



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

---

---

FACULTAD DE INGENIERIA

**APLICACION DEL METODO CRAFT  
PARA UNA DISTRIBUCION DE PLANTA**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER  
EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
PRESENTAN

JORGE ROBERTO PEÑA ALFARO LOPEZ  
RUBEN FRANCISCO YAÑEZ GOMEZ

MEXICO, D. F.

1983



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.

"En la vida existen metas que alcanzar, para lograrlas se requiere de dedicación, trabajo y voluntad. Más es cierto que todo es razón del deseo"

"La virtud formidable  
consiste en trabajar  
para lograr el éxito  
propio y, una vez  
obtenido, usarlo en  
beneficio de los demás"

Queremos extender nuestro más sincero agradecimiento a todas y cada una de las personas que de alguna u otra forma colaboraron en este trabajo; sin ellas, la realización del mismo no hubiese sido posible.

Muchas gracias,

Jorge R. Peña Alfaro López

Rubén F. Yáñez Gómez

Gracias Lupita

# APLICACION DEL METODO CRAFT PARA UNA DISTRIBUCION DE PLANTA

PROLOGO

INTRODUCCION

CAPITULO I.-	CARACTERISTICAS DE LA EMPRESA	Pag.
1.1	Generalidades	4
1.2	Ubicación y Construcción	4
1.3	Planta Alta	5
1.4	Planta Baja	5
1.5	Producción y Almacenamiento	6
1.6	Productos en Estudio	8
1.7	Almacén de Insumos para Acondicionamiento	10
CAPITULO II.-	LA DISTRIBUCION EN LA INDUSTRIA	
2.1	Diseño de Planta y su Capacidad	11
2.1.1	Utilización de la Capacidad	11
2.2	Localización de la Planta	12
2.2.1	Análisis de Localización	15
2.3	Minimización del Costo de Transportación usando Programación de Distribución Lineal	16
2.4	Distribución de Planta	17
2.4.1	Tipos de Distribución	18
2.4.2	Selección de una Distribución Optima	20

CAPITULO III.-	EL METODO CRAFT Y SU LOGICA DE FUNCIONAMIENTO	
3.1	Solución a un Problema por Computadora	25
3.2	Interpretación de un Sistema de Información	27
3.3	El Programa CRAFT	29
3.3.1	Diagrama de Bloques	31
3.3.2	Datos Requeridos	32
3.3.3	Forma de Uso	33
3.3.4	Formato de los Datos	34
3.4	Estructura del Programa	40
3.5	Lógica del Programa CRAFT	48
CAPITULO IV.-	APLICACION DEL METODO	
4.0	Aplicación del Método CRAFT	49
4.1	Estudios de las Características de la Planta	51
4.2	Planteamiento de Solución	54
4.3	Captura de la Información necesaria para el Algoritmo	58
4.3.1	Datos de Control para el Algoritmo	60
4.3.2	Datos Referentes al Movimiento de Materiales (Tipo I)	61
4.3.3	Consideraciones tomadas en cuenta para Datos del Tipo I	65
4.3.4	Datos Referentes al Costo del Movimiento de Materiales (Tipo II)	67
4.3.5	Consideraciones tomadas en cuenta para Datos del Tipo II	68
4.3.6	Datos Referentes a la Distribución Actual	69
4.3.7	Consideraciones tomadas en cuenta para Datos del Tipo III	71
4.4	Resultados	73

## CAPITULO V.-

	ANALISIS DE RESULTADOS	
5.0	Introducción al Análisis de Resultados	76
5.1	Interpretación de Resultados para el Control de Movimiento (0) cero	77
5.2	Interpretación de Resultados para el Control de Movimiento (1) uno	79
5.3	Interpretación de Resultados para el Control de Movimiento (2) dos	81
5.4	Interpretación de Resultados para el Control de Movimiento (3) tres	84
5.5	Interpretación de Resultados para el Control de Movimiento (4) cuatro	86

## CAPITULO VI.-

	RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES	
6.1	Soluciones Recomendadas	89
6.2	Conclusiones	98

## BIBLIOGRAFIA

## PROLOGO

Este trabajo tiene el propósito de presentar la utilización del Método CRAFT (Computerized Relative Allocation of Facilities Technique), el cual ayuda al problema de distribución de planta, mismo que consideramos de gran importancia dentro de la Ingeniería Industrial.

Como el Programa CRAFT arroja una distribución propuesta como resultado, pensamos que su aplicación resultaría más interesante si la llevásemos a cabo con datos reales; para tal propósito se recurrió a una compañía de la Industria Farmacéutica para su colaboración en la realización de este trabajo, con la promesa de entregar los resultados obtenidos del procesamiento de los datos que generosamente nos fueron proporcionados.

El desarrollo tiene una secuencia lógica, dado que se inicia con el estudio y revisión de las características generales de la empresa, así como un análisis de la distribución de planta de la industria en general, posteriormente a esto, se describe el programa CRAFT y su modo de empleo, y, como parte final, su aplicación, análisis de resultados y conclusiones.

Para esta realización se contó con la ayuda del Ingeniero Juan José Di Matteo C., Jefe del Departamento de Ingeniería Industrial e Investigación de Operaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.

## INTRODUCCION

La problemática que presenta una distribución de planta dentro de la planeación de las operaciones de una empresa, es un factor a considerar, el cual necesita estudios sumamente profundos por parte del departamento encargado de llevar a cabo este proyecto. Dicho factor resulta sumamente importante también en el momento en que una empresa decide ampliar o modificar sus características de operación, o su cantidad de producción, o simplemente dejar de manufacturar un determinado producto o productos, para dar paso a otros de distintas características.

Dentro de los puntos a considerar para el proceso de planeación de una planta, la mayoría de los fabricantes y ensambladores coinciden en lo siguiente:

- Control de la cantidad del trabajo en proceso
- Reducción de los tiempos de manufactura
- Control de las colas de trabajo en cada línea
- Prevención de los cuellos de botella
- Minimización de los tiempos muertos, tanto de las máquinas como de la mano de obra

- Minimización de la rotación de inventarios en proceso

Durante el estudio y desarrollo de una distribución de planta, todos los puntos citados arriba son tomados en cuenta y manejados de diferente forma según el plan ó el método que se lleve a cabo para la realización de los estudios.

Existen a su vez diferentes métodos para realizar los estudios de distribución de planta, los hay tanto manuales, como estadísticos; los manuales son analíticos. Dentro de estos métodos, el más popular es el llamado Método CRAFT (Computerized Relative Allocation of Facilities Technique), el cual es un método sistemático para seleccionar un distribución de planta bajo la base de minimizar el costo del manejo de materiales. Este, es un proceso heurístico en el cual se introducen datos en un computador, el cual calcula costos, intercambia departamentos, calcula más costos, y por último ofrece su mejor solución.

Dado que el programa CRAFT contempla ciertas condiciones ideales, (como son: movimientos de materiales en cargas por unidad de tiempo, costos asociados a las distancias en función de una determinada cantidad

recorrida), se presentará la forma en que aplicó para la planta en estudio.

El método CRAFT se aplicará de acuerdo a los datos con que se cuentan (sin excluir los indispensables) y las consideraciones que se juzguen pertinentes para cada caso distinto.

Por otro lado, el propósito de este trabajo es el de realizar un estudio con la ayuda del método y a su vez analizar los resultados del mismo.

Cabe mencionar que dicho estudio se llevó a cabo con datos reales, proporcionados por una empresa, la cual se describe en el primer capítulo, estos datos fueron acomodados en forma conveniente para que trabajaran de acuerdo con el algoritmo del método, se presentan en el trabajo, junto con los datos, una corrida del programa, así como los resultados y conclusiones obtenidas.

## CAPITULO I

### CARACTERISTICAS DE LA EMPRESA

#### 1.1 Generalidades

Los datos usados para este trabajo son datos reales, y fueron proporcionados por una empresa que comenzó sus operaciones en México en el año de 1946, su giro es la elaboración de productos medicinales, desde la recepción de materia prima, pruebas de laboratorio, elaboración, hasta el empaque y envío de su producto final.

La empresa cuenta con un total, aproximado, de 1000 empleados, divididos entre las oficinas generales, como en la planta de manufactura, la cual tiene aproximadamente 270 empleados.

#### 1.2 Ubicación y Construcción

Sus instalaciones dentro de la ciudad de México, se encuentran ubicadas al sur, en un terreno de  $4000\text{m}^2$  y que tiene una construcción de  $8500\text{m}^2$ , dividido en dos edificios principales, uno para sus oficinas generales y

el otro que es la planta de manufactura. La construcción total de la planta es de  $2000\text{m}^2$  y está dividida en 2 pisos, los cuales a su vez se encuentran divididos estratégicamente para el buen funcionamiento de la misma.

### 1.3 Planta Alta

Dentro de esta parte alta de la planta de manufactura, se encuentran los departamentos de grajeas, inyectables, cepillos dentales, cremas y el laboratorio de control de calidad.

La colocación de estos departamentos obedece a que la mayoría de los productos que aquí se elaboran son suministrados a un área de acondicionamiento, la cual se encuentra en el piso inferior y es en esta área en donde se encuentran los materiales y equipos para el proceso de empaque.

### 1.4 Planta Baja

En la planta baja se encuentran las áreas de almacenamiento, presurtido, recepción de materiales y el área

de cuarentena, así como oficinas para el personal a cargo de la planta.

Como ya se dijo anteriormente, la distribución de la planta está hecha de forma estratégica para cumplir con los objetivos principales de toda planta, que son: la reducción de tiempos, control de colas de trabajo, minimización de tiempos muertos, etc. Todo esto debe estar perfectamente controlado para que se pueda tener una distribución del trabajo lo mejor posible, lo cual se va a traducir en una buena producción.

### 1.5 Producción y Almacenamiento

Hablando un poco del sistema de producción que existe en la planta, podemos decir que sigue una producción de tipo cerrado, es decir, las materias primas son recibidas en el área de entrada o recepción de materias primas, realizando un control de calidad para la aceptación o rechazo del lote que entrega el proveedor, y posteriormente son trasladadas a un almacén en el cual se tiene un control estricto de la ubicación de las mismas. Al igual que con las materias primas, sucede con los materiales que han de usarse para el embotellado y empaque de los productos, estos son recibidos en la

misma entrada y trasladados posteriormente al área de materiales y colocados en "racks", los cuales sirven como referencia para tener un control de la ubicación de estos; cabe mencionar que esta área está dividida en cinco pasillos y a ambos lados de éstos se encuentran los "racks", que tienen medida de 1.50m. x 1.60m. y en su totalidad ocupa el almacén un área de 120m<sup>2</sup>.

Una vez que se ha recibido la materia prima, cuando se va a llevar a cabo la elaboración de un determinado producto, los materiales son surtidos a los laboratorios en donde se lleva a cabo la mezcla de éstos y su preparación; dependiendo del tipo de productos a fabricar, llevarán distintos caminos, ya sea que éstos sean pastillas, las cuales se llevarán a un área de fabricación indicada que se encuentra en la planta alta, ó a un área distinta en caso de tratarse de líquidos que posteriormente van a ser embotellados.

Cuando ya se han elaborado los productos, éstos pasan a un área de inspección y control de calidad, para que después de terminadas estas revisiones, se proceda a su embotellamiento y empaque en el área de acondicionamiento.

Una descripción más detallada del proceso completo de producción se explica en capítulos posteriores.

Para la elaboración de un determinado producto, la unidad de medición es por lotes y el proceso es el siguiente: del área de almacenamiento se llevan los materiales de empaque a un área de presurtido, tomando como base la cantidad de lotes de los cuales está compuesta la producción, una persona toma la cantidad requerida de cada "rack" y los transporta al área de presurtido, una vez ahí, los materiales que componen el lote a fabricar son transportados al área de acondicionamiento y cuando se ha terminado este proceso, los productos ya terminados se llevan a su área correspondiente para su distribución.

En algunos casos y en algunos productos, éstos son llevados después de terminados a un área de cuarentena, debido a ciertos requerimientos que se tienen que cumplir.

### 1.6 Productos en Estudio

Internamente, la planta divide en 4 grandes grupos los productos que ahí se elaboran, dicha clasificación está

compuesta como sigue:

- a) Cepillos dentales
- b) Eticos (productos farmacéuticos)
- c) Populares
- d) Cremas dentales

Esta división está apoyada en base a la demanda del consumidor final de estos productos, y , debido a esto, existe una relación proporcional en cuantos a las cantidades producidas por grupo, así como consideraciones realizadas por propias políticas de la empresa.

Para este estudio se tomaron en cuenta los productos de mayor importancia por cada uno de estos grupos, debido a que su fabricación es casi ininterrumpida a lo largo del año.

El estudio realizado se refiere a 16 productos en sus diferentes presentaciones, los cuales, representan para la compañía la mayor importancia en cuanto a utilidades se refiere.

### 1.7 Almacén de Insumos para Acondicionamiento

La referencia tomada para los estudios correspondientes fue el almacén de insumos para acondicionamiento, el cual se encuentra ubicado en la planta baja y es de ahí de donde se toman todos los materiales para la elaboración de lotes de producción.

Cuando se va a llevar a cabo la elaboración de un lote, los insumos se toman de su lugar y se llevan al área de presurtido para que de esta se trasladen a su acondicionamiento y producción.

Es debido a la importancia que tiene este departamento y considerándolo como parte principal en la producción, que los datos fueron obtenidos de ahí; se tomaron las medidas de los pasillos, los "racks", el almacén mismo y otras áreas de importancia que se relacionan con el funcionamiento de este departamento, una vez tomadas las medidas se procedió a usar el método CRAFT tal y como se explica en el capítulo III.

## CAPITULO II

## LA DISTRIBUCION EN LA INDUSTRIA

## 2.1 Diseño de Planta y su Capacidad

La capacidad de una planta es una de las decisiones estratégicas que tiene que considerar una nueva empresa o en su caso, alguna que esté modificando sus instalaciones, al igual que la mayoría de las decisiones gerenciales, aunque esta, no puede ser hecha independiente de otras consideraciones.

El diseño de la capacidad de una planta, se deriva del conocimiento de las demandas actuales y de las que se planea tener.

## 2.1.1 Utilización de la Capacidad

Aunque el diseño inicial de la planta usualmente especifica una cierta capacidad, las empresas modifican sus instalaciones para acoplarse a cambios en su negocio. Como un ejemplo podemos citar a los fabricantes que constantemente agregan nuevos productos a sus líneas.

## 2.2 Localización de la Planta

La localización de la planta debe ser una de las consideraciones iniciales y continuas para una organización nueva o en expansión. Muchas empresas están creciendo constantemente y descentralizando operaciones, por lo tanto, la metodología para la localización es vitalmente importante para ellas. De hecho, pocas empresas pueden afrontar realmente las oportunidades en el panorama de relocalización, tampoco aquellas que están "firmemente establecidas".

Para la mayoría de las empresas, muchas localizaciones pueden ser probablemente satisfactorias, o equivalentemente buenas. Por otro lado, algunas localizaciones podrán ser excepcionalmente malas y hasta desastrosas. Desafortunadamente, no existe ningún método que garantice a una firma el que haya seleccionado una localización "óptima" o tan deseable como deba ser.

Numerosos intentos se han hecho para cuantificar el procedimiento de análisis de localización y relocalización, pero un sin número de valoraciones individuales e institucionales caen dentro de este tipo de decisión y un análisis completamente objetivo es usualmente imposible.

Tabla 2-A Factores de Localización de Planta

Consideraciones de Entrada

RECURSOS HUMANOS

Disponibilidad y costo

Habilidades disponibles

Niveles y estructura de prácticas beneficiarias

Actividad unida

Comodidad de instalaciones

Facilidades educativas, recreativas y culturales

MATERIALES Y EQUIPO

Costo y espacio disponible

Costos de construcción y mejoras

Suministros de servicios (gas, electricidad, agua, iluminación, desperdicios, contaminación, etc.)

Suministro de material

Facilidades de transporte

## CAPITAL

Servicios bancarios

Apoyos financieros

## Consideraciones de Salida

## IMPACTOS NO ECONOMICOS

Estímulos, zonas y códigos de construcción

Estándares del medio-ambiente (aire, tierra y agua)

Servicios de la comunidad

Existencia de industrias relacionadas

## MERCADEO Y RELACIONES PUBLICAS

Actitud de la comunidad en cuanto a la industria y  
compañía

Potencial de mercado presente y futuro (local e  
internacional)

Facilidades de almacenamiento y distribución

Costo y facilidades de transportación

## IMPACTOS ECONOMICOS

Intereses de accionistas y distribución de utilidades  
Políticas organizacionales de descentralización  
Impuestos locales, federales y del estado.

### 2.2.1 Análisis de Localización

Comparando algunas localizaciones desde el punto de vista de una base económica, los únicos costos que necesitan ser considerados, son los costos relevantes que varían de una localidad a otra. Muchos de estos costos deben, en turno, variar con el volumen de producción. Si el volumen esperado para una nueva planta es factible a variar, como la mayoría de la veces sucede, la comparación económica puede hacerse identificando los costos fijos y variables y graficándolos para cada localidad. Este método se conoce como Punto de Equilibrio.

La metodología para el análisis se puede sumarizar como sigue:

1. Determinar todos los costos relevantes que varían con las localidades a considerar.

2. Categorizar el costo para cada localidad en términos de costos fijos anuales y de costos variables por unidad.
3. Trazar el plano de los costos asociados con cada localidad en una gráfica sencilla de costos anuales contra volúmenes anuales.
4. Seleccionar la localidad con el menor costo total anual y el volumen esperado de producción.

### 2.3 Minimización del Costo de Transportación usando Programación de Distribución Lineal

Los métodos de programación de distribución lineal, son ampliamente usados para minimizar los costos de transportación y son a su vez muy útiles en otras numerosas situaciones tanto de maximización como de minimización, tales como la maximización de ganancias disponibles de varias localidades alternativas, minimizar costos unitarios de producción, y, minimizar el costo del manejo de materiales. Algunos métodos para obtener soluciones iniciales y finales, han sido desarrollados, algunos de los cuales incluyen lo siguiente:

- Soluciones Iniciales:
  - a) Método de la esquina noroeste
  - b) Método de la matriz mínima (costo mínimo)
  - c) Método de aproximación de Vogel
  
- Soluciones Optimas
  - a) Método de paso por paso
  - b) Método de distribución modificada (MODI)

#### 2.4 Distribución de Planta

Las decisiones de distribución de de planta, conciernen con los arreglos de instalaciones donde las entradas de materiales y mano de obra se combinan o transforman para producir las salidas. Para una extensión larga, la distribución determina los patrones de flujo para futuros esfuerzos de trabajo, por lo tanto, los gerentes de operación se interesan ampliamente en desarrollar distribuciones eficientes. La mayoría de las plantas están distribuidas de acuerdo al producto, o de acuerdo a los proceso de producción, o ambos. El tipo de distribución está generalmente determinado por:

- a) El tipo de producto
- b) El tipo del proceso de producción
- c) Volumen (capacidad) de producción

#### 2.4.1 Tipos de Distribución

Los tipos básicos de distribución de planta usados en la industria se pueden clasificar como: (1) Producto o Distribución de Línea, (2) Distribución por Proceso, y (3) Distribución de Posición Fija.

Las distribuciones por producto tienen típicamente una secuencia de equipo para elaborar un tipo de producto único, siempre de una manera continua. El flujo de materiales está regido principalmente por la naturaleza de la estructura del acomodo del equipo, este tipo de distribución es particularmente conveniente para producciones de alto volumen, de productos estandarizados que pueden ser ensamblados con partes intercambiables. El trabajo es prácticamente rutinario y altamente repetitivo, por lo tanto comanda una baja remuneración y no es atractiva a todos los trabajadores. La planeación de horarios y el control de actividades son generalmente más simples y sencillas que para una distribución de proceso.

