

300617

29
2ej'



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA

**INCORPORADA A LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**PROPUESTA PARA ELEVAR LA EFICIENCIA
DEL SISTEMA DE PRODUCCION EN UNA
PLANTA DE ENSAMBLE**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA INDUSTRIAL

P R E S E N T A :

JAVIER MONTAÑO ACOSTA

DIRECTOR DE TESIS:

Ing. José Manuel Cajigas Roncero

México, D. F.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1991



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.

CONTENIDO

INTRODUCCION Y ANTECEDENTES			2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA			4
CAPITULO	I	ANALISIS DEL PROCESO	7
	I.I	DIAGRAMAS DE PROCESO	
	I.II	EVALUACION DEL PROCESO ACTUAL	23
	I.III	PROPUESTA DE MEJORAS	28
CAPITULO	II	DETERMINACION DE ESTANDARES	34
	II.I	TECNICAS DE ESTUDIO DE TIEMPOS	37
	II.II	ELECCION DE UNA TECNICA	39
	II.III	APLICACION PRACTICA: RESULTADOS	44
CAPITULO	III	SECUENCIA DE OPERACIONES Y BALANCE	49
	III.I	TECNICAS DE BALANCE DE LINEAS	51
	III.II	DESARROLLO DE UN SISTEMA DE BALANCE DE LINEAS	58
	III.III	ANALISIS DEL DESEQUILIBRIO DE LA LINEA	75
CAPITULO	IV	BENEFICIOS ECONOMICOS DEL PROYECTO	81
CONCLUSIONES			92

INTRODUCCION Y ANTECEDENTES

La empresa "ANUNCIOS Y SERVICIOS" fué fundada con el fin de fabricar anuncios con luz propia para satisfacer las crecientes necesidades de publicidad exterior de "CERVECERIA CUAHUTEMOC".

El proceso de fabricación desde entonces ha sido completamente artesanal y por esta razón al aumentar la demanda, aumenta proporcionalmente la mano de obra empleada llegando a tener hasta 52 personas en planta que difícilmente cubren con la demanda requerida.

Esto afecta directamente las utilidades de la empresa y por lo tanto su crecimiento; de aquí se desprende la importancia que tiene la aplicación de técnicas que llevan a la optimización de los procesos. Actualmente la tendencia de la industria en el mundo entero es lograr excelente calidad a bajo costo y esto solo es posible optimizando y evaluando los procesos productivos constantemente.

Este trabajo pretende lograr dicha optimización a través de una metodología establecida y aplicada directamente a la fabricación de los anuncios en cuestión, pero sin embargo está de tal forma desarrollado que aplicando la metodología descrita puede llevarse a cabo la optimización de cualquier proceso con semejantes resultados en las empresas de producción de bienes (principalmente líneas de ensamble).

La estructura del trabajo básicamente abarca desde el análisis de la situación actual hasta la reorganización de la planta productiva desarrollado en cuatro capítulos:

El primer capítulo es una descripción detallada del proceso, necesaria para analizarlo y detectar sus deficiencias proponiendo mejoras para facilitar el desempeño de las tareas.

El segundo capítulo determina el tiempo estandar para cada operación en base a una técnica elegida en su momento.

El capítulo tercero es en sí el diseño de la división del trabajo, balanceando la línea y canalizando la fuerza de trabajo para su mejor aprovechamiento.

El cuarto capítulo analiza las repercusiones económicas del proyecto y sus beneficios con el fin de proporcionar una base sobre la cual poder tomar una correcta decisión en cuanto a la conveniencia o no de implantar el proyecto.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Toda empresa para ser competitiva requiere tener alta eficiencia y productividad, lo cual solo se logra a través del adecuado desarrollo y aplicación de métodos específicos para cada proceso productivo y de la esmerada organización de sus departamentos.

También es muy importante la determinación de estándares de producción que le permitan adquirir compromisos que será capaz de cumplir, de lo contrario el departamento de ventas se podría comprometer a entregar cantidades de producto que la empresa no podrá cumplir.

Es aquí donde radica la importancia de hacer un análisis profundo en cuanto a métodos y estándares de producción cuando una empresa no cuenta con ellos, para desarrollarlos y aplicarlos estratégicamente en los departamentos que lo requieran.

De no ser así la empresa perderá credibilidad ante sus clientes al no poder cumplir con los compromisos contraídos, o bien si logra cumplir con ellos lo hará apresuradamente poniendo en juego su calidad y quizá la seguridad de sus empleados.

La mayoría de las empresas comprenden esta problemática y han buscado la forma de resolverla encontrando valiosas aportaciones en la ingeniería industrial.

Una empresa dedicada a la construcción y comercialización de anuncios luminosos se encuentra en disponibilidad de aplicar dichos principios y constituye el campo de aplicación de el presente trabajo de tesis.

Esta empresa ha ido creciendo conforme a las necesidades de publicidad de la división cerveza del grupo industrial VISA ya que es esta división su principal cliente. Por lo mismo está avocada a la fabricación sobre pedido.

La fabrica fue instalada en un área que originalmente no estaba planeada para este efecto y por lo mismo no fueron planeados los lugares de trabajo más que empíricamente, ni tampoco los métodos de producción.

Así la planta trabaja sin haberse obtenido estandares de producción que permitan tener una idea exacta de la capacidad que puede obtenerse de la misma.

Por medio de los métodos de estudio del trabajo y de la ingeniería industrial, se pretende obtener el siguiente objetivo general:

Aplicar los principios de la ingeniería industrial para lograr la optimización del proceso productivo arriba descrito.

Objetivos específicos :

- Analizar la situación del proceso actual.
- Obtención de estándares de producción.
- Estudiar y proponer la utilización de nuevos materiales.
- Proponer la obtención de la máxima eficiencia en la planta por medio de un sistema de balanceo de líneas de producción.
- Realizar análisis de las repercusiones económicas del proyecto.

ANALISIS DEL PROCESO

El análisis del proceso de fabricación es básico para tener una visión de conjunto y poder evaluar objetivamente su eficiencia y productividad. Este análisis se basa en la representación en un diagrama de todas las operaciones que intervienen en dicho proceso, con el fin de determinar de cada operación, si es o no necesaria, si es o no posible realizarla al mismo tiempo que otra, si se requieren herramientas especiales, en fin si se está realizando con el mejor método posible.

I.1 .- DIAGRAMAS DE PROCESO

Los diagramas de proceso son la representación paso a paso de todas las operaciones que forman el proceso, incluyendo las demoras que se presenten, los almacenajes y los transportes necesarios.

En la elaboración de dichos diagramas se recomienda presentar las operaciones de cada departamento por separado, logrando con esto, una visión global que permitirá analizar debidamente el proceso y comenzar a visualizar mejoras, junto con las repercusiones que estas traerían en el resto del proceso.

En ocasiones será necesario un estudio más profundo de alguna de las operaciones, lo cual podrá ser descubierto durante la

elaboración de los diagramas de proceso.

Inicialmente FRANK BUNKER GILBRETH propuso cuarenta símbolos que permitían la completa descripción de los procesos en un diagrama, pero mas adelante se pudieron resumir a cuatro símbolos principales que engloban todas las actividades que describían aquellos cuarenta símbolos. Sin embargo no fue sino hasta 1947 que la "American Society of Mechanical Engineers" ASME estableció cinco símbolos estandar como una modificación de los cuatro símbolos abreviados de GILBRETH aumentando un símbolo para representar una demora en una operación y modificando el símbolo que representaba el transporte de algún material. (FIGURA 1.1)

No obstante es posible que alguna empresa requiera símbolos más específicos que representen alguna determinada operación y podrá entonces desarrollar sus propios símbolos, sin embargo la experiencia ha demostrado que para que los diagramas sean fáciles de entender y prácticos en su construcción, es recomendable utilizar la menor cantidad de símbolos que sea posible.

A continuación se describe brevemente la aplicación de cada uno.

OPERACION.- Ocurre una operación siempre que un objeto es modificado en una o más de sus características intencionalmente.

TRANSPORTE.- Ocurre un transporte siempre que un objeto es llevado de un lugar a otro, excepto cuando el movimiento es parte integral de la operación.

INSPECCION.- Siempre que un objeto es examinado para compararlo con un estandar ya sea de calidad o de cantidad, ocurrirá una inspección.

DEMORA.- Ocurre cuando la operación subsiguiente no se lleva a cabo en el momento en que estaba planeada.

ALMACENAMIENTO.- Ocurre cuando se guarda un objeto en un lugar específico de modo que para obtenerlo, se requiere de una autorización.

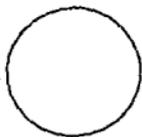
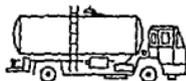
Es también factible que algunas veces sea necesario hacer dos operaciones simultáneamente, en el mismo lugar de trabajo lo cual puede representarse combinando los símbolos correspondientes.

DIAGRAMAS DE PROCESO

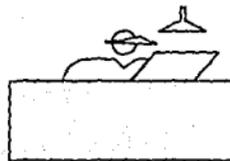
SIMBOLOS



TRANSPORTE



OPERACION

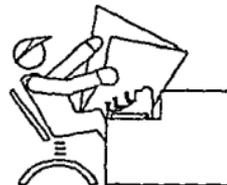


DIAGRAMAS DE PROCESO

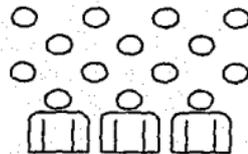
SIMBOLOS (CONT)



INSIPECCION

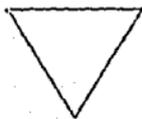


DEMORA

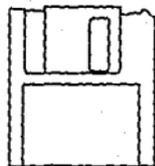
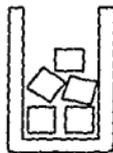
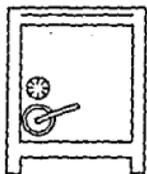


DIAGRAMAS DE PROCESO

SIMBOLOS (CONT)



ALMACEN



Los pasos a seguir que se recomienda en la elaboración de un diagrama de proceso son:

- 1) Determinar cada actividad que se va a estudiar.
- 2) Definir con exactitud el punto de inicio y el punto final de la actividad a estudiar, cerciorándose que se cubre en su totalidad.
- 3) Realizar una hoja de diagrama de proceso que guarde la siguiente estructura:
 - a) Encabezado.
 - b) Descripción del proceso
 - c) Diagrama
- 4) Tabla que contenga el número de operaciones, demoras, transportes e inspecciones y almacenes.
- 5) Obtener una vista de planta de cada departamento en que figure la localización de las máquinas y lugares fijos ya definidos del proceso.
- 6) Dibujar sobre este plano todas las distancias que recorre el material a escala.

Para facilitar la elaboración de los diagramas de proceso, se pueden sustituir los símbolos por la primera letra de la palabra que representan cada uno de ellos; así fue como se desarrollaron en esta investigación.

Cada etapa del proceso para la fabricación de marquesinas y anuncios luminosos está representada por separado en los siguientes diagramas.

ANUNCIOS LUMINOSOS

- 1) OREJAS.
- 2) BASTIDOR.
- 3) GABINETE DE ALUMINIO.
- 4) CARATULAS DE ACRILICO.
- 5) ACCESORIOS.
- 6) ENSAMBLE Y ELECTRIFICADO.
- 7) HUACAL PARA ENFACAR EL PRODUCTO.

