuidad de su aprovechamiento. Resulta prácticamente inverosímil que pueda esperarse un factor de uso máximo sin un programa de mantenimiento preventivo bien planificado, organizado y administrado. Tal programa anticipa las reparaciones necesarias y evitará una serie de averías y demoras del equipo. Si el programa incluye a personas que han de desarrollar métodos para las operaciones de mantenimiento

y programas relacionados con él, podrá el factor de uso - elevarse en forma considerable.

El factor de uso también depende de la confiabilidad del equipo, definiéndose esta como la posibilidad de - que un artefacto realice sin fallar una función específica, en condiciones dadas y durante un determinado período de tiempo.

Suelen considerarse tres tipos de fallas: fallas - por desgaste o disminución de la capacidad hasta que se - produce la falla; fallas accidentales, aquellas que son - imprevisibles y pueden presentarse en cualquier momento; y fallas iniciales, fallas debidas a la "novedad" que suelen corregirse durante el período de adaptación.

No se considera que las fallas iniciales afecten - las condiciones de operación, puesto que se eliminan antes de colocar el equipo para la producción normal.

REQUISITOS TOTALES DE UN TIPO DE MAQUINAS

Al determinar el número de máquinas requeridas para cada operación, los requisitos calculados serán una fracción o bien un número mixto.

Si una sola operación ha de hacerse en una máquina individual, cada uno de los requisitos calculados se elevará al siguiente número entero. El resultado de tal procedimiento será el requisito total máximo de maquinaria con un elevado tiempo de desocupación inherente. El requisito mínimo para un tipo individual de máquina consistiría en el número entero siguiente por encima de la suma de todos los requisitos expresados en números fraccionados y mixtos, correspondientes a operaciones individuales realizadas en esa máquina. Por lo menos en teoría debería pensarse alguna manera de programar ese número mínimo de máquinas para dar la producción requerida. Sin embargo, si tratamos de ponerla en práctica, encontramos a menudo una cantidad excesiva de preparativos necesarios o de períodos de desocupación programados que, en muchos casos, impiden la aplicación de esa cifra mínima. Por esa razón, el número necesario de máquinas de un tipo particular se encontrará entre el mínimo y -

el máximo.

En una distribución por proceso (máquinas agrupadas por tipo, no por producto) se reconoce que el supervisor o el encargado de producción tiene la responsabilidad de cargar las máquinas de tal modo que cumplan con el programa requerido, y de asignar el trabajo de la manera más económica dentro de las limitaciones del programa. La cuestión referente a la economía implica, por lo general, que se asignen las máquinas de tal manera que los preparativos sean mínimos, en consecuencia resulta un mayor tiempo productivo del equipo. Además, en épocas de cargas anormalmente grandes, se puede recurrir al trabajo extra, con un mayor costo por unidad para salvar los atrasos de producción.

Para la planeación de la Distribución de Planta - no es necesario, ni prudente, desarrollar detallados programas de producción. Las condiciones cambian y lo máximo que la distribución puede esperar es lograr medios e instalaciones capaces de enfrentar esas variaciones dinámicas. Los medios necesarios para estimaciones objetivas de producción, suponiendo una buena programación y control de la producción, pueden obtenerse mediante una distribución que

asigne a cada máquina una combinación de operaciones que, en su conjunto, no requieran más de 100% del tiempo de máquina disponible en condiciones normales. Esto se logra sumando fracciones de requisitos de maquinaria para operaciones individuales hasta que los requisitos totales para máquinas individuales se acerquen a la unidad. Si las operaciones fraccionarias dan al sumarlas un número mixto de máquinas, éste puede reducirse a N unidades más una fracción. La parte fraccionada del número mixto ha de manejarse en--
tonces, como si se tratara de un requisito de operación -
fraccionado y la porción de unidades es posible concebirla como si representara máquinas plenamente utilizadas.

Considérese, sin embargo, que mayores asignaciones significan mayores preparativos que redundan en un factor de uso menor. Por eso existe en la práctica un límite para la serie de tareas que pueden asignarse a una sola máquina o para la serie de máquinas a las cuales es posible asig--
nar una determinada operación.

CALCULO DE LAS SUPERFICIES

Para cada máquina o elemento a distribuir, la superficie total necesaria (ST) se calcula como la suma de tres superficies parciales:

1. Superficie Estática, (SE): Es la superficie que ocupa la máquina o elemento a distribuir.
2. Superficie de Gravitación, (SG): Es la superficie utilizada alrededor de los puestos de trabajo por el obrero y por el material reunido para las operaciones a realizar. Esta superficie se obtiene, para cada elemento, multiplicando la superficie estática por el número de lados (L) a partir de los cuales la máquina debe ser utilizada.

$$SG = SE \cdot L$$

3. Superficie de Evolución, (SV): Es la superficie que hay que reservar entre los puestos de trabajo para los desplazamien-

tos de personal y para el material que -
 alimenta a la máquina.

$$SV = K (SE + SG)$$

El coeficiente (K) puede variar desde 0.05 a 3 y se calcula como una relación entre el área ocupada por los -- hombres más el área utilizada por los objetos desplazados y el doble de las áreas medias de muebles o máquinas.

Los siguientes valores de K han sido obtenidos en -
 casos particulares:

	K	
Industria Mecánica	2.00	a 3.00
Pequeño Taller Mecánico	1.50	a 2.00
Relojería y/o Joyería	0.75	a 1.00
Industria de Tejido	0.50	a 1.00
Industria de Hilado	0.50	a 0.25
Trabajo en cadena, con transporte mecánico	0.10	a 0.25
Gran Industria, alimentación y evacuación mediante grúa puente	0.05	a 0.15

Normalmente, la superficie ocupada por las piezas o por los materiales almacenados junto a un puesto de trabajo para la operación en curso no da lugar a una asignación complementaria, ya que está comprendida en las superficies de gravitación y de evolución. Sin embargo, cuando este almacenaje ocupa una superficie muy grande, como ocurre normalmente por ejemplo para la cizalla o guillotina, conviene aumentar la superficie asignada al puesto de trabajo calculando aparte, como si se tratara de un almacén, la superficie para este aprovisionamiento.

Para calcular la superficie que hay que asignar al almacén (SA), no se considera la superficie de gravitación, sino únicamente la superficie estática y de evolución.

Por lo tanto las fórmulas son:

$$ST = SE + SG + SV = SE (L + 1) (K + 1)$$

$$y \quad SA = SE + SV = SE (K (L + 1) + 1)$$

Ejemplo

Determine el número de máquinas y el espacio requerido para alojarlas, si se necesitan fabricar 50,000 unidades del producto A al mes, disponiendo de 184 horas con una eficiencia del 80%.

Es preciso realizar cinco operaciones en diferentes máquinas para la elaboración del producto A. La secuencia de las operaciones se muestra en el Diagrama de Proceso de la Operación (gráfica No. 2.10).

La tabla No. 2.54 muestra los datos históricos de que dispone la compañía. Considere $K = 2$.

Gráfica No. 2.10 Diagrama del proceso de la operación.

Operación: Fabricación del producto A No. Parte: C-600-V-S

Método: Actual

Diagramó: Juan Germán Valenzuela Ramos.

Acero 5120
de 12" X 2" ϕ

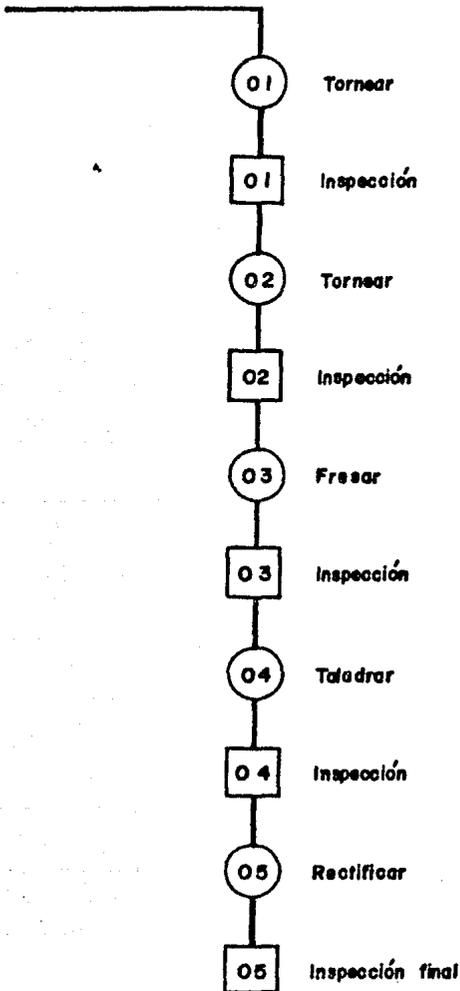


Tabla No. 2.54 Datos Históricos

	1	2	3	4	5
T $\left[\frac{\text{min. std.}}{\text{Unidad}} \right]$	0.52	0.48	0.65	0.41	0.55
d (%)	4.00	2.00	3.00	5.00	1.00
U	0.93	0.90	0.91	0.87	0.94
SE $[m^2]$	1.20	2.50	2.00	2.00	2.00
L	1.00	1.00	2.00	3.00	2.00

Solución

1. Se determina el número total de unidades del -
producto A por mes de cada operación (máquina).

Dado que $P = B + D$

y $D = \frac{B d}{1 - d}$

Para la operación cinco

$$P_5 = B_5 + D_5$$

y $D_5 = \frac{B_5 d_5}{1 - d_5}$

$$D_5 = \frac{50000 (0.01)}{1 - 0.01}$$

$$D_5 = 505 \text{ unidades/mes}$$

por lo tanto $P_5 = 50000 + 505$

$$P_5 = 50,505 \text{ unidades/mes}$$

Para la operación cuatro

$$P_4 = B_4 + D_4$$

donde

$$B_4 = B_5 + D_5 = P_5$$

y

$$D_4 = \frac{B_4 d_4}{1 - d_4}$$

$$D_4 = \frac{1010 (0.05)}{1 - 0.05}$$

$$D_4 = 2,658 \text{ unidades/mes}$$

por lo tanto

$$P_4 = 50505 + 2658$$

$$P_4 = 53,163 \text{ unidades/mes}$$

Para la operación tres

$$P_3 = B_3 + D_3$$

donde $B_3 = P_4 = 53,163$ unidades/mes

y $D_3 = \frac{B_3 d_3}{1 - d_3}$

$$D_3 = \frac{53163 (0.03)}{1 - 0.03}$$

$$D_3 = 1,644 \text{ unidades/mes}$$

por lo tanto $P_3 = 53163 + 1644$

$$P_3 = 54847 \text{ unidades/mes}$$

Para la operación dos

$$P_2 = B_2 + D_2$$

donde $B_2 = P_3 = 54,847$ unidades/mes

y $D_2 = \frac{B_2 d_2}{1 - d_2}$

$$D_2 = \frac{54847 (0.02)}{1 - 0.02}$$

$$D_2 = 1,112 \text{ unidades/mes}$$

por lo tanto

$$P_2 = 54847 + 1112$$

$$P_2 = 55,926 \text{ unidades/mes}$$

Para la operación uno

$$P_1 = B_1 + D_1$$

donde

$$B_1 = P_2 = 55,926 \text{ unidades/mes}$$

y

$$D_1 = \frac{B_1 d_1}{1 - d_1}$$

$$D_1 = \frac{55926 (0.04)}{1 - 0.04}$$

$$D_1 = 2,330 \text{ unidades/mes}$$

por lo tanto

$$P_1 = 55926 + 2330$$

$$P_1 = 58,256 \text{ unidades/mes}$$

2. Se convierten los minutos estándar a horas estándar.

$$T_1 = 0.52 (1/60) = 0.0087 \text{ hora estándar/unidad}$$

$$T_2 = 0.48 (1/60) = 0.0080 \text{ hora estándar/unidad}$$

$$T_3 = 0.65 (1/60) = 0.0108 \text{ hora estándar/unidad}$$

$$T_4 = 0.41 (1/60) = 0.0068 \text{ hora estándar/unidad}$$

$$T_5 = 0.55 (1/60) = 0.0092 \text{ hora estándar/unidad}$$

3. Convertir las horas reloj a horas estándar

$$H = h r$$

$$H = 184 (0.80)$$

$$H = 147.2 \text{ horas estándar/mes}$$

4. Se determina el número de máquinas en base a la siguiente fórmula:

$$N = \frac{P T}{H U}$$

Para la operación uno

$$N_1 = \frac{P_1 T_1}{H U_1}$$

$$N_1 = \frac{58256 (0.0087)}{147.2 (0.93)} = 3.70$$

$$N_1 = 4 \text{ máquinas}$$

Para la operación dos

$$N_2 = \frac{P_2 T_2}{H U_2}$$

$$N_2 = \frac{55926 (0.0080)}{147.2 (0.90)} = 3.38$$

$$N_2 = 4 \text{ máquinas}$$

Para la operación tres

$$N_3 = \frac{P_3 T_3}{H U_3}$$

$$N_3 = \frac{54847 (0.0108)}{147.2 (0.91)} = 4.42$$

$$N_3 = 5 \text{ máquinas}$$

Para la operación cuatro

$$N_4 = \frac{P_4 T_4}{H U_4}$$

$$N_4 = \frac{53163 (0.0063)}{147.2 (0.87)} = 2.62$$

$$N_4 = 3 \text{ máquinas}$$

Para la operación cinco

$$N_5 = \frac{P_5 T_5}{H U_5}$$

$$N_5 = \frac{50505 (0.0092)}{147.2 (0.94)} = 3.36$$

$$N_5 = 4 \text{ máquinas}$$

5. Cálculo de la superficie requerida.

La superficie total necesaria para una máquina se calcula con la siguiente fórmula:

$$ST = SE + SG + SV$$

donde

SE es dato

$$SG = L (SE)$$

$$SV = K (SE + SG)$$

y para N máquinas del mismo tipo

$$TN = ST (N)$$

por tanto, para la operación uno

$$SG_1 = 1 (1.2) = 1.2 \text{ m}^2$$

$$SV_1 = 2 (1.2 + 1.2) = 4.8 \text{ m}^2$$

$$ST_1 = 1.2 + 1.2 + 4.8$$

$$ST_1 = 7.2 \text{ m}^2$$

de otra forma

$$ST = SE_1 (L_1 + 1) (K + 1)$$

entonces

$$ST_1 = 1.2 (1 + 1) (2 + 1)$$

$$ST_1 = 7.2 \text{ m}^2$$

Como se requieren 4 máquinas

$$TN_1 = ST_1 (N_1)$$

$$TN_1 = 7.2 (4)$$

$$TN_1 = 28.8 \text{ m}^2$$

Para la operación dos

$$ST_2 = SE_2 (L_2 + 1) (K + 1)$$

$$ST_2 = 2.5 (1 + 1) (2 + 1)$$

$$ST_2 = 15 \text{ m}^2$$

y su

$$TN_2 = ST_2 (N_2)$$

$$TN_2 = 15 \quad (4)$$

$$TN_2 = 60 \text{ m}^2$$

Para la operación tres

$$ST_3 = SE_3 (L_3 + 1) (K + 1)$$

$$ST_3 = 2 (2 + 1) (2 + 1)$$

$$ST_3 = 18 \text{ m}^2$$

y su

$$TN_3 = ST_3 (N_3)$$

$$TN_3 = 18 \quad (5)$$

$$TN_3 = 90 \text{ m}^2$$

Para la operación cuatro

$$ST_4 = SE_4 (L_4 + 1) (K + 1)$$

$$ST_4 = 2 (3 + 1) (2 + 1)$$

$$ST_4 = 24 \text{ m}^2$$

y su

$$TN_4 = ST_4 (N_4)$$

$$TN_4 = 24 (3)$$

$$TN_4 = 72 \text{ m}^2$$

Para la operación cinco

$$ST_5 = SE_5 (L_5 + 1) (K + 1)$$

$$ST_5 = 2 (2 + 1) (2 + 1)$$

$$ST_5 = 18 \text{ m}^2$$

y su

$$TN_5 = ST_5 (N_5)$$

$$TN_5 = 18 (4)$$

$$TN_5 = 72 \text{ m}^2$$

Operación	Superficie Requerida (m ²)
1	28.8
2	60.0
3	90.0
4	72.0
5	<u>72.0</u>
	322.8 Superficie To- tal Requerida

Ejercicio Propuesto

Determine el número de máquinas y el espacio requerido para alojarlas, si se necesitan fabricar 10,000 unidades del producto X al mes, disponiendo de 180 horas con una eficiencia del 85%.

Es preciso realizar ocho operaciones en diferentes máquinas para la elaboración del producto, siendo la secuencia de las operaciones progresiva, la tabla No. 2.55 muestra los datos históricos disponibles. Considere $K = 0.25$.

Tabla No. 2.55 Datos Históricos

	1	2	3	4	5	6	7	8
T $\left[\frac{\text{min. std.}}{\text{Unidad}} \right]$	1.25	1.38	2.58	3.84	1.27	1.29	2.48	1.28
d (%)	1.00	8.00	4.00	2.00	3.00	7.00	6.00	5.00
U	0.95	0.89	0.92	0.90	0.93	0.87	0.85	0.91
SE $[m^2]$	2.40	1.60	1.20	1.00	2.20	1.80	1.40	2.00
L	1.00	1.00	2.00	3.00	1.00	1.00	2.00	1.00

2.2.2. Tipos de Distribución de Planta

Objetivo

Conocer los distintos tipos de distribuciones de planta para que, en su oportunidad, se aplique aquel que sea más económico para las operaciones a que se destine.

Conceptos Teóricos

Después de determinar el número de máquinas requeridas para la fabricación de una mezcla de productos, es necesario disponer el equipo en unidades y estas a su vez dentro de la totalidad de la planta. El objetivo primordial de la distribución, sea de un departamento o de toda la planta, consiste en avanzar desde los materiales sin trabajar, hasta el producto por expedir de una manera sistemática, con un mínimo de retornos, las distancias más cortas para el manejo de los materiales y un costo mínimo.

Antes de clasificar y analizar las distribuciones

para la producción, se debe comprender qué es producción.

"Producción es el resultado obtenido de un - conjunto de hombres, materiales y maquinaria (incluyendo herramientas y equipo) actuando bajo alguna forma de dirección" *

Existen siete modos de relacionar a los elementos de la Producción (hombres, materiales y maquinaria) en cuanto al movimiento:

- 1.- Movimiento del Hombre
- 2.- Movimiento del Material
- 3.- Movimiento de la Maquinaria
- 4.- Movimiento del Hombre y del Material
- 5.- Movimiento del Hombre y de la Maquinaria
- 6.- Movimiento del Material y de la Maquinaria
- 7.- Movimiento del Hombre, del Material y de la Maquinaria.

* Richard Muther, "Distribución en Planta" (España: Hispano Europea, 1977), pág. 23.

Debemos tener en cuenta que al menos uno de los tres elementos debe moverse. Cuando los hombres, los materiales y la maquinaria permanecen estáticos, no puede haber producción, y precisamente aquí, es donde principian muchos estudios de distribución, con un análisis de cuáles serán los elementos que deberán moverse.

Cuando los materiales y las máquinas no pueden moverse, el hombre es el que lo hace; si la maquinaria es pequeña resulta generalmente fácil moverla. Pero lo más frecuente es mover el material; excepto cuando es de grandes dimensiones, difícil de transportar o si el producto terminado debe permanecer fijo en el lugar que se produjo.

La distribución de la fábrica deberá facilitar todo lo posible la secuencia del trabajo por los locales. Cuando se fabrica un solo producto es fácil disponer las instalaciones para que las operaciones se sucedan en orden en el ciclo de fabricación y el producto pase de un proceso a otro sin tener que volver atrás. Lo ideal es que las materias primas entren por un extremo de la fábrica, la atraviesen en línea recta y salgan por el otro extremo transformadas en productos acabados, listos para la expedición.

ción.

Pero no es frecuente que ese ideal se presente en la vida real. No importa que el trabajo siga una trayectoria menos sencilla, siempre que avance en orden y con regularidad.

En industrias que fabrican muchos productos o cuyos artículos constan de muchas piezas, es más difícil hallar una buena distribución, particularmente cuando las líneas de producción son pequeñas y hay variedad de procesos.

Fundamentalmente hay tres tipos de Distribución de Planta:

- 1.- Distribución por Posición Fija o Componente Fijo.
- 2.- Distribución por Proceso o por Funciones.
- 3.- Distribución por Producto o en Línea.

A continuación se expondrán algunas de las características de cada una.

DISTRIBUCION POR POSICION FIJA

La Distribución por Posición Fija es aquella en - que el material o el mayor componente permanece fijo, sin ser movido durante la elaboración; los hombres, herramientas, máquinas y otras piezas o componentes son llevados al lugar de trabajo.

Las ventajas que presenta este tipo de distribución son las siguientes:

1. Reduce el manejo de las grandes unidades, aunque se aumenta el de las piezas pequeñas a trasladar al punto de montaje.
2. Permite que operarios expertos realicen - su trabajo en un solo punto, sin pérdida de tiempo por desplazamiento.
3. Facilita los cambios cuando hay variaciones frecuentes en los productos o en el - orden en que se efectúen las operaciones.
4. Se adapta a una gran variedad de produc-- tos con demandas intermitentes.

5. Hace recaer sobre un trabajador o un equipo de montaje la responsabilidad en cuanto a la calidad.
6. Facilita la planeación de la producción.
7. No es necesario tomar precauciones contra las interrupciones en la continuidad del trabajo.
8. No requiere una Ingeniería de Planta muy organizada y costosa.

Este tipo de distribución se emplea cuando:

1. El tamaño de la pieza principal es muy - grande, pesada y/o difícil de transportar.
2. Mover la parte principal es muy costoso.
3. El trabajo requiere de gran habilidad y/o se desea limitar exactamente responsabilidades.
4. Las operaciones requieren sólo de herra--mientas de mano o pequeñas máquinas.

5. Sólo se fabrica un número reducido de pro
ductos.

DISTRIBUCION POR PROCESO

En la Distribución por Proceso todas las operacio--
nes del mismo proceso están agrupadas en un área determina--
da, es decir, las operaciones y el equipo similar están reu--
nidos de acuerdo con el proceso o función que llevan a ca--
bo.

Este es el método más común de fabricación; los ma--
teriales y hombres se mueven según lo exijan las necesida--
des de fabricación hacia cada tipo de máquinas, estando es--
tas fijas.

Las ventajas que tiene esta distribución son:

1. Menor inversión en maquinaria debido a la
menor duplicidad de las mismas.
2. Facilita los cambios cuando hay variacio--
nes en los productos o en el orden en que

se ejecutan las operaciones.

3. Se adapta fácilmente a demandas intermitentes.
4. Proporciona mayores incentivos individuales a los trabajadores, ya que cada uno llega a ser un experto.
5. Permite mantener el ritmo de producción - cuando se presentan: averías en las máquinas, escasez de materiales y ausencias de los trabajadores.
6. Se asignan trabajos de acuerdo a las disponibilidades.
7. Los supervisores y capataces se hacen especialistas en su área, lo cual redundando en una mejor calidad.
8. Se adapta a la fabricación por órdenes o lotes.
9. Extremada flexibilidad para la producción de una amplia gama de artículos con el mismo equipo, al mismo tiempo.
10. Se pueden introducir nuevos productos sin

que haya necesidad de hacer cambios en la distribución del equipo; y aquellos que no son redituables se pueden descontinuar, dedicando las máquinas a líneas más remunerativas.

11. Permite tener las máquinas ocupadas a plena capacidad la mayor parte del tiempo, es decir, se utilizan más eficientemente.
12. El proceso de fabricación no es rígido.
13. Da un aspecto general de orden y limpieza y tiende a fomentar el cuidado del local.
14. Permite capacitar al operario novato fácilmente, debido a que se encuentra rodeado de trabajadores con experiencia, que operan máquinas semejantes.
15. El problema de hallar supervisores compe-tentes se aminora, dado que solamente re-quiere estar familiarizado con un sólo tipo de equipo.
16. Solamente se necesitan las máquinas sufi-cientes de cada clase, para manipular la -carga máxima normal, en lugar de una en -

cada línea de producto. Las sobrecargas se resolverán, por lo general, trabajando horas extras.

17. Pueden mantenerse bajos los costos de fabricación. Es posible que los de la mano de obra sean más altos por la unidad cuando la carga sea máxima, pero serán menores que en una distribución por producto, cuando la producción sea baja. Por consiguiente, los costos totales pueden ser inferiores cuando la instalación no está fabricando a su máxima capacidad o cerca de ella.

Las desventajas que se presentan al utilizar este tipo de distribución son las siguientes:

1. No existe ningún equipo especializado para el manejo del material.
2. La separación de las operaciones y las mayores distancias que tiene que recorrer el material, dan como resultado el empleo de

más mano de obra, mayor manejo de los materiales y por consiguiente costos más altos.

3. Los trabajadores y quienes los dirigen tienen que saber hacer distintas tareas. Por lo general, necesitarán ser más calificados que si trabajaran con una distribución por producto, además, el tiempo de capacitación es mayor.
4. Es necesaria una atención minuciosa para coordinar el trabajo. La falta de un control mecánico sobre el orden de sucesión de las operaciones significa, el empleo de órdenes de movimiento y la pérdida o el retraso posible de trabajos al tenerse que desplazar de un departamento a otro.
5. El tiempo total para la fabricación es mayor debido a la necesidad de los transportes y porque el trabajo tiene que llevarse a un departamento antes de que sea efectivamente necesario, con objeto de impedir que las máquinas tengan que pararse.

6. Pueden acumularse grandes cantidades de -
trabajo debido a la considerable anticipa-
ción en la entrega, a la detención para -
la inspección del trabajo después de su -
ejecución, a la espera de peones de movi-
miento que estén efectuando otros trans--
portes, y al tiempo necesario para el tras-
lado y las demoras consiguientes.
7. El mayor espacio entre máquinas aunado al
espacio para el almacenaje de los materia-
les y la necesidad de contar con más pasi-
llos y elevadores para el transporte del -
material, da como resultado mayor superfi-
cie ocupada por unidad de producto.
8. Son necesarias más inspecciones, por lo ge-
neral una después de cada operación, antes
de pasar el trabajo al departamento siguien-
te, en lugar de una sola inspección al fi-
nal de cada grupo de operaciones.
9. El sistema de control de la producción es
mucho más complicado y carece de un control
visual total del producto.

10. Hay que mantener una comprobación minuciosa de todas las operaciones practicadas - en las piezas, con muchas órdenes de trabajo, boletas de tiempo, órdenes de inspección y otras de seguimiento y registro.
11. Contabilidad y costos administrativos mucho más altos que cuando el trabajo sigue a lo largo de líneas de producción.
12. Presenta problemas en cuanto a Rutas y - Programación de la Producción, que permitan la utilización máxima de la maquinaria y de la mano de obra.
13. La cantidad de materiales en proceso es - elevada, con todos los costos adicionales que esto entraña.
14. El control de costos a veces es prácticamente imposible, y cuando éste es eficaz, ello se debe solamente a una vigilancia - extrema.

Preferentemente este tipo de distribución se utili-

za cuando:

1. La maquinaria es muy costosa y no puede moverse fácilmente.
2. Se fabrican gran variedad de los productos.
3. Varían notablemente los tiempos de las distintas operaciones.
4. Se tiene una demanda intermitente y/o es pequeña.
5. Se fabrica una cantidad de productos en los cuales es posible utilizar individualmente partes del equipo durante todo el tiempo.
6. El producto no está estandarizado, ni puede estandarizarse.

DISTRIBUCION POR PRODUCTO

La Distribución por Producto es aquella en la que en un área determinada se agruparán todas las máquinas o procesos destinados a fabricar el mismo producto o una se--

rie de productos similares que requieren la totalidad o la mayor parte de un mismo equipo de fabricación y en la misma secuencia.

En este tipo de distribución, el producto es al que se le concede la máxima importancia; las máquinas necesarias para fabricarlo se reúnen en un departamento y se instalan de acuerdo con el orden elegido para las operaciones, sea cual sea el proceso que se lleve a cabo. Puesto que una línea de este tipo se instala para cierta producción por hora y la máquina para cada operación se elige teniendo presente este requisito, el producto se moverá suavemente y con pocos retrasos.

Ventajas que tiene la Distribución por Producto.

1. Menor manejo de materiales, debido a que el recorrido del producto es más corto sobre una serie de máquinas contiguas o de puestos de trabajo adyacentes.
2. Se reducen las cantidades de los materiales en proceso.

3. Se obtiene una mejor utilización de la mano de obra, debido a: mayor especializa--ción de la mano de obra, mayor facilidad para adiestrarlo y mayor facilidad de conseguir mano de obra, ya que se pueden --emplear trabajadores calificados y no ca--lificados.
4. Facilita los sistemas de control porque: se localizan exactamente los puntos en - donde debe actuar el control de la cali--dad; se facilita el control de los traba--jadores, ya que se simplifica la supervi--sión y son necesarios menos cálculos para el control de costos.
5. Se reducen los congestionamientos en los pasillos y áreas de trabajo por el almace--namiento de materiales o piezas, debido a que se aprovecha mejor el espacio.
6. El producto se mueve siguiendo rutas di--rectas, lo que hace que sean menores los retrasos en la fabricación.
7. Estrecha coordinación de la fabricación -

debido al orden definido de las operaciones sobre máquinas contiguas.

8. Menos probabilidad de que se pierdan materiales o que se produzcan retrasos en la fabricación.
9. Menor tiempo total para la producción debido a que se evitan las demoras entre las máquinas.
10. Menor superficie de suelo ocupado por unidad de producto terminado, debido a la concentración de la fabricación.
11. Cantidad limitada de inspección, quizá solamente antes de que la materia entre en la línea y otra cuando el producto salga de ella, y poca inspección y vigilancia entre ambas.
12. El control de la producción se simplificado que se requieren menos ingresos, registros, órdenes de trabajo, boletas de inspección y órdenes de movimiento de los materiales. Esto redunda en menos contabilidad y costos administrativos más bajos.

13. Menor inversión en materiales.
14. Reducción del número de problemas interdepartamentales.
15. Mano de obra más barata.
16. Los costos de fabricación con índices elevados de producción será inferiores a los que ocasionaría la Distribución por Proceso.
17. Mayor control sobre máquinas y operarios.
18. Se aumentan los volúmenes de producción.
19. Se aumenta la calidad del producto.
20. Se tienen productos normalizados y por consiguiente existe intercambio de partes.
21. Se puede emplear más económicamente el equipo específico para cada operación.
22. Se adapta a un nivel de producción elevado y constante.

Las desventajas que se presentan al utilizar este -

tipo de distribución son:

1. Elevada inversión en máquinas debido a sus duplicaciones en diversas líneas de producción.
2. Considerable ociosidad en las máquinas si una o varias líneas de producción trabajan con poca carga.
3. Menos flexibilidad en la ejecución del trabajo, porque las tareas no pueden asignarse a otras máquinas similares, como en la Distribución por Proceso.
4. Menos pericia en los operarios. Cada uno aprende un trabajo en una máquina determinada o en un puesto de trabajo concreto, - que a menudo consiste en maquinaria automática que el operario tiene que alimentar.
5. Peligro de que se pare la línea de producción si una máquina sufre una avería. A menos que haya varias máquinas de una misma clase, es necesario un almacén de refacciones y que se hagan reparaciones urgentes -

para que el trabajo no se interrumpa.

6. Cuando la capacidad de producción se utiliza sólo parcialmente, suben rápidamente los costos unitarios, dado el volumen elevado de las inversiones.
7. Para rebasar el punto de equilibrio con respecto a costos, probablemente habrá que mantener un alto ritmo de producción. Ello origina una mayor presión sobre el departamento de ventas y frecuentemente conduce a guerras de precios en un mercado altamente competitivo, para poder mantener el ritmo de ventas acorde con el volumen de producción.
8. Es indispensable una supervisión estricta, ya que la falla en cualquier máquina puede determinar el paro de toda una línea de producción.
9. La introducción de un producto nuevo puede significar que haya que establecer otra línea de producción, lo cual quizá nos evite colocar tal artículo en el mercado.

10. La fabricación de un solo producto o línea de productos pocas veces, o nunca permite el aprovechamiento de equipos individuales, por lo cual es necesario que parte del equipo asignado al proceso de fabricación permanezca desocupado, a veces durante el período de producción.
11. Mayor inversión debido a la mayor cantidad de líneas para los suministros requeridos, tales como: aire, agua, gas, aceite y energía eléctrica.
12. Da al observador casual, la impresión de que prevalece el desorden y el caos. En estas condiciones suele ser difícil fomentar el cuidado del local.

Este tipo de distribución se emplea cuando:

1. Se fabrica una gran cantidad de piezas o de productos similares.
2. Difícilmente se varía el diseño del producto.

3. La demanda es constante.
4. Es fácil balancear las operaciones.
5. El suministro de materiales es fácil y - continuo.
6. Existe normalización e intercambio de las partes que forman el producto.
7. La producción dura largos lapsos.

Para establecer una línea de producción se necesita conocer:

1. Volumen de artículos por mes, día u hora.
2. Lista de operaciones, su secuencia y porcentaje estándar de productos defectuosos.
3. El tiempo requerido para realizar cada - operación y, por consiguiente, de cada - producto.
4. Tener la seguridad de un continuo suministro de materiales.
5. El rendimiento que se espera del capital.

Para ello se obtienen los costos unitarios preliminares para una determinada producción y tiempo.

Los siguientes son los estudios previos que se necesitan realizar para la instalación de una línea de producción:

1. Análisis y diseño de los productos.
2. Ingeniería de procesos y de métodos.
(Estudios de tiempos y movimientos)
3. Selección o diseño de los equipos y herramientas.
4. Manejo de materiales y productos (ensambles y subensambles).
5. Arreglo de las líneas para la fabricación y montaje.
6. Balanceo.
7. Instalación de la línea incluyendo la selección de personal y la instalación de maquinaria y equipos.

1. Análisis y diseño de los productos.

Primero se analizan las partes que forman el producto, su forma, tamaño, características y materiales.

Después, se simplifican tomando en cuenta que las partes del producto deben fabricarse y montarse bajo la especificación y diseño preliminar; pero que pueden cambiar de forma, tamaño y especificaciones, con tal que su fabricación o su montaje sea más fácil y económico.

Por último, se diseña la producción tomando en cuenta los proyectos y necesidades que se tienen.

2. Ingeniería de procesos y de métodos.

Se fijan las operaciones que intervienen en la manufactura de las partes y montajes para fabricar un producto.

Se determinan los métodos y equipos usados y la secuencia a que se sujeta la operación.

La producción debe tener un costo mínimo ahorrándose por concepto de: materia prima, mano de obra, movimiento de materiales y equipo.

3. Selección y diseño de las máquinas, equipos y herramientas.

Una vez que se conoce lo que se va a hacer y como se va a hacer, hay que pensar con qué hacerlo y para ello se hace un inventario completo de la línea, aprovechando lo existente y comprando o construyendo lo faltante.

4. Manejo de materias primas, partes semimanufacturadas y productos terminados.

Lo más económico es manejar los materiales en las distancias más cortas, ya sea a mano o mecánicamente, por lo que de todos los tipos de transporte que pueden usarse en la línea, el mejor es el que produce menor deterioro de los materiales a un costo mínimo.

5. Arreglo de las líneas para la fabricación y montaje.

Arreglo es acomodar los equipos en las áreas de trabajo, teniendo mínimas distancias entre máquina y máquina y con ello reducir al máximo el manejo de los materiales.

La secuencia de operaciones y el equipo necesario determinan el arreglo de la línea, es decir, se necesita saber: la secuencia de operaciones, el equipo a usar, los métodos de manejo de los materiales y las dimensiones de las estaciones de trabajo y de los almacenes.

6. Balanceo.

Para que una producción de una línea sea uniforme, hay que igualar los tiempos de operaciones de las diferentes estaciones de trabajo.

El objetivo de balancear es asegurar un flujo rápido y uniforme de materias primas o partes, obteniendo

máxima utilización de la fuerza de trabajo y máquinas.

Hay que tener presente que no existe balanceo perfecto, por lo que quizá haya necesidad de utilizar estantes de almacenamiento entre las distintas operaciones.

Este tipo de problemas se resuelven a través - de técnicas de investigación de operaciones y en casos -- complejos, mediante el uso de computadoras.

7. Instalación de la línea incluyendo la selección de personal y la instalación de maquinaria y - equipos.

A la persona que establece la línea de producción, se le hace, a veces, responsable de vigilar que ésta se instale del modo apropiado; pero la mayor parte de las - veces, sólo desempeña el papel de consejero y coordinador, y la supervisión del trabajo de instalación descansa en los Ingenieros de Planta o en el departamento de mantenimiento.

Como se puede observar en los siete puntos anteriores, para que la producción por producto sea costeable es necesario que se llenen los siguientes requisitos:

- 1.- Que el costo de realizar el cambio de la distribución sea menor que los beneficios obtenidos.
- 2.- Posibilidad de balancear económicamente las distintas operaciones, con objeto de lograr el ideal en cuanto a flujo de productos.
- 3.- Factibilidad de obtener continuidad en la línea de producción, es decir, evitar al máximo los paros, ya que tienen graves efectos en la producción.

Por consiguiente, no siempre es práctico instalar una distribución por producto, pero como es deseable este tipo, se pueden utilizar las alternativas siguientes:

- 1.- Formas líneas cortas de producción colocando pequeños almacenes entre ellas.

- 2.- Crear líneas paralelas de producción.
- 3.- Hacer pequeñas líneas agrupando los equipos por proceso.
- 4.- Buscar la secuencia más económica y práctica que tienda hacia la producción en - línea.

CRITERIOS PARA DETERMINAR EL TIPO DE DISTRIBUCION MAS ADECUADO

Cuando es posible superar tanto las desventajas - (principalmente la falta de flexibilidad y los altos cos--tos fijos), la práctica tiende a favorecer la Distribución de Planta por producto o en línea, ya que se le considera la más eficiente. Sin embargo, hay muchas situaciones de - taller o de trabajo en las que tal disposición en línea no es ni factible, ni económica.

Hay que combinar los dos tipos de distribución. Son muchas las empresas que reúnen los dos tipos de distribu--

ción bajo un mismo techo. Con frecuencia, no resulta práctico tener toda la producción de una planta a distribución por producto, pero sí se pueden instalar una o dos líneas que quizá sean las que constituyen un alto porcentaje de producción de la planta. Existe un nuevo concepto de distribución de planta, conocido como "Tecnología de Grupos" (Group Technology), que pretende conjuntar las ventajas de ambos sistemas.

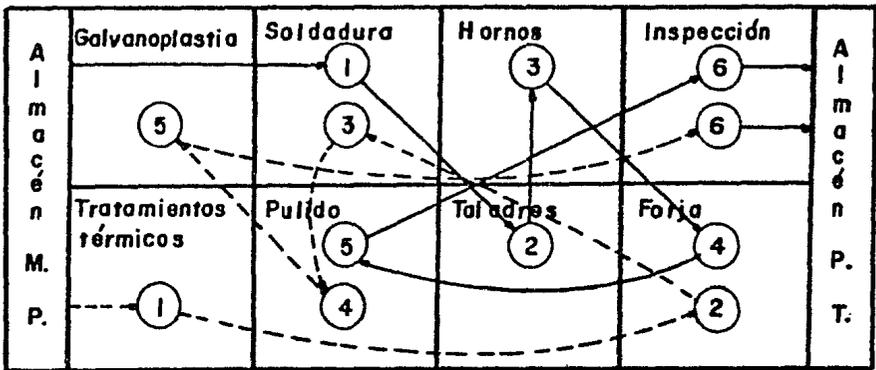
En la gráfica No. 2.11 se muestra la diferencia esencial entre la distribución por proceso y por producto.

ANALISIS DE PRODUCTOS - VOLUMEN DE PRODUCCION

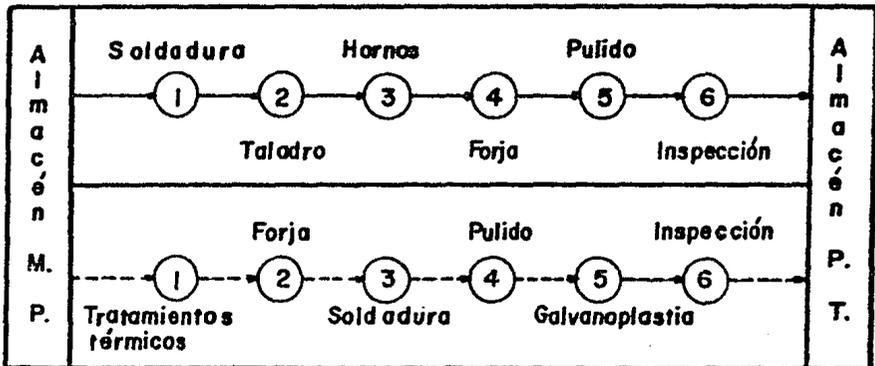
En casi todas las industrias hay una relación desproporcionada entre la variedad de productos fabricados y sus ventas. Esta desproporción es bien conocida por analistas del mercado y tiene en el caso del control de la producción una gran importancia, en especial, en el control de los inventarios y, por ello, se han desarrollado técnicas como la regla 80/20 y el método ABC que tienen en cuenta la relación Productos - Volumen de Producción. Para el

Gráfica No. 2.11 Diagrama que muestra la diferencia - entre las distribuciones de las máquinas - por proceso y por producto.

Distribución por proceso



Distribución por producto



encargado de la distribución de la planta este análisis - tiene también un significado específico, ya que constituye la base para decidir el tipo de distribución que se instalará, es decir, si se basará en una distribución por proceso, por producto, o en una distribución combinada.

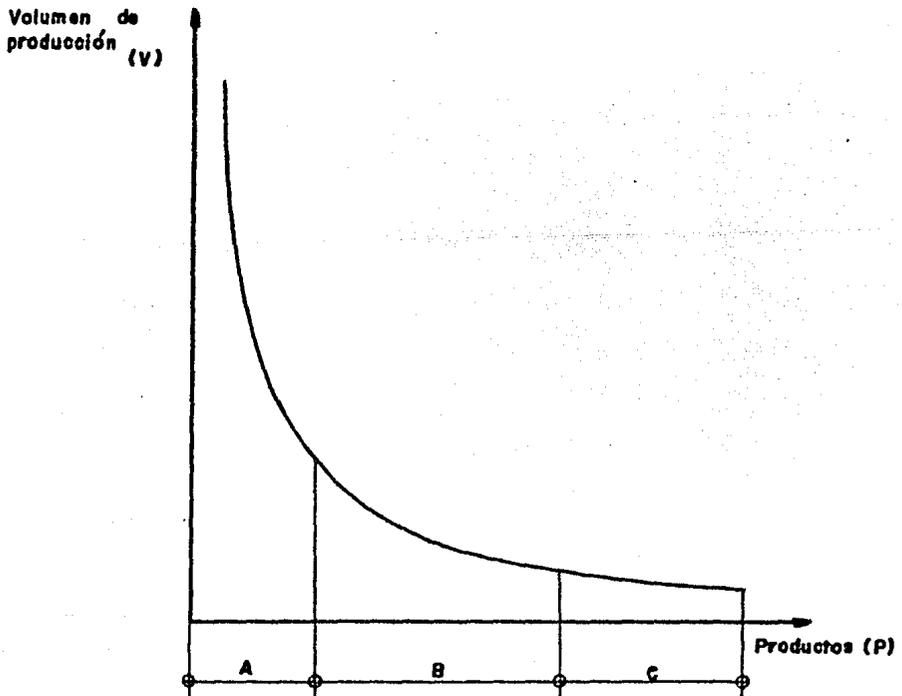
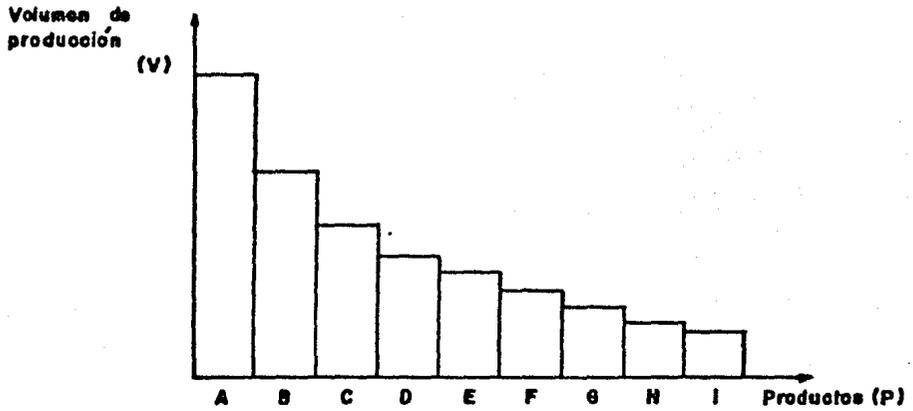
Generalmente este análisis consiste en:

- a) Dividir o agrupar los diferentes productos, partes o materiales; se sobreentiende que los productos o procesos son semejantes.
- b) Clasificarlos en orden de volumen decreciente no acumulativo.

La gráfica No. 2.12 muestra que la relación Productos - Volumen de Producción típica (P-V) se aproxima a una hipérbola asintótica hacia los ejes. En general, las cantidades no se expresan en dinero, sino en volumen de producción (número de piezas).

La gráfica P-V muestra una relación fundamental en la distribución a planearse. En el extremo izquierdo (A), - grandes cantidades de pocos artículos, nos hace pensar en -

Gráfica No. 2.12 Representación de la relación productos-volumen de producción típica (P-V).



métodos de producción en serie, además recomienda usar - equipos de movimiento de los materiales automáticos y espe- cializados, es decir, nos induce a utilizar una distribu- ción por producto. En el otro extremo (C), grandes cantida- des de artículos que se fabrican en volúmenes pequeños, - nos indican como mas adecuada la distribución por producto y el empleo de equipo de movimiento de los materiales fle- xible y universal.

Como consecuencia de esto, tenemos que la produc- ción puede dividirse en dos tipos y resulta más convenien- te realizar dos distribuciones de equipo, es decir, una - distribución por producto para el grupo de productos (A) y una distribución por proceso para el grupo de productos - (C). Ya que si se elige un sólo tipo de distribución ten- dríamos: para el caso de "por producto" el grupo (C) no - justificaría el costo de la línea y para el caso de "por - proceso" los costos unitarios del grupo (A) serían más al- tos.

En cuanto a los productos comprendidos en la zona media (B), se deberá hacer una combinación de los dos ti- pos de distribución de planta, o sea, pequeñas líneas de -

producción con equipos situados por proceso.

Al planear las disposiciones sobre la base de la curva P-V deben considerarse las variaciones en la demanda y las variaciones en el diseño. Dado que ambas variaciones afectan la distribución, es adecuado dejar un margen para futuras ampliaciones o cambios de diseño que constituya una razonable flexibilidad.

PUNTO DE EQUILIBRIO

Si para un conjunto de condiciones dadas, en un volumen determinado de operaciones de la empresa, las ventas igualan a los costos, este nivel de actividad representa un punto de equilibrio.

Gráficamente, este punto se localiza en la intersección de la línea de las ventas con la línea de los costos. Todo punto que represente a las ventas y figure abajo del punto de equilibrio, indica que la empresa está obteniendo pérdida en operación; y todo punto que represente a las ventas y que se encuentre arriba del punto de equilibrio, significa utilidad en operación, la cual aumentará,

a medida que el punto de las ventas se aleje del punto de equilibrio.

La construcción de este tipo de gráfica es útil cuando se desea lo siguiente:

- 1.- Conocer los probables efectos que produciría sobre las ventas, los costos y las utilidades, el proyecto de ampliación o reducción en la capacidad de operación de una empresa.
- 2.- Comparar la posible utilidad de operación de una misma empresa o de varias empresas en diferentes grados de operación.
- 3.- Estudiar la contribución de los artículos principales en las ganancias o en las pérdidas de la empresa, para lo cual es necesario construir una gráfica por cada artículo o grupo de artículos que se analicen.
- 4.- Evitar la frecuente controversia entre el departamento de ventas y el departamento de producción.

5.- Analizar los efectos que pueden tener en las utilidades los cambios de las circunstancias en las cuales está operando la empresa, tales como: un aumento o una reducción en los precios de venta, en los sueldos, en las materias primas, la introducción de una nueva línea de productos, la reducción de las existentes, la modernización del equipo y la elección entre una distribución por proceso y una distribución por producto.

En resumen, la gráfica de punto de equilibrio, es útil para representar y facilitar el estudio de las diversas alternativas que debe plantearse la administración de una empresa antes de hacer modificación alguna en las condiciones operantes, con objeto de seleccionar la alternativa más conveniente para el negocio y decidir por qué y cómo debe ejecutarse.

Al hacer la interpretación de la gráfica del punto de equilibrio o su representación numérica se debe tener presente que la misma se refiere a la relación entre las ventas y los costos totales en un corto plazo, por lo que deben ponderarse los cambios en los costos de las materias primas, mano de obra, la utilización de equipo nuevo, procesos de fabricación, que lógicamente modificaría las relaciones.

Se debe estar consciente de los probables efectos que sobre los costos implicarían los cambios por las variaciones de productos o subproductos; además, la suposición de que el precio de venta es fijo, podría hacer caer en falsas apreciaciones, porque lo normal es que estos cambien por la competencia, por el volumen de compra, por el tipo de pago o por otras razones.

Tres son los conceptos genéricos que intervienen en la determinación de la utilidad en operación de una empresa: Ingresos por Ventas, Costo de Producción y Costo de Distribución.

En un período determinado, las ventas pueden variar

de cero hasta el total de ingresos que puede obtenerse, de operar la empresa a su mayor capacidad.

El costo de producción al igual que el costo de distribución, están constituidos por costos fijos y costos variables.

Los costos fijos de producción son aquellos en que necesariamente se incurre, siendo su importe y recurrencia constantes, independientemente del grado de actividad a que se está operando la planta industrial. Entre estos costos figuran: la renta, los salarios, la depreciación cuando se calcula por el método de línea recta y Seguro Social.

Los costos variables de producción cambian en proporción directa de la capacidad empleada de la planta industrial. Ejemplos de los costos variables los constituyen: las materias primas, los salarios a base de unidades producidas y la fuerza motriz, entre otros.

Los costos fijos de distribución permanecen relativamente constantes, independientemente del volumen de las operaciones que lleve a cabo la empresa. Entre estos

costos figuran: los sueldos del personal que interviene en la distribución, depreciación del equipo, alumbrado, teléfono y la renta del local.

