

300617  
18  
24

# UNIVERSIDAD LA SALLE



ESCUELA DE INGENIERIA  
INCORPORADA A LA U.N.A.M.

"REDISEÑO DE UN AREA DE ENSAMBLE  
APLICANDO CELDAS DE TRABAJO"

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A I

ALEJANDRO DE JESUS FRAGOSO FRANCO

DIRECTOR DE TESIS,

ING. ENRIQUE GARCIA DELGADO

TESIS CON México, D.F.  
FALLA DE ORIGEN

1993



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.

## INDICE

	PAG.
INTRODUCCION	1
PRIMERA PARTE - BASE TEORICA	7
CAPITULO 1 - CONCEPTOS DE PRODUCTIVIDAD	8
1.1.- Tiempos de Preparación	9
1.2.- Distribución de Planta	12
1.3.- Grupos Tecnológicos	14
1.4.- Inventario de Producto en Proceso	15
1.5.- Lotes de Producción / Ensamble	18
1.6.- Almacenes Focalizados	22
1.7.- Tiempos de Entrega	24
1.8.- Calidad	26
CAPITULO 2 - CONCEPTOS DE AREAS DE ENSAMBLE	28
2.1.- Procesos de Ensamble	29
2.2.- Celdas de Ensamble	34
SEGUNDA PARTE - CASO PRACTICO	44
CAPITULO 3 - SITUACION ACTUAL	46
3.1.- Distribución del Area de Ensamble	54
3.2.- Proceso de Ensamble	58
3.3.- Flujos de Materiales	77
3.4.- Inventario de Producto en Proceso	78
3.5.- Datos Actuales	79
CAPITULO 4 - SITUACION PROPUESTA	81
4.1.- Distribución del Area de Ensamble	82
4.2.- Proceso de Ensamble	86

4.3.-	Personal	100
4.4.-	Flujo y Recorrido de Materiales	101
4.5.-	Inventarios y Almacenes	103
4.6.-	Calidad	110
CONCLUSIONES		112
ANEXOS		118
BIBLIOGRAFIA		127

## **INTRODUCCION**

El principal objetivo de cualquier empresa es el de generar una utilidad para sus dueños. Partiendo de esta base, se puede decir que el trabajo de cualquier empleado dentro de una empresa debe estar encaminado a utilizar todos los recursos que la misma aporta, aprovechándolos de la mejor manera, con el fin de cumplir satisfactoriamente con este objetivo.

El trabajo de un Ingeniero Industrial consiste en utilizar todos los recursos que tenga a su alcance, tanto técnicos como humanos para cumplir con su objetivo de lograr que la empresa sea altamente productiva, diseñando e implantando programas para este fin.

Este trabajo no es fácil ya que mejorar normalmente implica cambiar tanto procesos como actitudes. Siempre se encuentran barreras llámense costumbres, lucha de poderes, miedo al cambio, etc., que se oponen a estos programas. Pero estas barreras deben ser traspasadas ya que el futuro de la empresa depende de ello. Actualmente México está viviendo un gran cambio que está afectando la vida de todas las empresas. Este cambio se debe a la necesidad de integración al nuevo horizonte económico mundial.

Esta apertura ha propiciado que las empresas mexicanas se enfrenten a competidores extranjeros que pretenden introducirse al mercado nacional y colocar sus productos desplazando a los nacionales. La problemática a la que se enfrentan estas empresas es a la de competir contra productos que satisfacen las necesidades del consumidor con altos estándares de calidad, un mejor servicio al cliente, y con un precio bajo. La industria mexicana se enfrenta a la terrible realidad de que no está preparada para ello.

El mundo ha cambiado hacia una economía global y se debe entender este nuevo horizonte con sus dinámicas, parámetros y prioridades para poder competir al mismo nivel. Se debe ser competitivo, pero no con la concepción que se tenía en el pasado en la que lo importante era tener altos volúmenes de producción a costa de altos inventarios, altos costos y poco deseo de ser productivos. Se deben comprender los nuevos conceptos de productividad que rigen en el mundo y tratar de incorporarlos a la industria nacional.

Toda empresa tiene una urgente necesidad de reducir costos, inventarios y tiempos de entrega. Cada vez es más claro que la productividad debe ser utilizada como arma competitiva y no seguir eludiéndola. Los clientes están demandando, no pidiendo, productos de bajo costo, libres de defecto y en el menor tiempo posible. Aquella empresa que logre cumplir con estas demandas tendrá la posibilidad de sobrevivir en el mercado y, posteriormente, ampliar su participación del mismo.

Una estrategia productiva utilizada a nivel mundial es la de adoptar la filosofía llamada "J.I.T" (Justo a Tiempo), que dice que todo aquello que no agrega valor al producto debe de ser eliminado. Esta filosofía puede ser aplicada en cualquier actividad ya sea administrativa, productiva o de servicio. Los pasos para aplicarla son sencillos: simplificar, automatizar y finalmente integrar.

Simplificar implica eliminar toda complejidad existente y actividades que no añaden valor al producto; posteriormente se automatizan aquellos pasos que sean realmente necesarios. Este paso puede ser reducido o eliminado dependiendo de que tanto se

hayan simplificado los procesos. Finalmente se integran todas las funciones.

Estos pasos permiten aplicar y distribuir mejor los recursos, eficientando su aprovechamiento y reduciendo desperdicios tanto de tiempo como de esfuerzo.

El proceso productivo común de la mayoría de los artículos que son manufacturados, es decir de aquellos que transforman una materia prima en un producto terminado, consta de dos etapas:

- Etapa de Transformación: en esta etapa la materia prima se convierte, por medio de un proceso, en un componente de un artículo o en un producto terminado.

- Etapa de Ensamble: en esta etapa se arman o ensamblan los componentes, generados en la etapa de transformación, en sub-componentes o en productos terminados.

Debido a la falta de tecnología propia que tiene la industria nacional, la mayoría de las empresas mexicanas que llevan a cabo un proceso productivo lo realizan dentro de la etapa de ensamble. Actualmente este tipo de empresas ha tenido un mayor auge debido al interés extranjero de utilizar la mano de obra barata existente en México para ensamblar sus productos.

Se puede observar que la mayoría de las empresas mexicanas cuenta con un área de ensamble; desafortunadamente se presta poca atención a la mejora de estos procesos.

En una área de ensamble típica se puede encontrar que la distribución del área de trabajo está establecida en base a centros de trabajo por procesos, en cada uno de los cuales sólo se realizan una o algunas operaciones de ensamble. Estos centros se encuentran separados entre si por paredes y grandes

distancias. Los lotes de producción que se manejan en el piso son grandes, lo cual provoca tiempos de espera largos con grandes recorridos de materiales y altos niveles de inventario de producto en proceso.

La alta dirección de las empresas tiene como una de sus mayores preocupaciones la de reducir los costos de producción de sus productos. Esto lo tratan de conseguir por los métodos tradicionales y fáciles: reducir personal, comprar materia prima más barata, bajar la calidad y, en el peor de los casos, aumentar los precios de venta. El tiempo ha demostrado que estas no son las soluciones óptimas.

La solución radica en atacar el fondo del problema y la verdadera causa de los altos costos: la falta de productividad de la empresa.

El propósito de este trabajo de tesis es el de proponer una alternativa para mejorar la productividad de las áreas de ensamble. Esta proposición se basa en la aplicación de una parte importante de la filosofía de "Justo a Tiempo" a los procesos de ensamble. Se propone simplificar los procesos de ensamble y todo el medio ambiente que los rodea, utilizando el concepto de Celdas de Ensamble.

Una Celda de Ensamble es, en un concepto muy general, una línea de ensamble autorregulable a la cual entran los componentes necesarios en el momento adecuado del proceso y al final de la misma se obtiene producto terminado listo para venderse. El costo de diseño e implementación de una celda de ensamble es mínimo y requiere de un tiempo de desarrollo corto.

Esta propuesta pretende ser útil para toda empresa que produzca

artículos cuyo volumen no sea muy grande (menor a cuatro metros cúbicos) y que cuente con un proceso de ensamble en el que intervengan tanto máquinas como personas. Se mostrarán los grandes beneficios que se pueden obtener dentro de la empresa cuando se lleva a cabo un proyecto de mejoras de productividad en los procesos y áreas de ensamble.

Para desarrollar este trabajo se presentará primero la base teórica que lo sustenta; posteriormente se mostrará un caso práctico real en el cual se expondrá la situación actual del área de ensamble de una empresa y el rediseño que se realizó de la misma aplicando celdas de ensamble. Finalmente se presentarán los resultados que se esperan obtener y el efecto que estos tienen dentro de la empresa.

**PRIMERA PARTE - BASE TEORICA**

**CAPITULO 1 - CONCEPTOS DE PRODUCTIVIDAD**

Para poder comprender la razón y los efectos de las celdas de ensamble es necesario conocer algunos términos y conceptos de productividad y su aplicación. Este capítulo trata de proporcionar una base teórica para comprender este medio ambiente. Algunos de los conceptos son necesarios para el funcionamiento de las celdas y otros son el resultado de la aplicación de las mismas. La secuencia en que son presentados trata de dar un camino lógico para su mejor comprensión.

### 1.1.- TIEMPOS DE PREPARACION

Se comenzará por definir lo que se entenderá en este trabajo por Tiempos de Preparación.

Tomando la definición del Diccionario APICS (American Production and Inventory Control Society), se puede decir que tiempo de preparación es el tiempo requerido por una máquina específica, una línea de ensamble o un centro de trabajo, para poder pasar de la producción de un artículo a la de otro.

De acuerdo a esta definición, el tiempo de preparación incluye todo aquel tiempo en el que se incurre desde que se termina de producir o ensamblar el último artículo aceptable de un lote de producción hasta que se ensambla o produce la primera pieza aceptable de otro artículo diferente al primero.

Los tiempos de preparación se pueden dividir en dos grupos:

- Tiempo de Preparación Interno : Corresponde a aquellas actividades que, para su realización, requieren que el flujo de proceso sea interrumpido. Esto provoca que se generen tiempos muertos de producción.
- Tiempo de Preparación Externo : Corresponde a aquellas actividades que pueden ser realizadas sin interrumpir el

flujo de proceso. Estas actividades son realizadas en paralelo a la operación de producción o ensamble con lo cual se evitan los tiempos muertos y de espera.

Para poder comprender mejor esta clasificación se utilizará una inyectora de plástico como ejemplo. Para una inyectora el tiempo de preparación interno corresponde al tiempo utilizado para realizar un cambio de molde de inyección. Un cambio de molde requiere que la inyectora detenga su proceso de inyección y que, por lo tanto, se generen tiempos muertos de producción. El tiempo de preparación externo corresponde al tiempo necesario para buscar y conseguir las herramientas adecuadas para el cambio de molde; corresponde también al tiempo necesario para montar el nuevo molde en un polipasto y moverlo a un lado de la inyectora. Estas actividades son realizadas en paralelo al proceso de inyección y no interrumpen el mismo, con lo cual no hay tiempos muertos.

La importancia de los tiempos de preparación se puede encontrar en su participación en la fórmula para la obtención del lote económico de producción o cantidad económica a pedir (conocido por sus siglas en inglés de EOQ = Economic Order Quantity).

Dentro de esta fórmula una de sus variables es el costo de preparación. Este costo corresponde al que se incurre debido a los tiempos de preparación para la producción o ensamble de un lote de un producto.

En esta fórmula, la cual será explicada a detalle más adelante, si se reducen los tiempos de preparación al mínimo, hasta cero si es posible, se conseguiría que los costos de preparación se redujeran a niveles cercanos a cero. Esto tendría como resultado

que se podrían generar EOQ's iguales a una pieza. Con esto se puede lograr producir y ensamblar una mezcla de productos que satisfaga las necesidades del mercado.

Llegar a tiempos de preparación iguales a cero no siempre es posible de obtener: es una situación ideal. Lo que si es posible, es lograr reducciones importantes que pueden ir del rango del 50% al 80%. Para poder alcanzar este objetivo es necesario llevar a cabo cuatro sencillas actividades recomendadas por el Doctor Shigeo Shingo en su libro "SMED - Single Minute Exchange Die" Estas actividades son:

- Separar e identificar los tiempos de preparación externos de los internos.
- Transformar, en la manera de lo posible, los tiempos de preparación internos en externos.
- Eliminar paulatinamente los procesos de ajuste.
- Eliminar eventualmente los tiempos de preparación.

A primera vista esto puede parecer muy sencillo de decir pero muy difícil de aplicar.

Para realizar un análisis de reducción de tiempos de preparación aplicando los cuatro pasos anteriores sólo es necesario contar con sentido común y lógica para aplicar el primer paso de la filosofía JIT: simplificar.

Estos análisis deben realizarse en conjunto con la gente que tiene contacto diario con las operaciones del proceso: los trabajadores. Ellos son las personas que mejor conocen su trabajo y es muy probable que puedan aportar sugerencias sumamente útiles para reducir los tiempos de preparación.

Reducir los tiempos de preparación es un proyecto de bajo costo

que puede proporcionar beneficios muy importantes a corto y largo plazo; y en conjunto con celdas de ensamble puede convertirse en un arma de productividad de la empresa.

### 1.2.- DISTRIBUCION DE PLANTA

Uno de los principales problemas que enfrentan las empresas mexicanas es el de contar con una mala distribución de planta tanto de su área de producción como de su área de ensamble.

Esto se debe, principalmente, a que no se cuenta con una distribución de planta que sea lógica y funcional para cubrir las necesidades de la empresa. Distintos factores obligan a pensar en la reorganización de la planta: mejorar continuamente la calidad de los productos, reducir costos de producción, mejorar tiempos de entrega, reducir inventarios, etc..

El principal objetivo de la distribución de una planta es el de proporcionar la flexibilidad necesaria para poder producir y ensamblar productos de alta calidad a bajo costo.

Una mala distribución de las áreas de ensamble provoca que los recorridos que realizan, tanto materiales como componentes y producto terminado, sean extremadamente grandes. Es común encontrar empresas que cuentan con un área total menor a mil metros cuadrados y tienen productos que recorren distancias superiores a varios kilómetros.

Estos flujos de materiales provocan que sea casi imposible el poder determinar, en papel, los recorridos que realizan los materiales, provocando que estos diagramas sean realmente unos diagramas de espagueti. Un mal control de los flujos y recorridos de los materiales produce que se tengan demasiados tiempos muertos y de espera provocando que el proceso de

ensamble no sea eficiente y genere altos costos.

Es recomendable que se analice el recorrido que realiza un artículo dentro del área de ensamble y, de ser posible, seguirlo físicamente. Con esto se puede determinar si la distribución de planta es eficiente. No deben existir recorridos de grandes distancias. Es muy probable que después de realizar esto se determine que existe una mala distribución.

Este proyecto de tesis está enfocado a implantar una distribución del área de ensamble en base a celdas de trabajo. Para poder lograr esto es necesario considerar algunos aspectos importantes. Se debe considerar la necesidad de una distribución del área de ensamble en base a los requerimientos del producto y no a las necesidades del proceso.

Esto quiere decir que se debe evitar al máximo la división o agrupación del área de ensamble en diversas sub-áreas o centros de trabajo. Es común encontrar que las empresas dividen sus áreas de ensamble y producción por procesos: el área de pegado, el área de armado, el área de cortado, etc..

Este tipo de distribución de planta provoca recorridos de grandes distancias, flujos ilógicos de ensamble, tiempos de espera, tiempos muertos, inventario de producto en proceso, retrasos en los tiempos de entrega, mala calidad y dificulta la supervisión del proceso de ensamble.

La distribución del área de ensamble debe estar encaminada a conseguir líneas o celdas de ensamble en las cuales el proceso sea lo más continuo posible. Se deben crear sub-plantas dentro de la planta. Una sub-planta puede ser el área de ensamble. Cada sub-planta debe ser autosuficiente en recursos tanto materiales

como humanos. Una sub-planta de ensamble puede estar dividida a su vez en pequeñas sub-plantas dependiendo de las necesidades de los artículos a ensamblar. Una buena distribución de planta facilita el trabajo de supervisión ya que mejora la visibilidad y el control sobre el proceso.

Una adecuada distribución de planta es un punto crítico en la obtención de mejoras productivas en el proceso de ensamble; además de eficientar la utilización del espacio de la planta y reducir costos tales como la renta del terreno, energía eléctrica, utilización de montacargas y elementos de transporte, personal de supervisión, luz, etc..

### 1.3.- GRUPOS TECNOLOGICOS

Se puede definir a un Grupo Tecnológico, de acuerdo al Diccionario APICS , como el propósito de Ingeniería y Producción de identificar similitudes de partes, equipos y procesos con el fin de agruparlos para lograr el mejor aprovechamiento de los recursos.

Tomando como base esta definición se puede decir que el objetivo de un grupo tecnológico es el de formar familias o grupos de artículos que, para el área de ensamble, tengan los mismos requerimientos de operaciones y recursos.

El propósito de esto es el de eficientar la utilización de recursos, tanto materiales como humanos, para poder mejorar el flujo del proceso de ensamble y reducir los tiempos de preparación.

Para poder realizar esto es recomendable elaborar una matriz en la cual se puedan comparar, por un lado los componentes y artículos a ensamblar, y por el otro lado las operaciones de

ensamble. De esta manera se pueden identificar todos aquellos componentes o artículos que tienen similitud en sus procesos de ensamble.

Una vez hecho esto se procede a agrupar a aquellos artículos que tengan un mismo flujo de proceso de ensamble. Con esto es posible realizar una mejor planeación de la capacidad de planta, mejorar la programación de la producción, elaborar un mejor diseño de la distribución del área de ensamble y eficientar la utilización de recursos.

Este proceso no siempre es fácil de realizar, sobre todo en aquellas empresas que ensamblan productos muy distintos unos de los otros. Lo importante radica en poder identificar, de manera general, aquellos productos que puedan ser incluidos en grupos tecnológicos y no perder tiempo y esfuerzo tratando de agrupar todos los productos que ensambla la empresa.

El formar grupos tecnológicos permite obtener celdas de ensamble más flexibles lo cual produce, como efecto, una mayor productividad en el proceso de ensamble. Este proceso de agrupación no es indispensable para la utilización de celdas pero es benéfico para las mismas. Se requiere evaluar los tipos de productos de la empresa y el número de los mismos para proponer un análisis de este tipo.

#### 1.4.- INVENTARIO DE PRODUCTO EN PROCESO

Se puede definir, de acuerdo al Diccionario APICS, al Producto en Proceso como todo aquel producto que se encuentra en cualquier etapa de fabricación dentro de la planta. Esto incluye materia prima que haya sido trasladada de su almacén al área de producción, producto terminado que se encuentre en su etapa final

de inspección antes de entrar a su almacén o de embarcarse al cliente, y todos aquellos productos y componentes que estén en cualquier etapa del proceso de ensamble.

De acuerdo con lo anterior, se puede definir como Inventario de Producto en Proceso a todo aquel inventario de partes, componentes, materia prima y producto terminado que se encuentre dentro del área de fabricación, incluyendo almacenes temporales.

De una manera muy general se puede identificar el inventario de producto en proceso de cualquier empresa como la diferencia de lo que salió del almacén de materia prima y componentes al piso, y aquello que ingresó al almacén de producto terminado listo para su embarque o venta.

