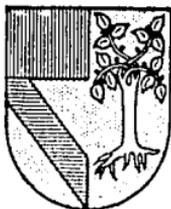


308917

3  
24



**UNIVERSIDAD PANAMERICANA**

**ESCUELA DE INGENIERIA  
CON ESTUDIOS INCORPORADOS  
A LA U.N.A.M.**

**PROPUESTA DEL DISEÑO DE UN LABORATORIO  
DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
AREA: INGENIERIA INDUSTRIAL**

**P R E S E N T A :**

**FRANCISCO JAVIER CERVANTES CAMARENA**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**MEXICO, D. F.,**

**1986**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# I N D I C E

INTRODUCCION .....	1
CAPITULO I	
INGENIERIA Y PRODUCTIVIDAD .....	4
1.1. EL INGENIERO INDUSTRIAL .....	4
1.2. ¿QUE ES LA PRODUCTIVIDAD? .....	6
1.3 FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD .....	11
1.4. IMPORTANCIA DE INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD .....	14
1.5. LAS PERSONAS COMO ELEMENTO CLAVE EN LA PRODUCTIVIDAD .....	16
1.6. EL INGENIERO DE LA PRODUCTIVIDAD .....	18
CAPITULO II	
EL ESTUDIO PRACTICO .....	22
2.1. LABORATORIOS .....	22
2.2. ESCUELA PRACTICA .....	25
2.3. EL ESTUDIO DE LOS SISTEMAS .....	28
2.4. DE LA TEORIA A LA PRACTICA .....	30
2.5. LABORATORIO DE INGENIERIA INDUSTRIAL .....	33
CAPITULO III	
PROPUESTA DEL LABORATORIO .....	37
3.1. NECESIDADES MATERIALES .....	37
3.2. DESARROLLO DE LAS PRACTICAS .....	39
3.3. PRACTICA #1: "UN PROBLEMA DE LAY OUT" .....	43
3.4. PRACTICA #2: "DIAGRAMAS DE PROCESO EN UNA FABRICA DE LAMPARAS" .....	53

3.5. PRACTICA #3: "UNA FABRICA DE PLUMAS" .....	60
3.6. PRACTICA #4: "SIMULACION DE UNA FABRICA DE TRENES DE JUGUETE" .....	69

#### CAPITULO IV

PRUEBAS DE LABORATORIO .....	100
4.1. ADAPTACION .....	100
4.2. DEL PROBLEMA DE LAY OUT .....	101
4.3. DEL PROBLEMA DE UNA FABRICA DE LAMPARAS .....	113
4.4. DEL PROBLEMA DE LA FABRICA DE PLUMAS .....	123
4.5. DEL PROBLEMA DE SIMULACION DE UNA FABRICA DE TRENES .....	133

CONCLUSIONES .....	146
--------------------	-----

BIBLIOGRAFIA .....	149
--------------------	-----

#### ANEXO

MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO DE INGENIERIA INDUSTRIAL .....	151
PRACTICA # 1 .....	152
PRACTICA # 2 .....	161
PRACTICA # 3 .....	177
PRACTICA # 4 .....	190

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

El desarrollo económico del País implica necesariamente el mejoramiento de todos y cada uno de los sistemas productivos, tanto de bienes como de servicios; este mejoramiento se logra en base al aumento de la productividad.

Elevar la calidad del trabajo, disminuir tiempos de operación, disminuir costos, el mejor aprovechamiento de los materiales con el mínimo desperdicio, etc., son factores muy importantes para elevar la productividad, pero un factor importante y algunas veces olvidado es el mejorar la calidad de los recursos humanos, con los cuales se presenta una panorámica muy amplia para ayudar al crecimiento de la efectividad con la que un grupo de gente dado, y con un rango de equipo dado, alcanzan su propósito u objetivos.

Para llegar a esto es importante señalar que el mejoramiento empieza en la preparación y estudio que la gente vaya teniendo; en el caso de la carrera de Ingeniería Industrial, debe existir un equilibrio Teórico-Práctico en la formación

profesional para elevar la productividad, ya que como se verá, el Ingeniero Industrial puede ser llamado ingeniero de la productividad. Como este equilibrio del que se habló empieza en el estudio mismo de la carrera, se debe tener conciencia desde el principio de la necesidad de un estudio más profundo y a la vez práctico para lograr los objetivos que se hayan planteado en un aumento de productividad.

Por esto el objetivo de este trabajo es diseñar un laboratorio de Ingeniería Industrial de tipo motivacional, en el cual el alumno se dé cuenta de alguna manera de la necesidad de la profundización en su estudio para llegar a la práctica, así como ir despertando la mente ingenieril de iniciativa, abstracción de los problemas y resolución de éstos, creatividad y análisis; en donde debe existir una mente de constante mejora de lo que se hace, así como de buscar nuevas formas de llevar a cabo el trabajo, optimizando tanto los recursos materiales como humanos.

La necesidad de este laboratorio parte desde el principio del proceso educacional de la carrera de ingeniería, ya como se verá dentro del proceso de aprendizaje el cambio entre la teoría y la práctica debe ser gradual y complementario, de manera que la educación del ingeniero se acerque lo más posible al desarrollo en la vida profesional.

El laboratorio que se propone se llevará a la práctica tratando de buscar mejoras tanto en el equipo como en las -

prácticas para fortalecerlas con un mayor número de ellas para llegar en cuanto a lo posible a formar un laboratorio más completo en el área de Ingeniería Industrial, por lo que este trabajo es el principio de lo que se pretende llegar a tener.

Junto con el diseño del laboratorio se presentará un manual de prácticas que integren con problemas reales algunas áreas de interés de la carrera.

-----

## CAPITULO I

### INGENIERIA Y PRODUCTIVIDAD

#### 1.1 EL INGENIERO INDUSTRIAL.-

Conforme el desarrollo de la humanidad ha ido evolucionando, la ingeniería se ha ido ramificando y tomando diferentes caminos, de acuerdo a las necesidades de la sociedad.

En términos generales se puede decir que el ingeniero aplica sus conocimientos, habilidades y actitudes orientados a la creación de obras y dispositivos físicos que satisfacen las necesidades y deseos de la sociedad.

El ingeniero industrial es orientado a la optimización del trabajo humano así como los recursos materiales que intervienen tanto en sistemas productivos como en empresas de servicios, para predecir y evaluar resultados, por lo que puede decirse que es un puente de enlace entre la tecnología y la dirección.

Ya que la carrera puede ser enfocada a diferentes áreas

existen diversas definiciones sobre la misma, tal vez una de finición que encierre la generalidad de la carrera es la que algunos autores toman de la Universidad Tecnológica de Stanford y la Universidad Tecnológica de Georgia:

"Rama de la ingeniería que aplica a los materiales, equipo y trabajo los conocimientos y habilidades de las ciencias físicas y matemáticas, así como los principios y métodos de análisis y diseño ingenieril complementado por conocimientos de las ciencias biológicas y sociales para:

- analizar, medir y mejorar los métodos de trabajo asignados individualmente.
- diseñar e implementar mejores sistemas de los trabajos asignados a un grupo.
- especificar, predecir y evaluar resultados" (1)

Sin embargo, los horizontes del ingeniero industrial se han ampliado mucho, el ingeniero industrial actual está educado en forma muy distinta de la de sus predecesores de hace treinta años; su educación va mucho más allá de la ingeniería de métodos, ciencia de la administración y la investigación de operaciones, aunque son ramas esenciales, estas ramas de la ingeniería se han relacionado íntimamente con un concepto básico y ne-

---

(1) Apuntes de Introducción a la ingeniería industrial. Universidad Panamericana, 1981.

cesario: " La Productividad ".

Para entender el nexo de este concepto con la ingeniería industrial, a continuación se trata de profundizar en esta idea así como hacer ver la necesidad de incrementarla, sobre todo en un país en crisis como lo es México.

### 1.2 ¿QUE ES LA PRODUCTIVIDAD? .-

Actualmente, la palabra productividad, parece que ha despertado el interés en todas las organizaciones, sin embargo, en muchos casos existe una noción errónea de lo que es productividad ésta no se refiere ni a las causas, ni a los efectos de que la gente trabaje más intensamente, no es una medida de la producción ni de la calidad que se ha fabricado.

Primeramente, se puede decir que la productividad se refiere a la eficiencia más que a la intensidad. La productividad engloba muchos factores que "es la relación entre la cantidad producida y el esfuerzo requerido para producirla". (2)

Algunos autores definen la productividad como la relación entre lo que es producción e insumo:

$$\text{productividad} = \frac{\text{resultados totales logrados}}{\text{recursos totales consumidos}} = \frac{PT}{RT}$$

---

(2) cfr. Oficina Internacional del Trabajo Ginebra, " Introducción al estudio del trabajo", pág. 5.

que en términos sería:

$$\text{productividad} = \frac{\text{efectividad}}{\text{eficiencia}}$$

Es más, se ha generalizado la expresión en inglés de OUTPUT-INPUT. Actualmente se ha dado un enfoque casi cien por ciento operativo, cuando de hecho la productividad tiene otro enfoque en el cual se debe pensar y buscar constantemente a lo largo de la vida de las organizaciones, y se podría definir como sigue:

"Sobre todo la productividad es una actitud mental, es la mentalidad de constante mejora de lo que existe, es la cortidumbre de ser capaz de hacer las cosas hoy mejor que ayer, es un esfuerzo continuo en la búsqueda de nuevas técnicas y métodos, es la firme convicción en el progreso de la humanidad". (3)

Por esto, una empresa será más productiva en la medida que plantea sus objetivos encausándolos al mejoramiento y utilización de los recursos con los que cuenta; para esto será necesario medir la productividad.

Dentro de los índices que utilizan para la medición de la productividad, uno muy conocido es el de "producción o rendimiento por hora".

---

(3) Apuntes de seminario de productividad, Universidad Panamericana. 1985.

productividad =  $\frac{\text{producción realizada}}{\text{horas empleadas para lograr esa producción}}$

por ejemplo:

10 unidades de producción han sido fabricadas empleando 5 unidades de trabajo, de esto se tiene:

$$\text{productividad} = \frac{10}{5} = 2$$

durante un período posterior, se produjeron 12 unidades de producción utilizando 6 unidades de trabajo, por lo que:

$$\text{productividad} = \frac{12}{6} = 2$$

de donde se puede ver que aunque la producción aumentó, la cantidad de recursos consumidos también aumentó, por lo que la productividad es la misma.

Del ejemplo mostrado anteriormente, se deduce que hay que tomar en cuenta otros factores para que la productividad aumente: se deben seguir uno o más de los siguientes cambios:

- 1) Mantener el mismo nivel de producción y a la vez reducir los insumos o consumo de recursos.

nota: si se hace referencia a la definición

$$\text{productividad} = \frac{\text{efectividad}}{\text{eficiencia}} ,$$

se puede ver con respecto al mismo ejemplo, que se ha mejorado la eficiencia de los insumos de mano de obra, se logran mismos resultados pero utilizando menos horas de trabajo; esto es:

$$\text{productividad} = \frac{10}{4} = 2.5 ,$$

la productividad ha aumentado de 2 a 2.5 unidades de producción por hora trabajada.

- 2) Mantener el mismo nivel de insumos y a la vez aumentar la producción. Análogamente, ahora se ha aumentado la efectividad o el tamaño de los resultados alcanzados o producción, sin incrementar el consumo de mano de obra. del ejemplo:

$$\text{productividad} = \frac{11}{5} = 2.2 ,$$

la productividad ha aumentado de 2 a 2.2 unidades de producción por hora trabajada.

- 3) Incrementar el nivel de producción y a la vez reducir los insumos.

del ejemplo:

$$\text{productividad} = \frac{11}{4} = 2.75$$

En este caso, se ha incrementado la efectividad aumentando la producción o resultados alcanzados y mejorando la eficiencia disminuyendo la cantidad de recursos con sumidos.

Se ha aumentado la productividad de modo significativo de 2 a 2.75 unidades de producción por hora trabajada.

Como se puede ver, la productividad, es una medida relativa, - ya que su significado se basa en la comparación de resultados : entre la razón de productividad del presente y la productividad de un período anterior, llamado (período base), que es normalmente un año, casi siempre la magnitud del cambio se expresa co mo porcentaje:

$$\frac{(\text{período actual} - \text{período base})}{\text{período base}}$$

A veces resulta perjudicial para las empresas, comunicar estos porcentajes de cambio, por lo que una alternativa es comunicar números índice.

Un número índice es el porcentaje de cambio sumado a 100 o restado a 100.

Hay que cuidar que el período que se tome como base sea "normal" en el sentido de que el volumen de producción de tal período no hay resultado anormalmente grande o pequeño. Un período que incluya rendimientos anormalmente bajos debido a una fuerte afluencia de un nuevo personal sin experiencia por ejemplo, nunca podrá ser un buen período base; además cuando se comparan índices, los 2 índices deben partir de la misma base.

Es posible comparar 2 índices que tengan distintos años base, pero es necesario para ello efectuar cálculos adicionales para convertirlos a una base común. Los métodos para hacer ésto, -- así como profundizar más no es interés de este trabajo, si el lector lo desea puede consultar la bibliografía.

### 1.3 FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD.-

Existen numerosos factores que afectan el desarrollo de la productividad, dentro de los cuales se pueden citar los siguientes:

- a) El enlace de la producción. Esto es el conjunto de -- operaciones entre los insumos adquiridos y los productos finales.
- b) La mezcla de productos
- c) La utilización de la capacidad productiva
- d) La naturaleza y calidad de los insumos.
- e) El diseño de los productos.
- f) La naturaleza de los procesos tecnológicos.

- g) La escala de producción (se trate de bienes o de servicios).
- h) La efectividad de las operaciones de integración y control
- i) etc.

Hablando en términos generales, se pueden citar cinco factores de suma importancia, los cuales se deben tomar en cuenta para el logro de las metas, descubriendo los obstáculos que oponen a su cumplimiento y poder desarrollar los planes adecuados, estos son:

1) Incapacidad de los dirigentes.

Estos deben fijar y crear el clima propicio para el mejoramiento de la empresa, son ellos quienes deben darse cuenta primeramente de los problemas que existen y muchas veces son incapaces de ello y no son capaces de darse cuenta que acusan a sí mismos al quejarse de los resultados - siendo fácil descubrirlo. Se deben a sus propias actitudes y comportamientos.

2) Los reglamentos gubernamentales.

Estos reglamentos algunas veces faltos de juicio y extensos han ido menuando los recursos de las empresas, como tiempo y dinero que se hubiese podido invertir en instalaciones, maquinaria y nueva tecnología, se han malgastado - en en cumplimiento de reglamentos de dudoso valor.

### 3) Tamaño y madurez de las organizaciones:

Cuanto mayor sea la empresa u organización, mayores serán los obstáculos a los que se enfrentan, los costos van aumentando dependiendo del número de niveles con que cuenta la organización; conforme va madurando la empresa, se va desarrollando una serie de costumbres, manías, etc., que van afectando directamente a la productividad. Conforme va creciendo la empresa, los directivos y analistas se van haciendo esclavos de la información procesada más que de la observación y experiencia personal.

### 4) "Incapacidad para medir y evaluar la productividad de la fuerza de trabajo".

Determinar la forma más precisa de cuantificar la producción real, física y tangible, ha sido un problema ya que la fuerza de trabajo, en la que predominaban los obreros, ahora está formada por empleados, este cambio ha tenido lugar antes de que las organizaciones hayan tenido tiempo de cuantificarlo de la forma más precisa.

### 5) Los recursos físicos, métodos y factores tecnológicos.

Referente a instalaciones, lugar de trabajo, diseño y disposición. Maquinaria y equipo, materia prima, con frecuencia restringen la productividad.

Si la maquinaria y el equipo son antiguos, desgastados y -

sin un mantenimiento adecuado, la producción sufre las consecuencias.

La calidad de materias primas así como su abastecimiento afectan a la productividad; la mecanización, producción en serie, requieren de instalaciones amplias y equipos modernos lo que implica grandes desembolsos de capital; como la tecnología cambia con rapidez, se crean presiones de amortización así como en el tiempo, capital, personas e instalaciones.

Como se pudo ver, el concepto de productividad, implica la interacción entre los distintos factores del lugar de trabajo, mientras que los resultados tal vez estén relacionados con muchos de los insumos o recursos diferentes, en forma de las distintas relaciones de productividad como por ejemplo:

producción / hora trabajada,

de la cual ya se habló anteriormente.

El ingeniero industrial debe estar capacitado para poder detectar estos y otros factores que afectan directa o indirectamente el desarrollo de la productividad, ya que si no se busca incrementarla seguramente se volverá ya sea su trabajo o la producción ineficiente e inproductiva.

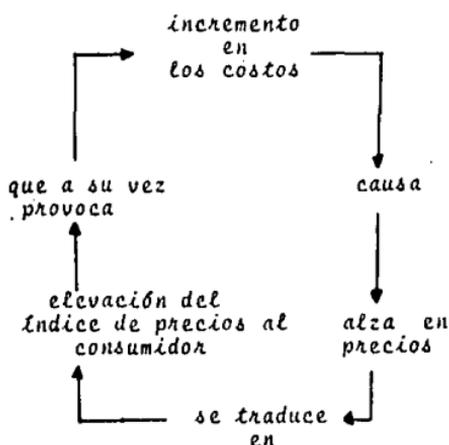
#### 1.4 IMPORTANCIA DE INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD.-

El ritmo de desarrollo tecnológico en nuestros días es muy acelerado por lo que las empresas necesitan constantemente de

una inversión grande, planeación, investigación, y perfeccionamiento, si es que desean mantenerse dentro de la competencia y ganar puntos de mercado (participación); en nuestro país, en la situación que se vive que es crítica, y ya que no se cuenta con un capital considerable, para la investigación, se deben mantener los estándares de calidad y mejorar los niveles productivos; aumentar la productividad implica el incrementar la riqueza nacional, se reduce el desperdicio, ayuda a mantener los recursos escasos.

La inflación es una reacción a la falta de productividad, ya que aumentan los costos, los salarios y precios; si no existe un buen nivel de desarrollo productivo, si no se aumenta la productividad que logre equilibrar los recursos se produce lo llamado ciclo inflacionario. (fig 1)

FIG. 1.- CICLO INFLACIONARIO



Con un aumento en la productividad, se eleva el nivel de vida y con esta la calidad misma.

Como es lógico, una reducción de costos implica un aumento en utilidades, aunque es bien visto que generalmente se elevan los volúmenes de ventas para conseguir más utilidades en lugar de tratar de reducir costos, si esto se logra será claro el aumento de la productividad.

Nota: Los incrementos en productividad, deben estar unidos a criterios comerciales, concentrando esfuerzos en aquellas áreas en las que ya se es competitivo o se podría ser. No vale la pena incrementar el volumen de productos que no son competitivos.

#### CONTRA QUE COMPARAR LA PRODUCTIVIDAD.-

La productividad marca la pauta de comparación con otras empresas, es necesario que se compare contra ella misma en primer lugar, siguiendo con otras áreas similares.

Se debe comparar contra el sector industrial nacional, región y en general con las empresas similares también de orden internacional.

Estas comparaciones hacen que la empresa esté luchando constantemente para mejorar y ya que el mejoramiento se da en base a la productividad, es de especial importancia que se le dé un lugar de estudio y superación dentro de la empresa; "la mediocridad es efecto de la falta de productividad".

De acuerdo a la definición que se ha dado de productividad, se puede ver clara la importancia de que exista en la empresa gente con esa mentalidad; de tal manera que aumenten individualmente y colectivamente la misma.

El tener esa mentalidad de constante mejora, el estar capacitado para hacer las cosas mejor cada día y hacer las cosas con el esfuerzo continuo de lucha y el tratar de progresar, son puntos de lucha y competencia tanto individuales como de conjunto que toda empresa debe perseguir para el logro de sus objetivos.

#### 1.5 LAS PERSONAS COMO ELEMENTO CLAVE EN LA PRODUCTIVIDAD.-

Se ha definido productividad como la medida de lo bien que se combinan y utilizan los recursos para el cumplimiento de los fines de la organización, estos recursos son manejados por personas, siendo responsables de controlar y utilizarlos adecuadamente y para que esto se pueda llevar a cabo de la mejor manera, se deben considerar 4 supuestos básicos de las personas, que son:

- + Individualidad.- Este punto hace notar que no es posible dirigir a las personas con eficacia por medio de una técnica estándar.

Se debe influir en el comportamiento respetando esa individualidad.

- + Integridad.- Cada ser humano es un sistema único, no se puede separar, la vida personal no se puede desligar de la vida de trabajo, por lo que hay que tomar en cuenta esto a la hora de emplear a una persona, o al darle un trabajo especial, ya que si se acepta, es a la persona entera, no a un conjunto de actitudes y conocimientos.
  
- + Comportamiento Motivado.- A las personas no se los motiva por medio de lo que otros creen que podrían desear sino por medio de lo que realmente quieren.  
"El poder de motivación de los dirigentes sólo es efectivo hasta el grado en que, desde el punto de vista del empleado, los directivos controlan los medios con los cuales el empleado puede satisfacer sus necesidades" (4).
  
- + Dignidad Humana.- El hecho de que el hombre forma parte del orden superior, se espera un trato de respeto y dignidad, cada tarea, por baja que sea da derecho a la persona al respeto y reconocimiento, de acuerdo a su desempeño.

El ingeniero Industrial debe tener muy claro durante su vida estos cuatro supuestos que no sólo le ayudarán en su trabajo dándole carácter de verdadera persona sino también en su desarrollo profesional como ingeniero.

## 1.6 EL INGENIERO DE LA PRODUCTIVIDAD.-

Una de las características del Ingeniero Industrial, es su versatilidad en cuanto a las funciones y campos donde puede trabajar. En cuanto a la planeación, producción, análisis y diseño de sistemas, se enumeran a continuación algunos ejemplos:

### PLANEACION:

Participa o dirige estudios que involucran:

- Pronósticos
- Decisiones de expansión
- Nuevas líneas de productos
- Análisis de capacidad
- Localización de planta
- La estructura organizacional de la Empresa
- Asignación óptima de recursos
- Evaluación económica de nuevos proyectos
- Diseño e implantación de procedimientos
- Análisis de flujo de capital
- Diseño de programas de reducción de costos

### EN CUANTO A PRODUCCION:

- Planear los niveles de producción
- Determinar el mejor material y proceso
- Seleccionar el equipo
- Determinar la mejor secuencia de operaciones

- Balanceo de líneas y distribución de planta
- Determinar el mejor flujo de materiales y los procedimientos derivados de su manejo
- Seleccionar el mejor diseño del producto
- Hacer análisis de inventario
- Diseñar la combinación óptima de producción , inventarios y fuerza de trabajo
- Determinar el sistema de control de calidad
- Diseñar métodos de mejoras y simplificación del trabajo
- Coordinar grupos de trabajo de diferentes áreas para proyectos ingenieriles
- Manejar proyectos que involucran transferencia de tecnología.

#### EN CUANTO A ANALISIS Y DISEÑO DE SISTEMAS:

- Diseñar sistemas "óptimos" para:
  - a) Planeación y control de las operaciones
  - b) Proceso y control de información
  - c) Almacenamiento y distribución de productos
  - d) Transporte de gente, productos y materias primas
  - e) Control presupuestal y financiero
  - f) Toma de decisiones en sistemas complejos o bajo condiciones de incertidumbre.
- Analizar sistemas ya existentes y construir modelos matemáticos de dichos sistemas
- generar alternativas de optimización

- Reconocer las interacciones entre los componentes del sistema y optimizar el comportamiento del sistema total.
- etc.

Como se ve en cada una de las funciones que puede realizar el Ingeniero Industrial, existe esa actitud de mejora, búsqueda de nuevas técnicas y métodos ya comentado en el punto 1.2;

Esto nos lleva a concluir que independientemente de la función o campo de trabajo que se realice, se debe hacer buscando tanto la simplificación misma de ese trabajo, reduciendo los métodos de operación, procedimientos etc, como también buscar la eficiencia llevada a un aumento de la productividad.

La definición de productividad, vista como la relación entre la producción e insumo, o recursos de los cuales se obtienen productos o servicios es tan general, que se puede aplicar en todos lados o decir que se quiere aplicar de la mejor manera, así como también, se puede confundir y no llegar a concretar nada, por esto dentro de lo general de la definición se debe tratar de especificar en qué sistema se está desarrollando, cuáles son esos recursos con los que se cuentan, que relación existe entre ellos, a dónde se quiere llegar, etc. Cuando se tiene claro lo que se quiere hacer, se conoce el modo de hacerlo y se hace de la mejor manera, se está siguiendo un camino propio para el incremento de la productividad.

El Ingeniero Industrial debe estar capacitado para investigar y llegar a conocer el problema si es que lo hay o bien la función que se quiere realizar y hacerla con los medios adecuados tratando de hacerla lo mejor posible, esto es, tomando al igual que la productividad de un concepto general, el estudio específico, por esto existe una relación muy estrecha entre el Ingeniero Industrial y la productividad.

Si un ingeniero no selecciona el mejor diseño, no simplifica el trabajo, no realiza la combinación óptima de producción inventarios y fuerza de trabajo, no es productivo.

Si no genera alternativas de optimización de flujo de materiales, procedimientos, operaciones, etc., no es productivo.

En general, si en cada uno de sus trabajos y funciones no lleva esa idea de mejoramiento, de hacer las cosas con mayor eficiencia, no es productivo.

Si por el contrario, pone los medios necesarios para conseguir sus fines, será productivo y elevará la productividad de su trabajo y no sólo será Ingeniero Industrial, sino será Ingeniero de la Productividad.

-----

## C A P I T U L O   I I

### E L   E S T U D I O   P R A C T I C O

#### 2.1   LABORATORIOS.-

Así como todo producto en su elaboración, necesita tanto de puestos de inspección para mantener los estándares de calidad y pruebas de simulación (en algunos casos) para ver su buen funcionamiento, así el estudiante de Ingeniería Industrial necesita de elementos que lo vayan acercando a la vida profesional para que salga bien preparado y que pueda enfrentarse a su trabajo, aplicando conocimientos, habilidades y actitudes dirigidas a la optimización del trabajo humano y a los recursos materiales como se mencionaba en el capítulo #1.

Estos elementos no sólo son las horas de estudio dedicadas a cada una de las materias tanto dentro y fuera de las aulas; este estudio únicamente dará al estudiante las bases necesarias para su aplicación posterior, la cual no debe hacerse esperar hasta finalizar la carrera, ya que la idea que

se pueda tener de la aplicación real de los conocimientos teóricos varía mucho dependiendo el caso específico.

En la carrera de Ingeniería Industrial, es necesario que el alumno vaya adquiriendo una forma de pensar dirigida a la productividad como ya se mencionó en el capítulo anterior, esa forma de pensar se va logrando conforme se va adquiriendo experiencia, motivo por el cual durante los estudios universitarios se dan una serie de laboratorios que pretenden hacer práctico el desarrollo teórico.

Los laboratorios que se presentan a lo largo de la carrera se pueden dividir en dos ramas principales:

- 1) Laboratorios Tradicionales y
- 2) Laboratorios auxiliares.

#### 1) Laboratorios Tradicionales .

Dentro de las materias llamadas de "tronco común", existen algunas en las que la demostración práctica de la teoría es indispensable, como es el caso de los laboratorios de física, termodinámica, electricidad etc; en donde los resultados son prácticamente ayudar a verificar en un momento dado lo visto dentro del salón de clases, como puede ser demostrar físicamente el paso de la corriente eléctrica dentro de una red ó la presión y temperatura de un líquido que fluye por una tubería etc.

Estos laboratorios no son exclusivamente para demostrar cosas

téóricas, sino también sirven para enseñar a los alumnos a saber utilizar un determinado aparato como pueden ser los osciloscopios, amperímetros etc.

Estos laboratorios pretenden inculcar en el alumno la mente científica, calculadora e ingenieril, por lo que su aplicación durante la carrera es de suma importancia.

## 2) Laboratorios Auxiliares.

Este tipo de laboratorios se refiere a los laboratorios específicos de cada una de las ramas de la Ingeniería.

Dentro de la rama de la Ingeniería Industrial, los laboratorios auxiliares juegan un papel sumamente importante que es el llevar a la práctica las técnicas y conocimientos propios de esta rama; algunos de ellos como son los de Estudio del Trabajo, Ingeniería de Métodos, Investigación de Operaciones etc, en los cuales las técnicas estudiadas se llevan a la práctica con ejemplos de la vida real, analizando operaciones toma de tiempos y movimientos, diagramas Hombre-Máquina, simulación etc. En ellos se desarrollan las habilidades y aptitudes del estudiante, así como su iniciativa.

Sin embargo estos trabajos están diseñados para cada una de las materias específicas y la aplicación de las prácticas va de acuerdo por lo general a una sola materia, por ejemplo una práctica de Ingeniería de Métodos como puede ser la utilización del diagrama Hombre-Máquina en una determinada operación de la Empresa X, va relacionada exclusivamente a encontrar

la relación exacta de trabajo entre el ciclo de trabajo del hombre y el ciclo de la operación de su máquina y a mejorar esos tiempos sin intervenir en esta práctica problemas de otro tipo . Es una práctica aislada del resto del sistema productivo.

Lo que se quiere hacer notar es que en la mayoría de estas prácticas , se persiguen fines particulares, como el desarrollar una determinada técnica y manejarla con facilidad. Por esto surge la necesidad de hacer otro tipo de trabajos que engloben si no todas, diferentes asignaturas para que el alumno utilizando las técnicas que va aprendiendo, desarrolle su iniciativa y decida de alguna manera que técnica aplicar en un momento dado y como sacar adelante lo que se le pide, en el punto 2.2 se hablara detalladamente sobre esto.

## 2.2 ESCUELA PRACTICA.-

El manejo de la productividad como un calificativo del Ingeniero Industrial, empieza en sus estudios mismos, Se ha visto la importancia de llevar a cabo laboratorios que complementen la carrera, en los que se vaya vislumbrando la idea de poner en práctica la productividad reflejada en las técnicas y decisiones que aplique.

La forma en que el estudiante pone en marcha la aplicación práctica de su carrera es la Escuela Práctica, la cual se puede dividir en dos areas básicas:

- A) Escuela Práctica Básica y
- B) Servicio Social.

A) Escuela Práctica Básica.-

La escuela práctica básica es de suma importancia ya que es ahí donde el alumno empieza a tener sus primeros contactos con la realidad.

Esta escuela práctica se puede dividir en dos ramas:

- 1A) Visitas y
- 2A) Proyectos.

1A) Visitas.-

Las visitas que realiza el alumno a lo largo de su carrera, sean empresas de bienes o de servicios, van formándolo al conocer diferentes sistemas productivos, motivándolo y desarrollándolo en la idea de que las cosas sean mejor cada día, de superación etc. al detectar posibles fallas en la empresa visitada; estas fallas detectadas por el alumno, quizá sean un tanto subjetivas (depende del alumno y su preparación), sin embargo lo va envolviendo en el ambiente productivo y va tomando su carrera como parte de él.

2A) Proyectos.-

Con los proyectos que se le encargan al alumno durante toda la carrera, sean en equipo o individuales, el estudiante pone directamente en práctica sus conocimientos en el proyecto que tiene que realizar, como generalmente los proyectos

que se piden tienden a resolver casos prácticos en donde se pide que se mejore el método utilizado o bien detectar el por qué esta fallando algo y proponer la solución etc, el alumno va desarrollando la mentalidad de incrementar la productividad, pone en práctica su iniciativa y le va dando seguridad en la toma de decisiones, sobre todo cuando los proyectos son hechos en equipos, se crea la competencia de hacer mejor las cosas y de presentar y vender el proyecto de la mejor manera.

#### B) Servicio Social.-

No sólo es un contacto con la realidad, sino que además empieza la aplicación teórica y el análisis, suponiendo que se hace el servicio social en algo referente a la carrera. Aunque el alumno haya tenido otro tipo de trabajos durante la carrera, el servicio social además de los beneficios que trae a la comunidad, por ser una obligación crea una responsabilidad mayor que otro trabajo en el que si los horarios de clases no lo permiten se tiene que dejar.

-----

Como se puede ver, la escuela práctica es sumamente importante y necesaria para el buen desarrollo tanto intelectual como práctico, con ella el estudiante no sólo complementa lo que haya visto dentro de las aulas, sino que además aprende cosas que sólo la experiencia profesional va dando; criterio, capacidad de decisión y seguridad.

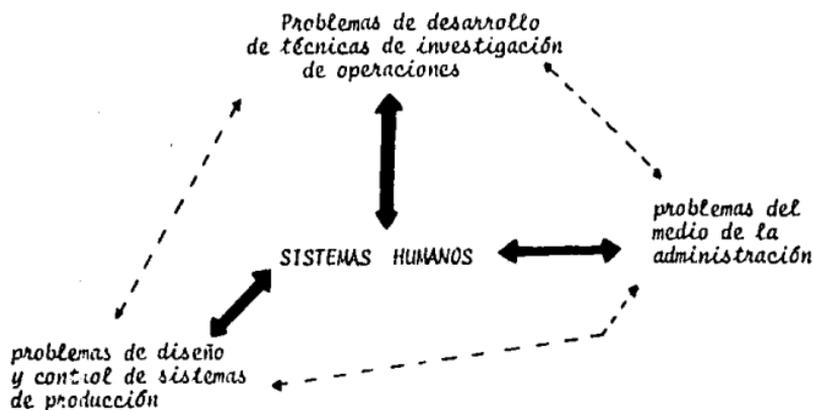
### 2.3 EL ESTUDIO DE LOS SISTEMAS.-

Un sistema es un conjunto de elementos interrelacionados. Dentro del sistema llamado Sociedad, existen innumerables subsistemas, uno de ellos es la universidad y la relación entre unos y otros es muy compleja, ya que no se sabe muchas veces qué elementos afectan el funcionamiento entre ellos.

Es muy importante una buena integración de los subsistemas que dan una síntesis y un mejor conocimiento acerca del sistema general que compone la sociedad.

Tanto el alumno de Ingeniería Industrial como todo estudiante, deben tener una preparación elemental sobre sistemas ya que la vida en sí se pasa en diferentes subsistemas interrelacionados; en el caso del Ingeniero Industrial estos subsistemas en los cuales se desarrolla están interrelacionados por sistemas humanos como se muestra en la fig 2.

FIG.2



El Ingeniero Industrial debe buscar y conocer en la medida de lo posible todas aquellas variables que afectan a su sistema, los problemas técnicos no son muchas veces la causa del mal funcionamiento del mismo, los problemas humanos sin embargo afectan y determinan el buen funcionamiento de la empresa; algunos problemas de tipo humano que afectan al sistema productivo pueden ser por ejemplo:

- 1) Fracaso de las personas que hacen un determinado estudio por: suposiciones inapropiadas, arrogancia, insuficiente consideración a valores y ética etc.
- 2) Ingenuidad con respecto a detalles del medio ambiente del trabajo sometido a estudio.
- 3) Falta de experiencia.
- 4) Deficiencias con respecto a los aspectos de "Factores Humanos" del problema.
- 5) Tendencia de la gente a complicar en demasía el problema .
- 6) etc...

Por esto, es necesario que el estudiante de Ingeniería Indus-

trial, salga de la carrera no sólo con los conocimientos técnicos sino también con conocimientos del comportamiento de tipo humano como pueden ser la responsabilidad, espíritu observador y crítico así como actitud de servicio a los demás, como esto sólo lo da la práctica, es necesario que desde sus estudios universitarios tenga contacto con sistemas productivos reales para efectuar análisis de la teoría a la práctica, que tengan una realidad específica.