Los costos variables de distribución guardan relación directa con el volumen de las operaciones que realice la empresa; de ellos forman parte: la propaganda, las comisiones a vendedores y los impuestos cuyo objeto son las ventas.

La clasificación de los costos, en costos fijos y costos variables, tiene ventajas prácticas, porque se basa en la relación de dependencia existente entre los costos y el volumen de producción, y en consecuencia, es útil para el control administrativo.

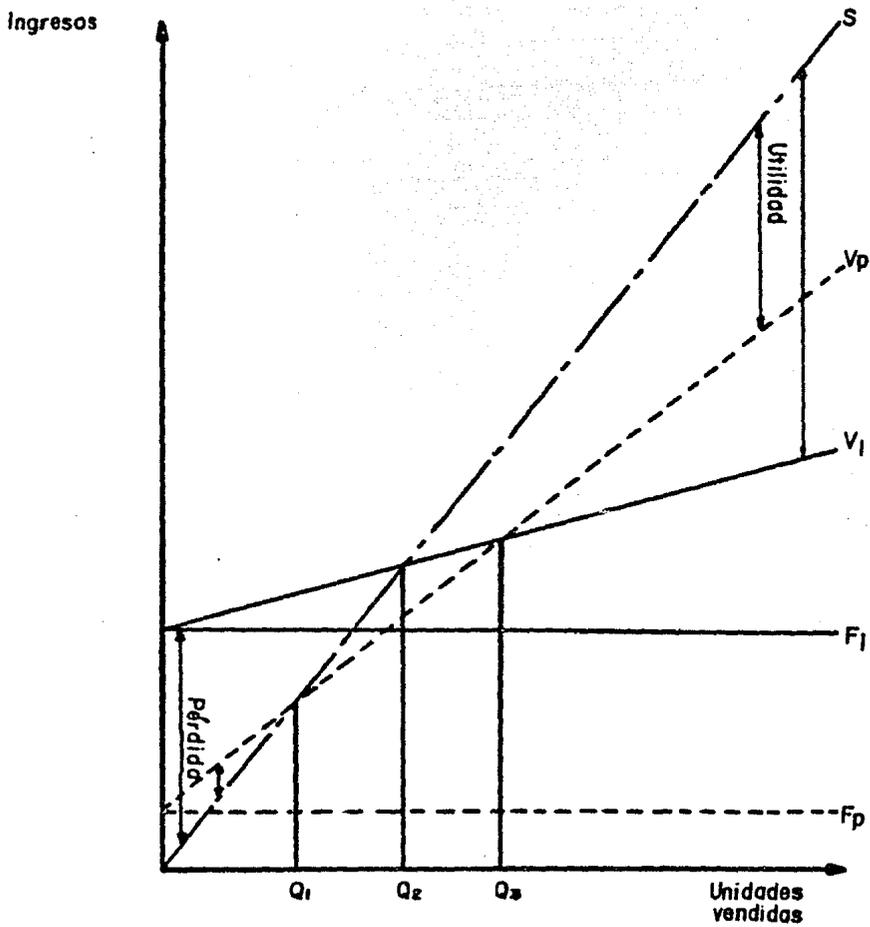
La gráfica de punto de equilibrio pone de manifiesto que una reducción en los costos fijos, ya sea por las disminuciones del precio de alguno, por eliminación o por la conversión que se haga de los mismos de fijos a variables, permite obtener utilidades desde un menor volumen de ventas.

La reducción en los costos se obtiene con la eliminación de lo que no debe hacerse y con el empleo de mejores métodos, para hacer lo que se debe hacer. La reducción en los costos depende de circunstancias internas y tiene mayor trascendencia por la continuidad en el tiempo, ya que el aumento de las ventas depende de circunstancias externas. Además, la reducción en los costos, por lo general, beneficia a los consumidores y se convierte en estimulante de ventas.

En la gráfica No. 2.13 se encuentra representado con línea continua los costos fijos (F_1) y los costos variables (V_1) de la Distribución por Producto o en línea; con línea uniformemente segmentada los costos fijos (C_p) y los costos variables (V_p) de la distribución por proceso y, con línea de eje las ventas (S). Nótese como la Distribución por Proceso resulta más económica para los bajos volúmenes de producción ($Q_1 < Q < Q_3$) y la Distribución por Producto es más rentable para los grandes volúmenes de producción ($Q > Q_3$).

Donde Q_1 es el punto de equilibrio de la Distribución por Proceso; Q_2 es el punto de equilibrio de la Dis-

Gráfica No. 2.13 Punto de equilibrio.



tribución por Producto y Q_3 es cuando los costos totales de ambas distribuciones son iguales.

Para una Q mayor a Q_3 , la producción en línea o por producto es más rentable, es decir, se obtienen mayores ganancias.

SOLUCION ALGEBRAICA DEL PUNTO DE EQUILIBRIO

Sea

P = Precio de venta por unidad

Q = Cantidad producida y vendida

F = Costos fijos

V = Costos variables por unidad

entonces

$$P \cdot Q = F + V \cdot Q$$

$$P \cdot Q - V \cdot Q = F$$

$$Q (P - V) = F$$

$$Q = F / (P - V)$$

en el punto de equilibrio

por lo que para la distribución por proceso

$$Q_1 = \frac{F_P}{P - V_P}$$

y para la distribución por producto

$$Q_2 = \frac{F_1}{P - V_1}$$

para determinar Q_3 debemos definir una función

$$G = P \cdot Q (F + V \cdot Q)$$

tal que

si $G < 0$ hay pérdida

si $G = 0$ es el punto de equilibrio

si $G > 0$ existe utilidad

Ahora bien si asignamos como G_p a la función de la distribución por proceso y a G_1 a la función de la distribución por producto, queda

$$G_p = P \cdot Q (F_p + V_p \cdot Q)$$

$$G_1 = P \cdot Q (F_1 + V_1 \cdot Q)$$

y como en el punto Q_3

$$G_p = G_1$$

entonces

$$P \cdot Q_3 (F_p + V_p \cdot Q_3) = P \cdot Q_3 (F_1 + V_1 \cdot Q_3)$$

$$F_p + V_p \cdot Q_3 = F_1 + V_1 \cdot Q_3$$

$$V_p \cdot Q_3 - V_1 \cdot Q_3 = F_1 - F_p$$

$$Q_3 (V_p - V_1) = F_1 - F_p$$

por lo tanto

$$Q_3 = \frac{F_1 - F_p}{V_p - V_1}$$

Cabe hacer notar que cuando $V_p = V_1$ las rectas de los costos variables unitarios son paralelas y por lo tanto, no existe el punto Q_3 .

Ejemplo

Se desea determinar el tipo de Distribución de -
 Planta más conveniente para el producto A, el cual tiene -
 un pronóstico de venta de 50 unidades al mes.

Después de un análisis de los costos se obtuvie--
 ron los siguientes datos en miles de pesos:

$$F_p = 100$$

$$F_1 = 180$$

$$V_p = 6$$

$$V_1 = 5$$

$$P = 10$$

Primero se procederá a calcular el punto de equilibr
 brio para cada tipo de distribución:

$$Q_1 = \frac{F_p}{P - V_p} = \frac{100}{10 - 6} = 25$$

$$Q_2 = \frac{F_1}{P - V_1} = \frac{180}{10 - 5} = 36$$

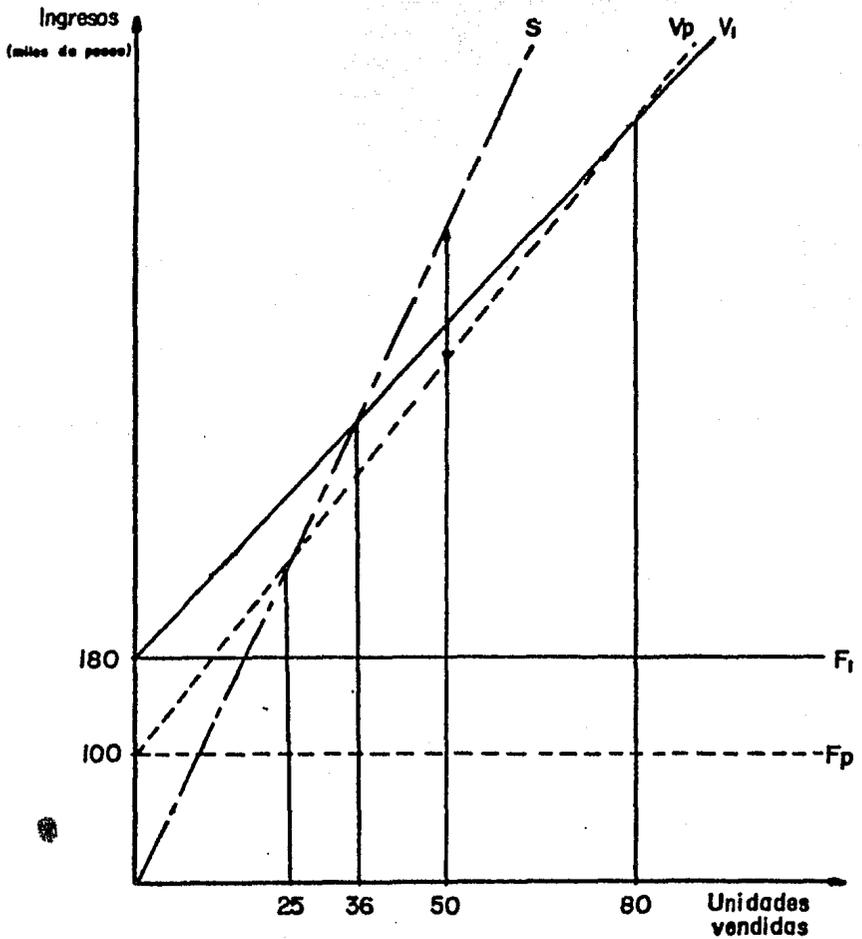
En virtud de que Q_1 y Q_2 son menores que el pronóstico de ventas ($Q = 50$), en ambos casos se obtienen utilidades.

Se calcula Q_3 para determinar que distribución es la más redituable

$$Q_3 = \frac{F_1 - F_P}{V_P - V_1} = \frac{180 - 100}{6 - 5} = 80$$

Dado que Q_3 es mayor que Q , se puede concluir que la Distribución por Producto es la más adecuada para el producto A con un pronóstico de venta de 50 unidades al mes (ver gráfica No. 2.14).

Gráfica No.2.14 Comparación de los tipos de distribución (por proceso y por producto) en base al punto de equilibrio.



Ejercicio Propuesto

Determine analítica y gráficamente, el tipo de distribución más adecuado para un producto A, con un pronóstico de venta de 200 unidades al mes y con los siguientes - costos en miles de pesos.

$$F_p = 150$$

$$F_1 = 500$$

$$V_p = 5$$

$$V_1 = 3$$

$$P = 7$$

2.2.3. Diagramas para el Análisis de la Distribución de Planta

Objetivo

Distribuir los departamentos que conforman una Planta, en base al Diagrama de Intensidades de Tráfico y al Diagrama de Afinidad.

Conceptos Teóricos

La parte medular de cualquier distribución es la secuencia de operaciones, dado que es la base de la circulación del material. Por lo que el análisis de la distribución debe iniciarse reuniendo los datos de flujo del material. - Por consiguiente, el Diagrama de Proceso en sus diferentes formas (de la operación, del recorrido y de flujo*), es de gran utilidad en la planeación de la distribución.

* Para la explicación de estos Diagramas dirigirse a: Anaya, M.E. et al. "Ingeniería de Métodos" (México: Facultad de Ingeniería UNAM, 1977), págs. 21-102.

ANALISIS PARA UN PRODUCTO

Los Diagramas de Proceso son muy importantes en caso de montajes, desmontajes y fabricación de productos, porque muestran la secuencia de operaciones y por consiguiente, la del equipo; las líneas mostradas en estos diagramas se pueden sustituir por transportadores y los subensambles en pequeñas líneas de producción.

Como norma general, conviene empezar cualquier trabajo de Distribución de Planta con un Diagrama de Proceso de cada tipo para cada producto. Con esta información se puede pensar en una distribución independiente para cada uno o bien se puede considerar una distribución combinada para todos. No se podrá decidir hasta no haber anotado los datos en forma conveniente para su análisis.

ANALISIS PARA VARIOS PRODUCTOS

Debe utilizarse un Diagrama de Proceso de Varios Productos (también llamado Diagrama de Proceso: Combinado, de Flujos Paralelos, de Multi-Producto o Gráfico de Trayeg

toría), cuando hay que considerar cierto número de productos. El problema en este caso es combinar productos, clases o grupos, de modo que unidos lleguen a producir un volumen suficiente para justificar una circulación efectiva del material. La gráfica No. 2.15 muestra cinco tipos de productos, donde se sombrea las operaciones primera y última para distinguirlas rápidamente. Las operaciones que están fuera de la secuencia normal se indican mediante una línea inclinada que las une con la operación precedente. El volumen de producción se determinó con ayuda de datos históricos y los pronósticos de ventas.

Con este diagrama se ve tomar forma a la distribución. Utilizando el número de la operación situado en el margen izquierdo como identificación, se disponen las operaciones en una lista, según se precise para lograr la mejor circulación del material.

Si los productos no forman parte de grupos naturales, como en el ejemplo anterior, se analizan diversas combinaciones hasta lograr una secuencia adecuada.

Gráfica No. 2.15 Diagrama de proceso de varios productos, - mostrando las operaciones de cinco tipos de productos.

Operaciones	PRODUCTOS					Porcentaje del volumen de trabajo de cada operación.
	A	B	C	D	E	
1. Soldar			⊗	⊗		42
2. Anonizar			②	②		42
3. Cortar	⊗	⊗	③		⊗	86
4. Pulir	②					20
5. Lavar	③					20
6. Niquelar	④					20
7. Imprimir	⑤	②	④	④	②	100
8. Pulverizar	⑥	③				42
9. Retocar	⑦	④				42
10. Grabar	⑧	⑤			⑤	57
11. Decapar	⑨					20
12. Pintar		⑥	⑥	③		64
13. Enjuagar	⑩	⑦	⊗			69
14. Laquear	⊗	⊗		⊗	⊗	73
Porcentaje del volumen del trabajo.	20	22	27	15	16	100

Al clasificar diferentes productos para estudiar las posibilidades de circulación, debe tenerse en cuenta lo siguiente:

1. Productos de forma, tamaño o destino semejante.
2. Productos fabricados con el mismo material.
3. Productos que exijan operaciones semejantes.
4. Productos que exigen un grado de calidad similar.
5. Productos que precisen un tiempo de operación similar.
6. Productos que precisen una maquinaria similar.
7. Productos que sigan una secuencia de operaciones similar.

Un procedimiento frecuentemente utilizado para la agrupación de productos, con objeto de aprovechar las ventajas de la circulación (producción en línea) y mínimas dis-

tancias es: Primero reunir los Diagramas de Proceso de cada producto, donde se indican las operaciones, secuencia de las mismas, tipos y tiempos de las máquinas. A continuación se clasifica cada uno de los productos empleando las siguientes consideraciones.

1. Productos completamente terminados en una máquina.
2. Productos casi totalmente realizados en una máquina, pero que precisan un trabajo simple adicional en otra.
3. Productos de naturaleza similar, especialmente componentes principales.
4. Productos que exigen una secuencia de operaciones semejante.

Para establecer las divisiones de estas cuatro clases, se seleccionan los productos que: Exijan máquinas especiales para alguna de las operaciones, sean de tamaño semejante o tengan que mecanizarse con precisión similar.

Ya que el objetivo principal consiste en la completa utilización de las máquinas en cada grupo y una secuencia de operaciones que sea aproximadamente la misma para cada producto de un grupo. Se reúnen las hojas de planificación que indican las demandas anuales de producción y las horas correspondientes exigidas en cada tipo de máquina. Con estos datos se determina la cantidad de máquinas de cada tipo que hay que colocar para cada grupo.

Una norma semejante consiste en elegir productos representativos y trazar para ellos, Diagramas de Proceso individuales o colectivos. Para hacer esto, pueden seleccionarse los productos más costosos, los más frágiles, los que tienen exigencias de producción más elevada, los que presentan mayores dificultades de fabricación o mayor número de rechazos de inspección. Se comparan los Diagramas de Proceso de cada una, colocándolos paralelamente unos a otros, desarrollando así una plantilla de circulación.

ANÁLISIS DE CIRCULACION DE MUCHOS PRODUCTOS

Cuando el número de productos es demasiado grande -

para clasificarlos en un modelo de circulación, resulta inadecuado utilizar el Diagrama de Proceso de Varios Productos. Dado el número de caminos que intervienen, es mejor utilizar el Diagrama de Intensidades de Tráfico, éste está especialmente indicado para Plantas que fabrican productos muy diversos no normalizados.

El Diagrama de Intensidades de Tráfico puede tomar diversas formas y utilizarse de diferentes modos. La idea principal es determinar la magnitud de movimiento entre cada combinación de dos operaciones o áreas, esto puede realizarse haciendo referencias a listas de operaciones u hojas de ruta. El diagrama puede hacerse para todas las piezas que intervienen o para una selección representativa de ellas. La gráfica No. 2.16 representa el Diagrama de Intensidades de Tráfico para un conjunto de productos. Cada movimiento se registra en las columnas apropiadas: "DE" y "A", siendo así contados y totalizados. Rápidamente puede apreciarse que el mayor número de movimientos se produce desde estampado y que la circulación de trabajo debe progresar directamente de estampar a empacar, siguiendo diversos caminos a través de la secuencia de operaciones.

Gráfica No. 2.16 Diagrama de intensidades de tráfico .

DE \ A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
1. Estampado		84	48	36	84				6	162	420
2. Normalizar					102	6					108
3. Mecanizar				18	12	12				6	48
4. Desbastar		24						6	18	12	60
5. Pintar				6		114		78	12		210
6. Cromar							132				132
7. Revestir								132			132
8. Pulir					12				198	6	216
9. Envolver										234	234
10. Empacar											0
Total	0	108	48	60	210	132	132	216	234	420	

Si se desea hacer un Diagrama detallado, se realizará un Diagrama de Intensidades de Tráfico en forma semejante, en lugar de utilizar trazos, se marca el factor de "Dificultad de Manipulación" para cada movimiento o paso de una a otra actividad. Cuando intervienen muchas áreas diferentes puede prepararse una hoja para cada combinación de los departamentos, registrando las entradas, evaluándolas y totalizándolas. Las cifras obtenidas se registran en el Diagrama de Intensidades de Tráfico, que indique uno al lado de otro el tráfico "DE" y "A" así como el total, en sus columnas correspondientes.

Un Diagrama de Intensidades de Tráfico con valores ponderados se obtiene, por ejemplo, al considerar una lista en orden decreciente del importe monetario del volumen de ventas, determinando el porcentaje que representa cada producto del total de éstas; utilizando este porcentaje como índice de ponderación. Por lo que, en vez de número de movimientos, se marca el factor de ponderación para cada movimiento o transporte de una actividad a otra, en el diagrama.

Otra manera de ponderar, es evaluar la difícil--

tad de trasladar cada producto, a causa de su peso o volumen, usando por ejemplo, la siguiente escala comparativa:

Peso	Descripción
5	Productos extremadamente grandes o muy pesados.
4	Productos voluminosos o pesados.
3	Productos de volumen o peso moderado.
2	Productos pequeños o ligeros.
1	Productos muy pequeños o muy ligeros.

Para obtener el Diagrama de Intensidades de Tráfico se multiplica la cantidad de productos a mover por el peso de la escala.

Al concluir el Diagrama de Intensidades de Tráfico ponderado, se observa de una forma más significativa que actividades deberán estar adyacentes y como estarán ordenadas para obtener un flujo óptimo, reduciendo así los costos.

Para verificar que el diagrama no tiene errores de registro, el número de movimientos de entrada de un departamento debe ser igual al de movimientos de salida (ver gráfica No. 2.16).

Los productos seleccionados para el estudio deben ser representativos de todos los fabricados por la compañía; por lo que se debe tener cuidado cuando se construya este tipo de diagrama, en utilizar una cantidad representativa de productos.

Con la información proporcionada por el Diagrama de Intensidades de Tráfico, se pueden distribuir los departamentos, con ayuda del Diagrama de Bloques.

Para realizar el estudio de los departamentos se realizan los siguientes pasos:

1. Se dibuja un bloque para cada departamento que interviene, asignándoles el número que tienen en el Diagrama de Intensidades de Tráfico y se indica el tráfico entre ellos.

2. Se busca la ubicación de los bloques donde las distancias que tienen mayor flujo de materiales sean mínimas.
3. Se introducen las restricciones físicas, por ejemplo, el área que requiere cada departamento y el acceso de las vías de comunicación de la planta.

El Diagrama de Intensidades de Tráfico con valores numéricos puede ser resumido en un tipo simplificado de Diagrama de disposición similar al representado en la gráfica No. 2.17. Este diagrama utiliza la nomenclatura expresada en la tabla No. 2.56, representando de esta forma las relaciones interdepartamentales, con objeto de especificar la razón por la cual se consideró determinada proximidad (A, E, I, O, U, X o XX), se utiliza un código numérico, el cual se marca abajo de la línea punteada del rombo correspondiente a la relación.

Además, este diagrama sirve como guía en la planeación de la distribución y evalúa cada alternativa. Teóricamente la mejor distribución es aquella que considera toda -

Gráfica No. 2.17 Diagrama de afinidad .

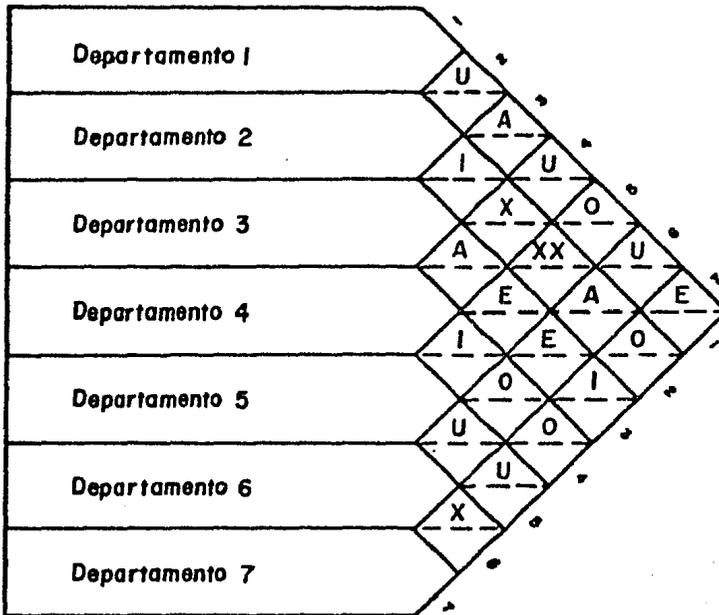


Tabla No. 2.56 Nomenclatura del Diagrama de Afinidad

Letra	Valor	Proximidad	Color
A	4	Absolutamente Necesaria	Rojo
E	3	Especialmente Importante	Amarillo
I	2	Importante	Verde
O	1	Ordinaria	Azul
U	0	Sin Importancia	Incoloro
X	- 1	Indeseable	Café
XX	- 2	Extremadamente Indeseable	Negro

la nomenclatura registrada.

Para distribuir los departamentos en base al Diagrama de Afinidad, se realizan los siguientes pasos:

1. Se dibujan tantos círculos como departamentos se tengan.
2. Se introduce cada afinidad con objeto de reubicar los departamentos, considerando la siguiente secuencia: A, XX, E, X, I, O y U.
3. De acuerdo con el último diagrama obtenido, se ubican los departamentos considerando tanto sus dimensiones requeridas, como las vías de acceso a la Planta.
4. Se realiza el recorrido de los materiales con objeto de certificar la existencia de recorridos inadecuados.

Como la asignación de la afinidad entre los departamentos es subjetiva, se recomienda realizar un análisis posterior de las alternativas.

Ejemplo

Se desea distribuir una Planta que fabrica seis - productos y tiene ocho departamentos (ver gráfica No. 2.18).

Solución

Partiendo del Diagrama de Secuencia de Operaciones, se obtiene el Diagrama de Proceso de Varios Productos (ver gráfica No. 2.19). La secuencia dada por este diagrama en la columna de la izquierda es una posible distribución de los departamentos.

Con ayuda de los anteriores diagramas (de Secuencia de Operaciones y de Proceso de Varios Productos), se forma el Diagrama de Intensidades de Tráfico (ver gráfica No. 2.20).

Para evaluar cuantitativamente la eficiencia de la secuencia de operaciones, se multiplica la suma de los números equidistantes de la diagonal por 1, 2, 3, ..., n, si se encuentran a 1, 2, 3, ..., n, diagonales de distancia de la

Gráfica No. 2.18 Diagrama de secuencia de operaciones.

Operaciones	PRODUCTOS					
	A	B	C	D	E	F
1	Soldadura	Torno	Torno	Torno	Torno	Prensa
2	Torno	Prensa	Soldadura	Taladradora	Remachado	Soldadura
3	Prensa	Taladradora	Torno	Fresadora	Fresadora	Torno
4	Taladradora	Remachado	Soldadura	Inspección	Inspección	Inspección
5	Fresadora	Fresadora	Torno	Empaque	Empaque	Empaque
6	Inspección	Inspección	Inspección			
7	Empaque	Empaque	Empaque			
Producción unidades/día	50	41	17	69	86	11

Gráfico No. 2.19 Diagrama de proceso de varios productos, mostrando las operaciones de seis artículos.

Operaciones	PRODUCTOS						Porcentaje del volumen de trabajo de cada operación
	A	B	C	D	E	F	
1.Soldadura	⊘		⊘ ² ⊘ ⁴			⊘ ²	34
2.Torno	⊘ ²	⊘	⊘ ¹ ⊘ ³ ⊘ ⁵	⊘	⊘	⊘ ³	112
3.Prensa	⊘ ³	⊘ ²				⊘	37
4.Taladredora	⊘ ⁴	⊘ ³		⊘ ²			58
5.Remachadora		⊘ ⁴			⊘ ²		47
6.Fresadora	⊘ ⁵	⊘ ⁵		⊘ ³	⊘ ³		90
7.Inspección	⊘ ⁶	⊘ ⁶	⊘ ⁶	⊘ ⁴	⊘ ⁴	⊘ ⁴	100
8.Empaque	⊘	⊘	⊘	⊘	⊘	⊘	100
porcentaje del volumen del trabajo.	18	15	8	25	32	4	100

Gráfica No.2.20 Diagrama de intensidades de tráfico.

DE	A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	TOTAL	Superficie - requerida (m ²)
1. Almacén			50	212	11						273	52
2. Soldadura				95							95	16
3. Torno			34		91	68	86		28		307	60
4. Prensa			11			91					102	24
5. Taladradora							41	118			159	32
6. Remachadora								127			127	24
7. Fresadora									245		245	48
8. Inspección										273	273	58
9. Empaque											0	48
Total		0	95	307	102	159	127	245	273	273		360

diagonal principal, es decir, para la gráfica No. 2.20 se tiene lo siguiente:

Hacia Adelante

1 X (50 + 95 + 91 + 91 + 41 + 127 + 245 + 273)	=	1013
2 X (212 + 68 + 118)	=	796
3 X (11 + 86)	=	291
5 X (28)	=	<u>140</u>
	Sub-total	2240

Hacia Atrás

1 X (34)	=	34
2 X (11)	=	<u>22</u>
	Sub-total	56

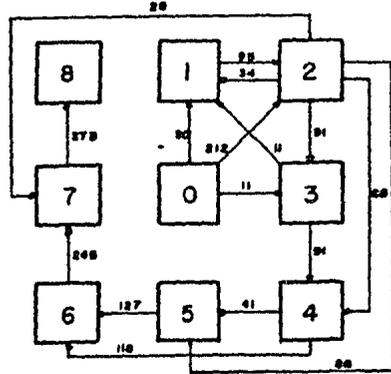
TOTAL 2296

Se puede desarrollar un algoritmo de computadora - que realice los anteriores cálculos, además de intercambiar pares de departamentos con el fin de obtener la secuencia óptima.

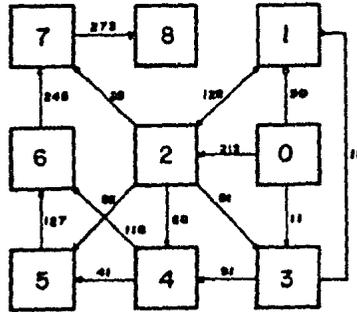
Siguiendo los pasos mencionados en los conceptos - teóricos, para realizar el estudio de los departamentos en base al Diagrama de Intensidades de Tráfico, se obtiene: Para el paso uno la gráfica No. 2.21 a, para el dos la No. 2.21 b y para el tres las gráficas Nos. 2.21 c y 2.22.

Gráfica No. 2.21 Digrama de bloques.

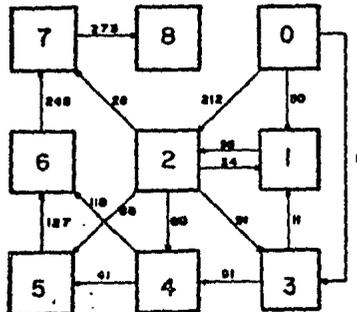
Gráfica No.2.21 a



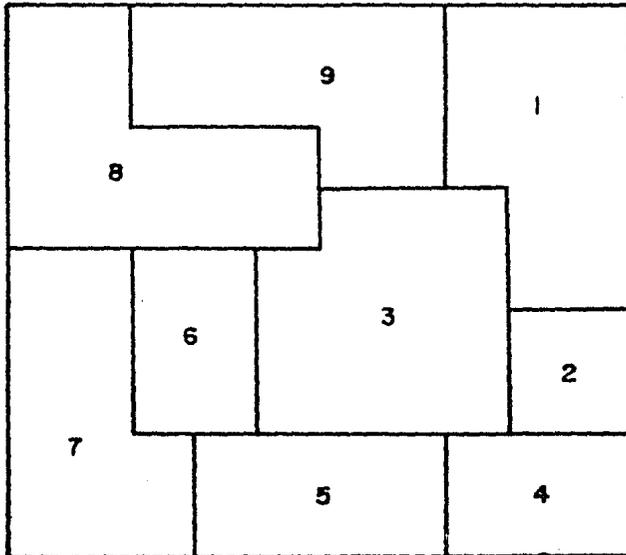
Gráfica No. 2.21 b



Gráfica No. 2.21c



Gráfica No. 2.22 Posible distribución de los departamentos obtenida del diagrama de bloques.



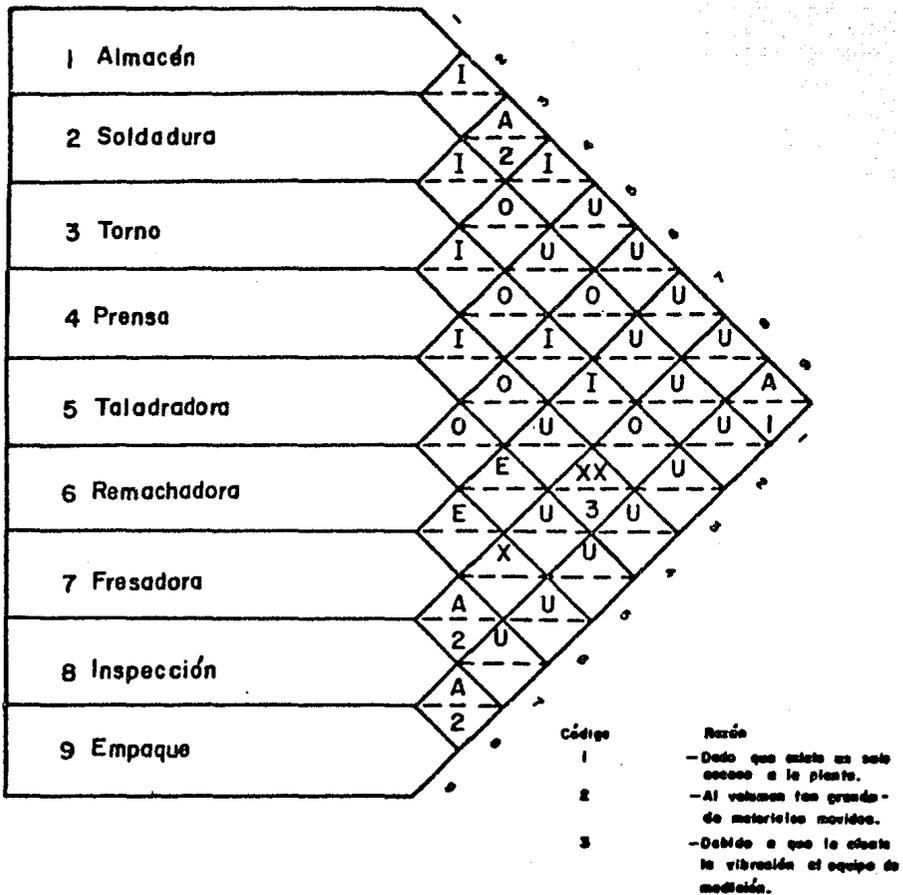
Esc. 1:200

Ahora bien, utilizando el Diagrama de Afinidad para el presente problema, se obtiene la gráfica No. 2.23.

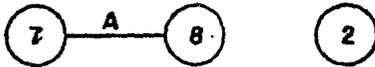
La gráfica No. 2.24 muestra en el inciso (a) la - distribución inicial de los departamentos, los incisos (b), (c), (d) y (e), se obtienen al introducir y reubicar los - departamentos, considerando las afinidades A, XX, E y X, - respectivamente. Por último, se utiliza la relación de afinidad I, obteniéndose la distribución final representada - en el inciso (f). Las relaciones tipo O y U no se muestran, debido a que no mejoran la distribución, a causa de las - restricciones ya impuestas.

Finalmente la gráfica No. 2.25 muestra la posible distribución de los departamentos considerando la superficie requerida de cada uno de ellos.

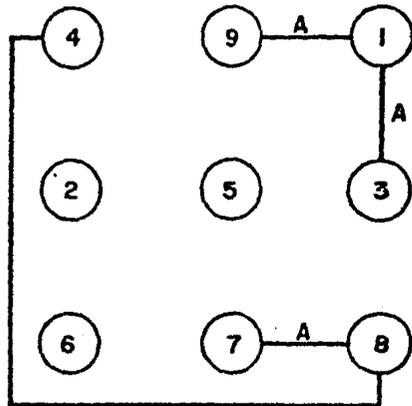
Gráfica No. 2.23 Diagrama de afinidad.



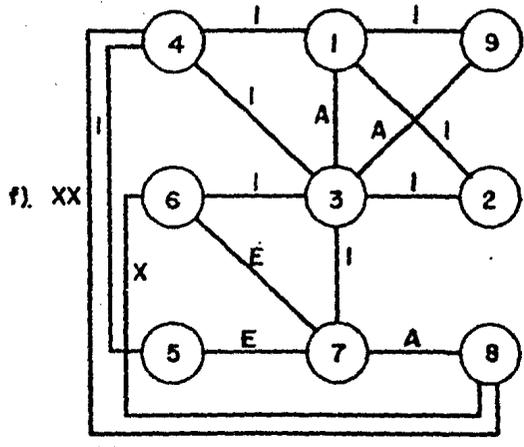
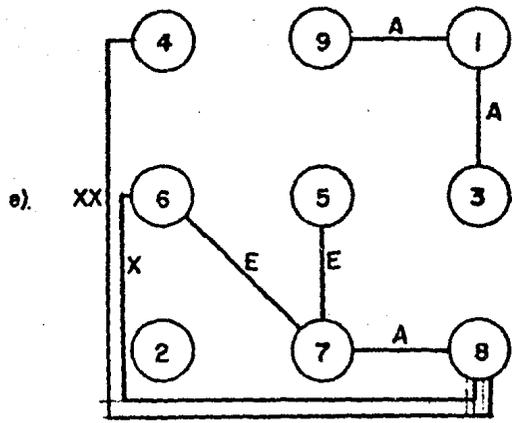
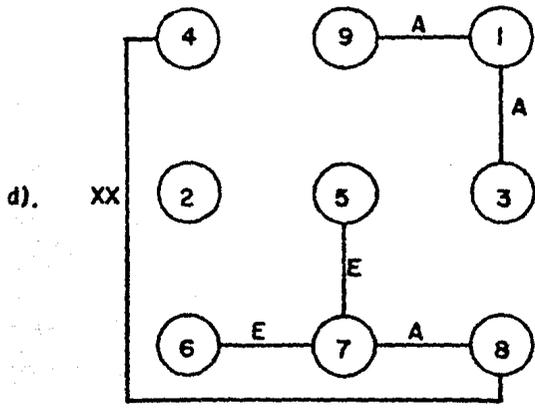
Gráfica No. 2.24 Distribución de los departamentos en base al diagrama de afinidad.



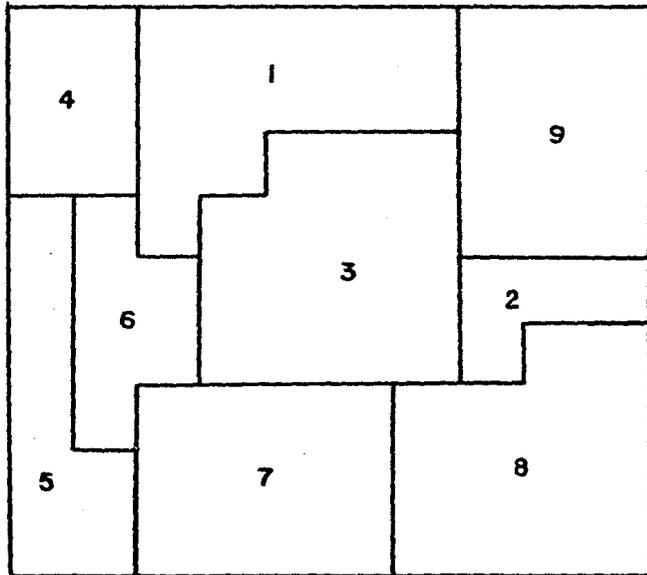
c). XX



Continuación.



Gráfica No. 2.25 Posible distribución de los departamentos, obtenida del diagrama de afinidad.



Esc. 1: 200

Ejercicio Propuesto

Obtenga la distribución de los departamentos en base al Diagrama de Bloques y de Afinidad. Considere como da tos los presentados en las gráficas Nos. 2.26 y 2.27.

Los requerimientos de espacio se muestran a continuación:

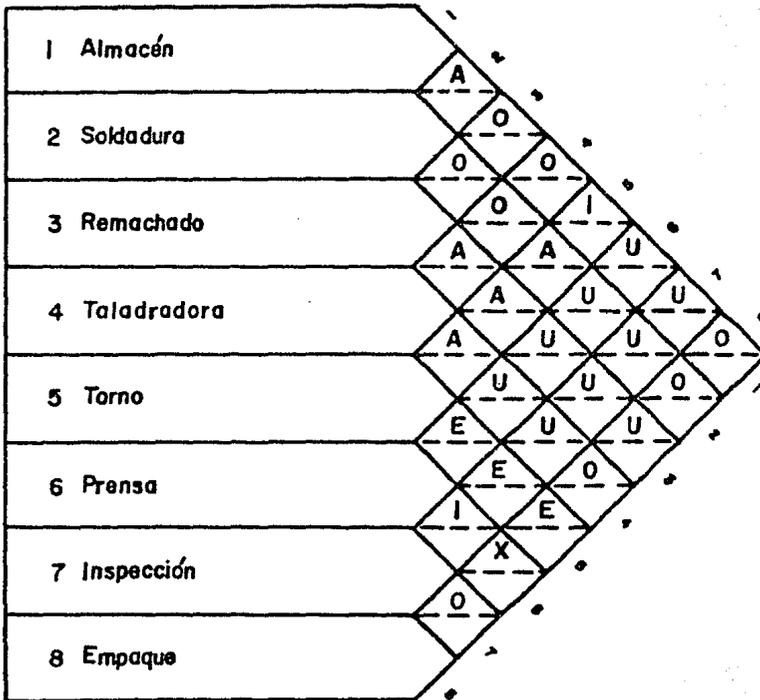
Departamento	Requerimiento de espacio (m ²)
Almacén	200
Empaque	150
Inspección	80
Prensa	47
Remachado	34
Soldadura	89
Taladradora	65
Torno	117

Se dispone de un terreno cuadrado que tiene 28 metros por lado y un solo acceso.

Gráfica No. 2.26 Diagrama de secuencia de operaciones.

Operaciones	PRODUCTOS				
	A	B	C	D	E
1	Torno	Soldadura	Preso	Soldadura	Torno
2	Remachado	Preso	Soldadura	Torno	Taladradora
3	Inspección	Inspección	Inspección	Inspección	Inspección
4	Empaque	Empaque	Empaque	Empaque	Empaque
Producción unidades/día	34	10	31	48	35

Gráfica No. 2.27 Diagrama de afinidad .



2.2.4. Método de los Eslabones

Objetivo

Conocer el Método de los Eslabones, para distribuir departamentos o estaciones de trabajo de una Planta, analizando los requerimientos de diferentes productos.

Conceptos Teóricos

Si la Planta tiene que fabricar diversos productos con circuitos diferentes, la búsqueda de la distribución - que tiene los recorridos mínimos es un problema bastante - complejo. El método denominado de "eslabones" facilita la determinación de esta distribución.

En este método, se le llama "eslabón" a la trayectoria (de materiales) que une entre sí a dos departamentos o estaciones de trabajo. De esta forma, el eslabón AB es - la trayectoria que une al departamento A con el departamento B o viceversa.

Los datos que se requieren para utilizar este método son:

- a) Número total de departamentos, secciones o estaciones de trabajo a distribuir.
- b) Número de productos.
- c) El itinerario de los productos a través de los departamentos.

En base al Diagrama de Proceso de Recorrido se determinan los eslabones para cada producto. Con ayuda del cuadro de eslabones podemos determinar la frecuencia con que aparece cada uno. En este cuadro de doble entrada, cada caso definido por dos letras, representa el eslabón correspondiente. Siguiendo el Diagrama de Proceso de Recorrido, se marca un trazo para cada eslabón en la casilla que le representa.

El número de eslabones que parten de cada lugar o concluyen en cada uno de ellos está totalizado en las casillas de trazado grueso. Cada eslabón se cuenta dos veces - de esta forma, una vez por cada extremidad (Gráfica No. 2.28).

Gráfica No. 2. 2B Cuadro de eslabones. Representa los eslabones AB, BC y DE.

	A	B	C	D	E	.	.	Z
Z								
.								
.								
E								
D								
C								
B		2						
A								

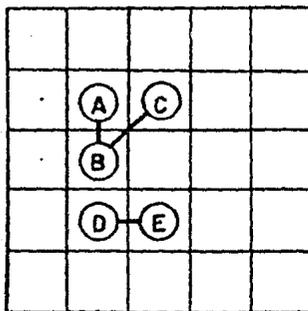
En la Planta, los departamentos o estaciones de trabajo deberán distribuirse de forma tal que los que tengan mayor número de uniones entre sí estén situados uno junto al otro.

Para establecer una distribución teórica, se utiliza el Diagrama Triangular, en el cual se coloca en el centro el departamento que tenga el mayor número de eslabones con la frecuencia más elevada.

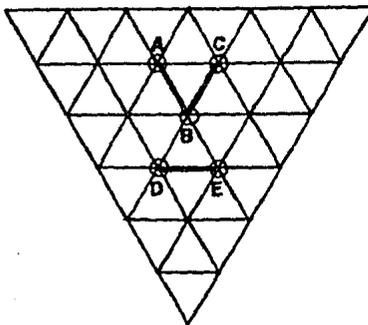
A continuación se disponen alrededor los departamentos que tengan el mayor número de uniones con él; después, alrededor de estos puntos, los que tengan el mayor número de uniones respecto a ellos y así sucesivamente.

Después de varios ensayos se obtiene la combinación más satisfactoria. La gráfica No. 2.29 (a) muestra el Diagrama Cuadrado y la gráfica No. 2.29 (b) el Diagrama Triangular, su utilidad es la misma y la elección es dada por la facilidad personal, recomendándose la utilización simultánea para facilitar la visualización de la distribución. Este tipo de diagramas también pueden representar la intensidad de tráfico, colocándose los números entre la línea -

Gráfica No. 2.29 Esquema teórico de distribución en base al cuadro de eslabones anterior.



a). Diagrama cuadrado



b). Diagrama triangular

que une a los eslabones.

Otro método para obtener un esquema teórico de distribución consiste en representar cada elemento por un pequeño cartón cuadrado o rectangular. Se disponen estos cartones uno junto a otro teniendo en cuenta, como antes, las intensidades de tráfico.

En realidad, el método tal y como se ha expuesto no tiene sentido más que en el caso en que todas las uniones (eslabones) sean de análoga dificultad. Si no es así, se debe introducir un factor de ponderación en el cálculo del número de eslabones relativo a cada departamento. Para cada unión se podrá tener en cuenta, por ejemplo, el número de transportes efectuados, tonelaje, distancia o volumen; para cada estudio, se elegirá el elemento que mejor represente la dificultad de los manejos del material que hay que efectuar. El cuadro de eslabones ponderado de esta forma, es llamado "Diagrama de Intensidades de Tráfico".

Se utiliza un cuadro análogo al de la Gráfica No. 2.28, pero en lugar de marcar simplemente los eslabones que aparecen a lo largo del Diagrama de Proceso de Recorrido

do, se inscribe en cada casilla el número de transportes efectuados. De esta forma obtenemos el diagrama de la gráfica No. 2.30.

El diagrama de intensidades de tráfico también puede modificarse con el fin de obtener más datos y ser más representativo. En particular el cuadro puede ser arreglado, por una parte, para separar las uniones que se hagan en un sentido o en otro y, por otra parte para hacer aparecer la distancia que separa los departamentos, según la longitud de las uniones.

Si la distancia entre los eslabones AB, BC, CD y DE es de 16, 8, 20 y 12 metros respectivamente, en el diagrama de intensidades de tráfico colocamos los departamentos en el eje de las abscisas y en el eje de las ordenadas espaciándolos proporcionalmente a las distancias reales, es decir, a escala. Utilizamos el diagrama completo, lo cual quiere decir que las uniones que se hacen en el sentido del recorrido de los materiales de A hacia Z, se anotarán encima de la diagonal, mientras que las uniones que se hagan en sentido inverso se indicarán debajo de la diagonal. Totalizando para mayor claridad, los números inscri-

Gráfica No. 2.30 Diagrama de intensidades de tráfico triangular, representa los transportes efectuados entre los eslabones AB(10), BC(20) y DE(15).

⊙	A	B	C	D	E	F
F						
E				15	15	
D				15		
C		20	20			
B	10	30				
A	10					

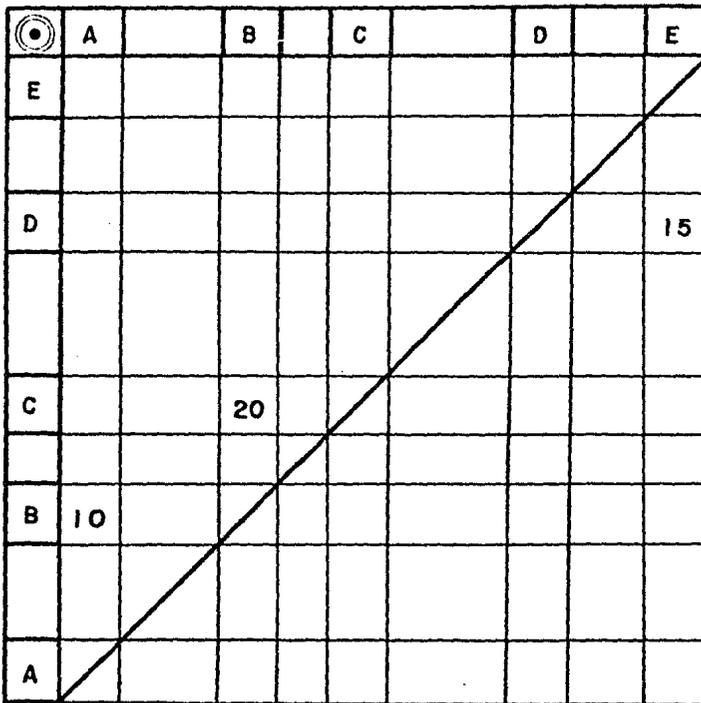
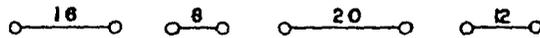
tos en cada casilla, se obtiene el diagrama de intensidades de tráfico con distancias (gráfica No. 2.31).

Una simple mirada al diagrama nos permite ver que:

1. Los trayectos que se hacen en sentido inverso al sentido normal de circulación es tán abajo de la diagonal.
2. Los trayectos que tiene desplazamientos mayores son los que están más alejados de la diagonal.
3. Los trayectos que parten de un determinado departamento están sobre la vertical del departamento.
4. Los trayectos que convergen en un departamento determinado están sobre la horizontal del departamento.

Lo ideal es que, en el diagrama, todos los trayectos estén representados sobre la diagonal y lo más cerca - posible, dado que los movimientos serán cortos y sin retor nos.

Gráfica No. 2.31 Diagrama de intensidades de tráfico con distancias.



Acat. metros
Esc. 1:1000

En el caso de tratar de mejorar la distribución correspondiente a varias naves, el diagrama de intensidades de tráfico modificado se hará como se indica en la gráfica No. 2.32. En los ejes (abscisas y ordenadas) los departamentos están agrupados por naves y, de este modo, los trayectos interiores de las naves se indican en los cuadros - atravesados por la diagonal, mientras que los trayectos entre las naves se indican en los cuadros exteriores a la - diagonal.

El cuadro de eslabones, así como el de intensidades de tráfico son difíciles de obtener cuando el número - de productos que circulan en la planta es grande. En este caso, generalmente es preferible basar el estudio sobre - cierto número de productos con características elegidas - cuidadosamente; es posible también utilizar el Análisis - ABC o la Regla de Pareto.

Todos estos esquemas teóricos, como se ha visto, - suponen iguales las superficies de los diversos elementos a distribuir. Para ir más lejos, es necesario hacer intervenir las superficies realmente necesarias y se llega a - esquemas más precisos.

Gráfica No.2.32 Diagrama de intensidades de tráfico modificado de naves.