Las distribuciones por producto, algunas veces son identificadas como distribuciones de línea, y, usualmente, entregan un producto a un costo por unidad relativamente bajo.

Ellos mismos se conducen al uso de transportadores y equipo automatizado que minimiza manejo de material manual y reduce las necesidades de inventarios de lo que se encuentra en proceso. Por otro lado, dado que todo el equipo es especializado y está en secuencia para producir un tipo de producto, una interrupción en un componente puede dejar ocioso gran parte del equipo y reducir o parar la salida total de la producción.

La distribución de proceso consiste en equipo diseñado para realizar funciones similares que se agrupan juntos. Esto es semejante algunas veces a un taller o a una distribución funcional, en donde las actividades especializadas tales como aserrar, galvanizar o soldar, son llevadas a cabo en localidades para varios productos. Los hospitales por lo regular tienen características de distribución de distribución de proceso.

La distribución de proceso es relativamente flexible, y

una máquina individual, o alguna interrupción, no afectan al sistema de producción total.

Una distribución por posición fija es aquella en la cual los tres elementos de la producción, es decir, materiales, equipos y mano de obra concurren al elemento principal que está fijo.

#### 2.4.2 Selección de una Distribución Óptima

Mientras que los tipos de distribución pueden ser clasificados convenientemente como de producto, proceso, y, posición fija, la mayoría de las distribuciones incluyen elementos de más de un tipo, y en realidad, son combinaciones.

Aunque no existe una teoría general para optimizar la gran cantidad de factores interdependientes que entran en las decisiones de una distribución de planta, muchas de las áreas problema específicas de distribución, son conducidas a un análisis propio. Muchas grandes empresas como la Ford Motor Co. de México, S. A., tienen departamentos especiales para actividades referentes a la distribución. Analistas de estos grupos, usan pequeños modelos físicos a escala y modelos de

computadora para evaluar distribuciones existentes y desarrollar distribuciones para nuevas plantas y departamentos.

Dos criterios importantes para seleccionar y diseñar una distribución, son, la efectividad de los trabajadores y el costo de manejo de materiales. Consideraciones específicas de métodos de trabajo deben ser realizadas, haciendo una simple referencia; establezcamos que la efectividad de un proceso de labor intensa, es ampliamente determinado por: (1) El nivel de actuación, (2) El tiempo productivo del trabajador. La distribución debe diseñarse para facilitar la satisfacción de los trabajadores en sus labores y el uso de ellos mismos en el más alto nivel de habilidades para lo cual se les paga.

Esto se aplica tanto para la distribución de una oficina, en la cual una persona emplea la mitad de su día de trabajo entregando memorandums, así como para la distribución de una fábrica en donde un operador de una máquina tiene que viajar grandes distancias para ir por herramientas; la distribución del sistema de comunicaciones y la localización del estante de herramientas, son obviamente consideraciones relevantes para una distribución en estos casos. Similarmente, si el operador de la

máquina es forzado a estar ocioso por largos períodos debido a la falta de un centro de control de calidad cercano, la productividad disminuye.

El costo del manejo de materiales es el segundo criterio importante. Las distribuciones deseadas se arreglan de tal manera que el flujo de productos es automatizado (así como práctico) y el flujo de distancias es minimizado. La extensión de automatización, es por supuesto, una función del nivel de tecnología y la localización de la industria en particular, el capital disponible de la empresa individual y las consideraciones del comportamiento de los empleados. Los flujos de distancias y tiempos, son usualmente minimizados por medio de un intento de localizar actividades de proceso secuenciales en áreas adyacentes.

Algunos métodos analíticos han sido desarrollados para facilitar la distribución de planta por medio de la minimización del costo del manejo de materiales, incluyendo técnicas de análisis de secuencias de operación y el caso que aquí nos ocupa, el Método CRAFT (Computerized Relative Allocation of Facilities Technique).

El análisis de secuencia de operación consiste en la designación de varios centros de trabajo como círculos en una hoja rectangular de papel para graficar. Las líneas entre los círculos representan cargas transportadas en un tiempo determinado que podría ser de 50 unidades por mes. Los departamentos que se encuentran unos junto a otros o diagonalmente juntos, se consideran adyacentes y se toman en un factor de distancia de 1; otros toman exitosamente altos valores enteros, dependiendo del número de renglones o columnas de las que ellos se encuentran uno del otro. Los departamentos son luego intercambiados en un esfuerzo por minimizar la suma de la carga por la distancia para la matriz entera. La selección de los departamentos a ser intercambiados se lleva a cabo por medio de una inspección visual, y el resultado no es necesariamente óptimo matemáticamente probable, pero puede resultar en un crecimiento substancial sobre más métodos arbitrarios de distribución.

CRAFT es un método más sistemático para seleccionar una distribución de planta en la base de minimizar el costo de manejo de materiales. El proceso es un método heurístico iterativo en donde los datos son alimentados a una computadora que calcula costos, intercambia

departamentos, calcula más costos y por último lleva a cabo una impresión de su mejor solución.

El programa del CRAFT puede manejar el intercambio de hasta tres departamentos a la vez para un máximo de 40 centros activos. Tiene algunas otras suposiciones limitantes concernientes al flujo de material y a la linealidad del costo, pero son suficientemente despreciables para hacer al programa manejable dentro de una base práctica.

## CAPITULO III

## EL METODO CRAFT Y SU LOGICA DE FUNCIONAMIENTO

## 3.1 Solución a un Problema por Computadora

Las máquinas procesadoras de la información resultan de gran ayuda en el campo profesional, puesto que son equipos simuladores de los sucesos reales, con la ventaja de que la simulación la realizan en un tiempo mucho menor que lo que podría tardarse un ser humano en resolverlo. Desde hace varios años, existen métodos matemáticos iterativos que resultaban inaplicables por la gran cantidad de tiempo que se llevaba resolverlos, al parecer las computadoras, poco antes de la mitad de este siglo, dichos métodos tuvieron un gran uso, puesto que su solución se obtenía en poco tiempo y la máquina realizaba el trabajo. A raíz de esto, se fueron dando distintas aplicaciones en diferentes campos y distintas actividades a las computadoras.

Existen dos formas de programar una computadora, y estas son:

- a) Desarrollar el programa en casa
- b) Hacer uso de la paquetería existente

Para el primer punto se requiere una infraestructura, tal que, se cuente con todo un equipo, tanto en máquinas como en recursos humanos, para poder lograr el objetivo. Para el segundo caso, solo se necesita la aplicación del sistema, es decir, procesar la información. De hecho, pensamos que la segunda opción es un gran paso y a su vez es de mucha utilidad para la complementación en la aplicación de la profesión.

En sí, este trabajo pretende que se de más importancia a la aplicación de los métodos de solución por computadora. Ya sea por medio de paquetes existentes o, por programas desarrollados en casa.

Para solucionar, o valerse de la ayuda de un equipo de procesamiento de datos, se requiere de un estudio detallado de la información, conjuntamente, tener el conocimiento del problema, así como también de los que puede resolver el paquete de computadora que se pretende utilizar (en esto no contemplamos el desarrollo de programas). Es decir, saber a donde queremos llegar y con que elementos contamos.

Todo esto es con el fin de dar una correcta aplicación de las herramientas de computación, puesto que no es sólo el introducir datos, sino como se expuso anteriormente, se requiere de un análisis previo de la información, hacer una comparación, a modo de saber si se está dentro de las capacidades y restricciones, si es factible proporcionarle información alternativa a la computadora, y, lo más importante de todo, hacer una interpretación de los datos obtenidos, su correcta apreciación y la debida aplicación. En los siguientes puntos iremos profundizando hasta llegar a la forma de operar del algoritmo del CRAFT.

### 3.2 Interpretación de un Sistema de Información

Un sistema, en su concepción general, se refiere al estudio de todas y cada una de las partes que tienen relación con el todo, se puede hablar del sistema solar, del sistema administrativo, etc. Todo absolutamente está relacionado de una u otra forma con todo, pero para no perderse en el todo se definen subsistemas que forman parte del sistema general para lograr una mejor comprensión.

En un sistema de información, en su parte que toca al diseño, existen muchas reglas y métodos para diseñarlos, pero existen algunos conceptos en los cuales coinciden las diferentes técnicas. Algunas de esas reglas se listan a continuación:

- a) Un somero estudio del sistema global que pretende resolverse, en todas sus fases, cómo interactúan, cómo se relacionan, etc.
- b) Un análisis de la información existente para procesar; la que no se tenga, obtenerla tanto en cantidad como en calidad adecuadas.
- c) Diseño de la captura de datos a través de documentos fuente.
- d) Validación de la información capturada.
- e) Procesamiento de la información, ya sea a través de un paquete ya existente o de un programa elaborado por la parte interesada.
- f) Interpretación de resultados y soluciones.

g) Mantenimiento general del sistema de información.

Todos los programas para computadora, tienen en su parte de instrucciones una secuencia lógica de operación, la interpretación adecuada de esta información es de gran ayuda para la aplicación del mismo, no pretendemos que el usuario sea un experto en programación, pero sí que pueda comprender y analizar un diagrama de flujo. En puntos posteriores, daremos más información al respecto de lo anteriormente mencionado.

### 3.3 El Programa CRAFT

En un taller de producción intermitente, la secuencia de operaciones para cada una de las partes es diferente, y si la localización de departamentos se arreglase para reducir al mínimo el manejo de materiales para una parte, dicho arreglo no sería el más eficiente para otra.

Una solución, es probar y evaluar cada posible localización, sin embargo, tan solo para 20 departamentos, tenemos  $20!$ , o sea,  $608 \times 10^{12}$  combinaciones. El algoritmo CRAFT reduce este número

al analizar solo aquellas soluciones que sean progresivamente mejores.

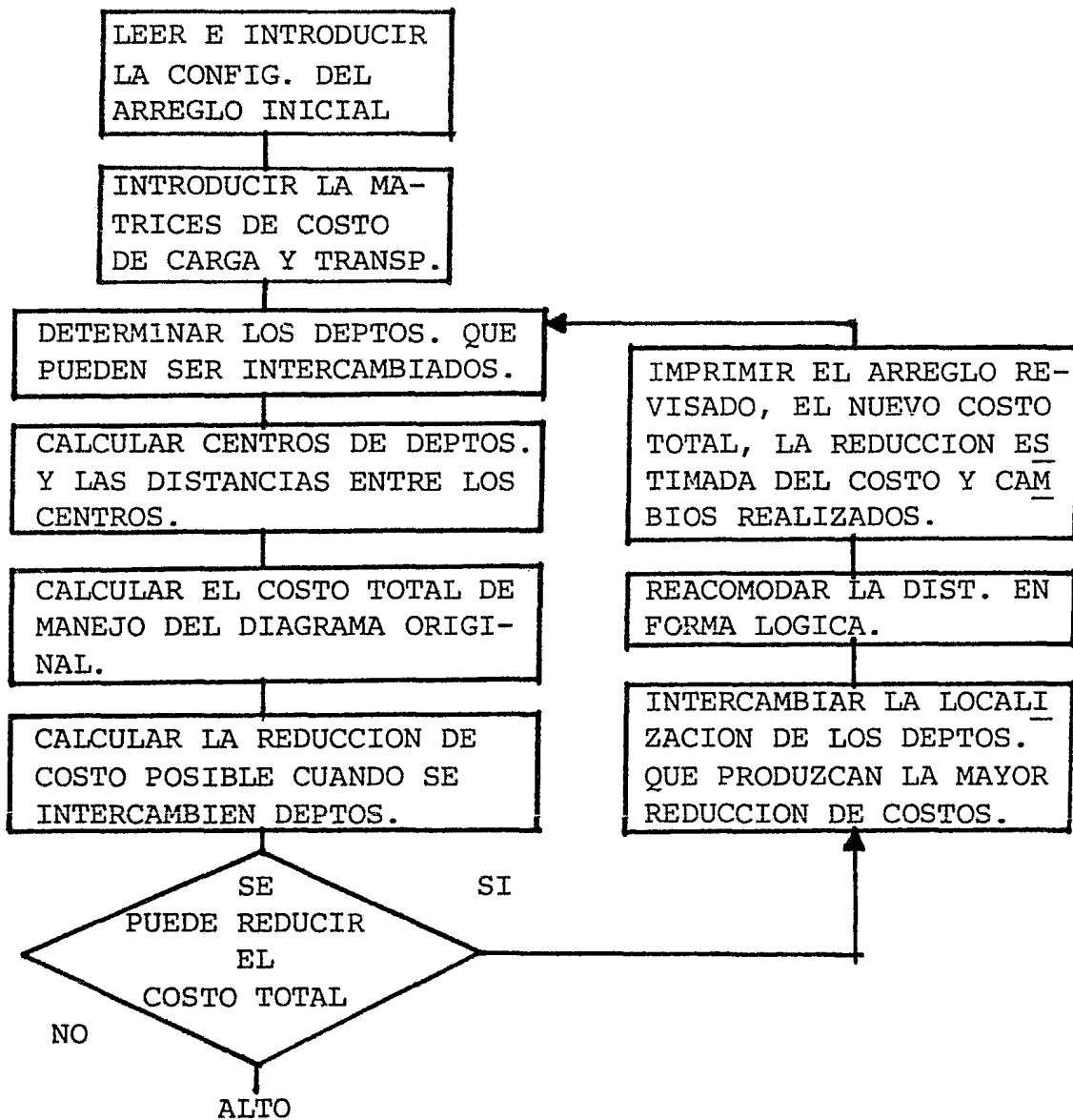
CRAFT evalúa una distribución inicial cualquiera, calculando los costos del manejo de materiales involucrados, y procede a hacer cambios de departamentos por pares. Si un intercambio de dos departamentos resulta en una mejoría, se tabula este valor junto con los de otros intercambios.

Cuando se tienen todos los resultados de los intercambios que conducen a unas mejoras, se elige el mejor, se realiza el intercambio de departamentos y se entra a un nuevo ciclo con la distribución resultante. Operando así, CRAFT logra que el número de intercambios a considerar en cada ciclo, si se tienen 20 departamentos sea de:

$$\frac{20!}{(2! \times 18!)} = 190$$

CRAFT puede también analizar los intercambios posibles de tres departamentos, ejecutando así para 20 departamentos, 1140 evaluaciones por ciclo.

## 3.3.1 Diagrama de Bloques



### 3.3.2 Datos Requeridos

Para utilizar el método CRAFT se requiere hacer un análisis previo que arroje los siguientes datos:

- a) Flujos interdepartamentales de material por unidad de tiempo y para todas las combinaciones de departamentos.
- b) Costos de manejo de materiales por unidad de distancia para todas las combinaciones de departamentos.
- c) La distribución existente o cualquier distribución inicial arbitraria.

Estos datos pueden obtenerse del análisis de los pedidos atendidos por el taller en un cierto período.

En el caso de plantas nuevas, se recomienda que la distribución inicial incluya áreas vacías, de tal forma que CRAFT pueda reacomodar los departamentos más fácilmente.

### 3.3.3 Forma de Uso

CRAFT necesita para funcionar que se le alimente con los siguientes datos:

- a) La matriz de movimientos de materiales entre departamentos. Esta matriz debe contener datos en unidades congruentes en todos los casos.
- b) La matriz de costo de movimiento de material. Esta matriz debe contener datos en unidades de costo por unidades de distancia.
- c) La distribución de planta inicial.
- d) Las opciones con que se quiere ejecutar el programa.

CRAFT puede ser alimentado con varios juegos de datos, para así resolver varios problemas en la misma corrida del programa.

## 3.3.4 Formato de los Datos

DATOS	FORMATO	OBSERVACIONES
PARAMETROS DE CONTROL		
(1 Tarjeta) número de Deptos.	I2	Límite 40 Deptos.
Número de renglones en la matriz de distribución.	I2	Límite 30 renglones.
Número de columnas en la matriz de distribución	I2	Límite 30 columnas.
Control de movimiento.	I2	Valor 0.- Analiza y ejecuta movimientos de departamentos por pares. Valor 1.- Analiza y ejecuta movimientos de departamentos por tercias.

Valor 2.- Analiza y ejecuta todos los movimientos posibles de dos departamentos y después analiza y ejecuta todos los movimientos de 3 departamentos.

Valor 3.- Analiza y ejecuta todos los movimientos posibles en 3 departamentos y después analiza y ejecuta todos los movimientos posibles de 2 departamentos.

Valor 4.- Analiza para cada movimiento todas las posibilidades de reacomodo de 3 y 2 departamentos,

Control de Impresión.	I2	<p>elige la mejor y la ejecuta.</p> <p>Valor menor a 1, sólo imprime la distribución inicial y la final.</p> <p>Valor 1, Imprime la distribución que obtiene en cada iteración.</p> <p>Valor mayor a 1, imprime los valores de los cálculos de costo para cada iteración.</p>
Número de Deptos. Fijos	I2	<p>Especifica cuántos departamentos se toman como fijos en este problema.</p>
Número de Nombres de Deptos.	I2	<p>Especifica el número de tarjetas de nombre de de-</p>

partamentos que se alimentarán.

**NOMBRE DE LOS DEPARTAMENTOS**  
(1 Tarjeta por Departamento)

Número de Departamento.	I2	Se especifica la clave numérica del departamento al que se le da nombre.
Nombre del Departamento.	40A1	Se especifica el nombre que se le asigna al departamento del cual precede su número.

**DEPARTAMENTOS FIJOS**  
(1 Tarjeta)

Departamentos Fijos	I2	Se especifica cuáles son los números de departamentos en la
---------------------	----	---

planta que el algoritmo no puede mover.

## MATRIZ DE MOVIMIENTOS DE MATERIAL

(1 ó 2 Tarjetas de Renglón)

Matriz de movimiento de materiales.

F4.0 Se alimenta por renglones una matriz cuadrada. En cada tarjeta se pueden especificar hasta 20 elementos, si es necesario se continúa el renglón en la siguiente tarjeta.

## MATRIZ DE COSTO DE MOVIMIENTO

(1 ó 2 Tarjetas por Renglón)

Matriz de Costo de Movimiento de Materiales.

F4.3 Se alimenta por renglones una

matriz cuadrada. En cada tarjeta se pueden especificar hasta 20 elementos, si es necesario, se continúa el renglón en la siguiente tarjeta.

**MATRIZ DE DISTRIBUCION**  
(1 Tarjeta por Renglón)

Distribución de Planta.	12	Se alimenta por renglones la matriz que especifica la distribución inicial. Cada departamento se localiza con un grupo de números iguales, que coinciden con el número del renglón que se le asignó al depar-
-------------------------	----	---

tamento en las matrices de costo y movimiento. Cada departamento puede tener un máximo de 40 celdas.

### 3.4 Estructura del Programa

CRAFT es un programa modular compuesto de un programa principal de 25 subrutinas, las cuales se listan y describen a continuación:

#### MAIN

Es el programa principal para llamar a las subrutinas.

#### LAYOUT

Es la rutina supervisora para la fase de inicialización.

#### CKISP

Revisa la distribución de espacios inicial, la indexa

y pide el cálculo inicial de centros adyacentes, etc.

#### OUTISP

Imprime la distribución de espacios en forma legible.

#### ANACTL

Esta subrutina llama a los supervisores de dos (2) y tres (3) movimientos, ANAN y ANAT, en la forma que se pida en las columnas 7-8 de la tarjeta de control (parámetro ICTL).

#### ANAN

Es la rutina supervisora de los movimientos de dos departamentos.

#### ANAT

Es la rutina supervisora de tres departamentos.

#### AJA

Analiza el arreglo de espacios ISP para determinar cuáles departamentos son adyacentes o del mismo tamaño y marca en la matriz "IAJA" (I,J) de acuerdo a resultados.

**CDIST**

Calcula la distancia entre el centro de un departamento y el centro de cada uno de los demás. La distancia se mide de izquierda a derecha, de arriba a abajo, esto es, alrededor de las esquinas en vez de diagonalmente.