#### 2.4 DE LA TEORIA A LA PRACTICA.-

En el transcurso de la carrera universitaria, el alumno adquiere los conocimientos básicos necesarios para desarrollar posteriormente su carrera en el ámbito profesional.

El hecho de que una persona termine una carrera de ingeniería, no quiere decir que sea ingeniero, ya que la práctica y la experiencia profesional es lo que le dan el carácter de ingeniero. "El ingeniero no nace, se hace".

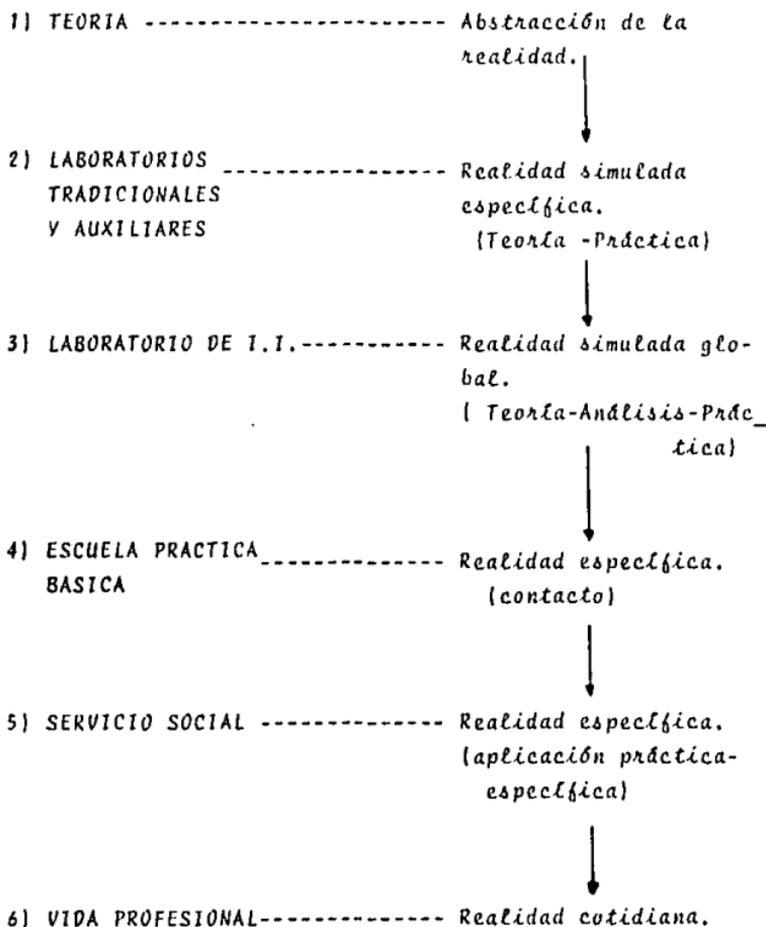
Para que la Universidad contribuya a esto, se requiere que el alumno vaya adoptando una serie de pasos que lo llevan de la teoría a la práctica.

En el cuadro #1 se presenta el proceso por el cual el alumno pasa o debería pasar a lo largo de todos los semestres de su carrera de Ingeniería Industrial.

Primeramente requiere de un conocimiento básico de teoría de las diversas asignaturas de las ciencias Matemáticas y Físicas, como de todas las materias teóricas de la carrera

CUADRO # 1

EL PROCESO UNIVERSITARIO



en donde los modelos que se presentan, son una abstracción de la realidad, en ellos se despierta en el alumno la capacidad de razonar y analizar en los problemas científicos, formando una mente ingenieril.

Con los laboratorios tradicionales y auxiliares ya comentados en el punto 2.1, esa abstracción se vuelca en una realidad simulada específica de la teoría a la práctica.

El punto #3 no existente propiamente dicho,, existen una serie de laboratorios ya comentados anteriormente, pero sin existir un laboratorio propio de Ingeniería Industrial, aunque existan prácticas propiamente dichas de esta ingeniería por lo que en consideración es sumamente importante porque da al alumno de forma global el contacto básico de su carrera entre la teoría y práctica, que es el análisis, así como motivarlo a meterse de una forma más seria en la rama que le guste de su carrera .

Básicamente el laboratorio de I.I. debe ser un laboratorio que encierre no la aplicación de técnicas específicas de la carrera, ya que para eso existen los laboratorios auxiliares, sino que prácticas en las que el alumno pueda desarrollar su capacidad de análisis y en donde en forma global decida qué técnicas o qué variables considerar en cada caso.

El punto #4 ya comentado anteriormente es el primer contacto del alumno con la realidad, es una realidad específica. Posteriormente, el punto #5 no sólo es un contacto con la realidad, sino que además empieza la aplicación real de sus conocimientos así como su desarrollo profesional.

Por último, el punto #6 es la dedicación misma del alumno, ya no como tal, sino como ingeniero construyendo su propio proyecto de vida.

## 2.5 LABORATORIO DE INGENIERIA INDUSTRIAL.-

En el punto anterior se expuso la importancia de llevar a cabo un laboratorio propiamente dicho de Ingeniería Industrial, el cual siendo un simulador de procesos reales y problemas comunes en las empresas, el alumno desarrollará su iniciativa, labor de equipo etc., Buscando siempre eficiencia y productividad.

Se comentó también algo sobre la motivación del alumno, esta motivación es muy necesaria sobre todo los primeros semestres ya que en los semestres avanzados tendrá mas conciencia de lo que es la carrera, de ahí la importancia de hacer ver al alumno de una manera clara lo que es su carrera en sí. Por esto además de los laboratorios que se llevan durante la carrera es necesario un laboratorio de tipo motivacional por las siguientes razones:

- A) Incita al alumno a estudiar y profundizar en temas que todavía no conoce bien.
- B) Por falta de conocimientos técnicos, desarrollará su iniciativa y creatividad para resolver problemas.

- C) En semestres avanzados, tendrá que resolver problemas más complejos y estará en condiciones de hacerlo más fácilmente al haber tenido una primera experiencia en cuanto a problemas relacionados con la aplicación de su carrera.
- D) En los últimos semestres estará más en contacto con las empresas.
- E) Motiva al alumno a tomar responsabilidad de lo que implica estudiar la carrera de Ingeniería Industrial.

Si el laboratorio que se quiere diseñar, se aplica en los primeros semestres, al alumno se le dará antes de cada práctica una base teórica elemental, entonces desarrollará la práctica, verá los resultados y se le dará posteriormente una solución posible-óptima con el fin de que el alumno se dé cuenta de sus errores ó de sus logros, los cuales presentará en un reporte.

Como se vió en el punto 2.4 el tener un laboratorio de estos servirá por un lado de puente entre la teoría sobre Ingeniería y la práctica, y por otro lado servirá como antecedente para laboratorios específicos de materias de I.1 como Ingeniería de Métodos, Investigación de operaciones, etc, así como el desarrollo de una mente analítica.

En el cuadro #1 de la sección 2.4 se puede ver el proceso



se crean equipos y compiten unos contra otros desarrollando técnicas de producción, control, planeación, inventarios, precios de venta etc.

---

En resumen: Dentro del terreno de los estudios universitarios existe una variedad muy amplia de laboratorios y formas de acercar al alumno de alguna manera a la vida cotidiana, tratando de enseñárseles técnicas que faciliten la realización de algún proceso, así como diseñar proyectos y realizarlos de la manera mas eficiente, todo encaminado a un aumento de la productividad; sin embargo es necesario un laboratorio de tipo motivacional en el que los alumnos despierten el interés y tomen conciencia de los elementos que debe tener un Ingeniero Industrial.

---

## C A P I T U L O   I I I

### P R O P U E S T A   D E L   L A B O R A T O R I O

#### 3.1 NECESIDADES MATERIALES. -

Para el laboratorio que se pretende realizar y el tipo de prácticas que se proponen posteriormente, es necesario adaptar un salón o aula que sea adecuada, dependiendo de los grupos que sean asignados para cada práctica; se recomienda que los grupos no sean mayores que 10 personas por grupo, ya que cada una de las prácticas se aprovechará mejor, el alumno tendrá más participación creativa y la labor de equipo será mejor.

En cada una de las prácticas que se proponen se darán a conocer el material necesario para llevarla a cabo, en general, el material que se propone para adaptar el laboratorio es el siguiente:

- + banda transportadora
- + mesas de trabajo

- + pizarrón
- + estantes.

+ Banda transportadora.-

En el desarrollo de las prácticas se simularán procesos en serie por lo que es necesario adaptar en el laboratorio una banda transportadora, no necesariamente debe ser una banda muy sofisticada, únicamente debe cumplir los siguientes requisitos básicos:

- 1) longitud de 4 a 5 metros
- 2) ancho de la banda de 30 cm
- 3) velocidad variable entre 3 y 9 mts/min

El tipo de motor,, fabricación etc., depende del presupuesto que se tenga, la banda puede ser de lona, rodillos, de hule etc. La presión que resista la banda por pulgada cuadrada es irrelevante ya que el material que se transportará en ella no es muy grande.

+ Mesas de trabajo.-

Se necesitan mesas de trabajo que serán acomodadas unas para los trabajos en equipo y otras para acomodarlas al rededor de la banda para usarlas como mesas de ensamble en los procesos en serie.

Aproximadamente con diez mesas de 1.20 mts por 80 cm se cubrirán los requerimientos.

+ Pizarrón y estantes.-

Se necesita un pizarrón para que el laboratorista pueda exponer las prácticas así como uno o dos estantes en donde se guarde el material de cada práctica.

La distribución del laboratorio se puede ver en la fig 3A, el #1 corresponde a la banda, la cual esta rodeada de 8 mesas de trabajo (#2), existen dos mesas opcionales para los cálculos que se tengan que hacer, para llenar las formas etc.

Los estantes (#3) y el pizarrón (#4) estarán de acuerdo a las posibilidades de espacio del salón que se adapte.

En realidad se pretende que sea un laboratorio adaptable a las posibilidades, se quiere que sea sencillo y funcional, ya que la especialización del laboratorio va en el desarrollo de las prácticas y el elemento principal es la labor de equipo y creatividad más que en material costoso. (#5) escritorio.

### 3.2 DESARROLLO DE LAS PRACTICAS.-

Se pretende dar al alumno una idea general de lo que es una empresa industrial tocando desde el punto de la planificación de la empresa hasta la venta del producto .

No serán prácticas que exhaustivamente incluyan todos los elementos que intervienen en la vida real pues sería imposible ya que por un lado existen muchos factores externos al proceso "teórico" de planificación, creación de la empresa, desarrollo de la producción y venta del producto o servicio. fig 3B

FIGURA 3A

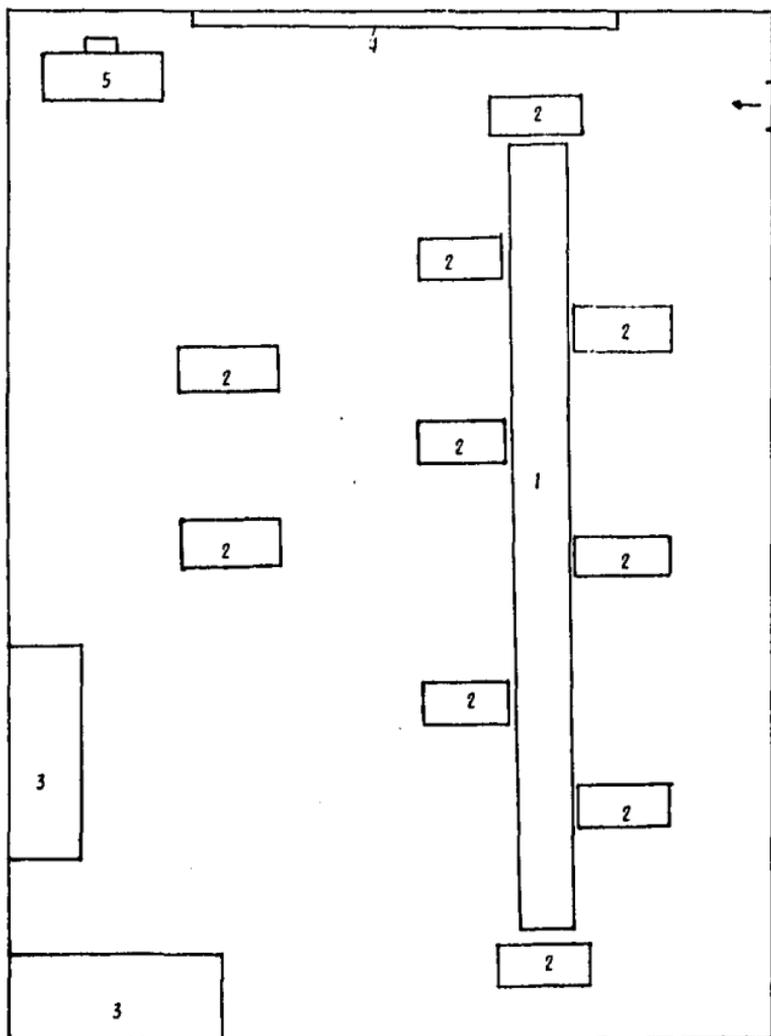
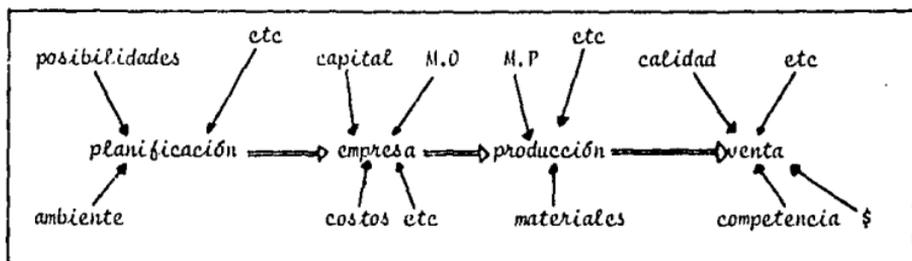


FIG 3B



Y por otro lado el alumno por ser de primeros semestres , aún no está capacitado para ello.

Siendo un sistema muy complejo, se tratará únicamente de dar una visión global pero en la que se empiece a despertar el interés ,iniciativa y creatividad como ya se mencionó anteriormente en el capítulo II.

Los temas que tratarán las prácticas serán los siguientes:

- distribución de planta.
- diagramas de proceso.
- Producción en serie. (líneas de producción)
- pronósticos, probabilidad y muestreo estadístico.
- control de calidad.
- estimación de tiempos de operación.
- cronometraje.
- inventarios.
- manejo de materiales.

Algunos de estos puntos serán tratados someramente, ya que en la aplicación de estas prácticas, el alumno no habrá visto las técnicas apropiadas, sin embargo en cada una de las prácticas se dará la teoría necesaria y el laboratorista encargado dará la explicación debida.

Las prácticas que se proponen en concreto son:

- 1) Lay Out de Planta.
- 2) Diagramas de Proceso en una fábrica de lámparas.
- 3) Una fábrica de plumas.
- 4) Simulación de una fábrica de trenes de juguete.

En los puntos 3.3, 3.4, 3.5, 3.6 se presentaran cada una de las prácticas, su desarrollo y necesidades materiales, y en el anexo se presentan cada una de las prácticas a manera de manual.

Este manual se le dará a los alumnos, y en él vienen explicadas cada práctica así como una teoría introductoria a los temas que tocará en ese problema.

Para el laboratorista se recomienda que consulte los puntos citados arriba en los cuales vienen explicados cada uno de los pasos a seguir en el desarrollo de las prácticas.

Cada una de las prácticas en general pedirán que se reporte gráficas, formatos llenados adecuadamente, diagramas y sobre todo conclusiones personales de los alumnos en las que se dará una idea práctica de los resultados obtenidos en cada una de ellas.

### 3.3 PRACTICA #1: " UN PROBLEMA DE LAY OUT ".-

Esta práctica plantea el problema de una distribución de planta, en donde se dan las diferentes relaciones de trabajo entre el personal de una compañía, así como los espacios disponibles y el alumno debe decidir cuál es la mejor distribución.

El problema requiere hacer la distribución de planta haciéndole ver al alumno lo importante que es no sólo el tomar los espacios disponibles como única variable que afecta en la distribución, sino que ellos se den cuenta de las relaciones de trabajo entre los departamentos y su importancia de estar unas cerca de otras etc.

+Necesidades Materiales.-

Se necesita un tablero que puede ser de cartón de 40 por 40 cm con un marco de 2 cm (fig 3C y fig 3D) el cual simulará el espacio disponible para acomodar los diferentes departamentos.

Se requiere también hacer los departamentos haciéndolos de cartón poniéndoles su nombre y numerarios, los tamaños propuestos aparecen en la fig 3E.

Cada equipo deberá contar con una hoja de relación de actividades (fig 3F) así como una hoja de relación de los departamentos marcados con las letras M,D,N,I tal como aparece en la figura 3G.

Cada uno de los equipos (maximo de 10 personas c/u) contará con un tablero y los departamentos como se mencionó anteriormente.

FIGURA 3C

TABLERO PARA LA SIMULACION

DE LA FABRICA.

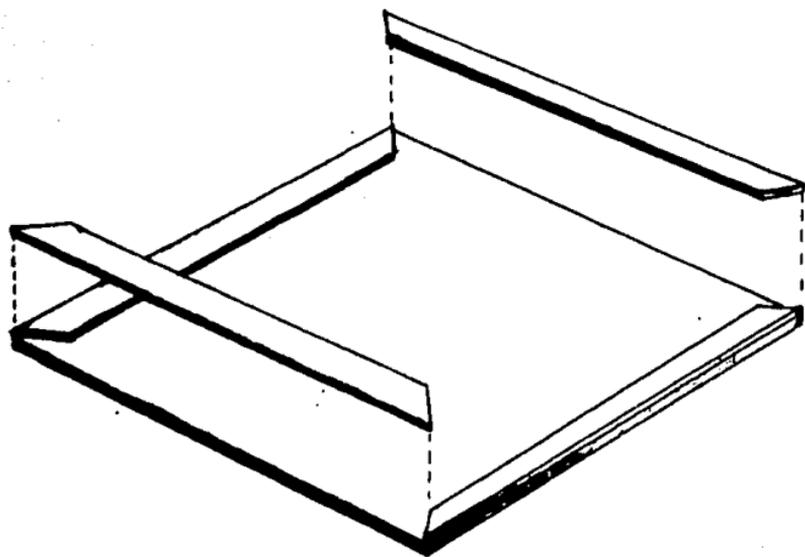


FIGURA # 30

Vista superior y acotaciones del tablero fig 30

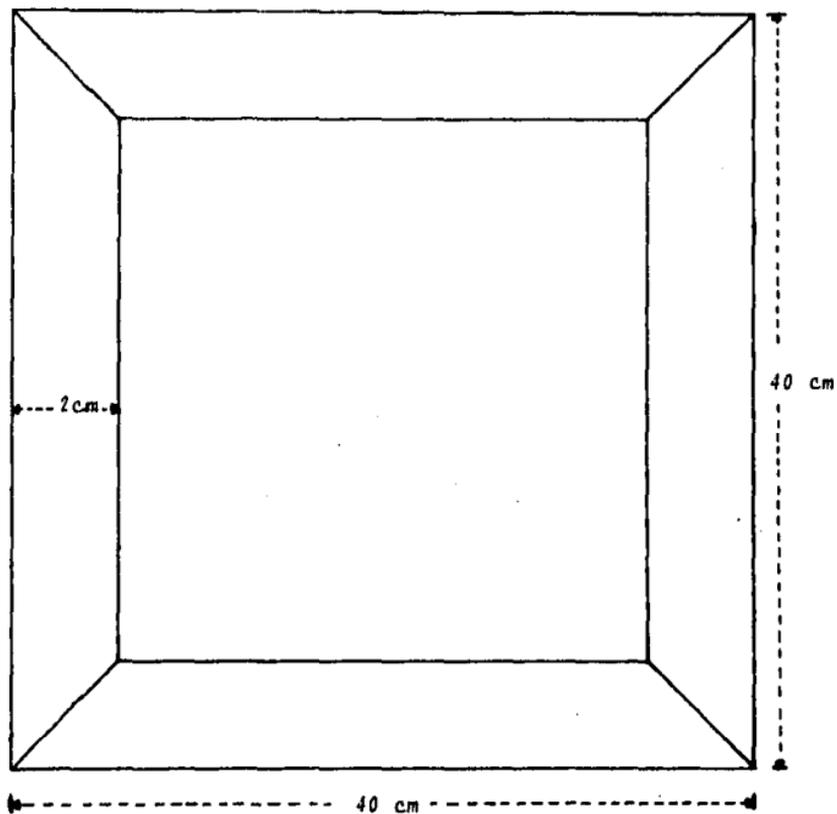


FIGURA 3E

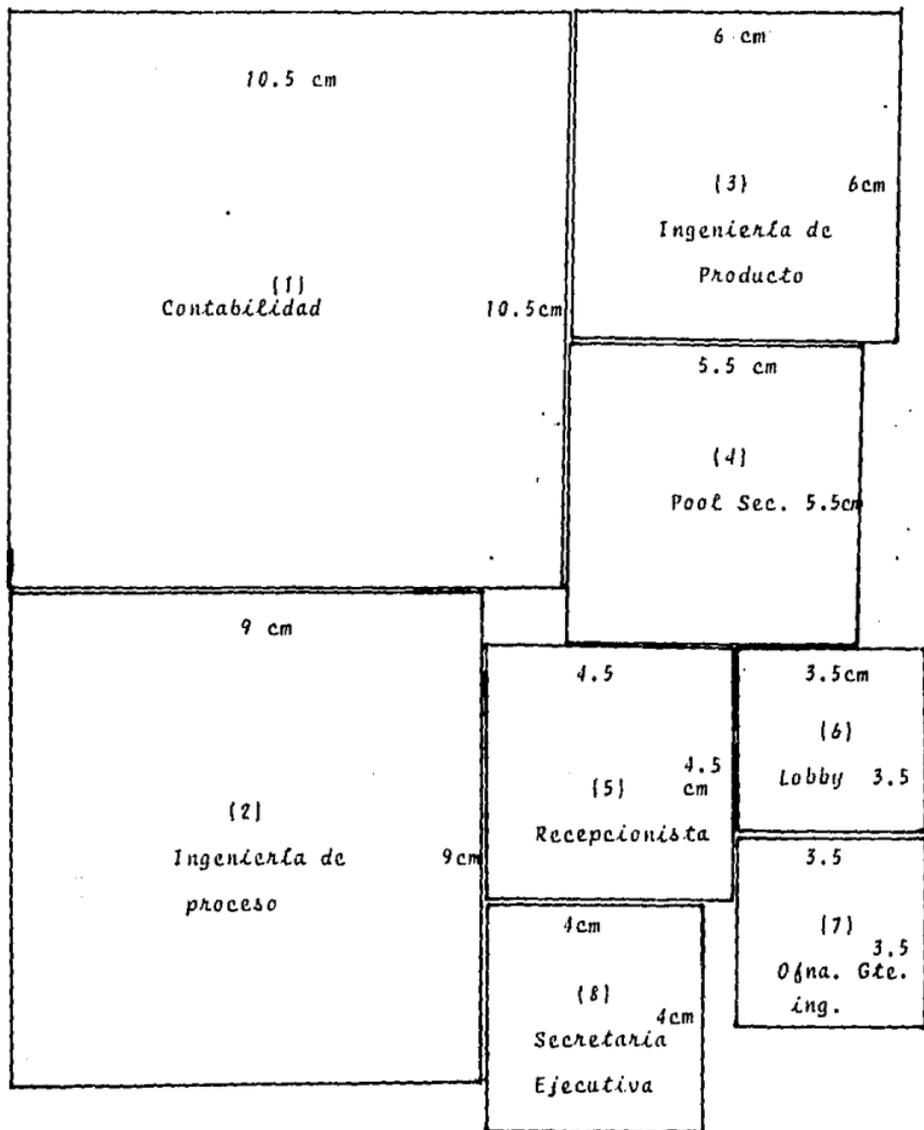


FIGURA 3G (Continuación)

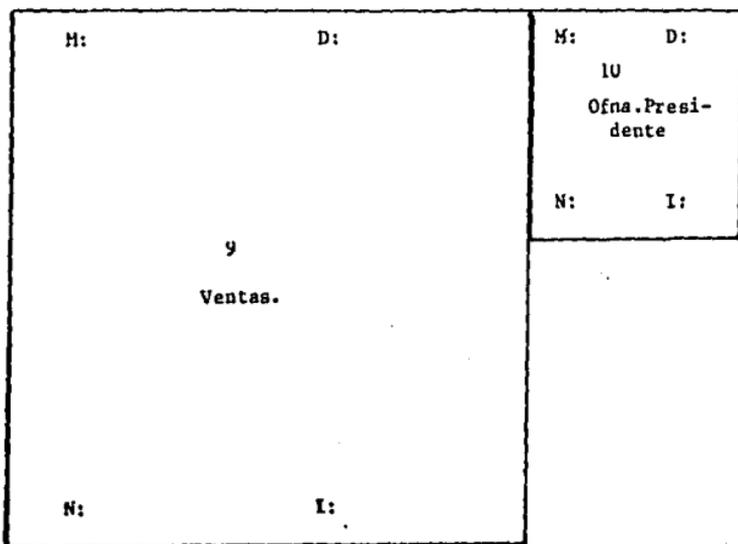


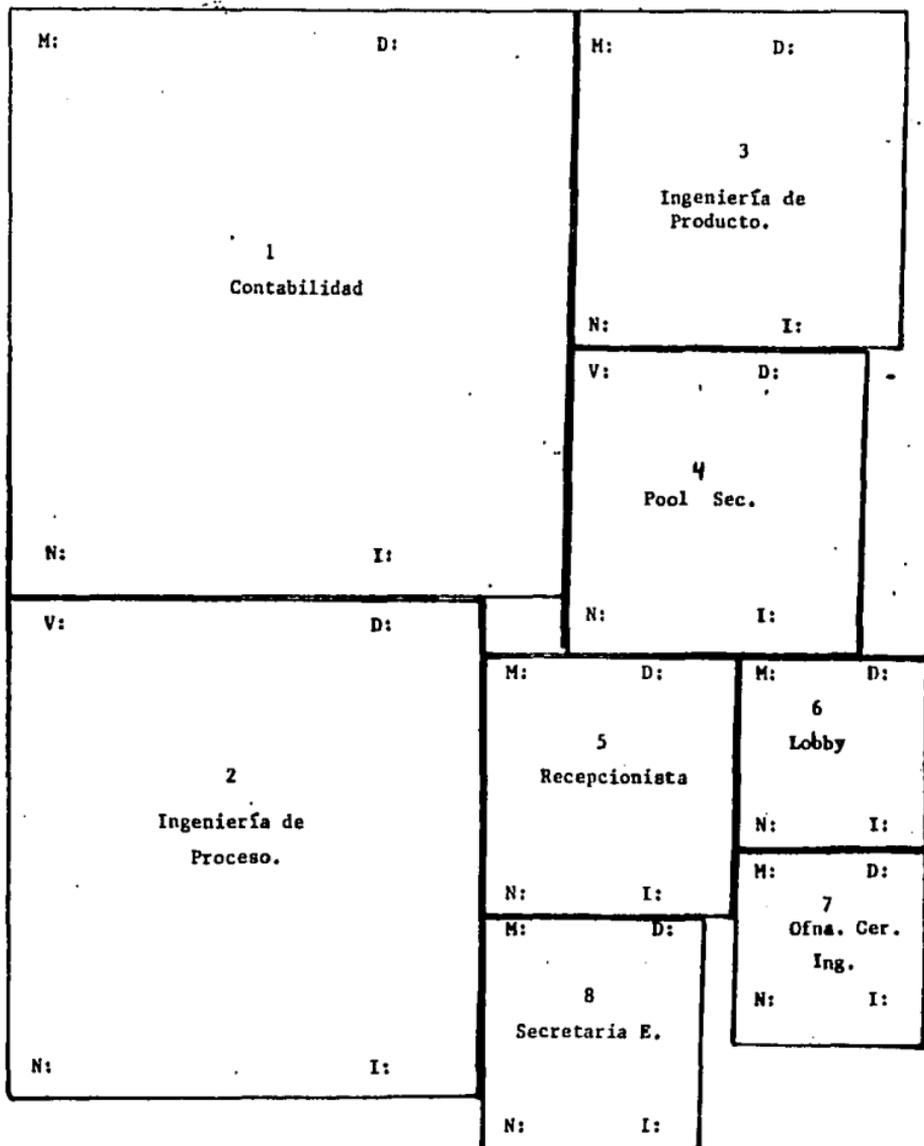
FIGURA 3F

HOJA DE RELACION DE ACTIVIDADES

1 Contabilidad											
2 Ingeniería de Proceso											
3 Ingeniería de Producto											
4 Pool Secretarial											
5 Recepcionista											
6 Lobby											
7 Oficina del Gerente de Ing.											
8 Secretaria Ejecutiva											
9 Ventas											
10 Oficina del presidente											

M	Muy Importante
D	Deseable
N	No importante
I	Indeseable

FIGURA 3G





El problema presentado se puede dividir en dos partes:

A) Hacer el Lay Out de acuerdo al criterio del equipo, en donde ellos decidan como se debe hacer la distribución de acuerdo a su criterio.

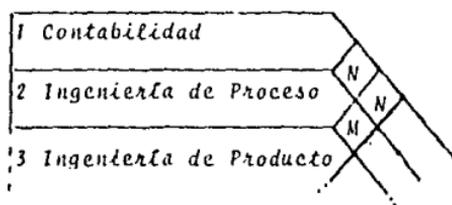
B) Hacer el Lay out conforme a una técnica basada en llenar una hoja de relación de actividades.

En el anexo aparece la práctica en el manual y de acuerdo a ella se explica a continuación paso por paso qué tiene que explicar el laboratorista:

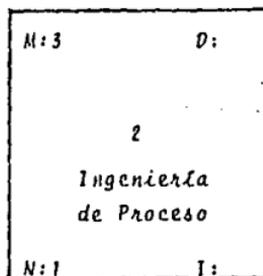
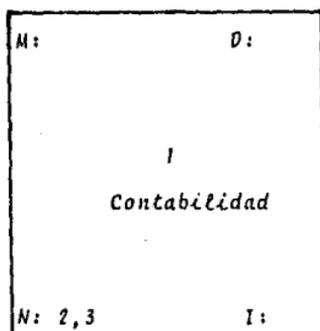
- 1) Se da la teoría referente a distribución de planta.
- 2) Se presenta el organigrama de la "compañía llamada Super Duper, así como la relación entre departamentos.
- 3) Utilizando el tablero de cartón, los alumnos deben hacer una primera distribución de planta acomodando los departamentos como ellos crean que es conveniente, de acuerdo a su criterio.
- 4) Posteriormente ya con la primera distribución tomarán nota de como les quedó y el laboratorista presentará la hoja de relación de actividades, explicándoles su funcionamiento, ésta se debe llenar conforme si es (M) muy importante, (D) deseable, (N) no importante o (I) indeseable que esté un departamento cerca del otro, si deben o no estar juntos etc de acuerdo a la relación de funciones entre los departamentos mostrada en el punto 1. Por ej: El departamento de Contabilidad no es necesario que esté cerca del departamento de Ingeniería de Procesos, por lo

que en la hoja de Relación de Actividades en el cuadro correspondiente se pone una (N) que es no importante, en la parte de abajo de la hoja vienen las claves.

Esto es:



- 5) Una vez llenada la Hoja de Relación de Actividades, en la Hoja de los departamentos se deben poner en cada caso los números de los departamentos que deben estar cerca esto es que se hayan clasificado de muy importantes o bien los departamentos que no es deseable que estén juntos etc de acuerdo a la Hoja llenada anteriormente. del ejemplo se ve que:



- 6) Una vez hecho el punto #5 se procederá a hacer la nueva distribución de planta en el tablero y se dibujará.
- 7) Los alumnos deben sacar sus propias conclusiones así como presentar ventajas y desventajas de cada uno de los métodos.

#### 3.4 PRACTICA #2: DIAGRAMAS DE PROCESO EN UNA FABRICA DE LAMPARAS.-

+ Necesidades Materiales.-

- 1) Tablero utilizado en la práctica #1.
- 2) Piezas de cartón que representan las máquinas de la fábrica así como almacenes, baños etc.

Estas piezas que se necesita hacer así como sus medidas en centímetros se presentan en la figura 3H.

Estas piezas serán del material de los departamentos y del tablero.

- 3) Formatos de Diagrama de proceso de flujo; (se anexa uno).

Se necesitan 6 formatos de los mencionados anteriormente para hacer uno para cada pieza que se fabrica.

nota: Se recomienda que todas las piezas de cartón incluyendo al tablero, se protejan con una capa plástica a manera de mica, y los números de las piezas pueden hacerse con plumón o bien pegarlos con Letraset.

La práctica se realizará en las mesas que se tienen en equipos de cuando mucho 10 personas por lo ya dicho anteriormente.

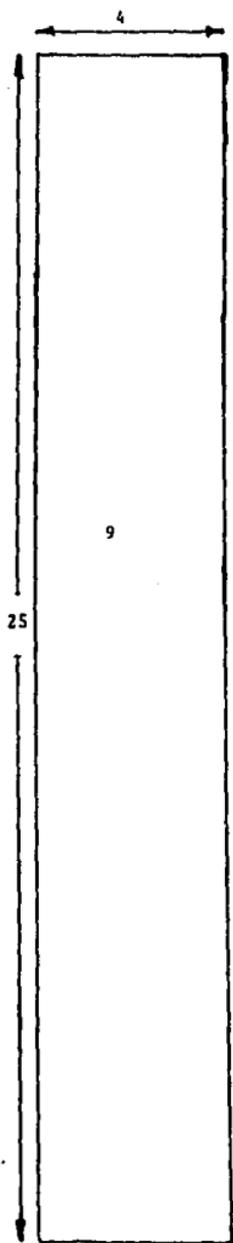


FIGURA 3H

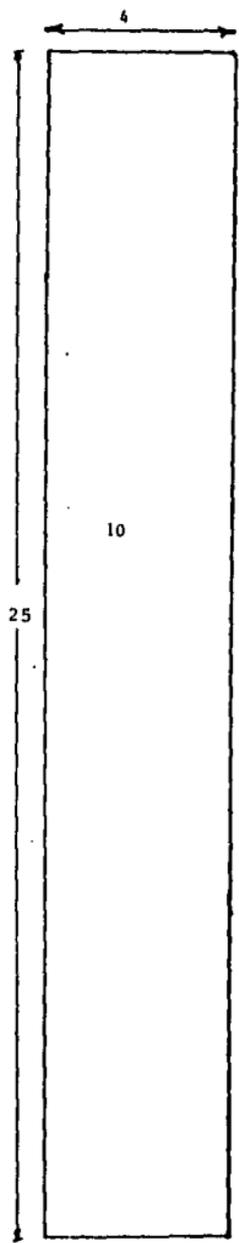
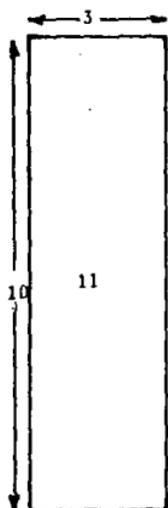
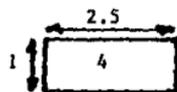
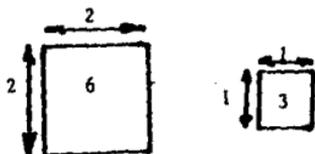
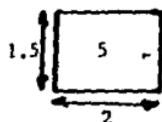
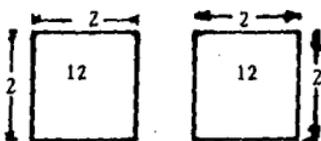
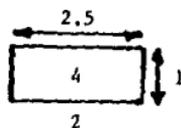
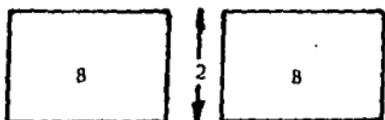
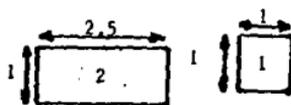
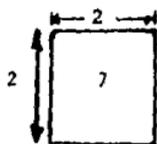
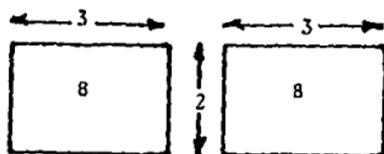


FIGURA 3H (CONTINUACION)



FORMATO # 1

DIAGRAMA DE PROCESO DE L'LUJO

pag. de

Proceso

Metodo actual

Realizó

Fecha

Propuesto

PASO	DESCRIPCION DEL METODO	OPERACION	TRANSPOR.	INSPECC.	DEMORA	ALMACENA	CANTIDAD	DISTANCIA	TIEMPO
		○	➔	□	◐	▽			
		○	➔	□	◐	▽			
		○	➔	□	◐	▽			
		○	➔	□	◐	▽			
		○	➔	□	◐	▽			
		○	➔	□	◐	▽			
		○	➔	□	◐	▽			
		○	➔	□	◐	▽			
		○	➔	□	◐	▽			
		○	➔	□	◐	▽			
		○	➔	□	◐	▽			
		○	➔	□	◐	▽			
		○	➔	□	◐	▽			
		○	➔	□	◐	▽			
		○	➔	□	◐	▽			
		○	➔	□	◐	▽			
		○	➔	□	◐	▽			
		○	➔	□	◐	▽			
		○	➔	□	◐	▽			
		○	➔	□	◐	▽			
TOTAL									

+ Explicación de la práctica:

En esta práctica se presenta un problema de una fábrica de lámparas articuladas de escritorio (fig 3I y 3J), en el anexo se explica como se realiza el proceso de fabricación.