DE \ A	Nave 1 A B Z	Nave 2	Nave 3	Nave 4
Nave 4				
Nave 3				
Nave 2				
Nave 1 Z B A				

A pesar de todo, al llegar a este punto aún no se ha encontrado la solución definitiva. En el caso de la distribución de departamentos, será necesario entrar en detalles estudiando las rutas de manejo de materiales y la ubicación de las máquinas.

Cuando se trata de estaciones de trabajo, no hay que olvidar que, además de la superficie necesaria para cada estación, hay que prever los pasillos necesarios para la circulación del equipo de manejo de materiales cargados, las áreas para los depósitos eventuales de materiales en el suelo y las superficies utilizadas por columnas e instalaciones para suministros.

Cuando la distribución vaya a hacerse en un local ya existente, el estudio final debe utilizar un plano detallado en el cual todos los servicios estén indicados. En este caso el empleo de maquetas puede ser de utilidad.

Ejemplo

Se requiere distribuir una planta nueva que tiene los datos representados en la gráfica No. 2.33.

Solución

Primeramente se obtiene el Cuadro de Eslabones - (gráfica No. 2.34).

Dado que se cuenta con el número de cajas a transportar, se procede a determinar el Diagrama de Intensidades de Tráfico Triangular (gráfica No. 2.35).

Para mayor detalle se utiliza el Diagrama de Intensidades de Tráfico Modificado (gráfica No. 2.36).

Después se elabora el Esquema Teórico de Distribución (gráfica No. 2.37).

Por último se determina la Distribución de los departamentos. Debido a que no se presentan limitaciones por

la configuración del terreno, una posible distribución es la representada en la gráfica No. 2.38 en la cual se consideró la superficie necesaria para cada departamento.

Gráfica No. 2.33 Diagrama de proceso de varios productos .

Operaciones	Productos				Superficie necesaria (m ²)
	1	2	3	4	
A. Trazar	⊘	⊘	⊘		200
B. Tornear	②	②	⑥	⊘	600
C. Fresar	③	④	⑦	⑤	1200
D. Pulir	④	③	②	③	500
E. Taladrar	⑤	③	③	②	400
F. Molduras			④	④	300
G. Rectificar	⑥	⑤	⊘		600
H. Inspeccionar	⊘	⊘		⊘	100
Cantidad fabricada (unidades/mes)	10,000	3,000	3,000	1,000	
Número de transportes	1,000	100	200	50	
Número de unidades por transporte	10	30	15	20	

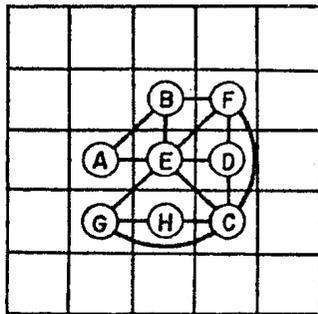
Gráfica No. 2.34 Cuadro de eslabones.

⊙	A	B	C	D	E	F	G	H
H			1				2	3
G			2		1		5	
F		1	1	1	1	4		
E		3	2	3	10			
D	1		1	6				
C		1	8					
B	2	7						
A	3							

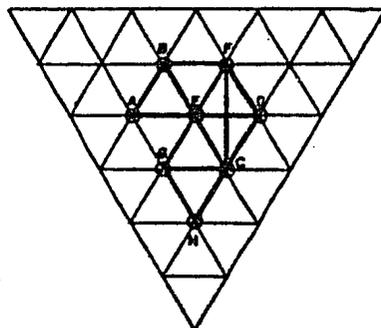
Gráfica No. 2.35 Diagrama de Intensidades de tráfico triangular.

⊙	A	B	C	D	E	F	G	H
H			20				40	60
G			45		10		95	
F		15	20	20	15	70		
E		65	45	45	180			
D	15		10	90				
C		10	150					
B	40	130						
A	55							

Gráfica No. 2.37 Esquema teórico de distribución

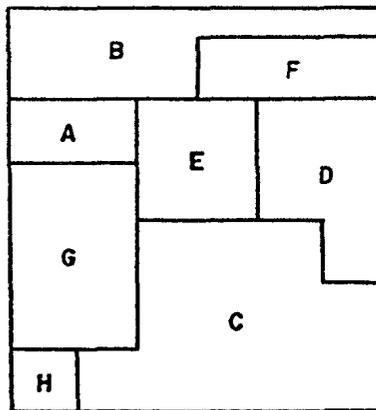


a). Cuadrado



b). Triangular

Gráfica No.238 Posible distribución de los departamentos.



Esc. 1:1000

Ejercicio Propuesto

Se necesita determinar la ubicación de diez departamentos de una empresa que fabrica seis productos, en un terreno que tiene 76 metros de frente y 150 metros de fondo. Realice todos los diagramas y especifique la ubicación de los departamentos en un dibujo a escala. Considere los datos representados en la gráfica No. 2.39.

Gráfica No. 2.39 Diagrama de proceso de varios productos .

Operaciones	Productos						Superficie necesaria (m ²)
	1	2	3	4	5	6	
A. Trozar	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	2000
B. Estampar	②	②	②	②	②	②	400
C. Pulir		③	③	③	③		800
D. Mecanizar	③					③	300
E. Moldurar	④			⑧		⊗	1300
F. Pintar		④	⑥	④	⑤		1500
G. Rectificar	⑤	⑤		⑤	④		1100
H. Cromar	⑥	⑥	④				900
I. Revestir		⑦	⑤		⑦		600
J. Inspeccionar	⊗	⊗	⊗	⊗	⑥	⊗	2500
Cantidad fabricada (unidades/mes)	2,000	1,000	1,000	5,000	10,000	20,000	
Número de transportes	200	50	10	100	200	100	
Número de unidades por transporte	10	20	100	50	50	200	

2.2.5. Método CRAFT

Objetivo

Designar la ubicación de los Departamentos de una -
Planta Industrial, tomando en cuenta los diversos trayectos
de los materiales y los costos unitarios, para que los cos-
tos totales sean mínimos.

Conceptos Teóricos

Existen básicamente cuatro programas de cómputo au-
xiliares en la planeación de la Distribución de Planta, ge-
neralmente disponibles en los Estados Unidos de América. -
Ellos son CRAFT (Computerized Relative Allocation of Facili-
ties Technique), CORELAP (Computerized Relationship Layout
Planning), ALDEP (Automated Layout Design Program) y RMA -
Comp. I (Richard Muther and Associates). Se han desarrolla-
do otros programas tanto en E.U.A. como en los demás países
industrializados, pero no son aplicables en la Industria. -

CRAFT fue desarrollado por Messrs, Armour, Buffa y Vollmann. Una descripción completa de este método se publicó en el Harvard Business Review, March - April 1964. El CORELAP lo desarrolló el Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad del Noreste (EU.), por el Profesor James Moore y está disponible en Engineering Management - Associates en la misma Universidad en Boston. Su descripción fue publicada en el Journal of Industrial Engineering, March 1967. ALDEP fue desarrollado por la IBM Rochester, - Minnesota, y está disponible en las oficinas de ventas de la IBM, y es encontrado en el Proceedings de 1967 de la - AIIE (American Institute of Industrial Engineers) en Toronto. RMA Comp. I se desarrolló por Richard Muther and Associates, Kansas City, Missouri y la información acerca del programa está disponible a través de ellos.

La siguiente lista considera algunas de las características deseables en los programas de cómputo a desarrollar:

- 1.- Empleo de datos reales.
- 2.- Capacidad para gran cantidad de datos.

- 3.- Eliminación de evaluaciones subjetivas de soluciones.
- 4.- Mejores configuraciones de los departamentos.
- 5.- Confiabilidad.
- 6.- Uso del Diagrama de Proceso para Varios - Productos.
- 7.- Consideración de los costos al generar - distribuciones alternativas.
- 8.- Un mínimo de restricciones para conservar flexibilidad.
- 9.- Capacidad para extraer las características deseables de una Distribución específica para insertarlas en otra.
- 10.- Impresión de los resultados en gráficas - más reales.
- 11.- Eliminación de manuales de ajuste para resultados impresos.

- 12.- Capacidad para emplear interrelaciones in deseables.
- 13.- Factibilidad para detallar la Distribu--
ción de Planta.

No es probable que un programa pueda reunir todas - las características expuestas, sin embargo, sirve como guía para el investigador.

Con la introducción de técnicas cuantitativas y el advenimiento de las computadoras, fue fomentada la experi-
mentación en busca de mejores métodos de análisis de los ca
da vez más complejos problemas. Por lo tanto, la combinación de hombre y computadora puede lograr objetivos que ninguno es capaz de alcanzar por sí solo.

Los humanos estamos inmóviles ante la expansión de las computadoras, muchos problemas son resueltos por ambos, sin embargo, el fabricante se decide cada vez menos por ele
mentos humanos, ya que éstos incrementan su costo, mientras que las computadoras lo decrecen.

PROGRAMAS DE COMPUTO PARA LA DISTRIBUCION DE PLANTA

A continuación se describirán los cuatro programas más comúnmente usados y conocidos. Los conceptos básicos de cada uno, son los siguientes:

CRAFT. Realiza intercambios de los departamentos de la distribución inicial, basados en el flujo del material, con objeto de encontrar mejores soluciones; intercambios sucesivos guían a un menor costo de Distribución de Planta.

CORELAP. Localiza el departamento más relacionado y progresivamente agrega otros departamentos, basado en el índice de proximidad deseado, y en el tamaño requerido hasta que todos los departamentos son distribuidos.

ALDEP. Selecciona alternativamente y al azar el primer departamento localizando subsecuentemente los demás, considerando el tamaño requerido. Son seleccionados y colocados de acuerdo a la proximi

dad deseada, o al azar si no tienen afinidad. -
 Son generadas y evaluadas las distribuciones al-
 ternativas.

RMA. Utiliza el flujo de materiales entre los -
 departamentos, compara el costo asociado con de-
 partamentos separados. Tres algoritmos heurfsti-
 cos son manejados por el generador de la configu-
 ración alternativa. Es manualmente evaluado y -
 ajustado.

REQUERIMIENTOS DE DATOS

Los cuatro programas requieren fundamentalmente co-
 mo datos de entrada las relaciones interdepartamentales y
 los requerimientos de espacio.

CRAFT. Usa como datos el flujo del material, como
 base para desarrollar relaciones en términos de alguna uni-
 dad de medida (kilos por día, unidades por año, carga des--
 plazada por semana) entre pares de departamentos, para for-

mar una matriz.

Otros datos de entrada son los costos de movimiento por unidad manejada y por unidad de distancia. Cuando tales costos no están disponibles o son inadecuados, pueden ser neutralizados, asignando el valor de 1.0 para todos los costos de la matriz.

El tercer grupo de datos lo forman los requerimientos de espacio, ellos toman la forma de una distribución existente; para nuevas distribuciones puede ser desarrollada una distribución inicial, en uno u otro caso, los requerimientos de espacio de los departamentos deben de estar a una escala tal, que cumplan con la de los demás departamentos y estar situados en un área global definida (límites del terreno). La localización de un departamento puede ser fijada en el área total.

RMA. Este programa requiere varios tipos de entrada de datos, a saber: Las relaciones interdepartamentales, el flujo del material, identificación de los departamentos y el espacio requerido por los mismos.

El análisis del material facilita la evaluación de su movimiento entre departamentos. Las características del material tales como: tamaño, forma, peso y durabilidad deben ser consideradas en la selección del método de manejo de los materiales y en el costo; antes puede hacerse una estimación del costo aproximado para seleccionar el método y así, finalmente, determinar la secuencia de los materiales de cada producto.

CORELAP y ALDEP. Son los programas que usan como datos el Diagrama de Afinidad, el flujo de material, el espacio requerido para cada departamento y las dimensiones del terreno.

ALDEP. Requiere además, la especificación de la construcción, por ejemplo: pasillos, escaleras y sitios de actividad preasignada.

COMO TRABAJA EL PROGRAMA

CRAFT. Calcula el producto de flujo del material por el costo de manejo, multiplicado por distancia entre -

centros de los departamentos dados en la distribución inicial. Es calculado el costo inicial con objeto de compararlo con el costo obtenido al realizar un intercambio de dos o tres departamentos. El intercambio implica hacer una reducción mayor en el costo, determinándose así, un nuevo costo. Este proceso se repite a través de iteraciones sucesivas (intercambios seleccionados), hasta evaluar todos los intercambios, tratando de encontrar un costo menor al anteriormente calculado. Aunque esto no significa que este costo menor pueda ser encontrado. El programa es de trayectoria orientada, por lo cual, sólo realiza las combinaciones de los departamentos tomados por pares y no las permutaciones posibles, debido a esto, solamente encuentra la mejor distribución de este pequeño grupo. Para considerar todas las permutaciones posibles y llegar a una distribución óptima se requeriría de excesivo tiempo-máquina.

CORELAP. Calcula cuál de los departamentos en la distribución es el más ampliamente relacionado y lo ubica en el centro del espacio a distribuir, después elige un departamento que sea afín al seleccionado y es situado tan cerca del anterior como sea posible, es decir, se localizan los departamentos en base a la afinidad (A) proximidad abso

lutamente necesaria. La búsqueda de las restantes relaciones de los departamentos es entonces llevada a cabo, considerando que la ubicación será tan cerca como sea posible. Cuando no se encuentran más (A), el mismo procedimiento es seguido para (E) proximidad especialmente importante, (I) proximidad importante, (O) proximidad ordinaria, (U) proximidad sin importancia y (X) proximidad indeseable. Obteniéndose así, la distribución de los departamentos y su costo total es el resultado de la suma de la afinidad entre los departamentos adyacentes.

ALDEP. Usa el Diagrama de Afinidad como dato para calcular la calificación de una serie de distribuciones, las cuales son generadas al azar. Si por ejemplo, dos departamentos "a" y "b" son adyacentes, el valor de la afinidad entre ellos puede ser sumada a la calificación de la distribución. Una modificación en la técnica de selección al azar es usada para generar distribuciones alternativas. El primer departamento es seleccionado y localizado al azar, después, en base al Diagrama de Afinidad se busca un departamento adyacente disponible, el cual tiene una alta afinidad (A) con el primer departamento seleccionado, este departamento es ubicado adyacente al primero. Si no es encontrado

ninguno, un segundo departamento es seleccionado al azar y colocado después del primero. Este procedimiento es continuado hasta que todos los departamentos están ya situados. Esta distribución es entonces calificada y el procedimiento completo es repetido para generar otra distribución. El analista especifica el número de distribuciones deseadas, las cuales pueden satisfacer una calificación mínima.

RMA. Selecciona el departamento más relacionado y es colocado primero en el centro de distribución. Esto se hace sin considerar el tamaño del área del departamento. - Todas las afinidades del Diagrama son consideradas antes - de ubicar cada departamento subsecuente, en otras palabras, antes de que cada departamento pueda ser situado, son consideradas las afinidades de los departamentos no colocados - aún, así como, para los departamentos situados alrededor. En este momento, una verificación es hecha para ver que afinidades (X) proximidad indeseable, pueden ser satisfechas. De esta manera, los departamentos son seleccionados y colocados en base a la afinidad (A), seguido por (E), (I) y (O). Considerando los requerimientos de espacio (área), la distribución es modificada, dado que son asignados a los departamentos sus requerimientos de espacio.

COMO PRESENTAN LOS PROGRAMAS LA DISTRIBUCION

CRAFT. Imprime los departamentos en formas rectangulares en base a una cierta escala. En el listado cada departamento está indicado por una letra, las formas de los departamentos tienden a ser irregulares y deben ser ajustados en forma práctica. El costo total se imprime cuando es menor al costo inicial o menor al costo total calculado.

CORELAP. Imprime una distribución en un formato irregular, debido a que ninguno de los departamentos tiene forma regular; los departamentos son representados con números y estos muestran la porción de espacio que requieren, a una cierta escala.

ALDEP. Imprime una distribución contenida en un área rectangular limitada, aunque los departamentos tienden a ser formados irregularmente. Los departamentos son distribuidos por medio de un contador vertical, así se forman departamentos tendientes a ser más bien largos. Como en los otros programas cada número del departamento representa una cierta porción del espacio total del departamento. Además, ofrece la ventaja de imprimir la distribución

en un máximo de tres niveles de piso, esto es útil donde - se fabrican muchos productos y se dispone de poco espacio. No son consideradas las relaciones entre pisos, solamente se pueden relacionar si los pisos están abiertos, es decir, si existen elevadores, rampas o escaleras. Las actividades pueden ser preasignadas a niveles de piso y localizaciones específicas.

RMA. Semejante a CORELAP, imprime la distribución en formato irregular. El programa distribuye los departamentos en forma de cuadro, con objeto de evitar las formas largas. Además permite símbolos de dos caracteres para representar unidades de área en la distribución final, por lo - que ésta es fácil de interpretar. Si una distribución excede el formato del listado, RMA parte la distribución en ban das y las imprime en páginas sucesivas del listado.

Para ajustar los listados a una distribución en for ma rectangular, puede utilizarse una rutina muy larga de - computadora o realizarse manualmente. Esta segunda opción - permite ejercitar al Ingeniero en el proceso de búsqueda de alternativas de distribución.

Recordando que la computadora sólo asigna un lugar a cada departamento, se deben de elaborar los Diagramas de Proceso, con objeto de detallar la distribución.

VENTAJAS Y LIMITACIONES DE LOS PROGRAMAS

A continuación se mostrarán las ventajas y desventajas de los cuatro programas discutidos anteriormente; cabe aclarar que la lista quizá no sea completa, debido a que los programas son cambiados continuamente.

CRAFT

Ventajas

1. Algoritmo dirigido.
2. Corto tiempo de computadora.
3. La distribución inicial puede variar.
4. Los costos y ahorros son impresos en el listado.

5. Permite ajustarse a localidades específicas.
6. Puede chequearse previa repetición.
7. Puede ser utilizado para distribuciones de oficinas.

Desventajas

1. El programa puede no encontrar la mejor distribución, al sólo cambiar dos o tres departamentos en un tiempo.
2. Engorrosa designación de letras.
3. Los datos de entrada necesitan estructurarse cuidadosamente.
4. Mejor adaptación a las redistribuciones.
5. No genera una distribución inicial.
6. No son tomadas en cuenta las relaciones de afinidad indeseables,
7. Requiere ajustarse manualmente, el listado no es utilizado directamente.

CORELAP

Ventajas

1. Genera una distribución inicial.
2. Las ponderaciones de las letras pueden ser modificadas durante el proceso.
3. Los formatos de entrada y salida son los mismos.
4. Se basa en el Diagrama de Afinidad.

Desventajas

1. La distribución tiene formas irregulares.
2. No calcula costos.
3. Puede no especificar un lugar fijo a un departamento.

ALDEP

Ventajas

1. La solución considera una área específica.
2. Muchas distribuciones alternativas son desarrolladas.
3. Puede especificar locales fijos.
4. Tiene capacidad para varios niveles de piso.

Desventajas

1. Configuraciones de espacio obligatorio no tomadas en cuenta.
2. Dificultad en evaluar el proceso.
3. No calcula el costo de movimiento de los materiales.

RMA

Ventajas

1. Aplicable a cualquier tipo de problema.
2. Basado en el Diagrama de Intensidades de Tráfico.
3. Imprime el costo de manejo de materiales.
4. No requiere una distribución inicial.
5. Permite elegir la secuencia de afinidades, para seleccionar y colocar los departamentos.
6. Puede fijar departamentos en lugares específicos y construcción de rasgos distintivos (pasillos, elevadores).
7. Requiere interacción entre la computadora y el Ingeniero para ejercitar su adiestramiento.
8. Usa la terminología normal de la planta como datos de entrada.

Desventajas

1. La entrada de datos necesita estructurarse, pero no más de lo requerido usualmente para planear la distribución.
2. Mayor aplicación en producción que en servicios.
3. Requiere todavía de experimentación.

COMPARACION DE LOS PROGRAMAS DE DISTRIBUCION

Debido a las distintas características de los programas, es difícil para el Ingeniero encargado de la distribución, determinar cuál es el mejor. Por lo que algunos investigadores han atacado este problema y reportan comparaciones de algunos de los problemas mas conocidos. A continuación se presentan brevemente los resultados del estudio realizado por Denholm y Brooks.

"En virtud de que CRAFT tiene la capacidad para estimar una distribución en forma cuantitativa, se decidió - evaluar el listado del CORELAP (se ajusta con el manual) y

ALDEP, con objeto de permitir al método CRAFT mejorar la distribución. Los datos de entrada del manejo de los materiales y costos para CRAFT permanecieron invariables.

La combinación de los resultados de un problema real es mostrada en la tabla No. 2.57.

Al parecer el progreso del método CRAFT es substancial en cada caso. CRAFT evalúa ambos listados de ALDEP y CORELAP como "peores que el original". El hecho de que la mejor distribución generada varfa, es una peculiaridad del método CRAFT y es ocasionado por su programa heurístico y a su algoritmo dirigido. Se debe reconocer que el costo total del material manejado no es el único criterio indicador de una distribución eficiente.

Sin embargo, el método CRAFT tiene la facilidad de cuantificar otros criterios, permitiendo seleccionar el uso de criterios apropiados para cada problema.

En suma, el listado de CRAFT es superior a los otros, aún mejorando el mejor listado de cada uno de los otros dos algoritmos. Llanamente los mejores listados de -

ALDEP y CORELAP son más costosos que la distribución inicial" *

Tabla No. 2.57 Comparación de los Programas de
Distribución de Planta

	Costo del Movimiento del Material por Unidad de Tiempo.	
	Distribución Inicial	Distribución Generada
CRAFT sobre el original	\$ 102,781	\$ 84,452
CRAFT sobre el mejor CORELAP	115,592	90,805
CRAFT sobre el mejor ALDEP	127,903	90,891

Nota: Cantidades en Dólares.

* James M. Apple, "Plant Layout and Material Handling" (USA, John Wiley and Sons, Inc., 1977), 332-336 pp.

EXPLICACION DEL ALGORITMO DEL METODO CRAFT

CONTENIDO EN EL APENDICE A5

El objetivo de este programa es determinar la mejor distribución de los departamentos, es decir, aquella en que los costos por manejo de los materiales son mínimos. Cabe aclarar que esta distribución sólo es la mejor dentro del grupo de combinaciones evaluadas.

Este programa requiere como datos: El número de departamentos a reubicar, la ubicación inicial de los mismos en coordenadas rectangulares, la matriz del movimiento de los materiales y la matriz de costos unitarios. Si por algún motivo se diera un dato equivocado a la máquina, el programa permite corregirlo sin necesidad de parar la corrida, sólo se deberá contestar afirmativamente a la pregunta de corrección de dato en caso de error.

Después de haber leído los datos correctos, la máquina calcula la matriz movimiento-costo, multiplicando la matriz de movimiento de los materiales y la matriz de costos unitarios. Además, calcula la distancia entre los departamentos, considerando sus coordenadas.

Posteriormente imprime la ubicación inicial, la matriz de movimiento de los materiales, la matriz de los costos unitarios y el costo total inicial.

Inicia el intercambio de pares de departamentos, calculando las nuevas distancias entre ellos y el costo total. Se compara este costo total con el costo total inicial, en caso de ser la primera iteración o con el costo total mínimo calculado, si es menor se mantiene el intercambio de los departamentos y se imprime el ahorro que existe y el nuevo costo total mínimo, si no, se vuelve a la posición anterior al intercambio. El proceso se repite para los restantes departamentos.

Con objeto de revisar si la ubicación obtenida es la mejor, se inicializa el proceso y se repite, si al intercambiar los departamentos se presenta un ahorro, se imprimirá junto con el nuevo costo total mínimo, el proceso se detiene cuando no existe ahorro al realizar los intercambios, imprimiendo la ubicación final y el costo total mínimo obtenido.

Cabe aclarar que este programa presenta las siguientes restricciones:

- a) No considera el área requerida para los departamentos.
- b) Estima que el costo de transporte de los materiales varía en forma lineal, lo cual no es cierto.
- c) No valora los aspectos de supervisión, seguridad y control. Por lo que los departamentos que están bajo una misma dirección pueden quedar físicamente alejados.

Ejemplo

Se desea distribuir una planta que tiene siete departamentos, la ubicación inicial se muestra en la tabla No. 2.58 y la matriz de movimiento de los materiales (Diagrama de Intensidades de Tráfico) se muestra en la gráfica No. 2.40.

Tabla No. 2.58 Ubicación Inicial de los Departamentos

Departamento No.	Coordenadas	
	X	Y
1	4	3
2	8	3
3	0	3
4	4	0
5	8	0
6	12	0
7	0	0

Gráfica No. 2.40 Matriz de movimiento de los materiales.
(Diagrama de intensidades de tráfico).

A DE	1	2	3	4	5	6	7
1		3	3	0	0	0	0
2	0		3	3	2	1	0
3	0	2		4	0	5	0
4	0	3	3		1	0	0
5	0	1	2	0		0	0
6	0	0	0	0	0		6
7	0	0	0	0	0	0	

Solución

Debido a que no se conocen los costos, se le asignará el valor de 1.0 a todos los elementos de la matriz de costos unitarios. Con los anteriores datos (ubicación inicial de los departamentos, matriz de movimiento de los materiales y la matriz de costos unitarios) se alimenta a la microcomputadora, obteniéndose los siguientes resultados - (ver listado en el apéndice A5).

EL COSTO INICIAL ES; 297.935

Intercambio

Del Departamento	Por el Departamento	Ahorro	Costo Total
1	2	10.45600	287.479
1	3	47.93460	239.544
1	5	4.00000	235.544
1	6	20.91200	214.632
1	7	24.00000	190.632
2	4	4.00000	186.632
3	4	2.63202	184.000
1	4	4.00000	180.000
2	3	6.00000	174.000

LA UBICACION FINAL DE LOS DEPARTAMENTOS ES:

Departamento		Coordenadas	
No.		X	Y
1		8	3
2		4	3
3		4	0
4		0	0
5		0	3
6		8	0
7		12	0

EL COSTO MINIMO ES: 174

Ejercicio Propuesto

Se requiere distribuir ocho departamentos cuya ubicación se muestra en la tabla No. 2,59. La gráfica No. 2,41 representa la matriz de movimiento de los materiales y la No. 2.42 la matriz de costos unitarios. Dé la ubicación final y el costo total mínimo obtenido.

Tabla No. 2.59 Ubicación Inicial de los Departamentos

Departamento No.	Coordenadas	
	X	Y
1	0	0
2	8	0
3	12	0
4	22	0
5	28	0
6	32	0
7	44	0
8	50	0

Gráfica No. 2.41 Matriz de movimiento de los materiales.

A DE	1	2	3	4	5	6	7	8
1		40	0	0	15	0	0	0
2	0		10	0	65	0	0	0
3	0	0		10	0	0	45	20
4	0	0	0		25	20	0	0
5	0	0	45	20		15	10	0
6	0	15	20	0	0		0	0
7	0	0	0	0	0	0		40
8	0	0	0	0	0	0	0	

Gráfica No. 2.42 Matriz de costos unitarios.

DE \ A	1	2	3	4	5	6	7	8
1		1.5	0.0	0.0	5.24	0.0	0.0	0.0
2	0.0		0.75	0.0	3.74	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0		1.87	0.0	0.0	5.98	7.11
4	0.0	0.0	0.0		1.12	1.87	0.0	0.0
5	0.0	0.0	2.99	1.12		0.75	2.99	0.0
6	0.0	4.49	3.74	0.0	0.0		0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		1.12
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

2.2.6. Ruta Crítica

Objetivo

Planear y controlar un proyecto acorde a los objetivos y limitaciones de la empresa, mediante una representación gráfica (RED).

Conceptos Teóricos

Las técnicas de planeación, programación y control comúnmente utilizadas en los proyectos a gran escala se conocen como planeación y programación de redes y con los nombres más comunes de CPM (Critical Path Method) desarrollado por la Du Pont Company y la División Univac de la Remington Rand Corporation (ahora llamada Sperry Rand) en 1957, con objeto de controlar el mantenimiento de plantas químicas y de PERT (Program Evaluation and Review Technique), que se desarrolló para el proyecto Polaris en 1958 por la Oficina de Proyectos Especiales de la Marina y la División de Sistemas de proyectiles de la Lockheed Aircraft

Corporation, en colaboración con Booz, Alden and Hamilton, empresa consultora de administración.

La introducción de gráficas para describir el plan de un proyecto fue un cambio de la representación tradicional de barras y cuando se añadió a las gráficas las estimaciones de duración y costo de cada actividad, permitió el surgimiento de diversas técnicas de planeación y control - verdaderamente poderosas.

En las diferentes fases de un proyecto, desde la planeación del programa hasta el retiro, es necesario ejecutar con una secuencia lógica y a través del tiempo una serie de actividades que pueden algunas ejecutarse en paralelo, o sea simultáneamente, mientras que otras tienen que realizarse en serie, es decir, no se puede iniciar una actividad antes de haber terminado la anterior.

Para ello se deben determinar las actividades requeridas, los tiempos y las dependencias recíprocas, los requerimientos de varios planes posibles para la fuerza de trabajo y otros recursos y la relación de todo lo anterior con una fecha de terminación del proyecto. En consecuencia,

las complejidades y la naturaleza única del proyecto requieren un plan coordinado que involucra las actividades requeridas, el programa y la distribución de los recursos. La gran complejidad de tales proyectos requiere métodos especiales; para satisfacer esta necesidad se han desarrollado técnicas de planeación con redes.

Dada la red de operaciones requeridas, habrá un ordenamiento cuidadoso de tiempos y secuencias de las operaciones, necesario para complementar el proyecto en el menor tiempo posible, al que llamamos Ruta Crítica. Pero quizá resulta más importante conocer el margen de libertad de ciertas operaciones, el cual confiere flexibilidad para uniformar en alguna medida los requerimientos de fuerza de trabajo a lo largo de todo el proyecto, o para emplear el equipo limitado en varias operaciones, sin crear conflictos y sin extender el tiempo del proyecto.

Una técnica de esa clase ayuda a facilitar la función de las comunicaciones en la empresa informando tanto de los acontecimientos favorables como de los desfavorables antes de que ocurran. En realidad, la red mantiene bien informados a los gerentes de todas las consideraciones y factores críticos relacionados con sus decisiones. Desde ese -

punto de vista puede ser un valioso instrumento administrativo para la toma de decisiones.

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.

Los proyectos pueden ser cíclicos, como el de la fabricación en serie de un proyecto industrial y no cíclicos, como la construcción de una nueva fábrica.

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 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 fue instituido.

La planeación tiene por objeto la previsión del fu-

turo, con el fin de adecuar la presente y futura actividad, para hacer posible el alcance de metas específicas 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 Estratégica se toman decisiones que son 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 mas - corto plazo y mas fácilmente cambiables. Ambos tipos de planeación son necesarias y se complementan.

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, ésta es la Programación.

Es importante tener en cuenta al realizar los procesos anteriores, que una obra puede terminarse en tiempos muy distintos 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.

Nunca debe olvidarse que los proyectos son dinámicos 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.

Si se hace un resumen muy conciso de los diferentes métodos utilizados para el control de proyectos, se puede -

clasificar esquemáticamente de la siguiente manera:

- 1) Experiencia, Intuición, Memoria
- 2) Diagrama de Barras
- 3) Ruta Crítica
 - a) Determinística
 - b) Probabilística
- 4) Ingeniería de Sistemas

Todos estos caminos llevan a un solo resultado: Previsión y Control, lo cual permite conocer en cualquier momento lo siguiente: Qué es lo que hay que hacer, cuándo va a realizarse y cuánto se va a tardar en hacerse, qué se ha hecho, qué se está haciendo, qué falta por hacer, cuál es el costo de lo realizado hasta la fecha y cuánto se estima que costará ejecutar lo que falta por hacer.

Una característica rara vez mencionada de la programación de redes es que se basa en un léxico común y corriente.

El éxito de la aplicación del método estriba fundamentalmente en la buena selección por parte de los responsables del trabajo de planeación y programación, ya que un detalle excesivo lo convierte en engorroso y poco manejable y una falta de detalle lo hace inútil.

La mayor parte de las aplicaciones actuales del método de ruta crítica, han abandonado el uso de los tiempos de actividad probabilísticos y utilizan las estimaciones de tiempos determinísticos, que son más sencillas.

TIPOS DE DIAGRAMAS DE REDES

En su desarrollo original la metodología del CPM era determinística (un tiempo de duración para cada actividad) y la del PERT probabilística (tres tiempos probables de duración para cada actividad); actualmente ambas metodo-

logías pueden utilizar el modelo determinístico o probabilístico.

Las diferencias entre CPM y PERT se encuentran en los detalles de la preparación del diagrama de flechas.

El procedimiento del CPM representa las actividades como si ocurrieran en los círculos, siendo los segmentos dirigidos (flechas) las secuencias de las actividades que se requieren para llevar adelante el proyecto. El modo de realizar el diagrama de flechas del CPM tiene la ventaja de que no necesita del empleo de la actividad artificial (se llama actividad artificial a la actividad que se le asigna un tiempo de cero en la fase de programación y un costo de cero en la fase de la determinación de los costos. Es un artificio para identificar la relación entre actividades y evitar que las flechas tengan origen y extremo comunes) y por lo tanto una representación gráfica menos compleja.

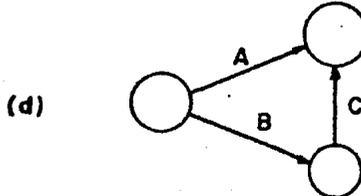
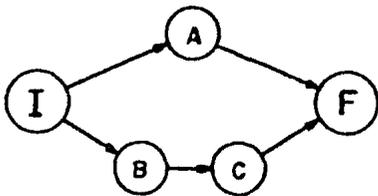
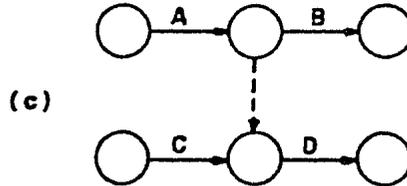
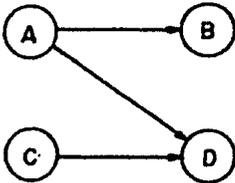
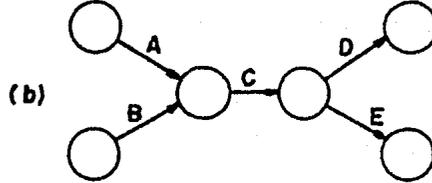
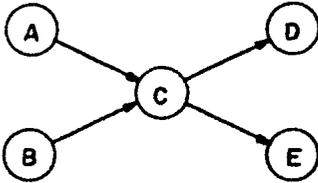
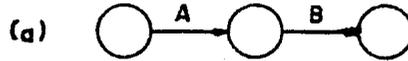
En la tabla número 2.60 se consignan las dos representaciones gráficas de algunas relaciones entre actividades.

Tabla No. 2.60 Representaciones de algunas relaciones entre actividades.

CPM



PERT



Otra diferencia que existe es la forma de determinar las actividades en el diagrama de flechas: en el CPM - para determinar a la actividad "A", por ejemplo, se le da el número del círculo o nodo; en el PERT, se le asignan dos números: el del círculo inicial y el del círculo final del segmento dirigido.

DEFINICION DE LOS OBJETIVOS

Al igual que en cualquier modelo de planeación, de bemos definir en primer término, los objetivos del proyecto y sus límites, así como la relación existente entre el proyecto y los objetivos globales de la empresa. Se debe - establecer una fecha de iniciación y otra de terminación, ya sean derivadas internamente o impuestas por el cliente. Cada actividad (u operación) debe tener un punto definido de iniciación y otro de terminación.

Las redes permiten determinar fundamentalmente:

- a) La secuencia temporal de las actividades
- b) El tiempo de terminación de cada actividad

y de todo el proyecto.

- c) Las actividades críticas, que si no se ejecutan dentro del tiempo previsto, pueden retrasar todo el proyecto.
- d) La adecuada asignación de los recursos.

Los objetivos que se desean lograr son:

- a) Minimizar la duración del proyecto en base a los recursos disponibles.
- b) Determinar las actividades que establecen y controlan el tiempo de terminación del proyecto (ruta crítica).
- c) Precisar las libertades que existen en la ejecución de las actividades que no controlan el tiempo de duración del proyecto - (holguras).

METODO DE LA RUTA CRITICA

El método de la ruta crítica 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.
- 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 básica hacia:
 - a) Los problemas latentes que requieren 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.

Por lo tanto, el Método de la Ruta Crítica es un proceso gráfico que puede utilizarse en la planeación y programación de las actividades de un proyecto.

RED DE ACTIVIDADES

Esta red es una gráfica con círculos unidos - mediante segmentos dirigidos. Los círculos representan actividades y los segmentos dirigidos la relación entre las actividades.

Con objeto de tener redes con un solo círculo inicial y terminal se incluyen a estas gráficas, dos círculos ficticios, que representan actividades con cero tiempo de duración, que son el círculo inicial y el círculo terminal. Estos dos círculos son los únicos de la gráfica que - solamente o preceden a toda otra actividad del proyecto o están precedidos por todas las actividades restantes de la gráfica.

Para construir la gráfica de actividades es -

necesario listar éstas, indicando su relación con otras actividades y el tiempo que toma ejecutarlas.

LISTA DE ACTIVIDADES

La primera fase de la planeación de un proyecto consiste en enunciar las actividades que lo constituyen. Con objeto de facilitar el enunciado de las actividades de un proceso y de evitar la posible omisión de alguna de ellas, es recomendable proceder en la siguiente forma: Dividir el proyecto en un conjunto de actividades principales o de primer orden. Subdividir en seguida estas actividades en actividades de segundo orden y continuar así sucesivamente. Procediendo de esta manera, es evidente que la planeación de cada una de las actividades de primer orden, por ejemplo, deberá hacerse considerando a esa actividad como un proyecto compuesto por las actividades de segundo orden.

Las actividades de orden más elevado son las componentes básicas o elementales del proyecto. Por otro lado, a medida que el orden de una actividad decrece, aumenta la complejidad de su ejecución y por lo tanto aumenta la res--

ponsabilidad del organismo encargado.

Se deben vigilar las actividades que sean demasiado grandes o demasiado pequeñas. Es posible que una actividad de gran tamaño pueda tratarse como más de una, o muchas actividades pequeñas puedan combinarse en una sola.

MATRIZ DE SECUENCIAS

Es necesario analizar el orden en que deben ejecutarse las actividades teniendo en cuenta los requisitos del proyecto mismo y las condiciones particulares de la persona o empresa que va a realizar el proyecto. Para llevar a cabo ordenadamente esta fase de planeación es recomendable preparar una tabla denominada Matriz de Secuencias.

En la Matriz de Secuencias, se describen todas las actividades que constituyen el proyecto como títulos de los renglones y de las columnas, de manera que a cada actividad corresponde un solo renglón y una sola columna. Se siguen dos reglas para llenar esta matriz:

1. Se analiza la actividad correspondiente a cada uno de los renglones y se determina qué actividades - deben precederse inmediatamente antes de poder iniciar la actividad en cuestión. Para esto se recorre el renglón examinando las columnas de la matriz y colocando un 1 en los casilleros de las columnas que corresponden a las actividades que deben ejecutarse inmediatamente antes.

2. Se analiza la actividad correspondiente a cada una de las columnas y se determina qué actividades - pueden hacerse inmediatamente después de terminada la actividad en cuestión; para esto, se recorre la columna examinando los renglones de la matriz y colocando un 1 en los - casilleros de los renglones que corresponden a las actividades que pueden realizarse inmediatamente después.

Las siguientes preguntas ayudan a elaborar la Matriz de Secuencias:

- a) ¿Cuáles actividades deben preceder inmediatamente a la analizada?
- b) ¿Qué actividades pueden iniciarse inmediatamente después de terminar la analizada?

- c) ¿Cuáles actividades pueden iniciarse simultáneamente con la analizada y de qué actividades precedentes dependen?

DIAGRAMA DE FLECHAS

El diagrama de flechas es una representación gráfica de la lista de actividades junto con las interrelaciones requeridas.

Un proyecto complejo consiste de muchas actividades y la gráfica correspondiente consiste de muchas flechas. La flecha no se dibuja a escala, es decir, su longitud, orientación y dirección no tienen ningún significado particular.

La dimensión de un diagrama de flechas depende del grado de detalle en que se descompone el plan. Los proyectos comprenden desde 30 actividades hasta más de 1000.

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. En este caso las reglas que van a ser empleadas son las siguientes:

1. Las actividades se representan por medio de círculos.
2. Se usa un círculo y sólo uno para representar cada actividad.
3. Cada círculo o actividad queda denominada de acuerdo con un sólo número.
4. Para dibujar el diagrama de flechas de un proyecto lo más práctico es dibujar todos los círculos correspondientes a las actividades iniciales y avanzar, siguiendo la lógica del programa y estableciendo sistemáticamente todas las relaciones que existen entre las diversas actividades, hasta llegar a la actividad final.
5. Las relaciones entre actividades se representan por flechas, no teniendo ninguna importancia ni significación la longitud, la forma y el sentido de ella.

6. A los círculos en que convergen más de una flecha se les denomina "concurrentes" y a aquellos de los que partes más de una flecha se les llama "divergentes".
7. Antes de que una actividad se pueda comenzar deben haberse terminado todas las actividades precedentes.
8. Se pondrán dos círculos, uno inicial y otro final, con objeto de que uno preceda a todas las actividades y el otro sea ulterior a ellas respectivamente. El primero conviene trazarlo a la izquierda de la hoja y el segundo a la derecha. A estos círculos se les puede asignar o no, según convenga, un tiempo posteriormente.
9. Si dos actividades pueden realizarse simultáneamente, conviene que los círculos que las representan estén sobre una misma vertical imaginaria.

Recomendación: Cuando se hace un diagrama de flechas debe tenerse especial cuidado en que las secuencias lógicas sean correctas. Es muy común cometer errores a es-

te respecto.

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 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, Ingenieros, Administradores y Sobrestantes 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.

NUMERACION DE CIRCULOS

La regla general para numerar los círculos desde el principio hasta el fin de un programa, es que ninguno puede numerarse hasta que se hayan numerado todos los precedentes. El número de la punta de una flecha siempre es mayor que el de su extremo, es decir, si designamos a la flecha por los números de los círculos que conecta, (ij) , donde (i) representa la cola y (j) la cabeza de la flecha, se numeran los círculos de forma tal, que para cada una de las flechas i es menor que j ($i < j$).

Los números de las flechas son progresivos y no se permite caminar hacia atrás por la red. Esta convención en la numeración de los nodos es efectiva en la computación de programas para el desarrollo de las relaciones lógicas de redes y para la ocurrencia de circuitos cerrados (LOOPS), es decir, caminos en círculo interminables.

Un circuito cerrado ocurriría cuando una actividad se representase como si retrocediera en el tiempo. Los circuitos cerrados de una red pueden resultar por error o --

cuando al elaborar los planes de actividades se trata de -
indicar la repetición de una actividad antes de principiar
la siguiente. La repetición de una actividad se debe repre-
sentar con actividades adicionales separadas definidas por
sus propios números únicos de círculo. Un circuito cerrado
produce un ciclo interminable en los programas de computa-
dora si no existe una rutina incorporada para el descubri-
miento e identificación del ciclo. Así pues, una de las -
propiedades de un diagrama de redes correctamente construí-
do es su carácter no cíclico.

**ASIGNACION DE TIEMPOS A LAS ACTIVIDADES
DEL DIAGRAMA DE FLECHAS
(DURACION DE LAS ACTIVIDADES)**

La asignación de tiempos a las actividades del dia-
grama se puede ir haciendo a medida que se dibuja cada --
círculo, o bien, se puede terminar el diagrama completo pa-
ra establecer todas las secuencias lógicas, y entonces, -
asignar la duración a cada actividad.

La duración de cada actividad dependerá, básicamente, de los recursos que decidamos utilizar para su realización.

Para determinar el tiempo y por lo tanto los recursos, se deben contestar las siguientes preguntas: ¿Debe hacerse la asignación basándose en el costo más bajo posible, sin considerar la longitud del tiempo requerido? ¿En el tiempo más corto posible, independientemente de los costos? ¿En alguna combinación de los dos criterios anteriores? o ¿Sobre cualquier otra base?

Cuando se utiliza el método determinístico, 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 analizada y que pueden estimar con bastante aproximación el valor medio que tendría dicha actividad.

Hay, por otra parte, ciertos tipos de proyectos, 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 se funda en la distribución de probabilidades BETA, la que para ser utilizada requiere de tres estimaciones de tiempo para cada actividad.

Tiempo optimista (T_o).

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.

La estimación se basa en el supuesto de que la actividad no tendría más de una oportunidad en 100 de ser completada en un tiempo menor.

Tiempo más probable (T_m).

Es la mejor estimación del tiempo en que pue-

de realizarse una actividad si todo ocurre normalmente, Es el valor modal de la distribución.

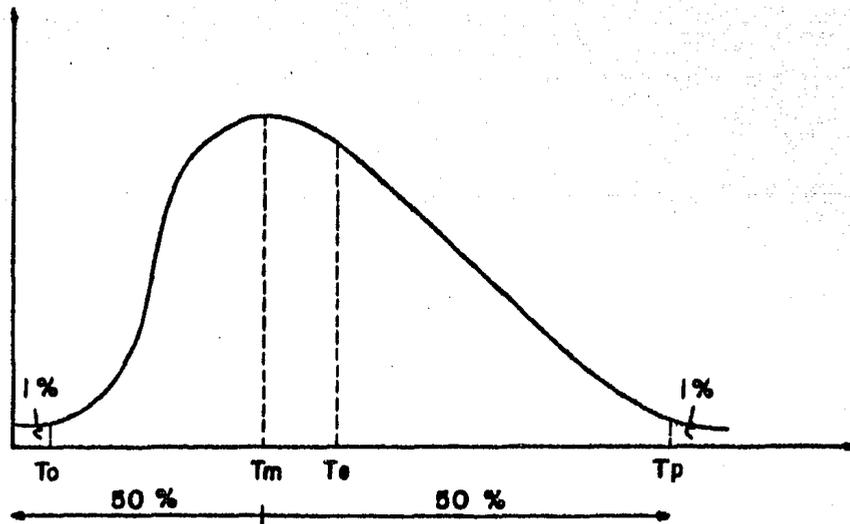
Tiempo pesimista (T_p).

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.

Esta estimación de tiempo, se basa en el supuesto de que la actividad no tendría más de una oportunidad entre 100 de ser completada en un tiempo mayor.

Estas tres estimaciones se combinan en una fórmula algebraica dando como resultado el tiempo esperado de la actividad. Este tiempo, que se designa por " T_e ", es una duración de tiempo tal, que tiene un 50% de probabilidad de ser excedido (ver gráfica No. 2.43).

Gráfica No. 2.43 Distribución de probabilidades beta.



La fórmula para estimar el tiempo esperado es:

$$T_e = \frac{T_o + 4T_m + T_p}{6}$$

La fórmula para estimar la variancia de la duración de una actividad es la siguiente:

$$s^2 = \left[\frac{T_p - T_o}{6} \right]^2$$

El valor del tiempo esperado T_e , coincidirá con la moda T_m , cuando sea simétrica la distribución del tiempo.

El tiempo esperado T_e , es un término estadístico - que corresponde al promedio, y la variancia es una medida de la incertidumbre que se tiene en la ocurrencia de este tiempo esperado. A medida que la variancia es mayor, la incertidumbre para el tiempo esperado va siendo mayor y viceversa.

Específicamente en el caso determinístico

$$T_o = T_m = T_p$$

entonces

$$s^2 = \left[\frac{T_p - T_o}{6} \right]^2 = 0$$

es decir, hay 100% de certidumbre de que el tiempo esperado tendrá un valor específico.

$$T_e = \frac{T_o + 4T_m + T_p}{6} = \frac{6T_o}{6} = \frac{6T_m}{6} = \frac{6T_p}{6} = T_o = T_m = T_p$$

Para calcular la duración total del proyecto se suman todas las duraciones de las actividades críticas, o sea:

$$D_t = D_0 + D_1 + D_2 + \dots + D_n$$

donde D_0, D_1, \dots, D_n son las duraciones de las actividades críticas, cuyas estimaciones pueden ser determinísticas o probabilísticas.

La variancia total del proyecto será:

$$s_t^2 = s_0^2 + s_1^2 + s_2^2 + \dots + s_n^2$$

donde $S_0^2, S_1^2, S_2^2, \dots, S_n^2$ son las variancias de las actividades críticas correspondientes a las duraciones críticas $D_0, D_1, D_2, \dots, D_n$.

Según el Teorema central del límite, cuando n sea grande, la distribución con los parámetros D_t, S_t^2 será - asintóticamente normal. (Se recomienda $n \geq 20$, lo cual da una aproximación aceptable).

Pasos a seguir para calcular la probabilidad de - una actividad dada.

1. Se calcula el valor esperado T_e y la variancia de la duración de cada actividad.
2. Usando los valores esperados para cada actividad, se calcula la ruta crítica.
3. Se calcula la desviación estándar del tiempo más próximo de término (PT) de cada actividad, considerando que la variancia de una suma de variables aleatorias independientes es igual a la suma de las variancias de las variables aleatorias.

4. Se calcula la probabilidad de llegar a la actividad "j", en un tiempo dado, T_j , utilizando la fórmula:

$$z_j = \frac{T_j - PT_j}{S_{PT_j}} \quad \text{NORMAL } (\mu = 0, S^2 = 1)$$

donde

- T_j = Tiempo de terminación impuesto a la actividad j
- PT_j = Tiempo más próximo de término de la actividad j
- S_{PT_j} = Desviación Estándar de PT_j
- z_j = Variable normal estándar

5. Con el valor de Z, en la tabla de distribución se encuentra la probabilidad.

El hecho de que cualquier ruta tenga una distribución de probabilidades asociada permite a la dirección -- asociar un dato particular con cualquier círculo del dia--

grama. Este dato se compara luego con la distribución de probabilidad de la ruta crítica hasta ese círculo, y se obtiene un porcentaje de probabilidad de terminación para esa fecha. Por supuesto, esta medida de probabilidades se puede determinar para el círculo de la terminación del proyecto y para cualquier círculo intermedio. Esta asignación de probabilidades a las fechas de terminación es instrumento muy poderoso de planeación y control. La dirección puede planear, reprogramar o aún renegociar contratos sobre la base de resultados esperados y niveles de riesgo establecidos. Pero obviamente, el producto no es mejor que los datos de insumo y existe el peligro de que la existencia de una afirmación que se haga en cuanto a la precisión de la probabilidad tienda a producir una aureola de exactitud que no necesariamente estará justificada.