Para poder comprender mejor el concepto de producto en proceso se utilizará el siguiente ejemplo:

Se tiene una fábrica que produce cajas de refresco. La materia prima necesaria para fabricar las cajas es polietileno, y se requiere un kilogramo de polietileno para fabricar una caja. Para fabricarla es necesario pasar por tres procesos: inyección, rebabeo e impresión. Los lotes de producción son de 20 cajas en todos los procesos por igual.

El primer día de producción se inicia con un inventario de producto en proceso igual a cero. Se tiene una orden de producción de 100 cajas por lo cual, se piden 100 kilogramos de polietileno al almacén de materia prima. Al finalizar el día se revisan las entradas al almacén de producto terminado y sólo se encuentran registrados ingresos por 60 cajas. Faltan 40 de la orden de producción del día.

De acuerdo a la explicación inicial es posible determinar que

existe un inventario de producto en proceso de 40 cajas de refresco.

Este inventario tiene un valor igual al de la materia prima más el valor agregado que se le dá a esta en cada proceso. Por lo tanto, para calcular este valor es necesario determinar cuanto material se encuentra distribuido en cada uno de los procesos de producción.

Continuando con el ejemplo, se puede identificar que de las 40 cajas faltantes, 20 se encuentran en el área de rebabeo y otras 20 en el área de impresión. El valor del inventario corresponde a:

- 20 cajas en rebabeo = 20 kilogramos de polietileno más el valor agregado por el proceso de inyección.
- 20 cajas en impresión = 20 kilogramos de polietileno más el valor agregado por los procesos de inyección y rebabeo.

Normalmente sólo se consideran los costos anteriores como el valor del inventario de producto en proceso. Este valor se reporta a contabilidad y finanzas. El valor real del inventario es normalmente mayor ya que este representa un costo el cual, muchas veces no puede ser cuantificable. Este costo corresponde al que se incurre por tenerlo en el piso de producción y no en el almacén de producto terminado, y es una sumatoria de todos los costos generados por ventas perdidas, costo de oportunidad, tiempos de entrega grandes, movimiento de materiales, mermas en el producto, etc.. El inventario en proceso no sólo es dinero parado, también es un costo.

Continuando con el ejemplo, se puede observar que debido a la existencia de producto en proceso es imposible vender esas 40

cajas de refresco. Esto puede representar una venta perdida. También representa que al retrasarse el tiempo de entrega de esta orden se provocará un retraso en las siguientes ordenes lo cual genera graves problemas de servicio al cliente y cuellos de botella.

El panorama normal de todas las empresas mexicanas es realmente difícil en cuanto a este aspecto. Generalmente cuentan con altos inventarios de producto en proceso lo cual les provoca, además de los problemas antes explicados, una falta de liquidez ya que la inversión se encuentra ubicada en productos que no se pueden vender.

El objetivo de todas las empresas se encuentra concentrado en la reducción de inventarios a nivel cero. Este es el punto ideal para cualquier empresa, desafortunadamente el medio ambiente no siempre lo permite. La reducción de los inventarios debe ser de acuerdo a las necesidades de cada empresa. El objetivo es reducir los inventarios a los niveles más bajos que permitan el funcionamiento adecuado de la empresa.

Para lograr esto se requiere de la conjunción de diversos factores tales como lotes de producción mas pequeños, tiempos de preparación mas cortos, flexibilidad de los procesos, etc.. Lo más importante es tener la convicción de que es mejor para la empresa tener producto terminado listo para vender que tener altos niveles de inventario de producto en proceso los cuales producen una falta de liquidez y aumentan la inversión.

#### 1.5.- LOTES DE PRODUCCION - ENSAMBLE

Se comenzará por dar una definición de la Cantidad Económica a ordenar o producir, la cual se identificará en este trabajo por

sus siglas en ingles: EOQ (Economic Order Quantity).

EOQ es un modelo de orden de cantidad fija que determina la cantidad de un artículo que debe comprarse o producirse en un momento dado. El intento es minimizar la combinación de costos de adquirir y mantener inventario. El valor óptimo de EOQ se encuentra en el punto en el cual estos dos costos son de igual magnitud para una demanda determinada de un producto.

La fórmula para obtener la EOQ es la siguiente:

$$EOQ = \frac{2 * D * P}{C * U}$$

Donde: D = Demanda anual del producto  
P = Costo de preparación de un lote promedio  
C = Porcentaje del costo anual de mantener inventario  
U = Costo unitario del artículo

Esta cantidad siempre ha sido considerada como la base más importante para determinar las cantidades adecuadas a producir o ensamblar. Siempre se consideraron como inamovibles los costos de preparación y, por lo tanto, siempre se adecuaron los lotes de producción y ensamble a este parámetro.

Actualmente, como se explicó anteriormente, la tendencia es a reducir los tiempos de preparación al mínimo con lo cual esta ecuación tiende a perder validez ya que al reducir estos costos de preparación es posible fabricar lotes de producción cercanos a una pieza. Si el costo de preparación fuera igual a cero, esta ecuación no tendría resultado.

El costo de mantener inventario también tiende a perder su importancia ya que otra tendencia dentro de las empresas es la de reducir los niveles de inventario al mínimo y eficientar el

manejo de materiales para disminuir la dificultad de calcular adecuadamente el costo de mantener un inventario.

Normalmente en las empresas los lotes de producción se establecen en base a la experiencia, influenciados por factores como tiempos de preparación, capacidad de planta y la teoría de que los obreros y las máquinas deben estar trabajando todo el tiempo. Esto produce que grandes lotes de producción sean lanzados al piso provocando problemas de inventario en proceso, mala utilización de recursos, altos niveles de producto terminado cuando no se necesita, poca mezcla de productos, etc..

Lo más recomendable es reducir los lotes de producción al mínimo, el cual no siempre debe ser uno. Cada empresa debe analizar su demanda, ventas, restricciones de producción y determinar, lo más exacto posible, sus requerimientos de producción. Estos requerimientos deben estar encaminados a satisfacer la demanda en el volumen y la mezcla adecuada. Entre más cercano a la realidad sea este análisis es más probable que se pueda aumentar los niveles de productividad. Si existen tiempos de preparación en los procesos de ensamble o producción es recomendable realizar un estudio para reducir los mismos a un nivel mínimo y obtener la flexibilidad y bajos costos que requiere el mercado actual.

Si las empresas logran reducir sus lotes de producción al mínimo es posible que logren beneficios tales como una reducción de la inversión en inventarios, reducción de tiempos de entrega, eficiente utilización de la capacidad de planta, mezcla más completa de productos, programación más exacta de la producción, etc..

Todos los factores anteriores resultan comprensibles ya que

proporcionan beneficios tangibles a la empresa, pero existe un factor importante que rara vez se analiza y comprende para poder reducir los lotes de producción.

Este factor corresponde a la idea de que no siempre es productivo tener trabajando al personal todo el tiempo (normalmente ocho horas). Muchas personas piensan que es improductivo y afecta de gran manera a la empresa que los trabajadores no esten laborando su turno completo. Este problema requiere de un análisis profundo.

Si la empresa puede vender todo lo que produce, entonces si es productivo y recomendable que los trabajadores ocupen todo su tiempo en producir. Se generaría gran cantidad de producto terminado que se vendería inmediatamente produciendo grandes utilidades a la empresa. En este caso los lotes de producción podrían tener cualquier tamaño.

Desafortunadamente esta no es la realidad. No siempre se puede vender todo lo que se produce. Imagínese el caso de una fábrica de computadoras que tiene capacidad de planta para producir 1000 computadoras diarias. Esta producción la puede lograr si sus trabajadores laboran su turno completo. La demanda de estas computadoras es de 700 computadoras diarias, y en algunos casos hasta 800.

Si los empleados producen lotes de 1000 computadoras diarias lo único que se lograría sería tener altos inventarios de producto en proceso y de producto terminado que no se podrían vender, con los problemas que esto acarrea. Es más productivo que los empleados trabajen lo necesario para poder satisfacer la demanda diaria. Esto generaría, aparte de la reducción de inventarios, un

gran beneficio intangible: una mejor relación con los empleados. La reducción de los lotes de producción es una política que nunca debe terminar. Se debe tratar continuamente de ir mejorando y reduciendo el tamaño del EOQ. El lograr esto en conjunto con las celdas de ensamble puede producir grandes mejoras productivas.

#### 1.6.- ALMACENES FOCALIZADOS

Cuando las empresas son nuevas o pequeñas, el proceso de recibir, almacenar, y dar salida a los materiales es simple y de bajo costo. Normalmente los almacenes se encuentran muy cercanos al área de producción lo cual facilita la obtención de recursos materiales para el proceso de producción ya que el mismo operador puede ir y obtener material del almacén.

Conforme van creciendo las empresas, el número de materiales, componentes y herramientas aumenta y se requiere mayor personal para poder llevar un control de entradas y salidas de los almacenes. Debido a esto se separan del área de producción los almacenes, se construyen rejas o naves especiales para estos y se concentran en un solo lugar de la planta. Ahora es necesario que producción genere requisiciones para poder obtener materiales de los almacenes, que se autoricen estas requisiciones, recorrer una gran distancia para recojerlos y, en general, perder tiempo en este proceso.

De acuerdo a lo explicado anteriormente respecto a la utilización de sub-plantas, es necesario establecer procedimientos de manejo de materiales más adecuados y de menor costo. El objetivo es regresar a la simplicidad de antes.

La utilización de Almacenes Focalizados es la respuesta a estas necesidades. Un almacén focalizado es un almacén que se encuentra

localizado lo más cerca posible a un área de trabajo y que contiene los elementos necesarios para el funcionamiento de esta. Estos almacenes tienen la ventaja de que son de un tamaño menor, reducen los recorridos de los materiales, eficientan el control de los inventarios y reducen costos de manejo de materiales.

Para poder instalar almacenes focalizados es necesario analizar los requerimientos de cada sub-planta o celda para poder definir los productos que contendrán estos almacenes. De ser posible, se establece un control de inventarios en base a contenedores con los artículos que así lo permitan.

Un contenedor es un elemento diseñado para guardar, transportar y manejar una cantidad fija de materiales. Por ejemplo, un contenedor puede ser una caja que contenga todas las herramientas necesarias para un proceso, o un dispositivo que contenga 50 artículos específicos para una operación de ensamble. Si se utilizan contenedores, se pueden registrar las salidas y entradas de materiales en base a ellos.

Se puede imaginar, por ejemplo, un proceso de ensamble de hieleras en el cual se requieren cinco componentes principales: una base, una tapa, un tapón, un empaque y una caja de cartón. Las bases provienen del área de producción y los demás componentes se compran y se guardan en el almacén focalizado del área de ensamble de hieleras. Se pueden diseñar cajas de polietileno que contengan 20 empaques. Cada vez que se realice una requisición al almacén, se da salida a un contenedor con 20 piezas en lugar de que el almacenista tenga que ir a contar y registrar la salida de 20 empaques.

El control dentro del almacén se vuelve más fácil y práctico ya

que sólo se cuenta el número de contenedores existentes y se multiplica por el número de partes que contiene cada uno. Cada ocasión que producción requiera empaques, solo tiene que llevar un contenedor vacío, lo entrega al almacenista y este le da uno lleno.

Un almacén focalizado representa grandes beneficios y es requerido para que la utilización de celdas de ensamble sea más eficiente. Representa también reducciones en implementos para el manejo de materiales tales como montacargas o paletas, así como la reducción de personal y esfuerzo requerido para el manejo de los mismos. La utilización y diseño de contenedores es recomendable siempre que sea posible ya que se pueden presentar problemas para su manejo cuando se trate de partes demasiado grandes o pesadas.

#### 1.7.- TIEMPOS DE ENTREGA

Se puede definir al Tiempo de Entrega, de acuerdo al Diccionario APICS, como el rango de tiempo necesario para realizar una actividad. Para el contexto de abastecimiento de materiales este tiempo corresponde al tiempo en el que los componentes están disponibles para producción ya sea que provengan de almacenes propios o directamente de proveedores. Para el caso de producción corresponde al tiempo necesario para producir un artículo desde materia prima hasta producto terminado.

En este trabajo se definirá tiempo de entrega como el tiempo que pasa desde que un cliente realiza un pedido hasta que recibe el mismo. Esto incluye el tiempo de producción y el de distribución. Este trabajo sólo hará referencia al tiempo de producción. El tiempo de entrega varía con respecto al tipo de producto que se

manejo: para una pluma fuente puede ser de tres días pero para un porta-aviones puede ser de tres años. Cada tipo de industria tiene un tiempo de entrega más o menos establecido. La ventaja competitiva reside en lograr reducirlo por debajo de este promedio.

Para poder reducir los tiempos de entrega es necesario eliminar toda actividad que no sea realmente necesaria para el proceso de producción y que interrumpa el flujo directo de materiales hacia los centros de producción y ensamble. Se deben de eliminar todas aquellas actividades que produzcan inventario de producto en proceso, tiempos de cola, tiempos de tránsito, recorridos de materiales, papeleo innecesario para salidas y entradas de almacenes, inspecciones de calidad, etc..

No es recomendable manejar tiempos de entrega mayores a los reales con el fin de utilizarlos como un colchón de protección contra ineficiencias de la producción. Existe una relación que dice que a mayor tiempo de entrega, mayor inversión en inventario.

El área de ensamble de una empresa es muy importante dentro de la reducción de los tiempos de entrega ya que es la etapa final del proceso de fabricación de un artículo. El diseño de esta área debe estar encaminado a reducir al máximo los tiempos de entrega de producto terminado. La aplicación de celdas de ensamble en conjunto con todos los aspectos antes citados en este capítulo producen un gran efecto en los tiempos de entrega.

Actualmente, el servicio al cliente esta tomando grandes dimensiones como arma en el mercado. Para proporcionar un buen servicio al cliente se deben reducir los tiempos de entrega pero

sin aumentar los niveles de inventario ya que esto produce un aumento de los costos y es contraproducente. Se deben reducir con productividad de planta y administrativa.

### 1.8.- CALIDAD

En el mercado actual existen tres puntos clave para poder sobrevivir y crecer: reducción de costos, reducción de tiempos de entrega y aumento de la calidad de los productos.

Actualmente se requiere que los productos sean fabricados con la mejor calidad no para ganar mayor mercado, sino para poder competir. Las empresas mexicanas, con la apertura de mercado, se enfrentan a la dura realidad de que sus productos son, en general, de una calidad que no es competitiva.

La definición de calidad sigue siendo la misma: "Calidad es lo que el cliente dice que es". Se requiere conocer que es lo el mercado considera que es calidad. Esto es difícil, y aún lo es más el tratar de satisfacer estas necesidades. Pero acercarse a ello es lo que ayuda a una empresa a sobresalir de las otras.

Calidad es el nombre del juego; y tomando un axioma del Mercomún Europeo se puede decir que aquellas empresas que deseén ser importantes a nivel mundial deben retener y ganar clientes produciendo artículos con la mas alta calidad, al menor costo, en pequeños lotes y, al mismo tiempo, tener un continuo rediseño del producto para adaptarse a las necesidades del mercado.

Se menciona a la calidad dentro de este trabajo debido a su gran importancia. Conocer lo que es calidad y determinar los pasos adecuados para conseguirla es cuestión de un estudio sumamente detallado y especializado el cual no es un objetivo de este trabajo. Sólo se recomienda que es imprescindible contar con

calidad para poder sobrevivir en el mercado mundial, y que esta debe desarrollarse en conjunto con las mejoras de productividad recomendadas.

## **CAPITULO 2 - CONCEPTOS DE AREAS DE ENSAMBLE**

Una vez que se conocen los términos, y su significado, que se utilizarán para la comprensión de las celdas de ensamble, se procederá a explicar los conceptos relativos a áreas de ensamble y sus procesos.

En esta parte se analizarán los procesos de ensamble con sus principales aspectos y se hablará de las celdas de trabajo y su aplicación en las áreas de ensamble.

### 2.1.- PROCESOS DE ENSAMBLE

Normalmente no se presta mucha atención al área de ensamble de una empresa ni a sus procesos. Es más común encontrar proyectos de productividad relativos a áreas de producción que encaminados a mejorar el proceso de ensamble. Muchas oportunidades de mejora están directa e indirectamente relacionadas con los procesos de ensamble: reducción de inversión en inventarios de partes compradas y componentes manufacturados, inventarios de producto en proceso y producto terminado, además de una reducción de espacio dentro de la planta entre muchos más.

Para poder mejorar los procesos de ensamble es requerido comprender y considerar las siguientes situaciones:

- El área ocupada por la actual línea de ensamble ocupa más espacio del requerido. Este exceso de espacio alrededor del proceso de ensamble normalmente se rellena con inventario de producto en proceso, lo cual causa problemas de tiempo y movimiento.
- No se utilizan contenedores adecuados para el manejo de materiales. Normalmente no existen o son mas grandes y pesados que lo que debieran ser.
- La capacidad de los empleados para destacar en aspectos

del proceso es desatendida tanto en cantidad como calidad. No existe actitud de equipo debido a que las distancias entre procesos es demasiado grande.

- En la mayoría de los casos las herramientas, accesorios, y equipos de automatización que existen no son utilizados para mejorar el proceso de ensamble en términos de reducción del tiempo requerido por las operaciones, la calidad del ensamble y la comodidad del trabajador.
- Los faltantes de componentes son frecuentes e interfieren frecuentemente con la programación de la producción.
- Existe un gran aparato burocrático en la organización el cual añade tiempo y costo, pero no valor, a los procesos de ensamble.

Estas situaciones son comunes en la mayoría de las empresas. Lo importante es comprender y aceptar la realidad de las áreas de ensamble de la empresa y enfocar los esfuerzos necesarios en las principales áreas de oportunidad para mejorarlas.

#### 2.1.a.- TIEMPOS Y MOVIMIENTOS

Normalmente, la mayoría de las empresas piensa que la mejor forma de reducir costos de producción es por medio de reducciones de personal. Esto no es cierto debido a que, normalmente, el costo de mano de obra de un producto solo representa entre un cinco y un diez por ciento del costo total de los artículos.

Una forma de ejemplificar los pocos beneficios que se pueden obtener reduciendo el personal es suponer que si se recortara el personal operativo en un cincuenta por ciento, solo se reduciría el costo de producción en un cinco por ciento como máximo. Simplemente los gastos de recortar este personal sobrepasan los

beneficios a obtener.

El objetivo no debe ser el reducir personal simplemente por reducirlo, se debe eficientar la forma en que trabajan los operarios para poder reducir costos. Una forma de lograr este objetivo es por medio de una optimización de tiempos y movimientos.

En términos de productividad, dentro del área de ensamble siempre existen oportunidades de eliminar tiempo y movimientos que son innecesarios para el proceso.

Un estudio de tiempos y movimientos a fondo requiere una cantidad de tiempo y esfuerzo sumamente considerable. Se recomienda que un estudio de este tipo se realice después de aplicar otras mejoras de productividad más simples.

Lo que se debe realizar es un análisis de tiempos y movimientos de forma rápida y eficiente. Para lograrlo se deben entender y aplicar tres conceptos básicos:

- La posición de una estación de trabajo no tiene por que ser fija; al contrario, debe de ser flexible para adaptarse a los requerimientos del proceso.
- Sólo es necesario realizar estimaciones generales de los tiempos del proceso para balancear la línea de una manera superficial.
- La gente no es estándar. El trabajo debe ser distribuido en base a las habilidades de cada persona. Este es el factor final que balanceará la línea de producción.