DIAGRAMA ANALITICO DE PROCESO						
DIAGRAMA No. 5 HOJA No. 1		RESUMEN				
PRODUCTO	CARATULAS DE ACRILICO (IMPRESION INTERNA)	ACTIVIDAD	ACTUAL	PROP.	DIF.	
		OPERACION	9	8	3	
		TRANSPORTE	9	8	3	
		ESPERA	D			
		INSPECCION	□			
METODO		ALMACEN	▽			
	ACTUAL <input checked="" type="checkbox"/>					
	PROP. <input type="checkbox"/>					
DESCRIPCION	DIST. (MTB)	TPO. (MIN)	SIMBOLOS			
			○	⇌	D	□
SACAR ACRILICO DEL ALMACEN						
TRASLADO A CORTE DE ACRILICO	3					
CORTAR A LA MEDIDA		11.58				
TRASLADO A IMPRESION INTERNA	2					
IMPRESION (TKT)		15				
TRASLADO A MOLDEO	20					
MONTAR EN BASTIDOR PARA HORNEADO		.3				
TRASLADO A HORNO	3					
HORNEADO		9				
TRASLADO A PRENSA	3					
PRENSADO		9				
DESMONTAR DE BASTIDOR Y CORTIGADO		3				
TRASLADO A PERFILADO	6					
PERFILADO Y REDONDEADO		7.6				
TRASLADO A LAVADO	19.74					
LAVADO Y SECADO		9.03				
TRASLADO A PINTURA	3					
RETOCADO Y FONDEADO		11				
TRASLADO A ENSAMBLE Y ENSAMBLE	4					
TOTAL	83.74	75.39				

DIAGRAMA ANALITICO DE PROCESO								
DIAGRAMA No. 6 HOJA No. 1		RESUMEN						
PRODUCTO	ACCESORIOS PARA LP	ACTIVIDAD	ACTUAL	PROP.	DIF.			
		OPERACION <input type="radio"/>	8	2	6			
		TRANSPORTE <input type="checkbox"/>	2	2	0			
METODO	ACTUAL <input checked="" type="checkbox"/> PROP. <input type="checkbox"/>	ESPERA <input type="checkbox"/>	D					
		INSPECCION <input type="checkbox"/>						
		ALMACEN <input type="checkbox"/>						
DESCRIPCION		DIST. (MTS)	TPO. (MIN)	SIMBOLOS				
				<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SACAR ALAMBRE DE ALMACEN								
TRABLADO A HERRERIA		12	3.53					
CORTAR ALAMBRE								
TRENZADO DEL ALAMBRE								
ENROLLADO DE ALAMBRE			1.18					
ESPERA PARA EMPACARLO								
SACAR TUBO DEL ALMACEN								
TRABLADO A HERRERIA		12						
CORTAR TUBO PARA ASTA								
APLANAR PUNTA			.41					
PERFORAR PUNTA			.94					
SACAR ANGULO DE ALMACEN			.61					
TRABLADO A HERRERIA			2.74					
CORTAR ESCUADRAS			.3					
SOLDAR ESCUADRAS CON TUBOS								
EMPACAR JUNTO CON VIENTOS								
TOTAL		24	9.71					

DIAGRAMA ANALITICO DE PROCESO						
DIAGRAMA No. 7		HOJA No. 1		RESUMEN		
PRODUCTO	ACTIVIDAD		ACTUAL	PROP.	DIF.	
	ENSAMBLE DE BASTIDOR Y GABINETE	OPERACION	○	14	2	12
TRANSPORTE		⇐	2	2	0	
METODO	ESPERA	D				
	INSPECCION	□	1	1	0	
	ALMACEN	▽				
DESCRIPCION		DIST. (MTB)	TPQ. (MIN)	SIMBOLOS		
				○	⇐	D □ ▽
REMACADO DE BASTIDOR Y GABINETE			8.56			
ATORNILLADO DE TAPA						
ATORNILLADO DE OREJAS						
TRABLADO A ELECTRIFICADO		6				
ATORNILLAR SOPORTES DE BALASTRAS						
ATORNILLAR BALASTRAS						
INSTALAR CABLEADO			32.48			
ATORNILLAR BASES "BLIM LINE"						
AIBLAR Y FIJAR CABLEADO						
DESMONTAR LA TAPA						
COLOCAR PRIMERA CARATULA						
INSTALAR TUBOS SLIM			7.78			
VERIFICAR ENCENDIDO						
INSTALAR SEGUNDA CARATULA						
ATORNILLAR TAPA						
TRABLADO A ENPAQUE		7				
TOTAL		12	49.81			

I.II EVALUACION DEL PROCESO ACTUAL

En esta sección se señalarán aquellas características del proceso actual que son susceptibles de elevar la productividad al ser modificadas en función de la comodidad, seguridad y orden en el proceso. Posteriormente se aportarán ideas para dichas modificaciones en la sección I.III PROPUESTA DE MEJORAS.

A) MANEJO DE MATERIALES.

En el proceso de fabricación se observó que los materiales no siguen rutas definidas, sino que su camino se improvisa de acuerdo al espacio disponible de la planta en el momento en el que están siendo elaborados, lo cual ocasiona que los materiales recorran mas distancia en el proceso que la necesaria, y con esto se vean expuestos a sufrir algún deterioro.

B) HERRAMENTAL EMPLEADO.

Las herramientas utilizadas en este proceso no son especializadas, ni requieren ser diseñadas especialmente para el mismo. Actualmente se cuenta con las herramientas apropiadas para cada operación del proceso, pero existe una mala distribución de las mismas en la planta; es decir que no se encuentran situadas en lugares fijos cercanos a los lugares de su utilización.

Enseguida se presenta una relación de las herramientas utilizadas en el proceso en cada departamento:

ACRILICO

Sierra para acrílico
Moldes de madera
Bastidores para moldeado del acrílico
Pinzas de presión
Sierra para perfilado

PINTURA

Compresora
Pistola de aire
Manguera
Tapabocas

HERRERIA

Sierra radial
Cinta métrica
Taladro
Martillo
Planta/soldar
Rehilete
Plantilla para marcar
Marcador
Brocas

ALUMINIO

Dobladora
Sierra para corte de aluminio
Cinta métrica

ENSAMBLE

Brocas
Taladro
Remachadora
LLave hexagonal
Martillo de hule

ELECTRIFICADO

Pinzas
Desarmador

EMPAQUE

Engrapadora
Sierra para corte de madera
Flejadora
Compresora

C) SERVICIOS

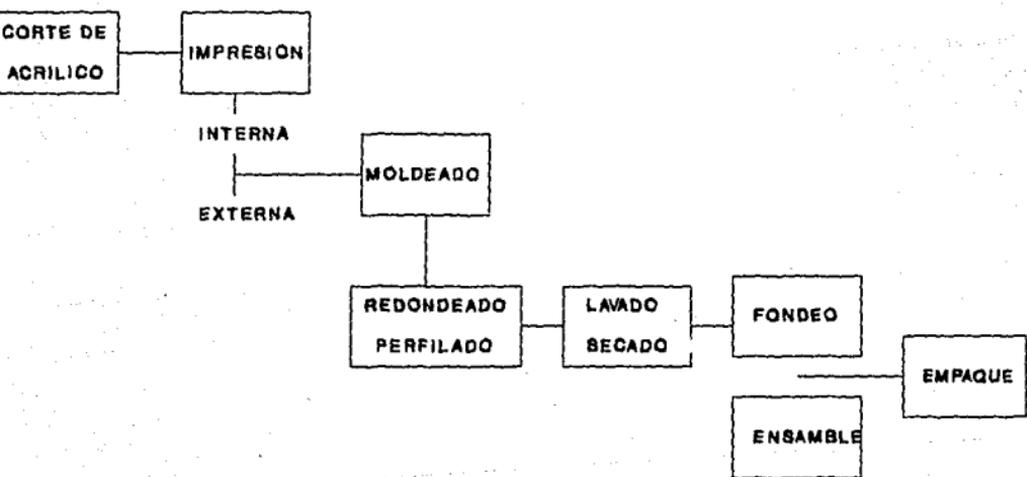
La planta fue instalada como se mencionó anteriormente, en un lugar que no estaba diseñado para este fin, además tiene poco tiempo en estas instalaciones pero aún no se ha colocado una red eléctrica adecuada que permita un correcto suministro de energía en cada una de las áreas de trabajo ; se trabaja con extensiones y cables añadidos, lo que representa interrupciones en el suministro y sobre todo riesgos para el personal.

D) OPERACIONES

Solo se observa la posibilidad de eliminar operaciones para poder agilizar el proceso, con el cambio del acrílico por un nuevo material vinílico. Esto permitiría reducir enormemente el tiempo y el gasto invertido en la preparación de las carátulas de acrílico, pues pudieran eliminarse las operaciones de: corte, traslado a impresión , moldeado, perfilado, pintado y lavado. Quedando solo una operación de vulcanizado.

El estudio de esta posibilidad requiere de un análisis más profundo que no se abarca ya en los objetivos del presente trabajo.

SISTEMA DE PRODUCCION LP'S PUNTOS CRITICOS

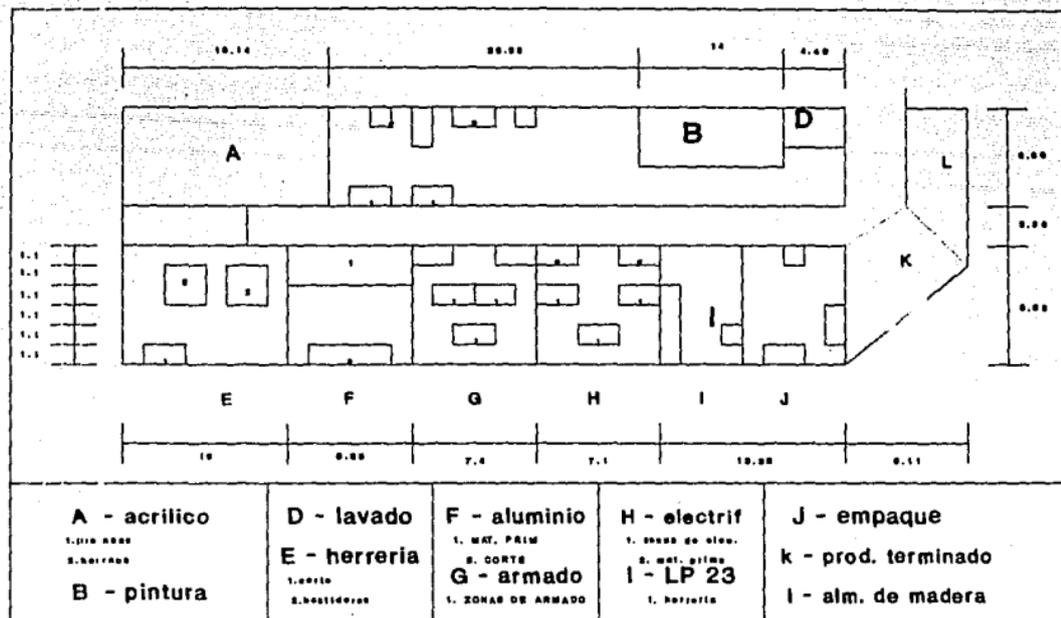


I.III PROPUESTA DE MEJORAS

A) Para evitar el problema de manejo de materiales citado anteriormente se propone, a través del siguiente LAY-OUT la delimitación de las zonas específicas para cada subproceso eliminando así el excesivo manejo de materiales. Estas zonas quedarán marcadas con líneas de color amarillo y delimitarán el espacio determinado para cada operación y para cada zona de espera de los materiales. Dentro de cada zona se colocará el nombre o clave del material que deba estar en dicha zona y no deberá ser colocado en el pasillo ni en ninguna otra área que no le corresponda. La única modificación importante sería la colocación de un almacén secundario de acrílico en la nueva zona de este material. (ver fig. I.II)

B) En cuanto al problema de la localización de las herramientas, citado en el inciso B) de la sección I.II EVALUACION DEL PROCESO ACTUAL, es necesaria la fabricación de muebles cuyo uso exclusivo sea el de guardar las herramientas cerca de las áreas de trabajo en las cuales se requieran. Los lugares en los cuales deberán estar colocados dichos muebles se localizan en el LAY-OUT propuesto de la siguiente figura.