Con un modelo probabilístico es posible que algunas actividades aparentemente no críticas se vuelvan críticas. Esto podría ocurrir porque se experimentó un tiempo de ejecución muy largo de la actividad en cuestión o tiempos de ejecución muy breves para las actividades que ya se encuentran en la ruta crítica. Esta es una señal de que los planes calendario elaborados tienden a cambiar. A medida -

que se obtienen datos reales del avance de las operaciones, puede ser necesario cambiar la asignación de recursos para enfrentarse al conjunto último de actividades críticas. En consecuencia, un conjunto eficaz de planes originales requiere una retroalimentación rápida de información y reelaboración de calendarios, que se corrigieron durante las etapas de ejecución y control de un proyecto.

CALCULO DEL DIAGRAMA DE FLECHAS

Antes de proceder al cálculo de un Diagrama de Flechas es conveniente definir algunos términos que se usarán en los cálculos:

Te = Tiempo directamente estimado o tiempo calculado en base a To, Tm y Tp. Es la duración de la actividad. Puede ser dado en días, semanas, minutos o cualquier otra unidad de tiempo.

PI = Tiempo más próximo de inicio. Es el tiempo más cercano en que es posible comenzar la actividad.

- PT = Tiempo más próximo de término. Es el tiempo más cercano en que es posible finalizar la actividad.
- LT = Tiempo más lejano de término. Es aquel en que puede completarse la actividad, sin causar que la duración del proyecto exceda al valor originalmente calculado con los PI o asignado por la empresa.
- LI = Tiempo más lejano de inicio. Es el tiempo más alejado en que se puede comenzar una actividad sin afectar la duración del proyecto.
- HT = Holgura total. Es el tiempo que una actividad puede retrasarse o alargarse sin afectar la duración total del proyecto.
- HI = Holgura independiente. Es el tiempo que la actividad puede ser retrasada o alargada sin afectar el PI de ninguna actividad del Diagrama. Es aquella parte de la HT que es autónoma de sus sucesoras y predecesoras.
- HD = Holgura dependiente. Es la parte de la

HT que está subordinada a sus sucesoras y predecesoras. El uso de esta holgura es una actividad, reduce la HD y por consiguiente la HT de las actividades en serie siguientes y que no pertenecen a la ruta crítica.

El cálculo de los tiempos del diagrama de flechas se hace recorriendo actividad por actividad, sin dejar ninguna, hasta llegar a la actividad final, en un recorrido hacia adelante. Después se completan los cálculos haciendo, como se observa, un recorrido semejante pero en sentido contrario, desde la actividad final hasta la inicial.

Dado que los datos que interesan son los tiempos más próximos y más lejanos de inicio y término, las holguras disponibles de cada actividad, así como la ruta crítica a través de la red, se procederá a realizar los cálculos.

RECORRIDO HACIA ADELANTE

Las flechas que deben seguirse para el cálculo del

diagrama de flechas en el recorrido hacia adelante, son las siguientes:

- 1.- El tiempo más próximo de inicio en que puede ocurrir la actividad inicial se hace igual a cero:

$$PI = 0, \text{ para la actividad inicial}$$

- 2.- Se calcula el tiempo más próximo de terminación de cada actividad, sumando al tiempo más próximo de inicio, la duración de la actividad.

$$PT = PI + Te$$

- 3.- Se considera que cada actividad comienza en cuanto las actividades anteriores correspondientes tienen lugar, o sea, el PI de la actividad es igual al máximo de los tiempos más próximos de terminación (PT) de las actividades que están inmediatamente antes de la analizada.

$$PI = \text{máx} (PT_1, PT_2, \dots, PT_n)$$

con n actividades que concurren.

- 4.- Continúese a lo largo de toda la red hasta que llegue a la actividad final.

El PT de la última actividad es particularmente importante debido a que proporciona la duración total del diagrama de flechas, es decir, el tiempo de terminación más próximo posible de todo el proyecto.

Este hecho se debe a que cada actividad del proyecto se inició lo más pronto posible.

Nota Aclaratoria: Los cálculos antes descritos sólo pueden realizarse cuando el diagrama tiene un sólo círculo inicial y un sólo círculo final. Estos círculos (actividades) son ficticios.

RECORRIDO HACIA ATRAS

El objetivo que se persigue al recorrer el diagrama-

ma de flechas en sentido contrario al anterior es el de calcular los tiempos más lejanos de iniciación y terminación - de las actividades.

Se supone que no hay ninguna holgura en el conjunto del proyecto, es decir, que debe ser completado en el menor tiempo posible.

Para hacer los cálculos se hacen las siguientes consideraciones:

1. El tiempo lejano de término en el que puede tener lugar la actividad final, debe - ser igual al tiempo más próximo de térmi- no que se calculó en el recorrido hacia - adelante.

$LT = PT$, de la última actividad

2. El tiempo más lejano de inicio de cual-quier actividad es igual al tiempo más lejano de término, menos la duración de la actividad en cuestión.

$$LI = LT - T_e$$

3. Los LT de las actividades restantes son - iguales al mínimo de los LI de las actividades que siguen inmediatamente después - de la actividad analizada.

$$LT = \text{mín} (LI_1, LI_2, LI_3, \dots, LI_n)$$

para n actividades.

4. Continúese a lo largo de toda la red hasta que llegue a la actividad inicial.

El resultado $LI = 0$ en la actividad inicial, sirve de comprobación de los cálculos, dado que se iguala PT a LT de la última actividad.

Suponga ahora que la fecha fijada para la terminación del proyecto es diferente al PT , es decir, $PT \neq LT$ de la actividad final. Existen dos alternativas a tratar, la primera cuando LT sea mayor que PT y la segunda cuando LT sea menor que PT .

En la primera alternativa, todas las actividades - tienen una holgura (H) igual o mayor a $LT - LI$ o $PT - PI$. Las actividades de la ruta crítica tienen la H menor.

En la segunda alternativa, se procederá a realizar un análisis de la asignación de los recursos de las actividades de la ruta crítica, como se verá en la sección correspondiente, con el fin de acortar la duración del proyecto.

CALCULO DE LA HOLGURA TOTAL PARA CADA ACTIVIDAD

La holgura total es, en general, el número de unidades de tiempo que puede tomar adicionalmente el tiempo de realización de una actividad sin causar retraso, o sea, sin aumentar la fecha de inicio de cualquier actividad que se encuentre en la Ruta Crítica, es decir, sin retardar la terminación del proyecto.

La definición anterior es equivalente a decir que la holgura total es igual a la diferencia entre el tiempo más lejano de término y el tiempo más próximo de término, o entre el tiempo más lejano de inicio y el tiempo más pró

ximo de inicio de la misma.

$$HT = LT - PT = LI = PI$$

La holgura total es el número de unidades de tiempo que faltan para que la actividad se vuelva crítica.

Cuando dos o más actividades están en serie, tienen la misma holgura total, por lo tanto la comparten; en este caso, constituyen una ruta subcrítica del programa.

La red permite ver dónde puede o debe ahorrarse tiempo y dónde puede retrasarse un poco el plan, si es conveniente.

Si se sabe la cantidad de tiempo sobrante con respecto a las distintas actividades, puede ser posible cambiar recursos (hombres, maquinaria y materiales) dentro de la ruta crítica a fin de acortar el tiempo.

A menos que se tengan razones específicas en contra, es aconsejable seguir un programa tal, que se ajuste a los tiempos de ocurrencia más próximos de las actividades,

esto es, cuando todas las actividades se inicien y terminen tan pronto como sea posible. Sin embargo, la disponibilidad de los recursos obliga frecuentemente a hacer uso de la holgura de una actividad, lo cual puede ocasionar cambios en - las holguras de las actividades restantes.

CALCULO DE LA HOLGURA INDEPENDIENTE
PARA CADA ACTIVIDAD

Las únicas actividades que tienen holgura independiente son aquellas que no pertenecen a ninguna ruta crítica.

La holgura independiente es igual a la diferencia entre el tiempo más próximo de inicio de la actividad posterior (PI_{ap}) y el tiempo más próximo de término de la actividad analizada, o sea:

$$HI = \min (PI)_{ap} - PT$$

La holgura independiente es por tanto, el tiempo - que puede retardarse la terminación de una actividad, sin afectar el PI de cualquier otra actividad.

Cuando una actividad tiene holgura independiente, aunque las actividades precedentes terminen en su tiempo más lejano de término haciendo que dicha actividad tenga lugar en su tiempo más lejano de inicio, de todas maneras esta actividad puede retrasarse el tiempo correspondiente a su holgura independiente, sin afectar al tiempo más próximo de inicio de la actividad final.

CALCULO DE LA HOLGURA DEPENDIENTE
PARA CADA ACTIVIDAD

Las actividades que tienen holgura dependiente son las que se encuentran en serie y no pertenecen a ninguna ruta crítica.

La holgura dependiente es igual a la diferencia entre la holgura total y la holgura independiente.

$$HD = HT - HI$$

Al utilizar la holgura dependiente de una actividad, se afecta el tiempo más próximo de inicio de las actividades.

vidades posteriores que se encuentran en serie y no pertenecen a ninguna ruta crítica.

DETERMINACION DE LA RUTA CRITICA

Las actividades críticas son las que se encuentran en la secuencia de la ruta de tiempo más larga; se deduce de aquí que las actividades tendrán la holgura mínima posible. Si la fecha de terminación fijada para el proyecto coincide con el PT de la actividad final, todas las actividades críticas tendrán una holgura igual a cero. En cambio si dicha fecha es posterior al PT de la actividad final, - todas las actividades críticas tendrán una holgura igual a esa diferencia de tiempo, es decir:

$$H = LT - PT \text{ de la última actividad}$$

DIAGRAMA DE BARRAS

Los tiempos que se consignan en el diagrama de fle

chas pueden representarse gráficamente en forma de Diagrama de Barras. Para ello se supone que todas las actividades se inician en su PI y cada actividad se representa mediante una barra recta cuya longitud es, a cierta escala, la duración efectiva de la actividad. En dicho diagrama se muestra con segmentos de barra la holgura de cada actividad.

En la escala del tiempo se utilizan días de trabajo efectivo, pero éstos pueden convertirse fácilmente a días de calendario si se conoce la fecha de iniciación del proyecto.

No hay duda de que en la gráfica de barras se pueden apreciar con mayor facilidad las relaciones de tiempo.

Además debe incluirse en el diagrama, información sobre los recursos que se necesitan para realizar la actividad. Suponiendo que el interés esté enfocado en los recursos económicos necesarios, en cada semana debe aparecer la erogación que tiene que realizarse.

Cabe hacer notar que este tipo de diagrama puede -

contener información no sólo sobre recursos económicos, si no también de otra índole, como recursos humanos, maquinaria y/o materiales. La cantidad de recursos que se emplea en cada unidad de tiempo depende del tipo de actividad. - Pueden existir actividades que requieran los recursos uniformemente distribuidos a lo largo de su duración, mientras que habrán otras que los requieran no uniformemente distribuidos.

ASIGNACION DE RECURSOS

El diagrama de barras permite determinar la distribución temporal de los recursos necesarios para realizar el proyecto. Supóngase que se consignan los recursos necesarios R_1, R_2, \dots, R_n para la ejecución de cada actividad, y que dichos recursos están dados en unidades por día.

Con los datos de los recursos y el diagrama de barras se construye el histograma sumando los valores de R para todas las actividades que están en ejecución en cada instante.

La información que proporcionan los histogramas permite:

- a) Conocer con anticipación la cantidad total de cada recurso que se necesita en cada día.
- b) Determinar si se dispone de la cantidad requerida de cada recurso para que, en caso contrario, se proceda a la mejor asignación de los recursos disponibles.
- c) Organizar eficientemente los pedidos a proveedores.
- d) Determinar la conveniencia de emplear una mayor cantidad de recursos o de cambiar los métodos de ejecución de algunas de las actividades del proyecto.

En algunas situaciones se podrá hacer frente a la demanda de algún recurso crítico de oferta limitada. Se debe examinar el plan preliminar con objeto de obtener el calendario viable de los recursos limitados, utilizando de nuevo la holgura disponible donde sea posible, o aún alargando el proyecto para generar un plan factible.

METODO DE ASIGNACION DE RECURSOS (Shaffer)

Cualquier plan para la ejecución de un proyecto debe sólo utilizar los recursos de que dispone.

En general se utilizan los cálculos del plan original y los niveles máximos disponibles de cada recurso. El método consiste en modificar la secuencia de actividades en forma tal, que se respeten las disponibilidades y se minimicen los posibles incrementos en la duración del proyecto - obtenido del plan original.

Para aplicar el Método de Asignación de Recursos - (MAR) se requiere de la siguiente información:

- a) El diagrama de flechas original. Este diagrama se obtiene sin tener en cuenta las disponibilidades de cada recurso.
- b) Asociadas a cada actividad se deben tener:
 - b.1) Su duración estimada
 - b.2) La cantidad necesaria de cada recurso para que la actividad tenga una duración igual a la estimada.

- c) El nivel máximo disponible de cada recurso.
- d) Los valores de PI, PT, LI, LT, HT, HD y HI de cada actividad.
- e) El diagrama de barras correspondiente.

Desarrollo del Método. Se analizan en el diagrama de barras, para el primer período de tiempo (día), las actividades que deben atacarse simultáneamente y que cantidad de unidades (N) del recurso R_1 requieren. Si se dispone de M unidades de ese recurso y M es menor que N, deberá modificarse la secuencia de las actividades.

Para resolver este conflicto surgido por la limitación de los recursos disponibles se procede como sigue:

- a) De todas las actividades involucradas en el conflicto se eligen dos: la I y la J.
- b) La actividad I es aquella que posee el mínimo PT.
- c) La actividad J es aquella que posee el máximo LT.

- d) Se obliga a que la actividad J siga a la I.

Cuando la selección anterior conduce a que $I = J$, entonces se usa aquella actividad más próxima al mínimo - PT o al máximo LI. Este proceso se repite cuantas veces - sea necesario.

El MAR proporciona un nuevo diagrama de barras en el cual no se requiere, en ningún instante, mayor cantidad de un recurso que aquella de que se dispone.

BALANCEO DE RECURSOS (Wiest)

Wiest ha elaborado un modelo de recursos limitado llamado SPAR (Schedule Program Assignment Resources, Programa de Calendarios para la Asignación de Recursos). El SPAR es un modelo de programación heurística para recursos limitados. El modelo se concentra en los recursos disponibles los cuales asigna, período a período, a las actividades listadas por orden de sus tiempos más próximos de iniciación. Los trabajos más críticos tienen la probabili

dad más alta de que se les programe primero y se programan inicialmente tantos trabajos como lo permitan los recursos disponibles. Si una actividad disponible no se programa en un período, se intenta programarla en el período siguiente. Por último, todos los trabajos que han sido pospuestos se vuelven críticos y pasan a encabezar la lista de prioridad de las actividades disponibles.

A continuación se describe el método, el cual no sólo desea evitar el que se requieran más recursos de los que se dispone sino además se procura que los recursos disponibles no utilizados sean mínimos.

El algoritmo de Wiest procede de la siguiente forma:

1. Aplicar el método de la ruta crítica para obtener:
 - a) La duración del proyecto
 - b) Las actividades críticas
 - c) Los PI, PT, LT y LI de las actividades
 - d) Las HT, HD y HI.

2. Se requiere conocer la disponibilidad de los diferentes recursos, así como las cantidades requeridas de cada recurso por cada una de las actividades en un tiempo - normal.
3. Dibujar el diagrama de barras y de éste - deducir la distribución diaria de los re- cursos para llevar a cabo el proyecto.
4. Estudiar si la distribución de los recur- sos necesarios cumple con los requisitos de disponibilidad y uniformidad en cuanto a su asignación diaria.
5. Llevar a cabo un doble ordenamiento de - las actividades en forma creciente; primeramente conforme a sus tiempos más próxi- mos de iniciación, y en seguida en lo que respecta a sus holguras totales, sin alte- rar el primer ordenamiento.
- 5.1 En caso de que existan dos o más actividades con la misma holgura total, se elegi- rán primero aquellas que tengan la mayor holgura dependiente. En caso de que per- sista la igualdad, será indistinta la --

elección de la actividad.

6. Aplicar los análisis descritos en los subincisos 6.1 y 6.2 que siguen, siempre que existan recursos no utilizados o que los recursos disponibles sean insuficientes para el día analizado.

6.1 Existen recursos no utilizados en el día bajo análisis.

- a) Revisar actividad por actividad según el orden indicado por el paso 5. Investigar si es posible incrementar la dotación de recursos de la actividad analizada, en forma tal que se logra reducir su duración en un número entero de días y no se exceda la disponibilidad de los recursos no utilizados para el día analizado. Si lo anterior es posible, se modifica la dotación de recursos para la actividad y el día considerados.
- b) Recalcular la duración de la actividad afectada conforme a su nueva dotación de recursos.

- c) Modificar, conforme a la nueva asignación, la cantidad de recursos que aún están desperdiciándose.
- d) Seleccionar otra actividad para aplicar nuevamente el paso 6.1 y continuar de la misma manera hasta que no sea posible lograr nuevas asignaciones.
- e) Repetir los pasos 1, 3, 5 y 6 para las nuevas condiciones del proyecto de los días que restan por analizar.

6.2 Los recursos disponibles en el día bajo análisis son insuficientes para llevar a cabo las actividades programadas.

- a) Seleccionar aquellas actividades que conjuntamente requieran de una cantidad de recursos lo más cercana a la disponible para el día analizado. El orden de selección debe ser el que se indique en el paso 5.
- b) Posponer un día el inicio de las actividades programadas para el día bajo estudio y que no fueron seleccionadas

en el inciso inmediato anterior.

- c) Repetir los pasos 1, 3, 5 y 6 para -
las nuevas condiciones de proyecto de
los días que restan por analizar.

Por lo anteriormente expuesto, puede deducirse que además de usar al máximo los recursos disponibles, ya que la cantidad de recursos utilizada se trata de hacer siempre igual a la cantidad de recursos disponibles, se desea que - la duración del proyecto sea la mínima factible.

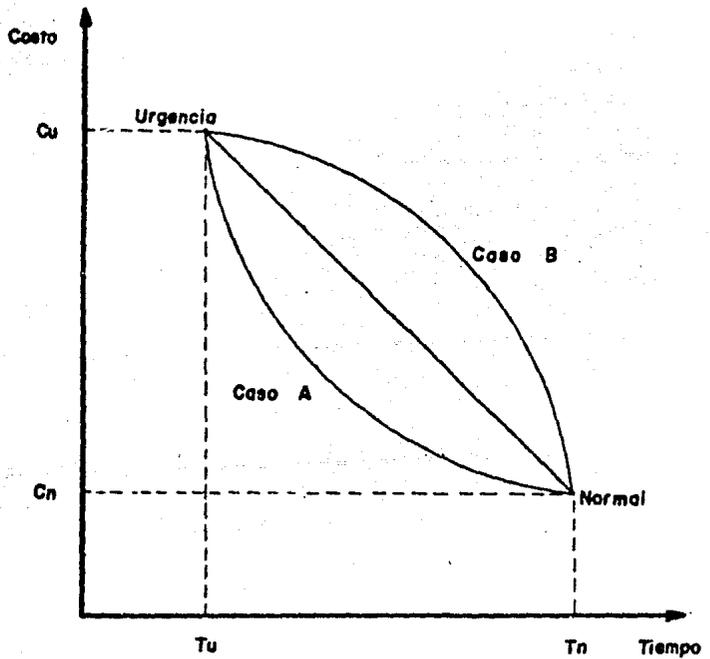
ANALISIS DE COSTOS

El análisis de los costos en la ruta crítica se desarrolló en 1962, con el fin de poder calcular los incrementos del costo por unidad de tiempo. Esta técnica cambia el enfoque del volumen, por ejemplo, del costo por pieza producida al costo de cada actividad, requiriendo de un alto grado de coordinación entre las actividades de Ingeniería, Administración, Dirección y Contabilidad.

Para explicar esta técnica, es indispensable comprender algunos términos. Se indican dos estimaciones de tiempo y costo para cada actividad de la red, que son una estimación normal y una estimación de urgencia. La estimación normal de tiempo es análoga a la estimación del tiempo esperado. El costo normal es el asociado con la terminación del programa dentro del tiempo normal. La estimación del tiempo de urgencia, es el tiempo que se requeriría si no se ahorraran costos para tratar de disminuir el tiempo del programa. El administrador del proyecto haría todo lo necesario para acelerar el trabajo. El costo de urgencia es el asociado con la ejecución del trabajo sobre una base de urgencia a fin de disminuir el tiempo de terminación.

Las relaciones de tiempo y costo pueden tomar diferentes formas, como lo muestra la gráfica número 2.44. El caso A es una relación de tiempo y costo en la que puede obtenerse una reducción del tiempo con un modesto aumento del costo. Por otra parte, el caso B es una relación de tiempo y costo en la que la reducción del tiempo puede lograrse con un gran aumento del costo.

Gráfica No. 2.44 Relaciones de tiempo y costo.



La razón para usar aproximaciones lineales para las curvas reales de tiempo y costo, es que hay que determinar rápidamente el costo de acelerar cualesquiera de las actividades de la red.

Podemos determinar la verdadera curva de tiempo y costo, pero la experiencia con esa técnica de programación ha demostrado claramente que no se garantiza el desembolso adicional requerido para determinar cuáles son esas relaciones precisas.

Por lo tanto, el incremento del costo (I_c), es el costo de urgencia (C_u) menos el costo normal (C_n), dividido entre el tiempo normal (T_n) menos el tiempo de urgencia (T_u), o sea:

$$I_c = \frac{C_u - C_n}{T_n - T_u}$$

A fin de acortar el factor de tiempo, es evidente que deben acortarse una o más de las actividades de la ruta crítica porque son las que determinan el tiempo total del programa y esta es nuestra selección para reducir el tiempo del programa con el menor costo adicional. Es decir,

se elige la actividad crítica que tiene el incremento de - costo más bajo.

Evidentemente es difícil tratar de resolver un problema de Ruta Crítica - Costo, y generalmente se requiere el empleo de programas de computadora. La búsqueda de todas las combinaciones posibles puede ser una tarea que necesite mucho tiempo, para no mencionar la posibilidad de errores. Por todas estas razones deberá usarse un programa de computadora de Ruta Crítica - Costo para una red que tenga aproximadamente 25 o más actividades que estén estrechamente interconectadas.

CONTROL

Conforme se va ejecutando un proyecto puede acontecer que algunas actividades tengan duración distinta a la que se estimó originalmente. Ya sea que algunas actividades se hayan adelantado, atrasado o que el planificador modifique las actividades que todavía no se han iniciado. Por supuesto las modificaciones antes dichas invalidan los resultados originales y es necesario proceder a su modificación.

La información se coloca en el diagrama original - en la forma que sigue:

- a) La fecha considerada se coloca como PI - del círculo inicial.
- b) Se asocia duración cero a todas las actividades terminadas.
- c) A las actividades en proceso se les asocia una duración igual a los días que necesitan para su terminación.
- d) A las actividades que no se han iniciado se les asocia la duración ya establecida.
- e) Se procede a calcular la ruta crítica.

Nótese que, originalmente, las actividades críticas eran unas y la duración del proyecto estaba determinada. - Una vez realizado el control, las actividades críticas son otras y la duración del proyecto es otro.

Si el responsable del proyecto desea mantener la - duración del mismo constante, puede efectuar más rápidamente las nuevas actividades críticas lo cual incrementará, en

general, sus necesidades de recursos (hombres, equipo y materiales).

RESUMEN DE LOS PASOS A SEGUIR EN LA OBTENCION DE LA
RUTA CRITICA CON ASIGNACION DE RECURSOS

1. Definir todas las actividades que integran el proyecto.
2. Determinar la matriz de secuencias.
3. Dibujar tantos círculos como actividades existan, más dos adicionales, el inicial y el final.
4. Indicar las relaciones de las actividades, con segmentos dirigidos.
5. Estimar la duración de cada actividad.
6. Recorrer la red hacia adelante. Determinando los PI y PT de cada actividad.
7. Recorrer la red hacia atrás. Determinando los IT y LI de cada actividad.
8. Calcular las HT, HD y HI.

9. Determinar la Ruta Crítica.
10. Trazar el Diagrama de Barras.
11. Aplicar el modelo SPAR.
12. Realizar el análisis de los costos.
13. Aplicar el control necesario al proyecto.

Desde luego, en proyectos que tengan 25 o más actividades, es necesario recurrir a los sistemas de cómputo - para poder realizar los anteriores pasos (ver apéndice A6).

VENTAJAS

El método de la Ruta Crítica no puede usarse como sustituto de la habilidad y buen juicio del encargado del proyecto, sino como una herramienta de trabajo que le proporciona, entre otras cosas, las siguientes ventajas:

1. Ahorra tiempo.
2. Permite un uso más eficiente de los recursos disponibles (dinero, mano de obra, equipo, materiales y espacio).

3. Da una idea muy clara del proyecto, permitiéndole explicarla fácilmente a todas las personas interesadas, incluyendo al nuevo personal.
4. Hace posible una verdadera "supervisión - por excepción", esto es, se requiere de supervisión únicamente en caso de errores o accidentes en la ejecución del proyecto.
5. Da un verdadero control sobre el proyecto.
6. Proporciona una manera de pensar en todos los pasos y relaciones recíprocas de un proyecto en forma metódica, a fin de disminuir el peligro de los descuidos en ciertas actividades.
7. Proporciona datos que permiten fundamentar planes para minimizar las inversiones o maximizar las ganancias.
8. Permite el uso de los sistemas de cómputo para su planeación, programación y control.

9. Desde el punto de vista de la administración, el sistema especifica cómo debe hacerse la planeación; suministra a la administración un método para mantener al corriente la planeación a medida que se -- cumplen los diversos eventos y que cambian las condiciones.
10. Puede ser muy útil como método de simulación. Permite la formulación y valoración de los resultados de los planes alternativos antes de que se pongan realmente en práctica.
11. Todo administrador de cualquier actividad sabe el tiempo de iniciación de su trabajo. Sabe que tiene una responsabilidad de coordinación con otros administradores de actividades, y se da cuenta de los resultados que se esperan.
12. Ayuda a eliminar uno de los principales - obstáculos al relacionar la planeación de las operaciones cotidianas.
13. Proporciona un buen número de comprobaciones

nes que evitan errores en el desarrollo - de un plan, o sea que al construir la red, el diagrama de flechas debe mostrar cuáles son las actividades que preceden y siguen inmediatamente a cada una de las actividades componentes del proyecto.

14. Hace posible cambios en la estructura de los calendarios de la obra y en la realización de nuevos calendarios.
15. Muchos administradores han manifestado que además de los anteriores beneficios, han obtenido una identificación de las áreas de problemas, mejora de las comunicaciones y toma de decisiones.
16. Permite que la administración pueda prever rápidamente el resultado de las desviaciones del plan, para poder tomar medidas correctivas antes de que haya dificultades y no después de que hayan ocurrido.
17. Otra valiosa característica es su flexibilidad, que permite que el planeador utilice todos los refinamientos que crea perti-

mentos, así como el empleo de procedimientos de costos.

DESVENTAJAS

1. El primer problema se refiere a la obtención de estimaciones reales de tiempo y de costo. Esto es especialmente cierto cuando se emprende un proyecto nuevo y distinto, y hay muy poca experiencia previa.
2. El adiestramiento del personal es otro problema importante, que se debe a la resistencia al cambio y a los requerimientos de tiempo necesario para poder usar eficazmente el método de la Ruta Crítica.
3. El desarrollo de una red clara y lógica es una verdadera zona de problema. Aparentemente no hay manera alguna para asegurar que la red refleje exactamente las mejores ideas de los que proyectan el trabajo, lo que se debe al hecho de que el mé-

todo de la ruta crítica no es mejor que -
las personas que proporcionan las entra--
das para efectuarlo.

4. La determinación del nivel correcto de -
los detalles de la red.
5. Puede presentarse el problema de que no -
se disponga de los recursos para poder -
llevar a cabo simultáneamente varios pro-
yectos.
6. Puede haber dificultades al integrar pro-
gramas en que se use el método de la Ruta
Crítica.
7. La variedad de condiciones existentes en
las empresas, hace muy difícil determinar
lo que pueda costar la aplicación del mé-
todo de la Ruta Crítica.

Ejemplo Uno

Determine el tiempo requerido para construir una - Bodega y las actividades críticas, considerando la siguiente información (gráfica No. 2.45):

No de la Actividad	DESCRIPCION	TIEMPO (Semanas)
1	Inicio	0
2	Proyecto (Arquitectónico Estructural e Instalaciones)	6
3	Tramitación de Licencias	1
4	Bodega de Materiales y de Herramientas	1
5	Acondicionamiento de Terreno y trazo	1
6	Excavación	2
7	Cimentación	4
8	Relleno	2
9	Pisos (Trazo, Formas, Colado, Retiro de Formas)	4

Continuación

No. de la Actividad	DESCRIPCION	TIEMPO (Semanas)
10	Columnas de Concreto	4
11	Fabricación y Entrega de Es- tructura de Acero	4
12	Erección de Estructura de Acero	2
13	Muros de Tabique	1
14	Instalación Eléctrica	1
15	Ventanería	2
16	Techo de Lámina	3
17	Aplanados	1
18	Vidrios	1
19	Pintura	2
20	Detalles	1
21	Término	0

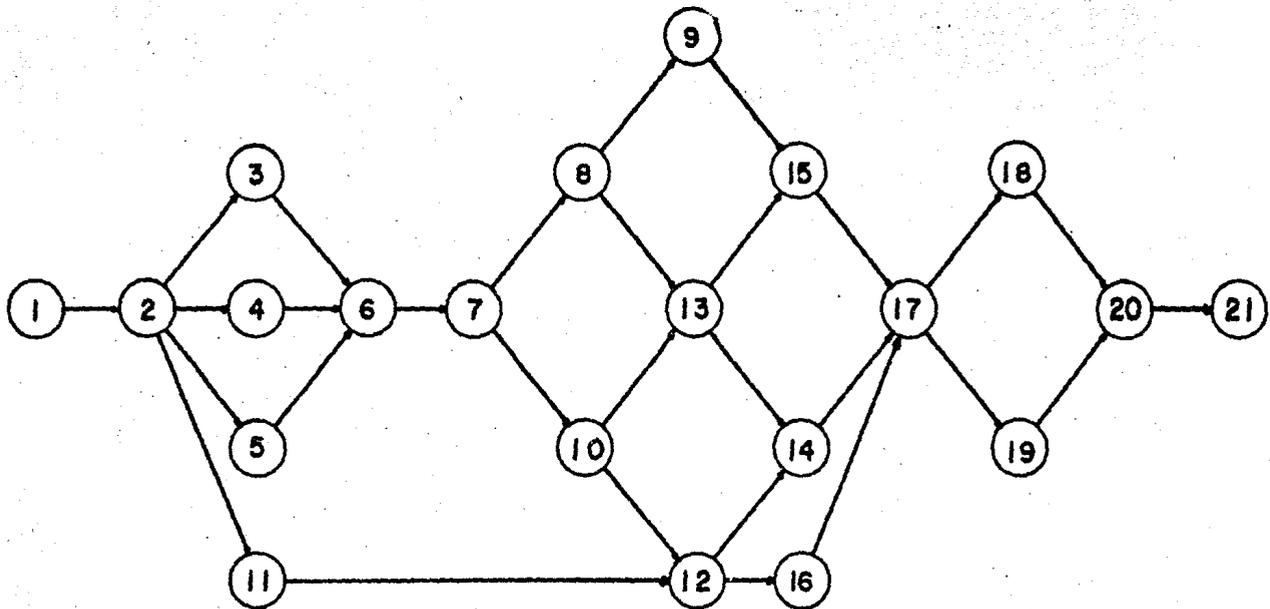
Solución

- 1.- Se dibuja el Diagrama de Flechas (ver gráfica No. 2.46).
- 2.- Con objeto de facilitar tanto los cálculos como la comprensión del Diagrama, se usará el siguiente rectángulo como representación de cada actividad.

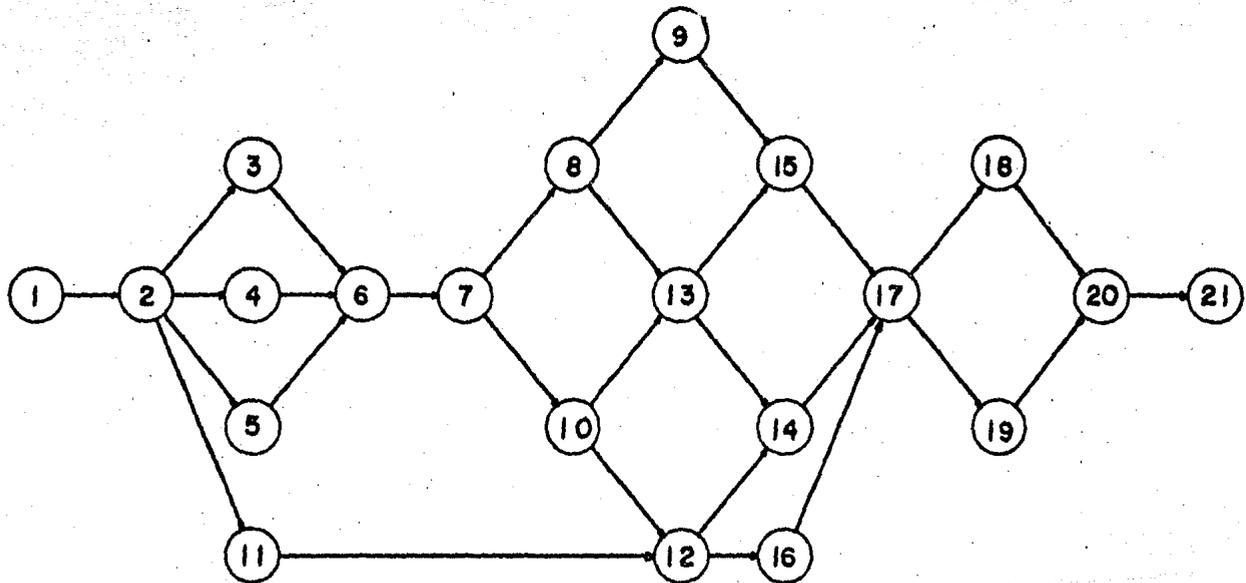
No.		Te	
PI	PT	LT	LI
HT	HI	HD	

- 3.- Se realiza el recorrido hacia adelante (ver gráfica No. 2.47).
- 4.- Se efectúa el recorrido hacia atrás. Dado que no se especificó un LT máximo, se iguala LT a PT (ver gráfica No. 2.48).
- 5.- Se calculan las holguras y se determina la Ruta Crítica (ver gráfica No. 2.49).

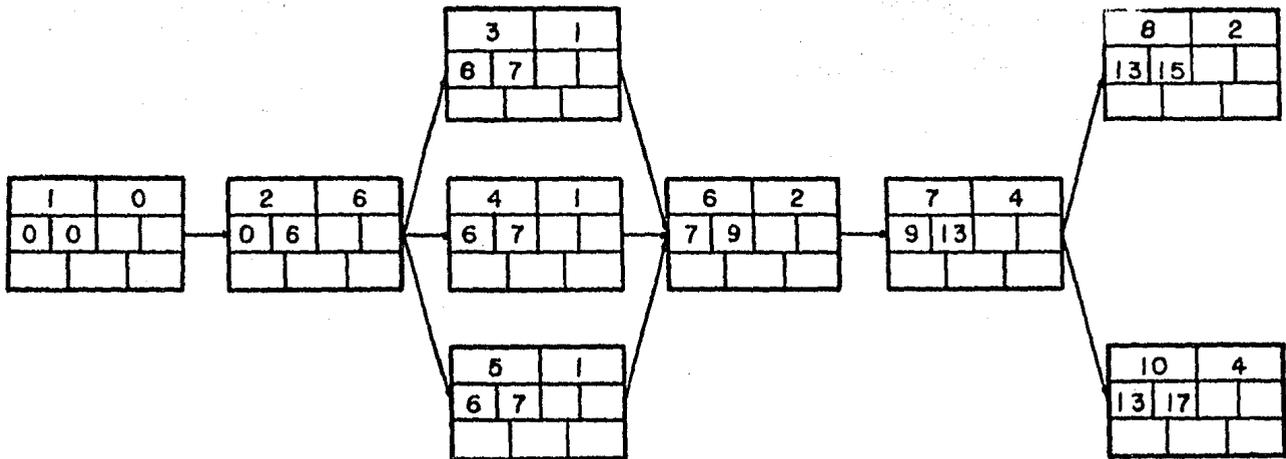
Gráfica No. 2.46 Diagrama de flechas.



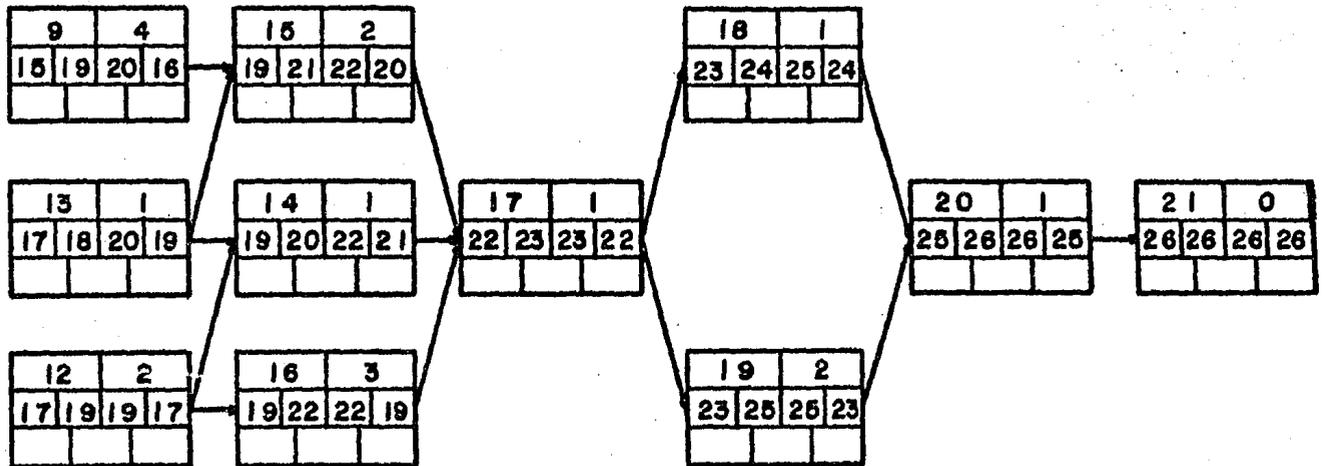
Gráfica No. 2.46 Diagrama de flechas.



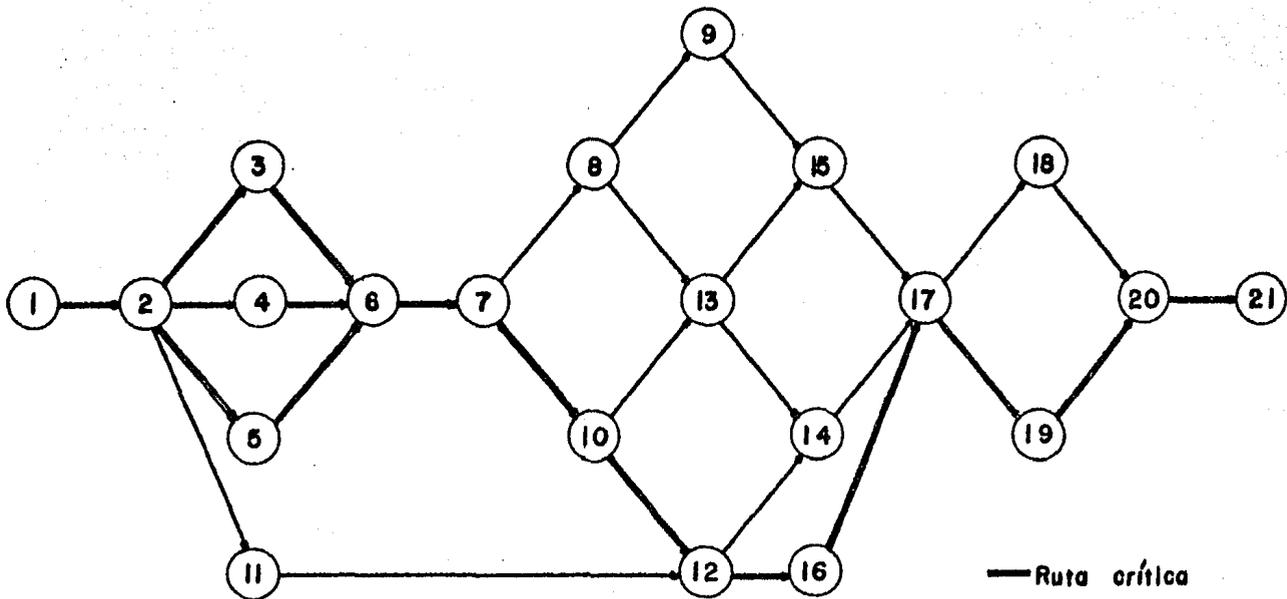
Grafica No. 2.47 Diagrama de las actividades.
 Recorrido hacia adelante.



Gráfica No. 2.48 Diagrama de las actividades.
Recorrido hacia atrás.



Gráfica No. 2.49 Diagrama de las actividades.
Determinación de la ruta crítica.



6.- Se transcriben los cálculos del Diagrama de -
Actividades final a la tabla No. 2.61.

Con lo anterior, se está en condiciones de respon-
der a lo que se pedía:

- a) El tiempo mínimo requerido para construir
la Bodega son 26 semanas. Cabe hacer notar
que esta respuesta ya se tenía desde el -
punto No. 3.
- b) Las actividades críticas son las siguien-
tes:

No. de la Actividad	DESCRIPCION	TIEMPO (Semanas)
1	Inicio	0
2	Proyecto	6
3, 4, 5	Tramitación de licencias; bo- dega de materiales y de herra-	1

Tabla No. 2.61 Cálculos para obtener la Ruta Crítica

No. Act.	Te (Sem)	PI	PT	LT	LI	HT	HI	HD	RC
1	0	0	0	0	0	0	0	0	+
2	6	0	6	6	0	0	0	0	+
3	1	6	7	7	6	0	0	0	+
4	1	6	7	7	6	0	0	0	+
5	1	6	7	7	6	0	0	0	+
6	2	7	9	9	7	0	0	0	+
7	4	9	13	13	9	0	0	0	+
8	2	13	15	16	14	1	0	1	
9	4	15	19	20	16	1	0	1	
10	4	13	17	17	13	0	0	0	+
11	4	6	10	17	13	7	7	0	
12	2	17	19	19	17	0	0	0	+
13	1	17	18	20	19	2	1	1	
14	1	19	20	22	21	2	2	0	
15	2	19	21	22	20	1	1	0	
16	3	19	22	22	19	0	0	0	+
17	1	22	23	23	22	0	0	0	+
18	1	23	24	25	24	1	1	0	
19	2	23	25	25	23	0	0	0	+
20	1	25	26	26	25	0	0	0	+
21	0	26	26	26	26	0	0	0	+

Continuación

No. de la Actividad	DESCRIPCION	TIEMPO (Semanas)
	mientas; acondicionamiento de terreno y trazo	
6	Excavación	2
7	Cimentación	4
10	Columnas de concreto	4
12	Erección de estructura de acero	2
16	Techo de lámina	3
17	Aplanados	1
19	Pintura	2
20	Detalles	1
21	Término	0
	Total	26

Es necesario aclarar lo siguiente:

Primero.- Cualquier actividad de la Ruta Crítica que se alargue o acorte en el tiempo, tendrá una consecuencia proporcional en la duración del Proyecto.

Segundo.- Todas las actividades no comprendidas en la Ruta Crítica, pueden sufrir un retraso en el tiempo como máximo igual a su HT. De ser mayor el retraso, a actividad es crítica y se considera perteneciente al grupo del párrafo anterior.

Ejemplo Dos

Con la siguiente información de un nuevo producto que se fabricará en la empresa AIVÉ, S.A., determine la - Ruta Crítica inicial, el plan modificado de urgencia en - términos de tiempo y costo para las diversas semanas apli cables, y el costo total de urgencia.

Los costos están dados en miles de pesos, mientras que los tiempos están dados en semanas.

No. de la Actividad	DESCRIPCION	ACTIVIDAD PRECEDENTE	COSTOS	
			Cn	Cu
1	Inicio	-	0.0	0.0
2	Estudio Especial de Componentes	1	8.0	10.0
3	Localizaciones	1	15.0	20.0
4	Diseño de Subsistemas	1	25.0	32.5
5	Evaluación de Vende- dores	2	4.0	6.0
6	Especificaciones de los subcontratos	3	6.0	7.5

Continuación

No. de la Actividad	DESCRIPCION	ACTIVIDAD PRECEDENTE	COSTOS	
			Cn	Cu
7	Pruebas de Subsistemas	4	45.0	60.0
8	Trabajos de Subcontra- tos	5,6	35.0	50.0
9	Planos Finales	3	30.0	40.0
10	Fabricación	7,8	35.0	42.5
11	Término	8,10	0.0	0.0

No. de la Actividad	TIEMPOS			
	To	Tm	Tp	Tu
1	0.0	0.0	0.0	0.0
2	3.0	3.5	4.5	2.6
3	4.0	5.0	6.0	3.0
4	3.5	4.5	6.0	3.6
5	2.0	2.2	3.5	1.4

Continuación

No. de la Actividad	TIEMPOS			
	To	Tm	Tp	Tu
6	3.0	3.5	4.5	2.6
7	8.0	9.0	12.5	8.4
8	7.5	8.5	11.5	6.8
9	6.0	7.5	12.0	6.0
10	7.5	9.0	12.5	7.3
11	0.0	0.0	0.0	0.0

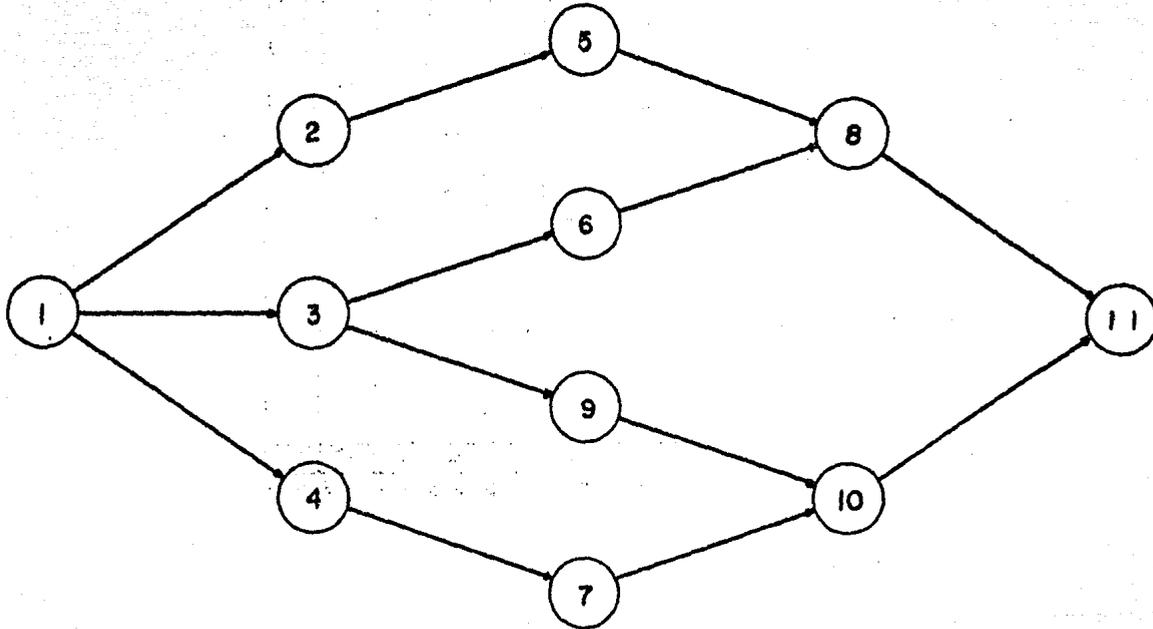
- 1.- Se obtiene la matriz de secuencias (ver gráfica No. 2.50).
- 2.- Se dibuja el Diagrama de Flechas (ver gráfica No. 2.51).
- 3.- Se determina la duración de las actividades con la siguiente fórmula:

$$T_e = \frac{T_o + 4T_m + T_p}{6} = T_n$$

Gráfica No. 2.50 Matriz de secuencias.

Actividad prece dente	Actividad an tece den te									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	1									
3	1									
4	1									
5		1								
6			1							
7				1						
8					1	1				
9			1							
10							1		1	
11								1		1

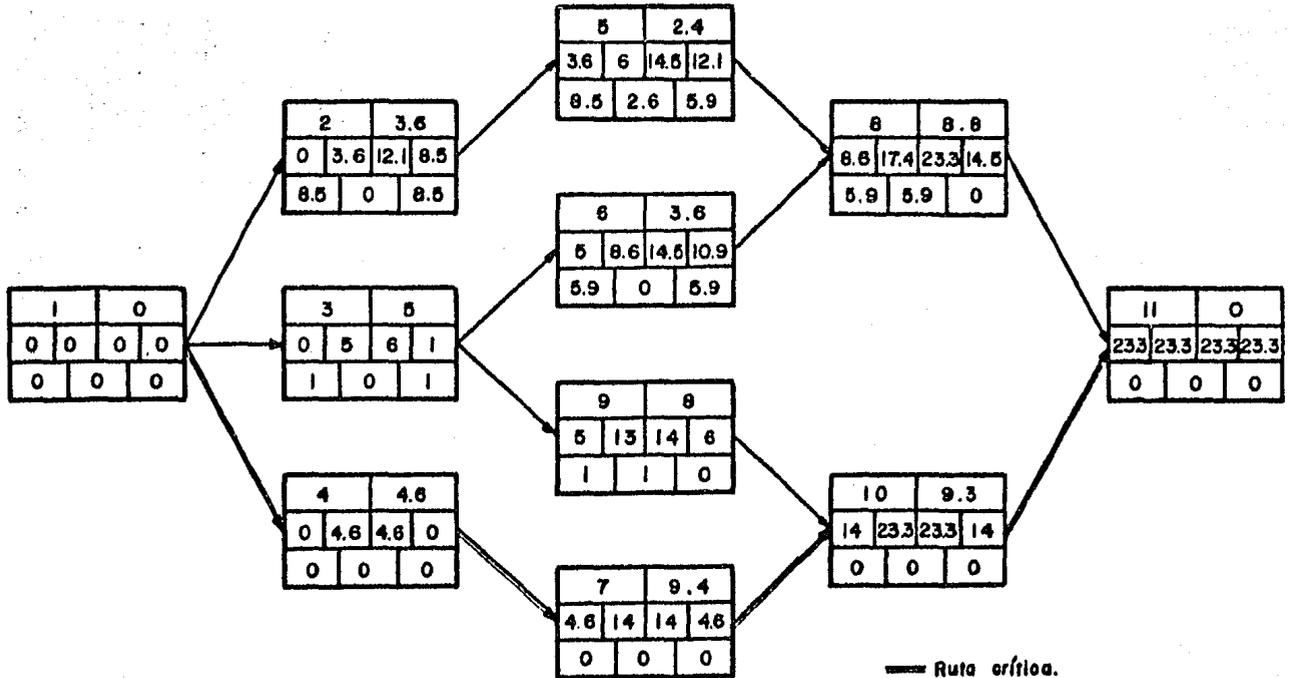
Gráfica No. 2.51 Diagrama de flechas.