Para enfocar los esfuerzos de manera adecuada es necesario identificar aquellas actividades que no añaden valor al producto. Una vez identificadas estas actividades, se debe encontrar la

forma de eliminarlas para eficientar el proceso de ensamble.

Sobre las actividades identificadas como necesarias se pueden aplicar mejoras de tiempo y movimientos que ofrezcan resultados importantes. Normalmente estas mejoras no provienen de las mentes de los ingenieros o jefes de las empresas. Estas mejoras provienen de las personas que están realizando el trabajo día a día. Es importante formar equipos de trabajo de ingenieros capaces que sepan evaluar las opiniones de los trabajadores y aplicarlas adecuadamente.

En este trabajo de tesis no se realizaron estudios de tiempos y movimientos complejos y detallados. El enfoque se basará en la eliminación de actividades no necesarias en el proceso. Un estudio de este tipo se recomienda una vez que las mejoras propuestas esten operando y se pueda evaluar su funcionamiento.

#### 2.1.b.- NUMERO DE LINEAS DE ENSAMBLE

Es conveniente analizar si el número de líneas de ensamble que existen actualmente son realmente las adecuadas. Para lograr esto se deben considerar los siguientes puntos:

- Menos líneas de ensamble para producir el mismo número de artículos permiten que el tiempo de ciclo sea reducido. Esto va normalmente acompañado de operaciones individuales simples y cortas las cuales reducen tiempo y movimiento.
- La combinación de productos en una sola línea de ensamble no siempre es adecuada, principalmente en artículos que, aún perteneciendo a un mismo grupo tecnológico, tienen grandes variaciones de tamaño y volumen. Lograr la adaptación de estos dos o mas productos dentro de la línea de ensamble puede ser muy complejo y puede resultar en más

problemas que beneficios.

Para determinar el número exacto de líneas se requeriría un análisis detallado que tomaría mucho tiempo. Sin embargo, es muy fácil, y recomendable, determinar en base a la experiencia y tomando en cuenta los aspectos antes mencionados, el número aproximado de líneas requeridas.

Una vez determinado el número de líneas tentativas, conforme avance el proyecto se corregirán los cálculos y se establecerá el número adecuado de líneas que satisfagan los requerimientos de volumen de la empresa.

#### **2.1.c.- FORMA DE LAS LINEAS DE ENSAMBLE**

Normalmente las líneas de ensamble de las empresas, en aquellas que cuentan con este tipo de distribución de área, tienen una forma de línea recta y larga. Este tipo de líneas de ensamble es el menos recomendable ya que comunmente, para manejar el artículo, es necesario invertir en bandas transportadoras para moverlo a través de la línea.

La supervisión se hace mas difícil ya que el encargado debe recorrer largas distancias para poder supervisar toda la línea y no tiene una visión total de la misma en un momento preciso.

La longitud de la línea de ensamble es muy importante. Normalmente son más largas de lo que debieran. Esto produce problemas como:

- El exceso de espacio en la línea provoca que maneje mayor producto en proceso del que debiera. Esto incrementa la inversión en inventarios y aumenta el tiempo requerido para ensamblar un artículo.
- La inversión en planta y equipo es mayor de lo necesario.

- La supervisión es costosa e inefectiva.

El tipo de línea de ensamble más recomendable es el de forma de serpentín, o en forma de "U". Este tipo de línea de ensamble es el utilizado por las celdas de ensamble, el cual será explicado posteriormente.

#### 2.1.d.- TRANSPORTE

Existen grandes oportunidades de mejora en tiempo, costo, y esfuerzo físico al analizar los métodos de transporte de materiales. Existen muchas formas de transportar productos: bandas transportadoras, grúas, monta-cargas, patines, contenedores, de forma manual, etc..

El método de transporte depende del tipo de producto que se requiera manejar. Se debe elegir el que más convenga y el cual implique el menor costo. No siempre es adecuado automatizar el transporte de materiales.

Al utilizar celdas de ensamble se reducen las distancias entre operaciones y, por lo tanto, los requerimientos de transporte son mínimos. El movimiento de productos es casi de mano a mano.

#### 2.2.- CELDAS DE ENSAMBLE

Como se puede observar existen grandes oportunidades para mejorar la productividad de el área de ensamble. Uno de los mejores proyectos para lograrlo es la instalación de Celdas de Ensamble.

El concepto básico de un Celda de Trabajo consiste en el proceso de unir todas las operaciones necesarias para realizar la fabricación o ensamble de un artículo. En base a la definición anterior se puede decir que una celda de ensamble es la unión de todas las operaciones necesarias para ensamblar un artículo. Se le denomina celda debido a que dentro de ella se lleva a cabo

todo el proceso de ensamble de una parte. Es una pequeña sub-planta dentro de la planta cuya finalidad es la de ensamblar un artículo de principio a fin. No se deben tener salidas de materiales a otras áreas para realizar algún proceso de ensamble y posteriormente regresar a la celda.

Un celda de ensamble es un tipo de línea de ensamble. Esta línea tiene comunmente la forma de "U" o de serpentín. La importancia de la forma de la celda es grande debido a que al adoptar cualquiera de las formas antes mencionadas se generan grandes beneficios:

- Es fácil rediseñar y cambiar la distribución de una planta cuando las celdas de ensamble ocupan áreas rectangulares.
- El diseño en forma de celda reduce la necesidad de espacios para pasillos y optimiza la utilización de los mismos.
- Los espacios entre cada operación de ensamble se reducen provocando que el flujo de materiales, el inventario de producto en proceso y los tiempos de entrega se reduzcan. La supervisión se hace más eficiente y la calidad aumenta.
- El espacio del área de ensamble se reduce facilitando el manejo de los materiales, reduciendo los tiempos de espera y de colas, reduce los tiempos muertos y facilita la identificación de posibles problemas en la línea.

Un ejemplo de línea de ensamble en forma de serpentín y de "U" es mostrados en la siguiente figura (fig. 1):

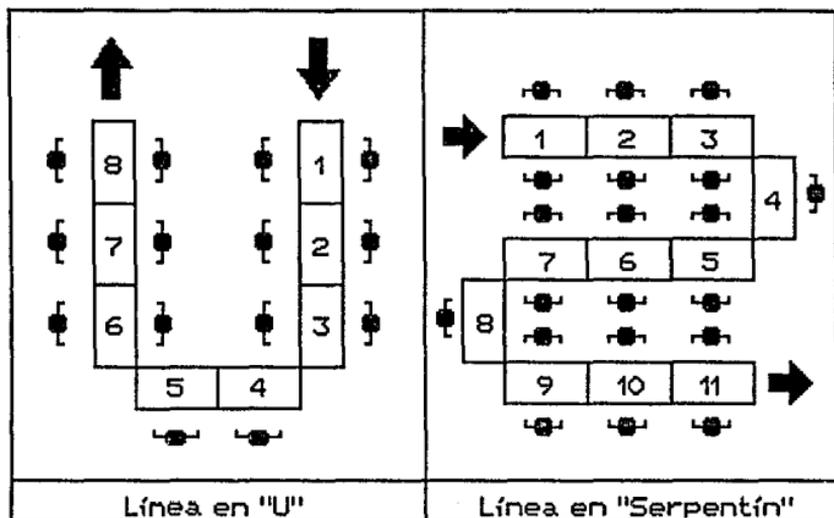


Figura 1

Las áreas de ensamble están compuestas, normalmente, por distintas sub-áreas de ensamble en cada una de las cuales se lleva a cabo una etapa del proceso de ensamble. Estas áreas manejan grandes lotes de partes los cuales deben de esperar a que todo el lote haya terminado el proceso de ensamble para poder continuar con el siguiente paso del ensamble.

Las distancias existentes entre cada proceso de ensamble son grandes y el flujo de materiales es lento.

La siguiente figura muestra esta típica distribución (fig. 2):

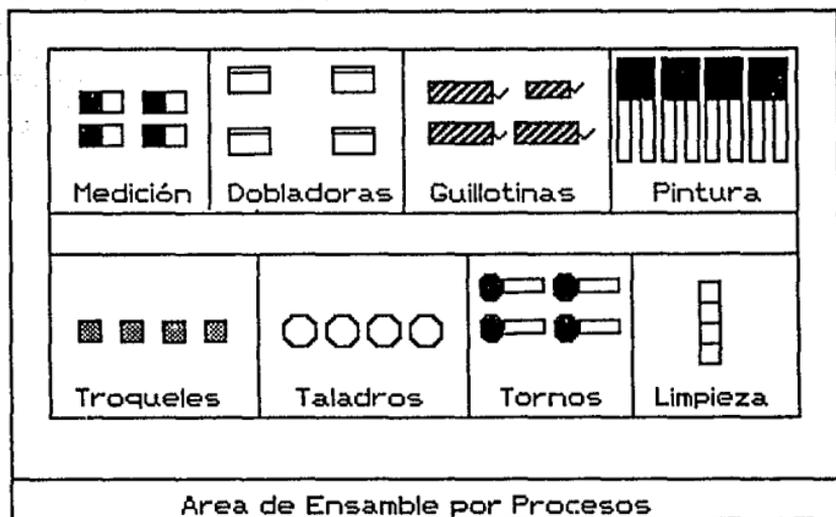
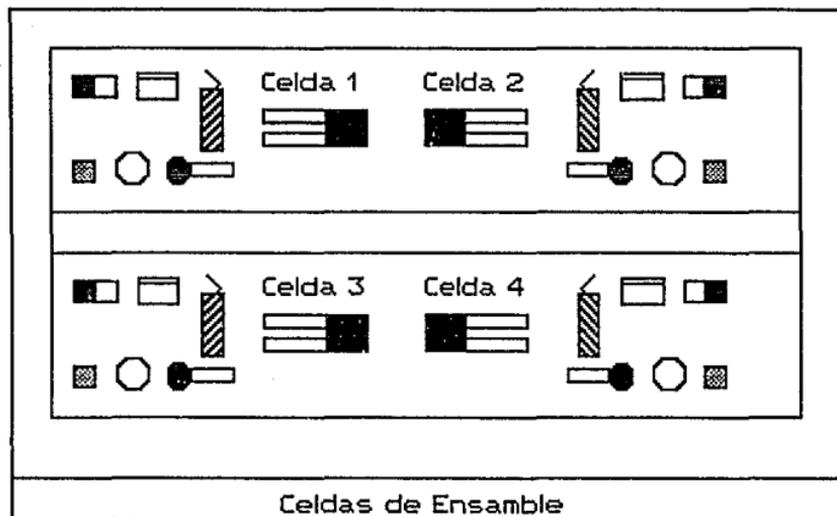


Figura 2

El concepto de celda de ensamble propone unir estos procesos en una sola línea de ensamble (fig. 3).

El número de celdas de ensamble va a depender de la capacidad de ensamble de cada una de ellas y de la demanda que se tenga. El tiempo de las operaciones sigue siendo el mismo que se tenía anteriormente debido a que el número de operaciones y el tiempo que requiere cada una de ellas sigue siendo el mismo. Lo que va a cambiar significativamente es el tiempo ciclo de la celda.

El tiempo ciclo se reduce drásticamente debido a que se eliminan los tiempos de espera de las partes y los tiempos de recorrido de materiales. Esto se debe a que al estar un proceso inmediatamente en seguida del otro, los operadores reciben un flujo continuo de



*Figura 3*

materiales directamente de la mano del operario que los precede. Los lotes de producción para cada operador son de una pieza. Cada operador realiza su parte del proceso de ensamble de una pieza e inmediatamente la pasa al siguiente operador recibiendo otra de su antecesor para continuar el proceso.

Este flujo continuo de materiales reduce los niveles de inventario de producto en proceso ya que no existen tiempos de espera. Las partes, en sus distintas etapas del proceso, no se detienen. Si se detuviera la línea en cualquier momento determinado, el nivel de inventario de producto en proceso correspondería al número de operaciones que se efectúan en la celda.

Es decir, si una celda de ensamble cuenta con cinco etapas de proceso, al detener la línea solo se tienen cinco artículos como total de inventario de producto en proceso.

El manejo de una sola pieza es el ideal pero, como ya se explicó anteriormente, cada proceso de ensamble debe establecer su lote mínimo de acuerdo a sus necesidades.

Al eliminar el ensamble por áreas de proceso y reducir los lotes de producción se reducen los tiempos de entrega. Esto se debe a la reducción de tiempos improductivos. Como se puede observar, con la utilización de una celda de ensamble se puede obtener un artículo terminado de una forma más rápida.

Se podría decir que el trabajar en una línea de ensamble recta produciría el mismo efecto que trabajar en una celda de ensamble. Esto es verdadero hasta cierto punto ya que las operaciones a realizar en cada una de las dos distribuciones serían las mismas. Pero existen otros factores que producen que existan diferencias entre ambas. La figura 4 muestra dos líneas de este tipo.

La reducción de las áreas de ensamble trae consigo grandes beneficios ya que los espacios que quedan libres pueden ser utilizados para ampliar la capacidad de la planta o para ubicar almacenes focalizados.

Se puede decir que el área que ocupa una celda tiene forma de rectángulo. Esto permite que la planta sea flexible al movimiento de las celdas de ensamble ya que es más fácil desarrollar un buen diseño de lay-out de la planta utilizando áreas rectangulares que áreas de diversas formas.

Debido a la distribución de la celda, la supervisión de la misma se facilita. Los supervisores tienen una mejor visibilidad de

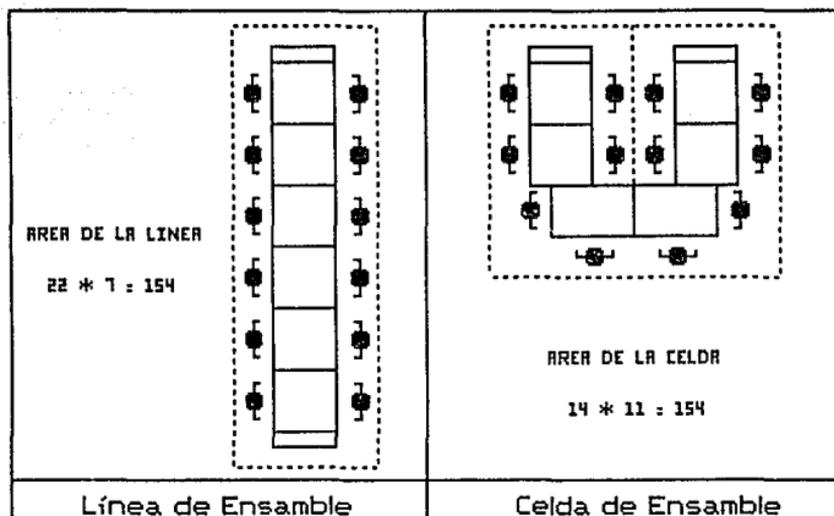


Figura 4

toda la celda en un momento dado comparada con la que tendrían al supervisar una línea recta. En la línea recta se tendrían que estar moviendo de lado a lado para poder realizar su labor, mientras que en la celda podrían estar parados en un solo punto y tendrían una visión total del proceso de ensamble.

Si se complementa la utilización de celdas de ensamble con el diseño de almacenes focalizados, los recorridos de materiales del almacén a la celda se reducen y esto provoca que los tiempos de producción sean más cortos.

La distribución de la celda permite la utilización de operarios multifuncionales. Un operario multifuncional es aquel que tiene la capacidad de realizar más de una operación del proceso de

producción o ensamble. El ideal de un operario de este tipo es que sea capaz de realizar todas las operaciones de la celda de ensamble.

En un ambiente de áreas de ensamble por proceso esto resulta imposible ya que cada operario sólo sabe realizar una etapa del proceso. En una línea recta de ensamble es probable que un operario conozca las operaciones anterior y posterior a él. En una celda de ensamble se busca que los operarios conozcan varias operaciones de la celda para que esta no se detenga si un operario falta.

Cada ambiente de trabajo es distinto y en cada uno puede aplicar en mayor o menor grado la utilización de operarios multifuncionales. No siempre es posible tener operarios de este tipo.

Al conocer los operarios cada etapa del proceso y al estar situados tan cerca uno del otro, es más fácil identificar problemas de calidad. Si un operario nota defectos de calidad en la parte que esta recibiendo notifica inmediatamente al operario antecesor y detienen el proceso de ensamble para identificar el problema y resolverlo. Esto permite reducir los defectos de calidad.

En un ambiente de ensamble por procesos esto sería imposible. Los defectos de calidad se identifican hasta que el lote completo ha sido terminado, lo cual representa grandes perdidas materiales y de recursos ya que el lote tiene que ser reprocesado, en caso de que se pueda hacerlo, o se tiene que desechar.

Debido a todo lo anterior, se puede establecer que la utilización de celdas de ensamble en los procesos de ensamble representa una

alternativa que permite aumentar la productividad y ayuda a reducir costos.

La utilización de celdas de trabajo no sólo es aplicable a las áreas de ensamble. También es posible utilizarlas en las áreas de producción con excelentes resultados.

Cuando una celda de ensamble adquiere un tamaño muy grande puede llegar a reducir los beneficios antes mencionados. Una solución a este problema es el de romper esta celda en pequeñas sub-celdas. Estas sub-celdas realizarían una parte del proceso y alimentarían a la celda principal. Las celdas se ubicarían en paralelo unas a otras para eliminar los tiempos muertos y deben de estar balanceadas entre si.

Al ubicarse en forma paralela, las sub-celdas se convierten en una "operación" más para la celda principal logrando que el flujo de materiales se mantenga conínuo y sin desviaciones de dirección. La figura 5 muestra esta distribución.

Para comenzar a cambiar la distribución del área de ensamble hacia la utilización de celdas de ensamble es recomendable comenzar con la implantación de una celda piloto. Esta celda piloto comienza a trabajar en paralelo a el área de ensamble actual. Conforme se van obteniendo resultados se procede a ir transformando, poco a poco, toda el área de ensamble.

Es importante notar que para lograr la utilización de celdas de ensamble es necesario reducir los lotes de ensamble, los tiempos de preparación y tener balanceadas las operaciones.

Una celda de ensamble es simplemente la utilización de la lógica al proceso de ensamble. Esto se logra aplicando el principio de

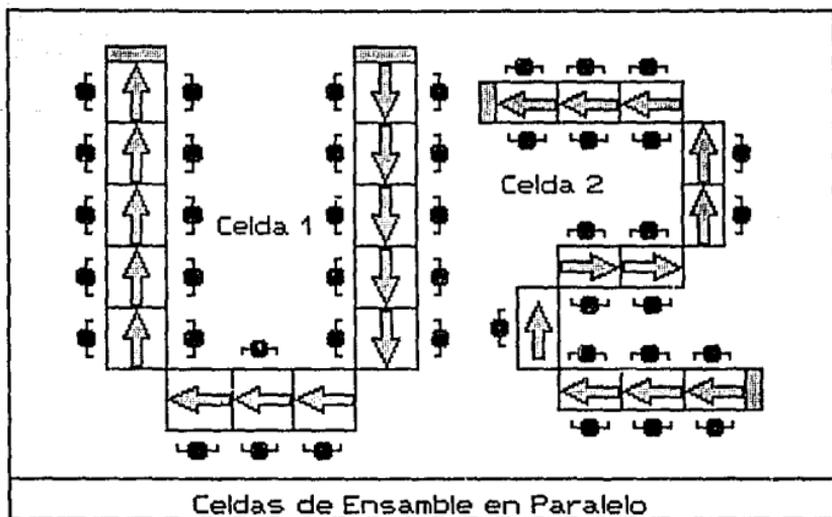


Figura 5

la filosofía J.I.T.: "Eliminar todo aquello que no agrega valor al producto".