A Y S S A



LAYOUT ACTUAL

A Y S S A

DIAGRAMA DE RECORRIDO



MATERIAL	DIST. (MTS)	INTERSEC.
ACRILICO	58.74	6
HERPERIA	40.3	1
ALUMINIO	30.5	3
P.TERM.	33.2	1
TOTAL	162.74	10

A - acrilico
 1. PINTADO
 2. NEGRO
 B - pintura

D - lavado
 E - herreria
 1. CORTE
 2. BASTIDORES

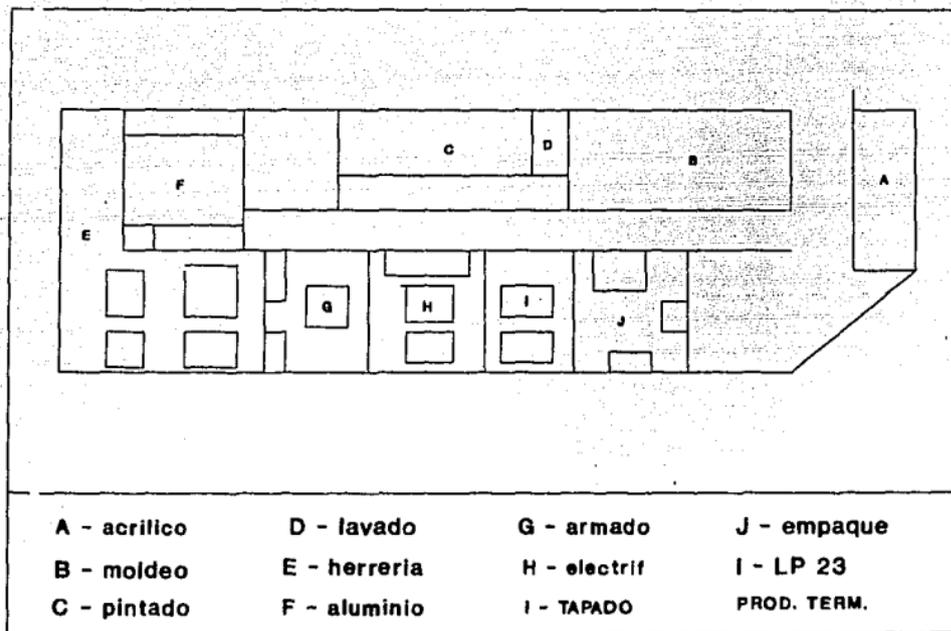
F - aluminio
 1. MALLA PRIM.
 2. CORTE
 G - armado
 1. ZONAS DE ARMADO

H - electrif
 1. ZONAS DE ELECTRIF.
 2. MALLA PRIM.
 I - LP 23
 1. HERRERIA

J - empaque
 k - prod. terminado
 l - alm. de madera

LAYOUT ACTUAL

A Y S S A



LAYOUT PROPUESTO

También se propone la fabricación de un mueble que contenga los moldes para el acrílico de modo que ocupen el menor espacio posible.

El diseño que deberán tener los muebles deberá cuidar de que no ocupe demasiado espacio. Un posible diseño se presenta en el apéndice A.

C) Para evitar los problemas causados por la falta de una adecuada instalación eléctrica se propone la fabricación de una canalización aérea que se ramifique en cada uno de los departamentos de modo que la energía eléctrica quede distribuida en la planta del siguiente modo:

DEPARTAMENTO	CONTACTOS	TOTAL
Herrería	Esmeril (3) Soldadora (2) Cortadora (1) Taladro (2)	8
Aluminio		1
Electrificado		3
Ensamble		3
Empaque	Cortadora (1) Saques (1) Taladro (1)	3
Perfilado		1
Redondeado		1

DETERMINACION DE ESTANDARES

Determinar un estandar de producción es básicamente obtener una velocidad fácilmente alcanzable por un operario. Es necesario para conocer con claridad la capacidad de un determinado sistema productivo y esta definición es aplicable a un sistema ya establecido como al diseño de un nuevo proceso.

Un estandar de producción no pretende ser una regla inamovible del tiempo o la velocidad con la que un operario debe realizar ciertas operaciones ya que dicha velocidad se ve afectada de manera directa por un sinnúmero de factores que van desde el estado de ánimo, las condiciones de trabajo, el grado de experiencia del operario, hasta la situación personal del trabajador y en algunas operaciones también puede influir el clima y la temperatura ambiente.

Por lo mismo para la determinación del tiempo estandar debe tomarse en cuenta todos los aspectos inherentes al proceso antes de decidir cual es la técnica ideal para un caso en particular.

Deberá seleccionarse una persona que domine el método de trabajo implantado y sobre todo que esté dispuesto a colaborar con el analista, lo cual puede lograrse si el

analista responde a las preguntas pertinentes que le haga el trabajador y evita cualquier discusión con el personal. La ubicación del analista debe ser tal que no entorpezca la ejecución de las tareas a estudiar y al mismo tiempo le dé una capacidad visual tal, que no pierda ningún detalle de la operación. Generalmente se recomienda que el analista permanezca de pié unos cuantos pasos detrás del trabajador, y durante todo el tiempo que dure el estudio deberá permanecer en tal posición evitando en todo momento sentarse para evitar cualquier posible crítica del personal.

Para facilitar el estudio todas las operaciones deberán ser divididas en elementos. Un elemento se define como la mínima parte en la que puede dividirse racionalmente una operación, es decir que una operación se compone de varios elementos indivisibles.

Para que la división en elementos sea correcta deberá cumplir con ciertos requerimientos como son los siguientes;

Debe ser claramente identificable el punto de inicio y de término de cada elemento y de ser posible asociarlo con algún sonido característico que nos facilite su identificación.

Deberá contener la menor cantidad posible de movimientos o al menos reducirlos hasta donde sea posible.

Deberá conservarse siempre por separado los tiempos de máquina de los tiempos manuales.

Deberán separarse los elementos constantes de los variables.

Una vez determinados dichos elementos es necesario describirlos tan claramente como sea posible para lo cual pueden emplearse símbolos y abreviaturas que sean claramente entendibles por cualquier persona que deba tener acceso a tales estudios.

II.1- TECNICAS DE ESTUDIO DE TIEMPOS

Existen diferentes métodos para realizar estudios de tiempos, los cuales se refieren a la forma de registrar las lecturas hechas en el cronómetro.

El método contínuo consiste en dejar correr el cronómetro durante todo el tiempo que dura el estudio e ir anotando las lecturas en la hoja de estudio de tiempos conforme se vayan realizando los elementos de las diferentes operaciones. El cronómetro no se detiene sino hasta haber terminado todo el estudio . Después se obtiene el tiempo que tardó cada elemento restando sucesivamente el tiempo en que comenzó un elemento, del tiempo en que termino es decir del tiempo en que comenzó el siguiente.

Por lo general el analista anota la hora en que echa a andar el cronómetro, que es cuando se levanta de su escritorio y la hora en que lo detiene. es a su vez, la hora en que regresa a su escritorio después de haber terminado la parte práctica del estudio. Esto le permite verificar que la suma de todos los elementos más el tiempo de traslado de su oficina a la línea y de regreso coincida con el tiempo transcurrido desde la hora inicial hasta la hora final anotada.

La técnica de vuelta a cero consiste en colocar el cronómetro en cero, echarlo a andar al iniciar la operación detenerlo al finalizar ésta, repitiendo este procedimiento en cada elemento del estudio.

Es posible tomar los tiempos directamente de la actuación del trabajador en el momento de realizar sus tareas o bien, filmar toda la operación y sobre la película realizar el estudio de tiempos. Esta opción permite corregir y verificar el estudio cuantas veces sea necesario y analizar con más detalle la actuación del operador para dar una valoración más justa. Sin embargo es importante que la velocidad a la cual se proyecte la película sea la misma exactamente a la cual se filmó.

Después de esto comienza el trabajo de oficina anotando la duración de cada elemento en una hoja de estándares de tiempo y se le da una valoración a la actitud del trabajador con el que se realizó el estudio que influye directamente en el tiempo medido, así como las concesiones por fatiga, necesidades personales, etc. para lo cual existen distintos métodos como son el Westinghouse, el de calificación sintética, el de calificación por velocidad, y el método desarrollado por Mundel, conocido como método de calificación objetiva.

II.II ELECCION DE UNA TECNICA

Dadas las circunstancias de la naturaleza del ser humano no se puede esperar que el personal ejecute su trabajo todo el tiempo al 100% de eficiencia y es por esto que los tiempos estandar medidos deben ser ajustados con valores de destreza empeño, condiciones y consistencia en el momento de evaluar cada elemento. Si son mayores a .1 min, de lo contrario se recomienda dar una calificación global de cada ciclo para hacer completamente factible su cumplimiento en la práctica por cualquier persona normal.

En el cuadro siguiente se presentan las respectivas concesiones y valores generalmente otorgados para los distintos tipos de trabajo según el sistema Westinghouse que fue el empleado para este estudio ya que como se verá en la siguiente sección los elementos fueron elegidos de tal longitud que permitieron su evaluación individual diseñando un formato específico para este fin.

VALORACION DE LA ACTUACION

DESTREZA O HABILIDAD

+0.15	A1	EXTREMA
+0.13	A2	EXTREMA
+0.11	B1	EXCELENTE
+0.08	B2	EXCELENTE
+0.06	C1	BUENA
+0.03	C2	BUENA
0.00	D	REGULAR
-0.06	E1	ACEPTABLE
-0.10	E2	ACEPTABLE
-0.16	F1	DEFICIENTE
-0.22	F2	DEFICIENTE

ESFUERZO O EMPERO

+0.13	A1	EXCESIVO
+0.12	A2	EXCESIVO
+0.10	B1	EXCELENTE
+0.08	B2	EXCELENTE
+0.05	C1	BUENO
+0.02	C2	BUENO
0.00	D	REGULAR
-0.04	E1	REGULAR
-0.08	E2	ACEPTABLE
-0.12	F1	DEFICIENTE
-0.17	F2	DEFICIENTE

CONDICIONES

+0.06	A	IDEALES
+0.04	B	EXCELENTES
+0.02	C	BUENAS
0.00	D	REGULARES
-0.03	E	ACEPTABLES
-0.07	F	DEFICIENTES

CONSISTENCIA

+0.04	A	PERFECTA
+0.03	B	EXCELENTE
+0.01	C	BUENA
0.00	D	REGULAR
-0.02	E	ACEPTABLE
-0.04	F	DEFICIENTE

El número de ciclos a estudiar es una decisión importante que hay que tomar y tiene que ver con la obtención de una muestra confiable tomando en cuenta que las variaciones en la actuación de un operario se aproximan a la curva normal (2). La siguiente tabla muestra una guía para elegir el número de ciclos a estudiar.