No. de la Actividad	Te (Semanas)
1	0.0
2	3.6
3	5.0
4	4.6
5	2.4
6	3.6
7	9.4
8	8.8
9	8.0
10	9.3
11	0.0

4.- Se determina la Ruta Crítica con ayuda del siguiente rectángulo, en sustitución de las actividades (ver gráfica No. 2.52).

Gráfica No.2.52 Diagrama de las actividades.
Determinación de la ruta crítica.



No. de la Act.		T _e	
PI	PT	LT	LI
HT	HI	HD	

5.- Con objeto de obtener el plan modificado de -
urgencia se utilizará el siguiente rectángulo

No	PI _m	PT _m
lc	TT	A

donde PI_m Es el PI modificado, inicialmente
es igual a PI

PT_m Es el PT modificado, inicialmente
es igual a PT

TT = T_n - T_u

A Es el acortamiento, teniendo como
límites 0 y TT.

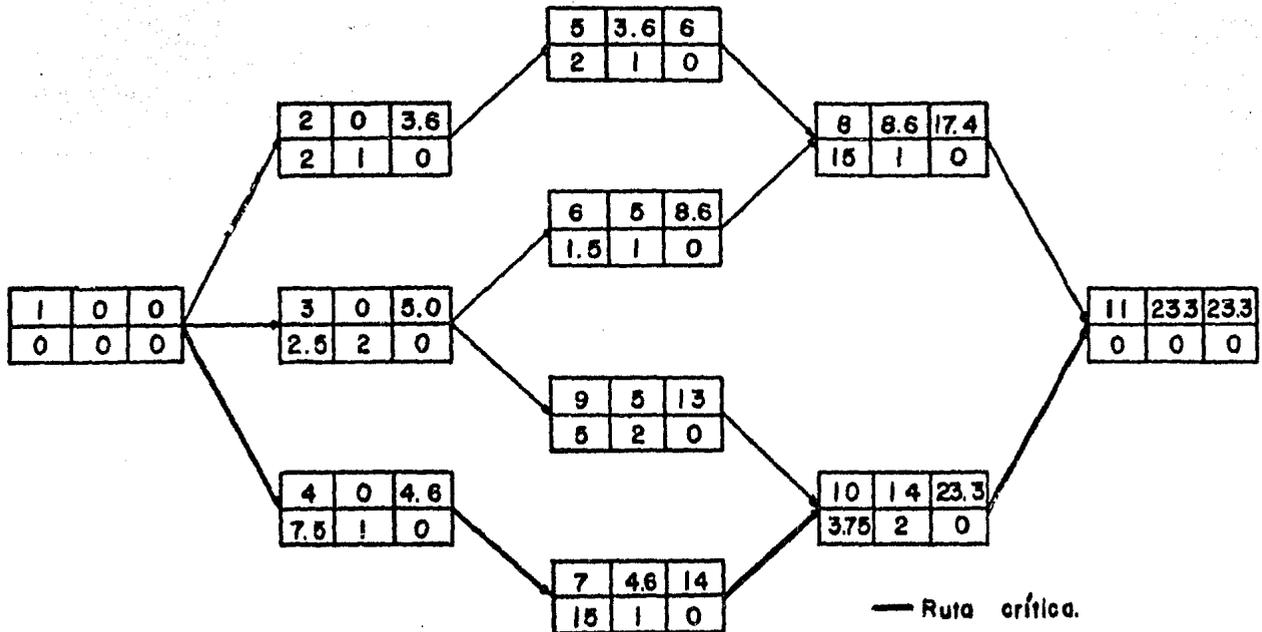
- 6.- Se realizan los acortamientos posibles, considerando el I_c mínimo (ver gráficas de la 2.53 a la 2.57).

La Ruta Crítica se determinó en el punto No. 4; el plan modificado de urgencia en términos de tiempo y costo para las diversas semanas aplicables se obtuvo en el punto No. 6. El costo total mínimo de urgencia es de \$235,500.00 el costo total máximo de urgencia es de \$268,500.00. El tiempo de duración mínimo del proyecto es de 19.3 semanas.

Gráfica No. 2.53 Diagrama modificado.

Tiempo 23.3 semanas.

Costo 203,000.00 pesos.

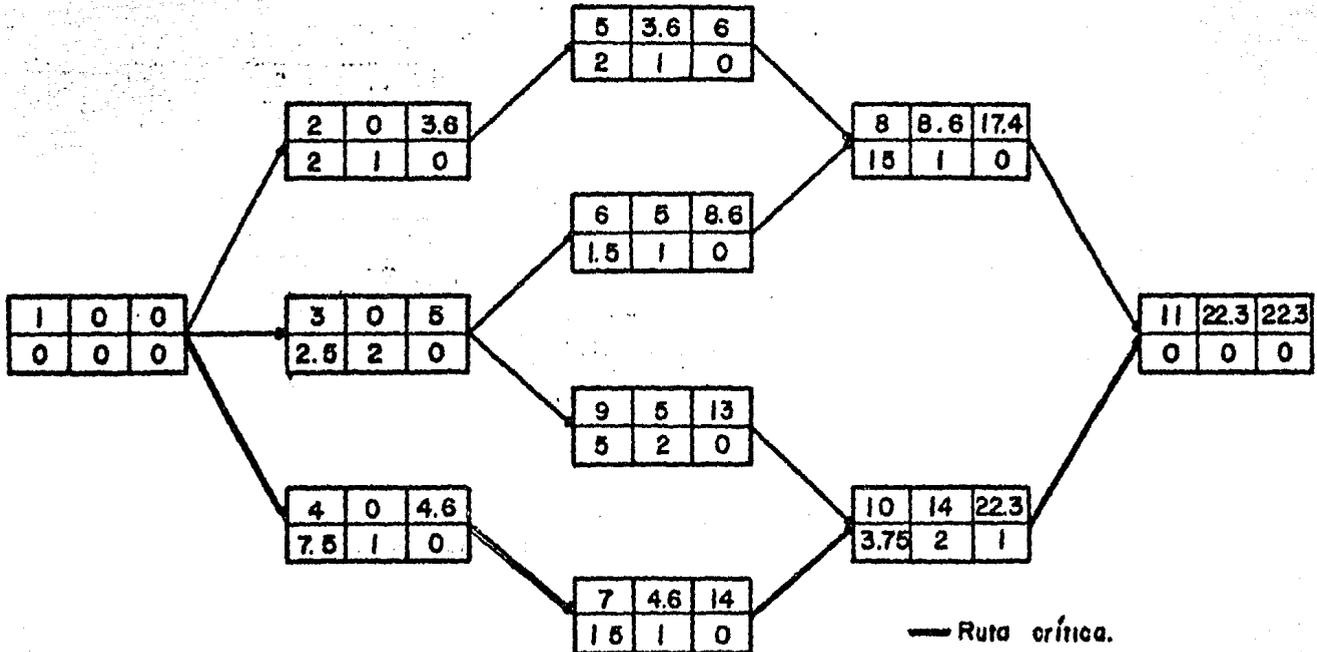


Gráfica No. 2.54 Diagrama modificado.

Acortando la actividad 10 una semana.

Tiempo 22.3 semanas.

Costo 206,750.00 pesos (203 + 3,75).

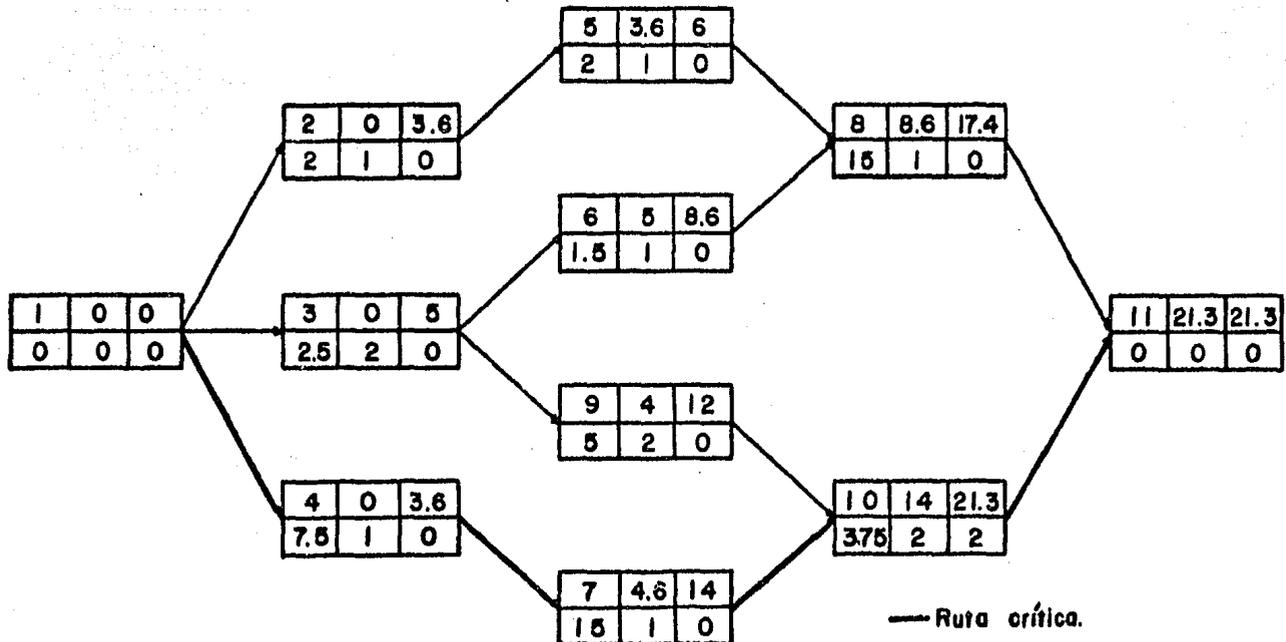


Gráfica No. 2.55 Diagrama modificado.

Acortando la actividad 10 una semana.

Tiempo 21.3 semanas.

Costo 210,000.00 pesos (206,75 + 3,75)



Gráfica No. 2.56 Diagrama modificado.

Acortando la actividad 4 una semana

Tiempo 20.3 semanas

Costo 218,000.00 pesos (210,5 + 7,5).

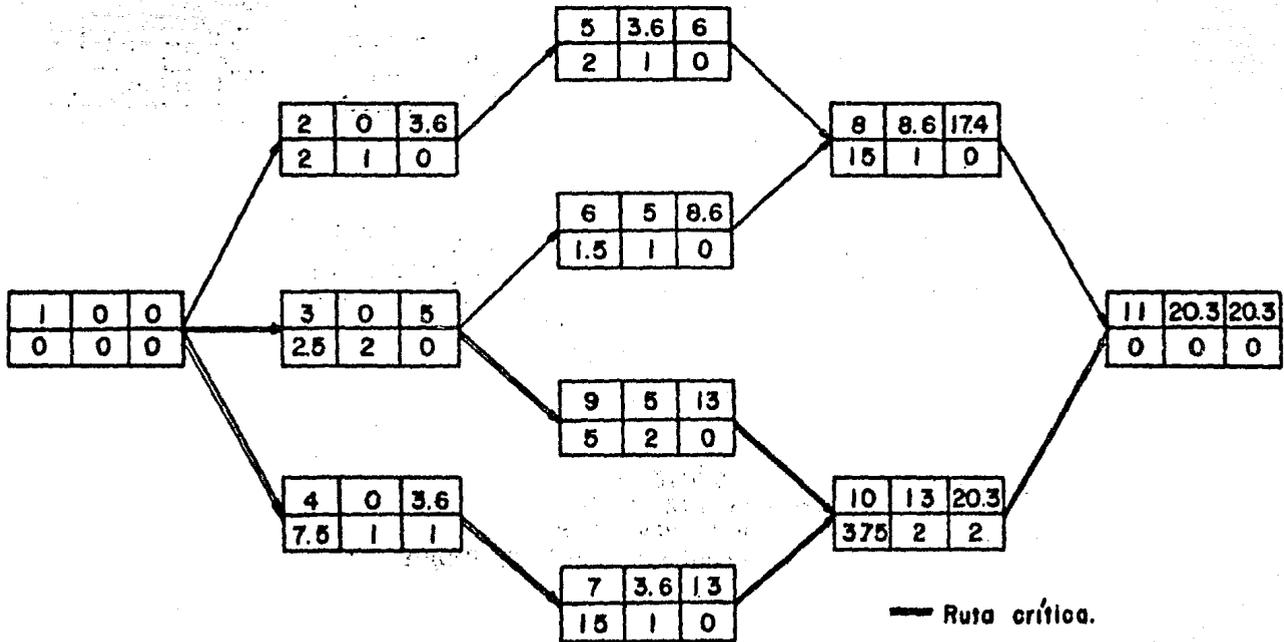
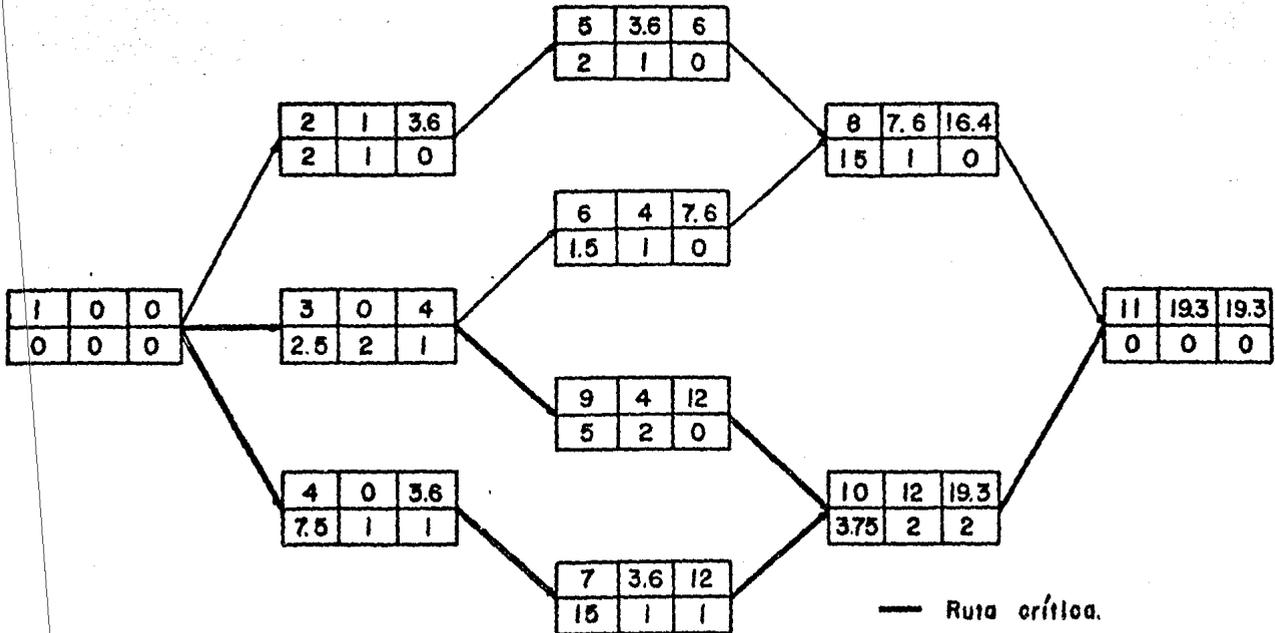


Gráfico No. 2.57 Diagrama modificado.

Acortando las actividades 3 y 7 una semana.

Tiempo 19.3 semanas

Costo 235,500.00 pesos (218 + 2,5 + 15).



Ejercicio Propuesto

Determine el tiempo requerido para construir una -
Bodega y las actividades críticas, considerando la siguien
te información (gráfica No. 2.58),

No. de la Actividad	To	Tm	Tp
1	0.0	0.0	0.0
2	4.0	6.0	9.0
3	1.0	3.0	8.0
4	1.0	1.5	2.0
5	1.0	2.0	3.0
6	1.0	2.0	4.0
7	4.0	5.0	8.0
8	2.0	3.0	5.0
9	3.0	4.0	6.0
10	3.0	4.0	5.0
11	2.0	4.0	5.0
12	1.0	2.0	3.0

Gráfica No.2.58 Matriz de secuencias .

		Actividad antecedente														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Actividad	2															
	3															
	4															
	5															
	6															
	7															
	8															
	9															
	10															
	11															
	12															
	13															
	14															
	15															
	16															

Continuación

No. de la Actividad	To	Tm	Tp
13	1.0	3.0	4.0
14	1.0	2.0	2.7
15	1.0	2.0	4.0
16	2.0	3.0	4.0

C A P I T U L O

3

REQUERIMIENTOS DEL LABORATORIO DE INVESTIGACION

3.1. Requerimientos

Siendo el objetivo de esta tesis la implementación de un laboratorio de investigación, es necesario mencionar sus requerimientos mínimos, para lo cual se dividieron en requerimientos de recursos humanos y requerimientos de -- equipo.

REQUERIMIENTOS DE RECURSOS HUMANOS

Debido a que es un laboratorio de investigación, - cuya función es proporcionar asesoría a las empresas que - requieran ya sea una localización de planta y/o la distri- bución de ésta, además de la capacitación y actualización tanto de personas que trabajen dentro del laboratorio como a externos, es necesario contar con un grupo interdiscipli nario formado por el siguiente personal (lista en orden al fabético).

- a) Administrador
- b) Analista Financiero
- c) Economista
- d) Ingenieros
 - d.1) Civil
 - d.2) Mecánico Electricista
 - d.2.1) Area Eléctrica
 - d.2.2) Area Industrial
 - d.2.3) Area Mecánica
 - d.3) Químico
- e) Investigadores de Mercado
- f) Investigador de Operaciones
- g) Sociólogo

Si bien, no será necesaria la intervención de todos los integrantes del grupo anterior para un proyecto pequeño con pocos recursos, si se necesitarán más especialistas de cada una de las ramas, además de Abogados, Actuarios, Matemáticos, Psicólogos y Trabajadores Sociales, para un proyecto de grandes magnitudes.

REQUERIMIENTOS DE EQUIPO

Dado que es indispensable en la primera fase del - proyecto recopilar información, y después de haber selec-- cionado y procesado adecuadamente ésta, se necesitará pre-- sentar los resultados de una forma atractiva, se consideró a la siguiente lista de equipo, como necesario para los an-- teriores fines:

Cantidad	Descripción y Características
1	Cámara de Cine, muda y sonora para filmar - interiores, lente zoom, manual y automático.
1	Cámara fotográfica Reflex, automática, semi-automática y manual, disparador automático - con sonido, Óptica intercambiable, zapata - caliente para flash, compensación de luz, - información de velocidad a través del lente por medio de luces, exposímetro con lente -- gran angular y close-up.
	Control de disolvencias con control de des-- vanecimientos desde 1/4 de segundo hasta 5 -

Cantidad

Descripción y Características

- segundos. Control automático de tiempos des de 6 hasta 18 segundos y control remoto.
- 4 Microcomputadoras (CPU). Con CPM (DOS Universal). Microprocesador 6502 DOS 3.3 base y Z80 Microsoft, 128 KB de memoria, dos unidades de disco (5 1/4") integradas, lenguajes Basic, Basic 80, Pascal, Fortran, Cobol y Ensamblador, 80 columnas en pantalla y compatible con paquetes de utilería Apple y Radio Shack.
- 4 Monitores, circuitos de estado sólido, control manual y automático, circuito cancelador de ruido, desmagnetizador automático y autoregurable.
- 4 Impresoras con microprocesador Z80, gráficas de alta resolución y 164 caracteres por segundo.
- 1 Equipo de video. Cámara, cassette, monitor, transformador y cables.
- 1 Pantalla colgante y automática de 1.78 X -

Cantidad	Descripción y Características
	1.78 metros.
1	Proyector super 8 mm. para películas mudas y sonoras, lente zoom.
1	Proyector 16 mm. para películas mudas y sonoras. Sonido óptico y magnético.
2	Proyectores de diapositivas. Cambiador automático de diapositivas, control remoto y enfoque automático.
1	Proyector de cuerpos opacos. Puntero óptico con brillantez de 1,000 watts, alimentador automático.
1	Retroproyector portátil, con cabeza de proyección móvil (30°).
1	Sincrograbadora. Bocina de 10", amplificador de potencia de 10 watts, sistema de altavoz y control para dos proyectores.
1	Tripie.
1	Rotafolio portátil (1.2 X 0.9m).
1	Franelógrafo (1.2 X 0.9m).

3.2. Cotización del Equipo

En la tabla No. 3.1 se muestra la cantidad, descripción, modelo y costo del equipo requerido.

Tabla No. 3.1 Cotización del Equipo

Cantidad	Descripción	Costo
1	Cámara de Cine Canon Mod. 514 XC	\$ 172,500.00
1	Cámara Fotográfica Fujica Mod. AX-3	59,800.00
1	Control de Disolvencias Kodak Mod. ECK	117,678.35
1	Equipo de Video Panasonic Mod. PK-700	388,102.00
1	Pantalla Da-Lite Mod. Electrolet (1.78m)	52,440.00
1	Proyector super 8 mm. Bell-Nouvell Mod. SR82	57,931.25

Tabla No. 3.1 Cotización del Equipo (Continuación)

Cantidad	Descripción	Costo
1	Proyector de 16 mm. Kodak Mod. Pageant 250-S	\$ 292,456.50
2	Proyectores para Transparencias Kodak Ektagraphic Mod. AF-2	237,820.00
1	Proyector de Cuerpos Opacos Kodak Mod. Beseler-Vu-Syte III	181,930.00
1	Retroproyector Kodak Mod. Beseler 360	58,201.50
1	Síncrograbadora Kodak Mod. Audiotronic Serie electro 162S-2	182,085.25
1	Triple Topman Mod. W/GB	12,420.00
1	Rotafolio Corzo Mod. Portátil (1.2 X 0.9m)	18,998.65
1	Franelógrafo Corzo Mod. (1.2 X 0.9m)	6,633.20
	Accesorios de la cámara fotográfica	
1	Gran angular Fujica Mod. 28 mm. (2.8 luminocidad)	21,792.50

Tabla No. 3.1 Cotización del Equipo (Continuación)

Cantidad	Descripción	Costo
1	Tubo de Extensión Fujica Mod. X25	\$ 5,980.00
1	Flash Fujica Mod. 300X	22,425.00
1	Auto Wincler Fujica Mod. X	19,849.00
4	Microcomputadoras Franklin Mod. ACE 2000	1,800,000.00
4	Impresoras Franklin Mod. ati II	1,200,000.00
4	Monitores K2 Mod. Katy	<u>64,000.00</u>
	Total	\$ 4,973.043.20

Las cantidades indicadas en la tabla No. 3.1 llevan incluido el Impuesto al Valor Agregado (IVA) correspondiente.

Por último, si se considera una paridad de \$149.10 por dólar, será necesario disponer de 33,353.75 dólares para pagar el equipo.

3.3. Elementos para el Uso de Microcomputadoras

Debido a que forman parte de esta tesis cinco programas de cómputo, y siendo la microcomputadora una herramienta que tiene una aplicación en aumento, como por ejemplo en el manejo de grandes volúmenes de información y bancos de datos de una manera rápida y eficiente, se consideró adecuado dar la información básica para hacer uso de la Microcomputadora Radio Shack, TRS-80 Modelo II que fue la utilizada para realizar los programas.

A. Proceso de Encendido.

1. Asegúrese de que el Driver (lector de discos esté vacío).
2. Prenda los periféricos (impresora).
3. Encienda la Microcomputadora; al realizar esto en la pantalla aparecerá la siguiente frase:

INSERT DISKETTE
4. Introduzca el disco en el Driver, cuidando que la etiqueta que tiene el disco se en--

cuentre del mismo lado de la puerta del -
Driver.

5. Cierre la puerta. En este momento el sistema se inicializa, apareciendo al final lo siguiente:

ENTER DATE (MM/DD/YYYY)

6. Teclee la fecha (mes/día/año) y oprima la tecla ENTER.

7. La máquina contestará:

ENTER TIME (HH.MM.SS)

Para lo cual, usted deberá dar la hora, los minutos y los segundos, al final oprima la tecla ENTER.

8. El sistema responde:

TRSDOS READY

En este momento puede elegir el lenguaje - que va a utilizar, por ejemplo, se tecléa BASIC y se oprime la tecla ENTER.

9. El monitor presentará el tipo de máquina, la versión, la fecha de creación, los correspondientes derechos de autor y por último contestará:

Ready

Con lo cual, está en posibilidad de utilizar un programa previamente grabado en el disco o de generar un nuevo programa.

B. Significado del Teclado.

1. BACK SPACE Cándela el último carácter y el cursor regresa un espacio.
2. BREAK Interrumpe cualquier proceso.
3. CAPS Imprime mayúsculas (instrucciones y comandos se teclean en mayúsculas).
4. CTRL J Mueve el cursor a la siguiente línea.
5. ENTER Es necesario oprimirla al final de toda instrucción o comando.
6. HOLD Ejecuta una pausa en el proceso, presionándolo por segunda vez continúa al proceso.

- 7. SPACE BAR Introduce caracteres blancos y mueve el cursor un espacio.
- 8. TAB Mueve el cursor a las columnas 8, 16, 24, 32, ..., 72. de la línea.

El cursor es un carácter centelleante que indica - el lugar donde se va a escribir.

Hay que considerar que la pantalla del Monitor sólo tiene 24 líneas de 80 caracteres cada una.

C. Comandos más usados.

1. CLOCK

- a) CLOCK ON Muestra permanentemente la hora en la pantalla.
- b) CLOCK OFF Borra el reloj de la pantalla.

2. CLS

Limpia (borra) la pantalla.

3. COPY oldfile TO newfile

Copia un archivo y le asigna un nuevo nombre.

4. DATE

a) DATE

Muestra la fecha registrada al inicio.

b) DATE MM/DD/YYYY

Modifica la fecha registrada.

5. DIR

a) DIR

Lista el directorio del DRIVER cero.

b) DIR: d

Lista el directorio del DRIVER d (d debe ser un entero positivo).

6. FORMAT

Formatea el disco y le asigna nombre y clave (password).

7. KILL "PROG"

Borra el archivo llamado PROG del directorio.

D. Declaraciones BASIC

1. **AUTO etiq, inc** Enumera las líneas automá-
ticamente desde el número
etiq con un incremento inc
(etiq e inc deben ser nú-
meros naturales).
2. **DATA** Almacena los datos utiliza-
dos por una declaración -
READ.
3. **DIM** Dimensiona arreglos (vecto-
res, matrices).
4. **EDIT n** Edita la línea n con obje-
to de ser modificada.
5. **END** Finaliza la ejecución del
programa.
6. **FOR...TO....STEP/NEXT**
Genera iteraciones (LOOPS)
7. **GOTO n** Transfiere el control a la
etiqueta n.
8. **IF...THEN...ELSE** Es una prueba condicional.

9. INPUT Pide los datos para que sean suministrados por la pantalla.
10. LIST
- a) LIST Lista todo el programa.
 - b) LIST n Lista la línea n
 - c) LIST n - Lista de la línea n al final - del programa.
11. LLIST Al igual que LIST, lista el - programa, pero en vez de mos-- trarlo en la pantalla lo impr me.
12. LOAD "PROG" Graba en la memoria de la Mi-- crocomputadora el archivo lla-- mado PROG que está grabado en el disco.
13. LPRINT "E" Imprime el enunciado E
14. NEW Borra la memoria y la pantalla de la máquina.
15. ON ERROR GOTO n .
- En caso de existir un error en el programa se transfiere el - control a la etiqueta n.

16. PRINT "E" Muestra el enunciado E en la pantalla,
17. READ Lee los datos que se encuentran en la declaración DATA.
18. RENUM n, m, inc Reenumera el programa desde la etiqueta n, cuando la etiqueta del programa es m, con un incremento inc.
19. RUN Ejecuta el programa grabado en el disco.
20. SAVE Graba en el disco el programa generado.
21. STOP Detiene la ejecución del programa.
22. SYSTEM
- a) SYSTEM Regresa el control al sistema.
- b) SYSTEM "COMM" Ejecuta el comando COMM y regresa a BASIC.

E. Palabras Reservadas

Dado que las variables en BASIC sólo pueden estar formadas por dos caracteres alfanuméricos, siendo el primero alfabético, la siguiente lista de letras no pueden ser utilizadas como variables:

- a) FN
- b) IF
- c) ON
- d) OR
- e) TO

F. Funciones

Dado que existen más de 40 funciones en utilería, sólo se mencionarán algunas:

- | | |
|------------|----------------|
| 1. ABS (x) | Valor Absoluto |
| 2. ATN (x) | Arco Tangente |
| 3. COS (x) | Coseno |
| 4. SIN (x) | Seno |
| 5. SQR (x) | Raíz Cuadrada |
| 6. TAN (x) | Tangente |

C A P I T U L O

4

EVALUACION DE LA METODOLOGIA DE INVESTIGACION

La presente tesis trató de integrar una secuencia de investigaciones que partiendo de la necesidad de localizar una planta, pueda elegirse el mejor lugar, el tamaño - adecuado y la distribución más conveniente para el tipo de productos a fabricar.

Es por esto, que me di a la tarea de estructurar - las investigaciones de tal forma que fueran aplicables a - cualquier tipo de empresa, además de poder ser utilizadas en la enseñanza, en la cual, el profesor apegado a los objetivos de su materia, puede transformar el proceso enseñanza-aprendizaje en algo dinámico, participativo y formativo, ayudando así, al desarrollo integral del educando.

La enseñanza de la Materia Ingeniería Industrial - II, correspondiente al séptimo semestre de la Carrera de - Ingeniería Mecánica Eléctrica, Area Industrial, se ha caracterizado por la utilización de métodos tradicionales y, por consiguiente los que adquieren los alumnos que cursan esta materia son elementos aislados de los principios teóricos, debido a la inadecuada planeación de experiencias - de aprendizaje que deberían propiciar el establecimiento - de la relación que existe entre la teoría y la práctica.

Por ello, considerando los objetivos y el contenido de la Materia, se integró la serie de prácticas que aparecen en el segundo capítulo de la presente tesis, misma que constituye una propuesta metodológica para el funcionamiento del Laboratorio de Ingeniería Industrial II, con el propósito de lograr que el proceso de enseñanza-aprendizaje de esta Materia, propicie en los alumnos aprendizajes significativos.

Con la finalidad de orientar el avance de la investigación hacia el logro de los objetivos: Localización y Distribución de Plantas Industriales, se organizaron las prácticas considerando los siguientes elementos:

Objetivo: Establece claramente la finalidad de la práctica.

Conceptos Teóricos: Proporcionan métodos y técnicas para resolver de manera ordenada y eficaz un conjunto de problemas con características similares.

Ejemplo: Aporta la solución a un problema, -
utilizando los métodos y técnicas -
propuestos.

Ejercicio Propuesto: Plantea un problema con
objeto de fomentar la reflexión y el
análisis, creando la necesidad de -
aprender a resolver un problema espe
cífico.

Con el propósito de probar la eficacia de las inves
tigaciones propuestas en el segundo capítulo, se realizaron
algunas de ellas con el grupo 2704 del Laboratorio de Inge
nería Industrial II, del turno vespertino, de la Escuela -
Nacional de Estudios Profesionales ARAGON, durante el segun
do semestre de 1983 y se evaluó la metodología con la cola
boración de la Licenciada en Pedagogía Blanca Rosa Bautista
Melo y la participación de los integrantes del grupo antes
mencionado, llegando conjuntamente a los siguientes resulta
dos:

- Los ejemplos prácticos tienen gran utilidad, dado que además de presentar problemas semejantes a los reales, reafirman los conocimientos adquiridos y se propicia el interés por la investigación.

- La estructura de las investigaciones facilita la sesión en el laboratorio, dado que se forman grupos de trabajo propiciando así el intercambio de opiniones con los asistentes, cumpliéndose de esta manera plenamente los objetivos.

- El aprendizaje en el aspecto individual es provechoso. Debido a que desarrolla la capacidad de investigación del alumno.

- Se fomenta en el alumno la necesidad de auxiliarse de las máquinas computadoras, lo cual además de interesante resulta útil y provechoso, porque constituye una experiencia de aprendizaje que se proyectará en su desempeño profesional. Además, la implementación en

- la computadora de los problemas, facilita - las investigaciones debido a que reduce los errores de cálculo y el tiempo invertido
- La estructuración de cada práctica y la secuencia de las mismas es adecuada, debido a que se logran los objetivos y se facilita - el avance de la Materia (teoría).
 - Se facilita la comprensión y análisis de la práctica mediante el uso de ejemplos concretos.
 - Se enriquece la metodología de enseñanza del laboratorio mediante el uso de recursos didácticos tales como: Elaboración de audiovisuales, proyección de películas, diapositivas, acetatos, láminas y maquetas, entre - otros.
 - Se recomienda realizar visitas a la Indus--tria, con objeto de tener una idea real de la problemática que se tiene al querer apli

car un estudio como el que se presenta en el capítulo segundo. Además, se considera adecuado que gente con experiencia en el tema dicte conferencias, transmitiendo de esta forma inquietudes y problemas reales.

Por último, los resultados obtenidos nos ayudan a detectar y cuantificar, tanto los errores como las deficiencias para corregirlos y reafirmar los aciertos.

C A P I T U L O

5

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

En virtud de que todo tiene un principio y un fin, y este trabajo no es la excepción, se ha llegado a la culminación de un tema que por su extensión, en algunos momentos pareció interminable.

Siendo delicada la situación actual de las industrias mexicanas, el autor considera que el Ingeniero Mecánico Electricista, con ayuda de sus conocimientos científicos y tecnológicos, además de su ingenio y experiencia, juega un papel importante en la solución de la problemática y en el desarrollo del país, por lo que es necesario que se tome conciencia y se actúe con responsabilidad.

Al desarrollar la presente tesis, se obtuvieron las siguientes

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

- El uso adecuado de las técnicas para localizar y distribuir una Planta, permite mejorar la eficiencia y la productividad de las empresas.

- Utilizando la Tabla Factor - Peso - Alternativa se evalúan los factores que no se pueden calificar cuantitativamente, de esta forma se obtiene información necesaria para que el inversionista tome la decisión de proseguir o no el estudio de Localización de Planta.

- El programa de cómputo de Pronóstico de la Demanda es de gran utilidad, dado que, además de poder trabajar con un gran volumen de datos, selecciona automáticamente la función que más se ajusta a ellos, dando también el número de pronósticos que se desea con su respectivo intervalo.

- El análisis del Centro de Gravedad de los diferentes factores que sean considerados por la empresa, puede facilitarse mediante el uso de la computadora, dando como resultado el punto donde los costos son mínimos.

- Mediante el Método de la Suma de Ganancias y Costos, se obtiene como resultado la utilidad bruta y el índice utilidad a ventas, datos muy valiosos para el inversionista, porque esto le permite seleccionar la Localización de Planta que provee las mayores ganancias.

- El análisis de los factores que determinan el tamaño de la Planta, es de vital importancia, ya que de no realizarlo, se utilizarían inadecuadamente los recursos disponibles.

- Agregar máquinas y puestos de trabajo improvisadamente afecta las operaciones y costos de producción de la compañía, por lo que se debe realizar la Distribución de Planta basada en una planeación adecuada. Así se evitará que el proceso productivo se convierta en un conjunto desordenado de hombres y máquinas. Además, se propiciará que los costos de movimientos de materiales se mantengan en niveles bajos y se facilitará a los empresarios el control de los costos.

- Determinar el número total de máquinas es indispensable para elegir la Distribución de Planta más económica para cada producto, y a la vez, en combinación con los demás productos logrando que los materiales avancen de una manera sistemática, con un reducido número de retornos y un costo mínimo.

- El análisis de la gráfica del Punto de Equilibrio

brio nos conduce a determinar los efectos en las utilidades y a seleccionar un tipo de Distribución de Planta, que variará según la ampliación o reducción de la capacidad de operación de la empresa.

- El análisis ABC proporciona la información necesaria para seleccionar el tipo de distribución más adecuado para cada grupo de productos.

- La utilización del Método de la Ruta Crítica - ahorra tiempo y dinero en la planeación y control de un proyecto, dado que permite el uso más eficiente de los recursos disponibles. Además, utilizando el programa de computadora se eliminan los errores de cálculo, haciendo posible los cambios en el calendario de actividades y manteniendo de esta forma los programas al día.

- Si se analizan los requerimientos de diferentes productos con el Método de los Eslabones, se pueden distribuir tanto los departamentos como las estaciones de trabajo de la Planta.

- Con los datos de la secuencia de las operaciones, la cantidad a fabricar de cada producto y los costos por manejo del material se puede utilizar el Método CRAFT, el cual determina la distribución que tiene un costo mínimo.

- Por último, dada la forma en que fue tratado el tema, se facilita su aplicación en la industria ya que auxilia a las personas asignadas para la toma de decisiones y coadyuva en el proceso enseñanza-aprendizaje, siendo además, un precedente para futuras investigaciones.

RECOMENDACIONES :

- El Ingeniero Mecánico Electricista deberá tener como norma crear y promover la tecnología nacional, poniendo especial cuidado en vigilar que la transferencia de tecnología se adapte a las necesidades del país.

- Es responsabilidad del Ingeniero Mecánico Electricista prepararse adecuadamente y mantenerse actualizado,

con el fin de realizar de la mejor manera el incremento de la productividad de los recursos humanos, materiales y -- equipo, ya que esto repercute en la inflación y en el de-- empleo.

- Un factor que mejoraría la situación actual de la industria mexicana, es sin duda, elevar la exportación, para lo cual se debe mejorar la calidad de los productos y reducir los costos de operación y de materia prima, con objeto de ser competitivos, así se lograrían las divisas requeridas para el pago de las deudas contraídas.

- Se debe desarrollar la infraestructura necesaa-- ria, que permita sustituir los insumos importados, esto se puede iniciar, aprovechando la capacidad instalada no utilizada, haciéndola más eficiente, con objeto de que los - costos fijos se abatan y se aumente la rentabilidad de la empresa.

- A P E N D I C E S

A.1. DISTRIBUCION T DE STUDENT

A.1.1. Descripción

La distribución t es la distribución de la variable aleatoria

$$t = \frac{X}{\sqrt{Y/n}}$$

bajo las siguientes hipótesis: n es un entero positivo que se llama "Número de Grados de Libertad" de la distribución t ; X y Y son variables aleatorias independientes, de las cuales X es normal con media 0 y variancia 1 y Y tiene distribución ji-cuadrada con n grados de libertad.

Para $n = 1$ y 2 , la distribución t no tiene variancia. Para $n = 3, 4, \dots$ se obtiene

$$V^2 = \frac{n}{n-2}$$

Cuando n aumenta, la función de la distribución t tiende a la función de distribución normal, con valor medio 0 y variancia 1.

A.1.2. Tabla

Valores de Z para valores dados de la función de distribución t de Student.

$F(Z)$ n	0.90	0.95	0.975	0.990	0.995	0.999
1	3.08	6.31	12.70	31.80	63.70	318.30
2	1.89	2.92	4.36	6.97	9.93	22.30
3	1.64	2.35	3.18	4.54	5.84	10.20
4	1.53	2.13	2.78	3.75	4.60	7.17
5	1.48	2.02	2.57	3.37	4.03	5.89
6	1.44	1.94	2.45	3.14	3.71	5.21
7	1.42	1.90	2.37	3.00	3.50	4.79
8	1.40	1.86	2.31	2.90	3.36	4.50
9	1.38	1.83	2.26	2.82	3.25	4.30
10	1.37	1.81	2.23	2.76	3.17	4.14
11	1.36	1.80	2.20	2.72	3.11	4.03
12	1.36	1.78	2.18	2.68	3.06	3.93
13	1.35	1.77	2.16	2.65	3.01	3.85
14	1.35	1.76	2.15	2.62	2.98	3.79
15	1.34	1.75	2.13	2.60	2.95	3.73

Valores de Z para valores dados de la función de distribución t de Student (Continuación).

$F(Z)$ n	0.90	0.95	0.975	0.990	0.995	0.999
16	1.34	1.75	2.12	2.58	2.92	3.69
17	1.33	1.74	2.11	2.57	2.90	3.65
18	1.33	1.73	2.10	2.55	2.88	3.61
19	1.33	1.73	2.09	2.54	2.86	3.58
20	1.33	1.73	2.09	2.53	2.85	3.55
22	1.32	1.72	2.07	2.51	2.82	3.51
24	1.32	1.71	2.06	2.49	2.80	3.47
26	1.32	1.71	2.06	2.48	2.78	3.44
28	1.31	1.70	2.05	2.47	2.76	3.41
30	1.31	1.70	2.04	2.46	2.75	3.39
40	1.30	1.68	2.02	2.42	2.70	3.31
50	1.30	1.68	2.01	2.40	2.68	3.26
100	1.29	1.66	1.98	2.37	2.63	3.17
200	1.29	1.65	1.97	2.35	2.60	3.13
∞	1.28	1.65	1.96	2.33	2.58	3.09

Ejemplo para uso de la tabla.

Para 6 grados de libertad y $F(Z) = 0.975$

$$Z = 2.45$$

Fuente: Erwin Kreyszig, "Introducción a la Estadística Matemática. Principios y Métodos" (México: LIMUSA, 1979), pág. 490.

A.2. PRONOSTICO DE LA DEMANDA

A.2.1. Descripción

El propósito de este programa es seleccionar la mejor función para pronosticar la demanda.

Los datos que requiere son: el número total de datos, el nivel de confianza en porcentaje, los valores de la variable dependiente, el número de pronósticos deseados y los valores de la variable independiente de los pronósticos.

Este programa sólo considera tres funciones: la línea recta, la curva exponencial y la curva de potencia. Además, asigna los valores de 1, 2, 3, ..., n, a la variable independiente (donde n es el número total de datos).

Los resultados que emite son: la tabla de cálculos, las desviaciones estándar de las variables, el coeficiente de correlación, la tabla para evaluar los errores de la función de correlación en valor absoluto, la función con sus -

respectivas constantes, los errores y los pronósticos con su límite superior e inferior.