**CENTER**

Calcula el centro de un departamento I y lo almacena en la posición de los arreglos ROWCEN y COLCEN.

**COST**

Calcula el costo total de transportación entre el departamento I y todos los demás departamentos, asumiendo que el departamento I está centrado en el departamento J. Si  $I = J$  se obtiene el costo verdadero del departamento I, de otra forma se tiene un estimado del costo que resultaría si I y J fueran intercambiados.

**VALID**

Revisa la forma de un departamento para asegurar que es de una sola pieza.

**MESSP**

Extrae el departamento más pequeño del más grande tomando porciones verticales del lado izquierdo (después de la rotación de LAYOUT). Si esto falla, toma porciones horizontales de la parte superior.

**MESSQ**

Extrae el departamento más pequeño del más grande tomando sucesivamente cuadros más grandes de la esquina superior izquierda (después de la rotación del SETUP).

**SETUP**

Analiza la rotación relativa de los departamentos que serán intercambiados y rota el más grande de forma que MESSER y MESSQ puedan ser usados para extraer de él, el menor.

**PICUP**

Gira en sentido inverso a las manecillas del reloj las celdas de la localización temporal del departamento que antes era más grande y las pone de nuevo en el índice para sus nuevos departamentos. (Parte del antiguo departamento

más grande es ahora más pequeña, otra parte sigue igual).

#### PERIM

Mide la frontera común entre los departamentos K y L.

#### POSIM

Es llamada cuando se detecta una condición de error en el programa, hace un "dump" de varios arreglos para facilitar la autopsia (Post Mortem Debbugin) del programa. Llama a LAYOUT para iniciar otro problema.

#### GDNDX

Desempaca las coordenadas I, J de una celda de su almacenamiento, una palabra IDNDX.

#### MATOUT

Imprime una serie de matrices con títulos especificados por IPARM, en segmentos de 10 columnas.

#### IALPHA

Convierte del departamento I al correspondiente código alfabético.

**IPDNDX**

Empaca las coordenadas I, J de una celda en una palabra de IDNDX

**CEXC**

Coloca los nuevos departamentos que resultan de MESSP ó MESSQ en el índice regular, revisa que cada nuevo departamento tenga una forma válida y calcula su frontera común.

**EXCH**

Supervisa el intercambio real de dos departamentos, llamando a las rutinas y eligiendo la mejor si las dos fueron exitosas.

**EXCT**

Supervisa el intercambio de departamentos "A" y "C" a través de un departamento "B" para hacer esto, usa PICUP y las columnas 44-43 de IPDNDX de la manera usual.

**ARREGLOS EN MEMORIA**

"ISP" DIMENSION (32,32) Distribución de espacios.

"COVOL"	(40,40)	Datos de costo volumen.
"IDEPT"	(44)	Número de celdas por departamento.
"IDNDX"	(75,44)	Coordenadas de cada celda de cada departamento empacadas, usando la función IPDNDX.
"IDFIX"	(44)	Códigos de los departamentos fijos.
"IAJA"	(40,40)	Matriz de control. -Departamento fijo, + 1 Departamentos iguales.
"ROWCEN"	(44)	Renglón en el que está el centro de cada departamento.
"CULCEN"	(44)	Columna en la que está el centro de cada departamento.
"IT"	(31,32)	Matriz de trabajo usada

por VALID para determinar la forma del departamento.

"IV", "IW"

Matrices de trabajo varias.

#### OTRAS VARIABLES

"I", "J", Y "BCOST"

Al intercambiarlos departamentos I, J, o I, J, K se obtiene un ahorro BCOST.

"MOVEA" "MOVEB"

El ahorro mayor para esta distribución, se obtiene al intercambiar los departamentos MOVEA, MOVEB, MOVEC, y dicho ahorro vale ACOST.

"TCOST"

Costo total para una distribución.

### 3.5 Lógica del Programa CRAFT

El Programa CRAFT, como se expone en la parte correspondiente (3.3), tiene la característica de reducir el número de búsquedas en reacomodos. Pero lo que intentamos dar es la forma en que fluye la información dentro del mismo programa, lo que permite esto, es conocer más de cerca el problema que se intenta resolver y cuanta más información útil podamos manejar con respecto al problema, mejor solución podemos proporcionar.

No con esto nos estamos contradiciendo en lo que respecta a la cantidad de información que se obtenga, y que si es demasiada puede resultar contraproducente. Pero depende de cuánto conocimiento del problema queramos abarcar. Y consideramos que para el Ingeniero Industrial son de gran utilidad los puntos aquí expuestos.

## CAPITULO IV

## APLICACION DEL METODO

## 4.0 Aplicación del Método CRAFT

Esta es quizá una de las partes más relevantes de este trabajo, dado que para la aplicación del método se requiere de un estudio previo del caso y un análisis de la información existente, puesto que no solamente se aplica en lo referente al manejo de materiales, sino que es susceptible de aplicarse a cualquier sistema dinámico que presente movimiento en un período determinado.

Dada la razón arriba mencionada, y por lo expuesto en capítulos anteriores, es necesario realizar consideraciones para los datos que requiera el algoritmo y de esto dependerá los resultados de la aplicación de dicho algoritmo mediante el Programa CRAFT.

Ya está dicho y comprobado, que si a una computadora se le proporcionan datos erróneos entregará como resultado del procesamiento de la información, soluciones erróneas. Y es por ello que se dió relevante importancia al análisis del sistema empleado para el movimiento de

materiales, así como para la distribución que se le proporciona como dato inicial a la computadora.

Más adelante, se explicarán las consideraciones que se hicieron.

Para el caso en estudio, nos referimos a una bodega de insumos para el acondicionamiento del producto final; distribución que se presenta en la figura 4.1, en donde se localizan todas las partes de que consta el producto final para la venta.

Dado los volúmenes de información que se manejan, se tendrán que realizar una serie de consideraciones, como son: agrupación y selección de los productos más importantes y asociación de un costo unitario al manejo de materiales, etc.

Las consideraciones que se realizaron llevan conjuntamente una justificación lógica, para que los resultados finales se tomen en cuenta para las conclusiones.

En la aplicación del método se siguió la siguiente lógica:

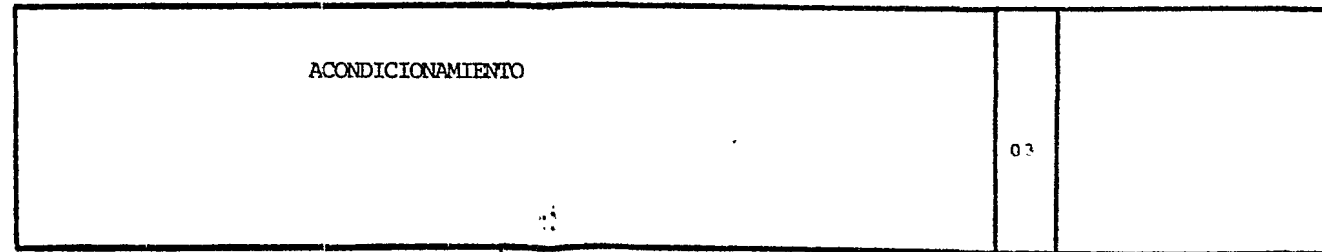
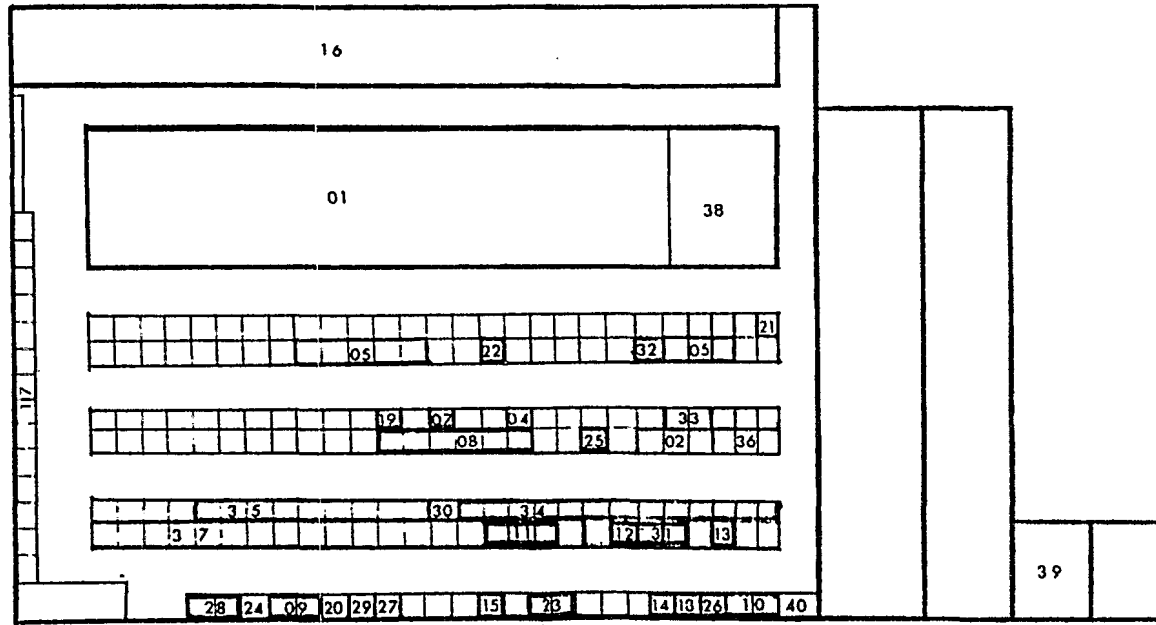


FIG. 4.1

4.1 Estudio de las características en todos sus aspectos, referente a los datos necesarios para el algoritmo.

4.2 Planteamiento de solución.

4.3 Captura de la información para la aplicación del método.

#### 4.1 Estudios de las Características de la Planta

Partiendo de la base que el algoritmo del CRAFT ayuda a resolver problemas de distribución, se pensó en la necesidad de poder obtener una mejor localización de los insumos para los productos más importantes, fabricados por la compañía que prestó la información. Esto se refiere a que en la bodega de materiales para el acondicionamiento, se realiza un movimiento indefinido de insumos que se concentran en un área llamada "Area de Presurtido".

Del Departamento de Producción se generan órdenes de fabricación por medio de computadora; estas órdenes contienen la siguiente información: producto o nombre, insumos necesarios en cantidad, (considerando las

mermas ya calculadas por la experiencia), para las cantidades se considera la unidad del lote como unidad básica, por decirlo así, la cantidad de un insumo para un determinado producto no coincide con el tamaño del lote, puesto que, no se tomaría en cuenta el desperdicio o merma que lleva la producción. Dicho de otra forma, se se requiere producir un lote de tamaño 1000 se necesitan 1036 insumos, en donde está considerada la merma o desperdicio.

Estos datos los tomaremos en cuenta para los resultados finales y las soluciones propuestas para el caso.

Una vez que se cuenta con las hojas de información, se procede bajo un calendario de producción para cumplir con las órdenes de trabajo, esta mecánica se realiza con las siguientes características:

- 1.- Las hojas de producción son entregadas a un personal que se encarga de la localización y acarreo de los insumos, o sea, de la localización fija del insumo al área de presurtido.
- 2.- Ya estando en el área de presurtido se traslada la mercancía a una mesa de control donde se revisa la salida del material.

- 3.- Una vez pasada la mesa de control, se concentran los insumos al área de Acondicionamiento donde se encuentran las líneas de producción.
  
- 4.- Posteriormente al acondicionamiento, se acomodan en el almacén de producto terminado para su distribución.

No todos los productos llevan estos pasos exactamente, puesto que algunos contienen más, dado que requieren de pasar períodos de cuarentena y en este período se localizan en otras áreas.

Para el objeto de estudio, que es el movimiento de insumos para la producción, se analizaron los recorridos que existen dentro de la bodega de materiales, en donde prácticamente se encuentran la mayor parte de los componentes del producto final, es decir, el empaque, los frascos, tapas, cajas colectivas, envolturas, separadores, etc.; a excepción de que para algunos productos ahí mismo se localizan el granel o producto químico de que consta el artículo final.

En sí, el estudio se enfoca al empaque de la fabricación, o bien, al acondicionamiento del producto para su venta.

Dado que el Método CRAFT trata de obtener una localización de áreas de acuerdo a la cantidad movida de un área a otra, y a el costo asociado a ese cambio de la localización, se pensó que en el caso de esta planta de producción, se puede aplicar para que en última instancia se pueda reducir el costo del producto final.

#### 4.2 Planteamiento de Solución

Aquí daremos conjuntamente características y soluciones para mantener más en claro las ideas y no aislarlas, con el objeto de tener una mejor concepción de las consideraciones que se tomaron en cuenta. E inicialmente nos auxiliaremos de algunas definiciones de sistemas de producción, para aclarar la idea de dicho planteamiento de solución.

Una de las características que más se toman en cuenta para poder aplicar el método CRAFT, es que se tiene que referir a un sistema de producción intermitente,

normalmente este tipo de sistemas no produce para inventario sino que mantiene listo un sistema de producción flexible para surtir sobre pedido.

Con esto se quiere decir que las órdenes de trabajo se reciben aleatoriamente, que no se puede saber lo que se va a fabricar y que se tiene una capacidad instalada lista para ser usada, de acuerdo a como se presentan los trabajos necesarios; de otra forma, no existe una programación de la producción a largo plazo. A esto se le da el nombre de Talleres Abiertos.

Existe otra clasificación a la cual se le llama de Talleres Cerrados, y estos son los que producen para su propio uso interno en su línea de productos y que a la vez, son cautivos de una empresa. Su línea de producción usualmente tiene cierto grado de previsión, aunque los talleres cautivos pueden recibir pedidos internos de una sola vez. Adviértase igualmente que algunos talleres cautivos tienen las características de los Talleres Abiertos, si son esencialmente experimentales o de prototipos.

A estas definiciones anteriores se les puede dar distintas interpretaciones, pero nosotros las entendemos como que en cualquier caso se puede producir con

incertidumbre, ya sea por producción aleatoria o por no conocer la demanda de productos, en determinado tiempo, para ambos casos.

Por lo anteriormente expuesto, la solución que se plantea es que de ser posible la aplicación del método, basándose en la producción realizada por pronósticos de venta, no llegase a existir una seguridad de que esta sea una cantidad real, aunque se puede pensar, y de hecho lo es, una cantidad a la cual se pretende llegar, pero de alguna base habrá que partir para obtener los datos necesarios.

Para lo que está relaciona con los datos tenemos que las unidades que se manejan son:

- a) Para datos tipo I  $\frac{\text{cargas}}{\text{tiempo}}$
- b) Para datos tipo II  $\frac{\text{pesos}}{\text{mts.}}$
- c) Para datos tipo III 1 caracter = 1,87 mts.

Con estas unidades se tomarán solamente costo unitarios para dejar todo en función de la distancia, ya que, las cargas que se están manejando son lotes y lo que buscamos es encontrar la solución para el conjunto de productos en estudio.

Para la distribución inicial de la bodega daremos como dato la actual, dado que tratamos de comparar la solución contra lo real. Los resultado obtenidos los acondicionaremos de tal forma que presentaremos un plano arquitectónico y solo nos valdremos de la información de bloques que proporciona el algoritmo.

El propósito de lo anterior es que la solución propuesta solo está en función de las cantidades producidas, si es que se mantiene fijo el costo del movimiento de materiales, es decir, que el costo asociado al movimiento de cualquier insumo tenga el mismo valor y éste, a su vez, solo se ve afectado por la distancia recorrida.

Con ello solo se tomarán los múltiplos de la producción para obtener la cantidad movida por año y correlacionando un factor de costo por cada metro relocalizado, dará el costo del total para el período en estudio, para el caso, conviene mencionar que se está tomando un año de producción.

En los capítulos posteriores se podrán ver los resultados obtenidos y la forma en que se interpretarán para dar la solución, habiéndose valido de las facilidades que proporciona el algoritmo.

#### 4.3 Captura de la Información necesaria para el Algoritmo.

En esta parte del trabajo queremos mostrar la forma de trabajar para la captura de la información de manera de tomar sola la necesaria, aplicarla y obtener los resultados deseados. Pretendemos explicar que, de un gran volumen de información proporcionada, se describió la que no era necesaria como datos para la aplicación del método y de esa manera no considerar información de más o de menos.

La secuencia que se llevó a cabo la describimos a continuación.

Inicialmente para el sistema de producción utilizado se contempló el procedimiento de planeación para la producción, desde la decisión de lo que se piensa producir hasta lo que se va a hacer para llegar al objetivo. Esto se logró a través de pláticas, tipo entrevistas, para

conocer la forma en que se lleva a cabo, y esto fue de gran utilidad, puesto que nos permitió conocer la forma de plantear el problema y darle la solución adecuada.

Posteriormente, se procedió a las mediciones físicas de la bodega, así como la localización de los insumos que se encuentran para el acondicionamiento total de los productos fabricados por la compañía en estudio.

Después de esto, se clasificaron aquellos productos que son los más importantes dentro del total con que se cuentan, debido a dos razones: primero por capacidades del programa y segundo porque son los productos que representan para la compañía sus productos estrella, es decir, lo referimos a la ley de Pareto, estos productos que son aproximadamente el 20% del total, representan el 80% de las utilidades recibidas por la compañía, con respecto a las ventas.

Una vez con la clasificación que se obtuvo procedimos a revisar qué insumos se requerían para el acondicionamiento de estos, localizarlos dentro de la bodega y contabilizar las cantidades necesarias por lotes para cada insumo; esta información la presentamos en el cuadro 4.2.