**SEGUNDA PARTE = CASO PRACTICO**

Una vez que ha sido establecida la base teórica que sustenta este trabajo de tesis se puede proceder a la siguiente etapa. Esta la constituye la aplicación de la teoría a un caso práctico. Esta parte se encuentra dividida en dos capítulos: Situación actual y situación propuesta.

El caso práctico consiste en la realización del rediseño del área de ensamble de una planta utilizando celdas de ensamble. En el primer capítulo de esta parte, "Situación Actual", se presenta y analiza el estado que presenta originalmente el área de ensamble de esta empresa, proporcionando datos que puedan ser utilizados para una posterior comparación. En el segundo capítulo, "Situación Propuesta", se presenta un nuevo diseño de esta área de ensamble utilizando celdas de ensamble. Los datos que se obtengan serán comparados y evaluados en las conclusiones del trabajo.

### **CAPITULO 3 - SITUACION ACTUAL**

La empresa a la que se hará referencia durante este trabajo de tesis tiene como función principal la fabricación de productos de plástico. Esta empresa forma parte de un grupo cervecero importante y sus productos son utilizados como accesorios para los productos de dicho grupo.

La principal materia prima de la empresa es el poliuretano y el polietileno. Estos materiales son adquiridos tanto de empresas nacionales como extranjeras. También reprocessan artículos hechos de estos materiales para convertirlos en materia prima de segunda.

La materia prima es transformada en productos semiterminados por medio de tres procesos de transformación principales:

- Inyección
- Termoformado
- Extrusión

El proceso de inyección consiste en formar productos de plástico por medio de la inyección de plástico en moldes de acero. Esto es realizado por medio de inyectoras de plástico a las cuales se les acomodan moldes de diversos tamaños. Estas máquinas utilizan presión y temperatura para lograr esto.

El proceso de termoformado consiste en colocar una placa rectangular de polietileno sobre un molde de madera. Por medio de temperatura la placa se fija al molde tomando la forma del mismo. Esto se realiza en una máquina llamada termoformadora.

El proceso de extrusión consiste en formar un artículo mediante la inyección de aire a un tubo de plástico. Este tubo se encuentra rodeado por un molde. Este proceso se realiza en una máquina llamada extrusora.

Estos procesos no se detallan más debido a que este proyecto de tesis se enfoca al proceso de ensamble y no al de transformación. Después del proceso de transformación se procede a llevar a los productos al área de ensamble y acabado. Para el propósito de esta tesis se clasificarán los productos que fabrica la empresa en dos categorías:

- Productos Transformados
- Productos Ensamblados

Dentro del primer grupo, productos transformados, se agruparán todos aquellos productos que no requieren pasar por un proceso de ensamble, o que su proceso de ensamble es muy sencillo. Dentro de este grupo se pueden considerar:

- Cajas de refrescos y cervezas
- Hieleras
- Anuncios de plástico

En el caso de las cajas de refrescos y cervezas, estas resultan de la inyección de polietileno en moldes con la forma de las mismas. Después de esto pasan por un proceso de rebabeo en el cual se les eliminan todas aquellas rebabas que genera el molde. Una vez hecho esto pasan a un área de limpieza y, posteriormente, pasan al área de impresión. En este proceso se les imprime, por medio de serigrafía, la marca de algún refresco o cerveza. Finalmente se limpian una vez más y se almacenan.

Las hieleras surgen del proceso de termoformado. Se forman todas las partes principales de las hieleras: cuerpo y tapas. Posteriormente se llevan estas partes a una pequeña línea de ensamble en la que se fijan las tapas al cuerpo y se ponen tapones, agarraderas y llaves de agua. Estas últimas partes son

compradas. De aquí son llevadas, si así lo requieren, al área de impresión para ponerles algún logotipo. Finalmente se limpian, empacan y se les envía al almacén de producto terminado.

Los anuncios de plástico se forman de placas rectangulares de polietileno. Estos no pasan por ningún proceso de transformación. Las placas son cortadas a la medida adecuada y son enviadas al área de impresión para que se les ponga el logotipo correspondiente. Se vuelven a limpiar, se empacan y se almacenan. Dentro de los productos del segundo grupo, ensamblados, se encuentra sólo un producto:

- Enfriadores comerciales

Debido al propósito de este trabajo de tesis, el enfoque estará dirigido a los artículos clasificados como ensamblados es decir, a los enfriadores comerciales. Esto se debe a que los artículos transformados tienen un proceso de ensamble muy sencillo, casi nulo, el cual no agrega gran valor al producto. Los enfriadores, por el contrario, tienen su mayor valor agregado en el proceso de ensamble.

Un enfriador comercial es un artículo muy parecido a un refrigerador. Los enfriadores son aquellos elementos que se encuentran comunmente en las miscelaneas. En estos se guardan los refrescos, cervezas y todas las bebidas, con el fin de que mantengan una temperatura menor a la ambiental. La diferencia principal con los refrigeradores radica en que los enfriadores tienen una posición horizontal, mientras que los refrigeradores son verticales.

Un enfriador esta compuesto de dos partes principales: un cuerpo y una unidad de refrigeración. El cuerpo, para este tipo de

enfriadores, está formado de polietileno termoformado y es fabricado dentro de la misma empresa en al área de termoformado. El cuerpo esta formado por un cuerpo exterior, un cuerpo interior y un juego de tapas. Las tapas también son elaboradas por la empresa a base de polietileno termoformado.

La unidad de refrigeración esta formada básicamente de la misma manera que la de un refrigerador es decir: un condensador, un motor, una unidad de gas freón, un compresor, tubería de cobre, conexiones eléctricas, termostato y placas frías. Esta unidad de refrigeración se ensambla en la empresa y la mayoría de las partes son compradas. La unidad de refrigeración esta instalada en una base metálica la cual soporta el cuerpo del enfriador. La figura 6 muestra la forma física de un enfriador.

Estos enfriadores son fabricados a stock. Esto quiere decir que se fabrican de acuerdo a un programa y son almacenados hasta que son vendidos.

Para la empresa, la venta de enfriadores, representa actualmente cerca del 40 por ciento de sus ventas totales como lo muestra la figura 7.

Si se considera que la empresa tiene ventas promedio mensuales de cinco mil millones de pesos (dato proporcionado por el Departamento de Ventas de la Empresa), la venta de enfriadores representa cerca de dos mil millones de pesos mensuales. Esto es una cantidad considerable. Mayor importancia tiene si se considera que actualmente se obtiene una utilidad cercana al cuarenta por ciento por cada enfriador.

La Empresa tiene un programa de producción promedio de 60 enfriadores al día, pero sólo llegan al almacén de producto

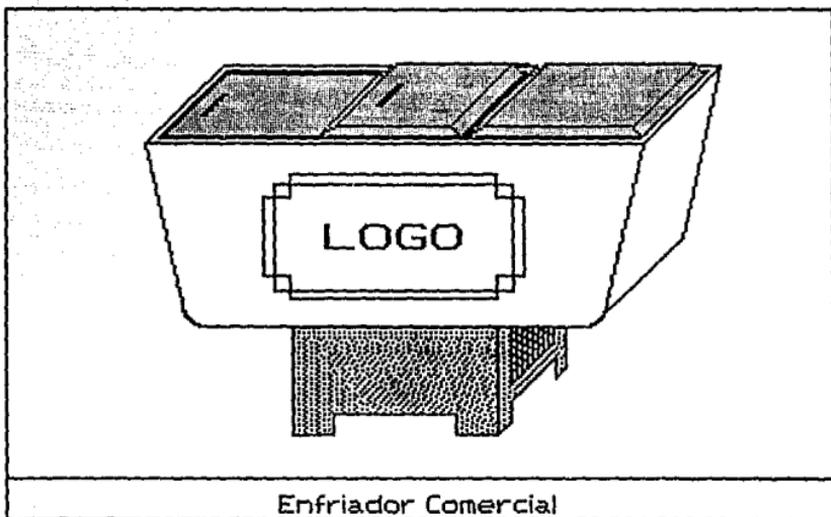
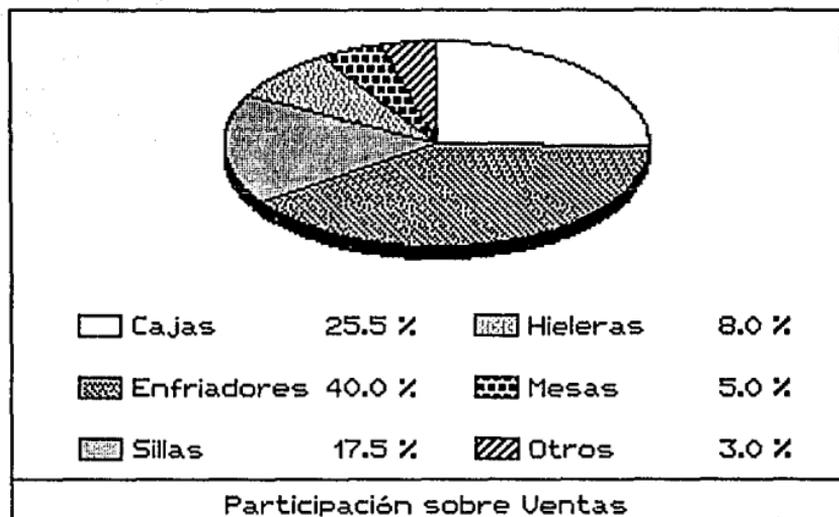


Figura 6

terminado un promedio de 40 enfriadores diarios. Cerca de 20 enfriadores al día son rechazados por problemas de calidad. Estos problemas tiene tres fuentes principales: el motor del enfriador, el termostato y fugas en el compresor.

Estos problemas son muy serios ya que para resolverlos es necesario desarmar la unidad de refrigeración y cambiar el componente descompuesto. Estos reprocesos son muy tardados y generalmente concluyen en un aumento de horas extras de personal para realizarlos.

El objetivo de la empresa es entregar al cliente un enfriador sin fallas es decir, un producto de calidad. Esto se realiza por medio de una prueba final de control de calidad a todos los



*Figura 7*

enfriadores. Este proceso consiste en probar durante medio día el funcionamiento de los enfriadores. Esto provoca un cuello de botella en la etapa de inspección.

Si se considera que, de acuerdo a la definición establecida en las bases teóricas, estos enfriadores no son producto terminado ya que no han pasado la inspección final de calidad, entonces pasan a formar parte del inventario de producto en proceso con los problemas que esto acarrea.

Otro grave problema, también relacionado con el producto en proceso, es que a pesar de que sólo se producen 60 enfriadores al día, se genera demasiado producto en proceso de sub-ensambles. Esto se debe a que los lotes de ensamble no tienen límite es

decir, que no tienen un límite establecido. Se generan sub-ensambles hasta que la materia prima se acaba. Esto provoca que existan altos, muy altos, niveles de inventario en proceso en el área de ensamble.

En cuanto a sus ventas también tienen problemas. Un estudio realizado por la empresa sobre sus ventas de enfriadores los condujo a que podrían vender un promedio de entre 70 y 90 enfriadores diarios. Esto quiere decir que considerando el nivel de productividad que tiene actualmente la empresa ( sólo pueden obtener 40 enfriadores diarios como producto terminado), tiene un costo de oportunidad de 20 enfriadores diarios.

Si se toma en cuenta que el promedio mensual de venta de enfriadores (dos mil millones de pesos), corresponde a la venta, en promedio, de 40 enfriadores diarios; la venta de 80 enfriadores diarios (en promedio) generaría ventas totales de cuatro mil millones de pesos mensuales. Si se compara contra los dos mil millones de pesos que se generan actualmente, se tendría un incremento del 100 %. La figura 8 muestra este incremento de ventas.

Como se puede observar, existe una gran área de oportunidad en el proceso de ensamble de los enfriadores. Por esta razón es que se decidió comenzar un proyecto que pudiera aumentar la capacidad de ensamble de enfriadores. Se comenzó con un análisis de la situación actual del área de ensamble de enfriadores.

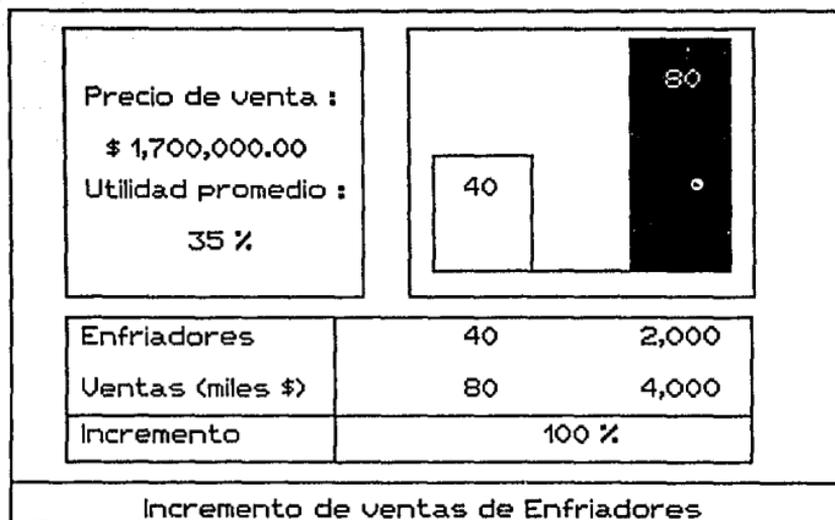


Figura 8

### 3.1.- DISTRIBUCION DEL AREA DE ENSAMBLE

El primer punto a revisar es la distribución actual del área de ensamble de la empresa.

El área de ensamble, la cual se denominará área de refrigeración, se encuentra localizada en un extremo de la planta. Esta situada frente a un almacén de herramientas y refacciones el cual, a su vez, se localiza frente a las máquinas de termoformado. La figura 9 muestra un plano de la planta.

Como se puede observar, el área de refrigeración cuenta con varios accesos y salidas al exterior de la planta. El almacén de materia prima se encuentra localizado en el exterior de la planta a un extremo de esta. En este almacén se guardan todos los

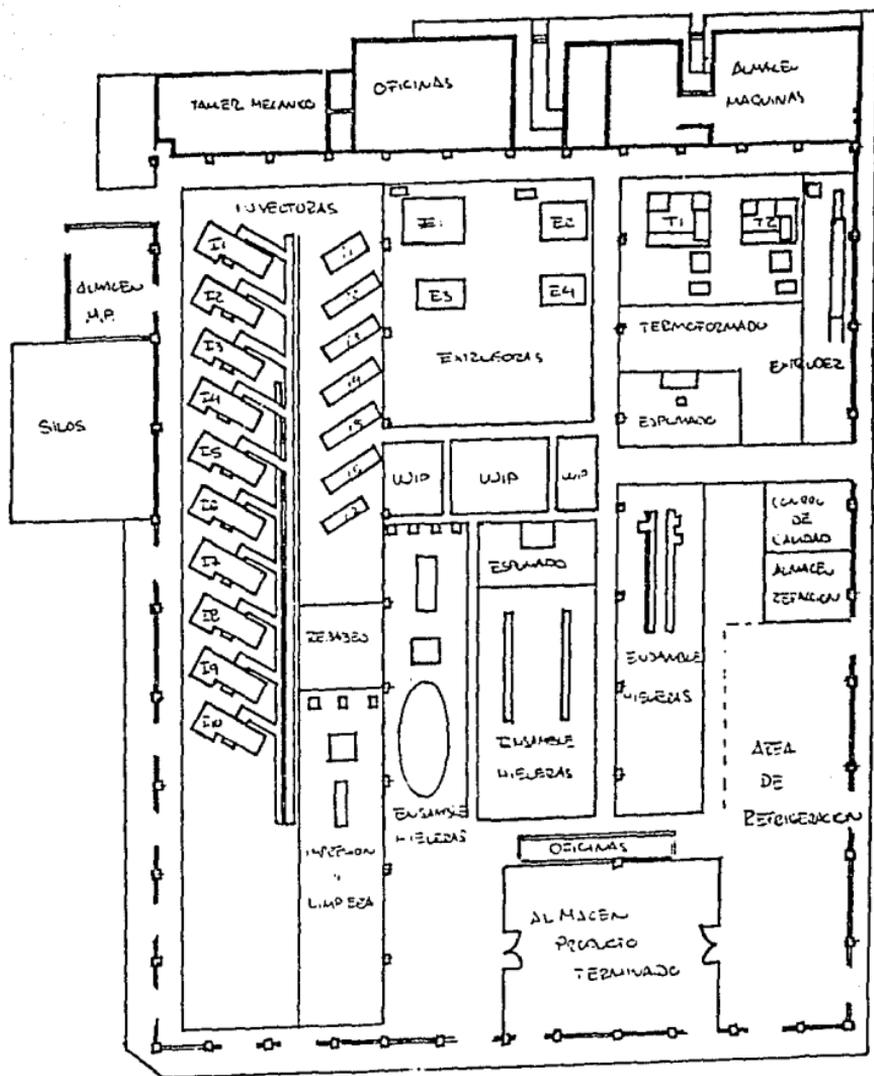


Figura 9

componentes necesarios, exceptuando los cuerpos de polietileno, para el ensamble de los enfriadores. La siguiente figura 10 muestra la distribución del almacén.

El área de refrigeración ocupa un área de 1120.5 m<sup>2</sup>. Esta distribución se puede observar en la figura 11.

El área de refrigeración se encuentra dividida en 11 sub-áreas:

- a) Area de Laminado: En este lugar se llevan a cabo los procesos de corte, doblado y troquelado que requieren los componentes elaborados de lámina de metal.
- b) Area de Almacén: En este lugar se encuentran almacenadas las tapas de los enfriadores, láminas metálicas sin cortar, cortes de láminas, materiales de empaque y guías de metal.
- c) Area de Control de Calidad: Aquí se realizan las pruebas finales del funcionamiento del enfriador.
- d) Area de Ensamble de Cuerpo : En esta área se ensamblan el cuerpo con la base del enfriador, se colocan las placas frías, el drenaje y el regulador del enfriador.
- e) Area de Limpieza: Aquí se limpian los enfriadores antes de ser empacados.
- f) Area de Tapas y Empaque: En esta área se colocan las tapas del enfriador, su guía metálica y se empaca en cartón.
- g) Area de Tubería : Aquí se corta, dobla y suelda toda la tubería que requiere el enfriador.
- h) Area de Ensamble de Sistema de Refrigeración : En esta área se forma la charola de refrigeración con todos sus componentes y se realizan las pruebas de fugas.