A.2.2. Listado

A.2.3. Listado de Resultados

Se utilizaron como datos los presentados en la sección 2.1.2.

```

10      CLS
15      SYSTEM 'T'
20      '
30      'PROGRAMA QUE REALIZA EL ANALISIS DE LOS DATOS CON OBJETO DE ELEGIR
40      'LA MEJOR FUNCION PARA PRONOSTICAR LA DEMANDA.
50      '
60      '
70      'AUTOR: JUAN GERMAN VALENZUELA RAMOS
80      '
90      'FECHA: ABRIL DE 1983
100     '
110     '
120     'VARIABLES
130     '
140     'A = NIVEL DE CONFIANZA EN PORCENTAJE
150     'AD = NIVEL DE CONFIANZA EN DECIMALES
160     'AE = CONSTANTE 'A' DE LA FUNCION EXPONENCIAL
170     'AP = CONSTANTE 'A' DE LA FUNCION DE POTENCIA
180     'AR = CONSTANTE 'A' DE LA FUNCION LINEA RECTA
190     'BB = CONSTANTE AUXILIAR DE LA FUNCION EXPONENCIAL
200     'BE = CONSTANTE 'B' DE LA FUNCION EXPONENCIAL
210     'BP = CONSTANTE 'B' DE LA FUNCION DE POTENCIA
220     'BR = CONSTANTE 'B' DE LA FUNCION LINEA RECTA
230     'C = DISTRIBUCION 'T' DE STUDENT
240     'CC = ERROR CUADRATICO (DR + 2), FUNCION EXPONENCIAL
250     'ED = SUMA DEL ERROR (DR), FUNCION EXPONENCIAL
260     'EP = RAZ CUADRADA DE LA VARIANCIA DE LOG(Y)
270     'ER = RAZ CUADRADA DE LA VARIANCIA DE Y
280     'ES = SUMATORIA DEL VALOR ABSOLUTO DEL ERROR (DR), FUNCION EXPONENCIAL
290     'E1 = COVARIANCIA DE LOS VALORES DE X, LOG(Y)
300     'FR = VALOR EN EL CUAL SE EVALUA LA FUNCION DE DISTRIBUCION 'T' DE
        STUDENT
310     'F1 = ERROR MEDIO, FUNCION RECTA
320     'F2 = ERROR MEDIO ABSOLUTO, FUNCION RECTA
330     'F3 = ERROR ABSOLUTO PORCENTUAL, FUNCION RECTA
340     'F4 = DESVIACION ESTANDAR, FUNCION RECTA
350     'F5 = ERROR MEDIO, FUNCION EXPONENCIAL
360     'F6 = ERROR MEDIO ABSOLUTO, FUNCION EXPONENCIAL
370     'F7 = ERROR ABSOLUTO PORCENTUAL, FUNCION EXPONENCIAL
380     'F8 = DESVIACION ESTANDAR, FUNCION EXPONENCIAL
390     'G5 = ERROR MEDIO, FUNCION DE POTENCIA
400     'G6 = ERROR MEDIO ABSOLUTO, FUNCION DE POTENCIA
410     'G7 = ERROR ABSOLUTO PORCENTUAL, FUNCION DE POTENCIA
420     'G8 = DESVIACION ESTANDAR, FUNCION DE POTENCIA
430     'K = SELECCIONADOR
440     '
450     '      SI K = 1 ENTONCES RR > RE Y RR > RP
460     '      SI K = 2 ENTONCES RE > RR Y RE > RP
470     '      SI K = 3 ENTONCES RP > RR Y RP > RE
480     '      SI K = 4 ENTONCES RR = RE = RP
490     '      SI K = 5 ENTONCES RR = RE Y RR > RP
500     '      SI K = 6 ENTONCES RR = RP Y RR > RE
510     '      SI K = 7 ENTONCES RE = RP Y RE > RR
520     '
530     'NE = CONSTANTE, FUNCION EXPONENCIAL
540     'NP = CONSTANTE, FUNCION DE POTENCIA
550     'NR = CONSTANTE, FUNCION LINEA RECTA
560     'LL = SUMATORIA DE LOG(X) * LOG(Y)
570     'LX = SUMATORIA DE LOG(X)
580     'LY = SUMATORIA DE LOG(Y)
590     'L1 = SUMATORIA DE LOG(X) * LOG(X)
600     'L2 = SUMATORIA DE LOG(Y) * LOG(Y)
610     'M = NUMERO TOTAL DE DATOS MENOS UNO

```

602 *N = NUMERO TOTAL DE DATOS
 610 *M = INVERSO DE N
 620 *M1 = NUMERO TOTAL DE PRONOSTICOS
 630 *N1 = INVERSO DE M
 640 *U1 = VARIANCIA DE X
 650 *U2 = VARIANCIA DE Y
 660 *U3 = VARIANCIA DE LOG(Y)
 670 *U4 = VARIANCIA DE LOG(X)
 680 *PC = ERROR CUADRATICO (DR + 2). FUNCION DE POTENCIA
 690 *PD = SUMATORIA DEL ERROR (DR). FUNCION DE POTENCIA
 700 *PS = SUMATORIA DEL VALOR ABSOLUTO DEL ERROR (DR). FUNCION DE POTENCIA
 710 *PI = COVARIANCIA DE LOS LOG(X) Y LOG(Y)
 720 *P2 = RAZ CUADRADA DE LA VARIANCIA DE LOG(X)
 730 *PE = AUXILIAR PARA CALCULAR EL INTERVALO DE CONFIANZA. FUNCION EXPONENCIAL
 740 *OP = AUXILIAR PARA CALCULAR EL INTERVALO DE CONFIANZA. FUNCION DE POTENCIA
 750 *OR = AUXILIAR PARA CALCULAR EL INTERVALO DE CONFIANZA. FUNCION LINEA RECTA
 760 *RC = ERROR CUADRATICO (DR + 2). FUNCION LINEA RECTA
 770 *RD = SUMATORIA DEL ERROR (DR)
 780 *RE = COEFICIENTE DE CORRELACION. FUNCION EXPONENCIAL
 790 *RP = COEFICIENTE DE CORRELACION. FUNCION DE POTENCIA
 800 *RR = COEFICIENTE DE CORRELACION. FUNCION LINEA RECTA
 810 *RS = SUMATORIA DEL VALOR ABSOLUTO DEL ERROR (DR). FUNCION LINEA RECTA
 820 *R1 = COVARIANCIA DE X, Y
 830 *R2 = RAZ CUADRADA DE LA VARIANCIA DE X
 840 *SE = SUMATORIA DEL ERROR CUADRATICO. FUNCION EXPONENCIAL
 850 *SP = SUMATORIA DEL ERROR CUADRATICO. FUNCION DE POTENCIA
 860 *SR = SUMATORIA DEL ERROR CUADRATICO. FUNCION LINEA RECTA
 870 *SX = SUMATORIA DE X
 880 *SY = SUMATORIA DE Y
 890 *V = GRADOS DE LIBERTAD (N - 2)
 900 *V1 = PRIMER VALOR PARA EVALUAR LA FUNCION GAMMA
 910 *V2 = SEGUNDO VALOR PARA EVALUAR LA FUNCION GAMMA
 920 *XL = SUMATORIA DE X * LOG(Y)
 930 *XX = VALOR CON EL CUAL SE EVALUA LA APROXIMACION POLINOMIAL DE LA FUNCION GAMMA
 940 *XY = SUMATORIA DE X * Y
 950 *X2 = SUMATORIA DE X * X
 960 *YA = VALOR CON EL CUAL SE EVALUA LA FUNCION GAMMA POR PRIMERA VEZ
 970 *YB = VALOR CON EL CUAL SE EVALUA LA FUNCION GAMMA POR SEGUNDA VEZ
 980 *Y2 = SUMATORIA DE Y * Y
 990
 1000 *VARIABLES ALFANUMERICAS
 1010
 1020 *CC = LEE SI DESEA LA IMPRESION DE LOS CALCULOS
 1030 *D = LEE SI DESEA CORREGIR ALGUN VALOR DE X O Y
 1040 *NC = LEE SI DESEA MODIFICAR EL NIVEL DE CONFIANZA
 1050 *NN = LEE SI DESEA MODIFICAR EL NUMERO TOTAL DE DATOS
 1060 *O1 = LEE SI DESEA MODIFICAR EL NUMERO TOTAL DE PRONOSTICOS
 1070 *O2 = LEE SI DESEA CORREGIR ALGUN VALOR DE PR
 1080
 1090 *VARIABLES DE DOBLE PRECISION
 1100
 1110 *01 = CONSTANTE DE APROXIMACION POLINOMIAL DE LA FUNCION GAMMA
 1120 *02 = CONSTANTE DE APROXIMACION POLINOMIAL DE LA FUNCION GAMMA
 1130 *03 = CONSTANTE DE APROXIMACION POLINOMIAL DE LA FUNCION GAMMA
 1140 *04 = CONSTANTE DE APROXIMACION POLINOMIAL DE LA FUNCION GAMMA
 1150 *05 = CONSTANTE DE APROXIMACION POLINOMIAL DE LA FUNCION GAMMA

```

1163 *B6 = CONSTANTE DE APROXIMACION POLINOMIAL DE LA FUNCION GAMMA
1170 *B7 = CONSTANTE DE APROXIMACION POLINOMIAL DE LA FUNCION GAMMA
1188 *B8 = CONSTANTE DE APROXIMACION POLINOMIAL DE LA FUNCION GAMMA
1198 *C1 = B1 * XX
1208 *C2 = B2 * (XX + 2)
1218 *C3 = B3 * (XX + 3)
1228 *C4 = B4 * (XX + 4)
1238 *C5 = B5 * (XX + 5)
1248 *C6 = B6 * (XX + 6)
1258 *C7 = B7 * (XX + 7)
1268 *C8 = B8 * (XX + 8)
1278 *D1 = FRACCION DE LA FUNCION DE LA DISTRIBUCION *T* DE STUDENT
1288 *D2 = FRACCION DE LA FUNCION DE LA DISTRIBUCION *T* DE STUDENT
1298 *D3 = FRACCION DE LA FUNCION DE LA DISTRIBUCION *T* DE STUDENT
1308 *D4 = FRACCION DE LA FUNCION DE LA DISTRIBUCION *T* DE STUDENT
1318 *G1 = EVALUACION DE LA FUNCION GAMMA ((V + 1) / 2) - 1)
1328 *G2 = EVALUACION DE LA FUNCION GAMMA ((V / 2) - 1)
1338 *PI = CONSTANTE (3.14159...)
1348 *S = SUMATORIA DE LAS C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7 Y C8
1358 *XC = XX + 2
1368 *X3 = XX + 3
1378 *X4 = XX + 4
1388 *X5 = XX + 5
1398 *X6 = XX + 6
1408 *X7 = XX + 7
1418 *X8 = XX + 8
1428
1438 *VECTORES
1448
1458 *A1 = X * X
1468 *A2 = X * Y
1478 *A3 = Y * Y
1488 *A4 = LOGARITMO BASE DIEZ DE X
1498 *A5 = LOG(X) * LOG(X)
1508 *A6 = LOGARITMO BASE DIEZ DE Y
1518 *A7 = X * LOG(Y)
1528 *A8 = LOG(X) * LOG(Y)
1538 *A9 = LOG(Y) * LOG(Y)
1548 *DE = ERROR DIFERENCIA DEL PRONOSTICO MENOS EL DATO. FUN. EXPONENCIAL
1558 *DP = ERROR DIFERENCIA DEL PRONOSTICO MENOS EL DATO. FUN. DE POTENCIA
1568 *DR = ERROR DIFERENCIA DEL PRONOSTICO MENOS EL DATO. FUN. LINEA RECTA
1578 *E = PRONOSTICO. FUNCION EXPONENCIAL
1588 *EL = LIMITE INFERIOR DEL PRONOSTICO. FUNCION EXPONENCIAL
1598 *EU = LIMITE SUPERIOR DEL PRONOSTICO. FUNCION EXPONENCIAL
1608 *P = PRONOSTICO. FUNCION DE POTENCIA
1618 *PL = LIMITE INFERIOR DEL PRONOSTICO. FUNCION DE POTENCIA
1628 *PR = VALORES DE X PARA LOS PRONOSTICOS
1638 *PU = LIMITE SUPERIOR DEL PRONOSTICO. FUNCION DE POTENCIA
1648 *R = PRONOSTICO. FUNCION LINEA RECTA
1658 *RL = LIMITE INFERIOR DEL PRONOSTICO. FUNCION LINEA RECTA
1668 *RU = LIMITE SUPERIOR DEL PRONOSTICO. FUNCION LINEA RECTA
1678 *X = VALORES DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE
1688 *Y = VALORES DE LA VARIABLE DEPENDIENTE (DATOS)
1698 *YE = EVALUACION DE LA FUNCION EXPONENCIAL PARA DETERMINAR EL ERROR
1708 *YP = EVALUACION DE LA FUNCION DE POTENCIA PARA DETERMINAR EL ERROR
1718 *YR = EVALUACION DE LA FUNCION LINEA RECTA PARA DETERMINAR EL ERROR
1728
1738 *LECTURA DE LOS DATOS
1748
1758 PRINT *DE EL NUMERO TOTAL DE DATOS*

```

```

1760 INPUT N
1770 PRINT "DESEA MODIFICAR EL NUMERO TOTAL DE DATOS? (SI O NO)"
1780 INPUT NN$
1790 IF NN$ = "SI" GOTO 1830
1800 IF NN$ = "NO" GOTO 1870
1810 PRINT "CONTESTE SI O NO"
1820 GOTO 1780
1830 PRINT "DE EL NUMERO TOTAL DE DATOS CORRECTO"
1840 INPUT N
1850 PRINT "DESEA MODIFICAR NUEVAMENTE EL NUMERO TOTAL DE DATOS? (SI O NO)"
1860 GOTO 1780
1870 DIM A1(N), A2(N), A3(N), A4(N), A5(N), A6(N), A7(N), AB(N), A9(N)
1880 DIM X(N), Y(N)
1890 PRINT "DE EL NIVEL DE CONFIANZA EN PORCENTAJE"
1900 INPUT A
1910 PRINT "DESEA MODIFICAR EL NIVEL DE CONFIANZA? (SI O NO)"
1920 INPUT NC$
1930 IF NC$ = "SI" GOTO 1970
1940 IF NC$ = "NO" GOTO 2010
1950 PRINT "CONTESTE SI O NO"
1960 GOTO 1920
1970 PRINT "DE EL NIVEL DE CONFIANZA CORRECTO EN PORCENTAJE"
1980 INPUT A
1990 PRINT "DESEA MODIFICAR NUEVAMENTE EL NIVEL DE CONFIANZA? (SI O NO)"
2000 GOTO 1920
2010 PRINT
2020 PRINT "NOTA ACLARATORIA"
2030 PRINT STRING$(17, "*")
2040 PRINT
2050 PRINT "X ES LA VARIABLE INDEPENDIENTE, TOMA VALORES DE 1 A N."
2060 PRINT "Y ES LA VARIABLE DEPENDIENTE"
2070 PRINT
2080 FOR I = 1 TO N
2090 X(I) = 1
2100 PRINT "DE EL VALOR Y('I I: ')"
2110 INPUT Y(I)
2120 NEXT I
2130 PRINT "DESEA CORREGIR ALGUN DATO? (SI O NO)"
2140 INPUT D$
2150 IF D$ = "SI" GOTO 2190
2160 IF D$ = "NO" GOTO 2260
2170 PRINT "CONTESTE SI O NO"
2180 GOTO 2140
2190 PRINT "DE EL SUBINDICE 1"
2200 INPUT I
2210 PRINT "DE EL VALOR DE Y('I I: ')"
2220 INPUT Y(I)
2230 PRINT "DESEA CORREGIR ALGUN OTRO DATO? (SI O NO)"
2240 GOTO 2140
2250
2260 "LECTURA DE LOS AÑOS A PRONOSTICAR
2270
2280 PRINT "DE EL NUMERO DE PRONOSTICOS QUE DESEA"
2290 INPUT NP
2300 PRINT "DESEA MODIFICAR EL NUMERO DE PRONOSTICOS? (SI O NO)"
2310 INPUT O1$
2320 IF O1$ = "SI" GOTO 2360
2330 IF O1$ = "NO" GOTO 2410
2340 PRINT "CONTESTE SI O NO"
2350 GOTO 2310

```

```

2360 PRINT "DE EL NUMERO DE PRONOSTICOS QUE DESEA"
2370 INPUT NP
2380 PRINT "DESEA CORREGIR NUEVAMENTE EL NUMERO DE PRONOSTICOS?"
2390 PRINT "(SI O NO)"
2400 GOTO 2310
2410 DIM PR(NP)
2420 FOR I = 1 TO NP
2430 PRINT "DE EL VALOR DE X DEL PRONOSTICO No. 'I I"
2440 PRINT "CONSIDERE QUE X TOMA EL VALOR DE 'I PARA Y(I), DE 2"
2450 PRINT "PARA Y(2), ... DE N PARA Y(N)."
2460 INPUT PR(I)
2470 NEXT I
2480 PRINT "DESEA CORREGIR EL VALOR DE X DE ALGUN PRONOSTICO? (SI O NO)"
2490 INPUT O2
2500 IF O2 = "SI" GOTO 2540
2510 IF O2 = "NO" GOTO 2610
2520 PRINT "CONTESTE SI O NO"
2530 GOTO 2490
2540 PRINT "DE EL SUBINDICE I"
2550 INPUT I
2560 PRINT "DE EL VALOR DE X DEL PRONOSTICO No. 'I I"
2570 INPUT PR(I)
2580 PRINT "DESEA MODIFICAR OTRO VALOR DE X? (SI O NO)"
2590 GOTO 2490
2600
2610 *INICIALIZACION DE LAS VARIABLES
2620
2630 SX = 0
2640 SY = 0
2650 X2 = 0
2660 XY = 0
2670 Y2 = 0
2680 LX = 0
2690 LY = 0
2700 XL = 0
2710 LL = 0
2720
2730 *CALCULO DE LAS VARIABLES
2740
2750 FOR I = 1 TO N
2760 SX = X(I) + SX
2770 SY = Y(I) + SY
2780 A1(I) = X(I) * X(I)
2790 X2 = A1(I) + X2
2800 A2(I) = X(I) * Y(I)
2810 XY = A2(I) + XY
2820 A3(I) = Y(I) * Y(I)
2830 Y2 = A3(I) + Y2
2840 A4(I) = LOG(X(I)) / LOG(10)
2850 LX = A4(I) + LX
2860 A5(I) = A4(I) * A4(I)
2870 L1 = A5(I) + L1
2880 A6(I) = LOG(Y(I)) / LOG(10)
2890 LY = A6(I) + LY
2900 A7(I) = X(I) * A6(I)
2910 XL = A7(I) + XL
2920 A8(I) = A4(I) * A6(I)
2930 LL = A8(I) + LL

```

```

2960      A9(I) = A6(I) + A6(I)
2970      L2 = A9(I) + L2
2980 NEXT I
2990 M = N - 1
3000 N1 = 1 / M
3010 N1 = 1 / N
3020 PRINT "DESEA LA IMPRESION DE LOS CALCULOS? (SI O NO)"
3030 INPUT CC$
3040 IF CC$ = "SI" GOTO 3090
3050 IF CC$ = "NO" GOTO 3290
3060 PRINT "CONTESTE SI O NO"
3070 GOTO 3030
3080
3090 'IMPRESION DE LOS CALCULOS
3100
3110 LPRINT
3120 LPRINT
3130 LPRINT TAB(43) "T A B L A D E C A L C U L O S"
3140 LPRINT TAB(43) STRING$(47," ")
3150 LPRINT
3160 LPRINT
3170 LPRINT
3180 LPRINT TAB(14) "X" TAB(25) "Y" TAB(34) "X^2" TAB(44) "X*Y"
3190 LPRINT TAB(53) "Y^2" TAB(64) "LOG(X)" TAB(74) "L(X)^2" TAB(84)
3200 LPRINT "LOG(Y)" TAB(94) "X*LOG(Y)" TAB(104) "L(X)*L(Y)" TAB(114)
3210 LPRINT "L(Y)^2"
3220
3230 FOR I = 1 TO N
3240 LPRINT
3250 LPRINT TAB(13) X(I) TAB(23) Y(I) TAB(33) A1(I) TAB(43)
3260 LPRINT A2(I) TAB(53) A3(I) TAB(63) A4(I) TAB(73) A5(I)
3270 LPRINT TAB(83) A6(I) TAB(93) A7(I) TAB(103) A8(I)
3280 LPRINT TAB(113) A9(I)
3290
3300 NEXT I
3310 LPRINT
3320 LPRINT
3330 LPRINT TAB(12) STRING$(36," ") STRING$(36," ") : STRING$(37," ")
3340 LPRINT
3350 LPRINT
3360 LPRINT TAB(4) "TOTALES" TAB(13) SX TAB(23) SY TAB(33) X2
3370 LPRINT TAB(43) XY TAB(53) Y2 TAB(63) LX TAB(73) LY TAB(83)
3380 LPRINT LY TAB(93) XL TAB(103) LL TAB(113) L2
3390 LPRINT
3400 LPRINT
3410
3420 'CALCULO DE LAS VARIACIONES DE "X", "Y" Y "XY"
3430
3440 R1 = N1 * (XY - N1*SX*SY)
3450 R2 = SQR(N1) * (Y2 - N1*SY*SY)
3460 ER = SQR(N1) * (X2 - N1*SX*SX)
3470 E1 = N1 * (XL - N1*SX*LY)
3480 EP = SQR(N1) * (L2 - N1*LY*LY)
3490 P1 = N1 * (LL - N1*LX*LY)
3500 P2 = SQR(N1) * (L1 - N1*LX*LX)
3510 IF CC$ = "NO" GOTO 3630
3520
3530 'IMPRESION DE LAS VARIACIONES
3540
3550 U1 = R2 + R2
3560 U2 = ER + ER
3570 U3 = EP + EP
3580 U4 = P2 + P2
3590 SYSTEM "T"
3600 LPRINT

```

```

3400 LPRINT TAB(46) "VARIANCIA DE X:" STRING$(21, ".") U2
3490 LPRINT
3500 LPRINT TAB(46) "VARIANCIA DE Y:" STRING$(21, ".") U1
3510 LPRINT
3520 LPRINT TAB(46) "COVARIANCIA DE X, Y:" STRING$(16, ".") R1
3530 LPRINT
3540 LPRINT TAB(46) "VARIANCIA DE LOG(X):" STRING$(16, ".") U4
3550 LPRINT
3560 LPRINT TAB(46) "VARIANCIA DE LOG(Y):" STRING$(16, ".") U3
3570 LPRINT
3580 LPRINT TAB(46) "COVARIANCIA DE X, LOG(Y):" STRING$(11, ".") E1
3590 LPRINT
3600 LPRINT TAB(46) "COVARIANCIA DE LOG(X), LOG(Y):" STRING$(6, ".") P1
3610 LPRINT
3620 '
3630 'CALCULO DEL COEFICIENTE DE CORRELACION
3640 '
3650 'FUNCION LINEA RECTA
3660 RR = R1 / (ER * R2)
3670 'FUNCION EXPONENCIAL
3680 RE = E1 / (ER * EP)
3690 'FUNCION DE POTENCIA
3700 RP = P1 / (P2 * EP)
3710 '
3720 'IMPRESION DE LOS COEFICIENTES DE CORRELACION
3730 '
3740 LPRINT
3750 LPRINT
3760 LPRINT
3770 LPRINT
3780 LPRINT
3790 LPRINT TAB(53) "COEFICIENTE DE CORRELACION"
3800 LPRINT TAB(53) STRING$(26, "=")
3810 LPRINT
3820 LPRINT
3830 LPRINT TAB(45) "FUNCION LINEA RECTA:" STRING$(17, ".") RR
3840 LPRINT
3850 LPRINT TAB(45) "FUNCION CURVA EXPONENCIAL:" STRING$(11, ".") RE
3860 LPRINT
3870 LPRINT TAB(45) "FUNCION CURVA DE POTENCIA:" STRING$(11, ".") RP
3880 SYSTEM "T"
3890 '
3900 'COMPARACION DE LOS COEFICIENTES DE CORRELACION
3910 '
3920 RR = ABS(RR)
3930 RE = ABS(RE)
3940 RP = ABS(RP)
3950 IF RR > RE AND RR > RP THEN K = 1 : GOTO 4040
3960 IF RE > RR AND RE > RP THEN K = 2 : GOTO 4510
3970 IF RP > RR AND RP > RE THEN K = 3 : GOTO 4970
3980 IF RR = RE AND RE = RP THEN K = 4 : GOTO 4040
3990 IF RR = RE THEN K = 5 : GOTO 4040
4000 IF RR = RP THEN K = 6 : GOTO 4040
4010 K = 7
4020 GOTO 4510
4030 '
4040 'CALCULO DE LAS CONSTANTES DE LA FUNCION RECTA Y
4050 'EVALUACION DE SUS ERRORES.
4060 '
4070 BR = R1 / (ER * ER)

```

```

4080 AR = (SY + B*SK) / N
4090 DIM DR(N), YR(N)
4100 RD = 0
4110 RE = 0
4120 SR = 0
4130 FOR I = 1 TO N
4140   YR(I) = AR + BR*X(I)
4150   DR(I) = Y(I) - YR(I)
4160   RD = DR(I) + RD
4170   RE = ABS(DR(I)) + RE
4180   RC = DR(I) * DR(I)
4190   ER = RC + ER
4200 NEXT I
4210 IF CC9 = "NO" GOTO 4430
4220 '
4230 'IMPRESION DE LOS CALCULOS PARA EVALUAR LOS ERRORES
4240 'FUNCION LINEA RECTA
4250 '
4260 LPRINT
4270 LPRINT TAB(52) "TABLA PARA EVALUAR LOS ERRORES"
4280 LPRINT TAB(57) "FUNCION LINEA RECTA."
4290 LPRINT
4300 LPRINT TAB(51) "X" TAB(61) "Y" TAB(72) "Yp" TAB(79) "Y - Yp"
4310 FOR I = 1 TO N
4320   LPRINT
4330   LPRINT TAB(50) X(I) TAB(59) Y(I) TAB(68) YR(I) TAB(78)
   DR(I)
4340 NEXT I
4350 LPRINT
4360 LPRINT TAB(41) "SUMATORIA DE Y - Yp" STRING$(26,".") RD
4370 LPRINT
4380 LPRINT TAB(41) "SUMATORIA DEL VALOR ABSOLUTO DE Y - Yp"
   STRING$(7,".") RE
4390 LPRINT
4400 LPRINT TAB(41) "SUMATORIA DEL VALOR CUADRATICO DE Y - Yp"
   STRING$(5,".") SR
4410 LPRINT
4420 SYSTEM "T"
4430 F1 = RD / N
4440 F2 = RE / N
4450 F3 = (RE / SY) * 100
4460 F4 = ER / (SR / N)
4470 IF K = 1 GOTO 5410
4480 IF K = 4 OR K = 5 GOTO 4510
4490 GOTO 4970
4500 '
4510 'CALCULO DE LAS CONSTANTES DE LA FUNCION EXPONENCIAL
4520 'Y EVALUACION DE SUS ERRORES.
4530 '
4540 BB = E1 / (ER + ER)
4550 AE = 10 + ((LY - BB*SK) / N)
4560 DE = 10 + BB
4570 DIM DE(N), YE(N)
4580 ED = 0
4590 ES = 0
4600 SE = 0
4610 FOR I = 1 TO N
4620   YE(I) = AE + (DE + X(I))
4630   DE(I) = Y(I) - YE(I)
4640   ED = DE(I) + ED

```

```

4650      ES = ABS(DE(I)) + ES
4660      EC = DE(I) + DE(I)
4670      SE = EC + SE
4680  NEXT I
4690  IF CC# = "NO" GOTO 4910
4700  '
4710  'IMPRESION DE LOS CALCULOS PARA EVALUAR LOS ERRORES
4720  'FUNCION CURVA EXPONENCIAL.
4730  '
4740  LPRINT
4750  LPRINT TAB(52) "TABLA PARA EVALUAR LOS ERRORES"
4760  LPRINT TAB(54) "FUNCION CURVA DE EXPONENCIAL."
4770  LPRINT
4780  LPRINT TAB(51) "X" TAB(61) "Y" TAB(72) "Yp" TAB(79) "Y - Yp"
4790  FOR I = 1 TO N
4800      LPRINT
4810      LPRINT TAB(50) X(I) TAB(59) Y(I) TAB(69) YE(I) TAB(78)
          GE(I)
4820  NEXT I
4830  LPRINT
4840  LPRINT TAB(41) "SUMATORIA DE 'Y - Yp'1 STRINGS(26)1"1 ED
4850  LPRINT
4860  LPRINT TAB(41) "SUMATORIA DEL VALOR ABSOLUTO DE Y - Yp"
4870  LPRINT TAB(17)1"1"1 ES
4880  LPRINT
4890  LPRINT TAB(41) "SUMATORIA DEL VALOR CUADRATICO DE Y - Yp"1
4900  LPRINT TAB(15)1"1"1 SE
4910  LPRINT
4920  SYSTEM "T"
4930  F5 = ED / N
4940  F6 = ES / N
4950  F7 = (ES / 5Y) * 100
4960  F8 = ED / (M / M)
4970  IF K = 2 OR K = 3 GOTO 5410
4980  '
4990  'CALCULO DE LAS CONSTANTES DE LA FUNCION DE POTENCIA
5000  'Y EVALUACION DE SUS ERRORES
5010  '
5020  BP = P1 / (P2 + P2)
5030  AP = 10 + ((LY - BP*LY) / N)
5040  DIM DP(N), YP(N)
5050  PD = 0
5060  PS = 0
5070  SP = 0
5080  FOR I = 1 TO N
5090      YP(I) = AP + X(I) * BP)
5100      DP(I) = Y(I) - YP(I)
5110      PD = DP(I) + PD
5120      PS = ABS(DP(I)) + PS
5130      PC = DP(I) * DP(I)
5140      SP = PC + SP
5150  NEXT I
5160  IF CC# = "NO" GOTO 5360
5170  '
5180  'IMPRESION DE LOS CALCULOS PARA EVALUAR LOS ERRORES
5190  'FUNCION CURVA DE POTENCIA.
5200  '
5210  LPRINT
5220  LPRINT TAB(52) "TABLA PARA EVALUAR LOS ERRORES"
5230  LPRINT TAB(54) "FUNCION CURVA DE POTENCIA."

```

```

5220 LPRINT
5230 LPRINT TAB(51) *X* TAB(61) *Y* TAB(72) *Yp* TAB(79) *Y - Yp*
5240 FOR I = 1 TO N
5250 LPRINT
5260 LPRINT TAB(58) X(I) TAB(59) Y(I) TAB(68) YP(I) TAB(70)
DP(I)
5270 NEXT I
5280 LPRINT
5290 LPRINT TAB(41) *SUMATORIA DE Y - Yp*1 STRING$(26,".")1 PD
5300 LPRINT
5310 LPRINT TAB(41) *SUMATORIA DEL VALOR ABSOLUTO DE Y - Yp*1
STRING$(7,".")1 PS
5320 LPRINT
5330 LPRINT TAB(41) *SUMATORIA DEL VALOR CUADRATICO DE Y - Yp*1
STRING$(5,".")1 SP
5340 LPRINT
5350 SYSTEM *T*
5360 G5 = PD / N
5370 G6 = PS / N
5380 G7 = (PS / SY) * 100
5390 G8 = SQR(5P / M)
5400
5410 *DETERMINACION DEL INTERVALO DE CONFIANZA
5420 *EN BASE AL NIVEL DE CONFIANZA.
5430
5440 V = N - 2
5450 V1 = (V + 1) / 2
5460 V2 = V / 2
5470 YA = V1 - 1
5480 YB = V2 - 1
5490 B1 = -0.577391652
5500 B2 = 0.409025891
5510 B3 = -0.49736937
5520 B4 = 0.491825857
5530 B5 = -0.754784870
5540 B6 = 0.442199194
5550 B7 = -0.19327010
5560 B8 = 0.033658343
5570 FOR I = 1 TO 2
5580 IF I = 2 GOTO 5610
5590 XX = YA
5600 GOTO 5620
5610 XX = YB
5620 XC = XX * XX
5630 X3 = XX * XC
5640 X4 = XX * X3
5650 X5 = XX * X4
5660 X6 = XX * X5
5670 X7 = XX * X6
5680 X8 = XX * X7
5690 C1 = B1 * XX
5700 C2 = B2 * XC
5710 C3 = B3 * X3
5720 C4 = B4 * X4
5730 C5 = B5 * X5
5740 C6 = B6 * X6
5750 C7 = B7 * X7
5760 C8 = B8 * X8
5770 S = C1 + C2 + C3 + C4 + C5 + C6 + C7 + C8
5780 IF I = 1 GOTO 5810

```

```

5792          G1# = 1 + 5#
5800          GOTO 5800
5810          G1# = 1 + 5#
5820          NEXT I
5830          P1# = 3.1415926535897932
5840          D1# = G1# / (SQRT(V + P1#) + G2#)
5850          D2# = -(V + 1) / 2#
5860          A0 = A / 100
5870          FR = 0.5 * (1 + AD)
5880          D3# = (FR + FR) / V
5890          D4# = (1 + D3#) + D2#
5900          C = D1# * D4#
5910          IF K = 2 OR K = 7 GOTO 5970
5920          IF K = 3 GOTO 6060
5930          QR = M * (K2 - BR+BR+ER)
5940          KR = C * SQR(QR / (V+M+ER+ER))
5950          IF K = 1 GOTO 6110
5960          IF K = 6 GOTO 6060
5970          QE = M * (EP+EP - EE+BE+ER+ER)
5980          IF QE >= 0 GOTO 6020
5990          CLS
6000          PRINT "QE = " QE
6010          QE = ABS(QE)
6020          PRINT "C = " C " CI = " CI " CE = " CE " GEI = " GEI " V = " V " M = " M " MI = " MI " ER = " ER
6030          KE = C * SQR(VE / (V+M+ER+ER))
6040          IF K = 2 GOTO 6230
6050          IF K = 5 GOTO 6110
6060          RP = M * (EP - BP+BP+P2)
6070          KP = C * SQR(RP / (V+M+P2+P2))
6080          IF K = 3 GOTO 6340
6090          IF K = 7 GOTO 6230
6100
6110          * DETERMINACION DE "NP" PRONOSTICOS UTILIZANDO LA FUNCION RECTA.
6120          * DETERMINACION DEL LIMITE SUPERIOR E INFERIOR DE LOS PRONOSTICOS.
6130
6140          DIM R(NP), RL(NP), RU(NP)
6150          FOR I = 1 TO NP
6160              RL(I) = AR + (RB - KR) * PR(I)
6170              RU(I) = AR + (RB + KR) * PR(I)
6180              R(I) = AR + RP*PR(I)
6190          NEXT I
6200          IF K = 1 GOTO 6440
6210          IF K = 6 GOTO 6340
6220
6230          * DETERMINACION DE "NP" PRONOSTICOS UTILIZANDO LA FUNCION EXPONENCIAL.
6240          * DETERMINACION DEL LIMITE SUPERIOR E INFERIOR DE LOS PRONOSTICOS.
6250
6260          DIM E(NP), EL(NP), EU(NP)
6270          FOR I = 1 TO NP
6280              EL(I) = AE * ((BE - KE) * PR(I))
6290              EU(I) = AE * ((BE + KE) * PR(I))
6300              E(I) = AE * (BE + PR(I))
6310          NEXT I
6320          IF K = 2 OR K = 5 GOTO 6440
6330
6340          * DETERMINACION DE "NP" PRONOSTICOS UTILIZANDO LA FUNCION DE POTENCIA.
6350          * DETERMINACION DEL LIMITE SUPERIOR E INFERIOR DE LOS PRONOSTICOS.
6360
6370          DIM P(NP), PL(NP), PU(NP)
6380          FOR I = 1 TO NP

```

```

6390          PL(I) = AP * (PR(I) + (BP - KP))
6400          PU(I) = AP * (PR(I) + (BP + KP))
6410          P(I) = AP * (PR(I) + BP)
6420
6430          NEXT I
6440
6450          'IMPRESION DE RESULTADOS
6460          LPRINT
6470          LPRINT
6480          LPRINT
6490          LPRINT
6500          LPRINT
6510          LPRINT
6520          LPRINT
6530          LPRINT
6540          LPRINT
6550          LPRINT
6560          LPRINT
6570          LPRINT TAB(53) 'R E S U L T A D O S'
6580          LPRINT TAB(53) STRING$(2B, " ")
6590          IF K = 2 OR K = 7 GOTO 7840
6600          IF K = 3 GOTO 7530
6610          '
6620          'RESULTADOS DE LA FUNCION RECTA
6630          '
6640          LPRINT
6650          LPRINT
6660          LPRINT
6670          LPRINT TAB(57) 'FUNCION LINEA RECTA.'
6680          LPRINT TAB(57) STRING$(2B, " ")
6690          LPRINT
6700          LPRINT
6710          LPRINT TAB(51) 'FUNCION' TAB(72) 'Y = A + Bx'
6720          LPRINT
6730          LPRINT TAB(51) 'DONDE' TAB(72) 'A = ' AR
6740          LPRINT TAB(72) 'B = ' BR
6750          LPRINT
6760          LPRINT TAB(45) 'ERROR MEDIO' STRING$(24, ".") F1
6770          LPRINT
6780          LPRINT TAB(45) 'ERROR MEDIO ABSOLUTO' STRING$(15, ".") F2
6790          LPRINT
6800          LPRINT TAB(45) 'ERROR ABSOLUTO PORCENTUAL' STRING$(18, ".") F3
6810          LPRINT
6820          LPRINT TAB(45) 'DESVIACION ESTANDAR' STRING$(16, ".") F4
6830          LPRINT
6840          LPRINT
6850          IF NP <= 0 GOTO 7810
6860          SYSTEM 'Y'
6870          LPRINT
6880          LPRINT
6890          LPRINT
6900          LPRINT TAB(52) 'P R O N O S T I C O S'
6910          LPRINT
6920          LPRINT
6930          LPRINT TAB(30) 'A&O' TAB(51) 'PRONOSTICO' TAB(72) 'LIMITE' TAB(90)
6940          LPRINT TAB(30) 'X' TAB(55) 'Y' TAB(71) 'SUPERIOR' TAB(89)
6950          LPRINT TAB(30) 'INFERIOR'
6960          FOR I = 1 TO NP
6970          LPRINT

```

```

6970          LPRINT TAB(37) PR(1) TAB(51) R(1) TAB(70) RU(1) TAB(88)
              RL(1)
6980      NEXT I
6990      LPRINT
7000      LPRINT
7010      IF K = 1 GOTO 8000
7020      IF K = 6 GOTO 7530
7030      '
7040      'RESULTADOS DE LA FUNCION EXPONENCIAL'
7050      '
7060      LPRINT
7070      LPRINT
7080      LPRINT
7090      LPRINT
7100      LPRINT
7110      LPRINT
7120      LPRINT
7130      LPRINT
7140      LPRINT
7150      LPRINT
7160      LPRINT
7170      LPRINT TAB(54) 'FUNCION CURVA EXPONENCIAL.'
7180      LPRINT TAB(54) STRING$(26, " ")
7190      LPRINT
7200      LPRINT
7210      LPRINT TAB(51) 'FUNCION' TAB(68) 'Y = A * (B + X)'
7220      LPRINT
7230      LPRINT TAB(51) 'DONDE' TAB(68) 'A = ' AE
7240      LPRINT TAB(68) 'B = ' BE
7250      LPRINT
7260      LPRINT TAB(45) 'ERROR MEDIO' STRING$(24, " ") F5
7270      LPRINT
7280      LPRINT TAB(45) 'ERROR MEDIO ABSOLUTO' STRING$(15, " ") F6
7290      LPRINT
7300      LPRINT TAB(45) 'ERROR ABSOLUTO PORCENTUAL' STRING$(18, " ") F7
7310      LPRINT
7320      LPRINT TAB(45) 'DESVIACION ESTANDAR' STRING$(16, " ") F8
7330      LPRINT
7340      LPRINT
7350      IF NP (= 0 GOTO 7510
7360      SYSTEM "T"
7370      LPRINT
7380      LPRINT
7390      LPRINT
7400      LPRINT TAB(52) 'P R O N O S T I C O S'
7410      LPRINT
7420      LPRINT
7430      LPRINT TAB(39) 'A0' TAB(51) 'PRONOSTICO' TAB(72) 'LIMITE' TAB(98)
              'LIMITE'
7440      LPRINT TAB(39) '1' TAB(55) 'Y' TAB(71) 'SUPERIOR' TAB(89)
              'INFERIOR'
7450      FOR I = 1 TO NP
7460          LPRINT
7470          LPRINT TAB(37) PR(1) TAB(51) E(1) TAB(70) EU(1) TAB(88)
              EL(1)
7480      NEXT I
7490      LPRINT
7500      LPRINT
7510      IF K = 2 OR K = 3 GOTO 8000
7520      '

```

```

7530 'RESULTADOS DE LA FUNCION DE POTENCIA
7540 '
7550 LPRINT
7560 LPRINT
7570 LPRINT
7580 LPRINT
7590 LPRINT
7600 LPRINT
7610 LPRINT
7620 LPRINT
7630 LPRINT
7640 LPRINT
7650 LPRINT
7660 LPRINT TAB(54) "FUNCION CURVA DE POTENCIA."
7670 LPRINT TAB(54) STRING$(26,"=")
7680 LPRINT
7690 LPRINT
7700 LPRINT TAB(51) "FUNCION" TAB(68) "Y = A * (X + B)"
7710 LPRINT
7720 LPRINT TAB(51) "DONDE" TAB(68) "A = " I AP
7730 LPRINT TAB(68) "B = " I BP
7740 LPRINT
7750 LPRINT TAB(45) "ERROR MEDIO" I STRING$(24,".") I G5
7760 LPRINT
7770 LPRINT TAB(45) "ERROR MEDIO ABSOLUTO" I STRING$(15,".") I G6
7780 LPRINT
7790 LPRINT TAB(45) "ERROR ABSOLUTO PORCENTUAL" I STRING$(10,".") I G7
7800 LPRINT
7810 LPRINT TAB(45) "DESVIACION ESTANDAR" I STRING$(16,".") I G8
7820 LPRINT
7830 LPRINT
7840 IF NP <= 0 GOTO 8000
7850 SYSTEM "T"
7860 LPRINT
7870 LPRINT
7880 LPRINT
7890 LPRINT
7900 LPRINT TAB(52) "P R O N O S T I C O S"
7910 LPRINT
7920 LPRINT TAB(38) "A&O" TAB(51) "PRONOSTICO" TAB(72) "LIMITE" TAB(90)
7930 LPRINT "LIMITE"
TAB(39) "X" TAB(55) "Y" TAB(71) "SUPERIOR" TAB(89)
"INFERIOR"
7940 FOR I = 1 TO NP
7950 LPRINT
7960 LPRINT TAB(37) PR(I) TAB(51) P(I) TAB(70) PU(I) TAB(88)
PL(I)
7970 NEXT I
7980 LPRINT
7990 LPRINT
8000 END

```

T A B L A D E C A L C U L O S

=====

X	Y	X ²	X*Y	Y ²	LOG(X)	L(X)/2	LOG(Y)	X*LOG(Y)	L(X)*L(Y)	L(Y) ²
1	133	1	133	17689	0	0	2.12385	2.12385	0	4.51075
2	149	4	298	22201	.30103	.0906191	2.17319	4.34637	.654194	4.72274
3	164	9	492	26896	.477121	.227645	2.21404	6.64453	1.05675	4.90553
4	178	16	712	31684	.60206	.362476	2.25042	9.00168	1.35489	5.06439
5	234	25	1170	54756	.69897	.408559	2.36922	11.8461	1.65601	5.61318
6	231	36	1386	53361	.778151	.60552	2.36361	14.1817	1.83925	5.58666
7	199	49	1393	39601	.845098	.714191	2.29885	16.092	1.94276	5.28473
8	194	64	1552	37636	.90309	.815572	2.2878	18.3024	2.06609	5.23404

TOTALES 36 1482 204 7136 283824 4.60552 3.30458 18.0818 82.5386 10.5699 40.922

VARIANCIA DE X..... 6
VARIANCIA DE Y..... 1326.21
COVARIANCIA DE X, Y..... 66.7143
VARIANCIA DE LOG(X)..... .0933183
VARIANCIA DE LOG(Y)..... 7.59234E-03
COVARIANCIA DE X, LOG(Y)..... .16722
COVARIANCIA DE LOG(X), LOG(Y)..... .0229188

COEFICIENTE DE CORRELACION

FUNCION LINEA RECTA..... .747888
FUNCION CURVA EXPONENCIAL..... .783474
FUNCION CURVA DE POTENCIA..... .861036

**TABLA PARA EVALUAR LOS ERRORES
FUNCION CURVA DE POTENCIA.**

X	Y	Y_P	Y - Y_P
1	133	131.472	1.52763
2	149	155.877	-6.87161
3	164	172.193	-8.19272
4	178	184.799	-6.79897
5	234	195.289	38.7907
6	231	204.149	26.851
7	199	212.026	-13.0261
8	194	219.095	-25.0948

SUMATORIA DE Y - Y_P..... 7.18509

SUMATORIA DEL VALOR ABSOLUTO DE Y - Y_P..... 127.154

SUMATORIA DEL VALOR CUADRATICO DE Y - Y_P..... 3188.02

R E S U L T A D O S

FUNCION CURVA DE POTENCIA.

FUNCION $Y = A * (X ^ B)$

DONDE A = 131.472
 B = .245599

ERROR MEDIO..... .898136
ERROR MEDIO ABSOLUTO..... 15.8942
ERROR ABSOLUTO PORCENTUAL..... 8.57986
DESVIACION ESTANDAR..... 21.3408

P R O N O S T I C O S

AÑO X	PRONOSTICO Y	LIMITE SUPERIOR	LIMITE INFERIOR
14	251.375	386.71	163.402

A.3. CENTRO DE MERCADO

A.3.1. Descripción

La finalidad de este programa es determinar el centro de mercado de diferentes factores de localización de -
planta.

Como datos el programa requiere: el número total de factores; el nombre, el número total de puntos y el peso -
(ponderación) de cada factor; los valores de la abscisa, la ordenada y el peso de cada punto.

Imprime los datos (abscisa, ordenada y peso) de cada uno de los puntos y las coordenadas del centro de cada -
factor, además, considerando estos puntos como datos, provee las coordenadas de la posible localización de planta.

A.3.2. Listado

A.3.3. Listado de Resultados

Empleando los datos del ejemplo de la sección 2.1.3, se obtuvo la primera hoja de resultados. Con objeto de mostrar la versatilidad del programa, se seleccionaron 40 datos del ejercicio propuesto de la misma sección, para formar cuatro grupos de 10 datos cada uno. De esta forma se obtuvieron las subsiguientes hojas de resultados.

```

10  CLG
20  SYSTEM 'T'
30  '
40  'ESTE PROGRAMA CALCULA EL CENTRO DE MERCADO DE DIFERENTES FACTORES
50  '
60  'AUTOR: JUAN GERMAN VALCIZUELA RAMOS
70  '
80  'FECHA: ABRIL DE 1983
90  '
100 'VARIABLES
110 '
120 'AU = ASIGNA EL MAYOR VALOR A NF(1)
130 'E = AYUDA A ASIGNAR EL MAYOR VALOR A NF(1)
140 'F = NUMERO TOTAL DE FACTORES
150 'L = CONTADOR
160 'R = CONSTANTE PARA EL STRING*
170 'S = ES LA MITAD DEL NUMERO DE LETRAS DEL NOMBRE DEL FACTOR
180 'SD = SUMA DE LOS PESOS DE LOS PUNTOS DEL FACTOR
190 'SP = SUMA DE LOS PESOS DE LOS FACTORES
200 'SB = TOMA EL VALOR DE 0 O 1 DEPENDIENDO SI N(I) ES PAR O IMPAR
210 'BX = SUMA DE LAS XD
220 'BY = SUMA DE LAS YD
230 'T = TABULADOR
240 'V = DIMENSION DE LAS VARIABLES. ES EL MAXIMO NUMERO DE PUNTOS
250 'XM = ABSCISA DEL CENTRO DEL FACTOR
260 'XS = SUMA DE LA MX
270 'XX = ABSCISA DE LA POSIBLE LOCALIZACION
280 'YM = ORDENADA DEL CENTRO DEL FACTOR
290 'YS = SUMA DE LA MY
300 'YY = ORDENADA DE LA POSIBLE LOCALIZACION
310 '
320 'VARIABLE ENTERA
330 '
340 'B = ES LA MITAD DEL NUMERO DE LETRAS DEL NOMBRE DEL FACTOR
350 '
360 'VECTORES
370 '
380 'C = GUARDA LA ABSCISA Y LA ORDENADA DE CADA FACTOR
390 'D = PESO DEL PUNTO DEL FACTOR
400 'H = MULTIPLICACION DE LA ABSCISA POR EL PESO DEL FACTOR
410 'HY = MULTIPLICACION DE LA ORDENADA POR EL PESO DEL FACTOR
420 'N = NUMERO DE LETRAS DEL NOMBRE DEL FACTOR
430 'NF = NUMERO TOTAL DE PUNTOS DEL FACTOR
440 'PF = PESO DEL FACTOR
450 'Y = ABSCISA DEL PUNTO DEL FACTOR
460 'XD = MULTIPLICACION DE LA ABSCISA POR EL PESO DEL PUNTO DEL FACTOR
470 'Y = ORDENADA DEL PUNTO DEL FACTOR
480 'YD = MULTIPLICACION DE LA ORDENADA POR EL PESO DEL PUNTO DEL FACTOR
490 '
500 'VECTOR ALFANUMERICO
510 '
520 'A = ASIGNA EL NUMERO DEL FACTOR DE MAYOR NUMERO DE PUNTOS A NB(1)
530 'C1 = LEE SI DESEA CORREGIR EL NUMERO TOTAL DE FACTORES
540 'C2 = LEE SI DESEA CORREGIR EL NOMBRE DE ALGUN FACTOR
550 'C3 = NOMBRE DEL FACTOR EQUIVOCADO
560 'C4 = LEE SI DESEA CORREGIR EL PESO DE ALGUN FACTOR
570 'C5 = LEE EL NOMBRE DEL FACTOR AL QUE SE LE VA A CAMBIAR EL PESO
580 'C6 = LEE SI DESEA CORREGIR EL NUMERO DE PUNTOS DE ALGUN FACTOR
590 'C7 = LEE EL NOMBRE DEL FACTOR AL QUE SE CORREGIRA EL NUMERO DE PUNTOS
600 'N = NOMBRE DEL FACTOR

```

```

610
620
630
640
650
660
670
680
690
700
710
720
730
740
750
760
770
780
790
800
810
820
830
840
850
860
870
880
890
900
910
920
930
940
950
960
970
980
990
1000
1010
1020
1030
1040
1050
1060
1070
1080
1090
1100
1110
1120
1130
1140
1150
1160
1170
1180
1190
1200

'LECTURA DE LOS DATOS
'
INPUT *DE EL NUMERO TOTAL DE FACTORES *I F
PRINT *DESEA CORREGIR EL NUMERO TOTAL DE FACTORES? (SI O NO)*
INPUT C1$
IF C1$ = *SI* GOTO 640
IF C1$ = *NO* GOTO 710
PRINT *CONTESTE SI O NO*
GOTO 660
IF F <= 0 GOTO 640
DIM N(F), N$(F), NF(F), MX(F), MY(F), PF(F)
FOR I = 1 TO F
PRINT *DE EL NOMBRE DEL FACTOR *I I
INPUT N$(I)
N(I) = LEN(N$(I))
NEXT I
PRINT *DESEA CORREGIR EL NOMBRE DE ALGUN FACTOR? (SI O NO)*
INPUT C2$
IF C2$ = *SI* GOTO 840
IF C2$ = *NO* GOTO 960
PRINT *CONTESTE SI O NO*
GOTO 790
PRINT *DE EL NOMBRE DEL FACTOR QUE DESEA MODIFICAR*
INPUT C3$
FOR I = 1 TO F
IF C3$ = N$(I) GOTO 910
NEXT I
PRINT *ERROR, EL NOMBRE DADO NO ESTA REGISTRADO*
GOTO 840
PRINT *DE EL NOMBRE CORRECTO DEL FACTOR*
INPUT N$(I)
N(I) = LEN(N$(I))
PRINT *DESEA CORREGIR OTRO NOMBRE? (SI O NO)*
GOTO 790
FOR I = 1 TO F
PRINT *DE EL NUMERO TOTAL DE PUNTOS DEL FACTOR *I N$(I)
INPUT NF(I)
IF I > 1 GOTO 1020
E = NF(I)
GOTO 1120
IF NF(I) <= E GOTO 1120
E = NF(I)
A$ = N$(I)
N$(I) = N$(I)
N$(I) = A$
N(I) = LEN(N$(I))
N(I) = LEN(N$(I))
AU = NF(I)
NF(I) = NF(I)
NF(I) = AU
NEXT I
PRINT *DESEA CORREGIR EL NUMERO DE PUNTOS DE ALGUN FACTOR? (SI O NO)*
INPUT C6$
IF C6$ = *SI* GOTO 1190
IF C6$ = *NO* GOTO 1400
PRINT *CONTESTE SI O NO*
GOTO 1140
PRINT *DE EL NOMBRE DEL FACTOR AL QUE VA A CORREGIR EL NUMERO DE *
PRINT *PUNTOS*

```

```

1210 INPUT C79
1220 FOR I = 1 TO F
1230 IF C79 = N9(I) GOTO 1270
1240 NEXT I
1250 PRINT "ERROR. EL NOMBRE DADO NO ESTA REGISTRADO"
1260 GOTO 1190
1270 PRINT "DE EL NUMERO TOTAL DE PUNTOS DEL FACTOR *I N9(I)"
1280 INPUT NF(I)
1290 IF NF(I) <= E GOTO 1370
1300 E = NF(I)
1310 AS = N9(I)
1320 N9(I) = N9(I)
1330 N9(I) = AS
1340 AU = NF(I)
1350 NF(I) = NF(I)
1360 NF(I) = AU
1370 PRINT "DESEA CORREGIR EL NUMERO DE PUNTOS DE ALGUN OTRO *
1380 PRINT "FACTOR? (SI O NO)"
1390 GOTO 1140
1400 FOR I = 1 TO F
1410 PRINT "DE EL PESO DEL FACTOR *I N9(I): * EN MILES DE PESOS"
1420 INPUT PF(I)
1430 NEXT I
1440 PRINT "DESEA CORREGIR EL PESO DE ALGUN FACTOR? (SI O NO)"
1450 INPUT C49
1460 IF C49 = "SI" GOTO 1500
1470 IF C49 = "NO" GOTO 1610
1480 PRINT "CONTESTE SI O NO"
1490 GOTO 1450
1500 PRINT "DE EL NOMBRE DEL FACTOR AL QUE LE VA A CAMBIAR EL PESO"
1510 INPUT C59
1520 FOR I = 1 TO F
1530 IF C59 = N9(I) GOTO 1570
1540 NEXT I
1550 PRINT "ERROR. EL NOMBRE DADO NO ESTA REGISTRADO"
1560 GOTO 1500
1570 PRINT "DE EL PESO CORRECTO DEL FACTOR *I N9(I)"
1580 INPUT PF(I)
1590 PRINT "DESEA CORREGIR EL PESO DE OTRO FACTOR? (SI O NO)"
1600 GOTO 1450
1610 L = 0
1620 SP = 0
1630 XS = 0
1640 YS = 0
1650 FOR I = 1 TO F
1660 SP = PF(I) + SP
1670 IF I > 1 GOTO 1700
1680 V = NF(I)
1690 DIM X(V), Y(V), D(V), C(2*V), XDIV), YD(V)
1700 PRINT
1710 PRINT "FACTOR *I N9(I)"
1720 PRINT
1730 PRINT "DE LOS VALORES DE LA ABSCISA (X) EN KILOMETROS"
1740 PRINT "DE LOS VALORES DE LA ORDENADA (Y) EN KILOMETROS"
1750 FOR J = 1 TO N(I)
1760 PRINT "DE LA ABSCISA, LA ORDENADA Y EL PESO DEL *
" PUNTO *I JI *SEPARADOS POR UNA COMA."
INPUT X(J), Y(J), D(J)
1770
1780 NEXT J
1790 PRINT "DESEA CORREGIR LOS DATOS DE ALGUN PUNTO? (SI O NO)"

```

```

1000 INPUT GD$
1010 IF GD$ = "SI" GOTO 1040
1020 IF GD$ = "NO" GOTO 1080
1030 PRINT "CONTESTE SI O NO"
1040 PRINT "DE EL NUMERO DEL PUNTO DESEA CORREGIR"
1050 INPUT J
1060 PRINT "DE LA ABSCISA, LA ORDENADA Y EL PESO DEL PUNTO *1 J1
      *SEPARADOS POR UNA COMA."
1070 INPUT X(J), Y(J), D(J)
1080 PRINT "DESEA CORREGIR LOS DATOS DE OTRO PUNTO? (SI O NO)"
1090 GOTO 1000
1100 SD = 0
1110 SX = 0
1120 SY = 0
1130 FOR K = 1 TO NF(I)
1140   XD(K) = X(K) * D(K)
1150   SX = XD(K) + SX
1160   YD(K) = Y(K) * D(K)
1170   SY = YD(K) + SY
1180   SD = D(K) + SD
1190 NEXT K
1200 XM = SX / SD
1210 YM = SY / SD
1220 L = L + 1
1230 C(L) = XM
1240 L = L + 1
1250 C(L) = YM
1260 R = 26 + N(I)
1270 T = N(I) / 2
1280
1290 * IMPRESION DE RESULTADOS
1300
1310 LPRINT
1320 LPRINT
1330 LPRINT
1340 LPRINT TAB(33 - T) *LOS DATOS DEL FACTOR *1 N$(I) * SON: *
1350 B = N(I) / 2
1360 BX = N(I) / 2
1370 BS = 2 * (S - BX)
1380 LPRINT TAB(33 - T) STRING$(R/2, "=") STRING$(R/2 + BS, "=")
1390 LPRINT
1400 LPRINT
1410 LPRINT
1420 LPRINT TAB(44) *L O C A L I Z A C I O N*
1430 LPRINT TAB(19) *PUNTO* TAB(46) *X* TAB(75) *Y* TAB(107 - T)
1440 N$(I)
1450 LPRINT TAB(20) *No.* TAB(41) *(KILOMETROS)* TAB(70)
1460 *(KILOMETROS)* TAB(199) *(MILES DE PESOS)*
1470 LPRINT
1480 FOR J = 1 TO NF(I)
1490   LPRINT
1500   LPRINT TAB(20) J TAB(45) X(J) TAB(74) Y(J)
1510   TAB(103) D(J)
1520 NEXT J
1530 LPRINT
1540 LPRINT
1550 LPRINT TAB(45 - T) *LAS COORDENADAS DEL CENTRO DEL FACTOR *1 N$(I)
1560 * SON: *
1570 LPRINT
1580 LPRINT TAB(45 - T) *LA ABSCISA (X) ES: *1 XMI TAB(75 - T)
1590 *KILOMETROS.*

```

```

2340 LPRINT TAB(45 - T) "LA ORDENADA (Y) ES: " YMI TAB(75 - T)
      "KILOMETROS."
2350
2360 SYSTEM "T"
2370 MX(I) = C(2*I - 1) * PF(I)
2380 XS = MX(I) + XS
2390 MY(I) = C(2*I) * PF(I)
2400 YS = MY(I) + YS
2410 NEXT I
2420 IF F = 1 GOTO 2670
2430 XX = XS / SP
2440 YY = YS / SP
2450
2460 ' IMPRESION DE LOS RESULTADOS DE LOS FACTORES
2470 '
2480 LPRINT
2490 LPRINT
2500 LPRINT TAB(41) "LOS DATOS PARA OBTENER LA POSIBLE LOCALIZACION SON:"
2510 LPRINT TAB(41) STRING$(31, " "); STRING$(20, " ")
2520 LPRINT
2530 LPRINT TAB(44) "L O C A L I Z A C I O N"
2540 LPRINT TAB(18) "FACTOR" TAB(46) "X" TAB(75) "Y" TAB(105)
      "PESU"
2550 LPRINT TAB(19) "No." TAB(41) "(KILOMETROS)" TAB(70)
      "(KILOMETROS)" TAB(99) "(MILES DE PESOS)"
2560 LPRINT
2570 FOR I = 1 TO F
2580 LPRINT
2590 LPRINT TAB(20) I TAB(43) C(2*I - 1) TAB(72) C(2*I)
      TAB(103) PF(I)
2600 NEXT I
2610 LPRINT
2620 LPRINT
2630 LPRINT TAB(43) "LAS COORDENADAS DE LA POSIBLE LOCALIZACION SON:"
2640 LPRINT
2650 LPRINT TAB(43) "LA ABCISA (X) ES: " XI TAB(73) "KILOMETROS."
2660 LPRINT TAB(43) "LA ORDENADA (Y) ES: " YI TAB(73) "KILOMETROS."
2670 END

```

LOS DATOS DEL FACTOR DEMANDA SON:

PUNTO No.	L O C A L I Z A C I O N		DEMANDA (MILES DE PESOS)
	X (KILOMETROS)	Y (KILOMETROS)	
1	-3	0	90
2	-7	-5	75
3	-4	11	33
4	12	1	55
5	4	-2	20

LAS COORDENADAS DEL CENTRO DEL FACTOR DEMANDA SON:

LA ABCISA (X) ES: -.684902 KILOMETROS.