C U A D R O 4.2

PRODUCTO	CANTIDAD NECESARIA PARA UN LOTE DE 1000 UNIDS.	MATERIALES QUE COMPONEN EL PRODUCTO FINAL	LOCALIZ. EN ALMACEN	DESCRIPCION DEL LUGAR EN PLANTA (OBSERV)	DTO	CANT. MOVIDA	OBSERVACIONES GENERALES
UNO EN UNA SOLA PRESENTACION	1,020	BOTELLA *	AREA 8	TODO SE	01	27,254.4	* CORRESPONDEN AL + NISHO MATERIAL @ EN DISTINTOS PROCESOS
	1,020	TAPA + CJ.COLECT @ LIQUIDO	D4->D6	TRASLADA A CUARENTENA DE ACONDIC.	02	27,254.4 1,336.0	
DOS EN SEIS PRESENTAC.		POMADA					
		LATA	F15->F19		05	531,294.6	
		EXHIBIDOR CJ.COLECT.	F3->F5 E14		06 07	26,220.8 3,352.8	
TRES EN UNA SOLA PRESENTACION	1,030	FRASCO	AREA 8		01	14,450.9	DEL ALMACEN DE ETIQUETAS SE VA AL AREA B, REGRESA AL ALMACEN Y POSTERIOR- MENTE VUELVE AL AREA 8 DONDE SE CONCENTRAN TODOS LOS INSUMOS PARA LA LINEA DE PRODUCCION Y ACONDICIONAMIENTO
	1,030	TAPA	D11->D16		08	14,450.9	
	1,030	ETIQ.FRASCO	ALM.ETIQ.	TODO SE	03	14,450.9	
	1,030	CAJA INDIV.	A19->A20	CONCENTRA	09	14,450.9	
		INSTRUCTIVO	A1->A2	EN AREA 8	10		
	1,020	CUCHARILLA	B11->B13		11	14,310.6	
	50PR/CJ	CJ.COLECTIVA	AREA 8		01	28.6	
	ETIQ.CAJA LIQUIDO LIQUIDO	ALM.ETIQ.		03	28.6		
CUATRO EN UNA SOLA PRESENTACION BLISTER PACK		PAPEL ALUM.	B7	TODO SE	12		
		P.V.C.	B3	CONCENTRA	13		
		GRANEL		EN AREA 8			
		INSTRUCTIVO	A1->A2		10		
		CAJA INDIV. CJ. COLECT. ETIQ.CJ.COL.	A5 AREA 8 ALM.ETIQ.		14 01 03		
CINCO EN UNA SOLA PRESENTACION BLISTER PACK	1,101	PAPEL ALUM.	B7	TODO SE	12	8,620.8	
	5,732	P.V.C.	B3	CONCENTRA	13	44,881.5	
	50,500	GRANEL		EN AREA 8		395,415.0	
	1,030	CAJA INDIV. CJ. COLECT. ETIQ.CJ.COL.	A12 AREA 8 ALM.ETIQ.		15 01 03	8,064.9 164.4 164.4	
SEIS EN UNA SOLA PRESENTACION	1,030	FRASCO	AREA 7	TODO SE	16	84,645.4	
	1,030	TAPA	D11->D16	CONCENTRA	08	84,645.4	
	1,138	ETIQ. FRASCO	ALM.ETIQ.	EN AREA 8	03	93,520.8	
		CJ. COLECT.	AREA 8		01	986.1	
		ETIQ. CAJA	ALM.ETIQ.		03	986.1	
		CJ, CORRUG. SEPARADOR LIQUIDO	AREA 8 AREA SEP.		01 17	986.1 986.1	

PRODUCTO	CANTIDAD NECESARIA PARA UN LOTE DE 1000 UNIDS.	MATERIALES QUE CONFORMEN EL PRODUCTO FINAL	LOCALIZ. EN ALMACEN	DESCRIPCION DEL LUGAR EN PLANTA (OBSERV)	DTO	CANT. MOVIDA	OBSERVACIONES GENERALES
SIETE EN UNA SOLA PRESENTACION BLISTER PACK	1,101	PAPEL ALUM.	B7	TODO SE	12	43,588.5	
	5,732	F.V.C.	B3	CONCENTRA	13	226,929.8	
	50,500	GRANEL		EN AREA B		1,999,295.0	
	1,030	INSTRUCTIVO	A1->A2		10		
	21CAJAS	CAJA INDIV. CJ. COLECT. ETIQ.CJ.COL.	A4 E16 ALM.ETIQ.		18 19 03	40,777.7 831.4	
OCHO EN DOS PRESENTAC.	1,030	FRASCO	AREA 7		16		DEL ALMACEN DE ETIQUETAS SE VA AL AREA B, REGRESA AL ALMACEN Y POSTERIOR- MENTE VUELVE AL AREA B DONDE SE CONCENTRAN TODOS LOS INSUMOS PARA LA LINEA DE PRODUCCION Y ACONDICIONAMIENTO
	1,030	TAPA	D11->D16		08		
	1,094	ETIQ.FRASCO	ALM.ETIQ.	TODO SE	03		
	1,030	CAJA INDIV.	A18	CONCENTRA	20		
	1,020	INSTRUCTIVO	A1->A2	EN AREA B	10		
	1,020	CUCHARILLA	B11->B13		11		
24PR/CJ	CJ.COLECTIVA	AREA 8		01			
		ETIQ.CJ.COL.	ALM.ETIQ.		03		
		LIQUIDO					
		LIQUIDO					
NUEVE EN UNA SOLA PRESENTACION	1,010	AMPOLLETA	G1		21		
	1,020	SOFTE.AMPOLL	F12		22		
	1,030	CAJA INDIV.	A9->A10		23		
	12PR/CJ	CJ.COLECTIVA	A21		24		
1,020	SOL.INYECT.						
DIEZ EN UNA SOLA PRESENTACION	1,010	TUBO					
	6,120	APLICADORES	D8		25		
	1,020	BOLSA PLAST.	A3		26		
	1,030	CAJA INDIV.	A16		27		
	1,020	INSTRUCTIVO	A1->A2		10		
12PR/CJ	CJ.COLECTIVA	A22->A23		28			
		ETIQ.CJ.COL.	ALM.ETIQ.		03		
ONCE EN UNA SOLA PRESENTACION BLISTER PACK	0.365	PAPEL ALUM.	B7		12		
	1.911	F.V.C.	B2->B3		13		
	1,010	GRANEL					
	1,020	INSTRUCTIVO	A1->A2		10		
	1,030	CAJA INDIV.	A17		29		
14CAJAS	CJ.COLECTIVA	AREA 8		01			
		ETIQ.CJ.COL.	ALM.ETIQ.		03		
DOCE EN UNA SOLA PRESENTACION		GRANEL					
		CAJA INDIV.	C15		30		
		CJ.COLECTIVA	AREA 8		01		
		ETIQ.CJ.COL.	ALM.ETIQ.		03		
	CELOFAN	B5 > B6	EMPACADURA EN CASETA 5		31		

PRODUCTO	CANTIDAD NECESARIA PARA UN LOTE DE 1000 UNIDS.	MATERIALES QUE COMPONEN EL PRODUCTO FINAL	LOCALIZ. EN ALMACEN	DESCRIPCION DEL LUGAR EN PLANTA (OBSERV)	DTO	CANT. MOVIDA	OBSERVACIONES GENERALES
TRECE EN UNA SOLA PRESENTACION		GRANEL CAJA INDIV. CJ.COLECTIVA ETIQ.CJ.COL. CELOFAN	F6 E4->E5 B5->B6	EMPACADORA EN CASETA 5	32 33 03 31		
CATORCE EN UNA SOLA PRESENTACION		GRANEL CAJA INDIV. CJ.COLECTIVA ETIQ.CJ.COL. CELOFAN	F6 E4->E5 B5->B6	EMPACADORA EN CASETA 5	32 33 03 31		
QUINCE EN UNA SOLA PRESENTACION	1,020 1,020 1,020 42CJ/24TUB	TUBO TAPON GRANEL CAJA INDIV. CJ.COLECTIVA ETIQ.CJ.COL.	AREA 8 AREA 8 C1->C14 C16->C23 D1->D3 AREA 7 ALM.ETIQ.		01 01 34 35 36 16 03		
DIECISEIS EN CINCO PRESENTAC.	2,030 2,030 1,002 1,050 42CJ/24CEP	TAPA BASE CEPILLO ETIQUETA CJ.COLECTIVA	AREA 8 AREA 8 ARRIBA ALM.ETIQ. B14->B27		01 01 03 37		

A continuación se realizaron consideraciones respecto a la agrupaciones, pero de esto nos encargaremos más adelante, para conjuntar las ideas y de esta forma resulte más explícito.

#### 4.3.1 Datos de Control para el Algoritmo

Aquí daremos los datos que se necesitan para acceder la información y proporcionar parámetros de impresión, así como compartimientos del propio algoritmo. Consta de 8 campos, de los cuales tres son los que interesan en este punto.

a) Control de Movimiento.

Analiza las diferentes opciones de intercambios tal y como se mencionan en el capítulo III. Los detalles se muestran en los resultado.

b) Control de Impresión.

Puede mostrar paso a paso los intercambios realizados o sólo presentar la distribución inicial y la final.

c) Control de Impresión (Cálculo)

Imprime los cálculos de costo para cada iteración realizada o no.

Para los otros 5 tipos de datos y por no ser repetitivos, se muestran en las corridas realizadas. Lo que se pretende es indicar que lo conveniente es manejar las distintas opciones de los intercambios realizados por el algoritmo para poder observar los resultados que se obtienen y, a partir de estos, poder dar resultados con base a las distribuciones obtenidas.

4.3.2 Datos Referentes al Movimiento de Materiales  
(Tipo I).

Para estos datos se requiere proporcionar una matriz que relaciona la cantidad movida de una localidad a otra, en otras palabras, los flujos interdepartamentales de insumos en cargas por unidad de tiempo para todas y cada una de las combinaciones de departamentos.

Sin embargo, a simple vista podría pensarse que el dato está enfocado a una producción tal que no tuviese ninguna interrupción, es decir, que durante 8 horas de

trabajo se mueve una determinada cantidad de materiales de una localidad a otra por cada hora transcurrida; también podría pensarse que se refiere a un solo artículo que lleva un recorrido en especial pero con distintas características de proceso; se podría ejemplificar en un taller de maquinado de piezas sobre pedido.

Lo que se intenta indicar es que no importa el tiempo en el que se realice la producción, sino el período que se estime conveniente para la cuantificación del movimiento de materiales y que lo que se mueva tenga distintas opciones para tener un cambio de localización.

Para el caso en estudio, se tomaron las cantidades presupuestadas de producción para el año de 1982. Esta información se presenta en el cuadro número 4.3. Como se podrá observar, éste se refiere a una cantidad determinada de productos que contienen distinto número de insumos cada uno, el número puede coincidir pero no referirse a los mismos. Por ejemplo, si encontramos el insumo frasco, se puede referir a varios tipos pero sin embargo puede ser que el mismo tipo se utilice para más de un producto final.

En el cuadro número 4.2 se presentan las cantidades necesarias para producir un lote de 1000 unidades, estas presentan las mermas consideradas para la producción. Esto es con la finalidad de obtener el unitario de insumos para la producción, para posteriormente tomar la cantidad multiplicada por el número de lotes a producir.

## PRODUCTO NUMERO                      LOTES A PRODUCIR PARA 1982

1	517.50
2	5,915.70
3	856.30
4	1,616.53
5	176.59
6	2,703.57
7	933.14
8	390.79
9	39.64
10	45.04
11	713.47
12	713.47
13	1,127.23
14	1,180.66
15	7,568.00
16	7,380.91

C U A D R O    4.3

#### 4.3.3 Consideraciones tomadas en cuenta para datos del Tipo I.

Se tomó en cuenta que el movimiento de insumos es lo referente a un año de producción y para otras cantidades a producir, sólo se tendría que cambiar la matriz de movimiento de materiales.

Otra consideración que tiene relevante importancia para la aplicación del método, es la agrupación de los distintos insumos, dentro de su localización se agruparon varios de ellos para conformar un solo departamento; en la figura 4.3 se muestra la agrupación que se tomó en cuenta, así como las cantidades de insumos para estas agrupaciones.

Por lo referente a la consideración en las agrupaciones, está apoyada en que de no haberse realizado se hubiese tenido un exceso de capacidad en el programa y por otro lado, resultaría de poca utilidad representar áreas de  $2m^2$  aproximadamente.

DEPARTAMENTOS	AGRUPACION	CANTIDADES
19, 7, 4, 8	A	8,011.36
33, 2, 36	B	9,266.16
11, 35, 30, 34, 37	C	24,086.68
12, 31, 13	D	4,413.72
27, 28, 24, 9, 20	E	2,504.04
15, 23	F	216.23
14, 18, 26, 10	G	3,451.01
16	H	2,703.57
1	I	517.50
38	J	31,767.00
17	K	2,703.57
5	L	5,814.20
22	M	39.64
32, 6	N	6,994.86
21	O	39.64
25	P	45.04
40	Q	31,767.00
3	R	25,923.16
39	S	31,767.00

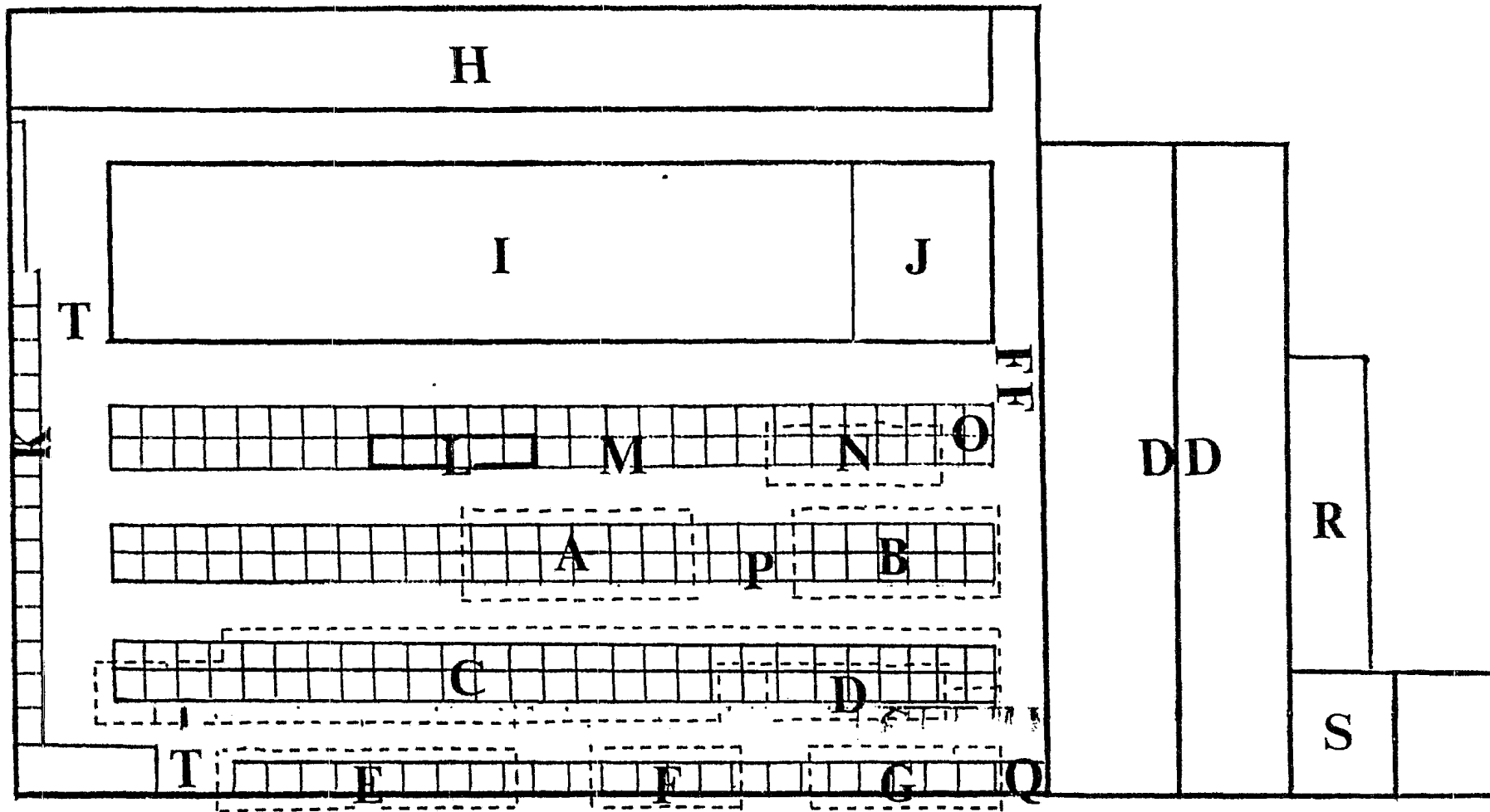


FIG. 4.3

#### 4.3.4 Datos referentes al Costo del Movimiento de Materiales (Tipo II).

Se refiere al costo del manejo de materiales de las unidades de carga interdepartamentales por unidad de distancia para todas las combinaciones de departamentos.

Los modelos de distribución suponen que los costos de manejo de materiales varían como una función lineal de la distancia que media entre los centros de los departamentos. El tiempo que se emplea en recoger y entregar cargas no se considera, ya que se supone que estas actividades serán las mismas en todas las distribuciones alternativas.

Para calcular estos costos es necesario apreciar detenidamente la forma de transportar de una localidad a otra, ver su variación, esto es, si existe un montacargas para unos transportes y para otros no, bandas transportadoras, personal especializado, etc. Si existe alguna combinación de un par de ellas, por lo menos, se procedería al cálculo correspondiente y a la colocación de éste en la matriz asociada a este tipo de datos.

Inclusive, se podrían cuantificar cierto tipo de costos tales como la depreciación del equipo de transporte, el entrenamiento, los costos de mantenimiento, etc.

Este tipo de datos, consideramos serán aplicables si es que representan una cantidad que resulte significativa al costo inherente del movimiento de materiales.

#### 4.3.5 Consideraciones tomadas en cuenta para Datos del Tipo II

Como se menciona en el punto anterior, el tiempo asociado al transporte no se considera como dato necesario y menos aún, por la razón de que en este caso estamos considerando un año completo de producción.

Los costos que se tomaron en cuenta para cada movimiento de una localidad a otra, se consideraron unitarios, con el objeto de dejarlos exclusivamente en función lineal de la distancia que tengan que recorrer, además se deja al interesado la opción de aplicar todo tipo de costos directos o indirectos relacionados al movimiento.

Esto es posible, sí y sólo sí, no existe más de un tipo distinto de mover las cosas, para dejar más en claro este concepto, sería, que para mover absolutamente todo tipo de materiales tenga exactamente las mismas características.

Cuando sea posible aplicar un costo unitario al movimiento de materiales, recomendamos que así se haga puesto que esto facilita el análisis más objetivo del problema, dado que sólo se considera la distancia recorrida y la relocalización de los lugares sería lo único a modificar en los datos.

#### 4.3.6 Datos referentes a la Distribución Actual.

Para este tipo de datos, se necesita esquematizar todas las distintas localidades por donde fluyen y no fluyen los insumos.

Las áreas definidas para la localización de una actividad o de algún insumo, que es el caso del cual nos estamos encargando, representan para el algoritmo las distancia para recorrer de un departamento a otro. Estas distancias son tomadas de centro a centro de departamento; en la figura 4.1, se puede observar la

escala real que las dimensiones mínimas para los departamentos más pequeños es a lo sumo de 1.65m X 1.50m, en este caso, nos vimos obligados a que un caracter de la computadora represente un área mayor, por lo tanto se realizaron cierta agrupaciones para dar una mayor aproximación en cuanto a dimensiones se refiere, por lo tanto, daremos unta tabla correspondiente de las agrupaciones que se han realizado.

Por otro lado, el área de acondicionamiento se excluyó de la distribución inicial por la razón de que el área de fabricación se encuentra en dos plantas y que en la planta superior se lleva a cabo la fabricación del producto químico del que consta el producto final y para el acondicionamiento, se valen de la gravedad en la caída libre del líquido con ayuda de máquinas inyectoras que hacen pasar por los conductos dichos líquidos, y éstos a su vez son inyectados a los recipientes o frascos en las líneas de empaque.

Dado que la cantidad producida es realmente significativa, y se contempláemos este departamento como relocalizable y el Método CRAFT lo cambiase de posición, probablemente dicho cambio representaría un costo elevado debido a la reubicación de la maquinaria,

más aparte de que en buena cantidad, se utilice el sistema gravitatorio para el llenado de los productos.

Otro inconveniente es que se tendría obra civil para la reubicación, y esa no es la intención; pensamos que el tomar en cuenta dicho departamento, sería para el diseño de una planta nueva, donde se planearía no sólo la distribución de la planta, sino la ubicación, métodos de trabajo, estudio de tiempos y movimientos, etc.

En otras palabras, la planta en estudio solo está dividida internamente por medio de mallas de alambre (para el almacén en estudio) e internamente el almacén de insumos solo presenta la división de los mismos canastos (racks), que sólo se tendrían que pasar de unos canastos a otros; por tanto, el costo relacionado con los cambios es sumamente bajo.

#### 4.3.7 Consideraciones tomadas en cuenta para Datos del Tipo III.

En cuanto a las condiciones tomadas para este tipo de datos, se siguieron los pasos que se describen a continuación. Una vez que se conoció la ubicación de los insumos en un plano a escala, se procedió a:

- a) Agrupar los que estuviesen contiguos.
- b) Sumar las cantidades movidas por lote en cada caso respectivo (producción por año).
- c) Se tomó como dato, para el departamento agrupado, la suma de todos los insumos para que represente la cantidad movida al otro destino, (normalmente todos los insumos van en al área de presurtido).
- d) En el caso de que toda la suma de la agrupación no fuese trasladada al área de acondicionamiento o a cualquier otro departamento, sólo se tomó la parte correspondiente.

En la figura 4.3 se representan las agrupaciones que fueron realizadas.