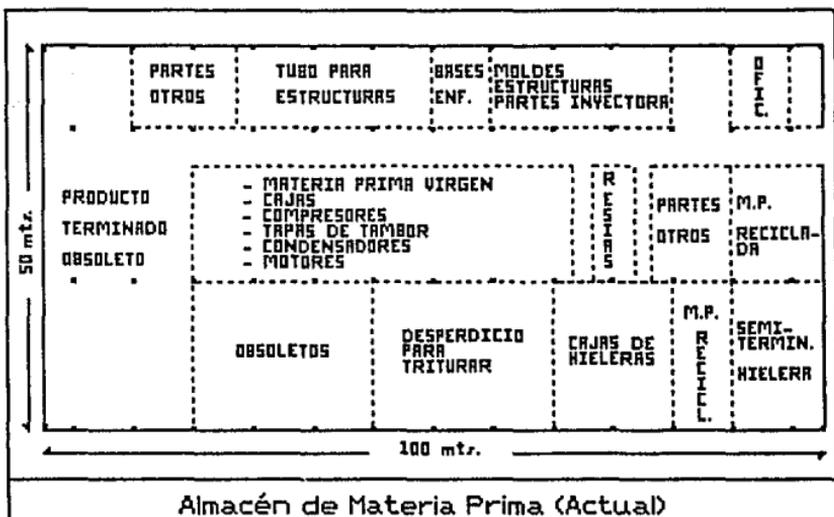
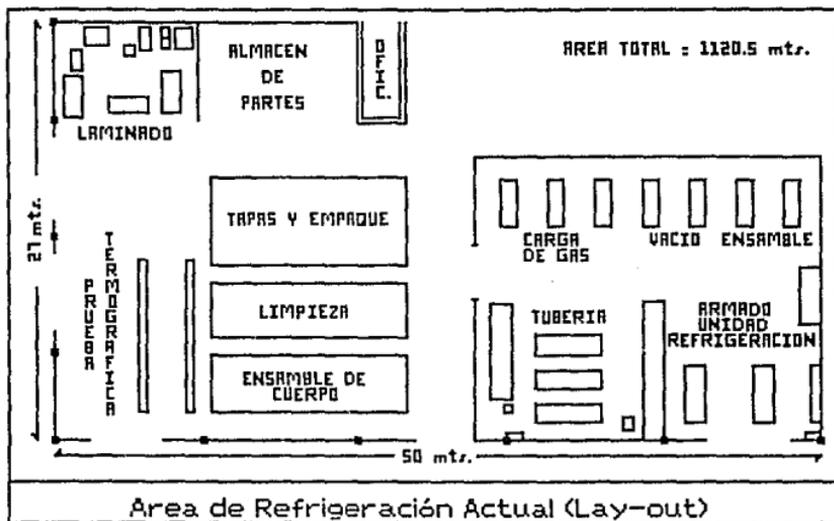


Figura 10

- i) Area de Conexiones Eléctricas: Aquí se ensambla el motor y se realiza la primera etapa de la instalación eléctrica.
- j) Area de Montaje : Aquí se monta la charola de refrigeración al cuerpo del enfriador y se realiza la instalación de las ultimas partes de tubería.
- k) Area de Vacío y Carga de Gas : En esta área se realiza un vacío a toda la unidad de refrigeración y se realiza la carga del gas freón. También se coloca la segunda etapa de la instalación eléctrica.

Como se puede observar en el plano, el almacén de materia prima se encuentra localizado a gran distancia del área de ensamble lo



Área de Refrigeración Actual (Lay-out)

Figura 11

cual provoca grandes recorridos de materiales. Esta distribución del área de ensamble no es la más adecuada. Esto se confirmará posteriormente al analizar el flujo de materiales.

Las áreas de la "g" a la "k" se encuentran rodeadas por una reja metálica la cual las separa de las otras áreas, y sólo se comunican por una puerta en un extremo de la reja.

### 3.2.- PROCESO DE ENSAMBLE

Una vez que se conoce la distribución del área de refrigeración se procede a analizar los procesos actuales de ensamble. Todos los tiempos ciclo que se manejan en esta sección fueron tomados de las hojas de proceso con que cuenta el departamento de ingeniería de la empresa. Estos datos se encuentran en el Anexo A

de este trabajo de tesis. Todos los tiempos estándar están calculados para una persona. El turno normal del área de refrigeración es de 8 horas por día.

El proceso actual de ensamble consta de las siguientes operaciones:

1) Laminado.-

Es la primera operación del proceso de ensamble. En esta etapa se lleva a cabo la fabricación de las siguientes piezas:

- Placa fría central (1 pza.)
- Placa fría lateral (2 pzas.)
- Charola de unidad de refrigeración
- Base motor condensador

Todas estas piezas son fabricadas a partir de láminas de fierro de diferentes anchos dependiendo de las piezas. En esta área se corta la lámina, se dobla, se troquela y se le realizan perforaciones. Todas las piezas tienen una medida estándar. Para obtener las piezas adecuadas se utilizan láminas de 1.50 x 3.00 metros.

Estas láminas se ponen sobre una mesa de corte y por medio de una regla y un lápiz de color se realizan las marcas necesarias para hacer los cortes y los dobleces. Una vez hecho esto se utiliza una guillotina de pedal para realizar los cortes.

Posteriormente se toman los cortes de lámina y se colocan en una máquina dobladora para realizar los dobleces necesarios. Esta máquina hay que ajustarla manualmente cada vez que se cambia de pieza.

Dependiendo de los requerimientos de proceso de la pieza, se pasa a un troquel o a un taladro para realizar las perforaciones

necesarias. Al final de estas operaciones se almacenan los cortes de lámina hasta que son utilizados en el área de ensamble. Actualmente en esta área no se trabajan lotes establecidos de piezas, se cortan las piezas antes mencionadas hasta que la lámina existente en el almacén de tapas se termina. Esto provoca que, normalmente, se encuentren grandes cantidades de lámina en cada uno de los diversos procesos -cortado, doblado y troquelado- y en el área de tapas y empaque. En el área existen dos guillotinas, dos dobladoras, un taladro y una prensa.

En un conteo físico realizado en un día específico (puntual) se encontraron un promedio de 200 cortes de lámina en cada uno de los procesos antes mencionados. El tiempo de espera real entre cada una de las operaciones en esta área varía entre uno y tres días.

En esta área se encuentran trabajando 8 personas las cuales terminan normalmente su trabajo mucho antes del fin de turno debido a que tienen una gran cantidad de producto en proceso con el cual se cubren.

El tiempo estándar para elaborar un juego completo de componentes es de 31.06 minutos. Considerando las 8 personas que laboran en el área, se tiene un tiempo ciclo de 3.88 minutos; lapso suficiente para procesar 123 juegos.

Lo que comunmente sucede, es que dos personas se dediquen a cortar lámina durante todo el día y las 6 restantes unicamente doblen lámina. Las que cortan lámina generan mayor producción que las que doblan.

Para conocer el tiempo real de fabricación de un juego de componentes se pintó una lámina de color rojo y se tomó el

tiempo desde que esta fue tomada del almacén de tapas, hasta que salió un juego completo de piezas de color rojo. Este tiempo fue de 6 días. Esto indica que existe un grave problema de tiempos improductivos en esta área. Estos 6 días no consideran el tiempo que permanece el juego de componentes en el almacén de tapas, hasta que es trasladado al área de ensamble. Este tiempo, dependiendo de la pieza, puede variar entre tres y cuatro días.

## 2) Operaciones de tubería.-

En esta etapa del proceso se fabrican todos los elementos de tubería que se necesitan para ensamblar el enfriador. Este trabajo se lleva a cabo en el área de tubería. Toda la tubería es de cobre. Los productos que se obtienen de esta etapa del proceso son:

- Serpentín (tres pzas)
- Red principal de tubería
- Tubo porta Bulbo
- Tubo Capilar
- Rizo
- Acumulador
- Deshidratador
- Tubo de Carga
- Tubo de Descarga
- Tubo Capilar

Para elaborar un serpentín, la primera operación consiste en tomar un rollo de tubo de cobre y colocarlo en un dispensador de tubo. Se jala tubo del dispensador y se coloca sobre una mesa, se toma una regla de madera, se mide el tubo y se realiza una marca a los 1.3 mts. Esta marca indica el lugar adecuado para realizar

el corte del tubo.

Un serpentín es un tubo doblado en forma de "S". Para fabricar los serpentines se toma el tubo cortado y con otra regla de madera se marca la distancia en que se deben realizar los dobleces (cuatro dobleces). Cada sección del serpentín mide aproximadamente 30 centímetros (los otros 10 cm. se utilizan para los dobleces). Terminada esta operación, se coloca el serpentín en una área de espera. Para realizar esta operación se requieren dos personas: una que jala y corta el tubo y otra que se encarga de formar el serpentín.

La persona que corta el serpentín tarda menos tiempo que la que realiza los dobleces; por lo cual, normalmente existe inventario de tubo cortado en el área.

Posteriormente se toma el serpentín y se coloca en una prensa para comprimirlo de forma lateral para que quede más delgado. Esta operación es realizada por una persona. El serpentín se coloca en un área de espera.

Para conocer el tiempo de fabricación de un juego de tres serpentines se pintó un tramo de tubería de color rojo y se tomó el tiempo desde que se pone el carrete de tubo en el dispensario hasta que se colocan los tres serpentines en el área de espera. El tiempo de producción fue de 1.2 días.

El tiempo estándar de las tres operaciones - cortar, doblar y comprimir - para tres serpentines es de 10.40 minutos. Con este tiempo estándar y las tres personas del área se obtiene un tiempo ciclo de 3.47 minutos. En este tiempo es posible fabricar 138 juegos de tres serpentines.

Un conteo físico puntual realizado en esta área mostró que

existían antes de la operación de compresión 108 serpentines y en el área de espera se encontraban 115 serpentines.

La red principal de tubería esta formada por una placa fría central y dos serpentines.

Las placas frías se ensamblan en dos mesas contiguas al área de espera de serpentines. Para fabricar una placa fría central se toman dos placas de metal y se coloca un serpentín entre las mismas. Se verifica que las orillas del serpentín queden en el lugar adecuado y se procede a unir las dos placas por medio de remaches en las perforaciones que tienen las mismas; las placas se colocan a un lado de la mesa en un área de espera.

Las láminas se toman de la parte inferior de la mesa en donde se tiene un lote aproximado de 80 juegos. Esta operación es realizada por una persona. Cuando se acaban los juegos de láminas, esta persona debe ir al área de laminado a tomar otro lote.

El conteo físico puntual en esta operación indicó que existen en el área de espera 40 placas frías centrales. También se tomó el tiempo de producción desde que se colocan los serpentines en el área de espera hasta que se colocan las placas frías en su área de espera. Este tiempo fue de 2.4 días.

El tiempo estándar de esta operación es de 5.01 minutos. Debido a que es una persona la que realiza esta operación el tiempo ciclo se mantiene igual al estándar. Con este tiempo es posible obtener 95 placas frías centrales por día.

Posteriormente se procede a unir la placa fría central con dos serpentines. Este proceso se realiza colocando la placa fría central en un aditamento que las mantiene en posición vertical.

Se colocan dos serpentines, uno a cada lado de la placa, a una distancia de 30 centímetros entre los mismos. Los extremos de los serpentines se unen por medio de tubos de cobre. Estos tubos se cortan al momento y se sueldan a los serpentines por medio de soldadura autógena.

Es importante mencionar que los tubos utilizados para unir los serpentines nunca son de la misma medida y, por lo mismo, estos nunca se colocan a la misma distancia. La distancia se mide en el momento. Esto implica tener que ajustar constantemente el tamaño del tubo hasta que se alcance la medida adecuada para poder unir los serpentines.

Se deja libre solo un extremo del serpentín del lado izquierdo al cual se le coloca un tapón de plástico para evitar la entrada de objetos extraños. Al serpentín derecho se le suelda un acumulador hecho de tubo de cobre. Una vez hecho esto, se coloca la red de tubería en un área de espera cercana a las mesas en la cual permanece hasta que es llevada al área de ensamble.

Esta operación es realizada por dos personas, una de las cuales se encarga de cortar los tubos a la medida necesaria mientras la otra se encarga de soldarlos.

El conteo físico puntual en el área reveló que existen 36 redes de tubería en el área de espera. El tiempo de producción, desde que se colocan las placas frías centrales en el área de espera hasta que se coloca la red de tubería en espera, fue de 2.2 días. El tiempo estándar para esta operación es de 10.31 minutos. Con este tiempo y las dos personas que realizan la operación se obtiene un tiempo ciclo de 5.16 minutos, con el cual es posible ensamblar 93 redes de tubería por día.

Las otras piezas de tubería - tubo porta bulbo, tubo capilar, rizo, acumulador, deshidratador, tubo de carga y tubo de descarga - son elaboradas, en una mesa, por dos personas. Todas estas piezas son de tamaño pequeño y su proceso de fabricación consiste en cortar tubo del tamaño adecuado y doblarlo o soldarlo dependiendo de la pieza.

El tiempo estándar para esta operación es de 10.29 minutos. Con este tiempo y las dos personas que realizan el trabajo se obtiene un tiempo ciclo de 5.14 minutos. Con este tiempo es posible formar 93 juegos de tubería por día. El inventario en esta área es mínimo.

### 3) Colocar placas frías en el cuerpo del enfriador.-

Este proceso se lleva acabo en el área de ensamble de cuerpo. Los cuerpos, como ya se explicó anteriormente, son elaborados en el área de termoformado. En esta operación se generan dos cuerpos: el exterior y el interior. Estos cuerpos son llevados a un área de espumado en la cual se coloca espuma especial entre los dos cuerpos para hacerlos térmicos. Una vez espumados son colocados en un área de espera dentro de la planta.

Los cuerpos son trasladados, en lotes de 30, del área de espera al área de ensamble de cuerpo y colocados boca abajo formando tres hileras de 10 cuerpos cada una. Una vez hecho esto se procede a traer las bases metálicas de los enfriadores.

Las bases son compradas. Para trasladarlas al área de ensamble de cuerpos es necesario traerlas, en lotes de 6, del almacén de materia prima utilizando patines de madera. Una vez que se han juntado 30 bases se procede a realizar la siguiente operación.

Las bases son colocadas sobre los cuerpos que se encuentran boca

abajo. Se realizan perforaciones en el cuerpo con un taladro neumático de acuerdo a los orificios que tiene la base. Una vez hecho esto, se colocan cuatro tornillos por medio del taladro cambiando la punta del mismo. Los cuerpos se colocan en su posición vertical.

Del área de tubería se trae un lote de 30 juegos de placas frías centrales. Estas son cargadas con las manos y puestas dentro de los cuerpos de los enfriadores. También se traen placas metálicas laterales del área de laminado en lotes de 60 piezas. Para esto hay que ir al área de laminado y contar las piezas.

La placa fría central se coloca entre dos divisiones que tiene el cuerpo del enfriador al centro del mismo. Los serpentines laterales se fijan por medio de las placas metálicas. Estas placas se fijan al cuerpo del enfriador por medio de remaches en los puntos marcados en el cuerpo para este propósito.

Se toma un drenaje y un dúxil (empaque) y se colocan en el cuerpo del enfriador. Para colocar estas piezas se requiere realizar una perforación del tamaño del drenaje en el fondo del cuerpo del enfriador. Esta perforación se realiza con el taladro neumático y con un aditamento especial que deja una cuerda en el cuerpo del enfriador la cual permite que el drenaje sea atornillado. Se coloca el dúxil y se atornilla el drenaje.

Se toma un perfil "T" de aluminio y se coloca en el cuerpo del enfriador sobre la placa fría central por medio de tres tornillos. Esta guía se compra cortada a medida. El propósito de la guía es el de dividir las tapas del enfriador.

Todas las piezas - drenaje, dúxil y perfil "T"- se traen del almacén de materia prima, en lotes de 30 piezas, al momento de

traer las bases metálicas.

Todas estas operaciones son realizadas por cuatro personas. Dos personas colocan la base en el cuerpo; inmediatamente despues pasan las otras dos colocando y fijando las placas frías. Una vez que terminan el lote de 30 piezas, vuelven a pasar las dos primeras personas perforando y colocando el drenaje, e inmediatamente despues pasan las otras dos colocando el perfil "T".

El tiempo de producción desde que se traen los materiales hasta que se termina el ensamble es de 0.5 días. Se requiere cerca de 1.5 horas para que se obtenga la primera pieza de cada lote de 30, y se pierden, aproximadamente, 0.5 horas en traer los materiales al área de ensamble y del almacén de materia prima.

El tiempo estándar para realizar todas estas operaciones es de 19.9 minutos. Con las cuatro personas que realizan la operación, se obtiene un tiempo ciclo de 4.97 minutos. Con este tiempo es posible ensamblar 96 cuerpos.

#### 4) Armado de unidad de refrigeración.-

Paralelamente al proceso anterior se lleva a cabo el ensamble de la unidad de refrigeración. Este se realiza en el área de ensamble de unidad de refrigeración y en el área de conexiones eléctricas. Esta operación consta de cuatro etapas.

En el área de ensamble de unidad de refrigeración se llevan a cabo las tres primeras etapas. Aquí se montan los elementos de la unidad de refrigeración. Primero se toman charolas, bases para motor, y abrazaderas para capacitor del área de laminado en lotes de 50 piezas. Del almacén de materia prima se traen lotes de 50 compresores y condensadores con ayuda de patines.

Los elementos necesarios para ensamblar estas partes - bujes, amortiguadores, roldanas, tuercas y tornillos - se guardan en las mesas de trabajo.

Con todos los componentes listos se procede a ensamblar la charola de la unidad de refrigeración. Se toma una charola metálica y una base para motor. La base se fija a la charola por medio de cuatro tornillos. Se toma un compresor y se fija a la charola por medio de cuatro tornillos y dos bujes. Finalmente se fija la abrazadera del capacitor por medio de dos tornillos.

Una vez terminada la primera fase de ensamble de la charola, esta se coloca en un área de espera a un lado de la mesa de trabajo. Esta primera operación es realizada por dos personas. El tiempo de producción puntual observado fue de dos días. Este tiempo incluye desde las operaciones de abastecimiento de materiales hasta que se coloca la charola en el área de espera de la siguiente operación. El inventario físico puntual de la operación resultó ser de 30 charolas en el área de espera.

El tiempo estándar para realizar esta operación es de 9.41 minutos. Con este tiempo y las dos personas que realizan la operación se obtiene un tiempo ciclo de 4.7 minutos. Este tiempo es suficiente para ensamblar 102 charolas de refrigeración en un día.

La segunda etapa del proceso consiste en ensamblar todos los elementos de tubería en la charola de refrigeración. Para esta operación se toma una charola del área de espera de la operación anterior y un lote de tubos de cobre del área de tubería - rizo, tubo capilar, tubo de carga y de descarga. Primeramente se suelda el rizo y el tubo capilar al condensador. El condensador se une

al compresor por medio de los tubos de carga y descarga. Estos tubos también se sueldan. Todas estas operaciones se realizan utilizando soldadura autógena.

Una vez que se han soldado los elementos de tubería se traslada la charola de refrigeración a un área de espera adyacente a la mesa de trabajo. La mesa en la que se realiza esta operación se encuentra situada en paralelo a la mesa de la operación anterior. Al finalizar esta operación se denomina a la charola como unidad de refrigeración.

Esta operación es realizada por dos personas. El tiempo de producción puntual desde que se toma la charola del área de espera de esta operación hasta que es colocada en el área de espera de la siguiente operación fue de 1.8 días. El inventario puntual registró 30 unidades de refrigeración en el área de espera. El tiempo estándar de esta operación es de 9.15 minutos. Con las dos personas que realizan la operación se obtiene un tiempo ciclo de 4.57 minutos. Con este tiempo es posible preparar y soldar 105 unidades de refrigeración por día.

La tercera etapa consiste en realizar la prueba de hermeticidad a la unidad de refrigeración. Esta consiste en tomar una charola de refrigeración del área de espera y colocarla en una mesa de trabajo. Se llena la unidad de refrigeración con aire a presión por medio de una compresora. La unidad se mantiene conectada a la compresora y se introduce en una tina de agua adyacente a la mesa de trabajo.