LA ORDENADA (Y) ES: .010709 KILOMETROS.

LOS DATOS DEL FACTOR MANO DE OBRA SON:

PUNTO No.	L O C A L I Z A C I O N		MANO DE OBRA (MILES DE PESOS)
	X (KILOMETROS)	Y (KILOMETROS)	
1	-14	11	4982
2	243	573	4226
3	-6	-8	1657
4	11	-7	1602
5	-5	6	1402
6	-9	8	681
7	0	-11	450
8	-10	-2	350
9	-4	2	290
10	-8	11	201

LAS COORDENADAS DEL CENTRO DEL FACTOR MANO DE OBRA SON:

LA ABSCISA (X) ES: 59.6833 KILOMETROS.
LA ORDENADA (Y) ES: 155.472 KILOMETROS.

LOS DATOS DEL FACTOR MATERIA PRIMA SON:

PUNTO No.	L O C A L I Z A C I O N		MATERIA PRIMA (MILES DE PESOS)
	X (KILOMETROS)	Y (KILOMETROS)	
1	-6	-9	4519
2	1	4	3457
3	-14	11	1641
4	-5	-1	1512
5	-3	6	815
6	-6	-2	642
7	7	-4	428
8	-6	-5	349
9	-5	1	287
10	-4	-1	191

LAS COORDENADAS DEL CENTRO DEL FACTOR MATERIA PRIMA SON:

LA ABSCISA (X) ES: -4.46391 KILOMETROS.
 LA ORDENADA (Y) ES: -.726754 KILOMETROS.

LOS DATOS DEL FACTOR MERCADO SON:

PUNTO No.	L O C A L I Z A C I O N		MERCADO (MILES DE PESOS)
	X (KILOMETROS)	Y (KILOMETROS)	
1	-64	-9	1309
2	-11	4	667
3	11	-4	364
4	1057	-225	700
5	4	-8	1684
6	2	-19	334
7	-1051	792	362
8	-4	4	280
9	4	-8	381
10	-2	-2	401

LAS COORDENADAS DEL CENTRO DEL FACTOR MERCADO SON:

LA ABSCISA (X) ES: 43.094 KILOMETROS.
 LA ORDENADA (Y) ES: 14.8237 KILOMETROS.

LOS DATOS DEL FACTOR TRANSPORTE SON:

PUNTO No.	L O C A L I Z A C I O N		TRANSPORTE (MILES DE PEBOS)
	X (KILOMETROS)	Y (KILOMETROS)	
1	4	-102	1164
2	-1	-3	226
3	-64	-9	737
4	-1237	932	394
5	-4	-2	152
6	-15	-75	380
7	253	245	434
8	1	8	85
9	126	-41	743
10	1015	-659	122

LAS COORDENADAS DEL CENTRO DEL FACTOR TRANSPORTE SON:

LA ABCISXA (X) ES: -47.124 KILOMETROS.
 LA ORDENADA (Y) ES: 46.6879 KILOMETROS.

LOS DATOS PARA OBTENER LA POSIBLE LOCALIZACION SON:

FACTOR No.	L O C A L I Z A C I O N		PESO (MILES DE PESOS)
	X (KILOMETROS)	Y (KILOMETROS)	
1	59.6833	155.472	2
2	-4.46391	-7.726754	3
3	43.074	14.8237	5
4	-47.124	46.6879	4

LAS COORDENADAS DE LA POSIBLE LOCALIZACION SON:

LA ABSCISA (X) ES: 9.49634 KILOMETROS.

LA ORDENADA (Y) ES: 40.6881 KILOMETROS.

A.4. METODO DE SUMA DE GANANCIAS Y COSTOS

A.4.1. Descripción

Este programa evalúa las posibles localizaciones de una planta por el método de la suma de ganancias y costos.

Los datos que se deben proporcionar al programa son el número total de: materias primas (i), proveedores (j), productos a fabricar (k), localizaciones posibles (l) y centros de mercado (m); las siguientes matrices: costo por unidad de materia prima i del proveedor j , cantidad de materia prima i que se requiere para fabricar un producto k , costo de fabricación del producto k en la localización l , costo de transporte por unidad de materia prima j a la localización l , costo de transporte por producto terminado de la localización l al mercado m , precio de venta en el mercado m del producto k y la demanda en el mercado m del producto k si la localización es l .

Debido a la gran cantidad de datos y la aún mayor cantidad de resultados este programa puede presentar problem

mas de dimensión de las variables (espacio de memoria), dando solamente como resultados la utilidad bruta y el índice utilidad a ventas, con los costos totales y ventas totales de cada localización.

En caso de no presentar error por dimensión, el listado presenta los siguientes resultados: costo mínimo por unidad de materia prima en la localización 1, costo total de las materias primas requeridas para fabricar el producto k en la localización 1, costo de producción total de cada producto en la localización 1, el costo total del producto k en la localización 1 y las ventas totales del producto k en la localización 1.

A.4.2. Listado

A.4.3. Listado de Resultados

Tomando como datos los representados en el ejemplo de la sección 2.1.4.

10 CLS
20 SYSTEM 'T'
30
40 'ESTE PROGRAMA EVALUA LAS POSIBLES LOCALIZACIONES DE UNA PLANTA POR
50 'EL METODO DE LA SUMA DE GANANCIAS Y COSTOS.
60
70 'AUTOR: JUAN GERMAN VALENZUELA RAMOS
80
90 'FECHA: MAYO DE 1983
100
110
120 'ESPACIOS MATRICIALES
130
140 'D = DEMANDA EN EL MERCADO M DEL PRODUCTO K SI LA LOCALIZACION ES I
150 'X1 = VEA LA VARIABLE CS
160 'X2 = VEA LA VARIABLE SM
170 'X4 = VEA LA VARIABLE TC
180 'X6 = VEA LA VARIABLE V
190
200 'MATRICES
210
220 'C = COSTO EN PESOS POR CADA UNIDAD DE MATERIA PRIMA I DE LA FUENTE J
230 'CP = COSTO DE PRODUCCION DEL PRODUCTO K EN LA LOCALIZACION I
240 'DT = DEMANDA TOTAL DEL PRODUCTO K EN LA LOCALIZACION I
250 'MC = COSTO MINIMO POR UNIDAD DE MATERIA PRIMA I EN LA LOCALIZACION I
260 'PV = PRECIO DE VENTA DEL PRODUCTO K EN EL MERCADO M
270 'R = CANTIDAD DE MATERIA PRIMA I QUE SE REQUIERE PARA PRODUCIR UN
PRODUCTO K
280 'TH = COSTO DE TRANSPORTE POR UNIDAD DE MATERIA PRIMA DE LA FUENTE J
A LA LOCALIZACION I
290 'TP = COSTO DE TRANSPORTE POR PRODUCTO TERMINADO DE LA LOCALIZACION I
AL MERCADO M
300 'VP = VENTAS DEL PRODUCTO K EN LA LOCALIZACION I
310 'X3 = VEA LA VARIABLE CM
320 'X5 = VEA LA VARIABLE TT
330 'X7 = VEA LA VARIABLE BT
340 'X8 = VEA LA VARIABLE PT
350 'X9 = VEA LA VARIABLE CL
360
370 'VARIABLES
380
390 'CL = COSTO SUBTOTAL DEL PRODUCTO K EN LA LOCALIZACION I
400 'CM = COSTO TOTAL DE LAS MATERIAS PRIMAS REQUERIDAS PARA FABRICAR
EL PRODUCTO K EN LA LOCALIZACION I
410 'CN = CONTADOR
420 'CB = COSTO POR UNIDAD DE MATERIA PRIMA I DE LA FUENTE J EN LA
LOCALIZACION I
430
440 'II = NUMERO TOTAL DE MATERIAS PRIMAS
450 'JJ = NUMERO TOTAL DE PROVEEDORES (FUENTES)
460 'KK = NUMERO TOTAL DE PRODUCTOS A FABRICAR
470 'LL = NUMERO TOTAL DE LOCALIZACIONES POSIBLES
480 'MM = NUMERO TOTAL DE CENTROS DE MERCADO (CONSUMIDORES)
490 'PT = COSTO DE PRODUCCION TOTAL DEL PRODUCTO K EN LA LOCALIZACION I
500 'SM = COSTO DE LAS MATERIAS PRIMAS I REQUERIDAS PARA FABRICAR EL
PRODUCTO K EN LA LOCALIZACION I
510 'BT = COSTO DE PRODUCCION POR UNIDAD DEL PRODUCTO K EN LA
LOCALIZACION I
520 'TC = COSTO DE TRANSPORTACION DEL PRODUCTO K EN LA LOCALIZACION I
AL MERCADO M
530 'TT = COSTO TOTAL DE TRANSPORTACION DEL PRODUCTO K EN LA LOCALIZACION I

```

530 'V = VENTAS DEL PRODUCTO k EN LA LOCALIZACION l AL MERCADO m
540
550 'VARIABLES ALFANUMERICAS
560
570 'CA = LEE SI DESEA IMPRIMIR LOS CALCULOS
580 'C1 = LEE SI DESEA CORREGIR ALGUN COSTO DE MATERIA PRIMA
590 'C2 = LEE SI DESEA CORREGIR ALGUNA CANTIDAD DE MATERIA PRIMA
600 'C3 = LEE SI DESEA CORREGIR ALGUN COSTO DE PRODUCCION
610 'C4 = LEE SI DESEA CORREGIR ALGUN COSTO DE TRANSPORTE DE LA
MATERIA PRIMA
620 'C5 = LEE SI DESEA CORREGIR ALGUN COSTO DE TRANSPORTE DE PRODUCTO
TERMINADO
630 'C6 = LEE SI DESEA CORREGIR ALGUN PRECIO DE VENTA
640 'C7 = LEE SI DESEA CORREGIR ALGUNA DEMANDA
650 'IC = LEE EL INCISO A CORREGIR
660 'MD = LEE SI DESEA MODIFICAR ALGUN DATO INICIAL
670
680 'VECTORES
690
700 'CT = COSTO TOTAL EN LA LOCALIZACION l
710 'IU = INDICE UTILIDAD A VENTAS EN LA LOCALIZACION l
720 'UB = UTILIDAD BRUTA EN LA LOCALIZACION l
730 'VT = VENTAS TOTALES EN LA LOCALIZACION l
740
750 PRINT "DE EL NUMERO TOTAL DE MATERIAS PRIMAS"
760 INPUT II
770 PRINT "DE EL NUMERO TOTAL DE PROVEEDORES (FUENTES)"
780 INPUT JJ
790 PRINT "DE EL NUMERO TOTAL DE PRODUCTOS A FABRICAR"
800 INPUT KK
810 PRINT "DE EL NUMERO TOTAL DE LOCALIZACIONES POSIBLES"
820 INPUT LL
830 PRINT "DE EL NUMERO TOTAL DE CENTROS DE MERCADO (CONSUMIDORES)"
840 INPUT MM
850 PRINT "DESEA MODIFICAR ALGUNO DE LOS DATOS ANTERIORES? (SI O NO)"
860 INPUT MD$
870 IF MD$ = "SI" GOTO 910
880 IF MD$ = "NO" GOTO 1250
890 PRINT "CONTESTE SI O NO"
900 GOTO 860
910
920 CLS
930 PRINT "DE LA SIGUIENTE LISTA ELIJA EL NUMERO TOTAL A MODIFICAR DE:"
940 PRINT TAB(3) "A) MATERIAS PRIMAS"
950 PRINT TAB(3) "B) PROVEEDORES (FUENTES)"
960 PRINT TAB(3) "C) PRODUCTOS A FABRICAR"
970 PRINT TAB(3) "D) LOCALIZACIONES POSIBLES"
980 PRINT TAB(3) "E) CENTROS DE MERCADO (CONSUMIDORES)"
990 PRINT
995 PRINT "DE EL INCISO A CORREGIR"
1000 INPUT IC$
1010 IF IC$ = "A" GOTO 1080
1020 IF IC$ = "B" GOTO 1110
1030 IF IC$ = "C" GOTO 1140
1040 IF IC$ = "D" GOTO 1170
1050 IF IC$ = "E" GOTO 1200
1060 PRINT "ESCRIBA SULO LA LETRA DE UN INCISO"
1070 GOTO 1000
1080 PRINT "DE EL NUMERO TOTAL DE MATERIAS PRIMAS CORRECTO"
1090 INPUT II
1100 GOTO 1220

```

```

1110 PRINT "DE EL NUMERO TOTAL DE PROVEEDORES (FUENTES) CORRECTO"
1120 INPUT JJ
1130 GOTO 1220
1140 PRINT "DE EL NUMERO TOTAL DE PRODUCTOS A FABRICAR CORRECTO"
1150 INPUT KK
1160 GOTO 1220
1170 PRINT "DE EL NUMERO TOTAL DE LOCALIZACIONES POSIBLES CORRECTO"
1180 INPUT LL
1190 GOTO 1220
1200 PRINT "DE EL NUMERO TOTAL DE CENTROS DE MERCADO CORRECTO"
1210 INPUT MM
1220 PRINT
1230 PRINT "DESEA MODIFICAR ALGUN OTRO DATO? (SI O NO)"
1240 GOTO 800
1250 DIM C(II,JJ), CP(KK,LL), PV(KK,MM), R(II,KK), TM(JJ,LL), TP(LL,MM)
1260 DIM D(KK,LL,MM)
1270 CLS
1280 PRINT "LECTURA DEL COSTO POR UNIDAD DE MATERIA PRIMA I DEL PROVEE"
1290 PRINT "DON (FUENTE) J."
1300 PRINT "LAS UNIDADES SON: PESOS / UNIDAD DE MATERIA PRIMA"
1310 PRINT
1320 FOR J = 1 TO JJ
1330 FOR I = 1 TO II
1340 PRINT "DE EL COSTO DE LA MATERIA PRIMA " I " DEL"
1350 PRINT "PROVEEDOR (FUENTE) " J
1360 INPUT C(I,J)
1370 NEXT I
1380 PRINT "DESEA CORREGIR ALGUN DATO? (SI O NO)"
1390 INPUT C1
1400 IF C1 = "SI" GOTO 1440
1410 IF C1 = "NO" GOTO 1520
1420 PRINT "CONTESTE SI O NO"
1430 GOTO 1390
1440 PRINT "DE EL NUMERO DE LA MATERIA PRIMA"
1450 INPUT I
1460 PRINT "DE EL NUMERO DEL PROVEEDOR (FUENTE)"
1470 INPUT J
1480 PRINT "DE EL COSTO DE LA MATERIA PRIMA " I " DE LA FUENTE " J
1490 INPUT C(I,J)
1500 PRINT "DESEA CORREGIR OTRO DATO? (SI O NO)"
1510 GOTO 1390
1520 CLS
1530 PRINT "LECTURA DE LA CANTIDAD DE MATERIA PRIMA I, QUE SE REQUIERE"
1540 PRINT "PARA FABRICAR UN"
1550 PRINT "PRODUCTO I."
1560 PRINT "LAS UNIDADES SON: UNIDADES DE MATERIA PRIMA / UNIDADES DE "
1570 PRINT "PRODUCTO TERMINADO"
1580 PRINT
1590 FOR K = 1 TO KK
1600 FOR I = 1 TO II
1610 PRINT "DE LA CANTIDAD DE MATERIA PRIMA " I " QUE "
1620 PRINT "SE REQUIERE PARA FABRICAR EL PRODUCTO " K
1630 INPUT R(II,K)
1640 NEXT I
1650 PRINT "DESEA CORREGIR ALGUN DATO? (SI O NO)"
1660 INPUT C2

```

```

1660 IF C2# = "SI" GOTO 1700
1670 IF C2# = "NO" GOTO 1700
1680 PRINT "CONTESTE SI O NO"
1690 GOTO 1650
1700 PRINT "DE EL NUMERO DE LA MATERIA PRIMA"
1710 INPUT I
1720 PRINT "DE EL NUMERO DEL PRODUCTO"
1730 INPUT K
1740 PRINT "DE LA CANTIDAD DE MATERIA PRIMA * I I * QUE SE REQUIERE PARA *
      "FABRICAR EL PRODUCTO * I I"
1750 INPUT R(I,K)
1760 PRINT "DESEA CORREGIR OTRO DATO? (SI O NO)"
1770 GOTO 1650
1780 CLS
1790 PRINT "LECTURA DEL COSTO DE FABRICACION DEL PRODUCTO * EN LA LOCALIZA*
      "CION I"
1800 PRINT
1810 PRINT "LAS UNIDADES SON PESOS / UNIDAD PRODUCIDA"
1820 PRINT
1830 FOR L = 1 TO LL
1840   FOR K = 1 TO MK
1850     PRINT "DE EL COSTO DE FABRICACION DEL PRODUCTO * I KI
      " EN LA LOCALIZACION * I L
      INPUT CP(K,I,L)
1860   NEXT K
1870 NEXT L
1880 PRINT "DESEA CORREGIR ALGUN DATO? (SI O NO)"
1890 INPUT C3#
1900 IF C3# = "SI" GOTO 1930
1910 IF C3# = "NO" GOTO 2030
1920 PRINT "CONTESTE SI O NO"
1930 GOTO 1900
1940 PRINT "DE EL NUMERO DE LA LOCALIZACION"
1950 INPUT L
1960 PRINT "DE EL NUMERO DEL PRODUCTO"
1970 INPUT K
1980 PRINT "DE EL COSTO DE FABRICACION DEL PRODUCTO * I KI * EN LA LOCALI*
      "ZACION * I L
1990 INPUT CP(K,I,L)
2000 PRINT "DESEA CORREGIR OTRO DATO? (SI O NO)"
2010 GOTO 1900
2020 CLS
2030 PRINT "LECTURA DEL COSTO DE TRANSPORTE POR UNIDAD DE MATERIA PRIMA *
      "DEL PROVEEDOR"
2040 PRINT "(FUENTE) J A LA LOCALIZACION I."
2050 PRINT
2060 PRINT "LAS UNIDADES SON PESOS / UNIDAD DE MATERIA PRIMA TRANSPORTADA"
2070 PRINT
2080 PRINT
2090 FOR L = 1 TO LL
2100   FOR J = 1 TO JJ
2110     PRINT "DE EL COSTO DE TRANSPORTE DE MATERIA PRIMA DEL *
      " PROVEEDOR * I JI * A LA LOCALIZACION * I L
      INPUT TM(J,L)
2120   NEXT J
2130 NEXT L
2140 PRINT "DESEA CORREGIR ALGUN DATO? (SI O NO)"
2150 INPUT C4#
2160 IF C4# = "SI" GOTO 2210
2170 IF C4# = "NO" GOTO 2300
2180 PRINT "CONTESTE SI O NO"
2190

```

```

2200      GOTO 2160
2210      PRINT "DE EL NUMERO DE LA LOCALIZACION"
2220      INPUT L
2230      PRINT "DE EL NUMERO DEL PROVEEDOR (FUENTE)"
2240      INPUT J
2250      PRINT "DE EL COSTO DE TRANSPORTE DE MATERIA PRIMA DEL PROVEEDOR"
          " (FUENTE) : J1 A LA "
2260      PRINT "LOCALIZACION" I L
2270      INPUT TH(J,L)
2280      PRINT "DESEA CORREGIR OTRO DATO? (SI O NO)"
2290      GOTO 2160
2300      CLS
2310      PRINT "LECTURA DEL COSTO DE TRANSPORTE POR PRODUCTO TERMINADO DE"
          " LA LOCALIZACION I"
2320      PRINT "AL MERCADO M."
2330      PRINT
2340      PRINT "LAS UNIDADES SON: PESOS / UNIDAD TRANSPORTADA DE PRODUCTO"
          " TERMINADO"
2350      PRINT
2360      FOR L = 1 TO LL
2370          FOR M = 1 TO MM
2380              PRINT "DE EL COSTO DE TRANSPORTE POR PRODUCTO "
                " TERMINADO DE LA LOCALIZACION " I L
                PRINT "AL MERCADO " I M
                INPUT TP(L,M)
          NEXT M
2390      NEXT L
2400      PRINT "DESEA CORREGIR ALGUN DATO? (SI O NO)"
2410      INPUT C5$
2420      IF C5$ = "SI" GOTO 2490
2430      IF C5$ = "NO" GOTO 2500
2440      PRINT "CONTESTE SI O NO"
2450      GOTO 2440
2460      PRINT "DE EL NUMERO DE LA LOCALIZACION"
2470      INPUT L
2480      PRINT "DE EL NUMERO DEL MERCADO"
2490      INPUT M
2500      PRINT "DE EL COSTO DE TRANSPORTE POR PRODUCTO TERMINADO DE LA "
          " LOCALIZACION " I L
2510      PRINT "AL MERCADO" I M
2520      INPUT TP(L,M)
2530      PRINT "DESEA CORREGIR OTRO DATO? (SI O NO)"
2540      GOTO 2440
2550      CLS
2560      PRINT "LECTURA DEL PRECIO DE VENTA EN EL MERCADO M DEL PRODUCTO K."
2570      PRINT
2580      PRINT "LAS UNIDADES SON: PESOS / UNIDAD DE PRODUCTO TERMINADO"
2590      PRINT
2600      FOR M = 1 TO MM
2610          FOR K = 1 TO KK
2620              PRINT "DE EL PRECIO DE VENTA EN EL MERCADO " I M
                " DEL PRODUCTO " I K
                INPUT PV(K,M)
          NEXT K
2630      NEXT M
2640      PRINT "DESEA CORREGIR ALGUN DATO? (SI O NO)"
2650      INPUT C6$
2660      IF C6$ = "SI" GOTO 2750
2670      IF C6$ = "NO" GOTO 2830
2680      PRINT "CONTESTE SI O NO"

```

```

2740      GOTO 2700
2750 PRINT "DE EL NUMERO DEL MERCADO"
2760 INPUT M
2770 PRINT "DEL EL NUMERO DEL PRODUCTO"
2780 INPUT h
2790 PRINT "DE EL PRECIO DE VENTA EN EL MERCADO *I MI * DEL PRODUCTO *I K
2800 INPUT PVI(M)
2810 PRINT "DESEA CORREGIR OTRO DATO? (SI O NO)"
2820 GOTO 2700
2830 CLS
2840 PRINT "LECTURA DE LA DEMANDA EN EL MERCADO n DEL PRODUCTO I SI LA "
      "LOCALIZACION ES I."

2850 PRINT
2860 PRINT "LAS UNIDADES SON: UNIDADES DE PRODUCTO TERMINADO DEMANDADAS"
2870 PRINT
2880 FOR L = 1 TO LL
2890     FOR M = 1 TO MM
2900         FOR K = 1 TO MK
2910             PRINT "DE LA CANTIDAD DEMANDADA DEL PRODUCTO"
2920                 " * I MI * POR EL MERCADO * I MI * SI "
2930                     "LA LOCALIZACION"
2940                     PRINT "ES: I L
2950                         INPUT DI(K,L,M)
2960                 NEXT K
2970             NEXT M
2980         NEXT L
2990 PRINT "DESEA CORREGIR ALGUN DATO? (SI O NO)"
3000 INPUT C7%
3010 IF C7% = "SI" GOTO 3030
3020     IF C7% = "NO" GOTO 3130
3030     PRINT "CONTESTE SI O NO"
3040     GOTO 2900
3050 PRINT "DE EL NUMERO DE LA LOCALIZACION"
3060 INPUT L
3070 PRINT "DE EL NUMERO DEL MERCADO"
3080 INPUT M
3090 PRINT "DE EL NUMERO DEL PRODUCTO"
3100 INPUT K
3110 PRINT "DE LA CANTIDAD DEMANDADA DEL PRODUCTO *I KI * POR EL MERCADO *
      I MI * SI LA LOCALIZACION ES *I L
3120 INPUT DI(K,L,M)
3130 PRINT "DESEA CORREGIR OTRO DATO? (SI O NO)"
3140 GOTO 2900
3150 CLS
3160 DIM CT(LL), IU(LL), UB(LL), VT(LL)
3170 DIM DT(MK,LL), MC(M,LL), VP(MK,LL)
3180 ON ERROR GOTO 3210
3190 DIM X3(MK,LL), X5(MK,LL), X7(MK,LL), X8(MK,LL), X9(MK,LL)
3200 DIM X1(I,II,JJ,LL), X2(II,KK,LL), X4(MK,LL,MM), X6(MK,LL,MM)
3210 ER = 0
3220 GOTO 3220
3230 ER = 1
3240 FOR L = 1 TO LL
3250     CT(L) = 0
3260     VT(L) = 0
3270     FOR I = 1 TO II
3280         CN = 0
3290         FOR J = 1 TO JJ
3300             IF C(I,J) = 0 GOTO 3370
3310             CS = C(I,J) + VM(J,L)

```

```

3300          IF ER = 0 THEN X1(I,J,L) = CS
3310          CN = CN + 1
3320          IF CN = 1 GOTO 3350
3330          MC(I,L) = CS
3340          GOTO 3370
3350          IF MC(I,L) = CS GOTO 3370
3360          MC(I,L) = CS
3370      NEXT J
3380      NEXT I
3390      FOR K = 1 TO KK
3400          CM = 0
3410          FOR I = 1 TO II
3420              IF R1(I,K) = 0 GOTO 3460
3430              SM = MC(I,L) * R1(I,K)
3440              IF ER = 0 THEN X3(I,K,L) = SM
3450              CM = SM + CM
3460          NEXT I
3470          IF ER = 0 THEN X3(K,L) = CM
3480          TT = 0
3490          DT(K,L) = 0
3500          VP(K,L) = 0
3510          FOR M = 1 TO MM
3520              DT(K,L) = D1(K,L,M) + DT(K,L)
3530              TC = D1(K,L,M) * TP(L,K)
3540              IF ER = 0 THEN X4(K,L,M) = TC
3550              TT = TC + TT
3560              V = D1(K,L,M) * PV(K,M)
3570              IF ER = 0 THEN X6(K,L,M) = V
3580              VP(K,L) = V + VP(K,L)
3590          NEXT M
3600          IF ER = 0 THEN X5(K,L) = TT
3610          ST = CM + CP(K,L)
3620          IF ER = 0 THEN X7(K,L) = ST
3630          PT = ST + DT(K,L)
3640          IF ER = 0 THEN X8(K,L) = PT
3650          CL = PT + TT
3660          IF ER = 0 THEN X9(K,L) = CL
3670          CT(L) = CL + CT(L)
3680          VT(L) = VP(K,L) + VT(L)
3690      NEXT K
3700      UB(L) = VT(L) - CT(L)
3710      IU(L) = (UB(L) / VT(L)) * 100
3720      NEXT L
3730      '
3740      ' IMPRESION DE LOS CALCULOS
3750      '
3760      IF ER = 1 GOTO 4910
3770      PRINT "DESEA IMPRIMIR LOS CALCULOS? (SI O NO)"
3780      INPUT CAS
3790      IF CAS = "SI" GOTO 3830
3800      IF CAS = "NO" GOTO 4920
3810      PRINT "CONTESTE SI O NO"
3820      GOTO 3770
3830      FOR L = 1 TO LL
3840          IF L = 1 GOTO 3860
3850          SYSTEM "F"
3860          LPRINT
3870          LPRINT
3880          LPRINT TAB(36) "COSTO MINIMO POR UNIDAD DE MATERIA PRIMA EN"
          " LA LOCALIZACION" L

```

```

3970 LPRINT TAB(36) STRING$(62,"*")
3980 LPRINT
3990 LPRINT TAB(24) "No." TAB(35) "No." TAB(49) "MP" TAB(66)
      "TMP" TAB(83) "CM" TAB(97) "MC( I , * I LI )"
3998 LPRINT TAB(24) "MP" TAB(36) "F" TAB(46) "(% / UMP)" TAB(63)
      "(% / UMP)" TAB(83) "(% / UMP)" TAB(98) "(% / UMP)"
3998 FOR I = 1 TO II
3998 LPRINT TAB(24) I
3998 FOR J = 1 TO JJ
3998 IF C(I,J) = 0 GOTO 4010
3998 IF X(I;J;L) = MC(I;L) GOTO 4003
3998 LPRINT TAB(34) J TAB(48) C(I,J)
3998 TAB(66) TM(J;L) TAB(82)
3998 X(I;J;L)
3998 GOTO 4010
3998 LPRINT TAB(34) J TAB(48) C(I,J) TAB(66)
4000 TM(J;L) TAB(82) X(I;J;L) TAB(82) "*"
4000
4010 NEXT J
4010 NEXT I
4010 FOR K = 1 TO KK
4010 SYSTEM "*"
4010 LPRINT
4010 LPRINT TAB(19) "COSTO TOTAL DE LAS MATERIAS PRIMAS "
4010 "REQUERIDAS PARA FABRICAR EL PRODUCTO" I KI
4010 " EN LA LOCALIZACION" L
4010 TAB(19) STRING$(95,"*")
4010 LPRINT
4010 LPRINT TAB(39) "No." TAB(53) "MC" TAB(71) "R"
4010 TAB(87) "SM"
4010 LPRINT TAB(39) "MP" TAB(58) "(% / UMP)" TAB(66)
4010 "(UMP / UPT)" TAB(84) "(% / UPT)"
4010 FOR I = 1 TO II
4010 IF R(I;K) = 0 GOTO 4160
4010 LPRINT TAB(38) I TAB(52) MC(I;L) TAB(78)
4010 R(I;K) TAB(87) X2(I;K;L)
4010
4010 NEXT I
4010 LPRINT TAB(75) "CM( I KI , * I LI )" = " TAB(87)
4010 X3(K;L)
4010 LPRINT TAB(75) STRING$(14,"*")
4010
4010 NEXT K
4010 SYSTEM "*"
4010 LPRINT
4010 LPRINT TAB(35) "COSTO DE PRODUCCION TOTAL DE CADA PRODUCTO EN"
4010 " LA LOCALIZACION" L
4010 TAB(35) STRING$(63,"*")
4010 LPRINT
4010 LPRINT TAB(29) "P" TAB(42) "CM" TAB(59) "CP" TAB(76) "ST"
4010 TAB(92) "D" TAB(103) "PT"
4010 LPRINT TAB(18) "No" TAB(39) "(% / UPT)" TAB(56) "(% / UPT)"
4010 TAB(73) "(% / UPT)" TAB(90) "(UPT)" TAB(183) "(%)"
4010 FOR K = 1 TO KK
4010 LPRINT TAB(28) K TAB(40) X3(K;L) TAB(57) CP(K;L)
4010 TAB(74) X7(K;L) TAB(91) DT(K;L) TAB(188)
4010 X8(K;L)
4010
4010 NEXT K
4010 FOR K = 1 TO KK

```

```

4330      SYSTEM *T*
4340      LPRINT
4350      LPRINT
4360      LPRINT TAB(43) *COSTO TOTAL DEL PRODUCTO* I KI * EN LA*
          * LOCALIZACION* I L
4370      LPRINT TAB(43) STRING$(47, " ")
4380      LPRINT
4390      LPRINT
4400      LPRINT TAB(46) *M* TAB(56) *D* TAB(70) *TM* TAB(84)
          *TC*
4410      LPRINT TAB(54) *(UPT)* TAB(67) *(% / UPT)* TAB(84)
          *(%)*
4420      FOR M = 1 TO MM
          LPRINT TAB(45) M TAB(54) D(K,L,M) TAB(70)
          TP(L,M) TAB(83) X4(K,L,M)
4430      NEXT M
4440      NEXT K
4450      LPRINT TAB(71) *TT*(I KI * I L I *) = * TAB(83) X5(K,L)
4460      LPRINT TAB(71) BTRING$(14, " ")
4470      SYSTEM *T*
4480      LPRINT
4490      LPRINT
4500      LPRINT TAB(51) *COSTO TOTAL EN LA LOCALIZACION* I L
4510      LPRINT TAB(51) BTRING$(32, " ")
4520      LPRINT
4530      LPRINT TAB(47) *P* TAB(58) *PT* TAB(71) *TT* TAB(84) *CL*
4540      LPRINT TAB(58) *(%)* TAB(71) *(%)* TAB(84) *(%)*
4550      FOR K = 1 TO KK
          LPRINT TAB(46) K TAB(56) X8(K,L) TAB(69) X5(K,L)
          TAB(82) X9(K,L)
4560
4570      NEXT K
4580      LPRINT
4590      LPRINT TAB(74) *CT*(I L I *) = * TAB(82) CT(L)
4600      LPRINT TAB(70) BTRING$(17, " ")
4610      FOR K = 1 TO KK
          SYSTEM *T*
4620      LPRINT
4630      LPRINT
4640      LPRINT
4650      LPRINT TAB(42) *VENTAS TOTALES DEL PRODUCTO* I KI * EN*
          * LA LOCALIZACION* I L
4660      LPRINT TAB(42) STRING$(30, " ")
4670      LPRINT
4680      LPRINT TAB(43) *M* TAB(56) *D* TAB(72) *PV* TAB(89)
          *V*
4690      LPRINT TAB(54) *(UPT)* TAB(69) *(% / UPT)* TAB(88)
          *(%)*
4700      FOR M = 1 TO MM
          LPRINT TAB(42) M TAB(55) D(K,L,M) TAB(70)
          PV(K,M) TAB(86) X6(K,L,M)
4710
4720      NEXT M
4730      LPRINT
4740      LPRINT TAB(74) *VP*(I KI * I MI *) = * TAB(86)
          VP(K,L)
4750      LPRINT TAB(74) STRING$(19, " ")
4760      NEXT K
4770      SYSTEM *T*
4780      LPRINT
4790      LPRINT
4800      LPRINT
4810      LPRINT TAB(49) *VENTAS TOTALES EN LA LOCALIZACION* I L
4820      LPRINT TAB(49) STRING$(35, " ")
4830      LPRINT

```

```

4030      LPRINT TAB(58) "P" TAB(74) "V" TAB(73) "($)"
4040      FOR K = 1 TO KK
4050          LPRINT TAB(57) K TAB(71) VP(K:L)
4060      NEXT K
4070      LPRINT
4080      LPRINT TAB(61) "VT(*1 LI *) = " TAB(71) VT(L)
4090  NEXT L
4100  SYSTEM "T"
4110  '
4120  'IMPRESION DE RESULTADOS
4130  '
4140  LPRINT
4150  LPRINT
4160  LPRINT
4170  LPRINT TAB(46) "UTILIDAD BRUTA E INDICE UTILIDAD A VENTAS"
4180  LPRINT TAB(46) STRING$(41,"*")
4190  LPRINT
4200  LPRINT
4210  LPRINT
4220  LPRINT TAB(35) "LOCALIZACION" TAB(57) "VT" TAB(70) "CT" TAB(83)
      "UB" TAB(96) "IU"
4230  LPRINT TAB(57) "($)" TAB(70) "($)" TAB(83) "($)" TAB(96) "(%)"
4240  FOR L = 1 TO LL
4250      LPRINT
4260      LPRINT TAB(40) L TAB(55) VT(L) TAB(60) CT(L) TAB(81) UB(L)
      TAB(94) IU(L)
4270  NEXT L
4280  END

```

UTILIDAD BRUTA E INDICE UTILIDAD A VENTAS

LOCALIZACION	VT (\$)	CT (\$)	UB (\$)	IU (%)
1	649560	470452	179117	27.5747
2	650027	621025	229002	26.9406

A.5. METODO CRAFT

A.5.1. Descripción

Este programa encuentra la ubicación de departamentos que tiene el costo total mínimo, tomando en cuenta los costos y los movimientos interdepartamentales.

El programa requiere como datos: el número total de departamentos, la ubicación en coordenadas rectangulares de éstos, la matriz de movimiento de los materiales y la matriz de costos unitarios.

El listado de salida presenta, además de los datos, la siguiente información: el ahorro que existe al intercambiar por pares los departamentos y el nuevo costo total; la ubicación final de los departamentos y el costo total mínimo.

A.5.2. Listado

A.5.3. Listado de Resultados

Se consideraron los datos mostrados en el ejemplo de la sección 2.2.5, además, se presenta la solución al - ejercicio propuesto de la misma sección.

```

10  CLS
20  SYSTEM 'T'
30  '
40  'METODO C R A F T
50  '
60  'PROGRAMA PARA REUBICAR DEPARTAMENTOS; SE CONSIDERAN
70  'LOS COSTOS Y LOS MOVIMIENTOS ENTRE DEPARTAMENTALES.
80  '
90  'AUTOR: JUAN GERMAN VALENZUELA RAMOS
100 '
110 'FECHA: JUNIO DE 1983
120 '
130 '
140 'MATRICES
150 '
160 'C = COSTO UNITARIO POR EL MOVIMIENTO DE LOS MATERIALES ENTRE DOS
170 'DEPARTAMENTOS
180 'M = CANTIDAD DE MATERIALES QUE SE MUEVEN ENTRE DOS DEPARTAMENTOS
190 'MC = COSTO TOTAL POR MOVIMIENTO DE LOS MATERIALES ENTRE DOS
200 'DEPARTAMENTOS
210 '
220 'VARIABLES
230 '
240 'AH = AHORRO AL INTERCAMBIAR DOS DEPARTAMENTOS
250 'AX = AUXILIAR. COORDENADA X
260 'AY = AUXILIAR. COORDENADA Y
270 'CL = MAXIMO NUMERO DE DIGITOS DE C(I;J)
280 'CI = COSTO TOTAL INICIAL
290 'CM = COSTO MINIMO
300 'CT = COSTO TOTAL
310 'C1 = NUMERO DE DIGITOS DE M(I;J)
320 'C2 = NUMERO DE DIGITOS DE C(I;J)
330 'D = DISTANCIA ENTRE DOS DEPARTAMENTOS
340 'EC = TABULADOR DE LA MATRIZ DE COSTOS UNITARIOS
350 'EM = TABULADOR DE LA MATRIZ DE MOVIMIENTO DE LOS MATERIALES
360 'I1 = CONTADOR
370 'I2 = CONTADOR
380 'N1 = CONTADOR
390 'N2 = MAXIMO NUMERO DE DIGITOS DE M(I;J)
400 'ND = NUMERO TOTAL DE DEPARTAMENTOS A REUBICAR
410 'SC = NUMERO DE DIGITOS DEL NUMERO CM
420 'SE = CONTADOR
430 'S1 = NUMERO DE DIGITOS DEL NUMERO CI
440 'X2 = CUADRADO DE LA DISTANCIA *X* DE LOS DEPARTAMENTOS
450 'Y2 = CUADRADO DE LA DISTANCIA *Y* DE LOS DEPARTAMENTOS
460 '
470 'VARIABLES ALFANUMERICAS
480 '
490 'CO = LEE SI DESEA CORREGIR ALGUN COSTO
500 'CC = LEE SI DESEA CORREGIR ALGUNA COORDENADA
510 'CS = DIGITOS DEL NUMERO C(I;J)
520 'NM = LEE SI DESEA CORREGIR ALGUNA CANTIDAD DE LA MATRIZ DE MOVIMIENTO
530 'DE LOS MATERIALES
540 'NN = LEE SI DESEA MODIFICAR EL NUMERO TOTAL DE DEPARTAMENTOS
550 'NS = DIGITOS DEL NUMERO M(I;J)
560 'SC = CADENA DE DIGITOS DEL NUMERO CM
570 'SI = CADENA DE DIGITOS DEL NUMERO CI
580 'X = LEE SI DESEA CORREGIR LA COORDENADA X
590 'Y = LEE SI DESEA CORREGIR LA COORDENADA Y
600 '

```

```

610 'VECTORES'
620 '
630 'CX = COORDENADA X DEL DEPARTAMENTO I
640 'CY = COORDENADA Y DEL DEPARTAMENTO I
650 '
660 'LECTURA DE LOS DATOS
670 '
680 PRINT
690 PRINT 'DE EL NUMERO TOTAL DE DEPARTAMENTOS A REUBICAR'
700 INPUT ND
710 PRINT 'DESEA MODIFICAR EL NUMERO TOTAL DE DEPARTAMENTOS? (SI O NO)'
720 INPUT MM%
730 IF MM% = 'SI' GOTO 770
740 IF MM% = 'NO' GOTO 820
750 PRINT 'CONTESTE SI O NO'
760 GOTO 720
770 PRINT 'DE EL NUMERO TOTAL DE DEPARTAMENTOS A REUBICAR CORRECTO'
780 INPUT NU
790 PRINT 'DESEA MODIFICAR NUEVAMENTE EL NUMERO TOTAL DE DEPARTAMENTOS?'
800 PRINT '(SI O NO)'
810 GOTO 720
820 DIM C(ND,ND), CX(ND), CY(ND), M(ND,ND), MC(ND,ND)
830 PRINT
840 PRINT 'UBICACION DE LOS DEPARTAMENTOS'
850 PRINT STRING$(30, " ")
860 PRINT
870 PRINT 'LOS DATOS DEBEN SER SUMINISTRADOS EN COORDENADAS RECTANGULARES'
880 FOR I = 1 TO ND
890 PRINT 'DE LAS COORDENADAS DEL DEPARTAMENTO' I
900 PRINT 'PRIMERO LA COORDENADA 'X' Y DESPUES LA 'Y' SEPARADAS'
910 PRINT 'POR UNA COMA'
920 INPUT CX(I), CY(I)
930 NEXT I
940 PRINT
950 PRINT 'DESEA CORREGIR ALGUNA COORDENADA? (SI O NO)'
960 INPUT CC%
970 IF CC% = 'SI' GOTO 1000
980 IF CC% = 'NO' GOTO 1220
990 PRINT 'CONTESTE SI O NO'
1000 GOTO 950
1010 PRINT
1020 PRINT 'DE EL NUMERO DEL DEPARTAMENTO AL QUE VA A CORREGIR (UIS)'
1030 INPUT I
1040 PRINT 'DESEA CORREGIR LA COORDENADA 'X' DEL DEPARTAMENTO' I ?'
1050 PRINT '(SI O NO)'
1060 INPUT XS
1070 IF XS = 'SI' GOTO 1090
1080 IF XS = 'NO' GOTO 1110
1090 PRINT 'CONTESTE SI O NO'
1100 GOTO 1040
1110 PRINT 'DE LA COORDENADA 'X' DEL DEPARTAMENTO' I 'CORRECTA'
1120 INPUT CA(1)
1130 PRINT 'DESEA CORREGIR LA COORDENADA 'Y' DEL DEPARTAMENTO' I ?'
1140 PRINT '(SI O NO)'
1150 INPUT YS
1160 IF YS = 'SI' GOTO 1170
1170 IF YS = 'NO' GOTO 1190
1180 PRINT 'CONTESTE SI O NO'
1190 GOTO 1120

```

```

1740 INPUT I
1750 PRINT "DE EL NUMERO DEL DEPARTAMENTO A DONDE LLEGAN LOS MATERIALES"
1760 INPUT J
1770 IF I < J GOTO 1800
1780 PRINT "ERROR. I = J * I I
1790 GOTO 1730
1800 PRINT "DE EL COSTO UNITARIO POR EL MOVIMIENTO DE LOS MATERIALES - DEL"
1810 PRINT "DEPARTAMENTO" I " AL DEPARTAMENTO" J
1820 INPUT C(I,J)
1830 PRINT "DESEA CORREGIR OTRO COSTO (SI O NO)"
1840 GOTO 1600
1850
1860 "CALCULO DE LA MATRIZ MOVIMIENTO - COSTO
1870 "EN BASE A LA MATRIZ DE MOVIMIENTO DE LOS MATERIALES
1880 "Y A LA MATRIZ DEL COSTO UNITARIO.
1890
1900 CLS
1910 FOR I = 1 TO ND
1920 FOR J = 1 TO ND
1930 IF I = J GOTO 1950
1940 MC(I,J) = M(I,J) * C(I,J)
1950 NEXT J
1960 NEXT I
1970
1980 "CALCULO DE LAS DISTANCIAS ENTRE LOS DEPARTAMENTOS Y DETERMINACION
1990 "DEL COSTO INICIAL
2000
2010 CI = 0
2020 FOR I = 1 TO ND - 1
2030 II = I + 1
2040 FOR J = II TO ND
2050 X2 = (CX(II) - CX(J)) ^ 2
2060 Y2 = (CY(II) - CY(J)) ^ 2
2070 D = SQR(X2 + Y2)
2080 CI = CI + D * (MC(II,J) + MC(J,II))
2090 NEXT J
2100 NEXT I
2110
2120 "IMPRESION DE LOS DATOS
2130
2140 LPRINT
2150 LPRINT
2160 LPRINT
2170 LPRINT
2180 LPRINT
2190 LPRINT TAB(44) "LA UBICACION INICIAL DE LOS DEPARTAMENTOS ES:"
2200 LPRINT TAB(44) STRING$(45," ")
2210 LPRINT
2220 LPRINT TAB(51) "DEPARTAMENTO" TAB(72) "COORDENADAS"
2230 LPRINT TAB(56) "No" TAB(72) "X" TAB(82) "Y"
2240 LPRINT
2250 FOR I = 1 TO ND
2260 LPRINT TAB(56) I TAB(71) CX(I) TAB(81) CY(I)
2270 LPRINT
2280
2290 NEXT I
2300 ML = 0
2310 CL = 0
2320 FOR I = 1 TO ND
2330 FOR J = 1 TO ND
2340 MS = STR$(M(I,J))