El problema se puede dividir en dos partes:

1) Hacer una buena distribución de la planta, tomando todos los elementos que intervienen en el proceso, en el tablero correspondiente que representa el área disponible .

El alumno decidirá si utilizar o no la Hoja de Relación de actividades, pero debe hacerlo tratando de acortar las distancias de una máquina a otra dejando apropiadamente el espacio entre las máquinas y áreas de trabajo.

El alumno debe poner las mesas de inspección (control de calidad) en donde se necesiten.

Esto lo hará utilizando las piezas de cartón de todos los elementos.

2) Hacer los diagramas de recorrido de todas las piezas utilizando los formatos de Diagrama de Proceso de Flujo (formato #1).

Se reportará en una hoja la distribución correcta , señalando el proceso que sigue cada una de las piezas, así como los formatos que se pidieron hacer.

La teoría que se necesita en esta práctica es básicamente lo que son los diagramas de proceso, simbología y formatos.

Para dar una idea más clara de la fabricación de la lámpara en el anexo vienen dibujos de las piezas que la componen.

Isométrico de lâmpara.

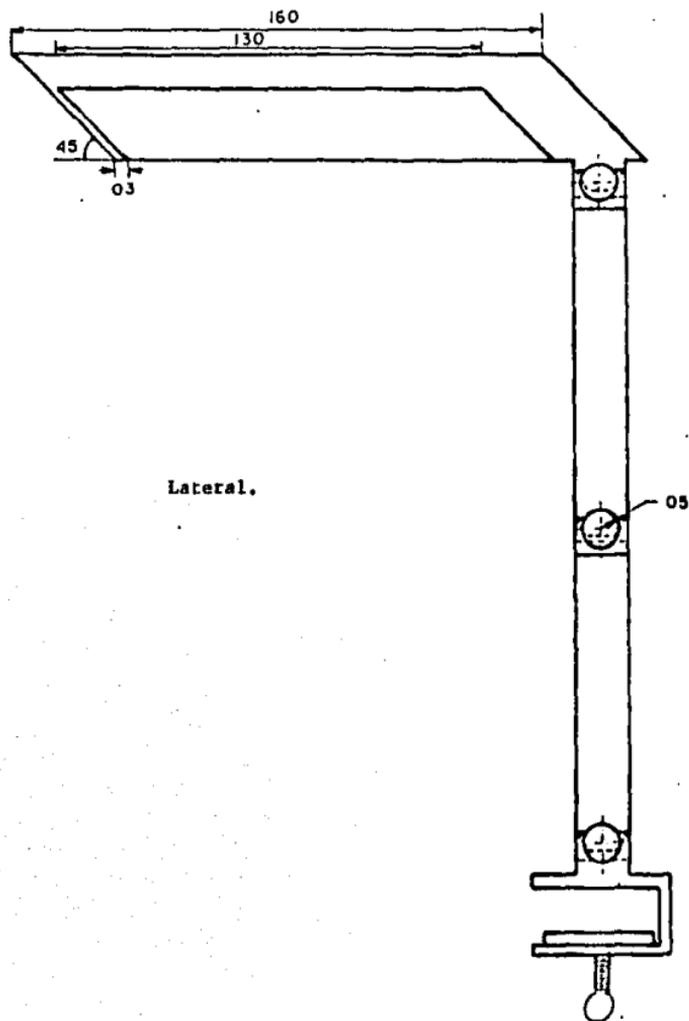
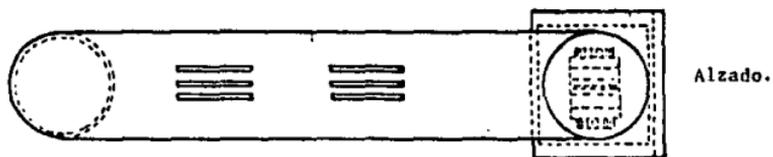
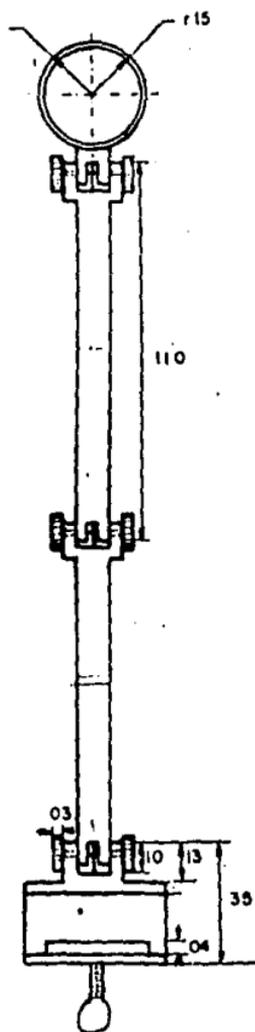


FIGURA 31

FIGURA 3J



Frente.

### 3.5 PRACTICA #3: "UNA FABRICA DE PLUMAS". -

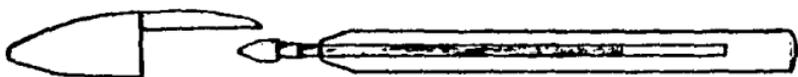
#### + Necesidades materiales.-

- Se necesita una banda transportadora como la que se especificó en el punto 3.1.

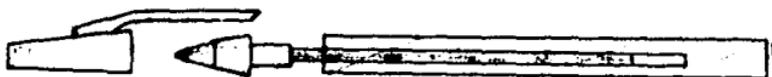
- plumas de cuatro tipos diferentes, cien de cada tipo.

A continuación se proponen el tipo de plumas que se pueden usar en esta práctica:

1) BIC



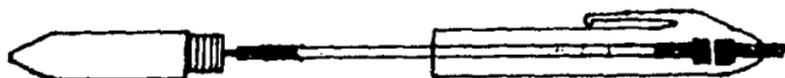
2) CLASIC



3) DE ANILLO

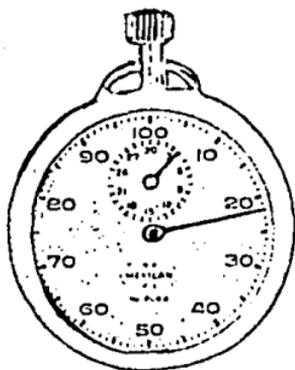


4) DE MECANISMO.



- Cronómetro.

El cronómetro que se recomienda será decimal en minutos, como el que se muestra a continuación:



- 20 esferas de unicel marcadas como sigue:

3 esferas con el número 20

4 esferas con el número 30

5 esferas con el número 25

2 esferas con el número 45

1 esfera con el número 14

2 esferas con el número 35

3 esferas con el número 28

- Formatos de utilidad por ciclo (formato 2).

- 1 caja de madera con tapa.

+ Explicación de la práctica.-

Se quiere simular una fábrica ensambladora de plumas, la cual ensambla cuatro tipos diferentes de ellas (bic, clasico, de anillo y de mecanismo) para el desarrollo de esta práctica



el fundamento teórico básico que se necesita es el siguiente:

Pronósticos de demanda

Líneas de producción

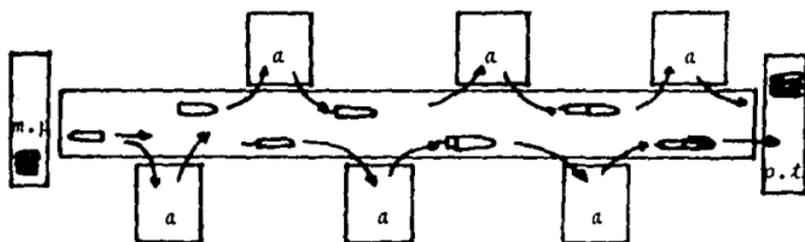
Control de calidad

Curva de aprendizaje

(En el anexo se desarrolla la teoría antes expuesta).

La práctica se desarrollará de la siguiente manera:

1. Se formará un equipo de un máximo de 10 personas, de las cuales dos serán encargadas de hacer los cálculos correspondientes y llenar el formato, y las ocho restantes estarán encargadas de la banda.
2. Deberán hacer la distribución de la línea de producción para el primer ciclo y para los restantes si así lo creen necesario. Se harán cinco ciclos de tres minutos cada uno. Para cada ciclo se hará lo siguiente:
  - Al principio de la banda se colocará la materia prima que en este caso es el cuerpo de cada una de las diferentes plumas que se pronosticaron y a los lados de la banda se pondrán separadamente cada una de las partes: tapones, resortes, repuestos, anillos, mecanismos, etc. Al final de la banda se colocará un cajón donde se recibirán las plumas ya ensambladas (producto terminado), esto es:



a.- materiales

3. Para cada ciclo se deberán calcular los pronósticos de producción (demanda  $\hat{d}_t$ ) para cada tipo de pluma de acuerdo a las siguientes fórmulas:

a) Para el primer ciclo (promedio simple)

$$a_1 = \frac{1}{n} \sum_k^t d_k$$

en donde n es igual al número de ciclos históricos que se presentan (en esta práctica se tomarán tres ciclos como datos históricos.

$d_k$  = demanda de producción para el ciclo k

$a_1 = \hat{d}_1$  = demanda pronosticada de producción para el ciclo 1.

b) Para los ciclos restantes

$$\hat{d}_{t+1} = \hat{d}_t + \left( \frac{dt - d(t-n)}{n} \right)$$

$\hat{d}_{t+1}$  = pronóstico de demanda para el ciclo siguiente a calcular

$\hat{d}_t$  = demanda real

$d(t-m)$  = demanda real del ciclo  $t-m$

$dt$  = pronóstico de demanda del ciclo anterior.

$n$  = número de datos históricos = 3

4. Una vez calculados los pronósticos de cada tipo de pluma se anotarán en el formato correspondiente y el equipo producirá el número de plumas pronosticado de cada tipo para ese ciclo (durante 3 minutos). La persona encargada de alimentar la banda colocará los cuerpos de cada pluma alternadamente y el ensamblador tomará el cuerpo y pondrá las partes que le corresponden, volviendo a dejar la pluma en la banda para que el siguiente ensamblador coloque otra de las partes y así sucesivamente hasta llegar al final de la banda donde se entregará el producto terminado para ser revisado y ponerlo en una caja.

Ejemplo para la pluma de anillo:

- Obrero uno coloca cuerpo de pluma al principio de la banda.
- Obrero dos recibe cuerpo de pluma y coloca resorte y repuesto, colocándolo en la banda.
- Obrero tres recibe colocando el anillo para colocarlo nuevamente en la banda.
- Obrero cuatro recibe, coloca el tapón atornillándolo y lo deja en la banda.

- Llega la pluma al final y es recibida para verificar su calidad, acomodándola posteriormente en la caja - que le corresponde. Si es rechazada se desarmará y regresarán todas las partes a su cajón correspondiente.

5. Una vez terminado el ciclo la producción se quedará como está en ese momento, todo lo que se quede en la banda (material en proceso) se desarmará y regresará a su lugar correspondiente, se hará el conteo de las plumas producidas de cada tipo y se anotará en el formato.
6. Se representarán las demandas reales para cada ciclo sacando de la caja una esferita de unicel al azar para cada pluma, anotando en el formato el número correspondiente.
7. En el formato se calcularán las operaciones siguientes:
  - El número de plumas vendidas es igual al menor número entre la producción y la demanda real, este número se multiplica por mil (que es el precio de venta por pluma) y se anota en la columna de ventas.
  - La diferencia entre la producción y la demanda real - causa multas de dos maneras diferentes:
    - a) si la producción sobrepasa la demanda real habrá un exceso de inventario, el cual será utilizado en el siguiente ciclo. La multa que causa será de \$500 - por pluma.

- b) Si la demanda real es mayor que la producción existe un faltante que será multado con \$600 con cada pluma que no se entregue. Por tanto, la multa para cada ciclo estará dada por la siguiente fórmula:

$$M = \sum I_{ct}(500) + \sum F_{ct}(600)$$

en donde  $I_{ct}$  es el inventario de cada tipo de pluma para ese ciclo.

$F_{ct}$  es el faltante de cada tipo de pluma para ese ciclo.

- Se calcula la utilidad del ciclo de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$U_n = \sum v - M$$

en donde  $U_n$  es igual a la utilidad neta del ciclo

$v$  es igual a la suma de las ventas de cada tipo de pluma para ese ciclo.

$M$  las multas causadas para el ciclo.

- Al final de los cinco ciclos se calcula la utilidad total dada por la siguiente fórmula:

$$U_t = \sum U_n - I_f + B$$

en donde  $U_t$  es igual a utilidad total.

$U_n$  es la sumatoria de las utilidades netas de los cinco ciclos.

$I_f$  es igual a inventario final.

Nota: el inventario final causa una multa de \$5,000

si el inventario supera el 10% del promedio de la suma de las demandas reales de todos los ciclos.

B es igual a \$20,000 de bonificación si en alguno de los ciclos para dos tipos de plumas cuando menos el pronóstico, la producción y la demanda real son iguales.

El alumno deberá reportar lo siguiente:

1. Diagrama de la línea de producción. Este diagrama puede variar conforme la experiencia que vaya teniendo el equipo durante los cinco ciclos, en tal caso presentará los diversos diagramas de la línea de producción que haya hecho.
2. Formato para el resultado de los cinco ciclos.
3. Gráfica de producción por ciclo, utilidad por ciclo y demanda real por ciclo.
4. Conclusiones personales.

-----

### 3.6 PRACTICA #4: "SIMULACION DE UNA FABRICA DE TRENES DE JUGUETE".-

+ Necesidades materiales. -

- 1) Banda transportadora
- 2) Cronómetro
- 3) Caja de madera con tapa
- 4) Cuatro esferas de unicel marcadas con las letras A, B, C y D .
- 5) Formato de registro de operaciones (formato #3)
- 6) Trenes de madera como serán especificados posteriormente.

Los puntos del uno al cinco no requieren mayor explicación, ya que fueron especificados en la práctica anterior.

El punto número cinco se explica a continuación:

Se diseñaron trenes de madera los cuales llevan seis tipos diferentes de carros :

- 1) máquina
- 2) pipa
- 3) plataforma
- 4) bodega
- 5) cabuz
- 6) dormitorio

Con estos tipos de carros se pretende hacer seis diferentes tipos de trenes :

TABLA N° 1

CARROS	COMPONENTES													
	chassis	llantas	ejes	caldera	cabina	chimenea	tato	cuerpo n/c	ventana	base / tapa	redondos	pernos cuadrados	pernos	tornillos
MAQUINA	1	4	2	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-
PIPA	1	4	2	-	-	-	-	1	-	-	2	-	-	-
CABUZ	1	4	2	-	-	-	-	1	-	1	2	-	-	-
PLATAFORMA	1	4	2	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	4
BODEGA	1	4	2	-	-	-	-	1	-	-	-	2	-	-
DORMITORIO	1	4	2	-	-	-	-	1	2	1	-	-	-	-

Nota: la plataforma lleva una base y el dormitorio y cabuz llevan tapa.

El cabuz y el carro dormitorio, serán el mismo, únicamente cuando se requiera fabricar carros dormitorio, se les agregara las ventanas.

El cuerpo puede ser (n) o (c), el (n) es un cuerpo rectangular para el Cabuz, Bodega y Dormitorio, y el (c) es un cuerpo cilíndrico para la Pipa.

TABLA #2

CARRUS TRENES	M	PP	B	C	PL	D
	ESPECIAL	2	3	3	1	3
REGIONMONTANO	1	-	-	-	-	5
PETROLERO	1	4	-	1	1	-
COMERCIAL	1	-	3	1	3	-
ABASTOS	1	3	5	1	1	-
BALA	1	-	-	-	-	2

M= Máquina

PP= Pipa

B= Bodega

C= Cabuz

PL= Plataforma

D= Dormitorio

-----

- 1) tren especial
- 2) tren regiomentano
- 3) tren petrolero
- 4) tren comercial
- 5) tren de abastos
- 6) tren bala

Cada uno de los trenes antes mencionados, varían únicamente en el número de carros de diferente tipo que lleva.

En la tabla #1 se puede observar cada una de las piezas o componentes de cada uno de los carros y en la tabla #2 el número de carros que lleva cada uno de los diferentes trenes.

Se requiere construir 10 carros de cada uno de los tipos, por lo que en total consultando la tabla #1, se necesitan las siguientes piezas:

- 10 chasis de máquina
- 10 chasis de plataforma
- 30 chasis generales
- 200 llantas
- 100 ejes
- 10 calderas
- 10 faros
- 10 chimeneas
- 10 cabinas
- 30 cuerpos: 20 rectangulares y 10 cilindricos.
- 40 pernos redondos
- 20 pernos cuadrados

- 10 Tapas
- 40 Tornillos de  $\frac{1}{2}$  cm de diámetro. (Plataforma)
- 10 Bases
- 100 Armellas de 1 cm de diámetro
- 70 Tornillos de  $\frac{1}{2}$  cm de diámetro

Aunque todas las piezas componentes de los carros son estándar, en el caso de los chasis, existen dos diferencias una para la máquina y otra para la plataforma, por lo que se han separado en chasis de máquina, generales y de plataforma.

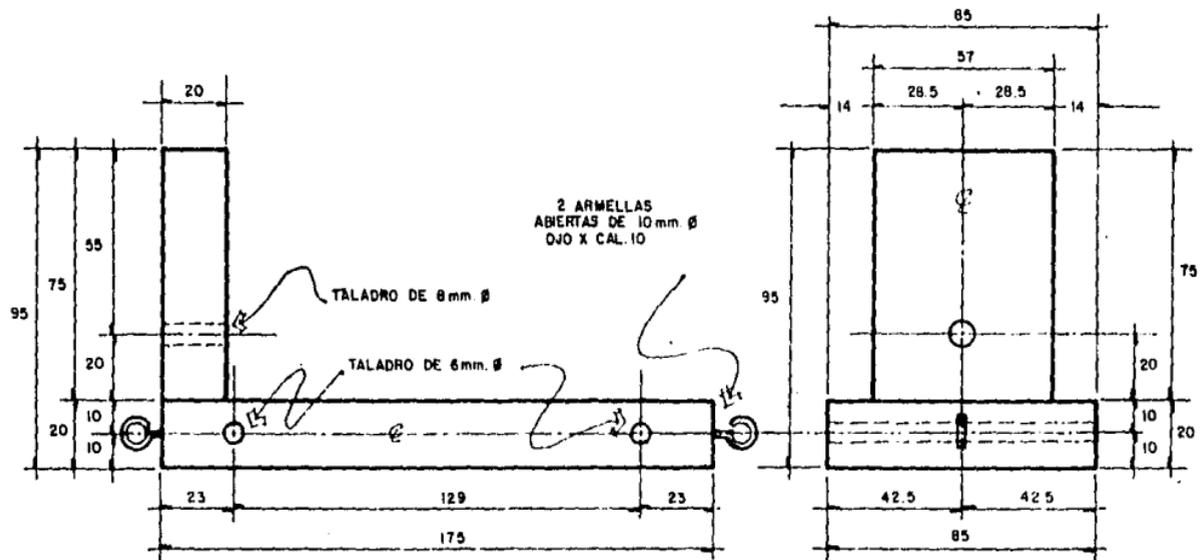
En el caso de los carros dormitorios, varían de los cabuces únicamente en las ventanas, por lo que se necesitan sólo las piezas que se expusieron anteriormente.

El diseño de cada una de las piezas se muestra en los dibujos del uno al 15 y todas las medidas están dadas en milímetros.

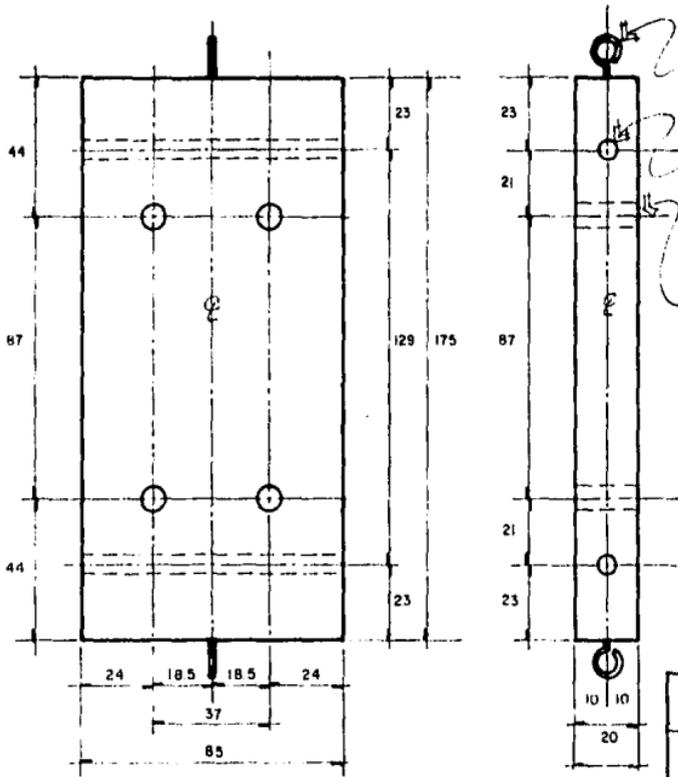
Para el carro dormitorio las ventanas serán de cartoncillo de 125mm x 20mm, las cuales irán unidas con cinta adhesiva a los lados.

El ensamble para cada uno de los carros será de acuerdo a la explicación posterior, en donde los números corresponden al diseño de cada una de las piezas.

Para todos los chasis se insertan los ejes y las llantas se colocan a presión, y todas las partes restantes se atornillarán con los pernos cuadrados, redondos o piezas que se señalen en cada caso. (Ver en el anexo los diagramas de ensamble).



CHASSIS MAQUINA	DIBUJO No.
TESIS PROFESIONAL FCO. JAVIER CERVANTES CAMARENA	1
UNIVERSIDAD PANAMERICANA ESCUELA DE INGENIERIA	8/ Escala Acol. mm.

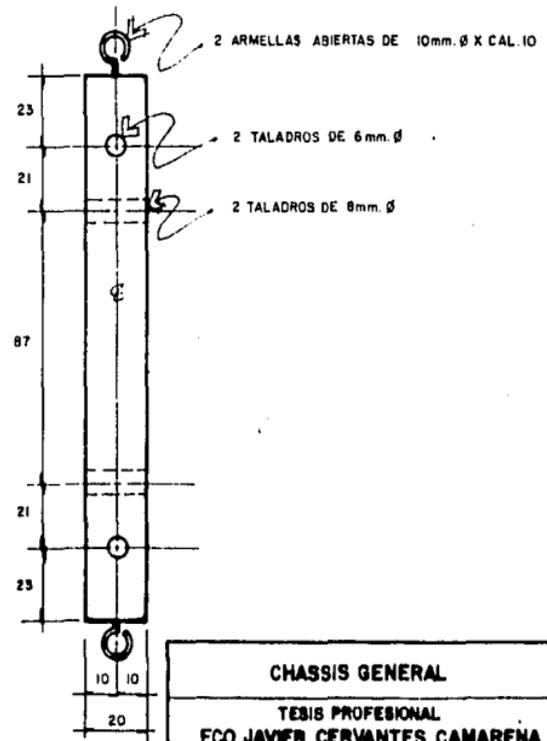
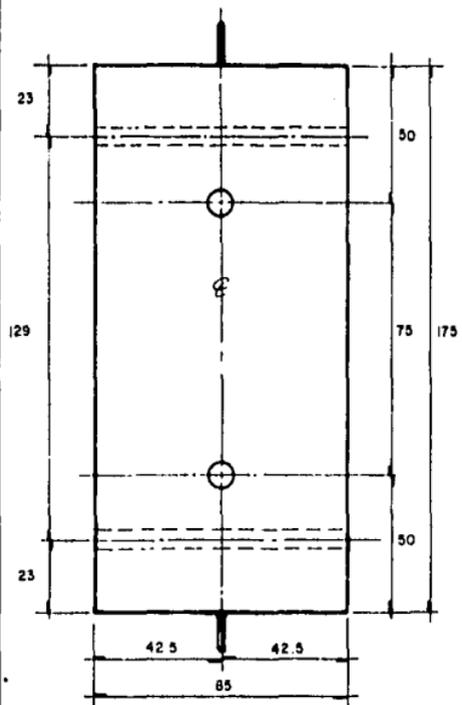


2 ARMELLAS ABIERTAS DE 10 mm.  $\phi$   
OJO X CAL 10

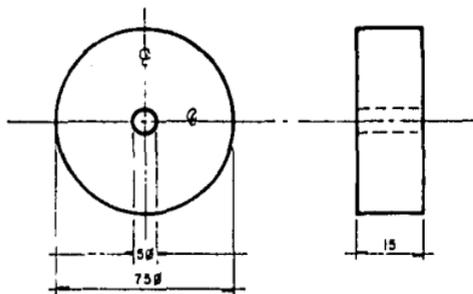
2 TALADROS DE 6 mm.  $\phi$

4 TALADROS DE 8 mm.  $\phi$

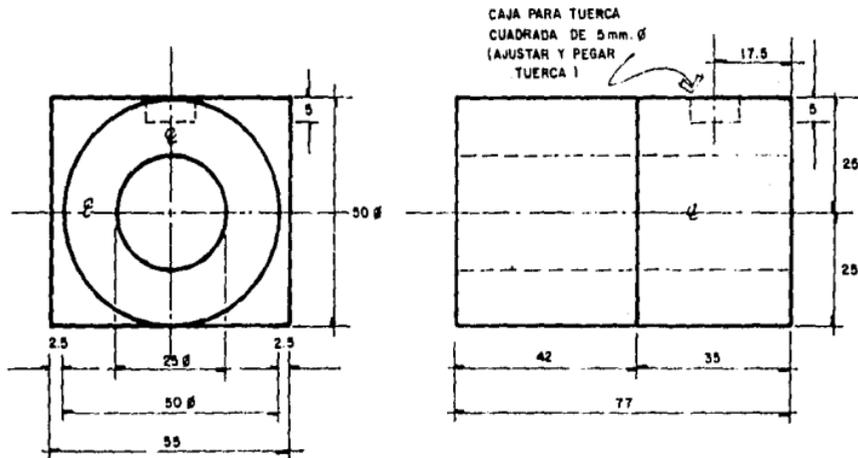
<b>CHASSIS PLATAFORMA</b> TESIS PROFESIONAL <b>FCO. JAVIER CERVANTES CAMARENA</b> UNIVERSIDAD PANAMERICANA ESCUELA DE INGENIERIA	DIBUJO No.
	<b>2</b> S/Escala Acot, mm.



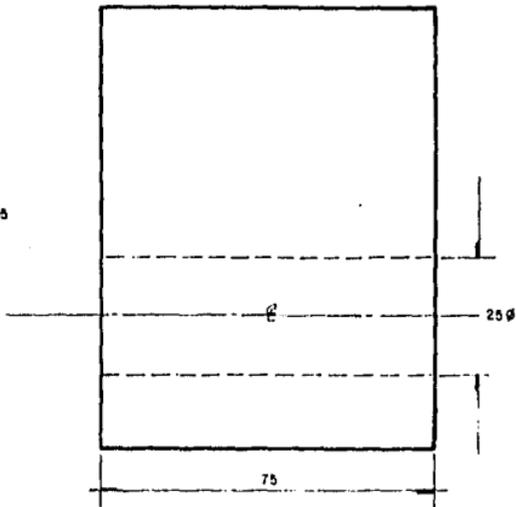
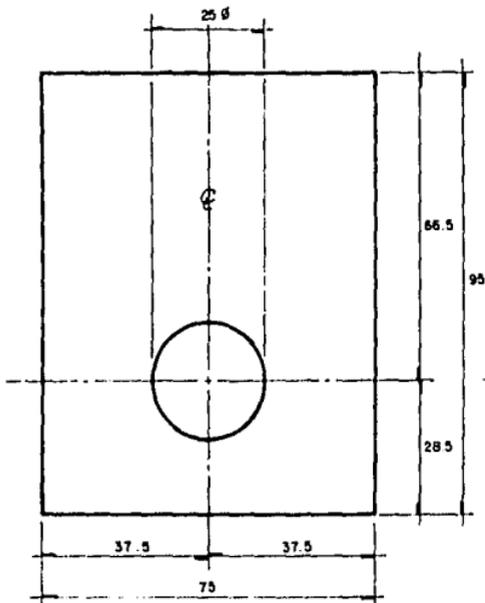
<b>CHASSIS GENERAL</b>		DIBUJO No.
TESIS PROFESIONAL <b>FCO. JAVIER CERVANTES CAMARENA</b>		<b>3</b>
UNIVERSIDAD PANAMERICANA ESCUELA DE INGENIERIA		5/Escola Acol. mm.



<p><b>LLANTAS Y EJES</b></p>	<p>DIBUJO No.</p>
<p>TESIS PROFESIONAL <b>FCO. JAVIER CERVANTES CAMARENA</b></p>	<p><b>4/5</b></p>
<p>UNIVERSIDAD PANAMERICANA ESCUELA DE INGENIERIA</p>	<p>S/ Escala Acof. m.m.</p>

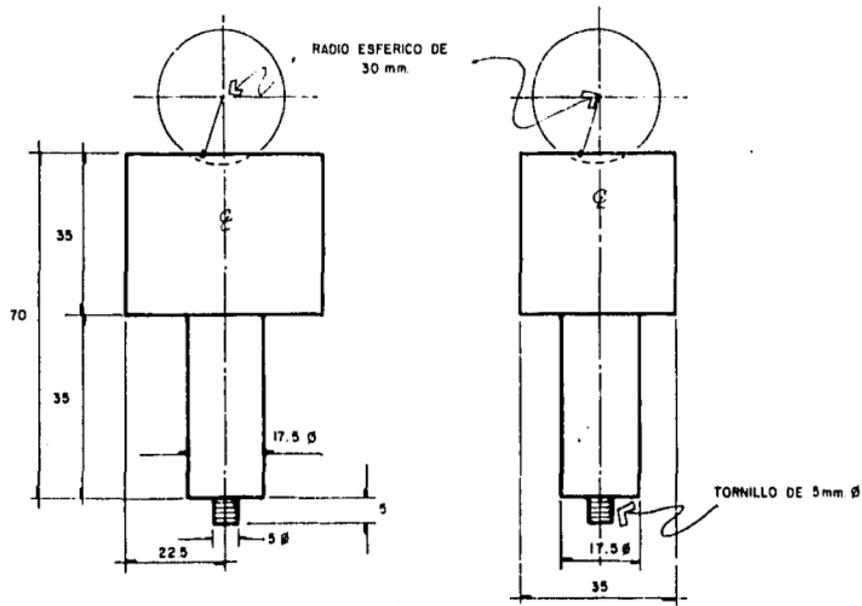


CALDERA	DIBUJO No.
TESIS PROFESIONAL FCO. JAVIER CERVANTES CAMARENA	6
UNIVERSIDAD PANAMERICANA ESCUELA DE INGENIERIA	5/ Escala Acol. mm.

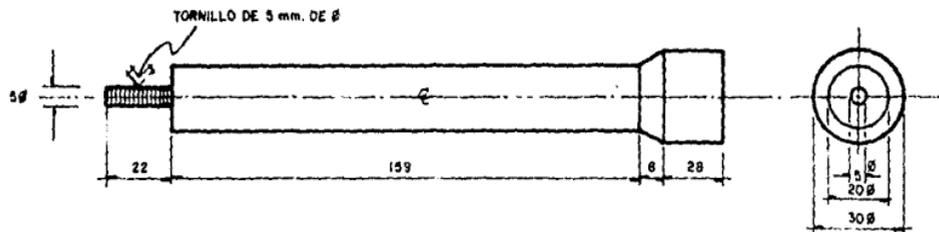


CABINA	DIBUJO No.
TESIS PROFESIONAL FCO. JAVIER CERVANTES CAMARENA	7
UNIVERSIDAD PANAMERICANA ESCUELA DE INGENIERIA	5/ Escala Acol. mm.

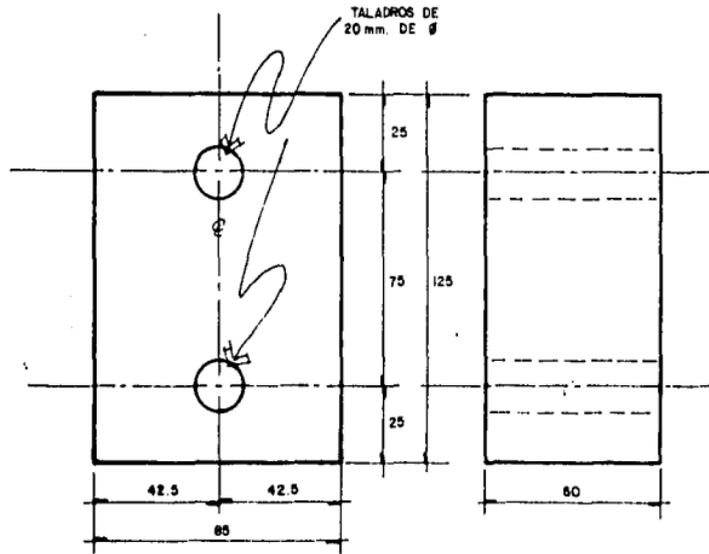
ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA



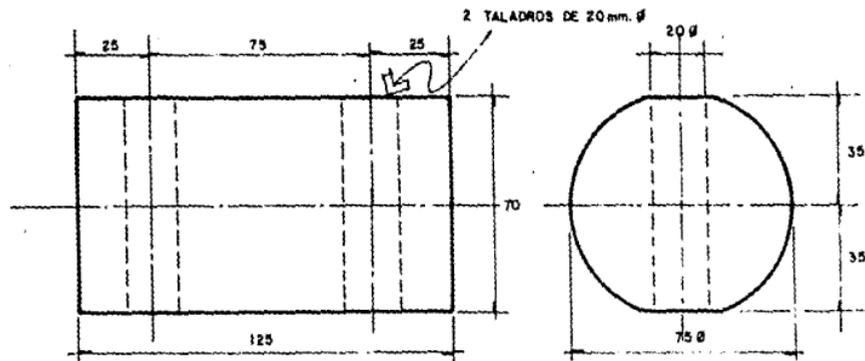
<b>CHIMENEA</b>	DIBUJO No. <b>8</b>
TESIS PROFESIONAL FCO. JAVIER CERVANTES CAMARENA	
UNIVERSIDAD PANAMERICANA ESCUELA DE INGENIERIA	S/ Escala Acot. mm.