En esta tina se verifica si la unidad es totalmente hermética. Esto se comprueba al revisar si existen fugas de aire provenientes de la unidad. Las fugas se identifican por la

generación de burbujas de aire. Existen dos compresoras en el área con lo cual es posible realizar esta prueba a dos unidades al mismo tiempo.

Una vez terminada la prueba, se separan las unidades que tienen fugas y se marcan los lugares donde se encontraron las mismas. Estas unidades son puestas en un área especial y al final del día son enviadas, dependiendo de las fugas, a la operación anterior correspondiente para que sean reparadas.

Las unidades que pasan la prueba son puestas en unos rieles para que se sequen y, posteriormente, son puestas en un área de espera adyacente a los rieles de secado.

Esta operación es realizada por una sola persona. El tiempo de producción puntual de la operación, desde que se posiciona una charola en el área de espera de la operación anterior hasta que se traslada al área de espera de la siguiente operación, fue de 1.4 días. El inventario puntual en el área de espera de esta operación fue de 32 unidades.

El tiempo estándar de esta operación es de 6 minutos. Con 2 compresoras se obtiene un tiempo ciclo de 3.0 minutos. Con este tiempo es posible realizar esta prueba a 160 unidades por día.

La cuarta y última etapa de este proceso de ensamble se lleva a cabo en el área de conexiones eléctricas; Esta etapa consiste en instalar todo el sistema eléctrico del enfriador, exceptuando la instalación del termostato.

Todos los componentes necesarios para realizar estas operaciones son comprados. Del almacén de materia prima se traen, en lotes de 100 piezas, motores, hélices para motor, relays y capacitores. También del almacén se traen los cables necesarios, en lotes de

dos rollos.

Se toma una unidad de refrigeración del área de espera y un motor de la mesa de trabajo. Primeramente se prueba que el motor funcione; esto se realiza conectando el motor a la corriente. Si el motor no funciona se coloca en una caja para realizar pruebas posteriores. Es común que fallen entre un 5 y un 7 por ciento de los motores debido a fallas eléctricas (que no prenda el motor). El condensador también se prueba conectándolo a la corriente. El porcentaje de fallas eléctricas del condensador es un poco mayor que el de los motores: entre 6 y 7 por ciento. Es importante notar que el condensador fue montado en la primera etapa de ensamble de la unidad de refrigeración. Esto provoca que cualquier condensador que no funcione adecuadamente tendrá que ser desmontado de la unidad, para lo cual habrá que desoldar algunos tubos y dejar una unidad de refrigeración en cola de espera entre procesos.

Al finalizar las pruebas se monta el motor a la unidad. Este se fija por medio de cuatro tornillos y cuatro roldanas. Se coloca la hélice al motor, el relay, la protección del motor y el capacitor. Para esto se corta cable de la medida adecuada y se realizan las conexiones.

Una vez terminadas estas conexiones se tiende el cableado eléctrico. Este va del motor al compresor, y se deja el cable necesario para conectar posteriormente el termostato. Con esto termina la operación de conexiones eléctricas y se traslada la unidad de refrigeración a un área de espera adyacente a la mesa de trabajo.

Esta operación es realizada por tres personas. El tiempo puntual

de producción, desde que se coloca la unidad en el área de espera de la operación hasta que se traslada al área de espera de la siguiente operación, fue de 1.3 días. El inventario puntual registró 25 unidades en el área de espera.

El tiempo estándar de la operación es de 11.73 minutos. Con las tres personas que realizan la operación se obtiene un tiempo ciclo de 3.91 minutos. Con este tiempo es posible realizar las conexiones eléctricas a 122 unidades de refrigeración por día.

#### 5) Montar unidad de refrigeración.-

Este proceso consiste en montar la unidad de refrigeración, que se obtuvo en el proceso anterior, al cuerpo del enfriador. Como se recordará el cuerpo del enfriador se encuentra en el área de ensamble del cuerpo.

Para comenzar es necesario cargar los cuerpos, de uno en uno, del área de cuerpos al área de refrigeración. Una vez hecho esto, se toma una unidad de refrigeración del área de espera posterior a la operación de conexiones eléctricas.

El enfriador es colocado, en lotes de 8 piezas, sobre dos mesas de trabajo. Se toma la unidad de refrigeración y se fija a la base del cuerpo por medio de 6 tornillos y 6 roldanas. Una vez hecho esto se sueldan, con soldadura autógena, los tubos de los serpentines de las placas frías a las conexiones del compresor y del condensador. Finalmente se fija un destapador metálico al cuerpo del enfriador por medio de remaches.

El enfriador se deja en estas mesas hasta que es trasladado a la siguiente operación.

Este proceso es realizado por dos personas. El tiempo de producción puntual, desde que se deja la unidad en el área de

espera hasta que se termina el ensamble, fue de 1.7 días. El inventario puntual fue de 8 enfriadores.

El tiempo estándar de esta operación es de 8.92 minutos. Con las dos personas que realizan la operación se obtiene un tiempo ciclo de 4.46 minutos. Con este tiempo es posible ensamblar 107 enfriadores por día.

6).- Vacío y carga de gas.-

Esta operación se lleva a cabo en el área de vacío y carga de gas. Para realizar esta operación se cargan los enfriadores, de uno en uno, de las mesas de trabajo de la operación anterior a las mesas de trabajo de esta operación en las cuales caben 8 enfriadores al mismo tiempo.

Se conecta el sistema de refrigeración de los enfriadores a una máquina de vacío. La máquina se encarga de generar vacío en toda la unidad para evitar que exista algún gas o líquido. Para realizar esta operación se cuenta con dos máquinas de vacío las cuales pueden trabajar con dos enfriadores al mismo tiempo.

Mientras se realiza la operación de vacío se conecta el termostato al enfriador y se finalizan las conexiones eléctricas. Esta operación es realizada por una persona. El tiempo estándar de la operación es de 11.25 minutos. El tiempo ciclo con las 2 máquinas con capacidad para 4 enfriadores al mismo tiempo es de 2.81 minutos. Con este tiempo es posible realizar el vacío a 170 enfriadores por día.

Al finalizar el proceso de vacío se conecta el enfriador a una máquina de carga de gas. Esta se encarga de llenar la unidad con gas freón a baja temperatura. Para esta operación se cuenta con dos máquinas las cuales solo pueden realizar la carga en un

enfriador a la vez. Terminada la carga de gas, los enfriadores son enviados al área de limpieza cargándolos de uno por uno.

Esta operación es realizada por una persona. El tiempo estándar de la operación es de 11.25 minutos. El tiempo ciclo con dos máquinas de carga de gas es de 5.62 minutos. Con este tiempo es posible realizar la carga de gas a 85 enfriadores por día.

El tiempo puntual de producción, desde que se deja el enfriador en la mesa de montaje de unidad hasta que se termina la carga del gas, fue de 0.5 días. El inventario puntual de esta área fue de 8 enfriadores. El tiempo para realizar la instalación del termostato es de 6.32 minutos. Esta operación es realizada en paralelo con la de vacío y carga de gas.

#### 7) Limpieza.-

Esta operación se realiza en el área de limpieza y en la de tapas y empaque. Una vez que han llegado los enfriadores provenientes de la operación de carga de gas se colocan en filas de 5 piezas.

Los enfriadores son lavados con agua y jabón por dentro y por afuera. Después de esto se secan con franelas. Ya limpios los enfriadores son trasladados al área de tapas y empaque.

En este lugar se les colocan tres tapas a los enfriadores. Dos tapas fijas y una corrediza. Las fijas son atornilladas con 6 tornillos cada una y la fija sólo se coloca en los rieles del cuerpo.

Esta operación es realizada por cuatro personas. El tiempo puntual de producción, desde que termina la carga de gas hasta que son colocadas las tapas, fue de 0.4 días. El inventario puntual de la operación fue de 8 enfriadores.

El tiempo estándar de la operación es de 16.93 minutos. El tiempo

ciclo con cuatro personas realizando las operaciones es de 4.23 minutos. Con este tiempo es posible limpiar 113 enfriadores por día. Finalizando esta operación los enfriadores son enviados al área de control de calidad final.

#### 8) Control de calidad.-

En esta operación todos los enfriadores son puestos en operación durante medio día. Esto se hace con el fin de asegurarse que ningún enfriador tenga defectos de funcionamiento. Los enfriadores son colocados en filas de 10 unidades y al final del turno son conectados a la corriente y se dejan funcionando hasta la mañana del día siguiente.

El tiempo puntual de producción en esta área, desde que llega el enfriador hasta que es desconectado, fue de 1.0 días. El inventario puntual fue de 38 enfriadores.

El tiempo estándar de esta operación es de 11.25 minutos. Este tiempo, fijado por ingeniería, es el necesario para probar la calidad de un enfriador. El supervisor del área de refrigeración decidió, alguna vez (hace más de tres años), que si se tenía el enfriador trabajando durante más tiempo se aseguraría más la calidad; desde entonces se dejan los enfriadores medio día trabajando. Debido a esto, el tiempo ciclo de la operación es de medio día. Una persona es la encargada de supervisar esta operación.

El promedio de enfriadores rechazados en esta operación es de 5 por día. Los enfriadores rechazados son enviados al área de control de calidad para que identifique el defecto y se trasladen al área específica del proceso, dependiendo del defecto, para que se les arregle. Los principales defectos que se encuentran son de

fugas de gas freón.

9) Empaque.-

Este proceso se lleva a cabo en el área de tapas y empaque. Aquí se trasladan aquellos enfriadores que pasaron la prueba de calidad. A estos enfriadores se les colocan 3 calcomanías las cuales son normalmente el logotipo de la cerveza elaborada por el grupo. Estas calcomanías son opcionales. Si un cliente pide que no las lleve se pueden eliminar.

Después de pegar las calcomanías se coloca un empaque de cartón alrededor del cuerpo dejando descubierta la base. El cartón se tiene ya cortado a medida por parte del proveedor y se toma del almacén de tapas. Por encima del cartón se coloca un fleje. Una vez empacados los enfriadores son cargados, uno a uno, al almacén de producto terminado.

Esta operación es realizada por dos personas. El tiempo de producción puntual, desde que se termina la prueba de calidad hasta que son enviados al almacén, fue de 0.5 días. El inventario puntual de la operación fue de 6 enfriadores.

El tiempo estándar de la operación es de 7.72 minutos. El tiempo ciclo con dos personas realizando la operación es de 3.86 minutos. Con este tiempo es posible empacar 124 enfriadores por día.

Con esta operación se termina el proceso de ensamble de los enfriadores. En el almacén permanecen hasta que el camión de carga llega para llevarlos a los clientes. El camión tiene capacidad para llevar 120 enfriadores y llega dos veces por semana a la planta, por lo que su inventario promedio en el almacén es de 40 enfriadores por día, teniendo como máximo 120.

Se puede decir que el proceso de ensamble no es muy complicado. Los problemas consisten en que la capacidad de la planta está siendo subutilizada, existen grandes tiempos de producción y altos niveles de inventario en proceso entre cada operación. Otro problema es el manejo de grandes lotes de producción lo cual ocasiona los problemas antes mencionados. A continuación se analizará el flujo de materiales del proceso de ensamble.

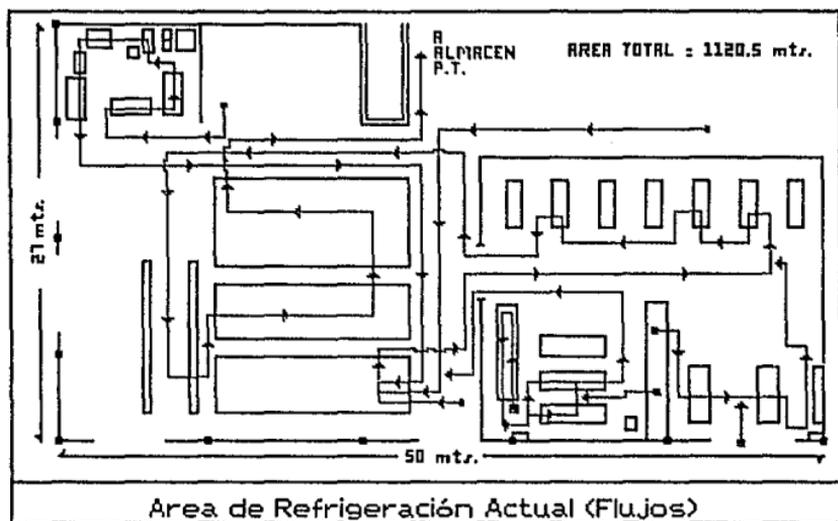
### 3.3.- FLUJOS DE MATERIALES

Conocidos los procesos de ensamble y la distribución del área de refrigeración, se puede realizar el análisis del flujo de materiales dentro del proceso.

Para esto se dividirán los procesos en 4 partes:

- a).- Proceso de : + Unión base a cuerpo
  - + Colocar drenaje
  - + Colocar Placas Frías
  - + Colocar Motoprotector
- b).- Proceso de : + Sistema de Tubería
  - + Elementos de Tubería
- c).- Proceso de : + Armado de Unidad de Refrigeración
  - + Montar Unidad en Base
  - + Vacío y carga de Gas
- d).- Proceso de : + Limpieza
  - + Colocar Tapas
  - + Empaque

Para cada una de estas divisiones se elaboraron digramas de recorridos de proceso y planos mostrando estos flujos dentro del área de refrigeración. La siguiente figura (fig. 12) muestra los flujos de proceso.



Area de Refrigeración Actual (Flujos)

Figura 12

Si se analiza los diagramas anteriores, se puede observar que existe un gran movimiento de materiales dentro del área de refrigeración. Esto es una de las causas de los grandes tiempos de producción y de los altos niveles de inventario en proceso.

### 3.4.- INVENTARIO DE PRODUCTO EN PROCESO

Es difícil de cuantificar el inventario de producto en proceso. Para esta actividad se realizó un inventario puntual el cual representa la fotografía del inventario en proceso en un día específico. Debido a que no existen datos al respecto dentro de la empresa se tomó como válido, dentro de lo razonable, este inventario.

Los resultados fueron los siguientes:

- 200 juegos de laminado
- 115 serpentines
- 40 placas frías centrales
- 36 redes de tubería
- 30 cuerpos y bases en ensamble de cuerpo
- 30 charolas en primera fase de ensamble
- 30 charolas en segunda fase de ensamble
- 32 charolas en prueba de hermeticidad
- 25 charolas en conexiones eléctricas
- 8 enfriadores en montaje de unidad
- 8 enfriadores en vacío y carga de gas
- 38 enfriadores en prueba de calidad
- 8 enfriadores en limpieza
- 6 enfriadores en empaque

Estos datos no contemplan los inventarios de bases metálicas, cuerpos de enfriadores y tapas, ya que sólo se consideran aquellos productos que están en proceso de ensamble.

Para facilitar la comparación contra la situación propuesta, sólo se considerarían, como enfriadores, aquellos que se encuentren a partir de la etapa de montaje de unidad en cuerpo. En base a esta consideración se puede decir que el inventario de producto en proceso actual es de 68 enfriadores.

### 3.5.- DATOS ACTUALES

Con toda la información de procesos, flujos, tiempo ciclo y niveles de inventario de producto en proceso, se puede elaborar una matriz de datos que muestre el resumen de la situación actual de la empresa. La figura 13 muestra esta matriz de datos.

INFORMACION	DATOS
Area de Refrigeración	1120.5 m <sup>2</sup>
Distancia Recorrida	860.0 mts.
Capacidad de Producción	40-60 Enf/día
Personal	41 personas
Tiempo de Producción	22.9 días
Producto en Proceso	68 Enfriadores

Matriz de Información Actual

Figura 13

Si se analizan estos datos, se puede concluir que el área de refrigeración de la empresa presenta grandes oportunidades de mejora productiva. Los datos de esta matriz se volverán a tomar en el capítulo de resultados cuando se comparen con los datos obtenidos a partir de la situación propuesta.

Con esto termina la presentación de la situación actual de la empresa.

#### CAPITULO 4 - SITUACION PROPUESTA

Una vez que se conoce la situación actual de la empresa y las bases teóricas sobre las celdas de ensamble se puede realizar un diseño que produzca grandes mejoras de productividad dentro del área de ensamble. Se analizarán los mismos puntos que se vieron en la situación actual.

Primeramente se mostrará el diseño final del área y posteriormente, se explicará la forma en que se logró el mismo.

#### 4.1.- DISTRIBUCION DEL AREA DE ENSAMBLE

Con el propósito de eficientar la utilización del espacio dentro del área de refrigeración, se rediseño la distribución dentro de la misma. Para este diseño se utilizaron celdas de ensamble en forma de "U" y de serpentín. Este diseño cuenta con una celda principal de ensamble en forma de serpentín, dos celdas en paralelo y una línea de ensamble en paralelo a esta celda principal. Se propone la ubicación de un almacén focalizado a un lado de la celda de ensamble de refrigeración, con el fin de evitar los grandes recorridos al almacén de materia prima. La figura 14 muestra el diseño propuesto.

En este diseño se puede observar la utilización de mesas de trabajo con anaqueles para el acomodo de herramientas, artículos varios - tornillos, tuercas, remaches, etc...-, y pequeños lotes de materia prima - tubería, láminas, etc... - necesarios para el ensamble de un solo turno. Estas áreas están identificadas por un ashurado en el dibujo.

El uso de estas mesas de trabajo facilita el manejo de materiales y reduce los recorridos de los mismos. Con el almacén focalizado a un lado del área de ensamble se reduce considerablemente el flujo de materiales.

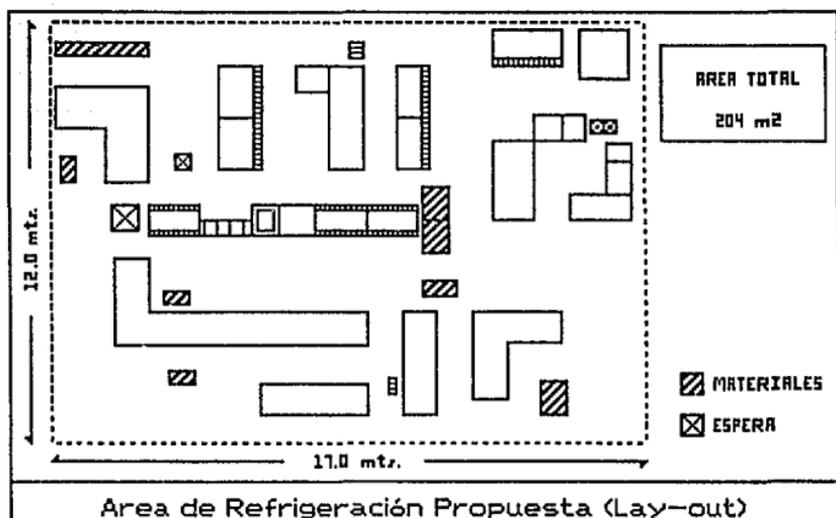


Figura 14

En este almacén se guardan solamente los artículos necesarios para la celda de refrigeración. Se tiene la ventaja de contar con un acceso hacia el exterior de la planta (andenes), por medio del cual se puede surtir este almacén de forma simple. Esto reduce la utilización de espacio dentro del almacen de materia prima.