```

```

1170 PRINT "DE LA COORDENADA 'Y' DEL DEPARTAMENTO": I: I: "CORRECTA"
1180 INPUT CY(I)
1190 PRINT
1200 PRINT "DESEA CORREGIR OTRA COORDENADA? (SI O NO)"
1210 GOTO 950
1220 CLS
1230 PRINT
1240 PRINT "LECTURA DE LA MATRIZ DE MOVIMIENTO DE LOS MATERIALES"
1250 PRINT STRING$(152," ")
1260 PRINT
1270 FOR I = 1 TO ND
1280     FOR J = 1 TO ND
1290         IF I = J GOTO 1330
1300         PRINT "DE LA CANTIDAD DE MATERIALES QUE SE MUEVEN DEL"
1310             "DEPARTAMENTO": I
1320         PRINT "AL DEPARTAMENTO": J
1330         INPUT M(I,J)
1340     NEXT J
1350 NEXT I
1360 PRINT
1370 PRINT "DESEA CORREGIR ALGUNA CANTIDAD? (SI O NO)"
1380 INPUT MM$
1390 IF MM$ = "SI" GOTO 1420
1400 IF MM$ = "NO" GOTO 1530
1410 PRINT "CONTESTE SI O NO"
1420 GOTO 1370
1430 PRINT "LE EL NUMERO DEL DEPARTAMENTO DE DONDE SALEN LOS MATERIALES"
1440 INPUT I
1450 PRINT "DE EL NUMERO DEL DEPARTAMENTO A DONDE LLEGAN LOS MATERIALES"
1460 INPUT J
1470 IF I <> J GOTO 1490
1480 PRINT "ERROR. I = J = " I
1490 GOTO 1420
1500 PRINT "DE LA CANTIDAD DE MATERIALES QUE SE MUEVEN DEL DEPARTAMENTO": I
1510     "AL DEPARTAMENTO": J
1520 INPUT M(I,J)
1530 PRINT "DESEA CORREGIR OTRA CANTIDAD? (SI O NO)"
1540 GOTO 1370
1550 CLS
1560 PRINT
1570 PRINT "LECTURA DE LA MATRIZ DE COSTOS UNITARIOS"
1580 PRINT STRING$(140," ")
1590 PRINT
1600 FOR I = 1 TO ND
1610     FOR J = 1 TO ND
1620         IF I = J GOTO 1640
1630         PRINT "DE EL COSTO UNITARIO POR EL MOVIMIENTO DE LOS"
1640             "MATERIALES DEL DEPARTAMENTO": I
1650         PRINT "AL DEPARTAMENTO": J
1660         INPUT C(I,J)
1670     NEXT J
1680 NEXT I
1690 PRINT
1700 PRINT "DESEA CORREGIR ALGUN COSTO? (SI O NO)"
1710 INPUT CO$
1720 IF CO$ = "SI" GOTO 1730
1730 IF CO$ = "NO" GOTO 1030
1740 PRINT "CONTESTE SI O NO"
1750 GOTO 1600
1760 PRINT "DE EL NUMERO DEL DEPARTAMENTO DE DONDE SALEN LOS MATERIALES"

```

```

2340          C1 = LEN(MS*)
2350          IF ML >= C1 GOTO 2370
2360              ML = C1
2370          CS* = STR$(C1;J)
2380          C2 = LEN(CS*)
2390          IF CL >= C2 GOTO 2410
2400              CL = C2
2410      NEXT J
2420      NEXT I
2430      ML = ML + 2
2440      CL = CL + 2
2450      EM = B4 - (ML * ND)
2460      EC = B4 - (CL * ND)
2470      IF EC < 7 OR EM < 7 GOTO 292W
2480          EM = 7
2490          EC = 7
2500          SYSTEM 'T'
2510          LPRINT
2520          LPRINT
2530          LPRINT TAB(43) "MATRIZ DE MOVIMIENTO DE LOS MATERIALES (DATOS)"
2540          LPRINT TAB(43) STRING$(46,"*")
2550          LPRINT
2560          FOR K = 1 TO ND
2570              LPRINT TAB(EM + (K - 1)*ML) K;
2580              IF K = ND THEN LPRINT
2590          NEXT K
2600          FOR I = 1 TO ND
2610              LPRINT
2620              LPRINT TAB(EM - 5) I;
2630              FOR J = 1 TO ND
2640                  IF I = J GOTO 2670
2650                      LPRINT TAB(EM + (J - 1)*ML) M(I;J);
2660                      GOTO 2680
2670                  LPRINT TAB(EM + (J - 1)*ML) " * ";
2680                  IF J = ND THEN LPRINT
2690              NEXT J
2700          NEXT I
2710          SYSTEM 'T'
2720          LPRINT
2730          LPRINT
2740          LPRINT TAB(49) "MATRIZ DE COSTOS UNITARIOS (DATOS)"
2750          LPRINT TAB(49) STRING$(34,"*")
2760          LPRINT
2770          FOR K = 1 TO ND
2780              LPRINT TAB(EC + (K - 1)*CL) K;
2790              IF K = ND THEN LPRINT
2800          NEXT K
2810          FOR I = 1 TO ND
2820              LPRINT
2830              LPRINT TAB(EC - 5) I;
2840              FOR J = 1 TO ND
2850                  IF I = J GOTO 2880
2860                      LPRINT TAB(EC + (J - 1)*CL) C(I;J);
2870                      GOTO 2890
2880                  LPRINT TAB(EC + (J - 1)*CL) " * ";
2890                  IF J = ND THEN LPRINT
2900              NEXT J
2910          NEXT I
2920      SYSTEM 'T'
2930      LPRINT

```

```

2940 LPRINT
2950 LPRINT
2960 LPRINT
2970 LPRINT
2980 LPRINT TAB(51) "EL COSTO TOTAL INICIAL ES:" I CI
2990 S1 = STR(CI)
3000 SI = LEN(S1)
3010 LPRINT TAB(51) STRING$(26 + SI, " ")
3020 LPRINT
3030 LPRINT
3040 LPRINT
3050
3060 *CALCULO DEL COSTO TOTAL AL INTERCAMBIAR PARES DE DEPARTAMENTOS.
3070
3080 CM = CI
3090 K0 = 0
3100 SE = 0
3110 FOR I = 1 TO ND - 1
3120     I1 = I + 1
3130     FOR J = I1 TO ND
3140         'SE INTERCAMBIAN DEPARTAMENTOS
3150
3160         AX = CX(I)
3170         AY = CY(I)
3180         CX(I) = CX(J)
3190         CY(I) = CY(J)
3200         CX(J) = AX
3210         CY(J) = AY
3220
3230         'CALCULO DE LAS DISTANCIAS ENTRE LOS DEPARTAMENTOS
3240         'DETERMINACION DEL COSTO TOTAL
3250
3260         CT = 0
3270         FOR K = 1 TO ND - 1
3280             K1 = K + 1
3290             FOR L = K1 TO ND
3300                 X2 = (CX(K) - CX(L)) ^ 2
3310                 Y2 = (CY(K) - CY(L)) ^ 2
3320                 D = SQRT(X2 + Y2)
3330                 CT = CT + D * (MC(K,L) + MC(L,K))
3340
3350             NEXT L
3360         NEXT K
3370
3380         'COMPARA LOS COSTOS PARA DETERMINAR SI ES ADECUADO EL
3390         'INTERCAMBIO DE DEPARTAMENTOS
3400
3410         IF CT >= CM GOTO 3580
3420             AH = CM - CT
3430             CM = CT
3440             SE = SE + 1
3450             K0 = K0 + 1
3460             LPRINT
3470             LPRINT TAB(13) "INTERCAMBIANDO EL DEPARTAMEN"
3480                 "TO" I I1 "POR EL DEPARTAMENTO" I J I
3490                 "EXISTE UN AHORRO DE" I AH I TAB(77) "Y
3500                 "EL COSTO TOTAL ES" I CT
3510             GOTO 3560
3520         CM = CM
3530         AX = CX(I)

```


LA UBICACION INICIAL DE LOS DEPARTAMENTOS ES:

DEPARTAMENTO No	COORDENADAS	
	X	Y
1	4	3
2	8	3
3	0	3
4	4	0
5	8	0
6	12	0
7	0	0

MATRIZ DE MOVIMIENTO DE LOS MATERIALES (DATOS)

	1	2	3	4	5	6	7
1	*	3	3	0	0	0	0
2	0	*	3	3	2	1	0
3	0	2	*	4	0	5	0
4	0	3	3	*	1	0	0
5	0	1	2	0	*	0	0
6	0	0	0	0	0	*	6
7	0	0	0	0	0	0	*

MATRIZ DE COSTOS UNITARIOS (DATOS)

	1	2	3	4	5	6	7
1	0	1	1	1	1	1	:
2	1	0	1	1	1	1	1
3	1	1	0	1	1	1	1
4	1	1	1	0	1	1	1
5	1	1	1	1	0	1	1
6	1	1	1	1	1	0	1
7	1	1	1	1	1	1	0

EL COSTO TOTAL INICIAL ES: 297.935

INTERCAMBIANDO EL DEPARTAMENTO 1 POR EL DEPARTAMENTO 2 EXISTE UN AHORRO DE 10.456	Y EL COSTO TOTAL ES 287.479
INTERCAMBIANDO EL DEPARTAMENTO 1 POR EL DEPARTAMENTO 3 EXISTE UN AHORRO DE 47.9346	Y EL COSTO TOTAL ES 239.544
INTERCAMBIANDO EL DEPARTAMENTO 1 POR EL DEPARTAMENTO 5 EXISTE UN AHORRO DE 4	Y EL COSTO TOTAL ES 235.544
INTERCAMBIANDO EL DEPARTAMENTO 1 POR EL DEPARTAMENTO 6 EXISTE UN AHORRO DE 20.912	Y EL COSTO TOTAL ES 214.632
INTERCAMBIANDO EL DEPARTAMENTO 1 POR EL DEPARTAMENTO 7 EXISTE UN AHORRO DE 24	Y EL COSTO TOTAL ES 190.632
INTERCAMBIANDO EL DEPARTAMENTO 2 POR EL DEPARTAMENTO 4 EXISTE UN AHORRO DE 4	Y EL COSTO TOTAL ES 186.632
INTERCAMBIANDO EL DEPARTAMENTO 3 POR EL DEPARTAMENTO 4 EXISTE UN AHORRO DE 2.63202	Y EL COSTO TOTAL ES 184
INTERCAMBIANDO EL DEPARTAMENTO 1 POR EL DEPARTAMENTO 4 EXISTE UN AHORRO DE 4	Y EL COSTO TOTAL ES 180
INTERCAMBIANDO EL DEPARTAMENTO 2 POR EL DEPARTAMENTO 3 EXISTE UN AHORRO DE 6	Y EL COSTO TOTAL ES 174

LA UBICACION FINAL DE LOS DEPARTAMENTOS ES:

DEPARTAMENTO No.	COORDENADAS	
	X	Y
1	0	3
2	4	3
3	4	0
4	0	0
5	0	3
6	0	0
7	12	0

EL COSTO TOTAL MINIMO ES: 174

LA UBICACION INICIAL DE LOS DEPARTAMENTOS ES:

DEPARTAMENTO	COORDENADAS	
Nº	X	Y
1	0	0
2	8	0
3	12	0
4	22	0
5	28	0
6	32	0
7	44	0
8	50	0

MATRIZ DE MOVIMIENTO DE LOS MATERIALES (DATOS)

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	*	40	0	0	15	0	0	0
2	0	*	10	0	25	0	0	0
3	0	0	*	10	0	0	45	20
4	0	0	0	*	25	20	0	0
5	0	0	45	20	*	15	10	0
6	0	15	20	0	0	*	0	0
7	0	0	0	0	0	0	*	40
8	0	0	0	0	0	0	0	*

MATRIZ DE COSTOS UNITARIOS (DATOS)

=====

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	*	1.5	0	0	5.24	0	0	0
2	0	*	.75	0	3.74	0	0	0
3	0	0	*	1.87	0	0	5.98	7.11
4	0	0	0	*	1.12	1.07	0	0
5	0	0	2.99	1.12	*	.75	2.99	0
6	0	4.49	3.74	0	0	*	0	0
7	0	0	0	0	0	0	*	1.12
8	0	0	0	0	0	0	0	*

EL COSTO TOTAL INICIAL ES: 28508.4

INTERCAMBIANDO EL DEPARTAMENTO 1 POR EL DEPARTAMENTO 5 EXISTE UN AHORRO DE 776.801 Y EL COSTO TOTAL ES 27731.6
INTERCAMBIANDO EL DEPARTAMENTO 1 POR EL DEPARTAMENTO 6 EXISTE UN AHORRO DE 208.799 Y EL COSTO TOTAL ES 27522.8
INTERCAMBIANDO EL DEPARTAMENTO 1 POR EL DEPARTAMENTO 7 EXISTE UN AHORRO DE 1387.2 Y EL COSTO TOTAL ES 26135.6
INTERCAMBIANDO EL DEPARTAMENTO 1 POR EL DEPARTAMENTO 8 EXISTE UN AHORRO DE 290.404 Y EL COSTO TOTAL ES 25845.2
INTERCAMBIANDO EL DEPARTAMENTO 2 POR EL DEPARTAMENTO 5 EXISTE UN AHORRO DE 1358.8 Y EL COSTO TOTAL ES 24486.4
INTERCAMBIANDO EL DEPARTAMENTO 2 POR EL DEPARTAMENTO 7 EXISTE UN AHORRO DE 784.4 Y EL COSTO TOTAL ES 23702
INTERCAMBIANDO EL DEPARTAMENTO 3 POR EL DEPARTAMENTO 5 EXISTE UN AHORRO DE 1517.4 Y EL COSTO TOTAL ES 22184.6
INTERCAMBIANDO EL DEPARTAMENTO 4 POR EL DEPARTAMENTO 5 EXISTE UN AHORRO DE 1498 Y EL COSTO TOTAL ES 20686.6
INTERCAMBIANDO EL DEPARTAMENTO 4 POR EL DEPARTAMENTO 7 EXISTE UN AHORRO DE 844.4 Y EL COSTO TOTAL ES 19842.2
INTERCAMBIANDO EL DEPARTAMENTO 4 POR EL DEPARTAMENTO 8 EXISTE UN AHORRO DE 4802.8 Y EL COSTO TOTAL ES 15039.4
INTERCAMBIANDO EL DEPARTAMENTO 5 POR EL DEPARTAMENTO 6 EXISTE UN AHORRO DE 1066.2 Y EL COSTO TOTAL ES 13973.2
INTERCAMBIANDO EL DEPARTAMENTO 1 POR EL DEPARTAMENTO 4 EXISTE UN AHORRO DE 192.601 Y EL COSTO TOTAL ES 13780.6
INTERCAMBIANDO EL DEPARTAMENTO 3 POR EL DEPARTAMENTO 7 EXISTE UN AHORRO DE 433 Y EL COSTO TOTAL ES 13347.6

51

LA UBICACION FINAL DE LOS DEPARTAMENTOS ES:

DEPARTAMENTO	COORDENADAS	
(N ^o)	X	Y
1	44	0
2	32	0
3	12	0
4	50	0
5	28	0
6	22	0
7	8	0
8	0	0

EL COSTO TOTAL MINIMO ES: 13347.6

A.6. METODO DE LA RUTA CRITICA

A.6.1. Descripción

Este programa obtiene la ruta crítica de un conjunto de actividades.

Los datos que se emplean son: el número de actividades, el método a usar (determinístico o probabilístico), la matriz triangular inferior de secuencia, la unidad de tiempo en que están las actividades, la duración de las actividades, el tiempo máximo del proyecto (opcional) y en caso de haber elegido el método probabilístico, si se desea calcular la probabilidad de alguna actividad es necesario el tiempo de terminación de la actividad.

Si el número de actividades es menor o igual a veinte, el programa imprime la matriz triangular inferior de secuencia.

El programa imprime para cada actividad los siguientes tiempos: el estimado, el próximo de inicio, el próximo

de término, el lejano de término y el lejano de inicio. - Además, señala la holgura total, la dependiente y la independiente. Por último, muestra las actividades que pertenecen a la ruta crítica.

Si se optó por el método probabilístico, se obtiene también: el tiempo más probable, el optimista, el pesimista, la variancia y la variancia acumulada para cada actividad. Además, se puede tener la probabilidad de que una actividad X termine en n número de unidades de tiempo.

A.6.2. Listado

A.6.3. Listado de Resultados

Se utilizaron como datos los pertenecientes a los dos ejemplos de la sección 2.2.6.

```

10  CLS
20  SYSTEM 'T'
30  *
40  *PROGRAMA PARA OBTENER LA RUTA CRITICA DE UN CONJUNTO DE ACTIVIDADES
50  *
60  *AUTOR: JUAN GERMAN VALENZUELA RAMOS
70  *
80  *FECHA: MAYO DE 1983
90  *
100 *
110 *MATRICES
120 *
130 *MI = MATRIZ TRIANGULAR INFERIOR AL CORNER LA RED EN SENTIDO INVERSO
140 *MS = MATRIZ TRIANGULAR INFERIOR DE SECUENCIA
150 *
160 *VARIABLES
170 *
180 *C = CONTADOR
190 *H = HORA
200 *M = NUMERO MAXIMO DE S# DEL PROYECTO
210 *MX = MAXIMO VALOR DE P1
220 *N = NUMERO DE ACTIVIDADES
230 *NA = NUMERO DE LA ACTIVIDAD
240 *NH = NUMERO DE ACTIVIDADES MENOS UNO
250 *NU = CONTADOR
260 *SB = SUBINDICE
270 *TD = TIEMPO DESEADO DE LA ACTIVIDAD NA
280 *X = VARIABLE TIPIFICADA
290 *
300 *VARIABLES ALFANUMERICAS
310 *
320 *A = LEE SI DESEA CORREGIR EL NUMERO TOTAL DE ACTIVIDADES
330 *B = LEE SI DESEA MODIFICAR ALGUN DATO DE LA MATRIZ MS
340 *C = LEE SI DESEA MODIFICAR EL TIEMPO DE DURACION DE LA ACTIVIDAD NA
350 *D = LEE SI DESEA MODIFICAR ALGUNA DURACION
360 *E = LEE SI DESEA DAR UN NUMERO DE S# MAXIMO AL PROYECTO
370 *F = LEE SI DESEA LA IMPRESION DE LOS CALCULOS PROBABILISTICOS
380 *G = LEE SI DESEA LA IMPRESION DE LA MATRIZ DE SECUENCIAS
390 *H = MAYOR O MENOR
400 *I = LEE SI DESEA CORREGIR EL NUMERO TOTAL DE ACTIVIDADES
410 *PA = LEE SI DESEA CALCULAR LA PROBABILIDAD
420 *S = LEE LA UNIDAD DE TIEMPO EN QUE ESTAN DADAS LAS DURACIONES
    DE LAS ACTIVIDADES
430 *
440 *VARIABLES DE DOBLE PRECISION
450 *
460 *AU = CAMBIA LOS VALORES DE P1 Q
470 *A1 = D1 * T1
480 *A2 = D2 * T2
490 *A3 = D3 * T3
500 *A4 = D4 * T4
510 *A5 = D5 * T5
520 *B1 = CONSTANTE DE LA FUNCION DE APROXIMACION POLINOMIAL DE LA
    DISTRIBUCION NORMAL
530 *B2 = CONSTANTE DE LA FUNCION DE APROXIMACION POLINOMIAL DE LA
    DISTRIBUCION NORMAL
540 *B3 = CONSTANTE DE LA FUNCION DE APROXIMACION POLINOMIAL DE LA
    DISTRIBUCION NORMAL
550 *B4 = CONSTANTE DE LA FUNCION DE APROXIMACION POLINOMIAL DE LA
    DISTRIBUCION NORMAL

```

```

560 'S5 = CONSTANTE DE LA FUNCION DE APROXIMACION POLINOMIAL DE LA
      DISTRIBUCION NORMAL
570 'K1 = CONSTANTE
580 'K2 = VALOR DEL EXPONENTE Q
590 'P = AREA BAJO LA CURVA A LA IZQUIERDA DEL VALOR DE X
600 'PC = CONSTANTE PI (3.141592...)
610 'Q = AREA BAJO LA CURVA A LA DERECHA DEL VALOR DE X
620 'R = CONSTANTE
630 'SU = SUMA DE A1, A2, A3, A4 Y A5
640 'TR = VARIABLE
650 'T2 = TR + 2
660 'T3 = TR + 3
670 'T4 = TR + 4
680 'T5 = TR + 5
690 'Z = CURVA DE LA DISTRIBUCION NORMAL
700
710 'VECTORES
720
730 'CD = CONTADOR DIMENSIONADO
740 'HD = HUELGURA DEPENDIENTE
750 'HI = HUELGURA INDEPENDIENTE
760 'HT = HUELGURA TOTAL
770 'L = GUARDA LOS VALORES DE I DE LA MATRIZ MS
780 'LI = TIEMPO MAS LEJANO DE INICIO
790 'LT = TIEMPO MAS LEJANO DE TERMINO
800 'PI = TIEMPO MAS PROXIMO DE INICIO
810 'PT = TIEMPO MAS PROXIMO DE TERMINO
820 'TE = TIEMPO ESPERADO O DURACION DE LA ACTIVIDAD
830 'TM = TIEMPO MAS PROBABLE
840 'T = TIEMPO OPTIMISTA
850 'TP = TIEMPO PESIMISTA
860 'V = VARIACION DEL TIEMPO ESPERADO
870 'VA = VARIACION ACUMULADA
880
890 'VECTOR ALFANUMERICO
900
910 'RC = ACTIVIDADES DE LA RUTA CRITICA
920
930 'LECTURA DEL NUMERO DE ACTIVIDADES
940
950 PRINT "DE EL NUMERO TOTAL DE ACTIVIDADES"
960 INPUT N
970 PRINT "DESEA CORREGIR EL NUMERO TOTAL DE ACTIVIDADES? (SI O NO)"
980 INPUT M$
990 IF M$ = "SI" GOTO 960
      IF M$ = "NO" GOTO 1040
      PRINT "CONTESTE SI O NO"
      GOTO 980
1000 IF N (<= 0 GOTO 4700
1010 PRINT "DESEA UTILIZAR EL METODO PROBABILISTICO? (SI O NO)"
1020 INPUT A$
1030 IF A$ = "NO" GOTO 1110
      IF A$ = "SI" GOTO 1100
      PRINT "CONTESTE SI O NO"
      GOTO 1030
1040 DIM TM(N), TP(N), T(N), V(N), VA(N)
1050 DIM HD(N), HI(N), HT(N), CD(N), LN(N), LI(N), LT(N), MI(N,N), MS(N,N)
1060 DIM PI(N), PT(N), RC(N), TE(N)
1070 NM = N - 1
1080

```

```

1150 'LECTURA DE LA MATRIZ TRIANGULAR INFERIOR DE SECUENCIA
1160 '
1170 PRINT 'DATOS DE LA MATRIZ TRIANGULAR INFERIOR DE SECUENCIA'
1180 FOR I = 2 TO N
1190     FOR J = 1 TO I - 1
1200         PRINT 'DE EL VALOR DEL ELEMENTO MS(' I ; ' ; ' J ; ' )'
1210         INPUT MS(I,J)
1220     NEXT J
1230 NEXT I
1240 PRINT 'DESEA MODIFICAR ALGUN DATO? (SI O NO)'
1250 INPUT B$
1260 IF B$ = 'SI' GOTO 1350
1270 IF B$ = 'NO' GOTO 1420
1280 PRINT 'CONTESTE SI O NO'
1290 GOTO 1250
1300 FOR I = 1 TO N
1310     FOR J = 1 TO N
1320         PRINT 'EL VALOR DEL ELEMENTO MS(' I ; ' ; ' J ; ' )'
1330         ' ES ' I MS(I,J)
1340     NEXT J
1350 NEXT I
1360 PRINT 'DE EL VALOR DE I Y DE J SEPARADOS POR UNA COMA'
1370 INPUT I, J
1380 PRINT 'DE EL VALOR DEL ELEMENTO MS(' I ; ' ; ' J ; ' )'
1390 INPUT MS(I,J)
1400 PRINT 'DESEA MODIFICAR OTRO DATO? (SI O NO)'
1410 GOTO 1250
1420 '
1430 'CHEGUEO DE LOS DATOS DE LA MATRIZ MS
1440 '
1450 FOR I = 2 TO N
1460     FOR J = 1 TO I - 1
1470         IF MS(I,J) = 0 OR MS(I,J) = 1 THEN 1490
1480         PRINT 'ERROR EN MS(' I ; ' ; ' J ; ' )'
1490         GOTO 1370
1500     NEXT J
1510 NEXT I
1520 IF N > 20 GOTO 1000
1530 PRINT 'DESEA LA IMPRESION DE LA MATRIZ DE SECUENCIA? (SI O NO)'
1540 INPUT IM$
1550 IF IM$ = 'SI' GOTO 1500
1560 IF IM$ = 'NO' GOTO 1800
1570 PRINT 'CONTESTE SI O NO'
1580 GOTO 1530
1590 '
1600 'IMPRESION DE LA MATRIZ INFERIOR DE SECUENCIA (DATOS)
1610 '
1620 LPRINT TAB(43) 'MATRIZ TRIANGULAR INFERIOR DE SECUENCIA (DATOS)'
1630 LPRINT TAB(43) STRING$(47, '=')
1640 LPRINT
1650 LPRINT
1660 FOR K = 1 TO N - 1
1670     LPRINT TAB(10) K ; ' '
1680     IF K = N THEN LPRINT
1690 NEXT K
1700 LPRINT
1710 FOR I = 2 TO N
1720     LPRINT
1730     LPRINT TAB(2) I ;

```

```

1740         OR J = 1 TO I - 1
1750             LPRINT TAB(10) MS(I,J) * ' '
1760             IF J = I - 1 THEN LPRINT
1770         NEXT J
1780     NEXT I
1790     SYSTEM "T"
1800     '
1810     'OBTENCION DE LA MATRIZ TRIANGULAR INFERIOR AL RECORRER LA RED EN
1820     'SENTIDO INVERSO
1830     '
1840     FOR I = 2 TO N
1850         L = N + 1 - I
1860         FOR J = 1 TO I - 1
1870             K = N + 1 - J
1880             MI(K,L) = MS(I,J)
1890         NEXT J
1900     NEXT I
1910     '
1920     'LECTURA DE LOS TIEMPOS DE LAS ACTIVIDADES
1930     '
1940     PRINT "ESCRIBA LA UNIDAD DE TIEMPO EN QUE ESTAN DADAS LAS DURACIONES"
1950     PRINT "DE LAS ACTIVIDADES."
1960     INPUT S$
1970     IF AS = "SI" GOTO 2150
1980     PRINT "DURACION DETERMINISTICA DE LAS ACTIVIDADES"
1990     FOR I = 1 TO N
2000         PRINT "DE LA DURACION EN "I S$" DE LA ACTIVIDAD "I I
2010         INPUT TE(I)
2020     NEXT I
2030     PRINT "DESEA MODIFICAR ALGUNA DURACION? (SI O NO)"
2040     INPUT D$
2050     IF D$ = "SI" GOTO 2090
2060         IF D$ = "NO" GOTO 2420
2070         PRINT "CONTESTE SI O NO"
2080         GOTO 2040
2090     PRINT "DE EL NUMERO DE LA ACTIVIDAD"
2100     INPUT I
2110     PRINT "DE LA DURACION EN "I S$" DE LA ACTIVIDAD "I I
2120     INPUT TE(I)
2130     PRINT "DESEA MODIFICAR OTRA DURACION? (SI O NO)"
2140     GOTO 2040
2150     PRINT "DURACION PROBABILISTICA DE LAS ACTIVIDADES"
2160     FOR I = 1 TO N
2170         PRINT "DE LOS TIEMPOS OPTIMISTA, MAS PROBABLE Y PESIMISTA EN"
2180         PRINT "S$ " DE LA ACTIVIDAD "I I " SEPARADOS POR UNA COMA."
2190         INPUT T(I), TM(I), TP(I)
2200     NEXT I
2210     PRINT "DESEA MODIFICAR ALGUN TIEMPO? (SI O NO)"
2220     INPUT F$
2230     IF F$ = "SI" GOTO 2270
2240         IF F$ = "NO" GOTO 2350
2250         PRINT "CONTESTE SI O NO"
2260         GOTO 2220
2270     PRINT "DE EL NUMERO DE LA ACTIVIDAD "
2280     INPUT I
2290     PRINT "DE LOS TIEMPOS OPTIMISTA, MAS PROBABLE Y PESIMISTA "
2300     PRINT "EN "I S$ " CORRECTOS DE LA ACTIVIDAD "I I
2310     INPUT T(I), TM(I), TP(I)
2320     PRINT "DESEA CORREGIR OTRO TIEMPO? (SI O NO)"
2330     GOTO 2220

```

```

2340 'CALCULO DEL TIEMPO ESPERADO PROBABILISTICO
2350
2360
2370 FOR I = 1 TO N
2380     TE(I) = (T(I) + 4*TM(I) + TP(I)) / 6
2390     V(I) = ((TP(I) - T(I)) / 6) + 2
2400 NEXT I
2410 'OBTENCION DE LOS TIEMPOS MAS PROXIMOS DE INICIO (PI) Y TERMINO (PT)
2420
2430
2440 PI(I) = 0
2450 PT(I) = TE(I)
2460 CD(I) = 1
2470 C = 0
2480 FOR J = 2 TO N
2490     IF CD(J) = 1 GOTO 2670
2500     NU = 0
2510     FOR I = 1 TO J - 1
2520         IF MS(J,I) = 0 GOTO 2580
2530         IF CD(I) = 1 GOTO 2560
2540             C = C + 1
2550             GOTO 2670
2560     NU = NU + 1
2570     L(NU) = I
2580 NEXT I
2590     MX = PT(L(1))
2600     FOR I = 1 TO NU
2610         IF MX >= PT(L(I)) GOTO 2630
2620         MX = PT(L(I))
2630 NEXT I
2640     PI(J) = MX
2650     PT(J) = MX + TE(J)
2660     CD(J) = 1
2670 NEXT J
2680 IF C <> 0 GOTO 2470
2690 'OBTENCION DE LOS TIEMPOS MAS LEJANOS DE INICIO (LI) Y DE TERMINO (LT)
2700
2710
2720 PRINT "DESEA DAR UN NUMERO DE *1 5*1 * MAXIMO AL PROYECTO? (SI O NO)"
2730 INPUT I$
2740 IF I$ = "SI" GOTO 2780
2750 IF I$ = "NO" GOTO 2910
2760 PRINT "CONTESIE SI O NO"
2770 GOTO 2730
2780 PRINT "DE EL NUMERO MAXIMO DE *1 5*1 * DEL PROYECTO"
2790 INPUT M
2800 H = M - PT(N)
2810 IF H = 0 GOTO 2920
2820     LT(N) = H
2830     LI(N) = H - TE(N)
2840     HD(N) = H
2850     HT(N) = H
2860     IF H > 0 THEN K$ = "MAYOR" ELSE K$ = "MENOR"
2870     PRINT "DADO QUE LA FECHA DESEADA DE TERMINO DEL PROYECTO ES *1
2880     K$
2890     PRINT "QUE EL TIEMPO MAS PROXIMO DE TERMINACION, TODAS LAS*
2900     "ACTIVIDADES *
2910     PRINT "CRITICAS TENDRAN UNA MARGURA IGUAL A *1 H1 * *1 H$1 *."
2920     GOTO 2960
2930
2940 H = 0

```

```

2920 LT(N) = P1(N)
2930 LI(N) = PI(N)
2940 HD(N) = 0
2950 HT(N) = 0
2960 RCS(N) = 'R. C.'
2970 FOR I = 2 TO NM
2980   CD(I) = 0
2990 NEXT I
3000 FOR K = 2 TO N
3010   C = 0
3020   FOR L = 1 TO K - 1
3030     IF MI(K,L) <> 1 GOTO 3150
3040     C = C + 1
3050     IF C > 1 GOTO 3110
3060     I = N + 1 - L
3070     J = N + 1 - K
3080     LI(J) = LI(I)
3090     LI(J) = LI(J) - TE(J)
3100     GOTO 3150
3110     I = N + 1 - L
3120     IF LI(J) <= LI(I) GOTO 3150
3130     LI(J) = LI(I)
3140     LI(J) = LI(J) - TE(J)
3150   NEXT L
3160 NEXT K
3170 *OBTENCION DE LA HOLGURA TOTAL (HT), DEPENDIENTE (MD), INDEPEN-
3180 *DIENTE (HI) Y LAS ACTIVIDADES DE LA RUTA CRITICA.
3190 *
3200 FOR J = 1 TO N - 1
3210   C = 0
3220   FOR I = J + 1 TO N
3230     IF MS(I,J) <> 1 GOTO 3310
3240     C = C + 1
3250     IF C > 1 GOTO 3290
3260     AV = PI(I)
3270     GOTO 3310
3280     IF AV <= PI(I) GOTO 3310
3290     AV = PI(I)
3300   NEXT I
3310   HI(J) = AV - PT(J)
3320 NEXT J
3330 FOR J = 1 TO N - 1
3340   HT(J) = LI(J) - PI(J)
3350   HD(J) = HT(J) - HI(J)
3360   IF HT(J) = H OR HT(J) < 0.00001 GOTO 3400
3370   RCS(J) = 'R. C.'
3380   GOTO 3410
3390   RCS(J) = 'R. C.'
3400 NEXT J
3410 IF AS = 'NC' GOTO 3740
3420 *
3430 *CALCULO DE LA VARIACION ACUMULADA
3440 *
3450 FOR I = 1 TO N
3460   AV = 0
3470   IF I = 1 GOTO 3620
3480   IF MS(I,1) > 0 GOTO 3520
3490   EB = 1
3500   IF I > 2 THEN 3550 ELSE 3620

```

```

3030 AV = V(I)
3030 SB = 1
3040 IF I = 2 GOTO 3020
3050 FOR K = 2 TO I - 1
3060 IF MS(I,SB) > MS(I,K) GOTO 3010
3070 IF MS(I,K) = 0 GOTO 3010
3080 IF AV >= VA(K) GOTO 3010
3090 AV = VA(K)
3100 SB = K
3110 NEXT K
3120 VA(I) = V(I) + AV
3130 NEXT I
3140 FOR I = 1 TO N
3150 IF PI(I) < 0.00001 THEN PI(I) = 0
3160 IF PT(I) < 0.00001 THEN PT(I) = 0
3170 IF LT(I) < 0.00001 THEN LT(I) = 0
3180 IF LI(I) < 0.00001 THEN LI(I) = 0
3190 IF HT(I) < 0.00001 THEN HT(I) = 0
3200 IF HD(I) < 0.00001 THEN HD(I) = 0
3210 IF HI(I) < 0.00001 THEN HI(I) = 0
3220 NEXT I
3230 '
3240 ' IMPRESION DE LOS RESULTADOS
3250 '
3260 LPRINT
3270 LPRINT
3280 LPRINT TAB(53) 'LOS RESULTADOS OBTENIDOS SON'
3290 LPRINT TAB(53) STRING$(20, '*')
3300 LPRINT
3310 LPRINT
3320 LPRINT
3330 LPRINT TAB(21) 'ACTIVIDAD' TAB(33) 'TE' TAB(43) 'PI' TAB(53) 'PT'
TAB(63) 'LT' TAB(73) 'LI' TAB(83) 'HT' TAB(93) 'HD'
TAB(103) 'HI' TAB(112) 'R. C.'
3340 FOR I = 1 TO N
3350 LPRINT TAB(23) I TAB(32) TE(I) TAB(42) PI(I) TAB(52) PT(I)
3360 TAB(62) LT(I) TAB(72) LI(I) TAB(82) HT(I) TAB(92)
TAB(102) HI(I) TAB(112) RC(I)
3370 NEXT I
3380 LPRINT
3390 LPRINT
3400 LPRINT
3410 SYSTEM '*'
3420 IF AS = 'NO' GOTO 4700
3430 PRINT 'DEBEA LA IMPRESION DE LOS CALCULOS PROBABILISTICOS? (B. ' 'N)''
3440 INPUT IC#
3450 IF IC# = 'SI' GOTO 3990
3460 IF IC# = 'NO' GOTO 4110
3470 PRINT 'CONTESTE SI O NO'
3480 GOTO 3940
3490 LPRINT
3500 LPRINT
3510 LPRINT TAB(53) 'CALCULOS PROBABILISTICOS'
3520 LPRINT TAB(53) STRING$(20, '*')
3530 LPRINT
3540 LPRINT
3550 LPRINT TAB(33) 'ACTIVIDAD' TAB(47) 'T' TAB(56) 'TM' TAB(66) 'TP'
TAB(77) 'V' TAB(86) 'VA'
3560 LPRINT
3570 FOR I = 1 TO N

```

```

4070 LPRINT
4080 LPRINT TAB(36) I TAB(46) (I) TAB(56) TM(I) TAB(66) TP(I)
      TAB(76) V(I) TAB(86) VA(I)
NEXT I
4090 SYSTEM *T*
4100 PRINT "DESEA CALCULAR LA PROBABILIDAD DE ALGUNA ACTIVIDAD? (SI O NO)*
4110 INPUT PA$
4120 IF PA$ = *SI* GOTO 4170
4130 IF PA$ = *NO* GOTO 4780
4140 PRINT "CONTESTE SI O NO*
4150 GOTO 4110
4160 PRINT "DE EL NUMERO DE LA ACTIVIDAD*
4170 INPUT NA
4180 PRINT "DESEA MODIFICAR EL NUMERO DE LA ACTIVIDAD? (SI O NO)*
4190 INPUT E1$
4200 IF E1$ = *SI* GOTO 4250
4210 IF E1$ = *NO* GOTO 4280
4220 PRINT "CONTESTE SI O NO*
4230 GOTO 4190
4240 PRINT "DE EL NUMERO CORRECTO DE LA ACTIVIDAD*
4250 INPUT NA
4260 GOTO 4190
4270 PRINT "DE EL TIEMPO DE TERMINACION DE LA ACTIVIDAD *I NAI "DESEADO.*
4280 PRINT "(EN *I S* )"
4290 INPUT TD
4300 PRINT "DESEA MODIFICAR EL TIEMPO DE TERMINACION DE LA ACTIVIDAD *I
      NAI *? (SI O NO)*
4310 INPUT E2$
4320 IF E2$ = *SI* GOTO 4370
4330 IF E2$ = *NO* GOTO 4370
4340 PRINT "CONTESTE SI O NO*
4350 GOTO 4310
4360
4370 *CALCULO DE LA PROBABILIDAD NORMAL
4380
4390 X = (TD - PT(NA)) / SQR(VA(NA))
4400 RM = 0.2316419
4410 TRM = 1 / (1 + (RM * X))
4420 B1M = 0.319381530
4430 B2M = -0.356563702
4440 B3M = 1.781477937
4450 B4M = -1.02155978
4460 B5M = 1.330274429
4470 T2M = TRM * TRM
4480 T3M = T2M * TRM
4490 T4M = T3M * TRM
4500 T5M = T4M * TRM
4510 A1M = B1M * TRM
4520 A2M = B2M * T2M
4530 A3M = B3M * T3M
4540 A4M = B4M * T4M
4550 A5M = B5M * T5M
4560 SUM = A1M + A2M + A3M + A4M + A5M
4570 PCM = 3.1415926535897932
4580 K1M = 1 / (SQR(2 * PCM))
4590 K2M = -(X * X) / 2M
4600 ZM = K1M * (EXP(K2M))
4610 QM = ZM * SUM
4620 PM = 1 - QM
4630 IF X > 0 GOTO 4670

```

```
4640      AOH = PH
4650      PH = OH
4660      OH = AOH
4670      LPRINT "LA PROBABILIDAD DE QUE LA ACTIVIDAD "I MAI " TERMINE EN "I
          TD: " "I S:I " ES DE: "I PH
4680      PRINT "DESEA CALCULAR LA PROBABILIDAD DE OTRA ACTIVIDAD? (SI O NO)"
4690      GOTO 4120
4700      END
```

LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON

.....

ACTIVIDAD	TE	PI	PT	LT	LI	HT	HD	HI	R. C.
1	0	0	0	0	0	0	0	0	R. C.
2	6	6	6	6	6	0	0	0	R. C.
3	1	6	7	7	6	0	0	0	R. C.
4	1	6	7	7	6	0	0	0	R. C.
5	1	6	7	7	6	0	0	0	R. C.
6	2	7	9	9	7	0	0	0	R. C.
7	4	9	13	13	9	0	0	0	R. C.
8	2	13	15	16	14	1	1	0	
9	4	15	19	20	16	1	1	0	
10	4	13	17	17	13	0	0	0	R. C.
11	4	6	10	17	13	7	0	7	
12	2	17	19	19	17	0	0	0	R. C.
13	1	17	18	20	19	2	2	0	
14	1	10	19	22	21	3	0	3	
15	2	19	21	22	20	1	0	1	
16	3	19	22	22	19	0	0	0	R. C.
17	1	22	23	23	22	0	0	0	R. C.
18	1	23	24	25	24	1	0	1	
19	2	23	25	25	23	0	0	0	R. C.
20	1	25	26	26	25	0	0	0	R. C.
21	0	26	26	26	26	0	0	0	R. C.

MATRIZ TRIANGULAR INFERIOR DE SECUENCIA (DATOS)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	1									
3	1	0								
4	1	0	0							
5	0	1	0	0						
6	0	0	1	0	0					
7	0	0	0	1	0	0				
8	0	0	0	0	1	1	0			
9	0	0	1	0	0	0	0	0		
10	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
11	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1

LOS RESULTADOS OBTENIDOS SON

ACTIVIDAD	TE	PI	PF	L1	L1	HT	HL	HI	R. C.
1	0	0	0	0	0	0	0	0	R. C.
2	3.58333	0	3.58333	12.1167	8.53334	8.53334	8.53334	0	
3	5	0	5	6	1	1	1	0	
4	4.58333	0	4.58333	4.58333	0	0	0	0	R. C.
5	2.38333	3.58333	5.96667	14.5	12.1167	8.53334	5.91667	2.61667	
6	3.58333	5	8.58333	14.5	10.9167	5.91667	5.91667	0	
7	9.41667	4.58333	14	14	4.58333	0	0	0	R. C.
8	8.83333	8.58333	17.4167	23.3333	14.5	5.91667	0	5.91667	
9	8	5	13	14	6	1	0	1	
10	9.33333	14	23.3333	23.3333	14	0	0	0	R. C.
11	0	23.3333	23.3333	23.3333	23.3333	0	0	0	R. C.

B I B L I O G R A F I A

- Abramowitz, M. and Stegun, A. I., Handbook of Mathematical Functions, with Formulas, Graphs and Mathematical Tables. USA., Dover Publications, Inc., 1965, 776 pp.
- Acosta, J. J. et al., Métodos de Optimización. Programación Lineal-Gráficas. México, Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A., 1976, 720 pp.
- Ahumada, C. L., Sistema de Planeación y Control de la Producción. México, Facultad de Ingeniería UNAM, 1978, 267 pp.
- Alford, L. P. y Bangs, J.R., Manual de la Producción. México, UTEHA, 1981, 1871 pp.
- Amstead, B. H. y Begeman, M. L., Procesos de Fabricación. - México, CECSA, 1979, 736 pp.
- Anaya, M. E. et al., Ingeniería de Métodos. México, Facultad de Ingeniería UNAM, 1977, 509 pp.
- Apple, M. J., Plant Layout and Material Handling. 3a. Ed. - USA., John Wiley and Sons, 1977, 488 pp.
- Barnes, M. R., Motion and Time Study. Design and Measurement of Work. USA., Wiley International, 1968, 799 pp.
- Brigham, F. E. y Weston, F. J., Administración Financiera de Empresas. 2a. Ed. México, Interamericana, 1973, 603 pp.

- Britton, R. J. et al., Matemáticas Universitarias. Tomo I, México, CECSA, 1976, 747 pp.
- _____, Matemáticas Universitarias. Tomo II, México, CECSA, 1974, 742 pp.
- Buffa, S. E., Administración y Dirección Técnica de la Producción. 4a. Ed. México, LIMUSA, 1982, 671 pp.
- _____. y Taubert, H. W., Sistemas de Producción e Inventario. Planeación y Control. México, LIMUSA, 1978, 576 pp.
- Canada, R. J., Técnicas de Análisis Económico para Administradores e Ingenieros. México, 1980, 483 pp.
- De Buen Lozano, O., Enseñanza Programada de Ingeniería Industrial. México, Facultad de Ingeniería UNAM, 1978, 145 pp.
- De Holanda, B. R., Apuntes de Planeación y Control de la Producción. 7a. Ed. México, Facultad de Ingeniería UNAM, 1981, 137 pp.
- Di Matteo, C. J., Diseño de Sistemas Productivos. México, Facultad de Ingeniería UNAM, 1982, 214 pp.
- Dixon, J. W. y Massey, J. F., Introduction to Statistical Analysis. 2a. Ed. USA., McGraw-Hill, 1957, 255 pp.
- Espejel, Z. E. et al., La Formulación y Evaluación Técnico Económica de Proyectos Industriales. 2a. Ed. México, Editovisual CENETI, 1978, 304 pp.
- Gerez, V. y Grijalva, M., El Enfoque de Sistemas. México, LIMUSA, 1978, 580 pp.

- Grant, E. and Ireson, G., Principles of Engineering Economy. 5a. Ed. USA., Ronald Press Co., 1970, 736 pp.
- Grosse, A. R. y Thierauf, J. R., Toma de Decisiones por Medio de Investigación de Operaciones. México, LIMUSA, 1981, 560 pp.
- Hicks, E. P., Introducción a la Ingeniería Industrial y -- Ciencias de la Administración. México, CECSA, 1980, 585 pp.
- Holman, J. P., Métodos Experimentales para Ingenieros. México, McGraw-Hill, 1977, 447 pp.
- Hopeman, R. J., Producción, Conceptos, Análisis y Control. México, CECSA, 1982, 699 pp.
- Huang, T. C., Mecánica para Ingenieros. Tomo I Estática, - México, Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A., 1974, 587 pp.
- Immer, J., Distribución de Planta. Sus Ventajas y Rentabilidad para la Pequeña Empresa. México, INFOTEC-CONACYT, 1979, 74 pp.
- Kotler, P., Dirección de Mercadotecnia, Análisis, Planeación y Control. 2a. Ed. México, Diana, 1979, 1101 pp.
- Kreyszig, E., Introducción a la Estadística Matemática. Principios y Métodos. México, LIMUSA, 1979, 505 pp.
- Macías, P. R., El Análisis de los Estados Financieros y las Deficiencias en las Empresas. 8a. Ed. México, Ediciones Contables y Administrativas, 1975, 210 pp.

- Maynard, H. B., Industrial Engineering Handbook. 3a. Ed. - USA., McGraw-Hill Book Company, 1971, 1906 pp.
- Michel, P., Distribución de Planta. Manuales Prácticos de - Gestión de Empresas. Serie B, Tomo I. España, Deusto, 1978, 134 pp.
- Muther, R., Distribución en Planta. Ordenación Racional de los Elementos de Producción Industrial. 3a. Ed. España, Hispano Europea, 1977, 472 pp.
- Niebel, W. B., Ingeniería Industrial. Estudio de Tiempos y Movimientos. México, Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A., 1980, 680 pp.
- O. I. T., Introducción al Estudio del Trabajo. 2a. Ed. Suiza, Oficina Internacional del Trabajo. 1973, 442 pp.
- Reed, R. Jr., Localización, "Layout" y Mantenimiento de Planta. 3a. Ed. Argentina, El Ateneo, 1979, 214 pp.
- Riggs, L. J., Sistemas de Producción. Planeación, Análisis y Control. México, LIMUSA, 1981, 683 pp.
- Rodríguez, C. M., Aplicaciones en Ingeniería de Métodos Modernos de Planeación, Programación y Control de Procesos Productivos. México, LIMUSA, 1978, 227 pp.
- Sanzo, R., Análisis de Índices Financieros para Pequeños Negocios. México, INFOTEC-CONACYT, 1980, 1077 pp.
- Taha, A. H., Operations Research. An Introduction. 2a. Ed. USA., Macmillan Publishing Co., Inc., 1976, 648 pp.
- Texas Instruments Incorporated. TI Programmable 58/59. Master Library. Using the power of your Solid State. Software module. USA., Texas Instruments Inc., 1977, 89 pp.

Vázquez, M. J., Administración de la Producción. Teoría de Organización, Dirección, Planificación y Control. Cuba, Editora Pedagógica, 1966, 461 pp.

Yáñez, G. J., Proposición de una Nueva Distribución de Planta en una Empresa Manufacturera. México, Facultad de Ingeniería UNAM, 1981, 184 pp.

Yu Chen-Tao., Aplicaciones Prácticas del PERT y CPM. España, Deusto, 1969, 140 pp.

H E M E R O G R A F I A

- Banco Nacional de México., "La Marcha de la Economía". Examen de la Situación Económica de México. Alfredo Tajonar, Director de la Publicación. Mensual, México, Vol. LVII, No. 683, Agosto 1982, 481-513 pp.
-
- ., "La Economía en 1983". Examen de la Situación Económica de México. Alfredo Tajonar, Director de la Publicación. Mensual, México, Vol. - LIX, No. 686, Enero 1983, 5-63 pp.
-
- ., "La Marcha de la Economía". Examen de la Situación Económica de México. Alfredo Tajonar, Director de la Publicación. Mensual, México, Vol. LIX, No. 689, Abril 1983, 153-178 pp.
-
- ., "VI Encuesta entre Empresas Industriales Grandes". Examen de la Situación Económica de México. Alfredo Tajonar, Director de la Publicación. Mensual, México, Vol. LIX, No. 690, Mayo - 1983, 243-255 pp.
-
- ., "La Marcha de la Economía". Examen de la Situación Económica de México. Alfredo Tajonar, Director de la Publicación. Mensual, México, Vol. LIX, No. 691, Junio 1983, 273-301 pp.
-
- ., "IV Encuesta a la Mediana Empresa". Examen de la Situación Económica de México. Alfredo Tajonar, Director de la Publicación. Mensual, Vol. LIX, No. 691, Junio 1983, 302-313 pp.
-
- ., "La Marcha de la Economía". Examen de la Situación Económica de México. Alfredo Tajonar, Director de la Publicación. Mensual, México, Vol. LIX, No. 692, Julio 1983, 329-355 pp.

- Banco Nacional de México. "Financiamiento de Nuestro Desarrollo". Examen de la Situación Económica de México. Alfredo Tajonar, Director de la Publicación. - Mensual, México, Vol. LIX, No. 692, Julio 1983, - 356-360 pp.
- Banco Nacional de México, S.A., "V Encuesta entre Empresas Industriales Grandes". Examen de la Situación Económica de México. Alfredo Tajonar, Director de la Publicación. Mensual. México, Vol. LVII, No. 681, Agosto 1982, 372-379 pp.
- De la Madrid H. M., "Programa Inmediato de Reordenación - Económica del País". Ingeniería Mecánica y Eléctrica. México, Año XXVI, Diciembre 1982, 3-5 pp.
- Luna de la R. J. y Galindo, V. L., "Productividad y Economía". Ingeniería Mecánica Eléctrica. México, Año - XXXVI, Octubre 1982, 6-11 pp.
- Muñoz, L. H., "Seis Medidas de Desarrollo Tecnológico e Industrial". Ingeniería Mecánica y Eléctrica. México, Año XXXVI, Noviembre 1982, 14-20 pp.