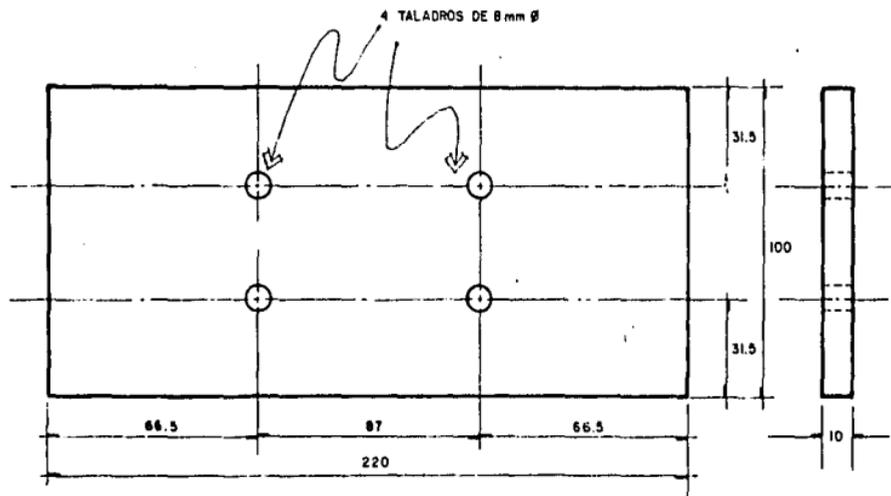
<b>FARO</b>	DIBUJO No.
TESIS PROFESIONAL <b>FCO. JAVIER CERVANTES CAMARENA</b>	<b>9</b>
UNIVERSIDAD PANAMERICANA ESCUELA DE INGENIERIA	8/ Escala Acol. mm.



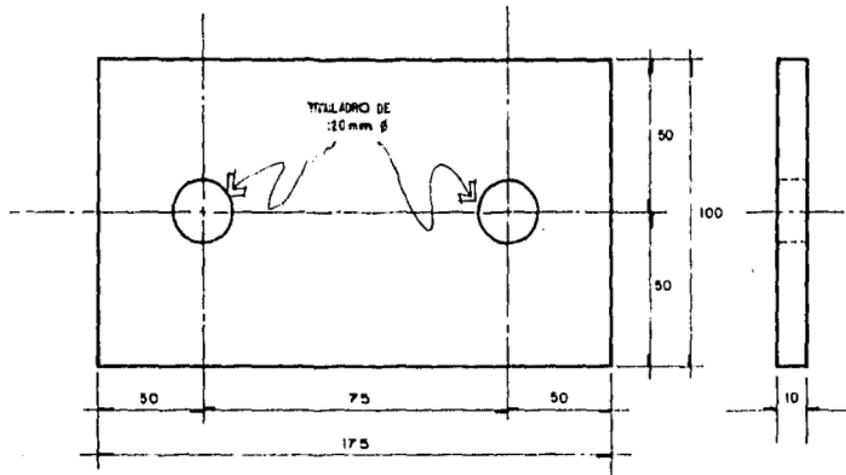
<p><b>CUERPO PARA BODEGA Y CABUZ</b></p>	<p>DIBUJO No.</p>
<p>TESIS PROFESIONAL <b>FCO. JAVIER CERVANTES CAMARENA</b></p>	<p><b>10</b></p>
<p>UNIVERSIDAD PANAMERICANA ESCUELA DE INGENIERIA</p>	<p>S/ Escala Anot. mm.</p>



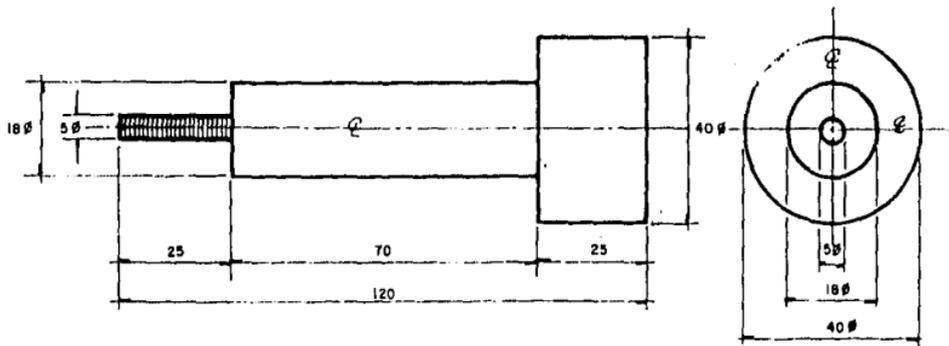
CUERPO DE PIPA	DIBUJO No.
TESIS PROFESIONAL FCO. JAVIER CERVANTES CAMARENA	11
UNIVERSIDAD PANAMERICANA ESCUELA DE INGENIERIA	8/ Escuela Anot. mm.



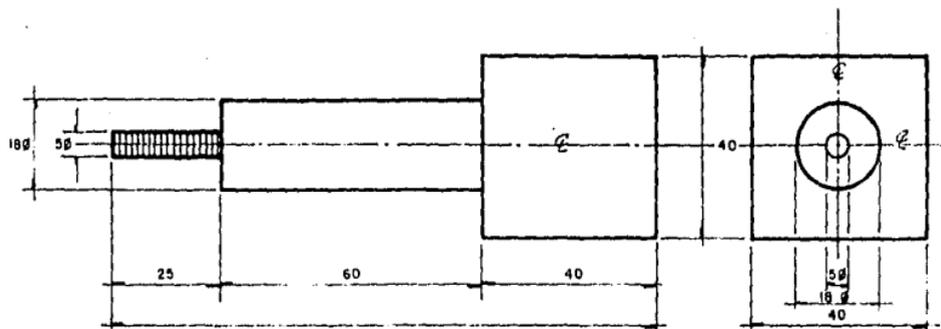
<b>BASE</b>	<b>DIBUJO No.</b>
<b>TESIS PROFESIONAL FOO. JAVIER CERVANTES CAMARENA</b>	<b>12</b>
<b>UNIVERSIDAD PANAMERICANA ESCUELA DE INGENIERIA</b>	<b>5/ Escuela Acol. mm.</b>



TAPA	DIBUJO No.
TESIS PROFESIONAL FCO. JAVIER CERVANTES CAMARENA	13
UNIVERSIDAD PANAMERICANA ESCUELA DE INGENIERIA	S/ Escala Acot. mm.



PERNOS REDONDOS	DIBUJO No.
TESIS PROFESIONAL FCO. JAVIER CERVANTES CAMAREÑA	14
UNIVERSIDAD PANAMERICANA ESCUELA DE INGENIERIA	5 Escala Acot. mm.



<p>PERNOS CUADRADOS</p>	<p>DIBUJO No.</p>
<p>TESIS PROFESIONAL FCO. JAVIER CERVANTES CAMARENA</p>	<p>15</p>
<p>UNIVERSIDAD PANAMERICANA ESCUELA DE INGENIERIA</p>	<p>8 Escala Acol. m.m.</p>

## ENSAMBLE DE LOS CARROS DEL TREN-

## 1. Máquina

Nombre	Pieza	Cantidad
Chassis	1	1
Llantas	4	4
Ejes	5	2
Caldera	6	1
Cabina	7	1
Chimenea	8	1
Faro	9	1

En el chassis se colocan los ejes y las llantas se insertan a presión, junto a la pared del chassis se coloca la cabina y después la caldera, se pasa el faro a través de la caldera, cabina y la pared del chassis atornillándola con la tuerca. La chimenea se atornilla a la caldera.

## 2. Plataforma

Nombre	Pieza	Cantidad
Chassis	2	1
Base	12	1
Llantas	4	4
Ejes	5	2

Análogamente los ejes y las llantas se insertan en el chassis. La base se monta en el chassis atornillándola con los tornillos de  $\frac{1}{2}$  cm de diámetro.

## 3. Bodega

Nombre	Pieza	Cantidad
Chassis	3	1
Llantas	4	4
Ejes	5	2
Cuerpo	10	1
Pernos cuadrados	15	2

De la misma manera se insertan las llantas a los ejes y al chassis, el cuerpo se coloca sobre este y se pasan los pernos redondos a través de él para atornillarse por abajo del chassis con las tuercas de 5 mm.

## 4. Pipa

Nombre	Pieza	Cantidad
Chassis	3	1
Llantas	4	4
Ejes	5	2
Cuerpo	11	1
Pernos redondos	14	2

Después de poner los ejes y llantas, el cuerpo se coloca encima del chassis atravesando los pernos redondos por él y atornillandolos con las tuercas de 5mm.

Dado el diseño del cuerpo es independiente de la forma de colocación en el chassis.

## 5. Cabuz

Nombre	Pieza	Cantidad
Chassis	3	1
Llantas	4	4
Ejes	5	2
Cuerpo	10	1
Tapa	13	1
Pernos redondos	14	2

Como en los carros anteriores, se colocan los ejes y las llantas, posteriormente se coloca el cuerpo sobre el chassis y sobre el cuerpo, la tapa. Se atraviesa con los pernos redondos la tapa, cuerpo y chassis, para atornillarse con las tuercas de 5mm.

## 6. Carro Dormitorio

Nombre	Pieza	Cantidad
Chassis	3	1
Llantas	4	4
Ejes	5	2
Cuerpo	10	1
Tapa	13	1
Ventana	-	2

Como se mencionó anteriormente, este carro es igual al cabuz, y únicamente se le agregará una ventana de cada lado pegada .

+ Explicación de la Práctica.-

Para la realización de esta práctica se requiere tener el fundamento teórico de los siguientes puntos:

- Manejo de materiales
- Producción en serie
- Cronometración.

nota: Consultar el anexo "Manual de Prácticas de laboratorio de Ingeniería Industrial".

Una vez hecha la explicación teórica correspondiente, el laboratorista presentará el problema, explicando la cronometrización utilizada para estimar los tiempos de operación para ensamblar cada uno de los carros.

Tres de los alumnos tomarán los tiempos de ensamblaje de cada uno de los carros de la siguiente manera:

- Uno de los alumnos (el analista), estará encargado del cronómetro y cada vez que el encargado de ensamblar ponga -- una pieza en el chasis, otro de los alumnos dictará el tiempo transcurrido desde que el ensamblador tomó la pieza hasta que separó la mano para tomar la siguiente pieza, (se puede hacer un pequeño golpe) y anotará el tiempo en una hoja de acuerdo al siguiente ejemplo:

Para la máquina:

Carro: Máquina

<u>componente</u>	<u>tiempo en secuencia</u>	<u>tiempo real</u>	<u>total</u>
chasis	0	0	

continuación...

<u>componente</u>	<u>tiempo en secuencia</u>	<u>tiempo real</u>	<u>total</u>
ejes	5	5	
llantas	20	15	
cabina	22	2	
caldera	24	2	
chimenea	29	5	
faro	32	3	
tuerca	36	4	<u>36</u>

- Los alumnos deberán tomar los tiempos para cada uno de los carros, aunque para la práctica no serán usados los tiempos que ellos tomen, ya que se utilizarán tiempos estándar, los cuales se tomaron de varias pruebas, quedando los siguientes tiempos de operación de ensamble para cada carro:

Máquina- 36 seg  
 Pipa- 24.7 seg  
 Cabuz- 37.95 seg  
 Plataforma- 8.08 seg  
 Bodega- 24.05 seg  
 Dormitorios- 42.95 seg

De acuerdo a estos tiempos de operación y a la tabla #2, el tiempo de ensamble para cada tipo de tren será:

nota: los tiempos fueron sacados sumando el número de carros por tren y multiplicándolos por sus tiempos de operación, por ejemplo para el tren comercial:

este tipo de tren contiene:

- una máquina
- tres bodegas
- tres plataformas
- un cabuz

por lo tanto

$$1(36) + 3(24.05) + 3(8.08) + 1(37.95) = 2.83 \text{ min}$$

por lo que se aproximará a 3 min.

Para todos los carros los tiempos serán:

- 1) Especial - 4.40 min
- 2) Regiomontano - 4.30 min
- 3) Petrolero - 3 min
- 4) Comercial - 3 min
- 5) Abastos - 3.10 min
- 6) Bala - 2.05 min

- La fábrica que se quiere simular vende estos tipos de trenes por pedidos, de cuatro tipos A,B,C,D .

- En la tabla #3 aparecen los tipos de pedido señalando los tipos y cantidad de trenes por pedido.

TABLA # 3

trenes pedido	P	A	B	C	R	E
A	1	2	1	-	-	-
B	1	1	1	1	-	-
C	1	1	-	-	1	1
D	-	-	-	-	1	2

- De acuerdo a la tabla #3 y a los tiempos de operación por tren, se saca el tiempo de operación por pedido de la siguiente manera:

por ejemplo para el pedido A:

$$1P(3) + 2A(3.10) + 1B(2.05) = 11.05 \text{ min}$$

Para todos los pedidos serán:

- 1) Pedido A- 11.05 min
- 2) Pedido B- 11.15 min
- 3) Pedido C- 14.8 min
- 4) Pedido D- 12.8 min

Sin embargo, haciendo pruebas en la banda transportadora, estos tiempos se reducen y se pretende que se reduzcan más, por lo que los tiempos estimados de operación por pedido que se usarán en la práctica son:

#### TIEMPOS DE OPERACION POR PEDIDO

- 1) Pedido A - 8 min
- 2) Pedido B - 9 min
- 3) Pedido C - 11 min
- 4) Pedido D - 11 min

- Se supondrán costos fijos y variables de fabricación para cada pedido .

Los costos fijos por pedido serán:

PEDIDO	COSTO FIJO
A	30,000
B	35,000
C	55,000
D	65,000

Los costos variables dependerán del tiempo que se lleven de más al tiempo de operación por pedido, y será igual para todos los pedidos:

TIEMPO	COSTO VARIABLE
de 0 a 1 min	15,000
de 1 a 2 min	22,000
de 2 a 3 min	30,000
de 3 a 4 min	40,000
de 4 a 5 min	70,000
de 5 a 6 min	80,000
de 6 a 7 min	90,000
de 7 a 8 min	100,000
de 8 a 9 min	120,000
de 9 a 10 min	150,000

En el caso de pasarse más de diez minutos, se rechazará el pedido y se cobrará una multa de 160,000.

Esto es: Los alumnos tendrán ciclos de operación para entregar los pedidos, estos ciclos estarán dados de acuerdo al tiempo de operación por pedido, si se pasan de ese tiempo, se les

costrará una multa dependiendo el tiempo que se hayan pasado del tiempo de operación por pedido, esta multa es el costo variable. por ejemplo:

Para el pedido A que tiene un tiempo de operación de 8 min si los alumnos tardan en entregarlo 10 min, se habrán pasado 2 minutos por lo que sus costos serán:

costos fijos = 30,000

costos variables = 22,000

total = 52,000

En el caso que se pasen una fracción mayor a 2 minutos se les pondrá en sus costos variables 30,000 en lugar de 22,000.

- Los precios de venta por pedido serán:

PEDIDO	PRECIO DE VENTA
A	90,000
B	100,000
C	160,000
D	200,000

- En los tiempos de operación por pedido, está incluido:

- ensamblar cada uno de los trenes del pedido
- enganchar los carros
- ver la calidad de cada uno de los carros y si es necesario rechazar el carro y fabricar otro.
- entregar el pedido.

**-Desarrollo de la Práctica.-**

1) El alumno hará un Lay Out de su fábrica, acomodando toda su materia prima en las mesas que se encuentran a lo largo de la banda, conforme sea mas conveniente.

2) Los chasises serán los que irán como piezas centrales por lo que deben ir al principio de la banda, y serán tomados en cada una de las mesas correspondientes para ponerles las partes que les corresponden.

3) Serán tres ciclos de operación, y para cada ciclo se sacará una esfera al azar de la caja para ver que pedido se tiene que fabricar.

4) Al finalizar cada uno de los ciclos se llenará el formato #3 con los resultados de ese ciclo.

5) Terminando con los tres ciclos que durará la práctica, se sumarán las utilidades de cada uno de los ciclos, obteniendo la utilidad total.

**Ciclo de Operación.-**

a) Un Alumno proveerá a la banda los diferentes chasises según su pedido.

b) Cada uno de los alumnos encargados de cada tipo de carro, tomará su chasis correspondiente y ensamblará las partes que le corresponden.

Esto es: Habrá una mesa en donde se encuentren todas las piezas de las máquinas, otra para las pipas, cabuces etc.

c) Dejará en la banda el carro ya ensamblado.



d) Al llegar al final de la banda, pasará a control de calidad, y si se rechaza, será desarmado y regresará al principio, si pasa, pasará al ensamble de carros en donde serán enganchados para formar el tren correspondiente al pedido

e) Se entrega el pedido al laboratorista, el cual tomará el tiempo de fabricación, se llena el formato.

f) Se desarma el pedido acomodando todas las piezas en su lugar correspondiente para empezar el siguiente ciclo. Si es necesario el equipo puede cambiar su distribución de los materiales.

- El alumno reportará lo siguiente:

- 1) Tiempos de operación por carro tomados por ellos.
  - 2) Ventajas de la cronometración.
  - 3) Diagrama de la línea de producción (si hicieron más de uno deben presentar los que hayan hecho).
  - 4) Hoja de resultados de los tres ciclos (Formato #3)
  - 5) Gráficas de utilidad por ciclo contra tiempo por ciclo, y de costos contra tiempo por ciclo.
  - 6) Conclusiones personales.
-

## CAPITULO IV

### PRUEBAS DE LABORATORIO

#### 4.1 ADAPTACION.-

Para cada una de las prácticas se hicieron pruebas aplicándolas a grupos de primeros semestres de Ingeniería Industrial; para ello, se adaptó un salón que servía como bodega.

Se consiguió una banda transportadora Cutler-Hammer con motor IEM de un caballo y velocidad variable de 3 a 9 mts/min con una longitud de 4.5 metros y un ancho de 30 cm; La banda en sí es de hule .

Durante las pruebas, la velocidad se fué variando y se llegó a la conclusión de utilizar la banda con la velocidad de 5 mts/min, ya que menor velocidad producía cuellos de botella y una mayor velocidad producía que mucha materia prima pasara de largo sin tener tiempo de tomarla y procesarla o bien se acumulaba en las mesas de trabajo.

Se utilizaron 10 mesas de trabajo de 1.20 X 80m, una ca-

ja de madera de 30 cm X 90 cm para cada tipo de materia prima ya que no se contó con anaqueles para guardarse.

A continuación se presentan cada uno de las prácticas, su puesta en marcha, equipo utilizado así como resultados de algunos de los equipos a los que se les aplicaron las prácticas.

#### 4.2 DEL PROBLEMA DE LAY OUT.-

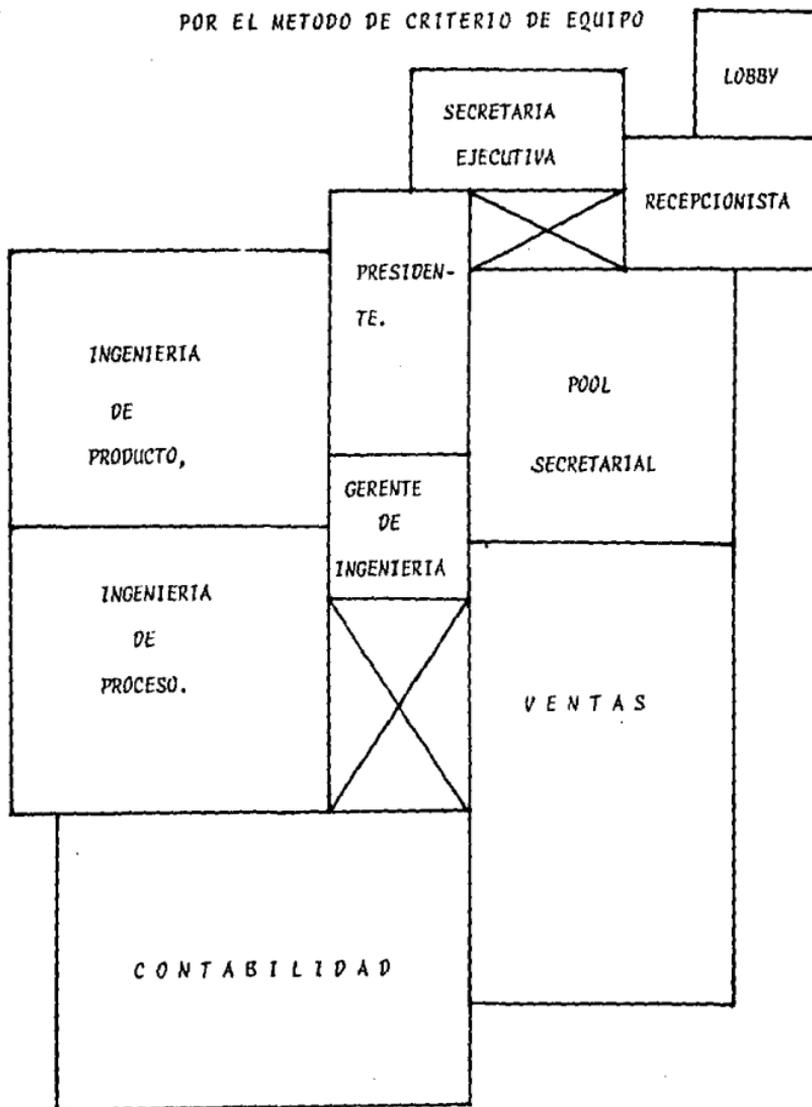
Esta práctica se aplicó tal como se diseñó en el capítulo III, no existieron problemas de adaptación tanto para conseguir el material como para su puesta en marcha, el tablero se realizó de papel ilustración así como todos los departamentos; Se cubrieron de una capa plástica para protegerlos y se les puso con Letra Set los números y nombres correspondientes. La práctica se dividía en dos partes básicamente:

- 1) Hacer la distribución por criterio del equipo .
- 2) Hacer la distribución por medio de la hoja de relación de actividades.

1) Sobre este punto, se anexan 2 de las pruebas que se hicieron, en la prueba #1 , como se puede ver el equipo aunque distribuyó sus departamentos adecuadamente, no dejaron espacios entre ellos, lo que produce desperdicio de lugar disponible, así como no existen áreas para poder ir de un departamento a otro.

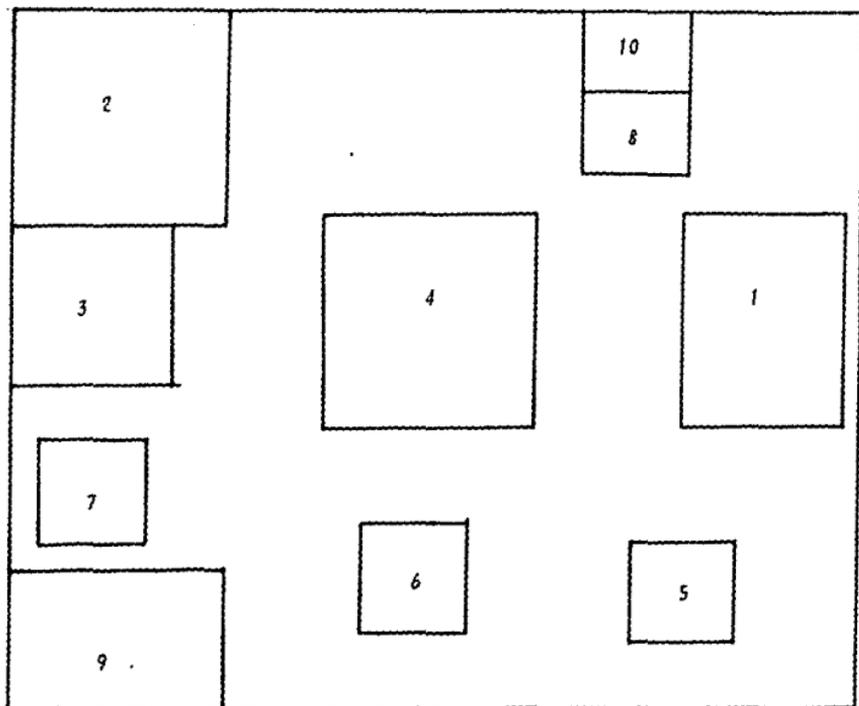
En la prueba #2 , otro de los equipos dejó distribuidos los departamentos adecuadamente y guardando los espacios disponibles.

DISTRIBUCION DE LA PLANTA  
POR EL METODO DE CRITERIO DE EQUIPO



DISTRIBUCION DE PLANTA POR EL METODO DE  
CRITERIO DE EQUIPO (prueba #2)

- |                             |                                  |
|-----------------------------|----------------------------------|
| 1.- Contabilidad .          | 7.- Ofna. Gerente de Ingenierla. |
| 2.- Ingenierla de Proceso.  | 8.- Secretaria Ejecutiva.        |
| 3.- Ingenierla de Producto. | 9.- Ventas.                      |
| 4.- Pool Secretarial.       | 10.- Oficina del Presidente.     |
| 5.- Recepcionista.          |                                  |
| 6.- Lobby.                  |                                  |



escala 1:1  
cnotación: metros.

Como se puede observar en las dos pruebas, no sólo se debe pensar en la relación entre los departamentos, sino que también el espacio disponible que aunque suena lógico no se hizo en algunos casos.

2) Utilizando la hoja de relación de actividades, no hubo problemas para hacerla, se anexan tres de las pruebas tanto de la hoja de relación de actividades como de los resultados de esta en la distribución.

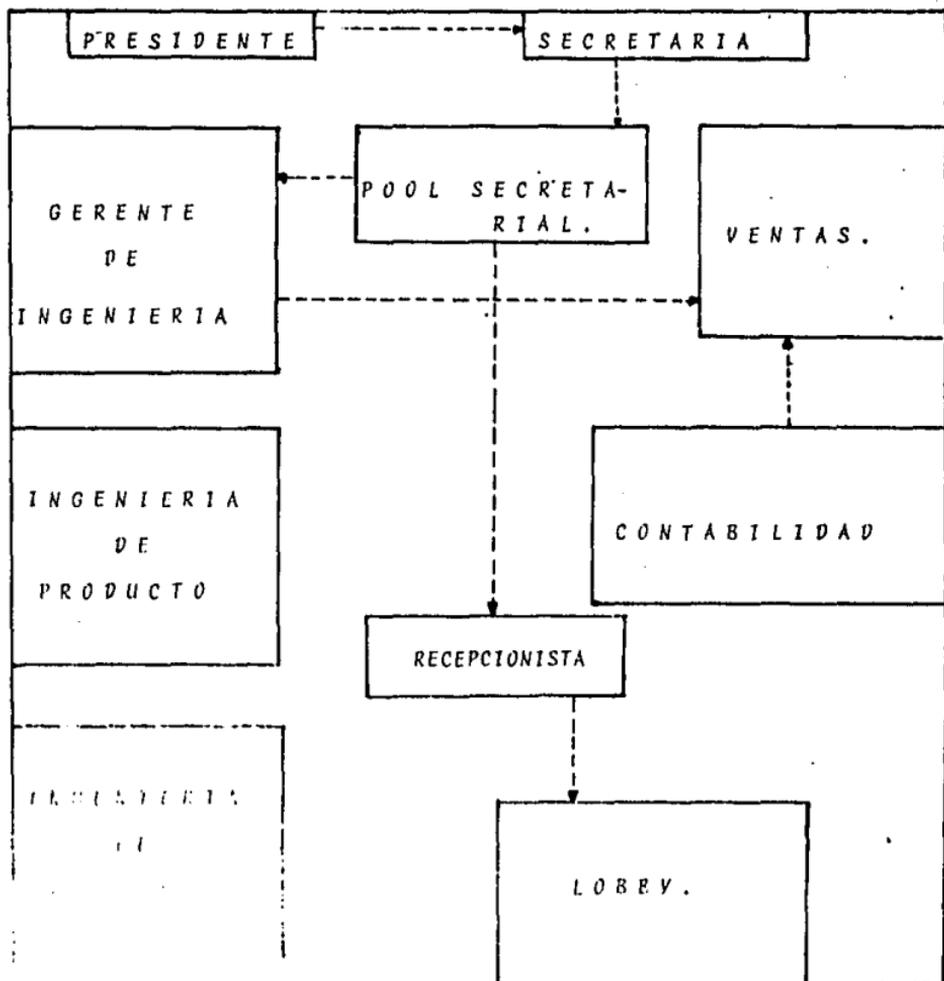
La prueba A se hizo no sólo dejando espacios adecuados, sino que como se puede ver, remarcan las relaciones más importantes en forma directa, por lo que es una buena distribución.

La Prueba B . El equipo tuvo el mismo problema que al hacer la distribución por el criterio del equipo, no se dejaron espacios disponibles pertinentes por lo que se tuvieron que poner puertas por todos lados, lo que es poco lógico, si se observa el Lay Out, la oficina del presidente, tiene cuatro puertas y se inventó una área de producción que no existe. Lo que pasó realmente es que se tuvo una mala concepción del problema , no estaba muy claro lo que se pedía, esto se refleja en que se llenó correctamente la hoja de relación de actividades, sin embargo el Lay Out resultó malo, se debe tomar en cuenta la lógica, así como el sentido común .

En la prueba C se presenta la distribución de otro equipo, en donde se presenta el problema que tuvieron los del equipo B, no separaron adecuadamente los departamentos y sus áreas disponibles por lo que la oficina del presidente por ejemplo



PRUEBA A  
DISTRIBUCION DE PLANTA DE LA COMPANIA  
SUPER DUPER



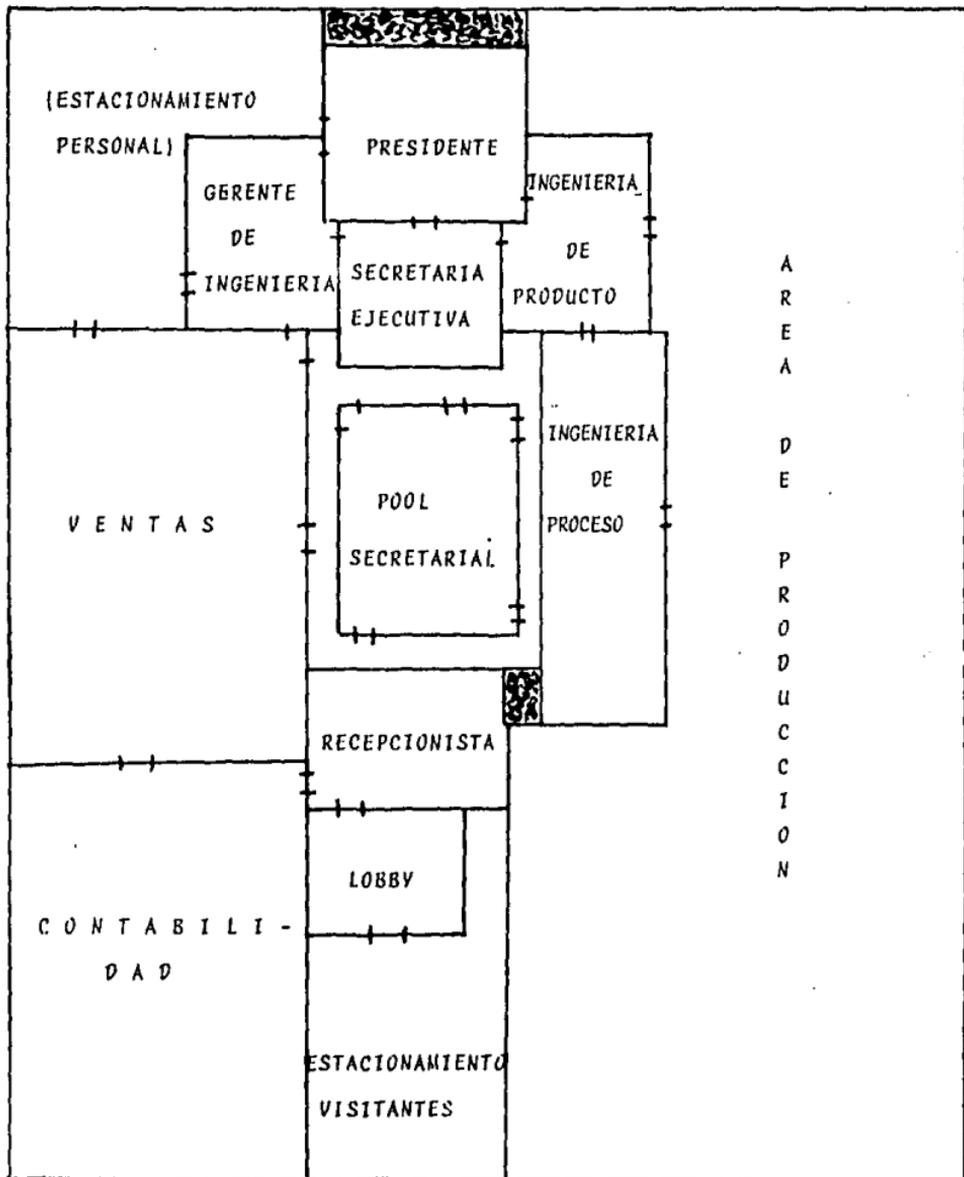
PRUEBA B

HOJA DE RELACION DE ACTIVIDADES

1 Contabilidad	N
2 Ingeniería de Proceso	M I
3 Ingeniería de Producto	M M N
4 Pool Secretarial	N M N N
5 Recepcionista	D I N M N M I
6 lobby	M N M D N N I
7 Oficina del Gerente de Ing.	I I D M M M
8 Secretaría Ejecutiva	N I N I I
9 Ventas	I M
10 Oficina del presidente	N

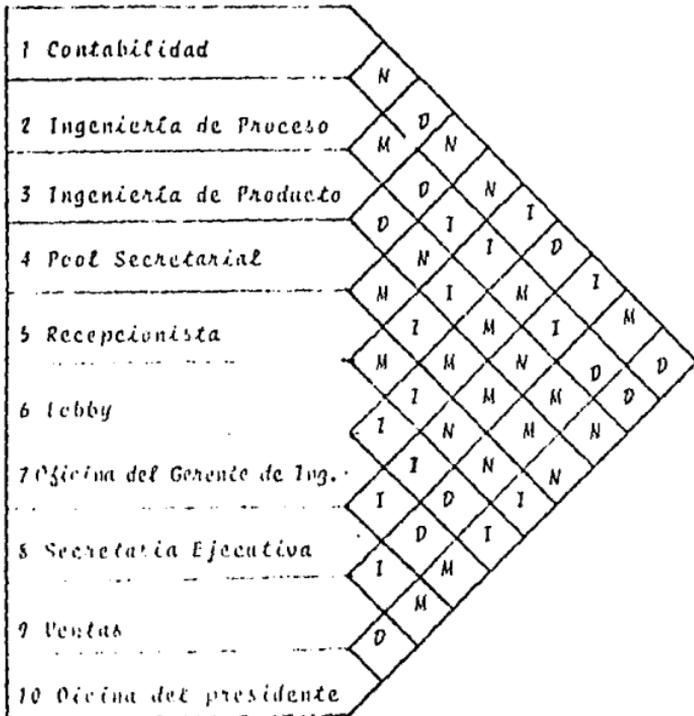
M	Muy Importante
D	Desable
N	No importante
I	Indesable

PRUEBA B



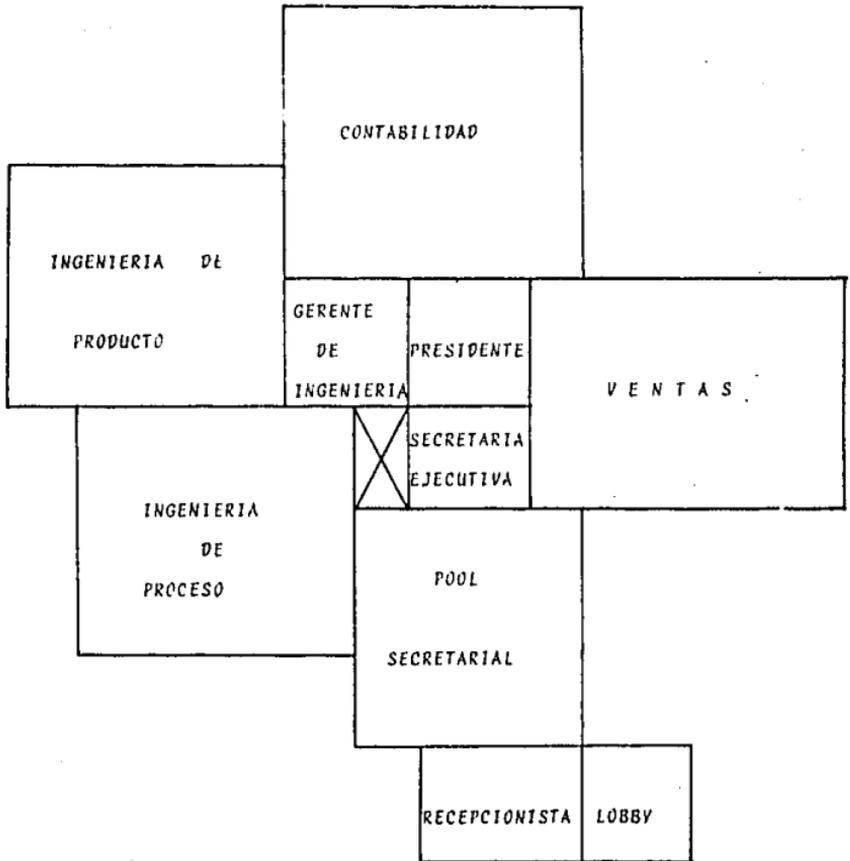
PRUEBA C

HOJA DE RELACION DE ACTIVIDADES



M	May Importante
D	Descartable
N	No importante
I	Indeseable

PRUEBA C



quedó encerrada.