(2) BENJAMIN W. NIEBEL, Ingeniería Industrial; RSI.México 1980 (p.305)

TABLA DE CICLOS A ESTUDIAR (FUNCION DEL TIEMPO CICLO)

Cuando el tiempo por pieza del ciclo es de más de (horas)	Numero mínimo de ciclos a estudiar (actividad)		
	más de 10000 por año	De 1000 a 10000	Menos de 1000
8.000	2	1	1
3.000	3	2	1
2.000	4	2	1
1.000	5	3	2
0.800	6	3	2
0.500	8	4	3
0.300	10	5	4
0.200	12	6	5
0.120	15	8	6
0.080	20	10	8
0.050	25	12	10
0.035	30	15	12
0.020	40	20	15
0.012	50	25	20
0.008	60	30	25
0.005	80	40	30
0.003	100	50	40
0.002	120	60	50
Menos 0.002	140	80	60

NOTA: se eligió la columna central pues la producción
anual oscila entre 3,500 y 3,800 anuncios.

En cuanto a la forma de registrar los datos se contó con una cámara de video que permite tanto la filmación como la reproducción de las operaciones, con lo que se aseguró que la velocidad de grabación y reproducción fuera la misma.

Así con el método continuo y las técnicas de evaluación y calificación de la actuación se obtuvieron los resultados que se resumen en las siguientes hojas de estudio de tiempos.

La suma de las cuatro calificaciones nos dá el factor de calificación para cada elemento, el cual sumado algebraicamente al 100% (uno), se multiplica por la duración del elemento para obtener el tiempo estandar definitivo.

Por ejemplo: el tiempo estandar del primer elemento se compone de los siguientes factores.

DESTREZA	=	.11 (excelente)
ESFUERZO	=	-.12 (deficiente)
CONDICIONES	=	-.07 (deficientes)
CONSISTENCIA	=	-.02 (aceptable)
TOTAL	=	-.10

$$\text{FACTOR DE CALIFICACION} = 1 + (-.10) = .90$$

=====

DURACION DEL ELEMENTO	*	FACTOR DE CALIFICACION	=	TIEMPO ESTANDAR
-----------------------------	---	------------------------------	---	--------------------

=====

$$2.89 * .9 = 2.6$$

=====

HOJA DE ESTUDIO DE TIEMPOS

DEPTO: PRODUCCION LP'S
 DESCRIPCION: FABRICACION DE LP'23
 OBJETIVO DEL ESTUDIO: DETERMINAR EL TIEMPO ESTANDAR REQUERIDO PARA LA FABRICACION DEL LP'23

HOJA DE

FECHA:

HORA INICIO:10:00

HORA TERMINO:12:21:21

#	DESCRIPCION	REGISTRO	DURACION DEL ELEMENTO (MIN)	FACTOR DE CALIF.	TIEMPO ESTANDAR (POR LP) (MIN)
1	CORTE DE ACRILICO	5.20	2.89	0.90	2.60
2	MOLDEO	8.09	19.86	1.05	20.85
3	LAVADO	27.95	1.58	0.95	1.50
4	SECADO	29.52	4.17	1.00	4.17
5	RECORTE PELICULA	33.69	18.00	0.85	15.30
6	FONDEO	51.69	2.93	0.95	2.78
7	CORTE ALUMINIO	54.62	1.08	1.00	1.08
8	CORTES 45&	55.70	0.50	1.00	0.50
9	ARMADO	56.20	15.69	0.95	14.91
10	ELECTRIFICADO	71.90	21.83	0.90	19.65
11	TAPADO	93.73	4.50	1.00	4.50
12	CORTE SOL. OREJAS	98.23	0.44	0.90	0.40
13	PERF. OREJAS	98.67	0.42	0.95	0.40
14	DOBLEZ ESCUADRA	99.09	0.03	1.00	0.03
15	DOBLEZ REDONDO	99.12	0.52	0.97	0.50
16	PERFORACION DOBLE	99.64	2.71	0.97	2.63
17	PINTAR	102.35	0.21	1.00	0.21
18	CORTE TUBO ASTA	102.56	0.33	0.99	0.33
19	APLANADO CIZALLA	102.89	0.15	1.00	0.15
20	APLANADO MARTILLO	103.04	0.15	1.00	0.15
21	CORTE ESQUINAS	103.19	0.16	1.00	0.16
22	TUBO ASTA				
23	PERF. PUNTA ASTA	103.35	0.66	1.00	0.66
24	CORTE FIERRO	104.01	0.41	1.00	0.41
25	ANGULO ESC				
26	ENDEREZADO FIERRO	104.42	0.56	1.00	0.56
27	ANGULO				
28	PERF. FIERRO	104.98	0.50	0.96	0.48
29	ANGULO				
30	SOLDAR ESCUADRA	105.48	0.93	0.95	0.88
31	FORMAR Y PINTAR	106.41	1.82	0.85	1.55
32	ASTAS				
33	HACER VIENTOS	108.23	2.38	1.00	2.38
34	ENROLLAR VIENTOS	110.61	0.77	0.95	0.73
35	ACCS. A BOLSA	111.38	0.50	1.00	0.50

HOJA DE ESTUDIO DE TIEMPOS

HOJA DE

DEPTO: PRODUCCION LP'S

FECHA:

DESCRIPCION: FABRICACION DE LP'23

HORA INICIO:10:00

HORA TERMINO:12:21:21

OBJETIVO DEL ESTUDIO: DETERMINAR EL TIEMPO ESTANDAR REQUERIDO PARA LA FABRICACION DEL LP'23

#	DESCRIPCION	REGISTRO	DURACION DEL ELEMENTO (MIN)	FACTOR DE CALIF.	TIEMPO ESTANDAR (POR LP) (MIN)
36	ACCS. A CAJA	111.88	0.05	1.00	0.05
37	FLEJAR CAJA ACCS.	111.93	0.08	1.00	0.08
38	CORTE DE MADEA	112.01	2.13	1.00	2.13
39	HACER REJILLAS	114.14	3.18	1.00	3.18
40	HACER HUACAL	117.32	4.91	0.80	3.93
41	EMBOLSAR ANUNCIO	122.24	4.41	1.00	4.41
42	CERRAR HUACAL	126.65	1.53	0.85	1.3
43	FLEJAR HUACAL	128.18	2.74	0.95	2.6
44	ENHUACALAR ASTAS	130.91	0.13	0.75	0.1
45	CERRAR HUACAL	131.05	4.23	0.9	3.81
46	FLEJAR HUACAL	135.28	0.17	0.95	0.16

HOJA DE ESTUDIO DE TIEMPOS

DEPTO: PRODUCCION LP'S
 DESCRIPCION: FABRICACION DE LP'46
 OBJETIVO DEL ESTUDIO: DETERMINAR EL TIEMPO ESTANDAR REQUERIDO PARA LA FABRICACION DEL LP'46

HOJA DE

FECHA:

HORA INICIO:10:00

HORA TERMINO:13:28:04

#	DESCRIPCION	REGISTRO	DURACION DEL ELEMENTO (MIN)	FACTOR DE CALIF.	TIEMPO ESTANDAR (POR LP) (MIN)
1	CORTE DE ACRILICO	4.00	9.43	0.95	8.96
2	IMP. INT TKT	13.43	2.03	1.00	2.03
3	MOLDEO	15.46	18.63	1.00	18.63
4	PERFILADO	34.09	3.50	1.00	3.50
5	REDONDEADO	37.59	4.00	1.00	4.00
6	LAVADO	41.59	1.56	1.00	1.56
7	SECADO	43.15	8.80	1.00	8.80
8	RECORTE PELICULA	51.95	8.00	1.00	8.00
9	FONDEO	59.95	8.71	1.00	8.71
10	CORTE CANAL	68.66	1.16	1.00	1.16
11	BASTIDOR LARGUERO				
12	CORTE CANAL	69.82	1.88	1.00	1.88
13	BASTIDOR LATERAL				
14	CORTE CANAL	71.70	2.38	1.00	2.38
15	BASTIDOR ESQU.				
16	HERRERIA BASTIDOR	74.08	13.33	1.00	13.33
17	ESMERILADO	87.41	4.23	0.98	4.15
18	MARCADO	91.65	3.28	1.00	3.28
19	PERFORADO	94.93	5.42	0.90	4.88
20	SOLDAR SOPORTES	100.35	1.32	0.95	1.25
21	PARA OREJAS				
22	PINTAR GABINETE	101.66	2.83	1.00	2.83
23	CORTE ALUMINIO	104.49	0.88	1.00	0.88
24	MARCADO ALUMINIO	105.37	1.41	1.00	1.41
25	DOBLADO ALUMINIO	106.78	1.81	1.00	1.81
26	ARMADO	108.59	9.00	0.95	8.55
27	ELECTRIFICADO	117.59	34.19	0.95	32.48
28	TAPADO	151.78	9.15	0.85	7.78
29	CORTE SOLERA	160.94	0.43	0.95	0.41
30	PARA OREJAS				
31	PERF. SOLERA	161.37	0.74	0.98	0.73
32	DOBLEZ ESCUADRA	162.11	0.55	1.00	0.55
33	DOBLEZ REDONDO	162.66	0.99	0.99	0.98
34	PERF. DOBLE OREJA	163.65	2.94	0.97	2.85
35	PINTAR OREJAS	166.59	0.40	1.00	0.40

HOJA DE ESTUDIO DE TIEMPOS

DEPTO: PRODUCCION LP'S

DESCRIPCION: FABRICACION DE LP'46

OBJETIVO DEL ESTUDIO: DETERMINAR EL TIEMPO ESTANDAR REQUERIDO PARA LA FABRICACION DEL LP'46

HOJA DE

FECHA:

HORA INICIO:10:00

HORA TERMINO:13:28:04

#	DESCRIPCION	REGISTRO	DURACION DEL ELEMENTO (MIN)	FACTOR DE CALIF.	TIEMPO ESTANDAR (POR LP) (MIN)
36	CORTE TUBO ASTA	166.99	0.45	0.92	0.41
37	UNION SOBRANTES	167.44	1.00	1.00	1.00
38	TUBO				
39	APLANADO PTA CIZ	168.44	0.55	0.93	0.51
40	APLANADO PTA MART	168.99	0.43	1.00	0.43
41	CORTE ESQU. TUBO	169.42	0.38	0.96	0.36
42	PERF. PUNTA TUBO	169.79	0.64	0.95	0.61
43	CORTE FE. ANG.	170.43	0.64	0.9	0.58
44	PERF. FE. ENG.	171.08	0.63	1.00	0.63
45	SOLDAR ESCUADRA.	171.71	1.33	1.00	1.33
46	SOLDAR ASTA	173.04	1.41	1.00	1.41
47	PINTAR ASTA	174.45	1.97	0.97	1.91

SECUENCIA DE OPERACIONES Y BALANCE

El balance de líneas consiste en el proceso de ordenamiento de las tareas u operaciones que se realizan en una línea de producción de tal forma que se obtenga un flujo uniforme utilizando al máximo la fuerza de trabajo y el equipo, o sea, que en cada estación haya una cantidad igual de trabajo.

Este proceso debe llevarnos esencialmente a encontrar un agrupamiento de tareas de modo que nos permita reducir al mínimo posible el número de estaciones con las cuales podamos cumplir con un volumen específico de producción, desde luego no es posible obtener un balanceo perfecto en el que todas las estaciones tengan una cantidad de trabajo exactamente equivalente; en la realidad esto ocasiona que algunas estaciones trabajen al máximo de su capacidad, mientras que las demás tienen que esperar a que les llegue más trabajo cuando han terminado, es decir, tienen tiempo ocioso.