El área propuesta en este diseño es de solamente 204 metros cuadrados. Se toman en cuenta los espacios necesarios para el confort y seguridad del usuario (1 m<sup>2</sup> de área de movimiento libre), así como para el adecuado flujo de materiales.

Se consideró el estudio de ventas en cuanto a ventas perdidas y mercado potencial. La celda tiene capacidad de ensamble, por

turno, de 96 enfriadores diarios. Con esta capacidad se cubre fácilmente la demanda proyectada.

Una gran ventaja de esta celda de ensamble, además de el área reducida que ocupa, es la gran flexibilidad que presenta. En caso de necesitar mover la celda para otro lugar dentro de la empresa, sólo es necesario buscar un lugar de 204 metros cuadrados (12 x 17 metros) de forma rectangular.

Otro aspecto de su flexibilidad consiste en la posibilidad de añadir otras celdas en paralelo con el fin de aumentar la capacidad del área; en el caso de querer duplicarla, sólo es necesario establecer otra celda similar.

Esta distribución trabaja en base a la producción de lotes de una unidad, es decir que sólo se ensambla una unidad a la vez. Esto es posible gracias a las nulas distancias que existen entre operaciones con lo cual se reduce al mínimo el inventario en proceso y los tiempos de espera. El decir que se trabaja con una sola unidad al mismo tiempo se debe a que un operador no tiene un lote de piezas que terminar, simplemente tiene que ir procesando las unidades que va recibiendo en el mismo momento que esto sucede.

Además de las nuevas mesas de trabajo es necesario comprar camas de rodillos. Estas camas de rodillos formarán la celda de ensamble principal. Se seleccionaron camas de rodillos para facilitar el manejo del enfriador. Sólo es necesario deslizar el enfriador por sobre estas camas, con lo cual el esfuerzo es mínimo y se reduce el tiempo de transporte. Se utilizaron dos tipos de camas de rodillos.

El primer tipo consiste en una cama de rodillos a nivel del suelo la cual tiene las siguientes medidas:

(0.20 cm) alto \* (100 cm) largo \* (120 cm) ancho

Esta se utiliza en las etapas del proceso cuando todavía no se ha montado la unidad de refrigeración. Se escogió este tipo debido a que es más fácil realizar estas operaciones a este nivel de altura.

El segundo tipo consiste en una cama de rodillos a una altura mayor; las medidas de este tipo son:

(100 cm) alto \* (100 cm) largo \* (120 cm) ancho

Esta mesa se utiliza en las etapas que continúan a partir del montaje de la unidad de refrigeración, incluyendo esta también. En estas etapas conviene tener el enfriador a una altura mayor para facilitar los procesos de ensamble. Este segundo tipo es una combinación de mesa de trabajo con cama de rodillos, ya que cuenta con anaqueles para guardar herramientas y accesorios necesarios para el ensamble.

Las herramientas siguen siendo las mismas, no es necesario comprar nuevas, exceptuando un caso. Se requiere comprar otras dos máquinas de carga de gas. Si se desea mejorar el herramental se puede hacer pero para esta primera etapa no es indispensable. Se eliminó la reja que rodeaba el área de refrigeración debido a que dificultaba el flujo de materiales y resultaba impráctica. Si se desea realizar un completo rediseño de la planta, o cambiar de lugar el área de refrigeración, esta reja dificulta el movimiento y afecta el rediseño. No es necesario proteger ningún elemento valioso por medio de la reja ya que el inventario en proceso se reduce y la mayoría de los materiales se localizan en el almacén

focalizado.

El almacén focalizado se construirá a partir de una caseta prefabricada con el fin de hacer flexible su movimiento. Este almacén, como ya se explicó anteriormente, contendrá aquellos elementos necesarios para el ensamble de los enfriadores. Cuando se requiera pedir materiales al almacén, se pedirán lotes diarios de producción. Esto facilita el control de las transacciones del almacén y reduce las posibilidades de error en su registro.

La distancia a recorrer por los materiales sera mínima. El objetivo de pedir lotes diarios de producción es el manejo más sencillo de materiales y un control más eficiente de inventarios; sólo se realizará una salida diaria y siempre será por la misma cantidad de piezas.

Como se puede observar, este diseño es sumamente práctico, sencillo y flexible, ya que facilita la realización de todos los procesos de ensamble y reduce los antiguos problemas de inventario en proceso, capacidad de planta y flujos de materiales.

#### 4.2.- PROCESO DE ENSAMBLE

Los tiempos estándar de ensamble continuan siendo los mismos debido a que no se realizó ninguna mejora en las operaciones. Las mejoras se enfocaron a reducir las distancias recorridas y a eliminar operaciones no necesarias y tiempos muertos.

Los tiempos estándar de las operaciones son los siguientes (estos tiempos estan dados centésimas de minuto):

- Operación de laminado:

Estas operaciones incluyen marcar, cortar y doblar la lámina.

Hacer placa fría central	755
Hacer placa fría lateral (2 pzas)	1586
Hacer charola para refrigeración	332
Hacer base para motor condensador	433
T O T A L	3106

- Operaciones de tubería:

Hacer serpentín (3 pzas)	530
Comprimir serpentín (3 pzas)	510
Colocar serpentín en P.f. central	502
Hacer tubo porta bulbo	107
Hacer acumulador	272
Hacer tubo capilar	33
Hacer rizo	26
Hacer y soldar tubo para deshidratador	54
Hacer tubo de carga	128
Hacer tubo de descarga	184
Colocar tubo porta bulbo en acumulador	104
Soldar tubo capilar en rizo	121
Unir placa fría central, acumulador y serpentines	1031
T O T A L	3602

- Operaciones de montar enfriador en su base:

Colocar base metálica en enfriador	465
Colocar rejilla protectora	399
Perforar para drenaje	19

Perforar para salida de tubo p/serpentin	20
--	----

Colocar placa fría central	44
----------------------------	----

Fijar placas laterales	398
------------------------	-----

Colocar drenaje	141
-----------------	-----

Colocar duxil	75
---------------	----

Colocar perfil "T"	329
--------------------	-----

T O T A L	1990
-----------	------

- Operaciones de ensamblar unidad de refrigeración:

Montar elementos de unidad	940
----------------------------	-----

Preparar y soldar elementos	915
-----------------------------	-----

Prueba de hermeticidad	600
------------------------	-----

Probar motor/condensador	148
--------------------------	-----

Hacer conexiones de relay, prot. motor cond. y aspa	705
---	-----

Preparar cable y sistema eléctrico	320
------------------------------------	-----

T O T A L	3628
-----------	------

- Operaciones de montar unidad de refrigeración en el cuerpo del enfriador:

Montar unidad de refrigeración	794
--------------------------------	-----

Colocar destapador	98
--------------------	----

T O T A L	892
-----------	-----

- Operaciones de vacío y carga de gas:

Hacer vacío	1125
-------------	------

Carga de freón y estabilización del mismo	1125
---	------

Colocar sistema eléctrico y control temperatura	632
---	-----

T O T A L	2882
-----------	------

- Operaciones de limpieza:

Limpieza de cuerpo	957
Limpieza de tapa fija	166
Limpieza de tapas corredizas (2 pzas)	316
Colocar tapa fija en cuerpo	232
Colocar tapas corredizas	22
T O T A L	1693

- Operaciones de control de calidad:

Prueba termográfica y ajuste de control	1125
T O T A L	1125

- Operaciones de empaque:

Empaque	772
T O T A L	772

El tiempo total para ensamblar un enfriador, si lo hiciera una sola persona, sería de 198.05 minutos.

Analizando el estudio de ventas en el cual se dice que es posible vender entre 70 y 90 enfriadores diarios, se decidió que el objetivo de el proyecto era ensamblar 90 enfriadores diarios libres de defecto.

Para lograr este objetivo se calculó el tiempo ciclo necesario que debía tener la celda. Este tiempo es de 5.33 minutos:

$$480 \text{ minutos (8 horas) / 90 enfriadores} = 5.33 \text{ minutos}$$

Esto quiere decir que un enfriador debería ensamblarse cada 5.33 minutos.

Una vez calculado el tiempo ciclo se analizaron los tiempos que tomaba realizar cada operación y se balancearon las mismas para obtener el tiempo ciclo. Este balanceo se hizo de dos formas:

- Asignar una operación a más de una persona
- Asignar una persona a más de una operación

El resultado de este análisis fue el siguiente:

- Area de laminado

Hacer placa fría lateral (2 pzas)	1586
Hacer charola para refrigeración	332
Hacer placa fría central	755
Hacer base para motor condensador	433
T O T A L	3106

Este tiempo dividido entre 6 personas da un tiempo ciclo de 5.17 minutos. La forma de realizar estas operaciones es la siguiente: cuatro personas se encargan de cortar la lámina, tres de doblar la misma y una de realizar las perforaciones necesarias.

Para hacer más eficiente esta operación se elimina la operación de marcar la lámina. Esta operación consiste en tomar una lámina, colocarla en una mesa de trabajo, tomar un metro de metal y un lápiz de color rojo, y marcar la lámina con las medidas de las piezas que se requieren cortar.

Esta operación se elimina colocando marcas de colores en las reglas que posee la guillotina. Cada marca se utiliza como tope para una pieza en específico.

Esta misma idea es aplicable a la máquina dobladora y al taladro. Actualmente, en el caso de la dobladora, se sabe la medida del lugar donde se debía de realizar el doblar, pero como la regla de la dobladora tiene números pequeños se pierde tiempo identificando la medida correcta. Para eficientar esto se pusieron marcas de colores vistosos en la regla para identificar rápidamente la medida necesaria. En el caso del taladro se

fijaron topes móviles a la altura necesaria para que todas las perforaciones sean iguales y fáciles de realizar.

En la guillotina se pusieron 6 marcas y en la dobladora tres. En el taladro se realizaron perforaciones para colocar tres topes.

Con esta mejora el tiempo estándar se reduce a 20.4 minutos. Con este nuevo tiempo estándar sólo son necesarias cuatro personas para obtener un tiempo ciclo de 5.10 minutos.

- Area de tubería

Hacer serpentín (3 pzas)	530
Comprimir serpentín (3 pzas)	510
T O T A L	1045

Este tiempo dividido entre dos personas da un tiempo ciclo de 5.23 minutos. Una persona se encarga de tomar el tubo del rollo, jalarlo a lo largo de la mesa, cortarlo y doblarlo. La otra persona comprime los serpentines.

A la primera operación se le aplicó una mejora. Se pusieron marcas fijas en la mesa indicando la medida exacta que deben tener los tubos. Las marcas no sólo indican el inicio y el final del tubo, también indican los lugares donde deben realizarse los dobleces. La primera persona marca el lugar de los dobleces con marcador y corta el tubo a la medida adecuada. Con esto se reduce el error en el tamaño de los tubos y se evita el utilizar la regla de madera.

Para la segunda persona ya no es necesario realizar ninguna medición ni marca en los tubos. Con esto también se elimina el uso de la regla en la segunda operación

Con esta mejora, el tiempo necesario para la primera operación se reduce a 5.04 minutos y el de la segunda a 4.95 minutos. El

tiempo ciclo de las dos personas es de 5.04 minutos (este representa el de la primera persona el cual es el tiempo mayor).

Colocar serpentín en P.f. central	502
T O T A L	502

Esta operación es realizada por una persona. El tiempo ciclo se mantiene en 5.02 minutos.

Hacer tubo porta bulbo	107
Hacer acumulador	272
Colocar tubo porta bulbo en acumulador	104
Hacer tubo capilar	33
T O T A L	516

Estas operaciones son realizadas por una persona. El tiempo ciclo se mantiene en 5.16 minutos.

Hacer rizo	26
Hacer y soldar tubo para deshidratador	54
Hacer tubo de carga	128
Hacer tubo de descarga	184
Soldar tubo capilar en rizo	121
T O T A L	513

Estas operaciones son realizadas por una persona. El tiempo ciclo se mantiene en 5.13 minutos.

Unir placa fría central, acumulador y serpentines	1031
T O T A L	1031

Esta operación es realizada por dos personas. Las dos personas se acoplan par realizar la operación en conjunto. El tiempo ciclo de la operación es de 5.16 minutos.

Debido a la mejora realizada en la operación de elaboración de los serpentines, se obtuvo una mejora en esta operación. Como los serpentines ahora son de la medida adecuada, es posible cortar el tubo para unir los serpentines siempre a la misma medida. Con esto se evita el estar midiendo la distancia entre los serpentines y cortar tubos de distintos tamaños.

Con esta mejora, el tiempo ciclo se redujo a 5.08 minutos.

- Area de ensamble de cuerpo

Colocar base metálica en enfriador	465
Colocar rejilla protectora	399
Perforar para drenaje	19
Perforar para salida de tubo p/serpentin	20
Colocar duxil	75
T O T A L	978

Esta operación es realizada por dos personas. Una coloca la base y perfora para la salida de los tubos de los serpentines, mientras la otra se encarga de colocar la rejilla protectora, perforar para el drenaje y coloca el duxil. El tiempo ciclo de esta operación es de 4.89 minutos.

Colocar placa fría central	144
Fijar placas laterales	398
Colocar drenaje	141
Colocar perfil "T"	329
T O T A L	1012

Esta operación es realizada por dos personas. Entre ambas fijan las placas laterales. Una se encarga de fijar la placa central y colocar el drenaje, mientras la otra se encarga de colocar el

perfil "T". El tiempo ciclo de esta operación es de 5.06 minutos.

- Area de ensamble de unidad de refrigeración

Montar elementos de unidad	940
----------------------------	-----

T O T A L	940
-----------	-----

Esta operación es realizada por dos personas. El tiempo ciclo de la operación es 4.7 minutos.

Preparar y soldar elementos	915
-----------------------------	-----

T O T A L	915
-----------	-----

Esta operación es realizada por dos personas. El tiempo ciclo de la operación es de 4.58 minutos.

Prueba de hermeticidad	600
------------------------	-----

T O T A L	600
-----------	-----

Esta operación es realizada por una persona utilizando dos compresoras para hacer la prueba. Con estas dos máquinas se obtiene un tiempo ciclo de 3 minutos.

Probar motor/condensador	148
--------------------------	-----

Hacer conexiones de relay, prot. motor cond. y aspa	705
--	-----

Preparar cable y sistema eléctrico	320
------------------------------------	-----

T O T A L	1173
-----------	------

A este grupo de operaciones se eliminó la prueba de motor/condensador. Esta operación va a ser realizada por la persona encargada del almacén focalizado. El objetivo de esto es reducir el tiempo del ensamble pasando la operación fuera del proceso. También se logra que a la celda de ensamble sólo lleguen motores y condensadores en perfecto estado.

Al eliminar esta operación el tiempo estándar se reduce a 10.25 minutos. Esta operación es realizada por dos personas. Con esto

el tiempo ciclo de la operación es de 5.13 minutos.

Montar unidad de refrigeración	794
Colocar destapador	98
T O T A L	892

Esta operación es realizada por dos personas. El tiempo ciclo de la operación es de 4.46 minutos.

Hacer vacío	1125
Carga de freón y estabilización del mismo	1125
T O T A L	2250

Para la operación de vacío de la unidad se cuenta con dos máquinas que pueden realizar el vacío a cuatro enfriadores al mismo tiempo. Para la carga y estabilización del freón se cuenta con dos máquinas que pueden realizar la carga a dos enfriadores al mismo tiempo. Se requiere comprar dos máquinas más de carga de gas.

Se realizará el vacío y la carga de gas a 3 unidades al mismo tiempo. Con esto se tiene de soporte una entrada de una máquina de vacío y una máquina de carga de gas para cualquier eventualidad de descompostura. También pueden utilizarse en caso de que se requiera aumentar la capacidad de la celda.

El tiempo ciclo de la operación es de 3.75 minutos. La operación es realizada por una persona ya que sólo es necesario conectar las máquinas (operación que no lleva más de 0.30 minutos). Esta persona tiene tiempo suficiente para ayudar en la siguiente operación.

Colocar sistema eléctrico y control temperatura	632
T O T A L	632

Esta operación es realizada por una persona con ayuda de la persona de la operación anterior. Con esto se obtiene un tiempo ciclo ( considerando 1.5 personas) de 4.21 minutos.

- Area de limpieza de cuerpo

Limpieza de cuerpo	957
Limpieza de tapa fija	166
Limpieza de tapas corredizas (2 pzas)	316
Colocar tapa fija en cuerpo	232
Colocar tapas corredizas	022
T O T A L	1693

Esta operación es realizada por cuatro personas. El tiempo ciclo de la operación es de 4.24 minutos.

- Area de control de calidad

Prueba termográfica y ajuste de control	1125
T O T A L	1125

Para esta operación se propone utilizar el tiempo estándar determinado por el departamento de ingeniería. No es necesario probar el enfriador durante medio día ya que se manejan lotes de una pieza. Se cuenta con un área con conexiones eléctricas y espacio para cinco enfriadores máximo. Con esto el tiempo ciclo de la operación es de 2.25 minutos. Una persona se encarga de realizar la operación.

Anteriormente se requería probar los enfriadores durante medio día debido a que se esperaban a juntar los enfriadores ensamblados durante el día para realizar la prueba al final del mismo. La otra razón por la que se utilizaba este tiempo es porque consideraban que como tenían tiempo disponible, era mejor

probar el enfriador durante más tiempo creyendo con esto asegurar el buen funcionamiento del mismo.

- Area de empaque

Empaque	772
---------	-----

T O T A L	772
-----------	-----

Esta operación es realizada por dos personas. El tiempo ciclo de la operación es de 3.86 minutos.

Una vez analizados y calculados los tiempos ciclo de cada operación se obtiene el tiempo ciclo de la celda. Este corresponde a la operación con mayor tiempo ciclo:

a) Operaciones de laminado	510
b) Hacer y comprimir serpentines	504
c) Hacer placa fría central	502
d) Operaciones de tubería 1	516
e) Operaciones de tubería 2	513
f) Unir placa fría central y serpentines	516
g) Operaciones ensamble de cuerpo 1	489
h) Operaciones ensamble de cuerpo 2	506
i) Montar elementos de unidad	470
j) Prepara y soldar elementos	458
k) Prueba de hermeticidad	300
l) Conexiones eléctricas 1	513
m) Montar unidad	446
n) Vacío y carga de gas	375
o) Colocar termostato y conexiones eléctricas 2	421

p) Prueba termográfica y ajuste de control	225
q) Limpieza y colocar tapas	424
r) Empaque	386

Se puede observar que el tiempo ciclo de la celda lo determinan las operaciones de:

Operaciones de tubería 1	516
Unir placa fría central y serpentines	516

El tiempo ciclo de 5.16 minutos permite ensamblar diariamente un total de:

$$(8 \text{ hrs/día} * 60 \text{ min/hr}) / 5.16 \text{ minutos/enf} = 93 \text{ enf/día}$$

Estos 93 enfriadores son productos listos para venderse. Con esto se puede hacer que el camión que recoge los enfriadores realice una carga diaria al finalizar el turno, reduciendo el tiempo de entrega a los clientes y disminuyendo el espacio necesario para almacenar el producto terminado (casi eliminándolo).

Se puede observar que se utilizaron los tiempos estándar de producción que calculó el departamento de ingeniería. A pocas operaciones se realizaron mejoras. Esto muestra que el beneficio principal de este proyecto se obtiene al eliminar los tiempos muertos.