Un caso especial que se tomó en cuenta fue que el departamento de impresión de etiquetas (imprenta) se localiza fuera del área central (parte inferior derecha de la figura 4.1), se ubicó en la misma dirección pero en el sentido opuesto para que formase parte del bloque general, además de que si se hubiese localizado en el

lugar original, se hubiera tenido que contemplar un área que ocuparía una extensión tal, que el programa no podría manejar. Como se observará más adelante, este departamento no fue afectado en su localización y en el plano final se le ubicará en el lugar que mejor le corresponda.

Se colocaron departamentos ficticios, tales como FF, T y GG que representan pasillos y cierres de área, de los cuales no se podría prescindir, dado que éstos tienen el propósito de proporcionar un acceso de todo lo ancho del almacén, independientemente de que se necesita dar al bloque la forma de un rectángulo porque en la distribución original no pueden existir superficies irregulares. Esto es, que la superficie debe representarse con perímetros lineales, un rectángulo o un cuadro.

#### 4.4 Resultados

Los resultados aquí presentados se refieren al procesamiento de los datos que se explicaron anteriormente, son las corridas del Método CRAFT para las distintas opciones de intercambios y controles de

movimientos (0), (1), (2), (3) y (4) como ya fue explicado cada uno en el capítulo correspondiente, (punto 3.3.4).

Solo presentamos un juego de datos para lo que se refiere a las matrices de movimiento de materiales y costo de transportación, puesto que para todos los casos se opera con las mismas.

Como se podrá apreciar resultaron distintas reducciones de costo (distancias), para las opciones procesadas y, en promedio, se obtiene una reducción en el costo de un 30.01%. Eso significa que cualquiera que se tomase como nueva distribución, sería un beneficio, que es lo que se buscaba en un principio.

Es conveniente analizar las distribuciones que resultan de cada control de movimiento, puesto que el programa casi siempre modifica la forma de área y esto quizá represente una dificultad para proponer una distribución correcta.

Por lo que respecta al tiempo de procesamiento de la información, no va más allá de 5 segundos del tiempo de CPU (Unidad Central de Proceso) por opción, y para lo que se refiere al tiempo de entrada-salida, no ocupa

más de 5 minutos incluyendo el tiempo de impresión, esto último puede variar ligeramente y tiene mucho que ver con el equipo que se está utilizando para el procesamiento de la información.

Para detallar un poco más lo que a continuación se presenta, explicaremos a qué tipo de información se refiere cada grupo de datos.

Inicialmente se encuentra en la primera hoja lo relacionado a los parámetros de control con que fue procesada la información; el siguiente grupo se refiere a la descripción de los departamentos y se encuentra en la segunda hoja; para el tercer grupo se muestra la matriz de movimiento de materiales, cada hoja presenta el título de los datos a los que se hace mención, posteriormente la matriz de costo de movimiento de materiales, y por último, la distribución inicial y la final con la secuencia de intercambios realizados durante el proceso de la información, conjuntamente con el costo total obtenido.













TABLE OF PRODUCTS WITH DEPARTMENTS

	EE	FF	GG
A	0.000	0.000	0.000
B	0.000	0.000	0.000
C	0.000	0.000	0.000
D	0.000	0.000	0.000
F	0.000	0.000	0.000
F	0.000	0.000	0.000
G	0.000	0.000	0.000
H	0.000	0.000	0.000
I	0.000	0.000	0.000
J	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000
L	0.000	0.000	0.000
M	0.000	0.000	0.000
N	0.000	0.000	0.000
O	0.000	0.000	0.000
P	0.000	0.000	0.000
Q	0.000	0.000	0.000
R	0.000	0.000	0.000
S	0.000	0.000	0.000
T	0.000	0.000	0.000
U	0.000	0.000	0.000
V	0.000	0.000	0.000
W	0.000	0.000	0.000
X	0.000	0.000	0.000
Y	0.000	0.000	0.000
Z	0.000	0.000	0.000
AA	0.000	0.000	0.000
BB	0.000	0.000	0.000
CC	0.000	0.000	0.000

DD	0.000	0.000	0.000
EE	0.000	0.000	0.000
FF	0.000	0.000	0.000
GG	0.000	0.000	0.000









TARIFA DE FRET EN DOLARES  
POR UNIDAD DE CARGA POR UNIDAD DE DISTANCIA

	U	V	W	X	Y	Z	AA	BB	CC	DD
A	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
B	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
C	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
D	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
E	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
F	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
G	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
H	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
I	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
J	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
K	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
L	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
M	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
N	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
O	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
P	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Q	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
R	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
S	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
T	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
U	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
V	1.000	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
W	1.000	1.000	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
X	1.000	1.000	1.000	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Y	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Z	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000
AA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000	1.000	1.000	1.000
BB	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000	1.000	1.000



Costo del Servicio de Puertos  
 POR UNIDAD DE CARGA POR UNIDAD DE DISTANCIA

	EE	FF	GG
A	1.000	1.000	1.000
B	1.000	1.000	1.000
C	1.000	1.000	1.000
D	1.000	1.000	1.000
E	1.000	1.000	1.000
F	1.000	1.000	1.000
G	1.000	1.000	1.000
H	1.000	1.000	1.000
I	1.000	1.000	1.000
J	1.000	1.000	1.000
K	1.000	1.000	1.000
L	1.000	1.000	1.000
M	1.000	1.000	1.000
N	1.000	1.000	1.000
O	1.000	1.000	1.000
P	1.000	1.000	1.000
Q	1.000	1.000	1.000
R	1.000	1.000	1.000
S	1.000	1.000	1.000
T	1.000	1.000	1.000
U	1.000	1.000	1.000
V	1.000	1.000	1.000
W	1.000	1.000	1.000
X	1.000	1.000	1.000
Y	1.000	1.000	1.000
Z	1.000	1.000	1.000
AA	1.000	1.000	1.000
BB	1.000	1.000	1.000

CC	1.000	1.000	1.000
DD	1.000	1.000	1.000
EE	0.000	1.000	1.000
FF	1.000	0.000	1.000
GG	1.000	1.000	0.000















DD	0.000	0.000	0.000
EE	0.000	0.000	0.000
FF	0.000	0.000	0.000
GG	0.000	0.000	0.000

FACULTAD DE INGENIERIA

CENTRO DE CALCULO .

PROGRAMA: CRAFT

PARA OPTIMIZACION DE PLANTAS INDUSTRIALES

COMPUTADORA: DIGITAL VAX 11/780

JUNIO DE 1982 C. P.

PROGRAMA CRAFT

\*\*\*DATOS DE ENTRADA

NUMERO DE DEPTOS	33 .
RENGLONES EN LA MATRIZ DE DIST	13 .
COLUMNAS EN LA MATRIZ DE DIST	30 .
CONTROL DE MOVIMIENTO	0
CONTROL DE IMPRESION	0
CONTROL DE IMPRESION CALC	0
NUMERO DE TITULOS A LEER	33
NUMERO DE DEPTOS FIJOS	4
DEPTOS FIJOS:	

17 20 32 33

DESCRIPCION DE LOS DEPARTAMENTOS

1	A	PASILLO (D/E) IZQ. GPU. 19,7,4,8
2	B	PASILLO (D/E) DER. GPU. 32,2,36
3	C	PASILLO (B/C) IZQ. GPU. 11,35,30,34,37
4	D	PASILLO (B/C) DER. GPU. 12,31,13
5	E	PASILLO (A) IZQ. GPU. 27,28,24,9,20,29
6	F	PASILLO (A) CEN. GPU. 15,23
7	G	PASILLO (A) DER. GPU. 14,18,26,10
8	H	AREA 7 TODO GPU. 16
9	I	AREA 8 IZQ. GPU. 01
10	J	AREA PRESURTIDO DER. GPU. 38
11	K	AREA SEPARADORES IZQ. GPU. 17
12	L	PASILLO (F/G) IZQ. GPU. 05
13	M	PASILLO (F/G) CEN. GPU. 22
14	N	PASILLO (F/G) DER. GPU. 32,6
15	O	PASILLO (F/G) DER. SUP. 21
16	P	PASILLO (D/E) CEN. GPU. 25
17	Q	SALIDA GPU. 40
18	R	ETIQUETAS GPU. 3
19	S	ARMADO DE CAJAS COLECTIVAS GPU. 39
20	T	DELIMITACION DE AREA
21	U	OTROS INSUMOS PASILLO (F/G)
22	V	OTROS INSUMOS PASILLO (D/E) IZQUIERDA
23	W	OTROS INSUMOS PASILLO (D/E) CENTRO
24	X	OTROS INSUMOS PASILLO (D/E) DERECHA
25	Y	OTROS INSUMOS PASILLO (B/C) IZQUIERDA.
26	Z	OTROS INSUMOS PASILLO (B/C) CENTRO
27	AA	OTROS INSUMOS PASILLO (B/C) DERECHA
28	AB	OTROS INSUMOS PASILLO (A) IZQUIERDA
29	AC	OTROS INSUMOS PASILLO (A) DERECHA.
30	AD	AREA CUARENTENA
31	AE	OTROS INSUMOS PASILLO (F/G) DERECHA
32	AF	CORREDOR CENTRAL PARA SALIDA MATERIAL
33	AG	AREA RESIRINGIDA

UBICACION DE LOS DEPARTAMENTOS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	FF	DD	DD	DD	DD	R	R	GG
2	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	FF	DD			DD	R	R	GG
3	T	T	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	J	J	J	J	FF	DD			DD	R	R	GG	
4	T	T	I															I	J			J	FF	DD			DD	R	R	GG
5	K	T	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	J	J	J	J	FF	DD			DD	R	R	GG	
6	K	T	U	U	U	U	U	U	U	U	U	M	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE	U	U	FF	DD			DD	R	R	GG	
7	K	T	U	U	U	U	L	L	L	L	L	M	EE	EE	EE	N	N	N	N	U	U	FF	DD			DD	R	R	GG	
8	K	T	V	V	V	V	V	V	V	V	A	A	A	A	W	W	W	W	B	B	X	X	FF	DD			DD	GG	GG	GG
9	K	T	V	V	V	V	V	V	V	V	A	A	A	A	W	P	W	B	B	B	B	U	FF	DD			DD	GG	GG	GG
10	K	I	Y	Y	Y	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	FF	DD			DD	S	S	S
11	K	T	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	Z	Z	U	D	D	D	AA	AA	FF	DD			DD	S		S
12	K	T	T	T	T	E	E	E	E	E	BB	BB	F	F	F	CC	CC	G	G	G	G	Q	DD	DD	DD	DD	S	S	S	
13	K	T	T	T	T	I	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T

COSTO TOTAL	2603.54	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	0.00	ITERACION NO.	0
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS					
COSTO TOTAL	2473.60	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	319.64	ITERACION NO.	1
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		U	J		
COSTO TOTAL	2382.86	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	293.67	ITERACION NO.	2
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		X	J		
COSTO TOTAL	2130.88	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	330.30	ITERACION NO.	3
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		B	J		
COSTO TOTAL	2101.09	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	172.55	ITERACION NO.	4
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		AA	C		
COSTO TOTAL	2021.95	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	79.14	ITERACION NO.	5
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		N	O		
COSTO TOTAL	2005.40	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	46.76	ITERACION NO.	6
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		Z	C		

COSTO TOTAL	1978.00	REDUCCION ESTIMADA	DE COSTO	32.00		ITERACION NO.	7
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		W	A				
COSTO TOTAL	1974.39	REDUCCION ESTIMADA	DE COSTO	26.55		ITERACION NO.	8
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		H	H				
COSTO TOTAL	1971.94	REDUCCION ESTIMADA	DE COSTO	20.74		ITERACION NO.	9
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		X	H				
COSTO TOTAL	1954.44	REDUCCION ESTIMADA	DE COSTO	17.50		ITERACION NO.	10
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		E	W				
COSTO TOTAL	1945.31	REDUCCION ESTIMADA	DE COSTO	14.40		ITERACION NO.	11
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		M	L				
COSTO TOTAL	1913.99	REDUCCION ESTIMADA	DE COSTO	23.78		ITERACION NO.	12
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		L	EE				
COSTO TOTAL	1910.12	REDUCCION ESTIMADA	DE COSTO	3.88		ITERACION NO.	13
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		I	DD				
COSTO TOTAL	1909.12	REDUCCION ESTIMADA	DE COSTO	1.00		ITERACION NO.	14
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		D	G				
COSTO TOTAL	1905.78	REDUCCION ESTIMADA	DE COSTO	0.83		ITERACION NO.	15
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		E	EE				
COSTO TOTAL	1905.35	REDUCCION ESTIMADA	DE COSTO	0.54		ITERACION NO.	16
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		CC	F				
COSTO TOTAL	1905.15	REDUCCION ESTIMADA	DE COSTO	0.10		ITERACION NO.	17
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		M	EE				
COSTO TOTAL	1905.10	REDUCCION ESTIMADA	DE COSTO	0.07		ITERACION NO.	18
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		X	N				
COSTO TOTAL	1904.29	REDUCCION ESTIMADA	DE COSTO	0.47		ITERACION NO.	19
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		N	DD				
COSTO TOTAL	1901.09	REDUCCION ESTIMADA	DE COSTO	16.65		ITERACION NO.	20
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		M	H				
COSTO TOTAL	1900.46	REDUCCION ESTIMADA	DE COSTO	0.31		ITERACION NO.	21
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		N	DD				
COSTO TOTAL	1898.05	REDUCCION ESTIMADA	DE COSTO	7.48			

DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS      N      H      ITERACION NO. 22

COSTO TOTAL.      1897.52      REDUCCION ESTIMADA DE COSTO      DD      0.17      ITERACION NO. 23  
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS      N      DD

UBICACION DE LOS DEPARTAMENTOS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1	X	DD	DD	DD	DD	DD	DD	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	FF	I	I	I	I	R	R	GG	
2	X	DD	DD				DD	H	H	H	H	H	H	H	H								H	FF	I		I	R	R	GG	
3	T	T	DD				DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	H					H	H	H	FF	I		I	R	R	GG	
4	T	T	DD									DD	DD	N	H	H	H	H	H	H	B	B	B	FF	I		I	R	R	GG	
5	K	T	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	N	N	N	H	H	B	B	B	B	B	FF	I		I	R	R	GG	
6	K	T	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	E	E	E	L	L	L	L	L	J	B	B	FF	I		I	R	R	GG	
7	K	T	U	U	U	U	U	EE	EE	EE	EE	EE	EE	E	E	E	O	O	O	O	J	J	J	FF	I		I	R	R	GG	
8	K	T	V	V	V	V	V	V	V	V	V	EE	EE	M	A	A	A	A	A	J	J	J	J	FF	I		I	GG	GG	GG	
9	K	T	V	V	V	V	V	V	V	V	V	EE	EE	M	A	A	P	A	J	J	J	J	J	FF	I		I	GG	GG	GG	
10	K	T	Y	Y	Y	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	FF	I		I	S	S	S	
11	K	T	AA	AA	Z	Z	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	G	G	G	G	C	C	FF	I		I	S		S		
12	K	T	T	T	T	W	W	W	W	W	W	BB	BB	CC	CC	F	F	F	D	D	D	D	D	Q	I	I	I	I	S	S	S
13	K	T	T	I	I	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	F	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	

COSTO TOTAL 1897.52 REDUCCION ESTIMADA DE COSTO 0.00  
 DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS N H ITERACION NO. 23  
 \*\*\*FIN DE DATOS, CRAFT HA TERMINADO

FACULTAD DE INGENIERIA

CENTRO DE CALCULO

PROGRAMA: CRAFT

PARA OPTIMIZACION DE PLANTAS INDUSTRIALES

COMPUTADORA: DIGITAL VAX 11/780

JUNIO DE 1982 C. P.

PROGRAMA CRAFT

\*\*\*DATOS DE ENTRADA

NUMERO DE DEPTOS	33
RENGLONES EN LA MATRIZ DE DIST	13
COLUMNAS EN LA MATRIZ DE DIST	30
CONTROL DE MOVIMIENTO	1
CONTROL DE IMPRESION	0
CONTROL DE IMPRESION CALC	0
NUMERO DE TITULOS A LEER	33
NUMERO DE DEPTOS FIJOS	4
DEPTOS FIJOS:	

17 20 32 33

DESCRIPCION DE LOS DEPARTAMENTOS

1	A	PASILLO (D/E) IZQ. GPU. 19,7,4,8
2	B	PASILLO (D/E) DER. GPU. 32,2,36
3	C	PASILLO (B/C) IZQ. GPU. 11,35,30,34,37
4	D	PASILLO (B/C) DER. GPU. 12,31,13
5	E	PASILLO (A) IZQ. GPU. 27,28,24,9,20,29
6	F	PASILLO (A) CEN. GPU. 15,23
7	G	PASILLO (A) DER. GPU. 14,18,26,10
8	H	AREA 7 TODO GPU. 16
9	I	AREA 8 IZQ. GPU. 01
10	J	AREA PRESURTIDO DER. GPU. 38
11	K	AREA SEPARADORES IZQ. GPU. 17
12	L	PASILLO (F/G) IZQ. GPU. 05
13	M	PASILLO (F/G) CEN. GPU. 22
14	N	PASILLO (F/G) DER. GPU. 32,6
15	O	PASILLO (F/G) DER. SUP. 21
16	P	PASILLO (D/E) CEN. GPU. 25
17	Q	SALIDA GPU. 40
18	R	ETIQUETAS GPU. 3
19	S	ARMADO DE CAJAS COLECTIVAS GPU. 39
20	T	DELIMITACION DE AREA
21	U	OTROS INSUMOS PASILLO (F/G)
22	V	OTROS INSUMOS PASILLO (D/E) IZQUIERDA
23	W	OTROS INSUMOS PASILLO (D/E) CENTRO
24	X	OTROS INSUMOS PASILLO (D/E) DERECHA
25	Y	OTROS INSUMOS PASILLO (B/C) IZQUIERDA.
26	Z	OTROS INSUMOS PASILLO (B/C) CENTRO
27	AA	OTROS INSUMOS PASILLO (B/C) DERECHA
28	BB	OTROS INSUMOS PASILLO (A) IZQUIERDA
29	CC	OTROS INSUMOS PASILLO (A) DERECHA.
30	DD	AREA CUARENTENA
31	EE	OTROS INSUMOS PASILLO (F/G) DERECHA
32	FF	CORREDOR CENTRAL PARA SALIDA MATERIAL
33	GG	AREA RESTRINGIDA

UBICACION DE LOS DEPARTAMENTOS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
2	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
3	T	T	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	
4	T	T	I																I	J			J	J	J	J	J	J	J	
5	K	T	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	
6	K	T	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	
7	K	T	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	
8	K	T	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
9	K	T	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
10	K	T	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
11	K	T	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
12	K	T	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
13	K	T	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I

COSTO TOTAL	2603.54	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	0.00	ITERACION NO.	0
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS					
COSTO TOTAL	2408.63	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	582.11	ITERACION NO.	1
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS	X	U	J		
COSTO TOTAL	2106.74	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	307.74	ITERACION NO.	2
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS	W	N	J		
COSTO TOTAL	1991.96	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	114.80	ITERACION NO.	3
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS	P	C	B		
COSTO TOTAL	1977.65	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	106.34	ITERACION NO.	4
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS	CC	D	C		
COSTO TOTAL	1938.87	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	33.06	ITERACION NO.	5
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS	L	M	EE		
COSTO TOTAL	1898.17	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	33.44	ITERACION NO.	6
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS	O	V	EE		

COSTO TOTAL 1886.65 REDUCCION ESTIMADA DE COSTO 23.88  
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS M D A ITERACION NO. 7

COSTO TOTAL 1855.51 REDUCCION ESTIMADA DE COSTO 16.79  
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS U L A ITERACION NO. 8

COSTO TOTAL 1855.46 REDUCCION ESTIMADA DE COSTO 0.84  
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS V U I ITERACION NO. 9

COSTO TOTAL 1850.81 REDUCCION ESTIMADA DE COSTO 13.31  
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS M I H ITERACION NO. 10

COSTO TOTAL 1849.60 REDUCCION ESTIMADA DE COSTO 8.12  
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS W I H ITERACION NO. 11

UBICACION DE LOS DEPARTAMENTOS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	M	M	FF	DD	DD	DD	DD	R	R	GG	
2	L	T	T	J	J	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	1	FF	DD			DD	R	R	GG	
3	T	T	U	U	U	U	H	H	H	H	H	H	V	V	V	V	V	V	X	X	I	I	FF	DD			DD	R	R	GG	
4	T	T	U			U	H					H	H	V				V	A	A	I	I	FF	DD			DD	R	R	GG	
5	K	T	U		U	U	H					H	H	V	V	V	V	V	A	A	I	I	FF	DD			DD	R	R	GG	
6	K	T	U	U	U	H	H					H	L	L	L	L	A	A	A	A	N	N	FF	DD			DD	R	R	GG	
7	K	T	w	w	w	H				H	H	H	H	O	O	L	J	J	J	J	J	J	N	FF	DD			DD	R	R	GG
8	K	T	w	w	w	H	H	H	H	H	H	D	D	D	O	J	J	J	J	B	B	J	N	FF	DD			DD	GG	GG	GG
9	K	T	EE	EE	EE	EE	EE	EE	H	H	H	H	D	O	J	C	J	C	C	C	B	B	P	FF	DD			DD	GG	GG	GG
10	K	T	Y	Y	Y	EE	EE	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	B	B	B	FF	DD			DD	S	S	S
11	K	T	CC	CC	EE	EE	C	C	C	C	C	C	C	C	Z	Z	C	C	C	C	AA	AA	FF	DD			DD	S		S	
12	K	T	T	I	T	E	E	E	E	E	E	EE	EE	F	F	F	C	C	G	G	G	G	G	U	DD	DD	DD	DD	S	S	S
13	K	T	T	I	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T

COSTO TOTAL 1849.60 REDUCCION ESTIMADA DE COSTO 0.00  
 DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS X I H ITERACION NO. 11  
 \*\*\*FIN DE DATOS, CRAFT HA TERMINADO

FACULTAD DE INGENIERIA  
CENTRO DE CALCULO  
PROGRAMA: CRAFT  
PARA OPTIMIZACION DE PLANTAS INDUSTRIALES  
COMPUTADORA: DIGITAL VAX 11/780  
JUNIO DE 1982 C. P.