En general, el Lay Out del equipo B en la prueba por el criterio del equipo y la prueba A de la hoja de relación de actividades y su Lay Out, fueron los más representativos ya que no sólo expusieron la metodología pedida, sino que utilizaron la lógica y el criterio .

Dentro de las ventajas y desventajas de cada método expuesto en la práctica, los alumnos llegaron a que con frecuencia una solución intuitiva a un problema de diseño de planta evoluciona detallando elementos al principio de un proceso y avanzando hasta que la suma de los detalles produce el diseño. De esto pueden surgir una gran cantidad de disposiciones, según la secuencia de decisiones que se toman. Disponer mal esta secuencia quizá ocasione que el diseño global resulte con deficiencias considerables. En cambio, métodos como la hoja de relación de actividades producen generalmente resultados que suelen ir con las características globales deseadas de la planta.

Dentro de las distribuciones hechas por uno u otro método se puede ver que por ejemplo, algunos de los departamentos que no eran relevantes junto a otros, en la hoja de relación de actividades parecía ser que si eran importantes ya que se toma el global de las relaciones entre los departamentos, mientras que hacerlo por el criterio del equipo, no se podía captar a primera vista, por ejemplo: La relación del presidente con el pool secretarial, no tenía mayor importancia aunque por

el método del criterio del equipo se decidió que sí lo tenía; En cambio se pudo obtener la relación del presidente con el departamento de ventas en la hoja de relación de actividades aunque no se considerara importante por el criterio del equipo.

Las conclusiones a las que llegaron algunos de los equipos se resumen a continuación:

- "En nuestros días, la mayoría de las empresas requieren de una producción rápida y se busca reducir los costos, de ahí la importancia de una buena distribución."
  
- "Es necesario prepararse y conocer las técnicas así como tener un buen criterio dispuesto para hacer una buena distribución de planta, por lo que cometimos muchos errores, pero nos sirvió para tener una idea más general y más clara sobre el Lay Out."
  
- "Si no existe una buena distribución de planta, el rendimiento y la productividad de la empresa se verá afectada."
  
- "Es necesario un estudio más profundo sobre Lay Out para poder hacer una buena distribución ya que aunque conocimos una técnica, faltan más refuerzos teóricos."

-----

#### 4.3 DEL PROBLEMA DE UNA FABRICA DE LAMPARAS.-

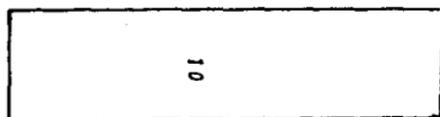
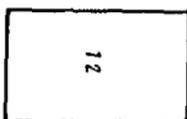
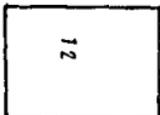
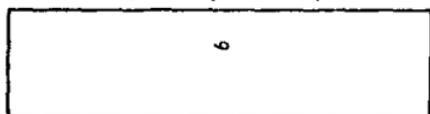
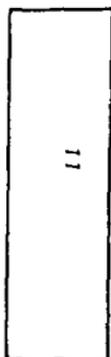
De la misma manera que la práctica uno, en ésta, todos los elementos que se necesitaban, se hicieron en papel ilustración, poniéndoles sus números con Letra Set y forrándolos de plástico para protegerlos, se utilizó el mismo tablero que en la práctica uno para simular el lugar de trabajo, en este caso el espacio disponible para la fabricación de las lámparas. Básicamente la práctica se dividía en dos partes:

- 1) Hacer el Lay Out de las máquinas de acuerdo al proceso que se especificaba y poner las mesas de inspección.
- 2) Hacer los diagramas de proceso de flujo para cada una de las piezas utilizando los formatos pertinentes.

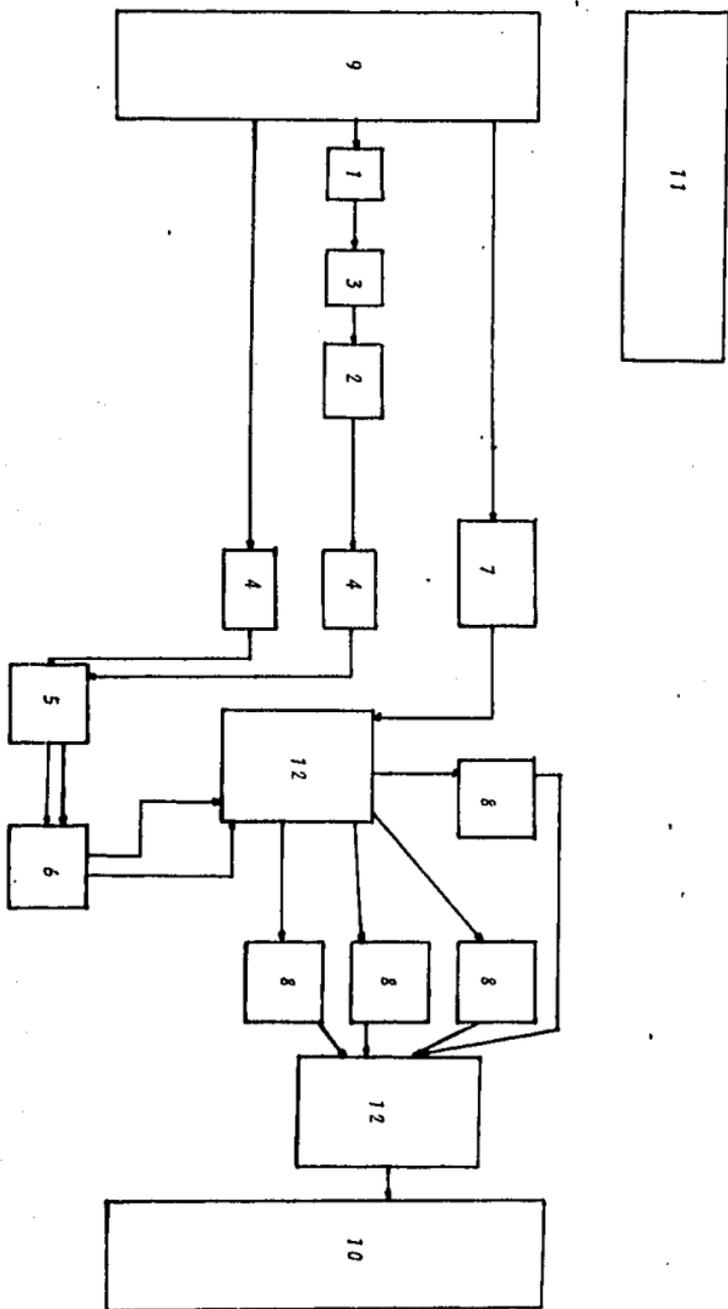
1) Sobre este punto, se presentan cuatro de los resultados obtenidos en la realización de esta práctica. De los resultados que se anexan, el A se hizo poniendo las mesas de inspección muy juntas lo que es innecesario, esto fué pensado en controlar la calidad antes del ensamblaje final y después de este. En la distribución B se expone el recorrido que llevan los tornillos, barras, base y cabeza con la misma distribución utilizada en la Distribución A, como se puede ver, la barra lleva 6 operaciones antes de la primera inspección, lo que provoca que si se rechaza existe una pérdida muy grande en cuanto a tiempo y dinero.

En la distribución C, se tomó en cuenta el espacio disponible aunque tomando en cuenta el recorrido existen cuellos

PRUEBA A (LAY OUT)



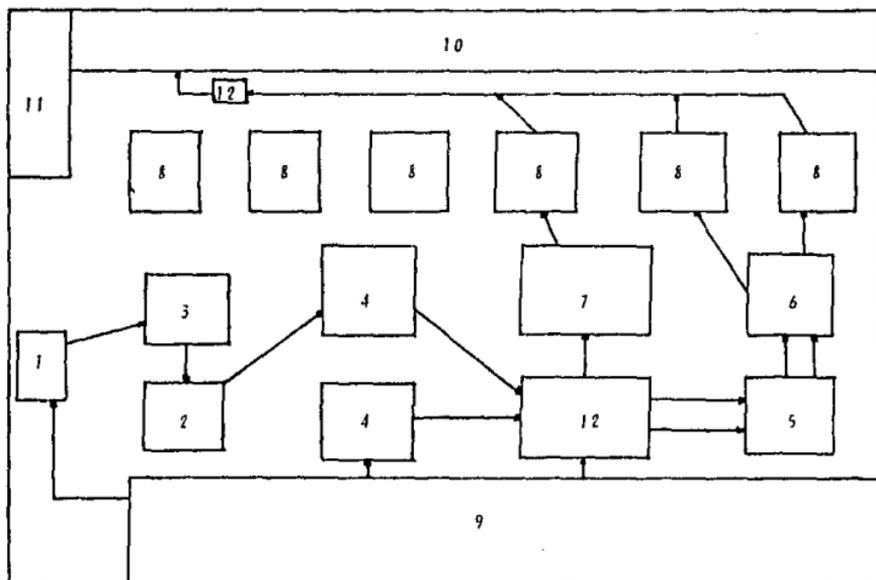
PRUEBA B ( DIAGRAMA DE RECORRIDO)



PRUEBA C

DIAGRAMA DE RECORRIDO

- |                        |                                     |
|------------------------|-------------------------------------|
| 1.- Sierra Cinta.      | 7.- Inyección de Plástico .         |
| 2.- Soldadura.         | 8.- Mesas de ensamblado.            |
| 3.- Torno.             | 9.- Almacén de Materias Primas.     |
| 4.- Esmeril.           | 10.- Almacén de Producto Terminado. |
| 5.- Tina de Inmersión. | 11.- Baños.                         |
| 6.- Horno.             | 12.- Mesas de Inspección.           |

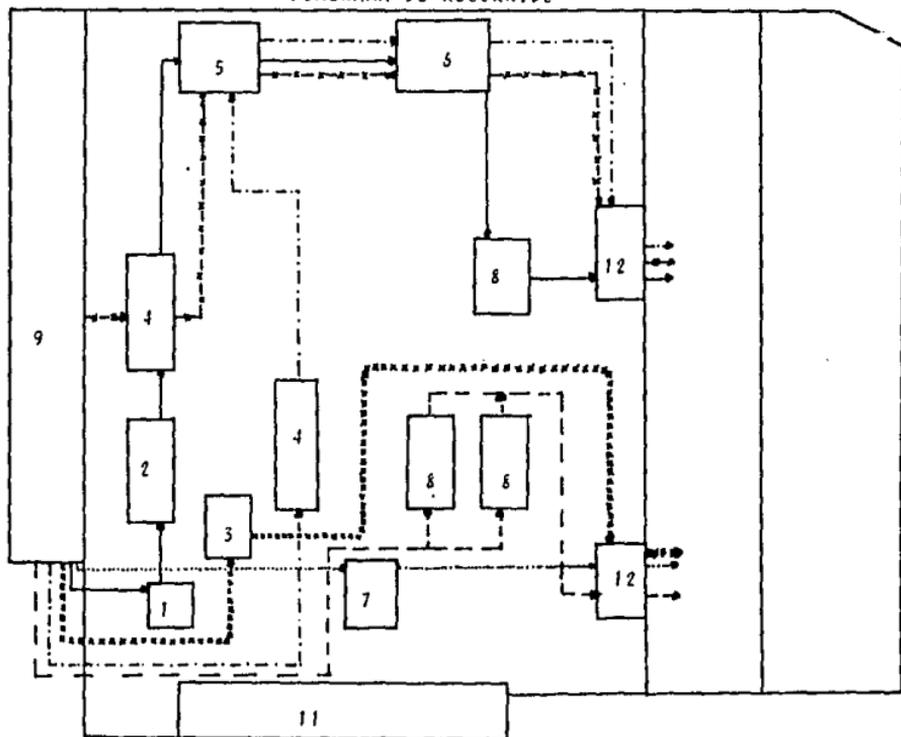


escala 1:1

Acolación: metros

PRUEBA D

DIAGRAMA DE RECORRIDO



- BARRAS
- - - BASE
- · · · · TORNILLO OPRESOR
- · · · · TORNILLOS Y TUERCAS
- · · · · CABEZA
- · - · - SOQUET Y CABLE

- 1.- sierra cinta
- 2.- soldadura
- 3.- horno
- 4.- esmeril
- 5.- tina de inmersión
- 6.- horno
- 7.- inyección de plástico
- 8.- mesas de ensamblado
- 9.- almacén de materias primas
- 10.- almacén de producto terminado
- 11.- baños
- 12.- mesas de inspección.

de botella en el traslado de una mesa a otra, el material no fluye con soltura, hay mesas de ensamble muy cargadas y otras prácticamente vacías, lo que ocasiona mano de obra desperdiciada, las mesas de inspección están en lugares aparentemente apropiados.

La distribución D lleva un proceso fluido aunque el producto está llegando al almacén de producto terminado sin estarlo, esto es, la cabeza, las barras y la base, llegan por un lado; los tornillos, soquet y cable, por otro, y como es lógico debieran juntarse en una mesa de ensamble final para después pasar al almacén.

2) Sobre este punto no hubo problemas relevantes, se anejan las formas de un equipo para la base, barras, tornillos y cabeza, en donde no se llenan la columna de cantidad, ya que no se especificó nunca, lo que se refiere a las distancias, - sí se debía poner pues se dieron las áreas y tamaño de las máquinas así como de la fábrica, el tiempo de traslados tampoco se puso en el formato pues no se realizó toma de tiempos, sin embargo el equipo que presentó estas formas no se saltó ninguno de los pasos correspondientes al llenado de las mismas, tomando en cuenta los transportes, inspecciones y operaciones adecuadamente.

En general, las conclusiones de los equipos fueron las siguientes:

DIAGRAMA DE PROCESO DE FLUJO

pag. 1 de 1

Proceso realización de la base

Modelo actual

Realizó equipo 4

Fecha 18/11/86 Proq. # 44

PASO	DESCRIPCION DEL METODO	OPERACION	TRANSPOR.	INSPECC.	DEBIDA	ALMACENA.	CANTIDAD	DISTANCIA	TIEMPO
1	de fábrica a compañía S.D.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
2	en S.D. a almacén	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
3	en almacenaje a recepción	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
4	a posición en el esmeril. 4	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
5	en 4. lijar	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
6	a posición en tina de inmersión	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
7	en 5 pintura	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
8	a posición en horno	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
9	en horno 6 secado.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
10	a mesa de inspección 12	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
11	en 12 inspección	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
12	a mesa de ensablado 8	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
13	en 8. ensablado	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
14	a mesa de inspección 12	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
15	en 12. inspección final	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
16	a almacén de producto terminado	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
17	almacenaje del producto	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
		<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
		<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
		<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
		<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
<b>TOTAL</b>		4	9	2	-	2			

DIAGRAMA DE PROCESO DE FLUJO

Pag 2 de 4

Proceso realización de las barras

Método actual

Realizó equipo # 1

Fecha 18/1/88

Propuesto xx

PASO	DESCRIPCION DEL METODO	OPERACION	TRANSF. ↓	INSPEC. ↓	DEUDA ↓	ALMACEN. ↓	CANTIDAD	DISTANCI.	TIEMPO
1	en almacenaje a recepción	○	→	□	⌒	▽			
2	a posición en la sierra cinta	○	→	□	⌒	▽			
3	en 1. dar forma deseada	○	→	□	⌒	▽			
4	a posición en el taladro (torno)	○	→	□	⌒	▽			
5	en torno 3. perforaciones	○	→	□	⌒	▽			
6	a posición en soldadura.	○	→	□	⌒	▽			
7	en 2. soldar	○	→	□	⌒	▽			
8	a posición en esmeril 4	○	→	□	⌒	▽			
9	en 4. lijar	○	→	□	⌒	▽			
10	a tina de inmersión 5	○	→	□	⌒	▽			
11	en 5. pintura	○	→	□	⌒	▽			
12	al horno 6	○	→	□	⌒	▽			
13	en 6. secado	○	→	□	⌒	▽			
14	a mesa de inspección 12	○	→	□	⌒	▽			
15	en 12. inspección de barras	○	→	□	⌒	▽			
16	a mesa de ensamblado 8	○	→	□	⌒	▽			
17	en 8. ensamblado.	○	→	□	⌒	▽			
18	a mesa de inspección 12.	○	→	□	⌒	▽			
19	en 12. inspección final	○	→	□	⌒	▽			
20	a almacén de producto terminado	○	→	□	⌒	▽			
<b>TOTAL</b>		7	10	2	-	2			

DIAGRAMA DE PROCESO DE TIEMPO

Pág. 3 de 4

Proceso realización de los tornillos Metodo actual

Realizó equipo #1 Fecha 15/4/88 Propuesto xx

PASO	DESCRIPCION DEL METODO	OPERACION	TRANSOR.	INSPECC.	DEBIDA	ALMACENA.	CANTIDAD	DISTANCIA	TIEMPO
1	en almacén a recepción	○	→	□	◐	▽			
2	a posición en iny. de plast. 7	○	→	□	◐	▽			
3	en 7. inyección	○	→	□	◐	▽			
4	a mesa de inspección	○	→	□	◐	▽			
5	en 12. inspección	○	→	□	◐	▽			
6	a mesa de ensablado 8.	○	→	□	◐	▽			
7	en 8. ensablado	○	→	□	◐	▽			
8	a mesa de inspección 12	○	→	□	◐	▽			
9	en 12. inspección final	○	→	□	◐	▽			
10	a almacén de producto terminado	○	→	□	◐	▽			
11	almacenaje del producto	○	→	□	◐	▽			
		○	→	□	◐	▽			
		○	→	□	◐	▽			
		○	→	□	◐	▽			
		○	→	□	◐	▽			
		○	→	□	◐	▽			
		○	→	□	◐	▽			
		○	→	□	◐	▽			
		○	→	□	◐	▽			
		○	→	□	◐	▽			
		○	→	□	◐	▽			
		○	→	□	◐	▽			
		○	→	□	◐	▽			
		○	→	□	◐	▽			
		○	→	□	◐	▽			
		○	→	□	◐	▽			
<b>TOTAL</b>		2	5	2	-	2			

## DIAGRAMA DEL PROCESO DE FLUJO

Pag. 4 de 4

Proceso realización de la cabeza

Método actual

Realizó equipo #4Fecha 15/4/86 Presupuesto xx

PASO	DESCRIPCION DEL METODO	OPERACION	TRANSPOR.	INSPECC.	DEBERA	ALMACEN.	CANTIDAD	DISTANCIA	TIEMPO
1	de fábrica a compañía S.D.	○	→	□	◐	▽			
2	en S.P. a'almacén	○	→	□	◐	▽			
3	en almacenaje a recepción	○	→	□	◐	▽			
4	a posición en el esmeril 4	○	→	□	◐	▽			
5	en esmeril 4. lijarse	○	→	□	◐	▽			
6	a posición en tina de inmersión	○	→	□	◐	▽			
7	en 5. pintura	○	→	□	◐	▽			
8	a posición en horno 6	○	→	□	◐	▽			
9	en 6. secado	○	→	□	◐	▽			
10	a mesa de inspección 12	○	→	□	◐	▽			
11	en 12, inspección	○	→	□	◐	▽			
12	a mesa de ensamblado 8	○	→	□	◐	▽			
13	en 8, ensamblado	○	→	□	◐	▽			
14	a mesa de inspección 12	○	→	□	◐	▽			
15	en 12. inspección final	○	→	□	◐	▽			
16	a almacén de producto terminado	○	→	□	◐	▽			
17	almacenaje del producto	○	→	□	◐	▽			
		○	→	□	◐	▽			
		○	→	□	◐	▽			
		○	→	□	◐	▽			
		○	→	□	◐	▽			
TOTAL		4	8	2	-	3			

- "Es necesario conocer además de técnicas de Lay-out de diagrama de operaciones, otras técnicas para hacer adecuadamente la distribución de las operaciones, se debe tomar en cuenta la mano de obra, cargas de trabajo por máquina, etc., ya que si no se toman en cuenta esta distribución de cargas estará mal hecha y se provocarán cuellos de botella".
- "Presentar diagramas de recorrido no es complicado, - lo que me costó más trabajo es hacer el recorrido de las piezas por las máquinas con las que se contaba, ya que había muchos cruces entre los materiales y se pueden provocar accidentes y pérdida de tiempo en el manejo de los mismos".
- "Lo más difícil fue decidir dónde poner las mesas de inspección, ya que en todos lados son necesarias, es necesario contar con más de estas mesas para llevar - un buen control de calidad".

#### 4.4. DEL PROBLEMA DE LA FABRICA DE PLUMAS. -

Como se expresó al principio de este capítulo, se utilizó una banda transportadora que aunque funcionó perfectamente estuvo sobrada de capacidad, por lo que para los fines y prácticas que se propusieron fue una máquina muy grande, por lo que se recomienda una menor.

En esta práctica se pidió que se presentara lo siguiente:

- 1.- Diagrama de la línea de producción óptima conforme la experiencia en los cinco ciclos.

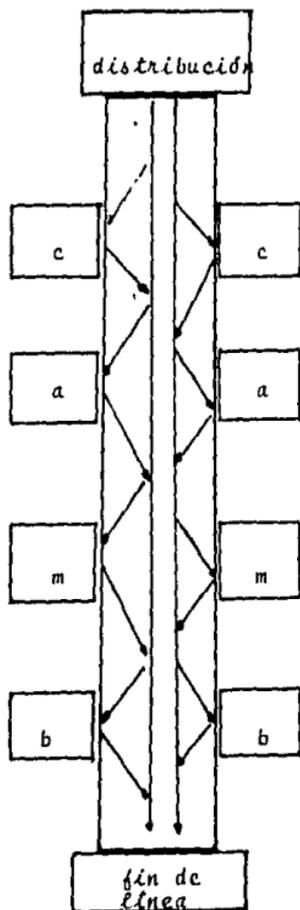
- 2.- Formato para el resultado de los cinco ciclos.
- 3.- Gráfica de producción por ciclo, utilidad por ciclo y demanda real por ciclo.
- 4.- Conclusiones personales.

Sobre el material que se pidió no hubo problema para conseguir los cuatro tipos de plumas diferentes, por lo que se utilizaron las propuestas en el capítulo III.

De los diagramas sobre la línea de producción que se pidieron en el punto 1), se anexan dos, en los que llevan a lo largo de la banda el material acomodado de diferente forma. Los cuatro tipos de plumas presentaron diversos problemas de ensamble, la pluma llamada "de mecanismo" por el número de piezas que la componen tardaba más tiempo en armarse que por ejemplo la "BIC" y como se puede ver en el diagrama 1, el equipo hizo una distribución de los materiales poniendo la materia prima de la pluma "de mecanismo" cerca del principio de la banda, esto ocasionó que no les diera tiempo de ensamblar una pluma cuando llegaba el siguiente cuerpo (la persona encargada de poner los cuerpos de las plumas en la banda, debía hacerlo variándolas alternadamente), y pusieron el material de la pluma "Clasic" al final, lo que produjo mucha holgura para los ensambladores ya que es una pluma fácil de armar y entre una y otra, sobraba mucho tiempo.

En el diagrama 2, el equipo tomó en cuenta la dificultad de armado de las diversas plumas y acomodaron su material de la manera que se presenta, lo que se tradujo en una producción más estable y fluída.

distribución #1



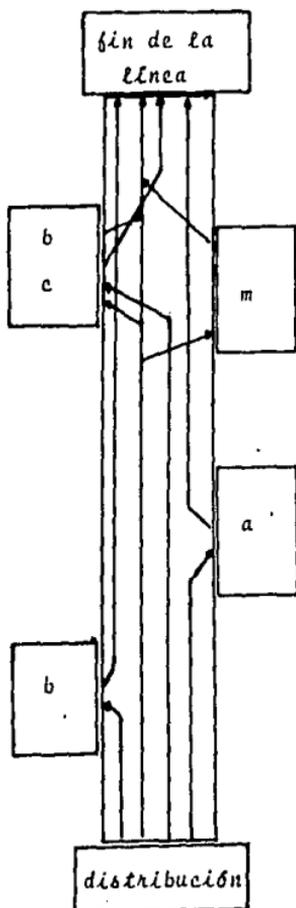
c = pluma elásic

a = pluma de anillo

m = pluma de mecanismo

b = pluma bic

distribución #2



b = bic

a = anillo

m = mecanismo

c = clasico

Con respecto al punto 2) se les pidió que entregaran el formato de utilidad por ciclo, del cual se anexa uno y como se puede observar empieza en el ciclo número 4, ya que los tres primeros ciclos eran dados como datos históricos en cuanto al pronóstico de producción.

Se puede observar que conforme van pasando los ciclos, el faltante va disminuyendo, esto se debe principalmente al ritmo de producción y a la distribución de la línea de producción - que fueron mejorando ciclo a ciclo.

El inventario fue aumentando debido a la demanda que se tomaba al azar y a su método de producción que aumentó, pero se puede decir que conforme fueron pasando los ciclos su utilidad fue mejorando sin embargo en la generalidad de los equipos que presentaron esta práctica se notó en el último ciclo una baja en la utilidad, ocasionada por el exceso de inventario, esto demuestra que en la producción por ciclos se debe estabilizar el ciclo de producción.

Se anexan también las gráficas de utilidad por ciclo, producción por ciclo y demanda por ciclo, en donde se puede ver claramente cómo, en el último ciclo aumenta la demanda, disminuye la producción y por lo tanto la utilidad. La demanda en el último ciclo de la "pluma de anillo" fue muy grande y el pronóstico no lo fue así, la producción se acercó casi completamente al pronóstico pero la demanda siendo al azar aumentó mucho.

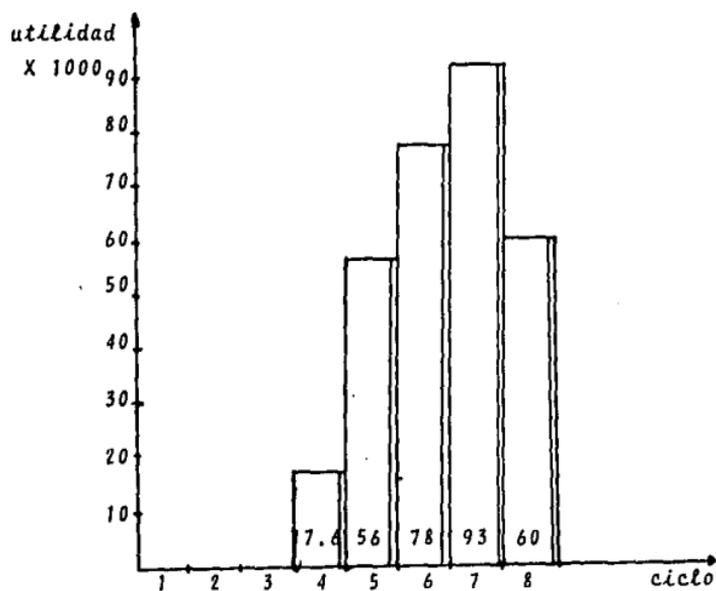
De las conclusiones a las que llegaron los alumnos, tal

FORMATO # 2

GRUPO	PRODUCTO	PRONOSTICO	PRODUCCION	DEMANDA	INVENTARIO	FALTANTE	VENTAS	MULTAS	UTILIDAD
		DT	P	D	I	F	V	M	U
4	1. bic	33	26	45	-	19	26,000	11,400	14,600
	2. clasico	28	19	35	-	16	19,000	9,600	9,400
	3. anillo	28	4	20	-	16	4,000	9,600	-5,600
	4. mecan.	21	10	28	-	18	10,000	10,600	-800
								TOTAL	\$ 17,600
5	1. bic	33	25	45	-	20	25,000	12,000	13,000
	2. clasico	30	27	35	-	8	27,000	4,600	22,200
	3. anillo	25	10	28	-	18	10,000	10,600	-800
	4. mecan.	24	25	30	-	5	25,000	3,000	22,000
								TOTAL	\$ 56,100
6	1. bic	40	34	20	14	-	20,000	7,000	13,000
	2. clasico	32	26	28	-	2	26,000	1,200	24,800
	3. anillo	25	16	25	-	9	16,000	5,400	10,600
	4. mecan.	30	31	30	1	-	30,000	500	29,500
								TOTAL	\$ 77,900
7	1. bic	37	35	25	10	-	25,000	5,000	20,000
	2. clasico	33	32	28	1	-	28,000	2,000	26,000
	3. anillo	23	20	25	-	5	20,000	3,000	17,000

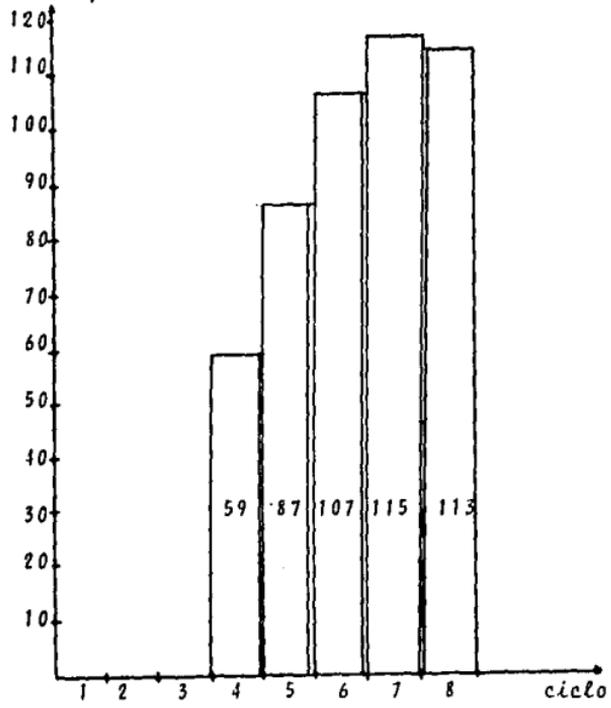
FORMATO # 2

CICLO	PRODUCTO	PRONOSTICO DT	PRODUCCION P	DEMANDA DT	INVENTARIO I	FALTANTE F	VENTAS V	MULTAS M	UTILIDAD V-M
4 (cont)	4. mecan.	30	30	30	-	-	30,000	-	30,000
								TOTAL	\$ 93,000
8	1. bic	34	29	20	9	-	20,000	9,000	11,000
	2. clasico	33	30	25	5	-	25,000	5,000	20,000
	3. anillo	22	21	45	-	24	21,000	14,400	6,600
	4. mecan.	33	33	28	5	-	28,000	5,000	23,000
								TOTAL	\$ 60,600
								UTILIDAD NETA	\$ 305,500
								BONIFICACION	\$ 20,000
								UTILIDAD TOTAL	\$ 325,500

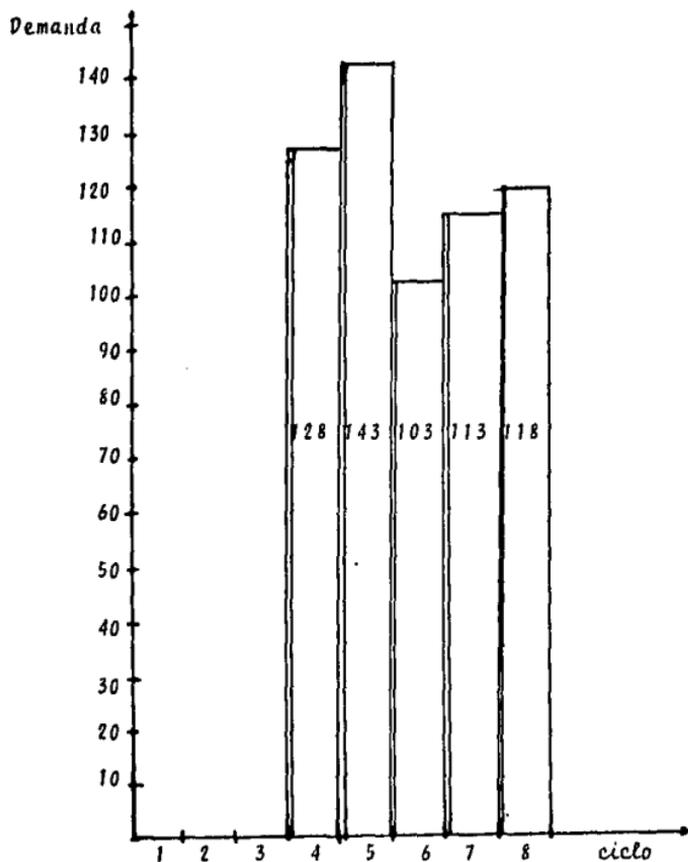


GRAFICA DE UTILIDAD CONTRA CICLO

unidades de producción



GRAFICA DE PRODUCCION CONTRA CICLO .(UTILIDAD)



GRAFICA DE DEMANDA POR CICLO

vez la más interesante fue la siguiente por la necesidad que plantea:

- "Se debe hacer un estudio completo de las líneas de producción así como en general del producto, en donde se tomen en cuenta tanto al comportamiento del mercado como a las posibilidades y a lo que se quiere llegar a hacer, ya que la demanda que se utilizó en la práctica como era al azar, no representa ninguna tendencia que es como se comporta el mercado, por lo que no es muy real".