Generalmente el tiempo ocioso no se manifiesta tan claramente en la práctica ya que los trabajadores lo llenan acoplándose al ritmo de trabajo más lento.

El balanceo de líneas es de gran ayuda para la fabricación de los lotes de producción, cuando por ejemplo un plan de producción exige un cambio en los niveles de ocupación ya que

por medio de estas técnicas podemos utilizar la fuerza de trabajo adecuada en las líneas, con el fin de optimizar los recursos para la producción.

Para algunos autores el balanceo se reduce a un problema de cálculo combinatorio, que podría tener un número infinito de soluciones para cada caso, pero afortunadamente existen diversos factores que reducen las secuencias factibles como son:

- Requerimientos de la secuencia tecnológica
- Restricciones físicas
- Restricciones por tiempos de las operaciones
- Requerimiento de dos o más personas en alguna operación
- Consideraciones de tipo social

Por último es importante mencionar que no se balancea una línea como pauta para calcular el volumen de producción, sino que es el volumen de producción obtenido por los pronósticos de mercado y los compromisos contraídos el punto de partida para el balance.

III.1 TECNICAS DE BALANCE DE LINEAS

Existen diversos métodos de balanceo de líneas que como ya dijimos, nos llevan a la óptima utilización de los recursos en una línea productiva y básicamente podemos agruparlos en aquellos que abarcan el problema sólo en su estructura teórica y aquellos que han buscado la aplicación en problemas prácticos a gran escala.

Aunque las técnicas de balanceo atacan el problema desde diferentes ángulos siempre deben obtener como base un tiempo ciclo para concluir después con el número óptimo de estaciones.

Se entiende por tiempo ciclo el tiempo en el cual se debe obtener cada unidad de producto terminado:

$$\text{TIEMPO CICLO} = \frac{\text{TIEMPO DISPONIBLE}}{\text{DEMANDA}} = \frac{\text{TIEMPO}}{\text{PZA}}$$

Como se ve, el tiempo ciclo no es el tiempo real que se lleva el ensamble de una unidad, sino que representa cada cuanto tiempo debemos obtener una pieza terminada, es decir el tiempo entre la obtención de una pieza terminada y la siguiente.

Se entiende por estación de trabajo un lugar definido en la línea en el cual se llevarán a cabo una o varias operaciones, pudiendo encontrarse una o varias personas en una estación realizando la misma operación (por la dificultad que represente el manejo de algún material sea por su tamaño o peso) o también puede haber varias estaciones haciendo la misma operación para lograr satisfacer la demanda de modo que se aproveche su capacidad al máximo.

Es posible que el tiempo de una o más operaciones sea tan corto que convenga abarcar varias en una sola estación, aprovechando así el tiempo ocioso. Dadas las características del proceso analizado en el presente trabajo es esta la forma en que fue aplicado el concepto de estación.

$$\# \text{ DE ESTACIONES} = \frac{\text{TIEMPO ESTANDAR}}{\text{TIEMPO CICLO}}$$

Una característica fundamental en el balanceo de líneas es disponer las operaciones en un cierto orden que sea realizable para asignarlas a las estaciones de trabajo. A la disposición ordenada de n tareas que pueden realizarse en ese orden se le llama "secuencia viable".

Puede afirmarse que para " n " operaciones con r relaciones de

precedencia hay :

$$\frac{N!}{r^2}$$

secuencias viables distintas de las cuales a su vez sólo algunas nos darán resultados distintos para balancear una línea ya que siempre para tiempos de ciclo distintos habrá tres casos de equilibrios iguales o descartables:

1) cuando se asignan las mismas operaciones a una estación y sólo se permutan algunas dentro de la misma estación "duplicadas"

2) Si al asignar operaciones a la primera estación designamos el mayor número posible todos los equilibrios con menos operaciones asignadas a dicha estación podrán ser automáticamente descartadas ya que tendríamos más operaciones por asignar a las estaciones restantes teniendo un mayor número de estaciones de trabajo como resultado.

3) Si es posible asignar de entre dos o más tareas que no precedan una de otra y que puedan realizarse en la misma zona, la que consuma más tiempo, ya no habrá que calcular las restantes; pues esta será siempre la mejor opción "dominadas".

A continuación se exponen las características básicas de los métodos más representativas de balance de líneas.

BALANCE HEURISTICO DE LINEAS

Este método fue desarrollado por KILBRIDGE y WESTER ; proponen comenzar el balanceo con un diagrama de precedencia en el que se representan todas las operaciones del proceso, con sus respectivos tiempos y distribuidas en columnas según los requerimientos tecnológicos de precedencia del proceso, es decir, en la columna uno se anotan todas operaciones que no tienen que ir precedidas de ninguna otra operación, en la columna dos se anotan aquellas operaciones que van precedidas por alguna de las operaciones de la columna uno y así sucesivamente.

Con la información de este diagrama se facilita la formación de una tabla que permite visualizar las posibles combinaciones para formar las estaciones requeridas.

Dicha tabla deberá contener las siguientes columnas:

- A) Número de la columna del diagrama de precedencia.
- B) Clave o número de identificación de la operación.
- C) Observaciones.
- D) Tiempo de la operación.
- E) Suma de la duración de las operaciones.
- F) Suma de los tiempos acumulados.

para llenar la tabla deben tomarse en cuenta las siguientes reglas:

I.- Es posible la permutación entra columnas para seleccionar las operaciones hasta encontrar el agrupamiento óptimo de las estaciones de trabajo.

II.- Las soluciones por lo general no son únicas, lo cual permite flexibilidad para cambiar la secuencia de las operaciones dentro de la misma columna sin perturbar el balance óptimo.

III.- Se deben asignar primero los elementos de mayor duración.

IV.- La movilización lateral se recomienda sólo hacia la derecha con el fin de tener el máximo espacio disponible para asignar suficientes operaciones a la estación que se esté considerando.

Para facilitar la comprensión de las distintas técnicas de balance se presentará a modo de información complementaria un sumario de las técnicas más representativas en el cuadro siguiente.

TECNICAS DE BALANCE DE LINEAS

METODO	CARACTERISTICAS		APLICABILIDAD		
	LORRA EL MINIMO POSIBLE DE ESTACIONES	DESCRIPCION	# DE TAREAS	SECUENCIAS VIABLES	TIEMPO EMPLEADO
ARCUS	SI	GENERA AL AZAR SECUENCIAS VIABLES NO DOMINADAS	76	1000	99 MIN
HELD,KARP SHARESHIAN	SI	UTILIZA LA PROGRAMACION DINAMICA CON SUBCONJUNTOS VIABLES Y GRUPOS DE TAREAS	99 /		99 S 60 - 90 MIN
HELGESON,BIRNIE	NO	ASIGNA TAREAS EN UN ORDEN DETERMINADO EN LUGARES DE TRABAJO		MANUAL AUNQUE ES PROGRAMABLE	
HOFFMAN	NO	OBTIENE EL PRIMER LUGAR DE TRABAJO CON EL MENOR TIEMPO OCIOSO Y DE ANI PARTS	10 HAZAR 99		2 - 10 MIN
JACKSON	SI				MANUAL PARA LINEAS PEQUEÑAS

III.II DESARROLLO DE UN SISTEMA DE BALANCE
PARA LA LINEA DE PRODUCCION
DE ANUNCIOS CON LUZ PROPIA (LP'S)

Una característica fundamental que dan por supuesto todos los métodos de balance de líneas mencionados en la pasada sección, es que en una línea de producción debe salir el mismo número de elementos que entran, es decir que la línea se balancea para satisfacer una demanda determinada representada por el tiempo ciclo. Sin embargo al plantear el balanceo de la línea se encontraron las siguientes características de la demanda y del proceso:

PRIMERO. La demanda de carátulas no coincide con las necesarias para fabricar los lp's requeridos, sino que generalmente la demanda del departamento de acrílico (carátulas) sobrepasa la demanda del resto de los departamentos.

SEGUNDO. El departamento de lp's puede a su vez subdividirse en herrería, aluminio, armado, electricificado y ensamble en donde cada uno de estos subdepartamentos tienen la misma demanda y por lo tanto pueden analizarse como una línea.

TERCERO. El departamento de empaque debe satisfacer los requerimientos tanto del departamento de acrílico como del de lp's y lp'23.

CUARTO. El departamento de acrílico debe satisfacer los requerimientos de lp's como de lp'23.

Tomando en cuenta las anteriores consideraciones el departamento de producción se dividió para su estudio de la siguiente forma:

A Y S S A

PRODUCCION

LP

ACRILICO

LP'S

LP'23

ACCESORIOS

EMPAQUE

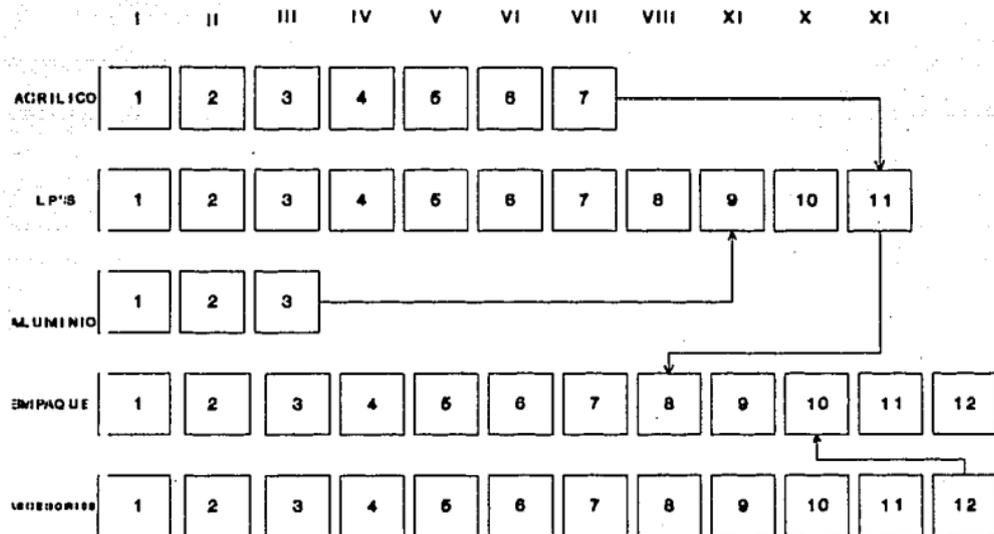
LP'S ABARCA ARMADO Y ELECTRIFICADO

Buscando el máximo aprovechamiento de los recursos tanto humanos como materiales y la continuidad a lo largo de todo el proceso de producción, se procede a plantear el balanceo como tal básicamente en tres etapas.

1) Análisis de precedencia.

Como se mencionó anteriormente, el análisis de precedencia es el primer paso para planear la división del trabajo. En el análisis del proceso estudiado, las operaciones llevan una precedencia establecida por la secuencia tecnológica de las operaciones que se caracteriza porque muy pocas pueden realizarse al mismo tiempo; de hecho sólo existen tres operaciones que no deben ir precedidas de otras y éstas en cierta forma pertenecen a líneas distintas, por ejemplo el corte de acrílico es la primera operación en la fabricación de las carátulas; para que éstas sean moldeadas, antes deben ser cortadas a la medida, y para su fondeo, antes debieron ser moldeadas y haber pasado también por el perfilado y el lavado. Como se ve, el problema de precedencia no requiere de mayor análisis ya que en todas las líneas planteadas para este estudio el material va pasando de una operación a otra en riguroso orden. Sin embargo a continuación se presenta el diagrama de precedencia de toda la secuencia de operación.