PROGRAMA CRAFT

\*\*\*DATOS DE ENTRADA

NUMERO DE DEPTOS	33
RENGLONES EN LA MATRIZ DE DIST	13
COLUMNAS EN LA MATRIZ DE DIST	30
CONTROL DE MOVIMIENTO	2
CONTROL DE IMPRESION	0
CONTROL DE IMPRESION CALC	0
NUMERO DE TITULOS A LEER	33
NUMERO DE DEPTOS FIJOS	4
DEPTOS FIJOS:	

17 20 32 33

DESCRIPCION DE LOS DEPARTAMENTOS

1	A	PASILLO (D/E) IZQ. GPU. 19,7,4,8
2	B	PASILLO (D/E) DER. GPU. 32,2,36
3	C	PASILLO (B/C) IZQ. GPU. 11,35,30,34,37
4	D	PASILLO (B/C) DER. GPU. 12,31,13
5	F	PASILLO (A) IZQ. GPU. 27,28,24,9,20,29
6	F	PASILLO (A) CEN. GPU. 15,23
7	G	PASILLO (A) DER. GPU. 14,18,26,10
8	H	AREA / TODO GPU. 16
9	I	AREA R IZQ. GPU. 01
10	J	AREA PRESURTIDO DER. GPU. 38
11	K	AREA SEPARADORES IZQ. GPU. 17
12	L	PASILLO (F/G) IZQ. GPU. 05
13	M	PASILLO (F/G) CEN. GPU. 22
14	N	PASILLO (F/G) DER. GPU. 32,6
15	O	PASILLO (F/G) DEP. SUP. 21
16	P	PASILLO (D/E) CEN. GPU. 25
17	Q	SALIDA GPU. 40
18	R	FIQUEFAS GPU. 3
19	S	ARMADO DE CAJAS COLECTIVAS GPU. 39
20	T	DELIMITACION DE AREA
21	U	OTROS INSUMOS PASILLO (F/G)
22	V	OTROS INSUMOS PASILLO (D/E) IZQUIERDA
23	W	OTROS INSUMOS PASILLO (D/E) CENTRO
24	X	OTROS INSUMOS PASILLO (D/E) DERECHA
25	Y	OTROS INSUMOS PASILLO (B/C) IZQUIERDA.
26	Z	OTROS INSUMOS PASILLO (B/C) CENTRO
27	AA	OTROS INSUMOS PASILLO (B/C) DERECHA
28	BB	OTROS INSUMOS PASILLO (A) IZQUIERDA
29	CC	OTROS INSUMOS PASILLO (A) DERECHA.
30	DD	AREA CUARENTENA
31	EE	OTROS INSUMOS PASILLO (F/G) DERECHA
32	FF	CORREOIR CENTRAL PARA SALIDA MATERIAL
33	GG	AREA RESTRINGIDA

UBICACION DE LOS DEPARTAMENTOS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30			
1	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	FF	DD	DD	DD	DD	R	R	GG			
2	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	FF	DD		DD	R	R	GG				
3	T	T	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	J	J	J	J	J	FF	DD		DD	R	R	GG				
4	T	I	I															I	J			J	FF	DD		DD	R	R	GG				
5	K	T	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	J	J	J	J	J	FF	DD		DD	R	R	GG				
6	K	T	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE	U	U	FF	DD		DD	R	R	GG			
7	K	T	U	U	U	U	L	L	L	L	L	L	L	EE	EE	EE	N	N	N	N	N	U	U	FF	DD		DD	R	R	GG			
8	K	T	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	A	A	A	A	M	W	W	W	W	B	B	X	X	FF	DD		DD	GG	GG	GG
9	K	T	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	A	A	A	A	M	P	W	B	H	B	B	B	FF	DD		DD	GG	GG	GG	
10	K	T	Y	Y	Y	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	FF	DD		DD	S	S	S	
11	K	T	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	Z	Z	U	D	D	D	AA	AA	FF	DD		DD	S		S			
12	K	I	I	I	I	E	E	E	E	E	BB	BB	F	F	F	CC	CC	G	G	G	G	G	U	DD	DD	DD	DD	S	S	S			
13	K	T	T	I	T	T	I	I	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		

COSTO TOTAL 2603.54 REDUCCION ESTIMADA DE COSTO 0.00 ITERACION NO. 0  
 DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS

COSTO TOTAL 2473.60 REDUCCION ESTIMADA DE COSTO 319.64 ITERACION NO. 1  
 DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS U J

COSTO TOTAL 2367.86 REDUCCION ESTIMADA DE COSTO 293.67 ITERACION NO. 2  
 DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS X J

COSTO TOTAL 2130.88 REDUCCION ESTIMADA DE COSTO 330.30 ITERACION NO. 3  
 DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS B J

COSTO TOTAL 2101.09 REDUCCION ESTIMADA DE COSTO 172.55 ITERACION NO. 4  
 DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS AA C

COSTO TOTAL 2021.95 REDUCCION ESTIMADA DE COSTO 79.14 ITERACION NO. 5  
 DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS N U

COSTO TOTAL 2005.40 REDUCCION ESTIMADA DE COSTO 46.76 ITERACION NO. 6  
 DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS Z C

COSTO TOTAL	1478.40	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO		32.00	ITERACION NO.	7
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		W	A			
COSTO TOTAL	1974.39	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO		26.55	ITERACION NO.	8
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		N	H			
COSTO TOTAL	1971.94	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO		20.74	ITERACION NO.	9
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		X	H			
COSTO TOTAL	1954.44	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO		17.50	ITERACION NO.	10
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		E	W			
COSTO TOTAL	1945.31	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO		14.40	ITERACION NO.	11
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		M	L			
COSTO TOTAL	1913.99	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO		23.78	ITERACION NO.	12
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		L	EE			
COSTO TOTAL	1910.12	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO		3.88	ITERACION NO.	13
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		I	DD			
COSTO TOTAL	1909.12	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO		1.00	ITERACION NO.	14
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		D	G			
COSTO TOTAL	1905.78	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO		0.83	ITERACION NO.	15
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		F	EE			
COSTO TOTAL	1905.35	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO		0.54	ITERACION NO.	16
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		CC	F			
COSTO TOTAL	1905.15	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO		0.16	ITERACION NO.	17
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		M	EE			
COSTO TOTAL	1905.10	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO		0.07	ITERACION NO.	18
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		X	H			
COSTO TOTAL	1904.29	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO		0.47	ITERACION NO.	19
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		H	DD			
COSTO TOTAL	1901.09	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO		16.65	ITERACION NO.	20
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		N	H			
COSTO TOTAL	1900.46	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO		0.31	ITERACION NO.	21
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		N	DD			
COSTO TOTAL	1898.05	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO		7.48		

DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS N H ITERACION NO. 22

COSTO TOTAL 1897.52 REDUCCION ESTIMADA DE COSTO 0.17  
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS N DD ITERACION NO. 23

COSTO TOTAL 1895.32 REDUCCION ESTIMADA DE COSTO 1.01  
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS L E A ITERACION NO. 24

UBICACION DE LOS DEPARTAMENTOS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1	X	DD	DD	DD	DD	DD	DD	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	FF	I	I	I	I	R	R	GG	
2	X	DD	DD				DD	H	H	H	H	H	H	H	H								H	FF	I		I	R	R	GG	
3	T	T	DD				DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	H						H	H	H	FF	I		I	R	R	GG
4	T	T	DD										DD	DD	N	H	H	H	H	H	H	B	B	B	FF	I		I	R	R	GG
5	K	T	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	N	N	N	H	H	B	B	B	B	B	FF	I		I	R	R	GG	
6	K	T	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	E	E	A	A	A	A	A	A	J	B	FF	I		I	R	R	GG	
7	K	T	U	U	U	U	U	EE	EE	EE	EE	EE	EE	E	A	A	O	O	U	U	J	J	FF	I		I	R	R	GG		
8	K	T	V	V	V	V	V	V	V	V	EE	EE	M	E	L	L	L	L	J	J	J	J	FF	I		I	GG	GG	GG		
9	K	T	V	V	V	V	V	V	V	V	EE	EE	M	E	E	P	L	J	J	J	J	J	FF	I		I	GG	GG	GG		
10	K	T	Y	Y	Y	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	FF	I		I	S	S	S	
11	K	T	AA	AA	Z	Z	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	G	G	G	G	C	C	FF	I		I	S		S		
12	K	T	T	T	T	W	W	W	W	W	W	W	BB	BB	CC	CC	F	F	F	D	D	D	D	U	I	I	I	I	S	S	S
13	K	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T

COSTO TOTAL 1895.32 REDUCCION ESTIMADA DE COSTO 0.00  
 DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS N E C ITERACION NO. 24  
 \*\*\*FIN DE DATOS, CRAFT HA TERMINADO

FACULTAD DE INGENIERIA  
CENTRO DE CALCULO  
PROGRAMA: CRAFT  
PARA OPTIMIZACION DE PLANTAS INDUSTRIALES  
COMPUTADURA: DIGITAL VAX 11/780  
JUNIO DE 1982 C. P.

PROGRAMA CRAFT

\*\*\*DATOS DE ENTRADA

NUMERO DE DEPTOS	33
REGIONES EN LA MATRIZ DE DIST	13
COLUMNAS EN LA MATRIZ DE DIST	30
CONTROL DE MOVIMIENTO	3
CONTROL DE IMPRESION	0
CONTROL DE IMPRESION CALC	0
NUMERO DE TITULOS A LEER	33
NUMERO DE DEPTOS FIJOS	4
DEPTOS FIJOS:	

17 20 32 33

DESCRIPCION DE LOS DEPARTAMENTOS

1	A	PASILLO (D/E) IZQ. GPU. 19,7,4,8
2	B	PASILLO (D/E) DER. GPU. 32,2,36
3	C	PASILLO (B/C) IZQ. GPU. 11,35,30,34,37
4	D	PASILLO (B/C) DER. GPU. 12,31,13
5	E	PASILLO (A) IZQ. GPU. 27,28,24,9,20,29
6	F	PASILLO (A) CEN. GPU. 15,23
7	G	PASILLO (A) DER. GPU. 14,18,26,10
8	H	AREA 7 TODO GPU. 16
9	I	AREA 8 IZQ. GPU. 01
10	J	AREA PRESURTIDO DER. GPU. 38
11	K	AREA SEPARADORES IZQ. GPU. 17
12	L	PASILLO (F/G) IZQ. GPU. 05
13	M	PASILLO (F/G) CEN. GPU. 22
14	N	PASILLO (F/G) DER. GPU. 32,6
15	O	PASILLO (F/G) DER. SUP. 21
16	P	PASILLO (D/E) CEN. GPU. 25
17	Q	SALIDA GPU. 40
18	R	ETIQUETAS GPU. 3
19	S	ARMADO DE CAJAS COLECTIVAS GPU. 39
20	T	DELIMITACION DE AREA
21	U	OTROS INSUMOS PASILLO (F/G)
22	V	OTROS INSUMOS PASILLO (D/E) IZQUIERDA
23	W	OTROS INSUMOS PASILLO (D/E) CENTRO
24	X	OTROS INSUMOS PASILLO (D/E) DERECHA
25	Y	OTROS INSUMOS PASILLO (B/C) IZQUIERDA.
26	Z	OTROS INSUMOS PASILLO (B/C) CENTRO
27	AA	OTROS INSUMOS PASILLO (B/C) DERECHA
28	BB	OTROS INSUMOS PASILLO (A) IZQUIERDA
29	CC	OTROS INSUMOS PASILLO (A) DERECHA.
30	DD	AREA CUARENTENA
31	EE	OTROS INSUMOS PASILLO (F/G) DERECHA
32	FF	CORREDOR CENTRAL PARA SALIDA MATERIAL
33	GG	AREA RESTRINGIDA

UBICACION DE LOS DEPARTAMENTOS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
2	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
3	T	T	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	
4	C	T	I																I	J			J	J	J	J	J	J	J	
5	K	T	I	J	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	
6	K	T	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	
7	K	T	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	
8	K	T	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
9	K	T	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
10	K	T	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
11	K	T	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
12	K	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
13	K	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T

COSTO TOTAL	2603.54	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	0.00	ITERACION NO.	0
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS					
COSTO TOTAL	2408.63	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	582.11	ITERACION NO.	1
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		X	U	J	
COSTO TOTAL	2106.74	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	307.74	ITERACION NO.	2
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		N	N	J	
COSTO TOTAL	1991.94	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	114.80	ITERACION NO.	3
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		P	C	U	
COSTO TOTAL	1977.65	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	106.34	ITERACION NO.	4
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		CC	U	C	
COSTO TOTAL	1934.87	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	33.06	ITERACION NO.	5
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		L	M	EL	
COSTO TOTAL	1898.17	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	33.44	ITERACION NO.	6
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		U	V	EL	

COSTO TOTAL	1886.65	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	23.88		
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		F	D	A	ITERACION NO. 7
COSTO TOTAL	1855.51	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	16.79		
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		D	L	A	ITERACION NO. 8
COSTO TOTAL	1855.46	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	0.84		
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		V	U	I	ITERACION NO. 9
COSTO TOTAL	1850.81	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	13.31		
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		M	I	H	ITERACION NO. 10
COSTO TOTAL	1849.60	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	8.12		
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		N	I	H	ITERACION NO. 11
COSTO TOTAL	1775.60	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	114.36		
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		B	J		ITERACION NO. 12
COSTO TOTAL	1670.09	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	105.52		
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		H	Q		ITERACION NO. 13
COSTO TOTAL	1646.91	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	101.10		
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		AA	C		ITERACION NO. 14
COSTO TOTAL	1645.52	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	66.89		
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		G	C		ITERACION NO. 15
COSTO TOTAL	1623.99	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	21.53		
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		G	N		ITERACION NO. 16
COSTO TOTAL	1617.30	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	12.03		
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		V	H		ITERACION NO. 17
COSTO TOTAL	1616.69	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	12.76		
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		X	H		ITERACION NO. 18
COSTO TOTAL	1611.69	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	10.00		
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		BB	E		ITERACION NO. 19
COSTO TOTAL	1605.49	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	10.28		
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		F	E		ITERACION NO. 20
COSTO TOTAL	1601.32	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	7.50		
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS		Z	E		ITERACION NO. 21
COSTO TOTAL	1597.01	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	3.71		

DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS	1	DD		ITERACION NO. 22
COSTO TOTAL	1595.75	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	2.40	
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS	G	L		ITERACION NO. 23
COSTO TOTAL	1595.32	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	0.54	
DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS	Z	F		ITERACION NO. 24

UBICACION DE LOS DEPARTAMENTOS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	M	M	FF	I	I	I	I	R	R	GG	
2	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	FF	I			I	R	R	GG	
3	T	T	U	U	U	U	V	V	V	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	DD	DD	FF	I			I	R	R	GG	
4	T	T	U			U	V	V	H	H								H	A	A	DD	DD	FF	I			I	R	R	GG	
5	K	T	U		U	U	V	V	H			H	H	H	H	H	H	A	A	DD	DD	FF	I			I	R	R	GG		
6	K	T	U	U	U	V	V	V	H			H	G	G	G	G	A	A	A	A	U	U	FF	I			I	R	R	GG	
7	K	T	w	w	w	V		V	H	H	H	H	H	L	L	L	B	B	J	J	J	J	U	FF	I			I	R	R	GG
8	K	T	w	w	w	V	V	V	X	H	D	D	D	L	B	B	B	J	J	J	J	U	FF	I			I	GG	GG	GG	
9	K	T	EE	EE	EE	EE	EE	EE	X	H	H	H	D	L	B	C	B	C	C	J	J	P	FF	I			I	GG	GG	GG	
10	K	T	Y	Y	Y	EF	EE	N	N	N	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	J	J	J	FF	I			I	S	S	S
11	K	T	CC	CC	EF	EE	AA	AA	N	C	C	C	C	C	E	E	C			C	C	C	C	FF	I			I	S		S
12	K	T	Γ	Γ	T	HB	HB	Z	Z	F	F	F	E	E	E	E	C	C	C	C	C	C	C	U	I	I	I	S	S	S	
13	K	Γ	Γ	I	T	T	Γ	T	T	T	I	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	

COSTO TOTAL 1595.32 REDUCCION ESTIMADA DE COSTO 0.00  
 DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS X N ITERACION NO. 24  
 \*\*\*FIN DE DATOS, CRAFT HA TERMINADO

FACULTAD DE INGENIERIA  
CENTRO DE CALCULO  
PROGRAMA: CRAFT  
PARA OPTIMIZACION DE PLANTAS INDUSTRIALES  
COMPUTADORA: DIGITAL VAX 11/780  
JUNIO DE 1982 C. P.