#### 4.5 DEL PROBLEMA DE SIMULACION DE UNA FABRICA DE TRENES.-

El principal problema que se encontró para la realización de esta práctica fue la fabricación de los trenes de madera, ya que la madera utilizada (pino) se rompía mucho al trabajarla en el torno, sin embargo se pudo hacer todo el material necesario como se especificó en el capítulo III.

Se utilizó un torno Nardini-MS350.

La práctica pedía lo siguiente:

- 1.- Diagrama de la línea de producción.
- 2.- Hoja de resultados de los tres ciclos de acuerdo al formato.
- 3.- Gráfica de utilidad contra tiempo por ciclo y gráfica de costos contra tiempo por ciclo.

Al principio de la práctica se dió a cada equipo la teoría necesaria, puesta en el manual de práctica (ver manual anexo), y con esto cada uno de los equipos tomó los tiempos de ensam-

ble de cada uno de los carros del tren tal como se explicó en el capítulo anterior, exponiendo las operaciones de ensamble de cada uno de los carros.

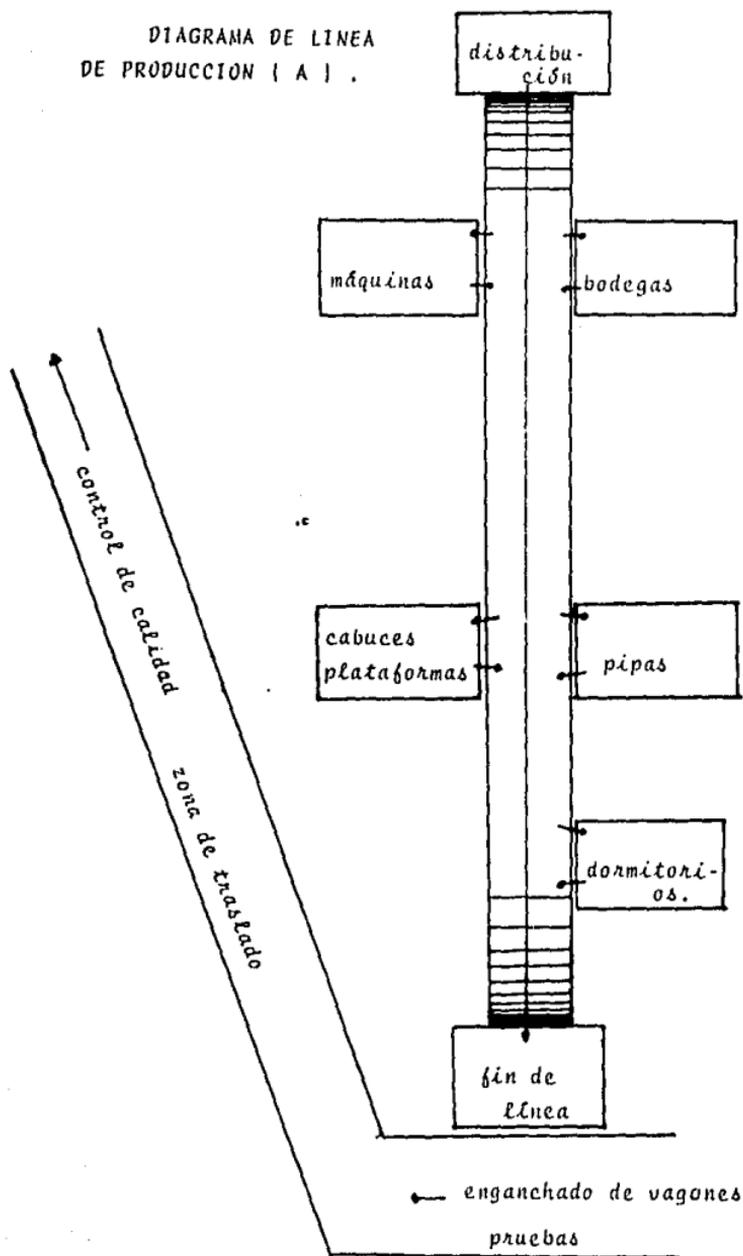
Después se les mostró los tiempos de ensamble que se iban a usar en la práctica.

Para hacer lo pedido en el punto #1 se les explicó el proceso y cada uno de los equipos hicieron su distribución en la línea y su Lay Out general, se anexan tres de las distribuciones que se hicieron las cuales prácticamente son iguales, únicamente varían en que en el diagrama A aparece una zona reservada a pruebas y en el B y C no. Esto no se les pidió, sin embargo ese equipo decidió que era necesario aunque podía entrar en la sección de control de calidad que se les pidió, lo separaron ya que en la parte de pruebas únicamente se rodaban los carros de tal manera que en control de calidad se concretaron a ver el armado propiamente dicho de cada uno de los carros.

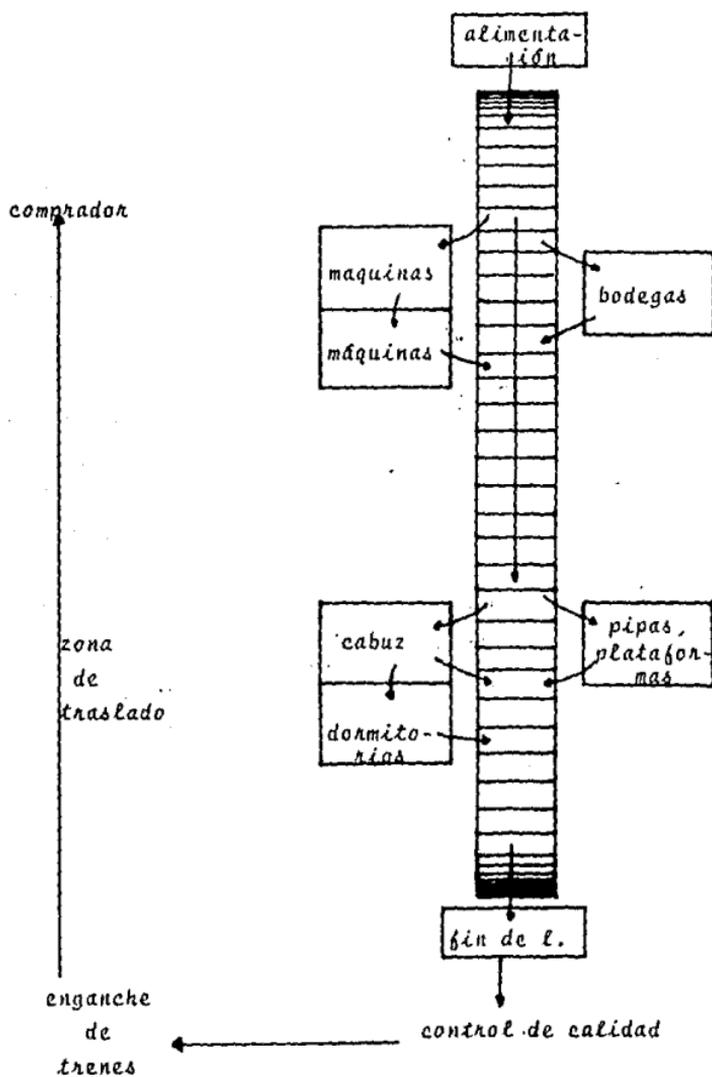
Como se puede ver en el diagrama A, utilizan una misma mesa para el armado de los cabuces y plataformas y en el diagrama B utilizan 2 mesas para el armado de las máquinas y 2 mesas juntas en las que se arman los cabuces y dormitorios (que es mas lógico ya que se ha dicho que la diferencia entre estos carros radicaba en las ventanas únicamente), y en una misma mesa se encontraban las piezas de las pipas y plataforma que eran las mas fáciles de ensamblar.

Finalmente en el diagrama C separaron una mesa para cada carro poniendo juntas las mesas de los dormitorios y cabuces.

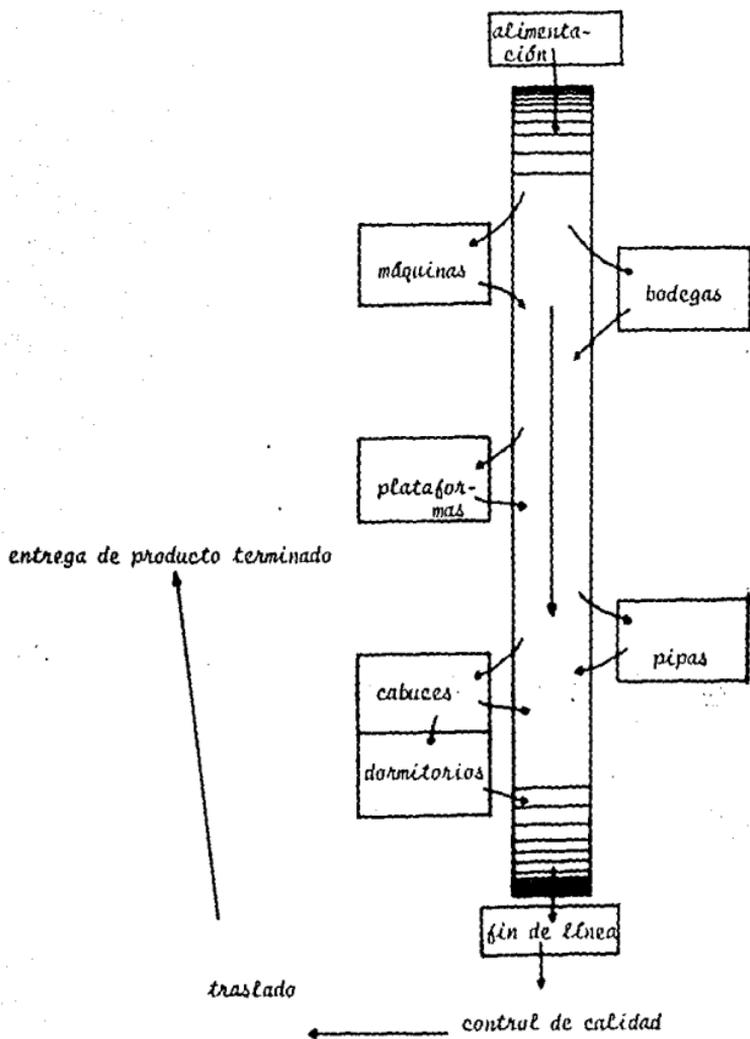
DIAGRAMA DE LINEA DE PRODUCCION ( A ) .



LÍNEA DE PRODUCCIÓN (B)



LINEA DE PRODUCCION (C)



No se puede concluir que alguna de las tres distribuciones presentadas anteriormente son malas, simplemente son diferentes y su efectividad se verá reflejada en la producción.

En el punto #2 se pidió que se entregara la hoja de resultados de acuerdo a cada uno de los ciclos de la producción, se anexan 3 formatos de los equipos que presentaron las distribuciones que se anexan, dentro de estos formatos se puede ver que el A fué el que obtuvo menor utilidad en los ciclos, en parte afecto la distribución que realizaron (ver diagrama A) y como se puede ver, los formatos A y B tienen los mismos pedidos, aunque en diferentes ciclos, pero en el formato A se observan multas, lo que quiere decir que se pasaron en los tiempos estimados de producción por pedido, el formato C aunque sus precios de venta fueron menores a los de los otros dos, obtuvieron una mayor utilidad, que el equipo del formato A por no pasarse en los tiempos de fabricación estimados; Se anexan las gráficas de los mismos equipos de utilidad por ciclo y costos por ciclo, en las que se puede ver que la gráfica A tiene en los tres ciclos de producción utilidad más baja que sus costos.

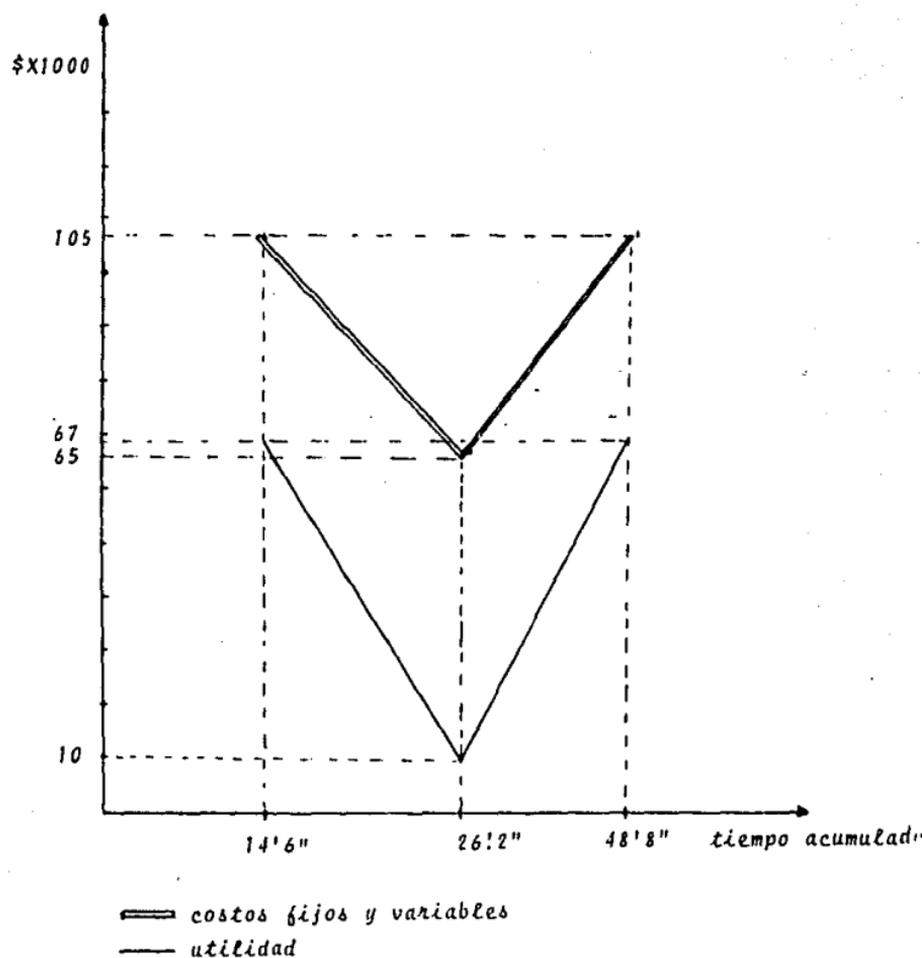
Como se pudo observar en los ejemplos anteriormente expuestos, la producción en serie tiene una serie de factores que es importante considerar para el buen funcionamiento de todas y cada una de las variables que afectan al ciclo productivo, una buena distribución en la línea de producción



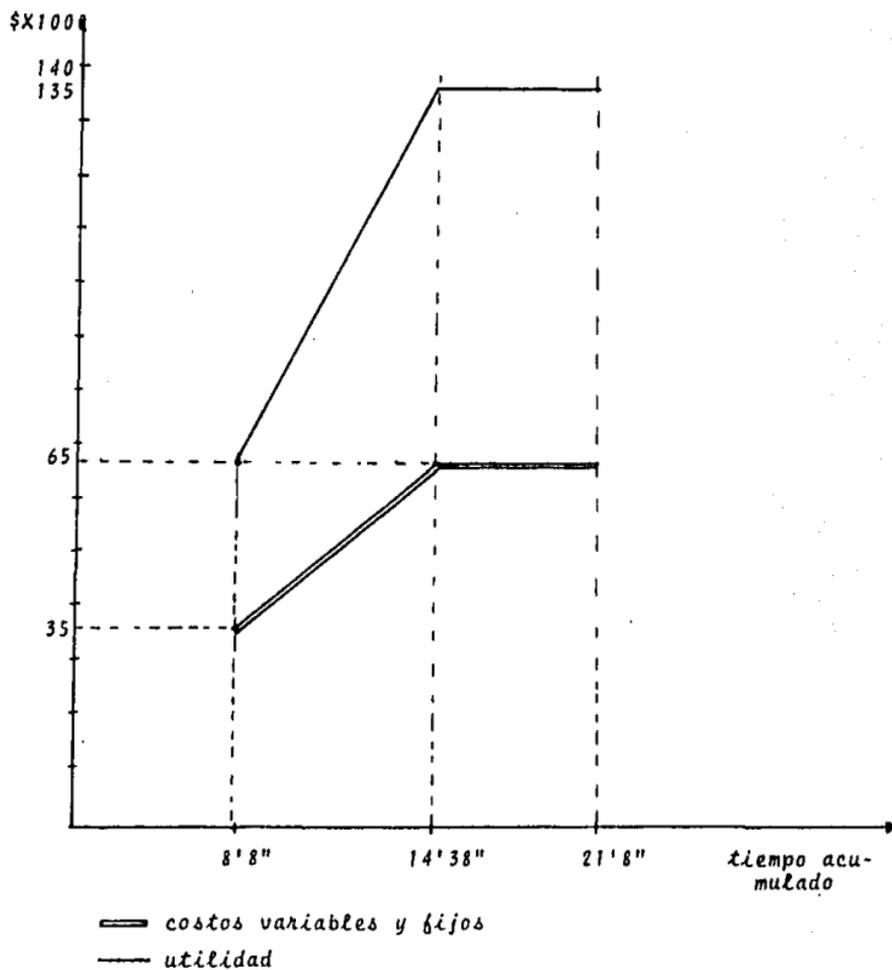




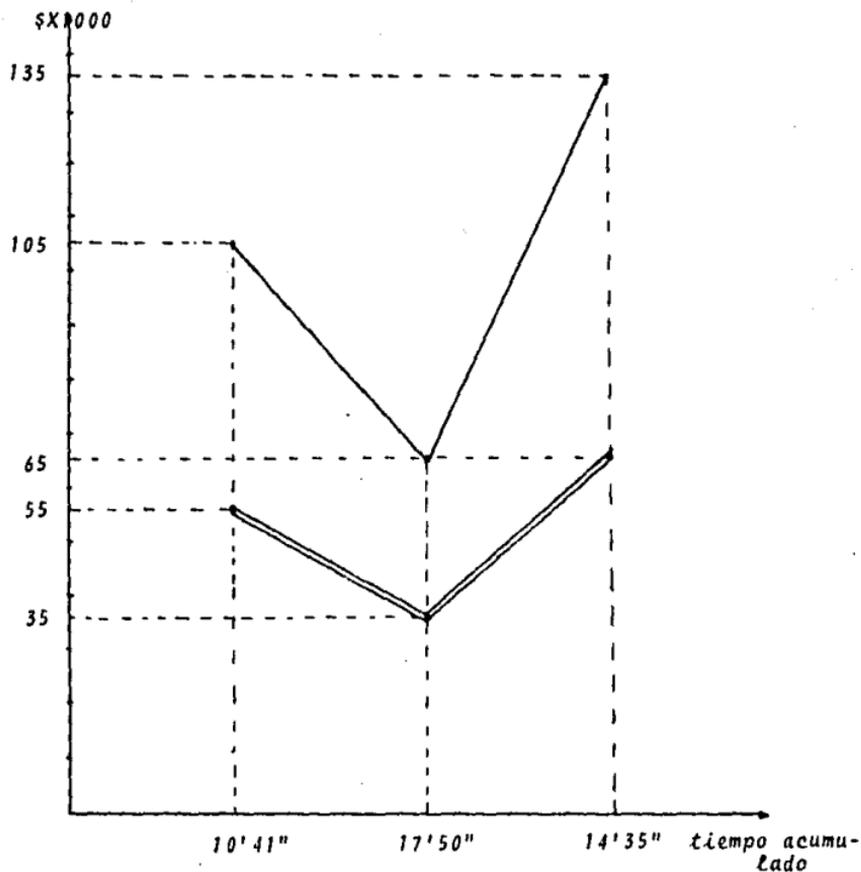
GRAFICA DE UTILIDAD Y COSTO  
CONTRA TIEMPO POR CICLO (A1)



GRAFICA DE UTILIDAD Y COSTO ·  
CONTRA TIEMPO POR CICLO (BI)



GRAFICA DE UTILIDAD Y  
COSTOS CONTRA TIEMPO POR CICLO (C1)



— costos fijos y variables

— utilidad

se refleja en el aumento de utilidades, disminución de tiempos etc.

Dentro de las conclusiones que se pidieron, los alumnos llegaron en resumen a la siguiente:

- "Es necesario hacer estudios para disminuir los costos fijos, porque si terminábamos en menor tiempo, los costos variables se reducían pero los fijos se deberían tratar de reducir, faltó una persona encargada de la supervisión de la línea de producción, que delegara ayuda cuando era necesario ya que se formaron en algunos momentos de la producción, cuellos de botella. En realidad consideramos que es un punto importante el conocer a la gente que va a comprar nuestro producto, para poder mejorar el producto y que sea más real, ya que teniendo al mercado al azar, no se sabe que tendencia pueda tener y no es muy real".

-----

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

Como se pudo observar, el Ingeniero Industrial constituye el enlace entre la tecnología y la dirección, en donde el equilibrio teórico-práctico de la preparación del ingeniero es el medio por el cual alcanza los objetivos esenciales en el aumento de la Productividad.

El laboratorio que se propuso constituye una ayuda básica para la preparación, así como un puente entre la teoría y la práctica, un puente de motivación como en el Capítulo IV se pudo observar los resultados fueron conforme a lo que se esperaba, aunque se ve la necesidad de hacer más prácticas - y meter más equipo, sin embargo el laboratorio propuesto cumplió sus objetivos como se expresa en el Capítulo III.

En referencia a las prácticas, no fueron hechas al mismo nivel, las Prácticas 1 y 2 son más sencillas y más de criterio; las Prácticas 3 y 4 son más elaboradas, por lo que sería necesario hacer prácticas como las dos últimas, ya que éstas incluyen temas de las Prácticas 1 y 2 y por ser más -

generales constituyen el desarrollo real de una empresa.

Por otro lado, sería conveniente combinar más factores en cada práctica, variables que intervengan creando obstáculos y oportunidades para que el desarrollo de las mismas se acerque más a la realidad, sería oportuno además que las demandas de las Prácticas 3 y 4 fueran variables aleatorias y para esto usar un computador que genere las alternativas de demandas y ventas, de acuerdo a los factores que intervienen en ellas, ya que fue un error considerar las demandas con las "esferitas de unicel", aunque los números utilizados fueron sacados en base a la probabilidad de una muestra de 20 ciclos para la Práctica número 3 y se utilizaron estas demandas para la Práctica número 4 por lo que estuvieron fuera de la realidad.

En términos generales la necesidad del estudio práctico se ve patente a la hora de realizar las prácticas, y como se demostró en el Capítulo II es necesario tener conciencia de una superación tanto en el estudio como en el proceso mismo de la educación del ingeniero.

Dadas las circunstancias por las que atraviesa nuestro país, en las que los presupuestos son muy reducidos en todas las empresas, el poner en marcha un laboratorio como el que se propuso no constituye una inversión muy grande, y los resultados que se pueden obtener, justifican la inversión y

crean beneficios indirectos, esto es porque los beneficios que se obtienen se reflejan en el desarrollo profesional - y constituyen la base para el desempeño en el campo de la vida real del ingeniero.

El laboratorio propuesto por el éxito en su realización sirve como inicio de un laboratorio más amplio y en diferentes niveles en la carrera de Ingeniería Industrial. Podría ser de gran utilidad llevar a cabo este tipo de laboratorio en semestres más avanzados, a manera de acercar al alumno a la realidad además de seguir motivándolo en el estudio y profundización de su persona en cuanto a la carrera y a su desarrollo humano y profesional.

-----

## BIBLIOGRAFIA

Barra Ralph

"CIRCULOS DE CALIDAD EN OPERACION"

Ed. McGraw-Hill. México, 1985. 181 pp.

Bain David

"PRODUCTIVIDAD" La Solución a los Problemas de la Empresa

Ed. McGraw-Hill. México, 1985. 380 pp.

Centro del Tepeyac

"APUNTES DE SEMINARIO DE PRODUCTIVIDAD"

Universidad Panamericana. México, 1985. 56 pp.

Buffa Elwood S. y Taubert William H.

"SISTEMAS DE PRODUCCION E INVENTARIO" Planeación y Control

Ed. Limusa. México, 1985. 576 pp.

González Cota Jorge

"APUNTES DE INTRODUCCION A LA INGENIERIA"

Universidad Panamericana. México, 1981. s.p.i.

Hicks Philip E.

"INTRODUCCION A LA INGENIERIA INDUSTRIAL Y CIENCIA DE LA AD  
MINISTRACION"

Ed. CECSA. Segunda Ed. México, 1984. 398 pp.

Muther Richard

"DISTRIBUCION EN PLANTA"

Ed. Hispano Europea, S.A. España, 1981. 472 pp.

Niebel Benjamín W.

"INGENIERIA INDUSTRIAL" Estudio de Tiempos y Movimientos

Ed. Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A. Segunda

Ed. México, 1980. 680 pp.

Oficina Internacional del Trabajo Ginebra

"INTRODUCCION AL ESTUDIO DEL TRABAJO"

Ed. OIT. Tercera Ed. Suiza. 449 pp.

Reyes Ponce Agustín

"ADMINISTRACION DE EMPRESAS TEORIA Y PRACTICA". 2a. Parte

Ed. LIMUSA. Décima octava Ed. México, 1981. 391 pp.

Roscoe E.S.

"ORGANIZACION PARA LA PRODUCCION"

Ed. CECSA. Sexta Ed. México, 1982. 647 pp.

Strauss George

"PERSONAL"

Ed. Prentice-Hall Int. Colombia, 1981. 620 pp.

Wendell L. French

"ADMINISTRACION DE PERSONAL"

Ed. LIMUSA. México, 1983. 650 pp.

-----

A N E X O

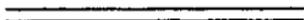
MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO DE  
INGENIERIA INDUSTRIAL

LABORATORIO DE INGENIERIA

INDUSTRIAL

PRACTICA # 1

"UN PROBLEMA DE LAY OUT"



### OBJETIVO DE LA PRACTICA.-

Conocer qué es, cómo se hace y qué aplicaciones tiene un Lay Out en sus diferentes áreas de uso. Así mismo, saber sacar el mayor provecho del trabajo en equipo y toma de decisión para distribuir una planta.

Conocer como se llena una hoja de relación de actividades y aplicarla a un caso real.

### DISTRIBUCION DE PLANTA.-

Es de suma importancia la distribución de materiales, de locales y la disposición y distribución de maquinaria, equipo y otros elementos importantes en las fábricas y plantas, la distribución de la que se habla es un elemento indispensable para el funcionamiento y el aprovechamiento de la fábrica o de la planta.

Determinar lo que es la disposición de una fábrica existente o en proyecto, es diseñar un plano para colocar todo lo que la maquinaria y el equipo de la manera que permita a los materiales avanzar con mayor facilidad, al costo más bajo y con el mínimo de manipulación, desde que se recibe todo lo que es la materia prima, hasta que se venden los productos sacándolos del almacén de producto terminado.

Una de las cosas que puede afectar mucho en la duración total del trabajo o función es la mala distribución de los materiales, equipo etc., por lo que disminuye la productividad. En resumen se puede decir que una definición concreta de lo

que es la distribución de planta sería:

"Asignación óptima de los recursos materiales y humanos dentro del espacio físico de la empresa"

Dentro de las características que se pueden mencionar en una buena distribución de planta están las siguientes:

- la reducción de riesgos para la salud y seguridad de los trabajadores .
- El incremento en la producción (mayor rendimiento).
- Disminución en los retrasos de la producción (tiempos de ocio) .
- Ahorro de área ocupada.
- Supervisión mejor en las áreas de trabajo.
- Control de costos.
- Mantenimiento y limpieza.
- Reducción de los transportes. (manejo de materiales).
- Etcétera

Por el contrario una mala disposición de las áreas de trabajo, originan movimientos innecesarios, como pueden ser el transporte de los materiales, afecta también la seguridad de los trabajadores etc.

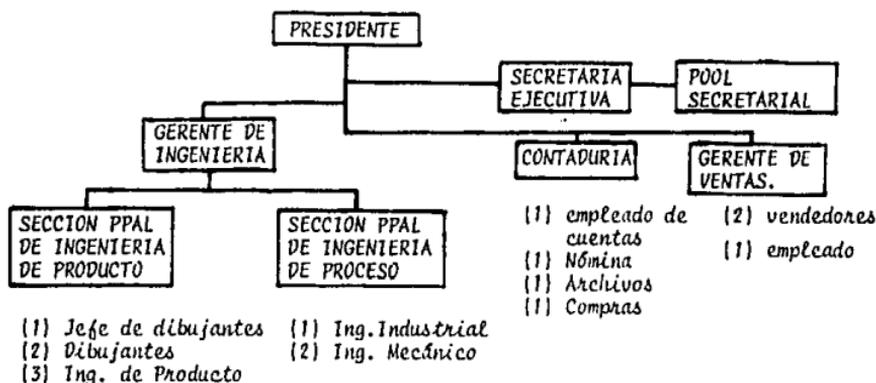
Existen dos tipos principales de distribución de planta:

1) Por Proceso.- En este tipo de distribución, se agrupan las máquinas o procesos del mismo tipo. Se emplea cuando se procesan simultáneamente gran número de productos, en especial si el volumen de cada uno de ellos es relativamente bajo.

2) Por producto.- En este tipo de disposición, se agrupan todas las máquinas o procesos destinados a fabricar el mismo producto o una misma serie de productos.

#### METODOLOGIA.-

El siguiente organigrama representa la estructura del personal de la corporación Super Duper.



A continuación, se presenta una descripción de las relaciones de trabajo que existen entre el personal de oficina.

1.- El presidente tiene una secretaria de tiempo completo que supervisa a un pool de secretarias, de las cuales una es estenografista y dos son mecanógrafas. Este pool de secretarias se utiliza en los departamentos de Ingeniería y Ventas.

2.- El gerente de Ingeniería, utiliza 1/3 del tiempo de la estenografista y 1/2 del tiempo de la mecanógrafa. La sección principal de Ingeniería de producto y la sección principal de ingeniería de proceso han combinado el requerimiento de 1/3 de mecanógrafa. El gerente de ingeniería

tiene juntas con clientes y el personal de ventas (hasta 4 personas) 8 hrs. por semana.

3.- La sección principal de Ingeniería de Producto, pasa alrededor de 8 hrs. por semana en consultoría con el Presidente, el Gerente de Ingeniería, el Gerente de Ventas, dos vendedores, y alrededor de 3 personas más discutiendo de asuntos confidenciales.

4.- La sección principal de Ingeniería de Proceso y sus dos ingenieros pasan el 90% de su tiempo en el área de producción. El personal de producción va a la oficina de Ingeniería de Proceso por varias razones alrededor de 20 veces al día. Las Ingenierías de Producto y Proceso comparten records Técnicos.

5.- Todo el personal de Contaduría utiliza records comunes. Los papeles que llegan a la sección de Contabilidad vienen de distintos orígenes, de nómina, del empleado de ventas y de producción para el pago de nóminas y costos de cuentas.

6.- El gerente de ventas tiene juntas frecuentes con el Presidente acerca del presente y futuro de la Compañía.

7.- La sección de Contabilidad, no necesita del servicio de las secretarias del pool, mientras que el departamento de Ventas necesita 2/3 de la estenógrafa y 3/4 de la mecanógrafa.

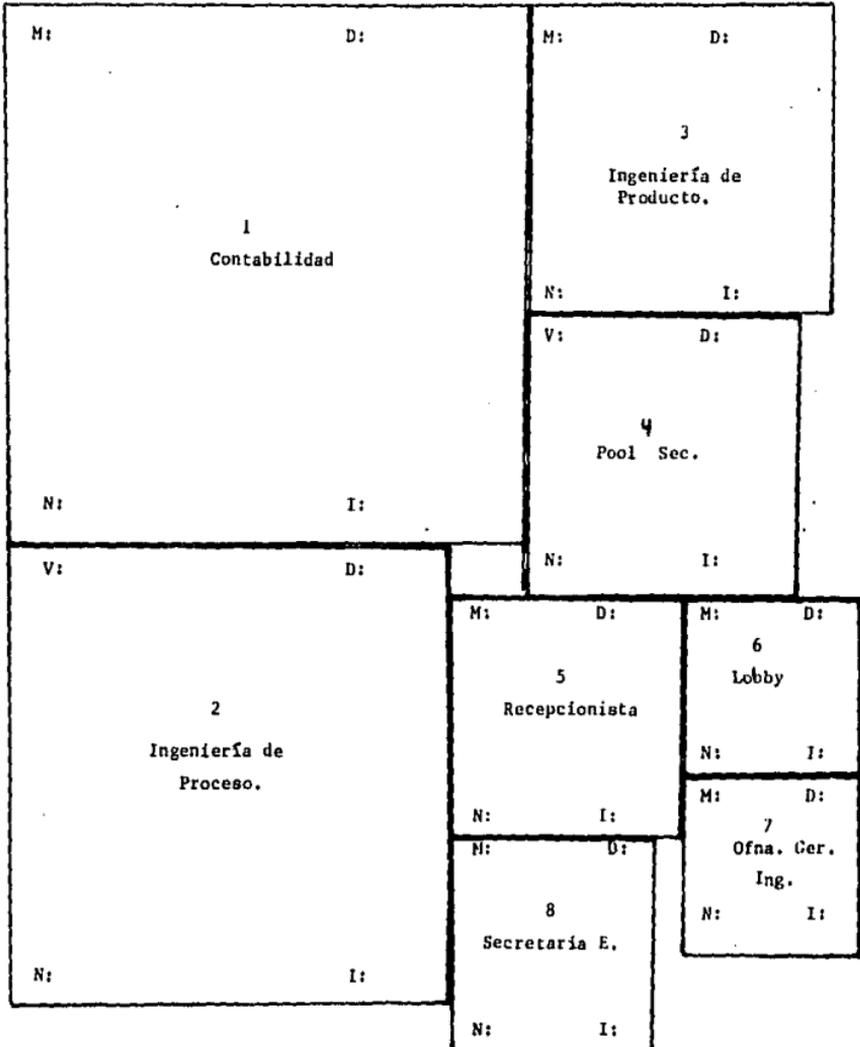
8.- 1/4 de tiempo de la mecanógrafa se utiliza para recepcionista.

#### Suposiciones Adicionales.-

- Los baños se encuentran en el área de Producción

-----

A continuación se anexan las áreas de cada uno de los departamentos, así como un formato de relación de actividades.



M:

D:

9

Veritas.

N:

I:

M:

D:

10

Ofna. Presi-  
dente

N:

I:

HOJA DE RELACION DE ACTIVIDADES.

1	Contabilidad																			
2	Ingeniería de Proceso.																			
3	Ingeniería de Producto																			
4	Pool Secretarial.																			
5	Recepcionista.																			
6	Lobby																			
7	Oficina del Gerente de Ing.																			
8	Secretaría Ejecutiva.																			
9	Ventas.																			
10	Oficina del Presidente.																			

M	Muy Importante.
D	Deseable.
N	No Importante.
I	Indesable.

**Desarrollo.-**

Se harán equipos de cuando mucho 10 alumnos.

Cada uno de los equipos deberá hacer lo siguiente.-

- 1) Hacer el Lay Out de la Empresa mediante el criterio del equipo.
- 2) Hacer el dibujo correspondiente al punto #1
- 3) Hacer el Lay Out de la Empresa conforme la hoja de relación de actividades la cual se debe llenar.
- 4) Hacer el dibujo correspondiente al punto #3
- 5) Comparar los puntos 2 y 4 y expresar las ventajas y desventajas de cada uno de los métodos.
- 6) Reportar junto con los puntos anteriores teoría sobre distribución de planta (2 hojas mínimo ).