DIAGRAMA GENERAL DE PRECEDENCIA



NOTA: CADA RENGLON REPRESENTA UNA LINEA

2) Análisis de consideraciones y restricciones.

Cada proceso de fabricación posee características bien definidas que lo distinguen de los otros, dicho de otro modo, puede haber dos fábricas que procesen el mismo producto, incluso con la misma maquinaria y sin embargo las restricciones impuestas a cada una serán distintas y por esto mismo las restricciones son parte fundamental del balanceo de una línea de producción. Sea el espacio disponible, la maquinaria empleada, las políticas de la empresa, la eficiencia que se puede lograr de las personas y las máquinas o bien la calidad del producto, lo que caracterize a un sistema productivo en particular, todos estos factores estarán presentes y deberán considerarse en mayor o menor grado en el balance del mismo.

El producto que se fabrica en el sistema estudiado es tal que no requiere de gran precisión en su desarrollo y al ser un producto de tamaño considerable (60*90 cm el modelo más chico) las tolerancias en las medidas no son críticas, por lo que se logra una calidad aceptable en el 100% del producto terminado y por lo mismo para efectos del balance no se tomó en cuenta ningún porcentaje al respecto.

La eficiencia mínima esperada del personal es de 90% y se recomienda establecer un calendario de mantenimiento preventivo para la maquinaria con el fin de que puedan d r una eficiencia del 100%

Idealmente los libros de texto consideran que cada operación puede ser realizada por una sola persona y por esto automáticamente el número de personas requeridas por la línea equivale al número de estaciones calculado; sin embargo en ocasiones esto no sucede así sino que una persona puede encargarse de más de una estación o bien, una estación puede requerir de dos o más personas.

En el caso que ocupa a este trabajo el número de personas para cada operación se determinó en función de las características físicas para el manejo de los materiales en proceso; básicamente peso y volumen.

Se consideró una producción al mes de :

307	carátulas	MOD LP 23
1438	carátulas	MOD LP 46
143	anuncios	MOD LP 23
560	anuncios	MOD LP 46

Que representa la máxima producción requerida en un mes y para obtenerla se pretendió eliminar por completo el trabajo en horas extras requiriéndose además trabajar cinco días a la semana con un turno diario de ocho horas (esta fue una restricción impuesta por políticas de la empresa).

Con la delimitación de cada lugar de trabajo se reducirá al mínimo el tiempo empleado en trabajo improductivo y en transportar el material de una estación a otra.

3) Asignación de estaciones .

Básicamente se procedió con el método heurístico asignando el primer elemento a la primera estación de trabajo y verificando con el tiempo ciclo si era o no posible asignar otro elemento a la estación. Cuando ya no fue posible asignar otro elemento, se designaba el elemento siguiente como el primero de la segunda estación y así sucesivamente.

Como se mencionó al principio de este capítulo existían una gran variedad de secuencias viables, por ejemplo, sólo en la línea de acrílico puede haber 78 de las cuales aplicando las restricciones mencionadas y la eliminación de secuencias viables por dominadas y duplicadas y sobre todo los lugares de la planta en los que se puede realizar cada operación, así como la secuencia que deben tener, fue posible obtener la división óptima que permitiera cumplir los requerimientos de producción con el mínimo posible de estaciones y por lo tanto de personas.

Las estaciones como fueron divididas, se presentan desglosadas por líneas y finalmente una tabla resume los resultados

obtenidos para cada línea; se incluye también la capacidad de producción de cada estación y las operaciones que les corresponden.

OBSERVACIONES ; LA ESTACION #1 TIENE 11.98-10.16 = 1.8 mLn OCIOSOS
POR LO TANTO PUEDE APOYAR A LA ESTACION #2 REDUCIENDO LA DEMORA DE
ESTA ESTACION DE : 14.42-11.98 = 2.5 A 2.5-1.8 = .7 mLn.

LA EST. #4 TIENE UNA DEMORA DE 12.96-11.98 = .98 mLn PERO AL ESTAR
AL FINAL DE LA LINEA, NO ES CRITICA ESTA DEMORA

HERRERIA
 =====

PRODUCCION REQUERIDA

LP'46 560

TIEMPO CICLO = 17.14285

DE ESTACIONES = 4.31375 EST.

	CORTAR	CORTE	CORTE	HERRERIA	ESMERIL	MARCAR	PERFILAR	SOLDAR	PINTAR	ARMAR	ELECTRIF	TAPAR
LP '46	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
PERSONAS	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
TIEMPO	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
	1.16	1.88	2.38	13.33	4.15	3.18	4.88	1.25	2.83	8.55	32.48	7.78
	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:

EST. #1
17.56

EST. #2
17.48

EST. #3
16.33

EST. #4
16.24
16.24

ACCESORIOS

PRODUCCION REQUERIDA

LP^o 23 Y 46 303

TIEMPO CICLO = 13.65576

DE ESTACIONES = 1.702310 EST.

	CORTAR TUBO	APLANAR PUNTA	APLANAR PUNTA	ESQUINA	PERFORAR	CORTAR	ENDEREZAR	PERFORAR	SOLDAR	ASTAS	HACER VIENTOS	ENROLLAR VIENTOS	EMBOLSAR	METER EN CAJA	FLEJAR CAJA
LP ^o 23 Y 46															
PERSONAS	1	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TIEMPO	0.33	0.15	0.15	0.16	0.66	0.41	0.56	0.48	0.30	1.55	2.33	0.73	0.5	0.05	0.01
UNION															
PERSONAS	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1		
TIEMPO	1.00	0.41	0.51	0.63	0.36	0.41	0.58	1.91	0.63	1.33	1.41	3.53	1.18	0.3	

EST. # 1 : 11.55

EST. # 2 : 11.71

RESULTADOS DEL BALANCEO DE LA LINEA DE PRODUCCION DE LP

ACRILICO

ESTACIONES	PERSONAS	OPERACIONES	TPO EMPLEADO (MIN. OP/2LP)	TPO CICLO (MIN/2LP)	PROD'N TOTAL (LP/DIA)	PROD'N LP'23 (LP/DIA)	PROD'N LP'46 (LP/DIA)
1	2	CORTE	11.56	11.00	83.0	16.6	66.4
2	3	HORNEADO	12.00	11.00	80.0	16.0	64.0
3	3	PRENSADO	14.00	11.00	68.6	13.7	54.9
4	3	REDONDO*, PROFIL*, LAVADO	10.53	11.00	91.2	18.2	72.9
5	1	SECADO	12.97	11.00	74.0	14.8	59.2
6	1	FONDEO	11.49	11.00	83.6	16.7	66.8
	7			-----			
				72.55			
HERRERIA LP'S*							
1	1	CORTE+3 MARCAR PERF. SOLD. PENTAR	17.56	17.14	27.3		27.3
2	1	ARMAR HERRERIA. ESMERILADO	17.48	17.14	27.5		27.5
3	3	ARMADO Y TAPADO	16.33	17.14	29.4		29.4
4	1	ELECTRIFICADO	32.48	17.14	14.8		14.8
5	1	ELECTRIFICADO					
	7			-----			
				83.85			
HERRERIA LP 23 **							
1	1	ARMADO ELECTRIFIC TAPADO CORTE PERFILADO DOBLADO Y PERFILADO	43.27	67.13	11.1	11.1	
	1			-----			
				43.27			
ACCESORIOS							
1	2	ASTAS	11.55	13.65	83.1	16.6	66.5
2	1	AST.VTOS HACER Y ENROLLAR BOLSA CAJA FLEJAR	11.71	13.65	82.0	16.4	65.6
	3			-----			
				23.26			
EMPAQUE							
1	2	SAQUES* CORTAR	10.16	11.98	94.5	18.9	75.6
2	2	REJILLAS ARMAR HUACAL	16.42	11.98	58.5	11.7	46.8
3	2	INSP. ETIQU. ENV.	12.07	11.98	79.5	15.9	63.6
4	2	CERRAR HUACAL FLEJAR METER ANUNCIO Y CERRAR	12.96	11.98	74.1	14.8	59.3
	8			-----			
				51.61			
ALUMINIO							
1	1	CORTAR CORTE45g* MARCADO* Y DOBLADO*	5.96	13.65	161.1	32.2	128.9
	1						

TOTALES

15	35	54	25.9	13.30	15.70
				5.18	20.72

* OPERACION CORRESPONDIENTE A UN SOLO TIPO DE CARATULA

LOS DEPTOS DE ALUMINIO Y LP'23 TIENEN SUFICIENTE TIEMPO OCIOSO PARA CUBRIR DOS DEPTOS SIENDO ASI EL NUMERO DE OPERARIOS NECESARIO DE 33 PERSONAS

LA PROD'N DE LP/DIA EN ACRILICO SE CALCULA DIVIDIENDO:

$$\frac{\text{TPQ. DISP. MIN}}{\text{DIA}} = \frac{\text{LP}}{\text{DIA}} \times 2$$

$$\text{TPQ. EMPLEADO} = 2 \text{LP}$$

LA PRODUCCION DE LP'23 Y LP'46 SE OBTUVO CONSIDERANDO:
EL 80% ES DE LP'46 O SIMILARES Y EL 20% ES DE LP'23 O SIMILARES

703 --- 100%	(TOTAL DE LP'5)
560 --- X%	(TOTAL DE LP'46)

SIENDO LOS TIEMPOS DE CADA DEPTO:

T.E. MIN	TPQ. CICLO	TPQ OCIOSO MAX.
----------	------------	-----------------

10.53	11.00	0.47
16.33	17.00	0.67
43.27	67.13	23.86
11.55	13.65	2.10
10.16	11.92	1.82
5.96	13.65	7.69

Los tiempos que exceden a los tiempos de ciclo representan demoras en la línea, sin embargo, no pudieron eliminarse debido a que de haberse acomodado de otra forma el tiempo empleado en trabajo improductivo retrasaría aún más la línea, o bien una división mayor en las tareas correría el riesgo de ocasionar los problemas tratados en la introducción, pero para evitar tal retraso el tiempo ocioso que tienen algunas operaciones se podría aplicar, reduciendo así el desequilibrio de la línea.

III.III ANALISIS DEL DESEQUILIBRIO DE LA LINEA

Es muy difícil mantener un nivel de producción siempre igual a la largo de todo el año sobre todo actualmente para el producto que se está analizando, debido a las restricciones de espacio que se tienen, al poco tiempo con que se programa la producción y a la falta de controles que aseguren el abastecimiento, en el momento adecuado, de algunos materiales como son aluminio y acrílico.

Debido a esto y a que dadas circunstancias no son fáciles de eliminar por completo, al implantar la línea de producción el tiempo ciclo determinado por dichos factores muy difícilmente coincidirá con aquellos que permitan un balance perfecto, es pues necesario estudiar el desequilibrio que sufrirá el sistema para determinados volúmenes de producción, correspondientes a diferentes tiempos ciclo y encontrar así el número de estaciones que para estas condiciones se acerquen más al balance perfecto.