PROGRAMA CRAFT

\*\*\*DATOS DE ENTRADA

NUMERO DE DEPTOS	33
RENGLONES EN LA MATRIZ DE DIST	13
COLUMNAS EN LA MATRIZ DE DIST	30
CONTROL DE MOVIMIENTO	4
CONTROL DE IMPRESION	0
CONTROL DE IMPRESION CALC	0
NUMERO DE TITULOS A LEER	33
NUMERO DE DEPTOS FIJOS	4
DEPTOS FIJOS:	

17 20 32 33

1	A	PASILLO (D/E) IZQ. GPU. 19,7,4,6
2	B	PASILLO (D/E) DER. GPU. 32,2,36
3	C	PASILLO (B/C) IZQ. GPU. 11,35,30,34,37
4	D	PASILLO (B/C) DER. GPU. 12,31,13
5	E	PASILLO (A) IZQ. GPU. 27,28,24,9,20,29
6	F	PASILLO (A) CEN. GPU. 15,23
7	G	PASILLO (A) DER. GPU. 14,18,26,10
8	H	AREA 7 TODO GPU. 16
9	I	AREA 8 IZQ. GPU. 01
10	J	AREA PRESURTIDO DER. GPU. 38
11	K	AREA SEPARADORES IZQ. GPU. 17
12	L	PASILLO (F/G) IZQ. GPU. 05
13	M	PASILLO (F/G) CEN. GPU. 22
14	N	PASILLO (F/G) DER. GPU. 32,6
15	O	PASILLO (F/G) DER. SUP. 21
16	P	PASILLO (D/E) CEN. GPU. 25
17	Q	SALIDA GPU. 40
18	R	ETIQUETAS GPU. 3
19	S	ARMADO DE CAJAS COLECTIVAS GPU. 39
20	T	DEFINICION DE AREA
21	U	OTROS INSUMOS PASILLO (F/G)
22	V	OTROS INSUMOS PASILLO (D/E) IZQUIERDA
23	W	OTROS INSUMOS PASILLO (D/E) CENTRO
24	X	OTROS INSUMOS PASILLO (D/E) DERECHA
25	Y	OTROS INSUMOS PASILLO (B/C) IZQUIERDA.
26	Z	OTROS INSUMOS PASILLO (B/C) CENTRO
27	AA	OTROS INSUMOS PASILLO (B/C) DERECHA
28	AB	OTROS INSUMOS PASILLO (A) IZQUIERDA
29	AC	OTROS INSUMOS PASILLO (A) DERECHA.
30	AD	AREA CUARENTENA
31	AE	OTROS INSUMOS PASILLO (F/G) DERECHA
32	AF	CORREDOR CENTRAL PARA SALIDA MATERIAL
33	AG	AREA RESTRINGIDA

ESTADO DE LOS DEPARTAMENTOS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	FF	DD	DD	DD	DD	R	R	GG	
2	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	FF	DD			DD	R	R	GG	
3	T	T	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	J	J	J	J	FF	DD			DD	R	R	GG	
4	T	T	I															I	J			J	FF	DD			DD	R	R	GG	
5	K	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	J	J	J	J	FF	DD			DD	R	R	GG	
6	K	T	U	U	U	U	U	U	U	U	U	M	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE	U	U	FF	DD			DD	R	R	GG	
7	K	T	U	U	U	U	L	L	L	L	L	M	EE	EE	EE	N	N	N	N	U	U	FF	DD			DD	R	R	GG		
8	K	T	V	V	V	V	V	V	V	V	A	A	A	A	M	M	M	M	B	B	X	X	FF	DD			DD	GG	GG	GG	
9	K	T	V	V	V	V	V	V	V	V	A	A	A	A	M	P	M	B	B	B	B	B	FF	DD			DD	GG	GG	GG	
10	K	T	Y	Y	Y	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	FF	DD			DD	S	S	S	
11	K	T	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	Z	Z	D	D	D	D	AA	AA	FF	DD			DD	S		S	
12	K	T	T	I	T	E	E	E	E	E	E	HB	BB	F	F	F	CC	CC	G	G	G	G	U	DD	DD	DD	DD	S	S	S	
13	K	T	T	I	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	I

COSTO TOTAL 2603.54 REDUCCION ESTIMADA DE COSTO 0.00 ITERACION NO. 0  
 DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS

COSTO TOTAL 2408.63 REDUCCION ESTIMADA DE COSTO 582.11 ITERACION NO. 1  
 DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS X U J

COSTO TOTAL 2109.70 REDUCCION ESTIMADA DE COSTO 381.63 ITERACION NO. 2  
 DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS B J

COSTO TOTAL 2079.90 REDUCCION ESTIMADA DE COSTO 172.55 ITERACION NO. 3  
 DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS AA C

COSTO TOTAL 2032.42 REDUCCION ESTIMADA DE COSTO 47.48 ITERACION NO. 4  
 DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS N O

COSTO TOTAL 2015.87 REDUCCION ESTIMADA DE COSTO 46.76 ITERACION NO. 5  
 DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS Z C

COSTO TOTAL 1975.15 REDUCCION ESTIMADA DE COSTO 33.06 ITERACION NO. 6  
 DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS I M E

DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS	W	A	12.00	ITERACION NO.	7
COSTO TOTAL DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS	1935.14	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	29.21	ITERACION NO.	8
	N	I	H		
COSTO TOTAL DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS	1917.89	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	17.50	ITERACION NO.	9
	E	W			
COSTO TOTAL DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS	1917.16	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	10.06	ITERACION NO.	10
	X	H			
COSTO TOTAL DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS	1410.59	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	6.57	ITERACION NO.	11
	I	DD			
COSTO TOTAL DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS	1908.79	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	5.19	ITERACION NO.	12
	N	H			
COSTO TOTAL DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS	1907.79	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	1.00	ITERACION NO.	13
	D	G			
COSTO TOTAL DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS	1400.14	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	0.97	ITERACION NO.	14
	L	H	B		
COSTO TOTAL DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS	1900.12	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	0.09	ITERACION NO.	15
	X	N			
COSTO TOTAL DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS	1899.91	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	0.12	ITERACION NO.	16
	N	U	EE		
COSTO TOTAL DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS	1895.27	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	26.16	ITERACION NO.	17
	N	E	C		
COSTO TOTAL DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS	1883.84	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	117.30	ITERACION NO.	18
	N	C			
COSTO TOTAL DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS	1874.31	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	8.75	ITERACION NO.	19
	BB	W	B		
COSTO TOTAL DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS	1873.79	REDUCCION ESTIMADA DE COSTO	9.52	ITERACION NO.	20
	F	E			

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	FF	I	I	I	I	R	R	GG	
2	DD	DD	DD								DD	X	H									H	FF	I			I	R	R	GG	
3	T	T	DD								DD	EE	H						H	H	H	H	FF	I			I	R	R	GG	
4	T	T	DD							DD	DD	EE	H			H	H	H	B	L	L	L	FF	I			I	R	R	GG	
5	K	T	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	EE	EE	H	H	H	H	H	B	B	B	B	L	L	FF	I			I	R	R	GG
6	K	T	U	U	U	U	U	U	U	EE	EE	EE	EE	N	N	H	H	B	B	B	J	L	L	FF	I			I	R	R	GG
7	K	T	U	U	U	U	U	U	U	EE	EE	N	N	M	M	U	O	U	U	J	J	J	J	FF	I			I	R	R	GG
8	K	T	V	V	V	V	V	V	V	V	C	C	C	A	A	A	A	A	J	J	J	J	J	FF	I			I	GG	GG	GG
9	K	T	V	V	V	V	V	V	V	V	C		C	A	A	P	A	J	J	J	J	J	J	FF	I			I	GG	GG	GG
10	K	T	Y	Y	Y	RB	BH	W	C	C	C		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	FF	I			I	S	S	S
11	K	T	AA	AA	Z	Z	W	W	F	C	C	C	C	C	C	C	G	G	G	G	C	C	FF	I			I	S		S	
12	K	T	F	F	F	W	W	W	F	F	E	E	E	E	E	E	CC	CC	D	D	D	D	D	U	I	I	I	I	S	S	S
13	K	T	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T

COSTO TOTAL 1873.79 REDUCCION ESTIMADA DE COSTO 0.00  
 DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS M N ITERACION NO. 20  
 \*\*\*FIN DE DATOS, CRAFT HA IERMINADO

## CAPITULO V

## ANALISIS DE RESULTADOS

## 5.0 Introducción al Análisis de Resultados

Como un preámbulo a la interpretación de los resultados que posteriormente daremos, queremos hacer mención, y de la forma más clara posible, que el algoritmo presenta por cada iteración exitosa, un valor estimado de reducción que representa el total, si los departamentos intercambiados fuesen de las mismas dimensiones, tal como se menciona en el punto 3.4 del capítulo III (subrutina COST).

Por lo tanto, los costos totales que aparecen por cada iteración de las corridas del programa, representan los costos reales de reducción obtenidos; y, redundando, los datos "estimados" son los que se pueden lograr si los departamentos tuviesen el mismo tamaño.

Lo que se pretende es conjugar un reducción de costos con una distribución adecuada al movimiento de

materiales, siendo esto que algunos de los departamentos requieren tener acceso por cualquier parte, mientras que otros necesitan una sola entrada y salida.

### 5.1 Interpretación de Resultados para el Control de Movimiento (0) cero.

Para este control se realizan intercambios de departamentos por pares, es decir, toma dos departamentos con el menor número de celdas e intenta reacomodarlos y si encuentra alguna reducción en el costo de manejo de materiales, realiza el intercambio.

En esta corrida se obtuvieron los siguientes resultados: en 23 iteraciones con éxito se llegó a una reducción de 706.08 unidades de costo, lo cual reduce en un 27.12% del costo original, que representa un costo total de 1,897.52.

En referencia a la corrida del programa, la distribución que propone finalmente, serían de interés los departamentos que requieran de una forma de área cuadrada o rectangular, dichos departamentos son: H, I, J, y DD; como se puede observar sólo el

departamento I conserva una distribución rectangular, y dado que el DD requiere de ser un departamento cerrado, la entrada se dificulta, además que el departamento H queda encerrado y éste necesita tener fácil acceso por cualquier parte.

Para los departamentos R y S, no fueron removidos de su localización original y por lo tanto, la consideración tomada en un principio fue adecuada para el algoritmo.

Para el departamento J, la forma del área resulta poco práctica para el acomodo de los insumos, dado que ese departamento es un área abierta y la mejor opción, sería que quedase completamente agrupado en un pasillo.

En lo referente al resto de los departamentos, se puede observar una distribución adecuada sin complicaciones para la reubicación, a excepción del departamento X que ha quedado completamente encajonado y esto resulta poco práctico, sin embargo no hay que olvidar que la distribución propuesta contiene en sí misma un ahorro en el manejo de materiales y que es mejor que la que se maneja originalmente, por lo que respecta a los intercambios, para las primeras 4 iteraciones, son las significativas en el ahorro, las posteriores son casi imponderables, pero con alguna reducción.

Como podemos observar en la secuencia, las reducciones importantes se presentaron para la reubicación del departamento J. Esto era de esperarse, dado que en este departamento se concentran, durante todo el período en estudio, todos los insumos que se requieren para el acondicionamiento del producto, aunque no hay que perder de vista que esta distribución es la que menos reducción propone.

Volviendo a la forma de las áreas propuestas, resulta de poca utilidad esta distribución, dada la forma de los departamentos H, DD y J que consideramos de importancia para los resultados finales.

## 5.2 Interpretación de Resultado para el Control de Movimiento (1) uno.

Aquí el algoritmo realiza intercambios de departamentos por tercias y los reacomoda de acuerdo al número de celdas tomadas en un principio, igualmente que en el caso anterior, si se encuentra alguna reducción de costos, la realiza y propone la modificación encontrada.

Para el proceso de los datos se llegó a los siguientes resultados: 11 iteraciones con éxito en reducción de

costos, las cuales llegaron a 763.94 unidades de costo en reducción para un 28.96% por debajo del costo original que se propuso como distribución inicial y que arroja como costo total propuesto 1,849.60 para la distribución final.

Analizando los resultados de dicha distribución final, encontramos que: los departamentos H y J son poco favorables en su forma de área, que el departamento I encierra por completo al departamento M; por este motivo, desearíamos que el departamento J ocupase una forma de área de 3 x 4 caracteres o de 6 x 2 caracteres en la distribución final, que el departamento H ocupase a lo alto un determinado número de caracteres que fuesen para la reubicación de los pasillos intermedios que existen, para dar el libre acceso que se requiere para la recolección de los insumos al área de presurtido.

Para el análisis del departamento H, éste ha quedado de una forma completamente irregular lo mismo que el J.

Esta distribución es la que propone la segunda mejor opción en reducción de costo, aunque solo dista de 1.84 puntos con respecto al control de movimiento (0) cero que es la que menos ahorro muestra.

Otro departamento que presenta dificultad es el C que ha quedado muy disgregado, puesto que muestra bastantes salientes y si lo que se pretende, es seguir manejando pasillos de acceso completamente lineales, esto quedaría totalmente cortado, lo mismo sucede para los departamentos U, W, L, O y D.

El área de D no fue removida y por tanto no afecta en nada la distribución propuesta.

Para las 11 iteraciones, de nueva cuenta solo las 4 primeras representan el ahorro considerable y nuevamente el departamento J es el que propone mayor reducción en el costo de manejo de material.

Pero aún quedan 3 distribuciones por analizar y ver cuál de ellas puede adaptarse mejor a una solución viable en lo que respecta al menor cambio posible de la distribución actual.

### 5.3 Interpretación de Resultados para el Control de Movimiento (2) dos.

Analiza todos los posibles intercambios de departamentos por pares, hasta agotar las reducciones de costos y

posteriormente analiza todos los intercambios posibles de 3 departamentos, hasta no encontrar reducción en el costo de manejo de materiales.

Para la corrida en cuestión se tiene una reducción de 708.22 unidades de costo en 24 iteraciones favorables para obtener un ahorro que representa un 27.20% de disminución en el costo para el manejo de materiales y cuyo costo total final es de 1,895.32 unidades.

Observando la distribución final, podemos apreciar que resulta muy parecido a la del control de movimiento (0) cero, y esto es debido a la forma en que realiza los intercambios, primeramente por pares y posteriormente por tercias, por otro lado también podemos observar que sólo realizó dos intercambios por tercias y encontró una reducción muy baja pues sólo fue de 1.01 unidades de costo.

En cuanto a los departamentos de interés, de nueva cuenta el departamento H queda entrelazado con el DD y por la razón expuesta en el punto 5.0 del tema, resulta poco operable, así como el departamento X queda en una posición muy desfavorable para su acceso, aunque "T" nos está representando un pasillo, o área libre de acceso, que es lo que se pretendió al incluirlo dentro de la distribución original.

En sí pocos departamentos tienen una forma adecuada para ser distribuidos por pasillos de dos canastos por hilera, es decir, que cada caracter representa un canasto y que entre caracter y caracter podría existir un pasillo de acceso, sin embargo se intenta conservar la idea original de distribución en donde se encuentran entre pasillo y pasillo dos canastos agrupados para tener acceso de ambos lados.

De nueva cuenta el departamento J no presenta una forma favorable y los departamentos R y S vuelven a quedar en su lugar original.

Cabe mencionar que esta distribución resulta un poco mejor que la que se obtuvo del control del movimiento (0) cero y que también sólo en las 4 primeras iteraciones se obtuvieron las reducciones considerables en cuanto al costo de manejo de materiales. Y como conclusión para este punto, podemos citar que parecer ser lo mismo correr el proceso para el control de movimiento (0) cero que para el control de movimiento (2) dos.

#### 5.4 Interpretación de Resultados para el Control de Movimiento (3) tres.

En este caso, se realiza lo inverso que en el punto anterior, es decir, primero analiza todos los posibles intercambios de 3 departamentos hasta agotar las posibilidades y posteriormente todos los intercambios posibles de 2 departamentos, también hasta agotar las reducciones.

De los resultados obtenidos tenemos que para 24 iteraciones se obtuvo una reducción de 1,008.22 unidades de costo, lo cual representa un 38.72% de ahorro, arrojando como costo final para la distribución propuesta, 1,595.32 unidades.

Es importante decir que esta es la mejor reducción propuesta para las 5 opciones que proporcionó el Programa CRAFT, pero otro punto que nos interesa, es el de la distribución que propone; para ello analizaremos dicha distribución.

El departamento H resulta con muchas salientes y por lo tanto ha quedado bastante disgregado, el departamento J se ve tapado por los departamentos O, P, A y C, el departamento I no presenta dificultad.

El departamento DD encierra al M, porque como se recordará éste requiere ser un área cerrada; existen otros departamentos que no cumplen en su ocupación horizontal más de 2 caracteres para su reacomodo, por ejemplo EE, L, C, etc.

Para los departamentos R y S, se tiene que nuevamente quedaron en su lugar original.

En lo referente a las reducciones significativas, éstas se presentan para las 4 primeras iteraciones como los 3 casos anteriores.

Aquí se obtuvieron casi un 50% de iteraciones de diferentes departamentos y un poco más del 50% para el intercambio de 2 departamentos.

Al parecer, mientras más reducción se obtiene, más se dispersan las áreas, esto resulta lógico pues más movidos son los caracteres para la reubicación, aunque no perdamos de vista que lo que se intenta encontrar es un conjunción de distribución con ahorro en manejo de materiales.

### 5.5 Interpretación de los Resultado para el Control de Movimiento (4) cuatro.

Para este valor se lleva a cabo el análisis de intercambios para 3 ó 2 departamentos, calcula las distribuciones y costos correspondientes y elige entre la mejor reducción de intercambiar 2 departamentos o la de intercambiar 3, esto sucede por cada iteración que realiza.

La corrida en cuestión obtuvo los siguientes resultados: como costo final se tiene 1,873.79 unidades de costo en un total de 20 intercambios favorables, para lo cual se obtuvo un reducción en costo de 729.75 unidades, teniendo un 28.03% de reducción con respecto al costo inicial.

De nueva cuenta observaremos los departamentos que interesan, en donde se aprecia una buena ubicación para el departamentos DD, dado que se encuentra en una esquina, y esto permite mantenerlo al margen de los caminos recorridos para los demás insumos, el departamento I tampoco presena mayores dificultades, en el departamento H se encuentran algunas salientes, pero en general obtiene una forma de área adecuada.

Tenemos sin embargo que el departamento X está encajonado entre el H y el DD, independientemente que el EE impide el acceso al X, el departamento C presenta una distribución en forma de "L" con la inserción del departamento G y una saliente en la parte inferior izquierda.

Nuevamente los departamentos R y S no sufrieron modificación alguna.

En lo que se puede observar para las reducciones de mayor peso, encontramos que nuevamente son 4 las significativas, solo que se presentan en las 3 primeras iteraciones con éxito y la última se presenta después de 13 iteraciones. Otro aspecto fue el de que sólo 6 intercambios de tercias fueron encontrados favorables, pero de los cuales uno de ellos encontró la mayor reducción que fue de 582.11 unidades.

Cabe recordar que es una reducción estimada, debido a que asume que los departamentos intercambiados fuesen del mismo tamaño.

Lo que se intenta remarcar es que cuando se intercambian 3 departamentos existen mayores posibilidades de reducción.

Otra reducción importante que se podría lograr es para la iteración número 18, pues de ser posible se reducirá en 117.30 unidades de costo.

En resumen podemos citar que este proceso es la tercera mejor opción en cuanto a costo del manejo de materiales y que presenta una distribución favorable en general para la reubicación de los insumos de la bodega para el acondicionamiento de los productos.

## CAPITULO VI

### RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

#### 6.1 Soluciones Recomendadas

En el capítulo anterior se realizó un análisis previo de los cinco controles de movimiento, en donde se pudo observar las ventajas y desventajas que ofrecen cada uno, en cuanto a reducción de costos y distribuciones llevadas a cabo.

Como lo que se intenta es tomar el mayor provecho que nos pueda brindar el Método CRAFT, escogeremos dos distribuciones de las cinco planteadas como resultados, en base a que es necesario, obtener una reducción y distribución que resulten adecuadas. Para ello se partirá de que se realicen en menor número de cambios posibles en lo que respecta a la forma actual para trabajar, es decir, se procurará seguir manejando el sistema de acarreo por medio del montacargas y que los accesos a los insumos siga siendo a través de los pasillos que se encuentran a lo ancho del almacén.

Con el propósito de esclarecer o recordar los resultados obtenidos en cuanto a reducciones, presentamos una tabla que muestra por cada control de movimiento, las reducciones obtenidas, el costo total, número de iteraciones con éxito y el porcentaje de reducción.