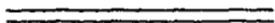
-----

LABORATORIO DE INGENIERIA

INDUSTRIAL

PRACTICA # 2

"DIAGRAMAS DE PROCESO"



## OBJETIVO DE LA PRACTICA,-

Conocer los diagramas de proceso de flujo, así como saber darles una interpretación lógica.

Proporcionar una visión de las relaciones que existen entre acontecimientos que forman un proceso.

## DIAGRAMAS DE PROCESO.-

Cada uno de nosotros (de acuerdo con su trabajo particular), desarrolla durante el día diversas operaciones.

Generalmente haciéndolas de la misma manera; siguiendo día a día los mismos procedimientos. Hemos formado un hábito de nuestro proceder y nunca se nos ha ocurrido pensar en cómo lo hacemos.

Hemos hecho un hábito. Nos hemos acostumbrado de hacerlo todos los días de una u otra manera en forma de procedimiento aunque en un momento dado no nos parezca bien. En los trabajos que ejecutamos y en los que vemos ejecutar, hay frecuentemente un derroche, un desperdicio significativo tanto de esfuerzo como de tiempo.

Es momento de que esta costumbre desaparezca y de utilizar las herramientas del analista de tiempos, conocidas como diagramas de proceso.

El objetivo de los diagramas de proceso es proporcionar una visión rápida de las relaciones que existen entre aconteci-

mientos que forman un proceso. Estos sirven como base para estudiar detalladamente, cada una de las actividades con el fin de Eliminarlas, Combinarlas, Cambiarlas ó Simplificarlas.

#### TIPOS DE DIAGRAMAS DE PROCESO.-

- a) Los diagramas de proceso de operaciones son probablemente los más sencillos; estos, se aplican cuando el proceso consiste en la fabricación y el montaje de varias partes o componentes, cada una consistiendo en una serie de operaciones dentro del proceso global. El diagrama es una representación gráfica de los puntos en que entran los materiales utilizados en el proceso, y del orden en que ocurren todas las inspecciones y operaciones realizadas, salvo aquellas que implican un manejo o manipulación del material. Se incluye la información considerada de utilidad en el análisis, tal como el tiempo requerido o el lugar de los hechos.
  
- b) Diagramas de proceso de flujo.- Cuando agregamos a nuestro análisis los detalles relativos al almacenamiento, el manejo y el movimiento de los materiales, entre cada operación, formamos un diagrama del flujo del proceso, entonces, tendremos un diagrama que muestra todas las operaciones, transportes y almacenamientos del proceso.  
  
La presentación de esta clase de diagramas se hace

de dos formas:

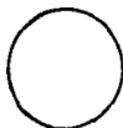
- siguiendo a los materiales en el proceso y
- siguiendo al operador al desarrollar el proceso.

c) Diagramas de recorrido y de hilos.- Estos diagramas son una extensión de los de Proceso de Flujo, ya que la única variante es que el diagrama se desarrolla en un plano del lugar de trabajo, en el cual se muestran las paredes, columnas, puertas de acceso, maquinaria fija, etc. La finalidad de estos, es ver la lógica de desarrollo del proceso en cuanto a las distancias recorridas y en cuanto a la forma de hacerlas.

#### SIMBOLOS DE LAS ACTIVIDADES.-

Los acontecimientos que aparecen en un diagrama de proceso, se han estandarizado, quedando enmarcados en actividades básicas: Operación, Transporte, Inspección, almacenamiento, y una quinta incluida en los últimos años, que es la Demora.

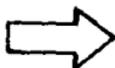
OPERACION.-: El círculo simboliza o designa una operación que se define como sigue:



"Ocurre una operación cuando se cambian intencionalmente las características físicas o químicas de un objeto o cuando se le prepara o se le dispone para otra operación, transporte, inspección o almacena-

miento; Se produce también una operación cuando se da o se recibe información o cuando tiene lugar un planeamiento o un cálculo".

**TRANSPORTE:** Este símbolo se utiliza cuando se mueve un objeto de un lugar a otro, salvo cuando esos movimientos se deben al proceso o al operario en el lugar de trabajo durante una operación o una inspección.



**INSPECCION:** Cuando se examina un objeto para su identificación, para verificar la calidad ó cantidad, o para medir alguna de sus características.



**Almacenamiento:** Ocurre cuando se retiene y se impide cualquier traslado no autorizado de un objeto, así como para tener la materia antes de ser procesada o bien al finalizar la producción.



**Demora:** Ocurre cuando las condiciones no permiten la ejecución del siguiente paso planeado; salvo las inherentes al proceso.



A continuación en una hoja anexa se presenta el formato utilizado para los procesos recorrido (flujo de recorrido).

## DIAGRAMA DE PROCESO DE FLUJO

Pag. de

Proceso

Método actual

Realizó

Fecha

Propuesto

PASO	DESCRIPCION DEL METODO	OPERACION	TRANSV.	INSPECC.	LEMBRA	ALMACENA	CANTIDAD	DISTANCIA	TIEMPO
		○	↓	□	◐	▽			
		○	↓	□	◐	▽			
		○	↓	□	◐	▽			
		○	↓	□	◐	▽			
		○	↓	□	◐	▽			
		○	↓	□	◐	▽			
		○	↓	□	◐	▽			
		○	↓	□	◐	▽			
		○	↓	□	◐	▽			
		○	↓	□	◐	▽			
		○	↓	□	◐	▽			
		○	↓	□	◐	▽			
		○	↓	□	◐	▽			
		○	↓	□	◐	▽			
		○	↓	□	◐	▽			
		○	↓	□	◐	▽			
		○	↓	□	◐	▽			
		○	↓	□	◐	▽			
		○	↓	□	◐	▽			
		○	↓	□	◐	▽			
		○	↓	□	◐	▽			
		○	↓	□	◐	▽			
<b>TOTAL</b>									

## METODOLOGIA. -

La compañía Super Duper, fabrica lámparas de escritorio como se puede observar en las figuras 1 y 2.

Las piezas que componen estas lámparas son las siguientes:

- 2 barras de soporte.
- 1 base.
- 3 tornillos normales.
- 3 tuercas.
- 1 cabeza de lámpara.
- 1 tornillo opresor.
- 1 soquet para lámpara de Neón.
- 1 foco de Neón.
- 1 cable eléctrico.

Las barras se obtienen de perfiles de aluminio calibre 20, además de estos materiales se utilizan plástico, pintura y algunos tornillos de sujeción para el soquet.

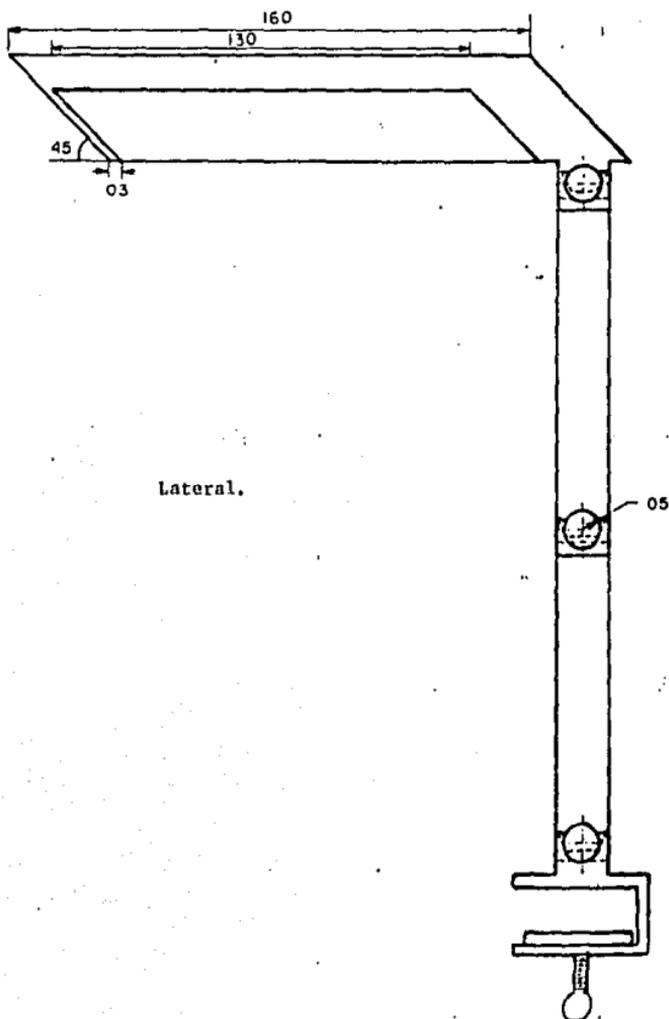
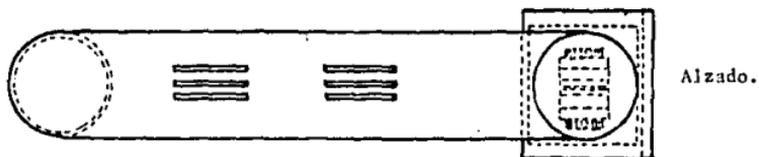
La base se manda hacer en otra fábrica al igual que el opresor y la cabeza de la lámpara, en Super Duper sólo se le da un acabado final y el ensamblado.

El proceso para cada una de las piezas es el que sigue:

### 1) Barras. -

Los perfiles pasan a la sierra cinta donde se les da la forma deseada, en el taladro se le hacen las perforaciones para los tornillos, se soldan los extremos cortados, en el esmeril se lijan los pedazos de material que queden por la

Isométrico de lâmpara.



Producto terminado.

figura 1

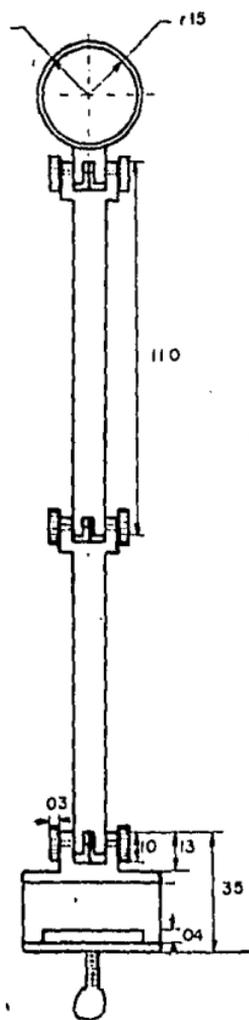


Figura 2.

soldadura, y finalmente pasa a la tina de inmersión para la pintura y al horno para el secado. Posteriormente pasa al ensamblado.

Base.-

La base para darle un buen acabado pasa al esmeril, a la tina de inmersión y al horno.

Tornillos y Tuercas.-

Los tornillos y tuercas para formar las perillas que dan origen al movimiento pasan a la inyección de plástico.

Cabeza.-

La cabeza también se le da un acabado en el esmeril y se pinta en la tina y el horno.

Tornillo opresor.-

Este se fabrica en el torno.

Soquet y foco.-

Tanto el soquet, foco y el cable, pasan directamente a ser ensamblados, provienen del almacén de materias primas.

Suposiciones Adicionales:

-El horno y la tina de inmersión, deben estar un poco alejados del resto del proceso, por el calor que generan.

- Los baños, como ya se mencionó anteriormente, se comparten con las demás áreas de Super Duper, por lo que se deben colocar cerca del ángulo superior izquierdo del tablero usado para la simulación de la fábrica.

- Todos los materiales se encuentran en el almacén de materia prima.

- La escala de producción es de 1:1

Los elementos del proceso son los siguientes:

- 1.- Sierra Cinta.
- 2.- Soldadura .
- 3.- Torno.
- 4.- Esmeril. (2)
- 5.- Tina de inmersión.
- 6.- Horno.
- 7.- Inyección de plástico.
- 8.- Mesas de ensablado (6)
- 9.- Almacén de materias primas
- 10.- Almacén de producto terminado.
- 11.- Baños.
- 12.- Mesas de Inspección. (2)

El tamaño de cada uno de los elementos se anexan en los diagramas A y B , el número corresponde al elemento antes mencionado.

#### DESARROLLO.-

Cada uno de los equipos tendrá que hacer y presentar lo siguiente:

1) Utilizando el tablero que simula la fábrica, hacer el Lay Out de su planta, y poniendo el seguimiento de cada

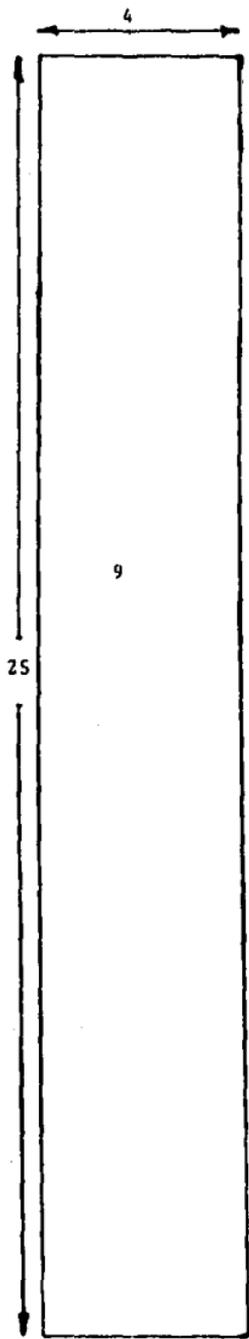


DIAGRAMA A

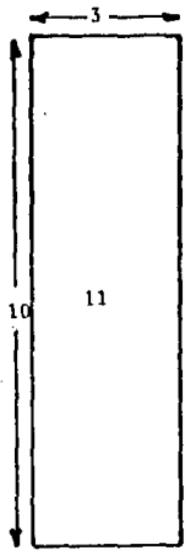
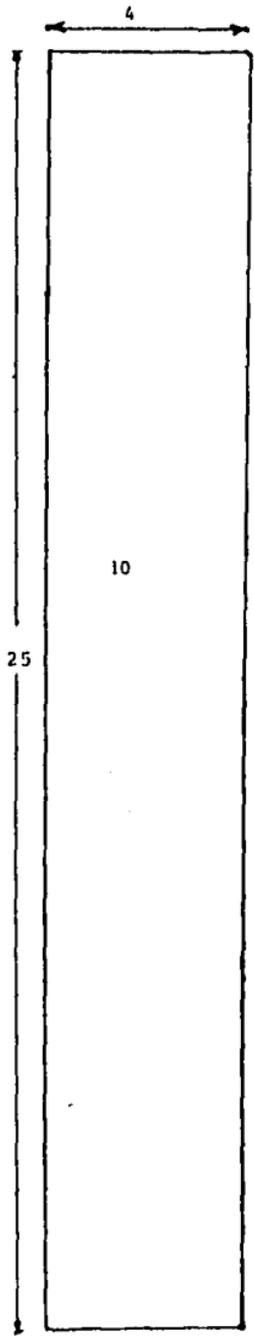
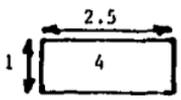
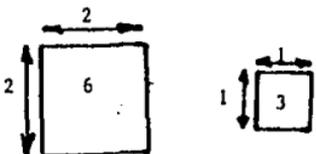
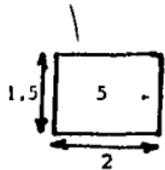
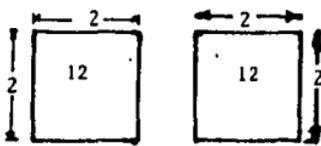
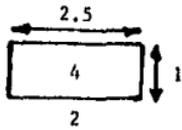
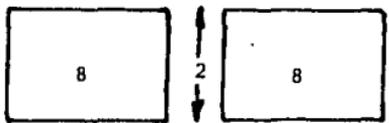
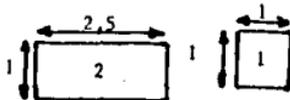
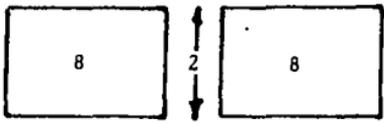
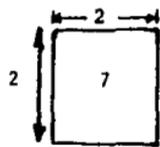
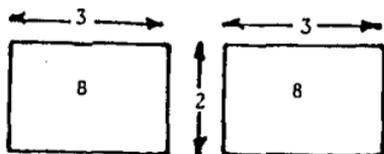


DIAGRAMA 8



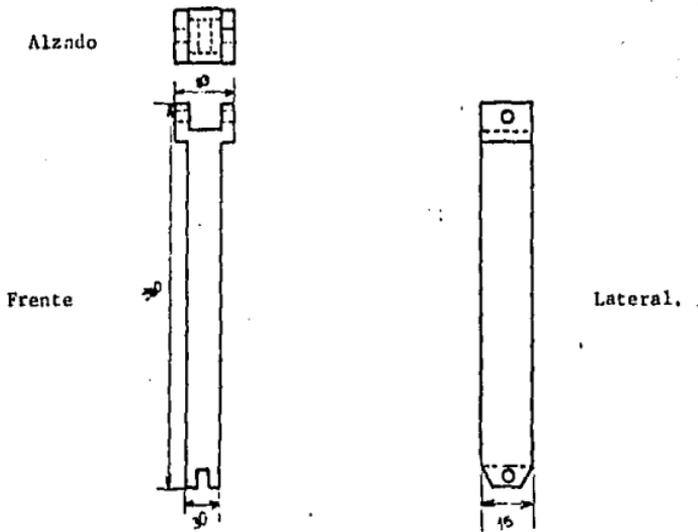
una de las piezas, (diagrama de recorrido), colócalo en el las mesas de inspección que se tienen en el lugar donde se crea conveniente. Pueden utilizar para el Lay Out, la hoja de relación de actividades de la práctica #1

- 2) Hacer el dibujo correspondiente al punto #1
- 3) Hacer el diagrama de proceso de flujo ( formato #1) para cada una de las piezas.
- 4) Presentar conclusiones personales.

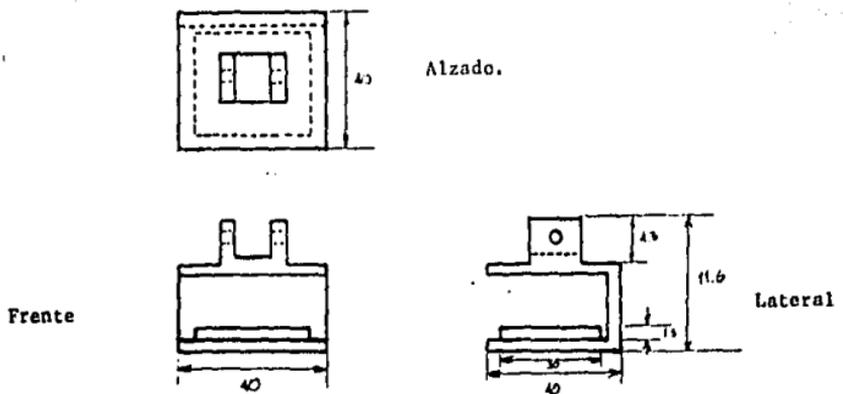
Nota: Se anexan dibujos de cada una de las piezas con sus medidas para dar una idea más clara de la fabricación de la lámpara.

-----

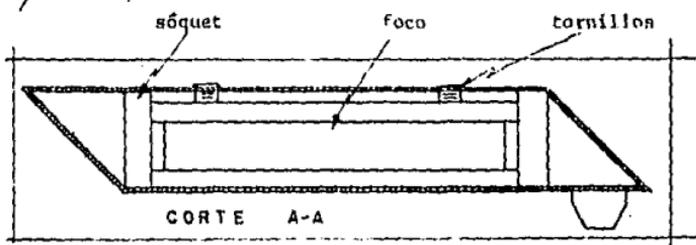
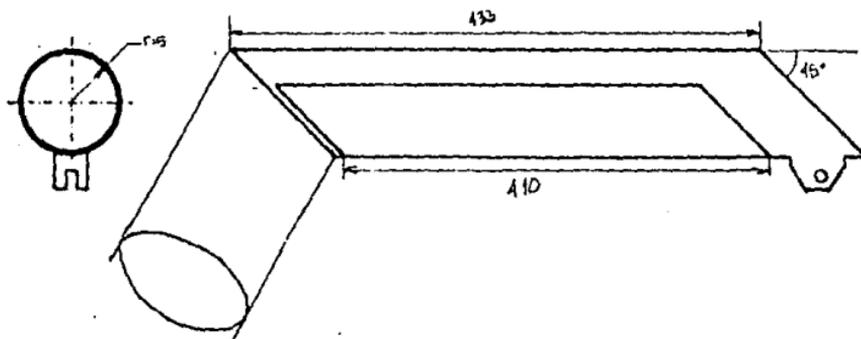
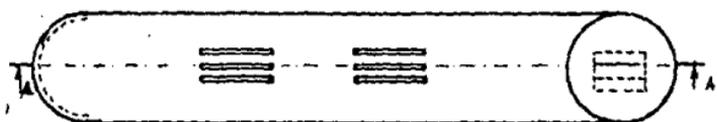
Isométrico de las barras de soporte.



Isométrico de la base.



Cabeza.

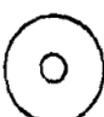
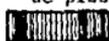


Tornillos

cabeza de plástico



tuerca con cabeza  
de plástico



tornillo  
opresor.



LABORATORIO DE INGENIERIA

INDUSTRIAL

PRACTICA # 3

"UNA FABRICA DE PLUMAS"



## OBJETIVO. -

Conocimiento de las teorías probabilísticas, de líneas de producción, curva de aprendizaje, control de calidad y pronósticos mediante el diseño y puesta en marcha de una fábrica de plumas.

## CURVAS DE APRENDIZAJE. -

En la vida diaria se habrá observado que la cantidad que la gente compra de un bien depende del precio del mismo; cuanto más sube el precio de un artículo menos se vende y viceversa. (tratándose de un artículo de uso común no indispensable) En consecuencia existe una relación concreta entre el precio de un bien y la cantidad comprada de él, a esta relación se le conoce como "curva de demanda o aprendizaje".

Así pueden representarse gráficamente los datos numéricos, poniendo en el eje de las ordenadas el precio del bien y en las abscisas la cantidad demandada.

La curva de la demanda de una determinada colectividad para un bien específico se puede definir como el lugar de los puntos que indican la cantidad máxima del bien que comprará la colectividad, en una unidad de tiempo, a un precio determinado. Representa el intento de relacionar la intensidad de una corriente con un precio, en un instante de tiempo.

Para muchos problemas es útil considerar la curva de la demanda como una línea divisora entre dos espacios: el situado a la izquierda representa los puntos que se pueden alcanzar den-

tro de las condiciones dadas de la demanda; es decir, las cantidades que los compradores estarían dispuestos a adquirir a los precios correspondientes.

El espacio a la derecha de la curva va a representar puntos que no se pueden alcanzar; es decir, las cantidades que los compradores no estarían dispuestos a adquirir a los precios correspondientes.

#### LOS PRONOSTICOS.-

Pronosticar, puede definirse como la técnica para trasladar experiencias pasadas dentro de los acontecimientos futuros. Esto requiere estimar la magnitud y el significado relativo y absoluto de las fuerzas que influirán condiciones futuras de operación.

En el caso más común, una empresa puede manufacturar productos estandar y especiales. Productos estándar son aquellos que la empresa produce para tenerlos almacenados y disponibles debido a que la demanda de estos productos y sus especificaciones son algún tanto predecibles.

Así un pronóstico debe llenar las condiciones siguientes:

- a) El pronóstico debe definir la demanda esperada en unidades físicas.
- b) El pronóstico debe incluir también una indicación de la probable variación en torno a la demanda esperada, admitiendo sin embargo, aquella información que a menudo es muy difícil evaluar.
- c) El pronóstico debe repetirse en periodos futuros, para

permitir los ajustes necesarios de producción.

- e) Finalmente, el pronóstico debe ser hasta cierto punto digno de confianza, puesto que, errores en el mismo pueden costar considerables montos de dinero.

La secuencia de pasos para la elaboración y uso de un modelo de demanda pronosticada son:

- 1) Observar datos históricos (patrones de comportamiento):

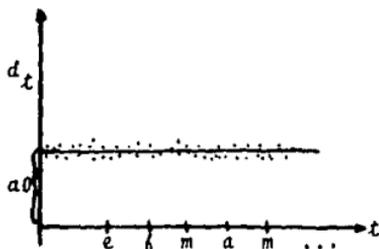
Los patrones de comportamiento son de tres tipos:

- Efecto de estacionalidad.
- Efecto de tendencia.
- Efecto de ciclicidad.

- 2) Construcción del modelo:

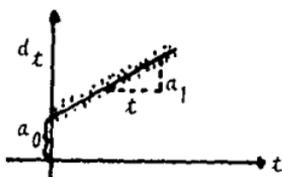
Los patrones de comportamiento (de la demanda) se representan gráficamente y se les da una traducción matemática mediante fórmulas para calcular  $\hat{d}_t$  en cualquier época del año, (t viene a ser la variable independiente).

- a) Estacionalidad:



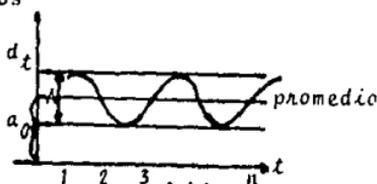
$$\hat{d}_t = a_0 + E_t$$

## b) Tendencia:



$$\hat{d}_t = a_0 + \frac{a_1}{t} + Et$$

## c) Ciclos



$$\text{período} = \frac{2}{n} \text{ rad.}$$

$$\hat{d}_t = a_0 + a_1 \sin wt + a_2 \cos wt + E_t$$

$$A = \sqrt{a_1^2 + a_2^2}$$

## 3) Estimación de los coeficientes:

Basándose en los datos históricos y en la experiencia se obtiene la correlación o grado de dependencia entre dos variables; en otras palabras, obtener si realmente existe una función entre  $d_t$  y  $t$ .

## 4) Cálculo del pronóstico según el modelo:

Calcular una  $d_{t+1}$  (demanda para el siguiente período)

## 5) Monitorear la calidad del pronóstico:

Elaborar una tabla en la que se compare, para cada período, el pronóstico de demanda, la demanda real y el error del pronóstico. La calidad de los pronósticos tiende a

mejorar conforme transcurren más y más períodos, siguiendo un modelo matemático conocido como curva de aprendizaje.

#### CONTROL DE CALIDAD.-

El control de calidad consiste básicamente en un muestreo estadístico aplicado, e incluye procedimientos administrativos para asegurar objetivos de calidad global a costo mínimo. Originalmente el control de calidad consistía en una sola inspección a conciencia del producto ya terminado, y que generalmente tenía lugar antes del embalaje del producto. Pero esta técnica tenía demasiados puntos débiles, pues al no existir un control de los diversos procesos que intervenían en la manufactura, el resultado era un número considerable de piezas inaceptables, al grado de que se pagaba al obrero en función de los artículos buenos producidos, y frecuentemente se le penalizaba por los artículos inservibles. Además, esta clase de inspecciones rigurosas no era del todo confiable, pues además de ser sumamente complejas, el tiempo en que tenían que realizarse resultaba a veces insuficiente.

Se optó entonces por realizar muestreos de la calidad de cada proceso, de modo que el control pasó de ser una inspección laboriosa a la simple comparación entre los datos obtenidos de la muestra y el nivel de calidad deseado.

La técnica más empleada en el control de calidad son las grá-

ficas diseñadas para llevar el control estadístico de una variable deseada. Actualmente el principal objetivo del control de calidad es evaluar no sólo la calidad del producto fabricado, sino emplear estos datos para buscar la causa real por la que un material o producto es inaceptable, y corregir las condiciones indeseables siempre que sea factible. Una inspección simplemente clasifica el material en bueno y malo, mientras que el control de calidad se refiere a identificar y corregir las causas de que los productos sean inaceptables.

#### LÍNEAS DE PRODUCCION.-

Se entiende por líneas de producción la distribución de la maquinaria y demás instalaciones de una planta productiva de manera que se siga el orden en que se deben realizar los procesos de transformación. El diseño de una línea de producción debe asegurar que el paso de una operación a otra sea fácil y sin demora, y que las instalaciones queden dispuestas de manera tal que le eviten al obrero movimientos y esfuerzos innecesarios que puedan disminuir la agilidad del proceso y ocasionar pérdidas de materiales y energía.

El plan de producción tiene que proporcionar las cantidades de producto necesarias en el momento adecuado y aun costo total mínimo, congruente con las exigencias de calidad. El plan de producción debe servir de base para establecer las necesidades de mano de obra y las horas de trabajo, tanto ordinarias como extraordinarias. Además el plan de producción determina

las necesidades de equipo y el nivel de las existencias anticipadas.

METODOLOGIA. - LA COMPANIA BIC-MAC.

La compañía Bic-Mac produce plumas de cuatro tipos diferentes, usted trabaja en la planta ensambladora de estas plumas en donde le llegan las piezas fabricadas en otra de las plantas y usted las entrega ensambladas a los distribuidores.

Los distribuidores realizan su demanda con estimaciones probabilísticas, ya que el mercado se comporta de manera aleatoria y usted tiene el resultado de 20 ciclos en donde las demandas reales fueron las siguientes:

3 veces	-----	20 plumas.
4 veces	-----	30 plumas.
5 veces	-----	25 plumas.
2 veces	-----	45 plumas.
1 vez	-----	14 plumas.
2 veces	-----	35 plumas.
3 veces	-----	28 plumas.

NOTA: estas demandas son iguales para los cuatro tipos de plumas, usted puede darse una idea de como se ha ido comportando el mercado.

De la experiencia de tres ciclos, las demandas reales para

cada uno de los tipos de pluma fueron las siguientes:

	1. BIC	2. CLASIC	3. DE MECANISMO	4. DE ANILLO
c.1	45	28	20	30
c.2	25	30	14	25
c.3	30	25	30	30

Usted va a pronosticar sus demandas para los ciclos restantes de acuerdo a las siguientes fórmulas:

- 1) Para el ciclo 1: promedio simple

$$a_0 = \frac{1}{n} \sum_k^t d_k$$

esto es :

$a_0$  = demanda pronosticada para el primer ciclo

$n$  = número de ciclos reales ( en este caso 3).

$d_k$  = demanda real para el ciclo  $k$ .

- 2) Para los ciclos restantes:

$$d_{t+1} = d_t + \left( \frac{d_t - d_{(t-n)}}{n} \right)$$

en donde:

$d_{t+1}$  = demanda pronosticada para el ciclo  $t+1$

$d_t$  = demanda pronosticada del ciclo anterior ( $t$ )

$d_{(t-n)}$  = demanda pronosticada del ciclo  $t-n$

$n$  = número de demandas reales (3)

Las demandas reales para cada uno de los ciclos, serán obtenidas completamente al azar.

Por esto usted debe ser muy cuidadoso al hacer sus pronósticos de demanda, ya que el distribuidor le cobrará \$600.00 por cada pluma que usted pudiera fabricar y no es entregada en el pedido de cada uno de los ciclos (faltante, esto es si usted pronostica que va a fabricar 14 plumas BIC por ejemplo, y la demanda real resulta de 20, tendrá un faltante de 6 plumas que se cobrará el distribuidor al precio dicho por cada una de las plumas, en este ejemplo serían \$3,600.00).

Por otro lado, la fábrica lo multará con \$500.00 por cada pluma que se quede en inventario, ya que se podían haber vendido a otro distribuidor; Por ejemplo, si usted pronostica 20 plumas CLASIC y la demanda real fué de 14, tendrá un exceso de inventario y solo venderá 14 plumas, por lo que le quedarán 6 que serán multadas con \$3,000.00 en ese ciclo.

El precio de venta de cada una de las plumas es de \$1,000.00  
Los ciclos de producción duran 3 minutos.

#### DESARROLLÓ DE LA PRACTICA.-

Se harán cinco ciclos de producción, y para cada uno de los ciclos se deberá hacer lo siguiente:

- 1) Calcular la demanda pronosticada para cada tipo de pluma, anotándola en el formato # 2.

2) Hacer el diagrama de la línea de producción para el primer ciclo, y si es necesario corregirlo para los ciclos siguientes hacerlo y presentar los que se hayan hecho.

3) Realizar la producción de los diferentes tipos de plumas para ese ciclo de acuerdo al pronóstico hecho.

4) Terminado el ciclo de producción, anotar en el formato la producción de ese ciclo.

5) Obtener la demanda real por medio de las esferitas de unicel y anotarlas en el formato.

6) Determinar el inventario o faltante en su caso y anotarlos en el formato.

7) Contabilizar el número de plumas a vender de acuerdo a la producción y multiplicarlo por 1000 que es el precio de venta.

8) Anotar en la columna de multas el resultado correspondiente a el inventario por 500.00 + el faltante por 600.00 en el caso de que exista.

9) Obtener la utilidad de ese ciclo restando las multas de las ventas y anotarlo en el formato.

- Se harán en total cinco ciclos, aunque en el formato se empezará anotando el ciclo uno como número 4 ya que se tomarán los tres ciclos iniciales que se presentan como base para calcular el pronóstico #1, por lo que el último ciclo será el número ocho.

Al final de los cinco ciclos, se obtendrá la utilidad neta, la cual, será la suma de las utilidades de los cinco ciclos

y restándole \$5,000.00 si el inventario final supera el 10% del promedio de la suma de las demandas reales de todos los ciclos.

A la utilidad neta se le aumentará con \$20,000.00 de bonificación, si en alguno de los ciclos para dos tipos de plumas cuando menos el pronóstico, la producción y la demanda real son iguales.

Se deberá reportar:

- a) Diagrama de la línea de producción .
  - b) Formato #2 llenado con todos los ciclos.
  - c) Gráficas de Producción contra ciclo, utilidad contra ciclo y demanda real contra ciclo.
  - d) Conclusiones personales.
-

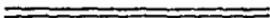


LABORATORIO DE INGENIERIA

INDUSTRIAL

PRACTICA # 4

SIMULACION DE UNA FABRICA DE TRENES DE JUGUETE



**OBJETIVO.-**

-Aprender a utilizar el cronómetro decimal en el ensamble de los trenes de juguete.

Usar los conocimientos adquiridos en laboratorios con anterioridad así como el uso de la banda transportadora.

**CRONOMETRACION.-**

El equipo mínimo que se requiere para llevar a cabo un programa de estudio de tiempos comprende un cronómetro, un tablero o paleta para estudio de tiempos, formas impresas para estudio de tiempos y calculadora de bolsillo.

El estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo, empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondiente a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución pre-establecida.

Puede definirse la cronometración como el modo de observar y registrar, por medio de un reloj u otro dispositivo el tiempo que se tarda en ejecutar cada elemento. El cronómetro se puede utilizar con uno u otro de los tres métodos siguientes:

- a) Acumulativo: Método en que se dejan andar las manecillas del reloj sin hacerlas volver a cero al final de cada elemento, obteniéndose posteriormente el tiempo de cada elemento por resta.

- b) Con vuelta a cero: método en que al final de cada elemento hace volver a cero las manecillas del reloj y se las deja arrancar de nuevo inmediatamente, lo que da el tiempo del elemento directamente.
- c) Por diferencia: método para averiguar el método de uno o varios elementos breves en que se cronometran los elementos agrupados de modo que la primera vez el elemento estudiado esté comprendido en el grupo y la segunda vez esté excluido, lo que permite obtener su tiempo por resta.

Como puede observarse el equipo necesario para el estudio de tiempos o medición de trabajos, no es tan elaborado ni tan costoso como el que se requiere para el estudio de micromovimientos, en general las aptitudes y la personalidad del analista de tiempos es la base para el éxito del estudio y no el equipo utilizado.