Este estudio consiste en analizar diferentes tiempos de ciclo posibles y calcular el número de estaciones que hagan posible el balance teóricamente perfecto, una vez calculado el número de estaciones que nos dé el balance perfecto para cada uno de los tiempos ciclo posibles se obtiene el porcentaje de desequilibrio para la línea por medio de la función:

$$d = \frac{100 (nc - E ti)}{nc}$$

Donde:

d = % de desequilibrio de la línea

n = # de estaciones

c = tiempo ciclo

E ti = tiempo total de todas las operaciones en la
línea

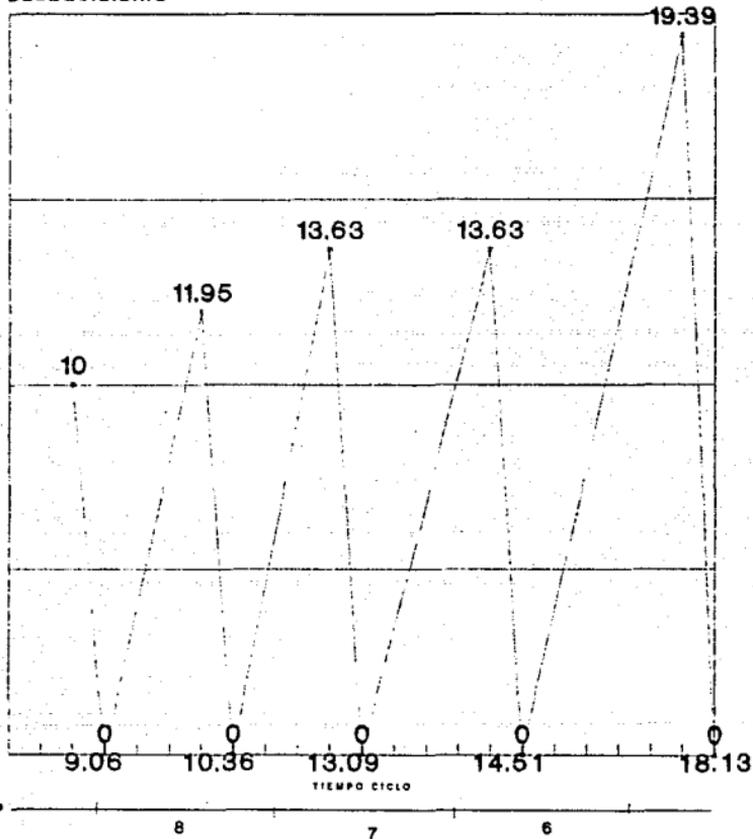
Graficando esta función para cada una de las líneas planteadas para el estudio se tiene una guía para saber con exactitud el retraso que tendrá la línea para un tiempo de ciclo dado y poder corregir dicho atraso.

A continuación se presentan las gráficas correspondientes a cada línea planteada con excepción de lp'23 y aluminio que al tener una sola estación quedan mejor definidas como departamentos.

ACRILICO

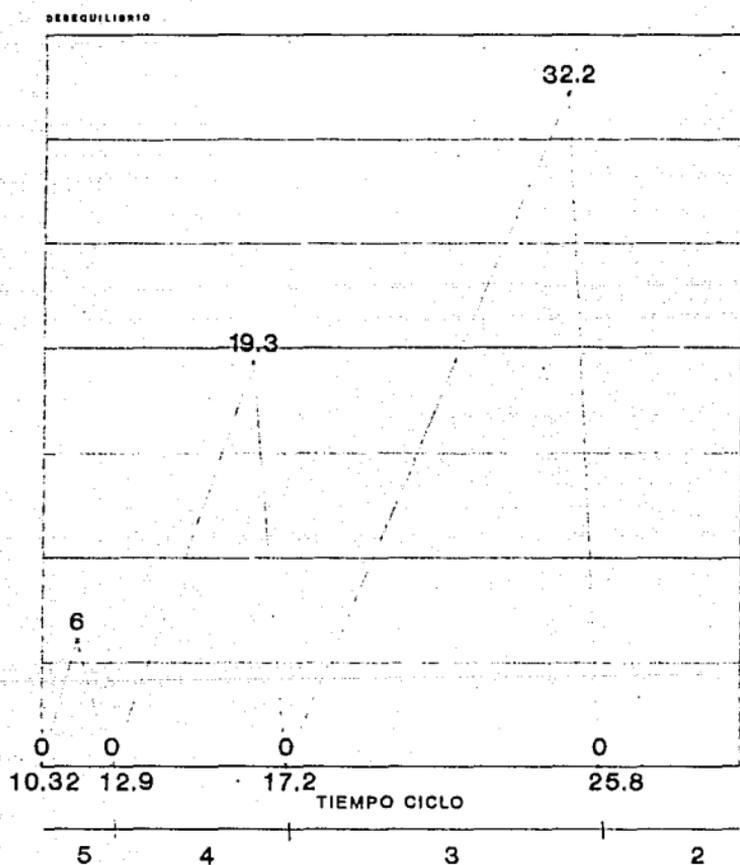
DESEQUILIBRIO DE LA LINEA

DESEQUILIBRIO



EMPAQUE

DESEQUILIBRIO DE LA LINEA (%)

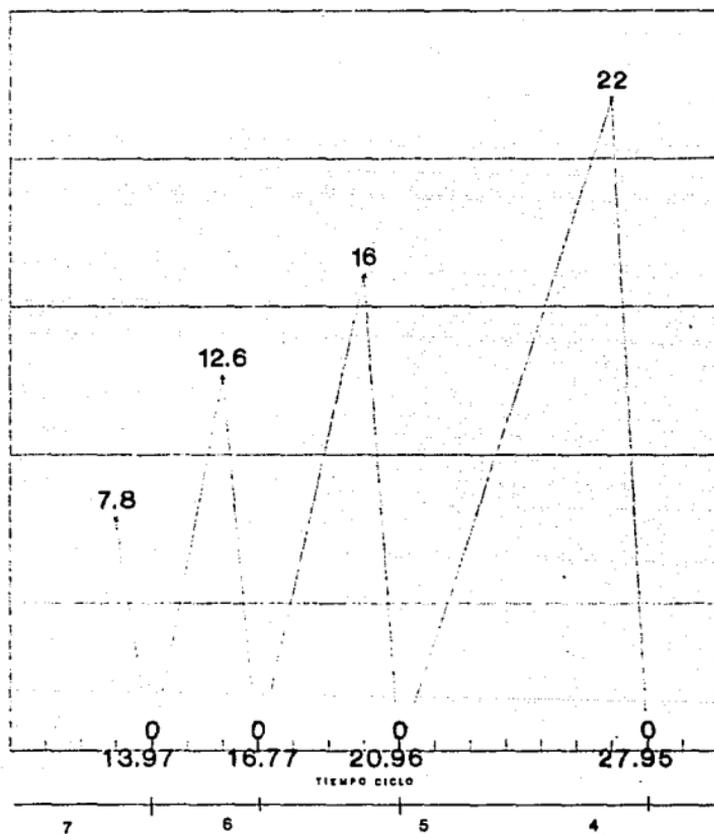


ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

HERRERIA

DESEQUILIBRIO DE LA LINEA (%)

DESEQUILIBRIO



Es comprensible que si podemos adaptar o elegir en un momento dado el tiempo ciclo podremos obtener el balance casi perfecto por lo tanto debe ser posible en base a arreglos en el tiempo disponible o bien en los lotes de producción encontrar los tiempos de ciclo más convenientes presentados en las gráficas. Como se ve los valores de desequilibrio son bajos en los tiempos de ciclo, apenas superiores a los valores perfectos, sin embargo si se eligen valores apenas inferiores a los perfectos se garantiza el máximo desequilibrio del balance, con estas consideraciones al realizar los planes de producción se podrá jugar con los tiempos de ciclo para elegir los más convenientes y aprovechar al máximo los recursos de sistema.

BENEFICIOS ECONOMICOS DEL PROYECTO

Todo proceso de decisión, para ser realmente correcto, requiere de un estudio que contenga las siguientes etapas:

- a) Definición del problema
- b) Análisis del problema
- c) Desarrollo y propuesta de alternativas
- d) Análisis económico
- e) Análisis de intangibles

Todas estas han sido tratadas en los capítulos precedentes. En el presente capítulo se analizarán los costos necesarios para la implementación del proyecto propuesto comparándolos con los beneficios que se lograrán del mismo. Es importante hacer notar que existe diferencia entre un análisis económico y un análisis financiero ya que aquél se refiere a la determinación de los méritos económicos del proyecto, mientras que el análisis financiero se refiere a la disponibilidad y origen de los fondos necesarios para la realización del proyecto.

Un análisis de factibilidad en lo económico, está orientado a proveer los datos económicos básicos y la evaluación económica de proyectos en general, está orientada a procesar dichos datos para proveer elementos o criterios que permitan tomar una decisión sobre la realización del proyecto.

Esta división permite precisar más el objetivo básico, o sea, desarrollar criterios, conceptos y datos que permitan evaluar y comparar alternativas y tomar decisiones.

Un diagrama de bloque puede ejemplificar más claramente el proceso del análisis económico como se ve en la figura siguiente:



La premisa fundamental del análisis económico consiste en comparar en términos monetarios las parejas de bienes vs recursos y egresos vs ingresos; es claro que los bienes económicos obtenidos deberán tener mayor valor que los recursos empleados para que un proyecto sea factible de ser realizado.

Este análisis económico pretende comprobar la ley general del trabajo que afirma que en toda industria la productividad del trabajo aumenta proporcionalmente con la extensión de la división del trabajo.(1)

(1) Bucher, Carl. Industrial Evolution. N.Y. pag 284

A continuación se definen cuatro costos inherentes a la división del trabajo.

a) Costo de desequilibrio del trabajo.- Es el resultado de una división errática de las operaciones. Es nulo cuando toda la operación la realiza una sola persona y se eleva a medida que se subdividen las operaciones.

b) Costo del trabajo improductivo.- Es el requerido para trasladar (manualmente) el producto de un operario a otro, para comenzar la realización de una operación al ser interrumpida y hasta para alcanzar las herramientas necesarias si no están colocadas estratégicamente.

c) Costo del aprendizaje.- Que se puede dividir en costo del ritmo realizable que considera la relación entre la longitud de la tarea y el grado de destreza como directa. O bien el costo del aprendizaje inicial en el período de adquisición de destreza y la prolongación del costo de aprendizaje debida a la rotación del personal llamado aprendizaje recurrente.

d) Costo de la destreza.- Va disminuyendo al ampliarse la división del trabajo.

Dados los cuatro componentes del costo de la división del trabajo, la división óptima (económicamente hablando) será la que aporte el mínimo costo de trabajo directo por unidad de producción, es decir, la división de las tareas así obtenidas nos da el tiempo ciclo óptimo pero debido a muchas restricciones inherentes al proceso puede no ser completamente factible en la mayoría de los casos, pero si dado un tiempo ciclo real podremos aquí obtener los costos en que se incurre en el balanceo propuesto y compararlos contra los costos que acarrea actualmente el modo de producción que lleva la empresa.

Sin embargo el costo de aprendizaje no es significativo y aunque se trató de reducir al mínimo colocando a las mismas personas en las especialidades que ya habían adquirido, este costo será calculado como un costo adicional para la implementación del proyecto y tener así un margen de referencia más amplio que permita tomar una adecuada decisión con respecto al proyecto. La siguiente fórmula resume el cálculo de los diferentes aspectos del costo de aprendizaje que fueron analizados:

$$C = n l w \left\{ \frac{5}{3} \left[\frac{1}{p(1)} - \frac{1}{p(1^*)} \right] + \frac{1}{m} \left[\frac{1}{f(r,1)} - \frac{(ra+1)}{p(1)} \right] + \frac{\lambda}{Q} \frac{1}{f(r,1)} \right\}$$

donde:

n = # de operarios.

l = longitud de la tarea en horas.

w = tasa salarial horaria.

$p(l)$ = ritmo que puede obtenerse con la l dada.