CTRL. DE MOV.	REDUCC. DE COSTO	COSTO TOTAL
0	706.08	1897.52
1	753.94	1849.60
2	708.22	1895.32
3	1008.22	1595.32
4	729.75	1873.79

NUMERO DE ITERACIONES	% DE REDUCCION
23	27.12
11	28.96
24	27.20
24	38.72
20	28.03

Como podemos observar, el control de movimiento 3 es el que ofrece mayor reducción en cuanto a costo se refiere, pero analizando su distribución que propone, encontramos que resulta un poco desfavorable, y por el lado del análisis para las distribuciones propuestas, encontramos que la que menos presenta es la que tiene el control de movimiento 4. Por tanto, y en consecuencia, nos abocaremos a estos dos resultados, debido a que uno representa el mayor en reducción de costo y el otro es el que mejor distribución propone, Ya que los restantes tres en formas de área que presentaron los departamentos, resulta muy poco favorable su reacomodo, dado que existirían un cantidad de pasillos tal que probablemente tendría la forma de un laberinto.

Para el propósito de los dos análisis que tomaremos en cuenta se presentaron algunos problemas en las distribuciones propuestas, y estos son:

- a) Cuando un departamento requiere de almacenamiento en canastos, necesita que la distribución de los mismos, sea en forma horizontal y no vertical.

- b) Que el acceso a un departamento que requiere de canastos para el almacenamiento, sea por un solo pasillo. Cabe mencionar que para la distribución actual se presenta este problema.
  
- c) Para los departamentos que requieren tener acceso por todas partes, es conveniente que tengan 2, 3 ó 4 pasillos que sean de acceso general, que queden a las orillas del almacén y no entre insumos que necesiten estar en los canastos.

Dados estos puntos, procederemos a las recomendaciones en dos incisos, que son:

A.- Para control de movimiento (3) tres.

B.- Para control de movimiento (4) cuatro.

A.- Como recordaremos, para este control de movimiento se obtuvo la mayor reducción en cuanto a manejo de materiales, que fue de 1,595.35 unidades de costo para una reducción del 38.72%.

Observando la ubicación de los departamentos en la figura 6.1, planteamos que el departamento M queda al final en la parte superior, y que se podrían intercambiar estos 2 caracteres por otros 2 del departamento DD, aunque recordemos que el departamento FF representa un pasillo de acceso y podría quedar localizado en donde se encuentra. Con esto se pretende que el departamento DD (área de cuarentena) quede completamente aislado de una malla de alambre.

El departamento I (área 8) queda localizado de tal forma que no presenta dificultad alguna para acomodar en esa área todo lo que se refiere a frascos, cajas individuales, cajas colectivas, etc., dado que este tipo de insumos no se almacena en los canastos.

Para el departamento H, se propone un intercambio de 3 caracteres, los cuales se moverán por los 3 caracteres que se encuentran contiguos en la parte inferior del departamento H, es decir, cambiar las D por H.

La última recomendación para esta opción es que el departamento J se ubicase de tal forma que se puedan intercambiar 3 celdas J por 3 celdas O y esto se considera válido debido a que el departamento O se tomó

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	FF	I	I	I	I	R	R	GG	
2	DD	DD	DD								DD	X	H									H	FF	I			I	R	R	GG	
3	T	T	DD								DD	EE	H						H	H	H	H	FF	I			I	R	R	GG	
4	T	T	DD							DD	DD	EE	H			H	H	H	B	L	L	L	FF	I			I	R	R	GG	
5	T	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	EE	EE	H	H	H	H	H	B	B	B	B	L	L	FF	I			I	R	R	GG
6	T	U	U	U	U	U	U	U	U	EE	EE	EE	EE	N	N	H	H	B	B	B	B	J	J	FF	I			I	R	R	GG
7	K	T	U	U	U	U	U	U	U	EE	EE	N	N	M	M	U	U	U	U	U	J	J	FF	I			I	R	R	GG	
8	K	V	V	V	V	V	V	V	V	V	C	C	C	A	A	A	A	A	J	J	J	J	FF	I			I	GG	GG	GG	
9	T	V	V	V	V	V	V	V	V	V	C		C	A	A	P	A	J	J	J	J	J	FF	I			I	GG	GG	GG	
10	K	Y	Y	Y	HH	HH	W	C	C	C		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	FF	I			I	S	S	S
11	K	AA	AA	Z	Z	W	W	F	C	C	C	C	C	C	C	G	G	G	G	C	C	FF	I				I	S		S	
12	K	I	I	I	W	W	F	F	F	F	E	E	E	E	E	E	CC	CC	D	D	D	D	U	I	I	I	I	S	S	S	
13	K	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T

COSTO TOTAL 1873.79 REDUCCION ESTIMADA DE COSTO 0.00  
 DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS M N ITERACION NO. 20  
 \*\*\*FIN DE DATOS, CRAPI HA TERMINADO

FIG.6.1

más grande de lo que realmente es, de los 4 caracteres representados, sólo se utiliza uno de ellos para acomodar los insumos ahí contenidos, los otros 3 están destinados a otros materiales para el almacenamiento de distintos productos; el departamento P se localizaría contiguo al departamento J para que la distancia calculada por el programa no varíe en cantidad extrema.

Todas estas recomendaciones, están apoyadas en que el programa CRAFT para calcular las distancias de departamento a departamento, las realiza localizando los centros de masa de los departamentos, (calcula las distancias, midiendo los perímetros de los departamentos), y como las modificaciones sugeridas o recomendaciones dadas se han hecho en función de reacomodos para departamentos contiguos, la posible variación que pudiese existir en cuanto a distancias, no afecta el resultado final en forma alarmante. No pretendemos dar recomendaciones o soluciones que sean exactas, pues ni el mismo método las proporciona, además de que siempre existen imponderables que no se pueden cuantificar. Se trata de valerse del método y adecuarlo a las necesidades reales que presenta la empresa en estudio, y en general al sistema dinámico que se desee aplicar, cuando se presenten problemas de distribución.

Para una mejor visualización de las recomendaciones citadas anteriormente, mostramos dos figuras, una como la presentaría la computadora (figura 6.2) y otra en un plano arquitectónico, en donde se presentan las áreas reales para el acomodo de los materiales, así como la distribución que se propone para la nueva localización (figura 6.3).

B.- Lo correspondiente al control de movimiento (4), se dijo en la parte introductoria de este capítulo, que es ésta la que ofrece la mejor distribución debido a que la mayoría de los departamentos más importantes presentan una ubicación con un arreglo sencillo y eficiente y se podrían utilizar la mayoría de los pasillos del arreglo original. Las recomendaciones correspondientes a posibles cambios, con el fin de obtener una mejor distribución. Serán expuestas más adelante.

Hablando un poco sobre lo correspondiente a las reducciones de costos en el manejo de materiales, se obtuvo un resultado del 28.03% de reducción, siendo de 2,603.54 a 1,873.79 unidades de costo, después de 20 iteraciones.





Como se puede observar en la tabla de resultados, esta reducción ocupa el 3er. lugar en cuanto a ahorros se refiere, pero, debido a que con excepción del control de movimiento (3), el cual se describió en el punto A, y que ocupa el mejor lugar en cuanto a ahorro se refiere, todos los demás controles de movimiento ofrecen una reducción similar, con una variación entre ellos de  $\pm 1.84$  puntos, por lo tanto, se decidió proponer como otra posible solución el control de movimiento que ofreciese la mejor distribución entre estos cuatro. En lo correspondiente a la distribución, si observamos la figura 6.4, vemos la agrupación ordenada de los departamentos de mayor importancia como son: el I (Area 8), el cual ocupa un bloque rectangular en medio de los departamentos FF (pasillo) y R, los cuales también presentan la misma forma. El área de cuarentena (DD), se encuentra colocada en la parte superior izquierda del almacén, esto facilita la colocación del alambrado que debe llevar esta área. En el área de presurtido (J), se propone el intercambio de un caracter L por un caracter J, para que así se tenga un libre acceso a esta área por medio del pasillo FF.

Para el departamento H, que es el que presenta la mayor dificultad para este arreglo, podemos observar que debido a que contiene un área de 5 caracteres a lo

UBICACION DE LOS DEPARTAMENTOS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	M	M	FF	I	I	I	I	R	R	GG	
2	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	FF	I			I	R	R	GG	
3	T	T	U	U	U	U	V	V	V	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	DD	DD	FF	I		I	R	R	GG	
4	T	T	U			U	V	V	H	H								H	A	A	DD	DD	FF	I			I	R	R	GG	
5	K	T	U		U	U	V	V	H			H	H	H	H	H	H	H	A	A	DD	DD	FF	I			I	R	R	GG	
6	K	T	U	U	U	V	V	V	H			H	G	G	G	G	A	A	A	A	U	U	FF	I			I	R	R	GG	
7	K	T	w	w	w	V		V	H	H	H	H	H	L	L	L	B	B	J	J	J	J	U	FF	I			I	R	R	GG
8	K	T	w	w	w	V	V	V	X	H	D	D	D	L	B	B	B	J	J	J	J	J	U	FF	I			I	GG	GG	GG
9	K	T	EE	EE	EE	EE	EE	EE	X	H	H	H	U	L	B	C	B	C	C	J	J	P	FF	I			I	GG	GG	GG	
10	K	T	Y	Y	Y	EF	EE	N	N	N	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	J	J	J	FF	I			I	S	S	S
11	K	T	CC	CC	EF	EE	AA	AA	N	C	C	C	C	C	E	E	C			C	C	C	C	FF	I			I	S		S
12	K	T	T	T	T	BB	BB	Z	Z	F	F	F	E	E	E	E	C	C	C	C	C	C	C	U	I	I	I	I	S	S	S
13	K	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T

CUSTO TOTAL 1595.32 REDUCCION ESTIMADA DE CUSTO 0.00  
 DEBIDO AL INTERCAMBIO DE LOS DEPARTAMENTOS X N ITERACION NO. 24  
 \*\*\*FIN DE DATOS, CRAFT HA TERMINADO

FIG. 6.4

alto del departamento, y recordando que los pasillos de acceso son transversales a la forma propuesta del departamento, tenemos como resultado una dificultad del acceso a los insumos del departamento, para este problema, recomendamos suprimir la hilera de caracteres que se encuentra en la tercera posición, para que se convierta en un pasillo de acceso, que al igual que en el punto A, los insumos que ahí se encuentran se apilen y quede el área libre.

Se recomienda el uso de escalerillas rodantes para poder alcanzar los materiales que queden en lo más alto, esto solo de ser necesario. Otra recomendación para este departamento es de que en la parte superior se agrupen los insumos que más dificultad presenten para su manejo, y que en la parte inferior queden los de manejo más fácil.

Para una mejor visualización, se presentan en las siguientes figuras dos planos de la mencionada distribución, el primero (figura 6.5) corresponde a la distribución ofrecida por el programa CRAFT, y el segundo (figura 6.6), corresponde a un plano arquitectónico.

DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	X'	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	FF	I	I	I	I	R	R	GG	
DD	DD	DD										DD	H										H	FF	I			I	R	R	GG
T	T	DD										DD											FF	I			I	R	R	GG	
T	T	DD									DD	DD	H			H	H	H	B	L	L	FF	I			I	R	R	GG		
K	T	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD			H	H	H	H	H	B	B	B	L	L	FF	I			I	R	R	GG	
K	T	U	U	U	U	U	U	U	U	U	EE'	EE'	EE'	EE'	N	N	H	H	B	B	B	L	J	FF	I			I	R	R	GG
K	T	U	U	U	U	U	U	U	U	U	EE	EE	N	N	M	M	O	O	O	O	J	J	FF	I			I	R	R	GG	
K	T	V	V	V	V	V	V	V	V	V	C	C	C	A	A	A	A	A	J	J	J	J	FF	I			I	GG	GG	GG	
K	T	V	V	V	V	V	V	V	V	V	C		C	A	A	P	A	J	J	J	J	J	FF	I			I	GG	GG	GG	
K	T	Y	Y	Y	BB	BB	W	C	C	C		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	FF	I			I	S	S	S	
K	T	AA	AA	Z	Z	W	W	F	C	C	O	C	C	C	C	G	G	G	G	C	C	FF	I			I	S		S		
K	T	T	T	T	W	W	W	F	F	E	E	E	E	E	E	E	CC	CC	D	D	D	D	Q	I	I	I	I	S	S	S	
K	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T

FIG. 6.5

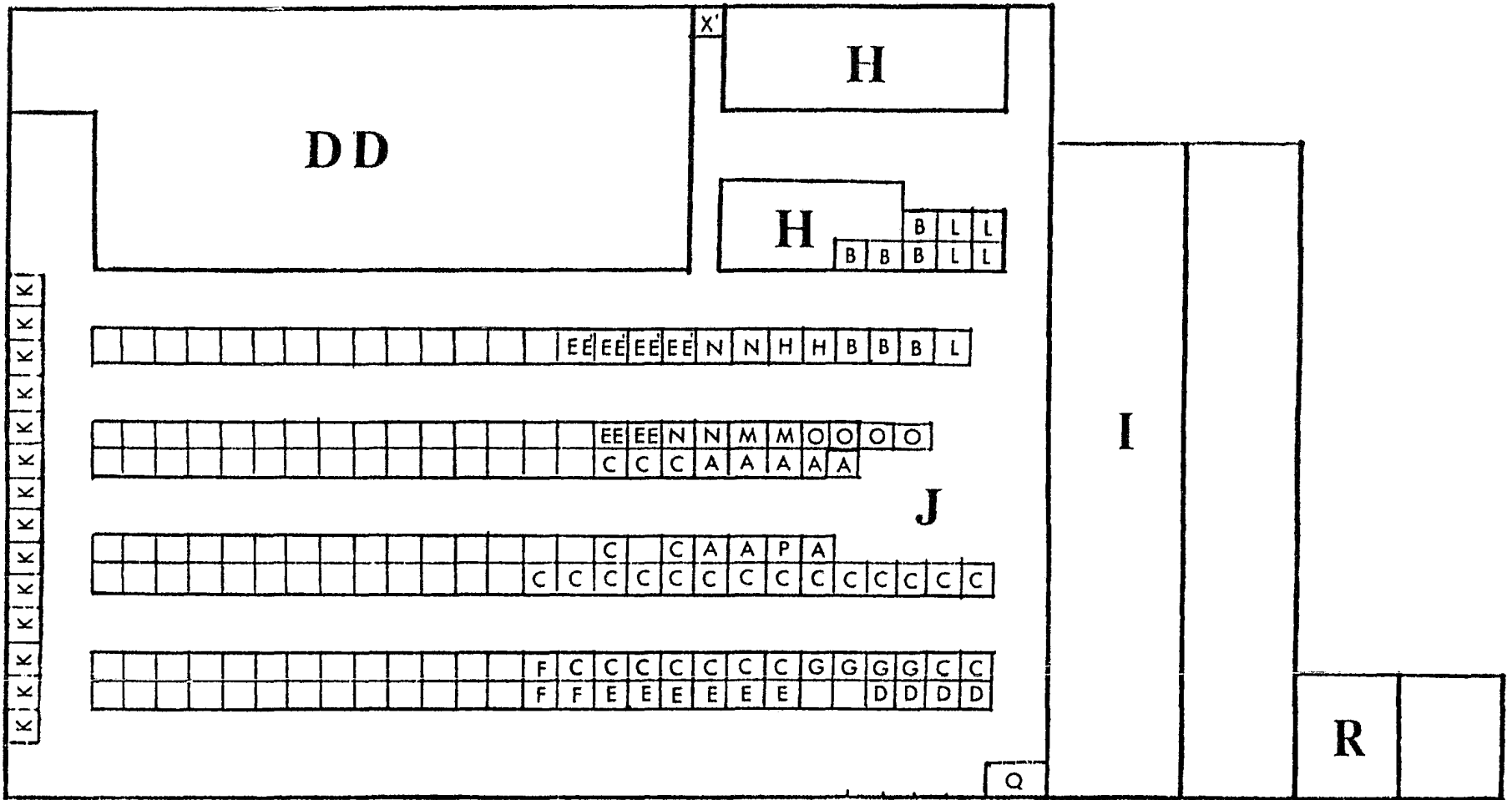


FIG. 6.6

## 6.2 Conclusiones

En primera instancia, se puede pensar que el programa CRAFT resulta más adecuado para el diseño de una nueva planta, puesto que no existe el inconveniente de las adaptaciones en cuanto a la introducción de los datos, así como para las distribuciones propuestas, dado que se podría jugar con la información a procesar, es decir, se tendrían más opciones en lo que se puede proporcionar, como son las áreas, recorrido de materiales, etc. Y de esa forma se obtendría un mayor número de resultados para su interpretación y decisión para la toma de soluciones.

Aunque ya ha sido mencionado en capítulos anteriores, no se debe de perder de vista que el programa CRAFT proporciona dos resultados muy importantes, que son, el costo de manejo de materiales y una distribución dada. De una u otra forma, no es recomendable hacer un análisis por separado, es decir, siempre hay que contemplar los dos resultados en conjunto, porque no por querer obtener una mayor reducción de costo en el manejo de materiales, se tenga que aceptar una distribución que presente complicaciones en cuanto a recorridos se refiere.

Otro punto interesante, es el que las áreas que se planteen no difieran mucho en tamaño, porque si pierden las proporciones, cuando el problema real sea así, se recomienda hacer agrupaciones, pues el departamento que es pequeño podría quedar encerrado por los grandes. Con esto no pretendemos que no se respeten áreas pequeñas, sino, que se pueda preveer el caso de que queden encajonados estos departamentos.

Ahora, se pueden procesar varias distribuciones, contemplando las consideraciones iniciales para cada caso y de esa forma llevar a cabo los análisis que se consideren pertinentes.

Lo anteriormente expuesto es solo una recomendación para la aplicación del método.

Otro punto que se quiere dejar claro, es que resulta muy importante la concepción e interpretación de los datos a procesar, pues el éxito o fracaso del método dependen en gran parte de esto para los resultados finales. En general, pensamos que el valerse de los métodos de computación que existen y aplicados éstos en una forma adecuada, ofrecen una gran ayuda para el ejercicio de la profesión.

## BIBLIOGRAFIA

"On The Application Of Computer Aides To Plant  
Layout"

Lewis, W. P.; Block, T. E.

University of Melbourne, Australia

Aug., 1979

"CRAFT-M For Layout Rearrangement"

Hicks, Philip E.; Cowan, Troy E.

New Mexico State Univ., Las Cruces

Vol. 08 # 5, May, 1976

"Extensions Of The M-CRAFT Facility Layout Design  
Program"

Zirkel, Paul R.

Las Vegas, Nev.

Publ. by AIIE, 1975

"Sistemas De Producción E Inventario"

Elwood S. Buffa y William H. Taubert

Editorial Limusa, Mex.

1972

"Computer-Aided Improvement Of Factory Layouts"

Warneke, H. J.; Minten, B.; Mayer, S.

ZWF Z. Wirtsch. Fertigung (Germany)

Vol. 71 # 12, Dec., 1976

"An Approach To Plant Layout"

Longbottom, D.; Day, B.

Durham University., Durham England

"Un Concepto De Planeación de Empresas"

Russell L. Ackoff

Editorial Limusa, Mex. 1970

"How To Improve An Existing Layout"

Tompkins, J. A.

North Carolina St. Univ. Raleigh, NC, USA

Vol. 33 # 8, Aug., 1978

"An Efficient Heuristic Procedure For Solving The  
Layout Design Problem"

Hitchings, G. G.; Cottam, M.

Omega, Vol. 4 # 2 June, 1976

"Comparison Of Computer Algorithms And Visual Based  
Methods For Plant Layout"

Scriabin, M.; Vergin, R. C.

Edition 10, A4, Oct., 1975