#### Tipos de Cronómetros:

- a) Aparato decimal de minutos (de 0.01 min).

El cronómetro decimal de minutos tiene su carátula con 100 divisiones y cada una de ellas corresponde a 0.01 de minuto. Por lo tanto, una vuelta completa de la manecilla mayor requerirá un minuto. El cuadrante pequeño del instrumento tiene 30 divisiones, correspondiendo cada una a un minuto. Por cada revoluc

ción de la manecilla mayor la manecilla menor se desplazará una división, es decir un minuto.

Este cronómetro tiende a ser favorito de los analistas de tiempo, por la facilidad con la que se le registra. Su manecilla mayor se mueve a un 60% de la velocidad de la aguja mayor de un cronómetro decimal de hora, de suerte que los puntos terminales son más claros. Al registrar las medidas de tiempo, el trabajo del analista se simplifica porque las lecturas elementales se hacen en centésimas de minuto, eliminando los ceros que hay que anotar cuando se usa el cronómetro decimal de horas, el cual se lee en diezmilésimos de hora.

b) Aparato decimal de minutos (de 0.001 min.).-

El cronómetro decimal de minutos de 0.001 min, es parecido al anterior, sin embargo en este caso la manecilla mayor o rápida tarda 0.01 minutos en dar una vuelta completa, en vez de un minuto como en el cronómetro decimal de 0.01 min.

Se usa este aparato sobre todo para tomar el tiempo de elementos muy breves a fin de obtener datos estándares.

Existen además cronómetros decimales de doble acción, los cuales constan de dos manecillas largas que dan una vuelta completa en un minuto.

Ambas parten al mismo tiempo, pero al terminar el primer elemento de tiempo y ser oprimido el botón lateral sólo una de ellas se detiene.

c) Aparato decimal de hora (de .0001 de hora.).-

El cronómetro decimal de hora tiene una carátula dividida en 100 partes, pero cada división representa un diezmilésimo de hora.

Una vuelta completa de la manecilla mayor de este cronómetro marcará, por lo tanto, un centésimo de hora, o sea, 0.6 min. La manecilla pequeña registra cada vuelta de la mayor, y una revolución completa de la aguja menor marcará 18 min, es decir, 0.30 de hora.

El aparato decimal de hora es un medidor de tiempo práctico y ampliamente utilizado, ya que la hora es una unidad universal de tiempo que se emplea para expresar rendimiento. Debido a la velocidad de la manecilla mayor suele necesitarse una destreza mayor para leer este cronómetro al tomar tiempo de elementos cortos.

La mayor parte de los cronómetros se fabrican de modo que registren tiempos con exactitud de más o menos 0.025 min sobre 60 min de operación. Las especificaciones oficiales acerca del equipo de cronometraje permiten una desviación de 0.005 min por intervalo de 30 seg .

d) Cromómetro electrónico:

Se dispone actualmente de cronómetros totalmente electrónicos, los cuales proporcionan una resolución de un centésimo de segundo y una exactitud de 0.003%.

MANEJO DE MATERIALES.-

El estudio del manejo de materiales tiene como finalidad principal poder seleccionar adecuadamente el equipo necesario para el transporte tanto de materias primas como de productos terminados y, en general, de toda clase de mercancías. Además se estudia la disposición del almacén en sí a fin de que éste sea funcional en todos sus aspectos (operaciones de carga y descarga, áreas de almacenamiento, ubicación del mismo, etc.).

El manejo adecuado de los materiales permite la entrega de un surtido adecuado de materiales, en el momento oportuno y en condiciones apropiadas en el punto de empleo y con el menor costo total. Es evidente que un buen manejo de materiales debe actuar de acuerdo con la buena administración de los mismos. Por lo tanto un analista deba considerar lo siguiente como un sistema integrado; control de inventarios, política de compras, recepción, inspección almacenamiento, control de circulación, recolección y entrega, distribución de equipo e instalaciones en la fábrica o planta.

Los beneficios del manejo de materiales pueden reducirse a 4 objetivos principales que son:

- 1) Reducción de costos de manejo.
  - reducción de costos de mano de obra.
  - reducción de costos de materiales.
  - reducción de gastos generales.
  
- 2) Aumento de capacidad.
  - incremento de producción.
  - incremento de capacidad de almacenamiento.
  - mejoramiento de la distribución del equipo.
  
- 3) Mejora en las condiciones de trabajo.
  - aumento en la seguridad.
  - disminución de la fatiga.
  - mayores comodidades al personal.
  
- 4) Mejor distribución.
  - mejora en el sistema de manejo.
  - mejora en las instalaciones de recorrido.
  - localización estratégica de almacenes.
  - mejoramiento en el servicio a usuarios.
  - incremento en la disponibilidad del producto.

Un axioma que el analista de métodos debe tener siempre en mente es que la parte mejor manejada es aquella en que se tiene la mejor operación manual. Ya sea que las distancias de movimiento sean grandes o pequeñas, el analista de métodos debe estudiarlas con vistas a su mejoramiento. Considerando los cua-

tró puntos siguientes es posible reducir el tiempo y la energía empleados en el manejo de materiales:

- 1.- Reducir el tiempo destinado a recoger el material.
- 2.- Reducir la manipulación de materiales recurriendo a equipo mecánico.
- 3.- Hacer mejor uso de los dispositivos de manejo existentes.
- 4.- Manejar los materiales con el mayor cuidado.

#### PRODUCCION EN SERIE.-

Una línea de producción es aquella en la que se llevan a cabo los procesos de manufactura que dan como resultado un producto terminado. Los procesos de manufactura son una serie de operaciones (esmerilado, torneado, pintura, etc.) que siguen un orden predeterminado. Por ello, es de gran importancia investigar los aspectos en que un proceso de manufactura ya existente podría ser mejorado con el fin de lograr un ahorro en los costos de producción.

Las mejoras que se pueden introducir en una línea de producción son de cuatro tipos:

- a) Modificar una operación a fin de reducir su costo.

Al tomar una medida de este tipo, se deben tomar en cuenta los efectos que ésta puede tener sobre las demás operaciones; Algunos de los recursos que se pueden emplear para evitar el encarecimiento de otras

operaciones son la reorganización del orden que siguen y la combinación de dos o más.

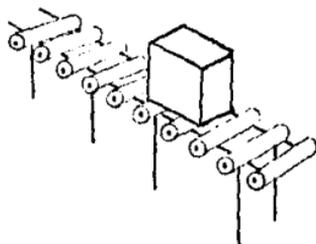
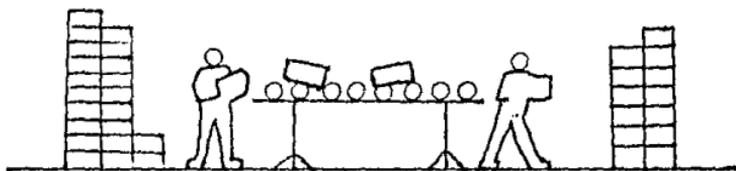
- b) Mecanización de los trabajos manuales. A este efecto existen diversas herramientas mecánicas, tales como martillos y taladros neumáticos o eléctricos, destornilladores eléctricos, alimentadores, etc.
- c) Utilización de mejores máquinas o herramientas. Generalmente existe más de un tipo de maquinaria para realizar una misma operación.
- d) Obtener el máximo rendimiento posible de la maquinaria e instalaciones, de modo que la producción por hora sea también la máxima posible.

En la producción en serie, cada obrero, en vez de realizar las diversas etapas de un trabajo, se encarga nada más que de una parte muy pequeña del proceso, se especializa en un sólo trabajo específico. Por ejemplo, ajusta solamente un perno sobre una rueda.

Por otro lado, se confía a las máquinas todo cuanto sean capaces de hacer. La consecuencia es que toda la producción de la fábrica está muy estandarizada, es decir, que cada pieza es idéntica a otra pieza correspondiente.

Por lo general, en una fábrica bien organizada para la producción en serie se llevan el trabajo al obrero. Gran parte del mismo corre sobre bandas transportadoras, las cuales pueden ser de varios tipos, ya sean de rodillos, hule etc., y llevan

los materiales en donde el obrero ejecuta parte del trabajo que le corresponde, mientras la unidad se desliza ante él. También se utilizan para transportar material o productos de un lado a otro, lo que implica un ahorro de tiempo y energía, como se puede ver en las figuras que a continuación se muestran:



TRANSPORTADOR DE  
RODILLOS.

## PRINCIPIOS DE ECONOMIA DE MOVIMIENTOS.-

Existen varios principios de economía de movimientos, que son resultado de la experiencia y que constituyen una base excelente para idear métodos mejores en el lugar de trabajo. Frank Gilberth, fundador del estudio de movimientos, fué el primero en utilizarlos y posteriormente fueron ampliados por otros especialistas particularmente el profesor Barnes. Se pueden clasificar en tres grupos:

- A.- Utilización del cuerpo humano.
- B.- Distribución del lugar de trabajo.
- C.- Modelo de las máquinas herramientas.

### A.- Utilización del cuerpo humano.-

Siempre que sea posible:

- I.- Se debe tratar que las dos manos comiencen y completen sus movimientos a la vez.
- II.- Nunca deben de estar inactivas las dos manos a la vez a menos que se encuentren en periodo de descanso.
- III.- Es preferible que se realicen los movimientos continuos y curvos a los movimientos rectos en los que hay cambio de dirección repentinos y bruscos.
- IV.- El ritmo es esencial para la ejecución suave y auténtica de las operaciones repetitivas y el trabajo debe de disponer de modo que se pueda hacer un ritmo fácil y natural siempre que sea posible.

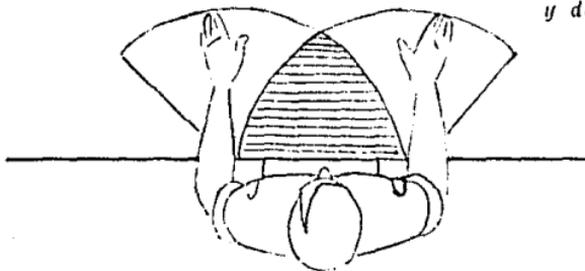
V.- El trabajo debe disponerse de modo que los ojos se muevan dentro de límites cómodos y no sea necesario cambiar de foco a menudo.

B.- Distribución del lugar de trabajo.-

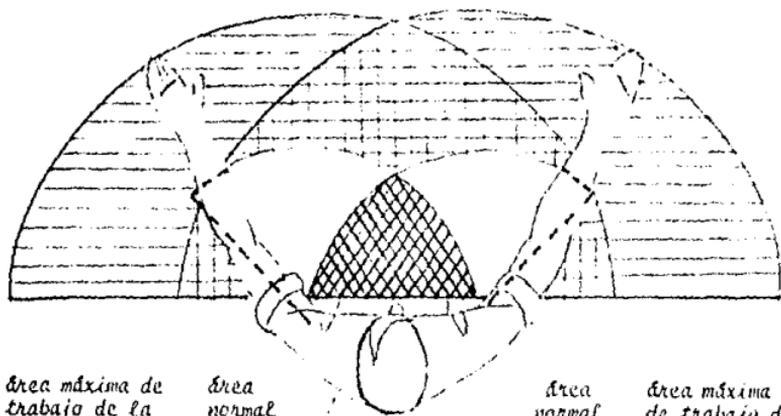
- I.- Debe haber un sitio definido y fijo para todas las herramientas y materiales, con objeto de que se adquieran hábitos.
- II.- El color de la superficie de trabajo deberá contrastar con la tarea que se realiza, para disminuir así la fatiga de la vista.
- III.- Los materiales deben estar distribuidos de acuerdo a la extensión normal de los brazos sin necesidad de esfuerzos extras, como se puede observar en las siguientes figuras:

AREA NORMAL DE TRABAJO

movimientos de los  
dedos, de la muñeca  
y del codo.



AREA MAXIMA DE TRABAJO.  
movimiento de los hombros.



Área máxima de  
trabajo de la  
mano izquierda

Área  
normal  
de trabajo

Área  
normal  
de trabajo. Área máxima  
de trabajo de la mano derecha.

C.- Modelo de las Máquinas Herramientas.-

- I.- Debe evitarse que las manos estén ocupadas sosteniendo la pieza cuando esta pueda sujetarse con una plantilla, brazo o dispositivo accionado por el pie.
- II.- Siempre que sea posible deben combinarse dos o más herramientas.
- III.- Las palancas, barras cruzadas y volantes de mano, deben de situarse en posiciones que permitan al operario manipularlos con un mínimo de cambio de posición del cuerpo y un máximo de ventajas mecánicas.

**METODOLOGIA.-**

Usted es dueño de una fábrica ensambladora de trenes de juguete, cuenta con una banda transportadora, mesas de trabajo y cajones en donde tiene la materia prima, (partes del tren); Esta materia prima la recibe de otra fábrica y usted lo que hace es ensamblar los carros de los trenes, los cuales son de seis tipos diferentes, las componentes de cada uno de los tipos de trenes se presentan en la tabla #1.

Con los seis diferentes tipos de carros, se ensamblan seis tipos de trenes diferentes, en donde la diferencia de uno y otro es únicamente el número de carros de cada tipo con los que se cuenta; esta relación aparece en la tabla #2.

Los trenes se venden por pedidos los cuales son de cuatro tipos diferentes:

**Pedido A.-**

un tren petrolero,  
dos trenes de abastos,  
un tren bala.

**Pedido B.-**

un tren petrolero,  
un tren de abastos,  
un tren bala,  
un tren comercial.

TABLA #1

COMPONENTES CARROS															
	clasis	Plantas	C/ies	cañonera	cañón	chomenea	faro	cuerpo n/c	ventana	base faja	tableros	puercos	cuadrados	pernos	tornezcos
MAQUINA	1	4	2	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
PIPA	1	1	2	-	-	-	-	1	-	-	2	-	-	-	-
CABUZ	1	4	2	-	-	-	-	1	1	2	-	-	-	-	-
PLATAFORMA	1	4	2	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
BODEGA	1	4	2	-	-	-	-	1	-	-	-	-	2	-	-
DORMITORIO	1	4	2	-	-	-	-	1	2	1	-	-	-	-	-

Nota: la plataforma lleva una base y el dormitorio y cabuz llevan tapa.

El cabuz y el carro dormitorio, serán el mismo, únicamente cuando se requiera fabricar carros dormitorio, se les agre para las ventanas.

El cuerpo puede ser (n) o (c), el (n) es un cuerpo rectangular para el Cabuz, Bodega y Dormitorio, y el (c) es un cuerpo cilindrico para la Pipa.

TABLE #2

TRENES	CARROS					
	M	PP	B	C	PL	D
ESPECIAL	2	3	3	1	3	-
REGIONMONTAÑO	1	-	-	-	-	5
PETROLERO	1	4	-	1	1	-
COMERCIAL	1	-	3	1	3	-
AGASIOS	1	3	5	1	1	-
SALA	1	-	-	-	-	2

M= Máquina

PP= Pápa

B= Bodega

C= Cabuz

PL= Plataforma

D= Dormitorio

## Pedido C.-

un tren petrolero,  
un tren de abastos,  
un tren regiomontano,  
un tren especial.

## Pedido D.-

un tren regiomontano,  
dos trenes especiales.

Los tiempos de ensamble para cada uno de los carros es el siguiente:

Máquina - 36 seg  
Pipa - 24.7 seg  
Cabuz - 37.95 seg  
Plataforma- 8.08 seg  
Bodega - 24.05 seg  
Dormitorios - 42.95 seg

Los tiempos de ensamble para cada tipo de trenes son los siguientes. (partiendo de los tiempos de operación por carro):

Especial - 4.40 min  
Regiomontano- 4.30 min  
Petrolero - 3.00 min  
Comercial - 3.00 min

Abastos - 3.10 min

Bala - 2.05 min.

De acuerdo a estos tiempos de operación, los tiempos de operación para cada uno de los pedidos, los cuales serán utilizados para el ensamble de los trenes, son los siguientes:

Pedido A - 11.05 min

Pedido B - 11.15 min

Pedido C - 14.8 min

Pedido D - 12.8 min

Se pretende que se reduzcan los tiempos de operación de ensamble para cada tipo de los pedidos, por lo que los tiempos que se usaran en la fabricación de cada pedido, son los siguientes:

Pedido A - 8 min

Pedido B - 9 min

Pedido C - 11 min

Pedido D - 11 min.

En estos nuevos tiempos de operación se considera ya incluido:

- El ensablado de cada uno de los trenes del pedido.
- Enganchar cada uno de los carros.
- Control de calidad de cada uno de los trenes del pedido,

tomando en cuenta la posibilidad de rechazo y fabricación de otro.

- Entrega del pedido.

Cada uno de los pedidos implica un costo fijo que es el siguiente:

PEDIDO	COSTO FIJO
A	30,000
B	35,000
C	55,000
D	65,000

Cada uno de los pedidos incurren en costos variables, los cuales dependerán del tiempo que se lleven de más al tiempo de operación por pedido, esto es, para todos los pedidos, por cada minuto o fracción que se pasen en la fabricación y entrega (tiempo de operación) su costo variable será:

TIEMPO	COSTO VARIABLE
de 0 a 1 min	15,000
de 1 a 2 min	22,000
de 2 a 3 min	30,000
de 3 a 4 min	40,000
de 4 a 5 min	70,000
de 5 a 6 min	80,000
de 6 a 7 min	90,000
de 7 a 8 min	100,000
de 8 a 9 min	120,000
de 9 a 10 min	150,000

de 8 a 9 min	120,000
de 9 a 10 min	150,000

En el caso de pasarse más de 10 min, se rechazará el pedido y se cobrará una multa de 160,000.

Esto es: en un ciclo de fabricación para un pedido determinado, este pedido tendrá un costo fijo y uno variable, de acuerdo a lo ya expuesto anteriormente, pero si el tiempo de fabricación sobrepasa los diez minutos al tiempo estipulado para fabricar ese pedido, se rechazará el pedido, no se podrá vender y se les pondrá la multa ya mencionada en ese ciclo.

Los precios de venta para cada uno de los pedidos serán:

PEDIDO	PRECIO DE VENTA
A	90,000
B	100,000
C	160,000
D	200,000

#### DESARROLLO DE LA PRACTICA.-

1) Estimar los tiempos de operación para cada uno de los carros.- El equipo tomará los tiempos de operación y los anotará en una hoja, cronometrando cada una de las operaciones necesarias para armar cada uno de lo carros.

Estos tiempos tomados por los alumnos, los compararán con los

tiempos de operación expuestos en la práctica. Sin embargo, para los efectos de la práctica, utilizaran los tiempos dados, y no los que haya sacado el equipo.

2) Diseñar la distribución de materiales para la fabricación y el ensamble de los trenes del pedido, (diagrama de la línea de producción).

3) Hacer 3 ciclos de producción. -

Para cada uno de los ciclos de producción se hará lo siguiente:

a) Escoger una de las esferitas de unicel al azar, en donde viene el pedido a realizar para ese ciclo, anotar en el formato #3.

b) anotar en el formato el tiempo de operación estipulado ( $T_0$ ) .

c) De acuerdo al pedido, calcular el número de carros de cada tipo que será necesario construir.

d) Se procede a armar los carros en la línea de ensamble, para después enganchar los carros de acuerdo al tipo de trenes del pedido, cronometrando el tiempo de producción o fabricación.

e) El ensamble de cada uno de los carros será de acuerdo al diagrama propuesto para cada uno de los carros.

f) Una vez entregado el pedido, se toma el tiempo y se anota en el formato #3 ( $T_F$ ), se saca la diferencia ( $T_F - T_0$ ) y se anota en el formato, se anota el costo fijo para ese pedido, y el costo variable en caso de haya habido, así como el

precio de venta y/o las multas correspondientes.

f) Se calcula la utilidad de ese ciclo como el precio de venta menos los costos y se anota en el formato.

g) regresar al paso a. Regresar toda la materia prima a los cajones desarmando los trenes.

4) Calcular la utilidad total de los tres ciclos .

Se debe reportar:

- 1) Ventajas de la cronometración.
- 2) Diagrama de la línea de producción.
- 3) Formato lleno con los resultados de los tres ciclos.
- 4) Gráficas de utilidad contra tiempo de fabricación, y costos contra tiempo de fabricación.
- 5) Conclusiones personales.

-----

El ensamble de cada uno de los carros del tren es como sigue:

Ensamble de Máquina:

- 1) Chassis máquina
- 2) Cabina
- 3) Caldera
- 4) Faro
- 5) Chimenea
- 6) Ejes (2)
- 7) Llantas (4)

Se insertan las llantas(#7) en los ejes(#6) y se atraviesan al chasis (#1) poniendo las llantas restantes a presión, sobre el chasis se coloca la cabina(#2) y la caldera(#3) atravesando por estas y por la pared del chasis el faro(#4). Se atornilla con la tuerca como se muestra y la chimenea(#5) se atornilla sobre la caldera(#3).

**Ensamble de la Pipa:**

- 1) Chassis general
- 2) Cuerpo de Pipa
- 3) Pernos redondos (2)
- 4) Ejes (2)
- 5) Llantas (4)

Se insertan los ejes y llantas, se pone el cuerpo(#2) sobre el chasis(#1) y se atraviesan los pernos (#3) en el cuerpo y el chasis atornillandose como se muestra en el diagrama.

**Ensamble de Bodega:**

- 1) Chassis general
- 2) Cuerpo de Bodega
- 3) Pernos cuadrados(2)
- 4) Ejes (2)
- 5) Llantas (4)

El armado es similar a la Pipa.

**Ensamble de Plataforma:**

- 1) Chassis de Plataforma
- 2) Base
- 3) Ejes (2)
- 4) Llantas (4)
- Tornillos con tuerca (4)

Se insertan los ejes y las llantas como se ha especificado anteriormente. Se pone la base(#2) sobre el chassis(#1) atravesando con los cuatro tornillos por la base y el chassis y se atornillan por debajo.

**Ensamble de Cabuz:**

- 1) Chassis general
- 2) Cuerpo de cabuz
- 3) Tapa
- 4) Pernos redondos (2)
- 5) Ejes (2)
- 6) Llantas (4)

Una vez puestos los ejes y las llantas, se pone el cuerpo (#2) sobre el chassis (#1) y sobre este la tapa(#3) , atravesando los dos pernos(#4) por la tapa, cuerpo y chassis para atornillarlos por debajo, tal como se muestra en el diagrama.

**Ensamble de Dormitorio:**

- 1) Cabuz
- 2) Ventanas (2)

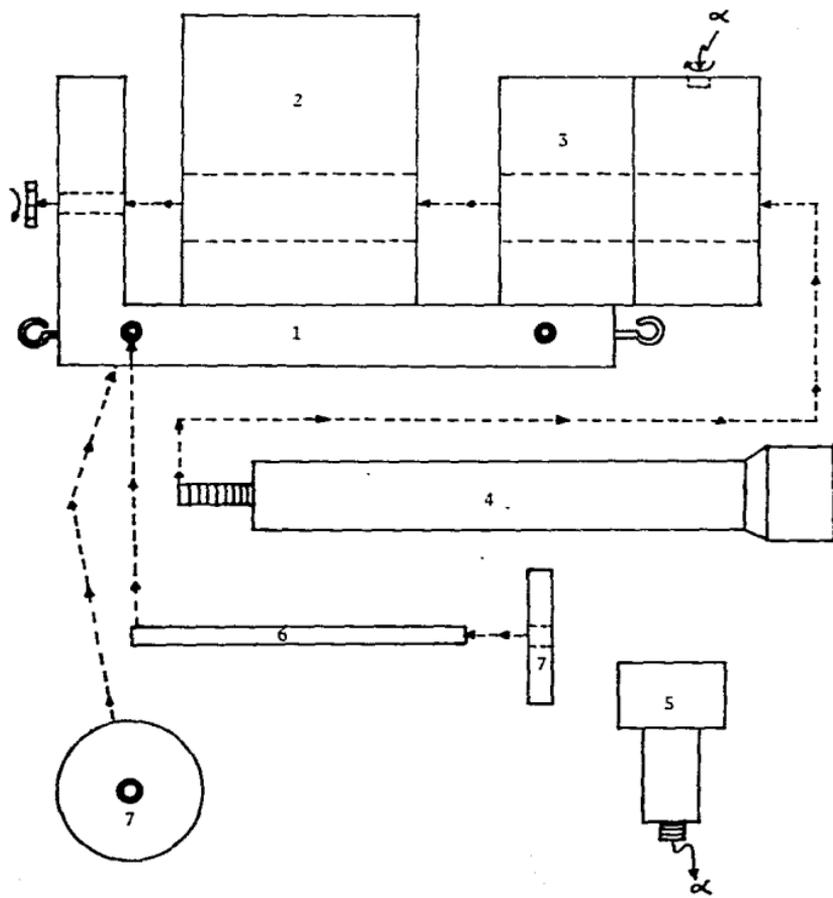
Una vez armado el cabuz, se procede a pegar las ventanas (#2) utilizando para ello cinta adhesiva en el extremo de cada una de ellas tal como se muestra en el diagrama.

En las siguientes páginas se muestran los diagramas de ensamble de cada uno de los carros que componen el tren.

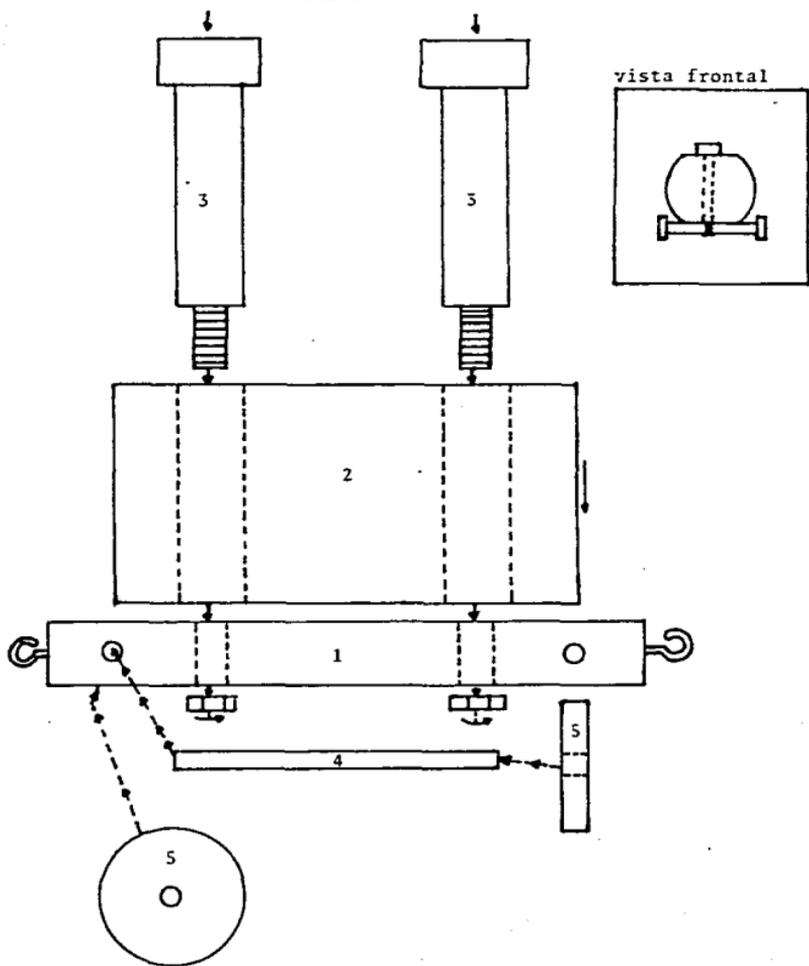
-----



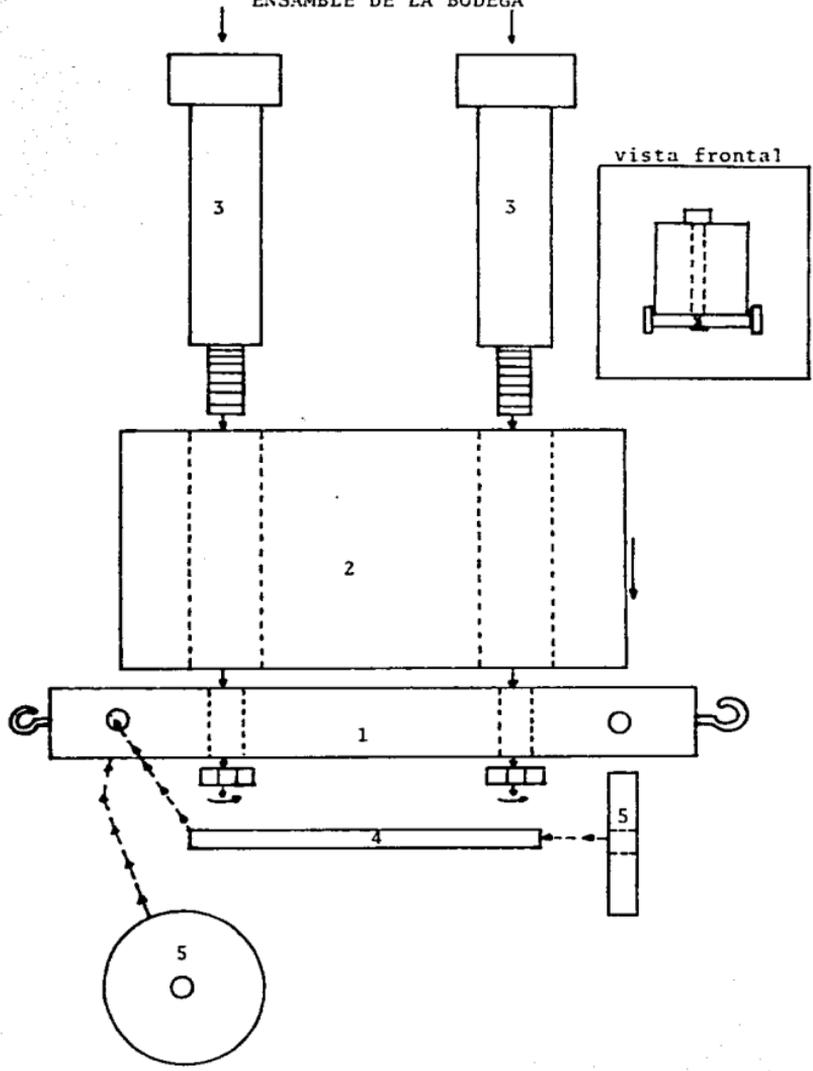
ENSAMBLE DE LA MAQUINA



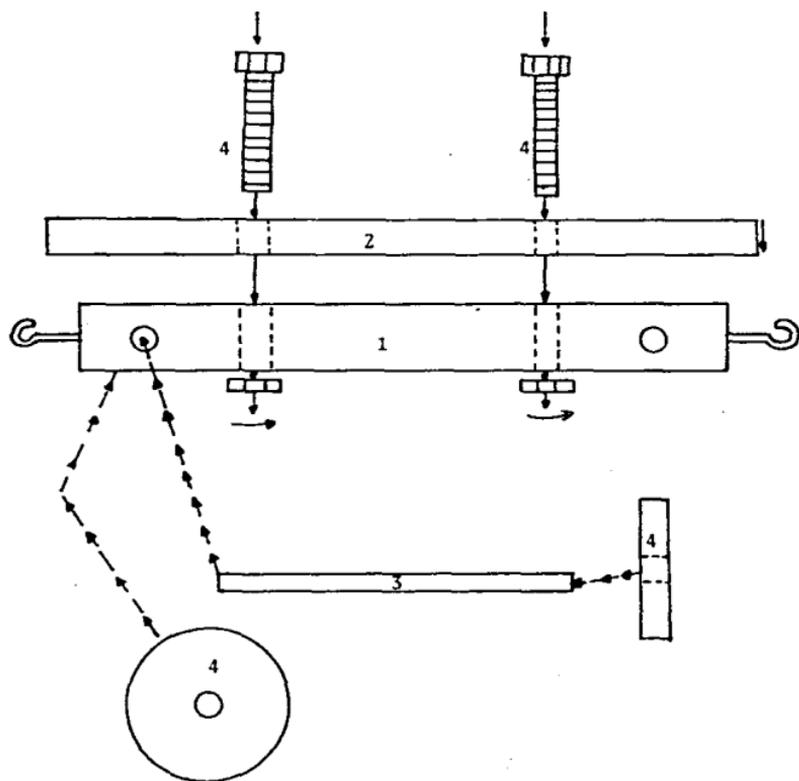
ENSAMBLE DE LA PIPA



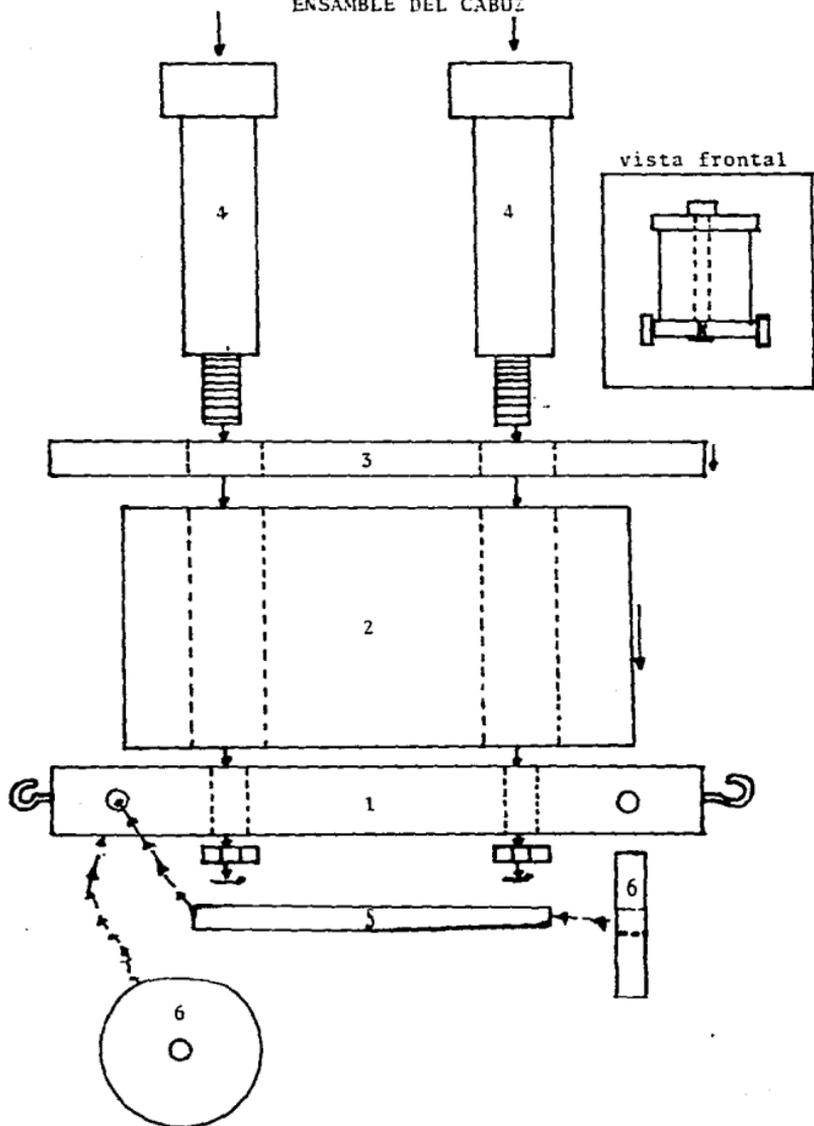
ENSAMBLE DE LA BODEGA



ENSAMBLE DE LA PLATAFORMA



ENSAMBLE DEL CABUZ



# ENSAMBLE DEL DORMITORIO