$p(l^*)$ = ritmo mas veloz obtenible con la l ideal.

m = número de unidades de la secuencia de operación.

r = menor número de operaciones para alcanzar el ritmo final.

$f(r, l)$ = función asociada a la curva de aprendizaje.

λ = tasa de rotación anual.

Q = producción anual.

$$C = (11)(.283)(2800)*$$

$$\left\{ \left(\frac{5}{3} \right) \left(\frac{1}{40} - \frac{1}{49} \right) + \left(\frac{1}{560} \right) \left(\frac{1}{1.85} - \frac{65}{140} \right) + \left(\frac{.2}{3900} \right) \frac{1}{1.85} \right\}$$

$$C = 156.81 \text{ \$/u.} \quad (1)$$

Se considera para este estudio que la clasificación del trabajador tiene una sola tasa salarial y no varía con los cambios de duración del tiempo ciclo.

(1) La relación de aprendizaje $f(r, l)$ fue tomada de:
NIEBEL, INGENIERIA INDUSTRIAL. ed. representaciones y servicios de ingeniería. pp.322

El aspecto del desequilibrio de la línea fue ya estudiado en el capítulo anterior por lo que no es necesario retomarlo aquí.

La finalidad de este estudio es sólo estudiar y presentar una base económica que ayude a tomar una resolución sobre la conveniencia o no del proyecto propuesto en esta tesis para lo cual se presentará una tabla comparativa de los costos de la producción del mes de junio contra los costos que hubieran sido necesarios con la división del trabajo.

Lo primero que se obtuvo para comparar el proyecto con las actuales características de la empresa fue el costo de mano de obra directa empleado para obtener una producción de 703 anuncios en un mes. Tales costos fueron los siguientes:

Costo de mano de obra mensual	\$ 25,116,000
Costo de energía eléctrica	\$ 750,000
Costo de mdo por tiempo extra	\$ 14,231,000
Costo de energía eléctrica T. E.	\$ 187,000
TOTAL MENSUAL	<u>\$ 40,284,000</u>

Si se pone en marcha el proyecto los costos en que se incurriría serían los siguientes:

Costo de mano de obra mensual .-----	\$ 16,380,000
Costo de energía eléctrica .-----	\$ 750,000
Costo de m.o. por tiempo extra.-----	\$ 0
Costo de energía eléctrica T. E.-----	\$ 0
Costos inherentes a la división del trabajo.-----	\$
TOTAL MENSUAL	\$ 17,130,000

Lo cual indica que se podría lograr un ahorro de \$ 23,154,000 en un mes que tenga una producción semejante, y si consideramos que este nivel de producción se mantiene por lo general durante cuatro meses, el ahorro anual ascendería al rededor de \$ 90,000,000 noventa millones de pesos.

Esto es en realidad un ahorro ideal que se puede obtener del proyecto, sin embargo dado que no es necesario hacer una gran inversión para lograr reunir las condiciones ideales para el total logro del mismo, y considerando que los costos por

aprendizaje son muy bajos pues todo el personal tiene de menos un año de realizar las operaciones (aunque divididas de diferente modo) a las que se les asignarán, es completamente factible.

Otro factor que es importante considerar es que en el área de producción de lp's sólo 20 personas tienen contrato de planta por lo que no se incurriría en gastos por despido del personal excesivo. Sin embargo no se recomienda el despido de tal personal sino su reubicación en otras áreas de la empresa evitando gastos de selección y contratación de nuevo personal.

El ahorro que se presenta aquí es logrado básicamente, porque como ya se mencionó, al dividir las tareas se logra aumentar de forma importante la eficiencia del sistema. Esto puede presentarse en términos económicos como sigue:

De:

$$\eta = \frac{He}{Hc}$$

Donde

η = eficiencia

He = hrs. efectivas de producción.

Hc = hrs. contadas de producción.

Además si multiplicamos el inverso de la eficiencia por la tasa salarial horaria, obtendremos el costo extra en que estamos incurriendo por la baja eficiencia del sistema.

Así tenemos la tabla siguiente, que nos muestra los costos de la eficiencia en las condiciones actuales y lo que se lograría con el proyecto.

DEPARTAMENTO	EFICIENCIA		COSTO	
	ACTUAL	PROYECTADA	ACTUAL	PROYECTADO
LP'23	29 %	64 %	\$ 4,344	\$ 1,968
HERRERIA LP'S	46 %	102 %	\$ 2,739	\$ 1,235
ACRILICO	57 %	127 %	\$ 4,064	\$ 1,852
EMPAQUE	31 %	68 %	\$ 2,210	\$ 992

NOTA : Actualmente se trabaja en la planta durante 6 días a la semana y dos turnos diarios.

Para lograr las eficiencias que sobrepasan el 100% (Eficiencia proyectada de herrería lp's y acrílico en la tabla anterior) se puede recurrir a las estaciones de lp'23 y empaque ya que éstas no consumen todo el tiempo que tienen disponible para efectuar su tarea y pueden por lo tanto absorber el excedente de trabajo de aquellas.

CONCLUSIONES

En general se puede afirmar que un sistema de producción que no aplica la división del trabajo, o cuya división de las tareas está siendo mal enfocada, desaprovecha sus recursos humanos, lo que ocasiona que unos departamentos trabajen al máximo de su capacidad mientras que otros tienen tiempos ociosos.

En el trabajo que nos ocupa esto queda ampliamente demostrado si observamos la eficiencia con que se logra trabajar en los diferentes departamentos una vez aplicada una división adecuada de las tareas.

El nuevo sistema toma la forma de líneas de producción que se van interconectando para desembocar en el último ensamble y el empaque del producto terminado.

En cuanto al apoyo que se pretende dar de unas a otras estaciones no se limita sólo a tener al personal en constante ocupación, sino que busca lograr una plantilla de personal capaz de elaborar con un grado aceptable de destreza diferentes tareas que van desde el electrificado de un anuncio hasta la soldadura de su bastidor y el moldeo del acrílico para la carátula, esto elevará la motivación y necesariamente el nivel de vida del trabajador y le creará un sentimiento de identificación hacia la empresa.

Los trabajos que se requieren para fabricar un anuncio de este tipo son relativamente sencillos por lo que no se requiere realizar un gran número de repeticiones para dominarlos y sin embargo con la movilización controlada del personal a las diferentes estaciones que lo requieran se evita que el trabajo se haga tedioso y recaiga el interés por el mismo.

Este modo de organización facilitará la planeación de las actividades de producción y permitirá que el nivel de calidad de cada una de las operaciones pueda ser supervisado con mayor facilidad y así mismo, crear programas de concientización para que la gente participe cada vez con mayor interés en la calidad de su trabajo.

Uno de los aspectos más importantes para que cualquier sistema de producción sea realmente válido es que logre además de elevar la eficiencia de la planta productiva la realización personal de todos los involucrados en el.

La comunicación es también un factor clave en el desarrollo de cualquier proyecto, pero resulta vital para que este en particular de los resultados esperados. Tal comunicación deberá procurarse tanto de las distintas estaciones de trabajo hacia el supervisor, como de los supervisores hacia el trabajador y sobre todo de los supervisores entre sí.

Todo proceso es susceptible de ser perfeccionado y para esto requiere ser evaluado constantemente con espíritu crítico y de interés que lleve al sistema por un crecimiento sostenido y equilibrado en todas sus áreas.

Algunos autores definen la integración de dichos principios como SISTEMA SOCIOTECNICO.

"Es cualquier medio en que los hombres combinan cooperativamente sus esfuerzos, usando herramientas y máquinas para alcanzar una cierta meta". *

Se trata de asimilar la relación que existe entre el grado de realización de las personas y la productividad para no descuidar ninguna de las dos necesidades logrando entre ellas, cierta armonía.

Así pues el ingeniero industrial debe preguntarse sobre el sentido de la tarea, la pertinencia de los factores ambientales y el significado del hombre para sí mismo.

* Peter B. Vail; "SISTEMAS DE PRODUCCION"; Groff, G. K. y Mutth, J. F.; Vol.2; ed. limusa.

Deberá mostrar interés no sólo en las máquinas sino también en las personas como parte del mismo sistema de trabajo y deberá ser un factor interno que facilite el cambio, interactuando con el sistema y analizando la resistencia que pueda presentarse como manifestación de las necesidades del mismo.

BIBLIOGRAFIA

BARNES, RALPH M. "MOTION AND TIME STUDY"; Wiley international edition. 6a. EDICION.

NIEBEL, BENJAMIN W. "INGENIERIA INDUSTRIAL"; Richard D. Irwing inc. 5 edicion.

CURL, RUSSEL MACHENZIE. "ANALISIS Y MEDICION DEL TRABAJO"; ed. Diana; traducción de: Work study. México 1979.

APPLE, JAMES M. "PLANT LAYOUT AND MATERIALS HANDLING"; 2nd. edition; the Ronald press Co. New York. 1950 - 1953.

REED, RUDELL. "LOCALIZACION LAYOUT Y MANTENIMIENTO DE PLANTA"; ed. centro regional de ayuda técnica; México 1971.

BUFFFA, ELWOOD S. "SISTEMAS DE PRODUCCION E INVENTARIO."; ed. limusa Mexico 1988.

BOCK, F.H. "PLANEACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION"; ed. limusa 2a. reimpression; México 1980.

RIGGS, JAMES L. "SISTEMAS DE PRODUCCION"; ed. Limusa

GROFF, G.K. "SISTEMAS DE PRODUCCION" vol.2

VARELA. "EVALUACION ECONOMICA DE ALTERNATIVAS OPERACIONALES Y PROYECTOS DE INVERSION "; ed. Norma ; Bogota 1982.

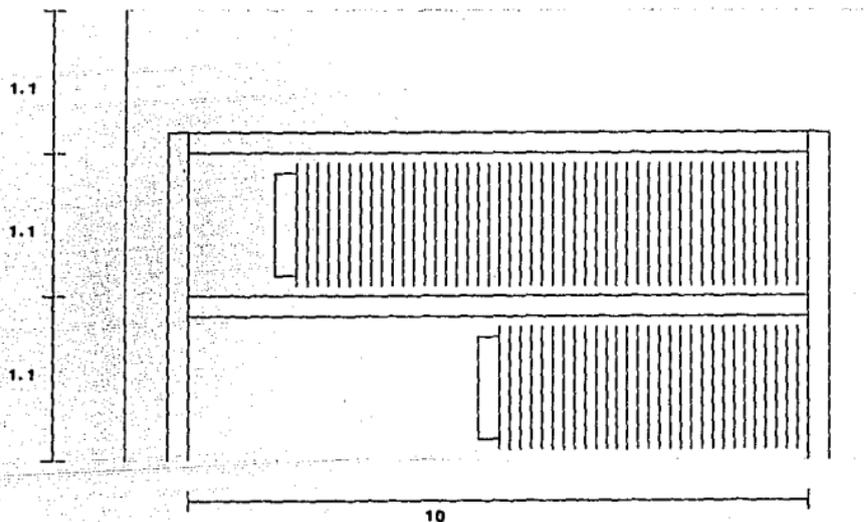
L.P. ALFORD , JOHN R. BANGS ; "MANUAL DE LA PRODUCCION"
ED. UTEHA.

A P E N D I C E A

ACOMODO DE CARATULAS

VISTA FRONTAL DEL MUEBLE

DEPTO DE PINTURA



-:- TESIS PROFESIONALES -:-

MECANOGRAFIA E IMPRESION

Campeche No. 156 - - - - Col. Roma
México, D. F. - - - - 06700

554-3954 ★ 584-8153