Todas las reducciones a los tiempos estándar de algunas operaciones, resultado de mejoras sencillas, se probaron 50 veces para obtener la mejora estándar.

El total de operaciones es de 18 (a - r) y el lugar donde son realizadas se muestra en la siguiente figura (fig. 15).

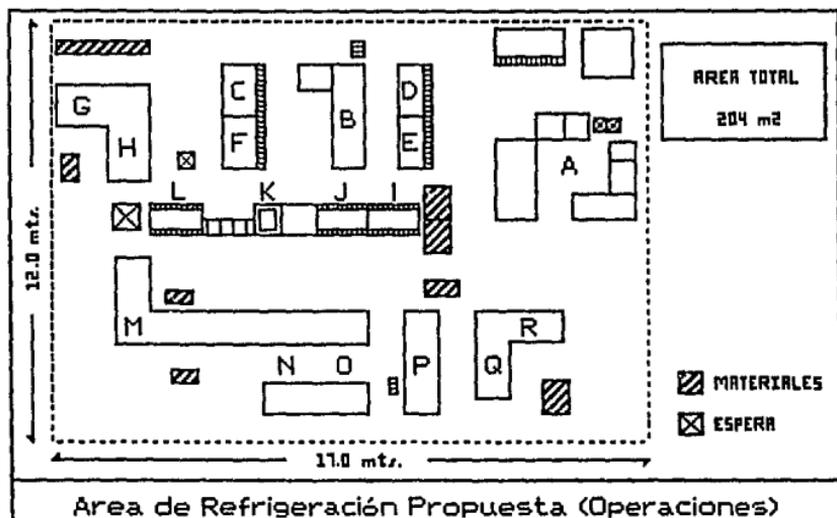


Figura 15

La mayoría de las operaciones tienen un tiempo ciclo menor a 5.16 minutos. La razón de no balancear exactamente todas las operaciones al mismo tiempo ciclo es que se desea tener un pequeño colchón de tiempo al principio de la instalación para realizar modificaciones debidas a:

- Las personas no son estándar
- Errores en los cálculos de los tiempos
- Posibles mejoras del diseño a partir de la experiencia
- Curva de aprendizaje del nuevo proceso

Con esto se pretende realizar la mayoría de los cambios, los cuales se espera que sean mínimos, durante los primeros días de la instalación de la celda piloto.

El siguiente proceso, el cual no forma parte de este trabajo, consiste en realizar estudios de tiempos y movimientos que permitan reducir el tiempo estándar de las operaciones y por lo tanto, el tiempo ciclo de la operación. Se debe comenzar por aquellas que tienen el mayor tiempo ciclo, ya que en estas se pueden obtener los mayores beneficios.

#### 4.3.- PERSONAL

Al eficientar algunas operaciones y eliminar tiempos muertos, se obtiene el personal ideal para la celda de ensamble:

Operaciones de laminado	4
Hacer y comprimir serpentines	2
Hacer placa fría central	1
Operaciones de tubería 1	1
Operaciones de tubería 2	1
Unir placa fría central y serpentines	2
Operaciones ensamble de cuerpo 1	2
Operaciones ensamble de cuerpo 2	2
Montar elementos de unidad	2
Prepara y soldar elementos	2
Prueba de hermeticidad	1
Conexiones eléctricas 1	2
Montar unidad	2
Vacío y carga de gas	1
Colocar termostato y conexiones eléctricas 2	1
Prueba termográfica y ajuste de control	1

Limpieza y colocar tapas	4
Empaque	2
T O T A L	33

Se requiere de un total de 33 personas encargadas de ensamblar el enfriador y una persona encargada de supervisar el trabajo. Esto da un total de 34 personas. La figura 16 muestra la ubicación de las personas dentro de la celda.

#### 4.4.- FLUJO Y RECORRIDO DE MATERIALES

El propósito de la celda es eliminar los tiempos de movimiento, y reducir las distancias recorridas. Esto tiene como consecuencia que los materiales fluyan con mayor rapidez dentro de la misma. La celda está diseñada para que los movimientos de una operación a otra se realicen de mano en mano. Esto quiere decir que el esfuerzo necesario debe ser el mínimo para no detener el proceso de ensamble.

Al manejar lotes de una pieza a la vez, se evita el tener que cargar lotes grandes de piezas de una operación a otra. Ya no es necesario cargar un enfriador "al hombro" entre operaciones. Las camas y mesas de rodillos permiten mover el enfriador con sólo empujarlo.

El almacén focalizado permite que la distancia que recorren los materiales para abastecer la celda sea mínima. La distancia total que recorren los materiales corresponde a la longitud de cada una de las celdas que conforman la celda de refrigeración, más la distancia al almacén focalizado y más la distancia al almacén de producto terminado:

Distancia = 170 metros

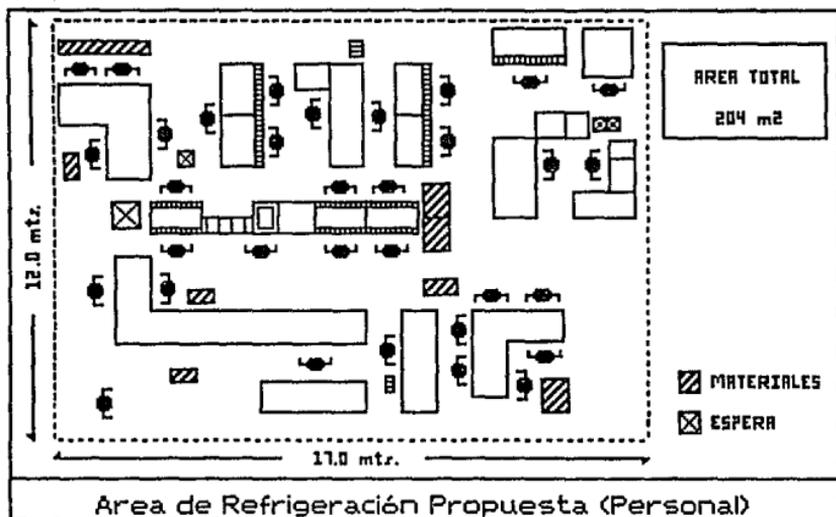


Figura 16

Esta distancia provoca que el flujo de materiales sea mínimo y que mantenga una dirección constante y lógica. No existen cruces de los mismos que provoquen confusiones ni problemas. Al no existir tiempos de espera, los materiales van recorriendo cada una de las etapas del proceso de forma continua, deteniéndose únicamente para llevar a cabo la operación de ensamble.

El recorrido de materiales no agrega ningún valor al producto. Al reducirlo se eficienta el proceso de ensamble, se eliminan costos de movimiento y se reduce el tiempo de entrega al cliente. La siguiente figura 17 muestra el flujo de materiales.

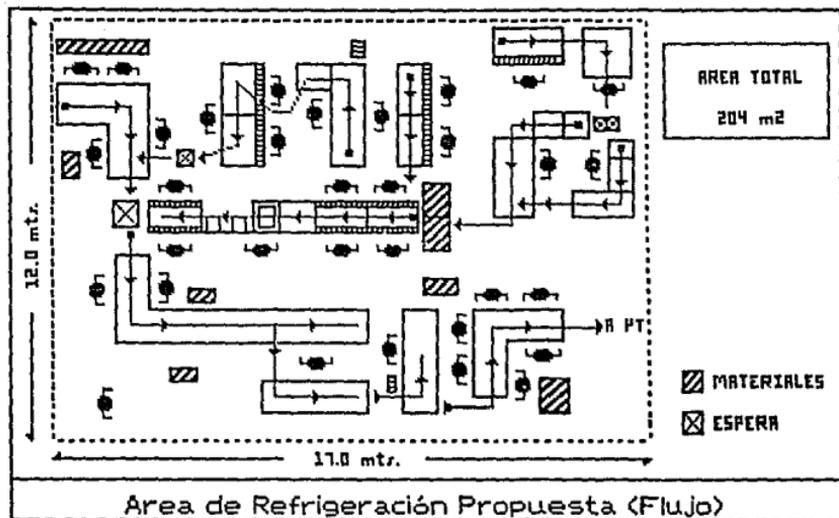


Figura 17

#### 4.5.- INVENTARIOS Y ALMACENES

Uno de los principales objetivos de este proyecto es disminuir la inversión en inventarios. A continuación se explicará la situación propuesta para cada tipo de inventario.

##### al Materia Prima.

El nivel de inventario de materia prima no sufre disminución en cuanto a cantidad. El beneficio se encuentra en la utilización de espacio del mismo y el recorrido que debe realizar para llegar a la línea de ensamble.

La materia prima no se reduce; al contrario, es probable que se incremente debido a que ahora será necesario tener materia prima para ensamblar más de 90 enfriadores diarios. Se puede reducir el

nivel promedio de inventario y aumentar la rotación del mismo si se utilizan ordenes abiertas a los proveedores.

Una orden, o pedido, abierto permite al proveedor asegurar ventas durante un periodo de tiempo, programar mejor su producción y reducir sus inventarios. Esto se debe a que una orden abierta representa aquello que va requerir la planta durante cierto periodo de tiempo y la forma (lotes) en que lo necesita recibir. Este estudio no es parte de este trabajo pero puede ser una área de oportunidad importante.

La distribución de la materia prima cambia. Esta se almacenará en dos localidades:

- Almacén focalizado
- Almacén de materia prima

En el almacén focalizado se mantendrá la cantidad adecuada de componentes para cubrir 1.0 día de ensamble (93 enfriadores). La figura 18 muestra el plano de este almacén. Los artículos que se almacenarán ahí son:

- Láminas de metal	100 piezas
- Tubo de cobre	10 rollos
- Perfil "T"	200 piezas
- Bases de enfriador	60 piezas
- Rejillas protectoras	200 piezas
- Drenajes	900 piezas
- Duxil	900 piezas
- Compresores	100 piezas
- Condensadores	100 piezas
- Motores	100 piezas
- Cable eléctrico	10 rollos de c/tipo (6)

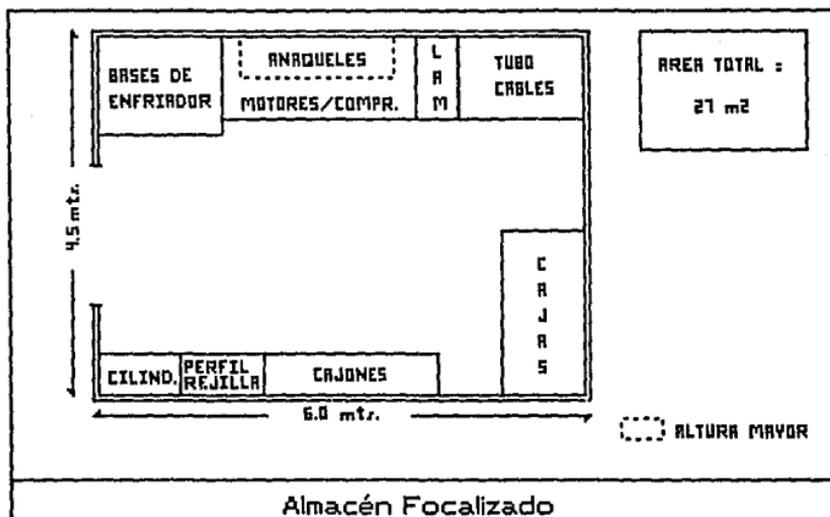


Figura 18

- Relays	900 piezas
- Capacitores	900 piezas
- Controles de temperatura	500 piezas
- Destapadores	900 piezas
- Cilindros de gas freón	5 piezas
- Calcomanías	10000 piezas
- Cajas de cartón	100 piezas
- Fleje	10 rollos
- Tornillos, remaches, pijas bujes, roldanas, clavos, grapas, tuercas y terminales	10000 piezas de c/uno

Se pretende mantener inventario suficiente de piezas pequeñas para evitar tener que ir por ellas a cada momento al almacén de

materia prima. Estas piezas no ocupan mucho espacio y su valor es mínimo. Para las piezas medianas: motor, compresor y condensador se mantiene un inventario de poco más de un día de ensamble (100 pzas). Estas partes se reabastecen cada fin de día para mantener el nivel adecuado. Para bases metálicas, que son las que mayor espacio ocupan, se mantiene un nivel de medio día de ensamble (60 pzas) y se reabastecen cada medio día.

Con esta distribución se requiere un área de almacén de

(5.1m largo) x (4.5m ancho) x (2.5 m alto)

La figura 18 muestra la distribución de este almacén.

Esta área se obtiene a partir de los siguientes cálculos:

Las bases metálicas tiene las siguientes medidas:

(.30) largo \* (.40) ancho \* (.30) alto mts = 0.036 m3

En el almacén se tienen tres filas de de cuatro bases cada una.

Esto representa:

3 filas \* 4 bases \* 5 bases = 60 bases

3 filas \* .40 mts ancho = 1.20 mts de ancho

5 bases \* .30 mts largo = 1.50 mts de largo

4 bases \* .30 mts alto = 1.20 mts de alto

Las bases estan puestas en anaqueles de una base de profundidad por tres de largo y cuatro de alto (12 bases). Estos anaqueles tienen divisiones para evitar que se maltraten y cuentan con ruedas para facilitar su movimiento. Se requieren cuatro anaqueles para almacenar las bases.

Los motores, compresores y condensadores tienen aproximadamente la misma medida:

(.20) largo \* (.15) ancho \* (.15) alto = .00045 m3

Para estos artículos se diseñaron anaqueles móviles (con ruedas) que permiten almacenar 25 piezas en cada uno:

1 pieza de profundidad	0.15 mts
5 piezas de largo	1.00 mts
5 piezas de alto	0.75 mts

Se requiere de cuatro anaqueles para almacenar 100 piezas de cada artículo.

Para los drenajes, duxil, capacitores, relays y destapadores se utiliza un anaquel fijo. La pieza de mayor tamaño es el destapador el cual mide:

$$(.06) \text{ largo} * (.05) \text{ ancho} * (.03) \text{ alto mts} = 0.00009 \text{ m}^3$$

Las piezas se colocan en charolas que miden:

$$(.31) \text{ largo} * (.31) \text{ ancho} * (.05) \text{ alto mts} = 0.0048 \text{ m}^3$$

Estas charolas (contenedores) son de tamaño estándar y tienen divisiones que permiten guardar 30 piezas cada uno. El anaquel tiene capacidad de :

1 cajón de profundidad	0.35 mts
5 cajones de largo	1.60 mts
30 cajones de alto	1.60 mts

Cada pieza dispone de 30 cajones, con lo cual es posible almacenar 900 piezas de cada artículo.

Los rollos de tubo, fleje y cable se colocan en porta rollos, los cuales están formados por una base circular y un tubo perpendicular a la misma. Los rollos se "cuelgan" de estos tubos. Las láminas de metal se colocan verticalmente sobre su lado más corto (ancho). Las medidas de las mismas son:

$$(1.0) \text{ ancho} * (1.5) \text{ largo} * (.002) \text{ alto mts.} = .003 \text{ m}^3$$

En el almacén se mantienen 100 láminas. Esto representa un espacio de:

100 láminas \* (0.002 mts) = 0.20 mts largo

1 lámina \* (1.0 mts) = 1.00 mts profundidad

1 lámina \* (1.5 mts) = 1.50 mts alto

Los perfiles "T" y las rejillas protectoras se guardan en cajones en los cuales caben 200 piezas de cada uno. Las medidas de las piezas son las siguientes:

1 perfil "T" = (0.50) largo \* (0.05) ancho \* (0.03) alto mts

1 rejilla = (0.20) largo \* (0.20) ancho \* (0.02) alto mts

Se requieren cuatro cajones con las siguientes medidas:

(0.50) largo \* (0.40) alto \* (0.40) profundidad mts

Las cajas de cartón se apilan en lotes. Tienen dos caras de 50 cm de largo y dos de 80 cm. El ancho es de 1.0 mts. Debido a esto, se puede decir que las cajas tiene las siguientes medidas:

(0.80) largo \* (1.00) ancho \* (0.04) alto mts

Para almacenar 100 piezas se requiere un espacio de:

(2.00) largo \* (0.80) profundidad \* (2.00) alto mts

Las piezas pequeñas: tornillos, roldanas, pijas, etc., se almacenan en cajones que pueden contener hasta 1000 piezas de cada una. El control del volumen de estos cajones se realiza mediante inspección física. Para esto se pinta una raya a la mitad del cajón, cuando esta raya es visible indica que es necesario reabastecer el mismo. Es importante mencionar que en el área de trabajo se cuenta con lugar para almacenar cierta cantidad de estas piezas (aproximadamente 200).

La medida de los cajones es de:

(0.30) largo \* (0.40) ancho \* (0.30) alto mts

Se requieren 10 cajones para almacenar las piezas.

Los cilindros de gas se almacenan colocados verticalmente cerca de la entrada del almacén. Únicamente se guardan 5 cilindros para evitar un riesgo en el manejo de los mismos.

b). Producto en proceso.

El producto en proceso que maneja la celda es mínimo. Esto se debe, principalmente, a la reducción de los tiempos muertos y recorridos y al aumento de la eficiencia de la celda.

En un momento cualquiera, el inventario en proceso máximo que se localiza en la celda corresponde a:

- 20 láminas
- 20 bases de enfriador
- 20 cuerpos de enfriador
- 20 juegos de tapas
- 25 motores, compresores y condensadores
- 30 drenaje, duxil, capacitores, relays, y destapadores
- Un rollo de fleje
- 6 rollos de cable eléctrico
- 20 perfiles y rejillas
- Un cilindro de gas
- 20 cajas de cartón
- 100 pijas, tornillos, roldanas, tuercas, etc..
- Un juego de láminas
- Un rollo de tubo de cobre
- 3 serpentines
- Una placa fría central
- Un juego de tubería
- Una red de tubería

- Una unidad montándose
- Una unidad en soldadura
- 2 unidades en prueba de fugas
- Una unidad en conexiones eléctricas
- Un enfriador en montaje de unidad al cuerpo
- 6 enfriadores en vacío y carga de gas
- Un enfriador en limpieza
- 5 enfriadores en control de calidad
- Un enfriador en empaque

Como se puede observar, el producto en proceso está formado por los productos que se están ensamblando en cada operación de la celda y la materia prima máxima que puede haber en un momento dado.

Para efectos de comparación, se tomará el mismo parámetro que se tomó para la situación actual: el inventario de producto en proceso corresponde, en enfriadores, a aquellos enfriadores que se encuentran a partir de la etapa de montaje de unidad en cuerpo. En base a esto se tiene un inventario de 14 enfriadores.

#### c) Producto terminado.

El área de producto terminado utilizada por los enfriadores corresponde a la necesaria para almacenar un máximo de 90 enfriadores. Este nivel sólo se alcanza al final del día, ya que el camión de transporte llega cada fin de día y recoge la producción del mismo. Al inicio del día siguiente no existe producto terminado en el almacén.

#### 4.6.- CALIDAD

El proceso de calidad propuesto se basa en los diseños del área

de ingeniería, los cuales consideran que únicamente se requieren 11.25 minutos para realizar la prueba al enfriador.

La celda, al reducir los lotes de producción, las distancias recorridas y los tiempos muertos, provoca que los errores o defectos de calidad sean identificados más rápidamente. Se pretende tener un proceso de calidad para poder tener un producto de calidad. La supervisión y control de la celda es más simple ya que el área es menor y la visibilidad es mayor.

También se sacó del proceso la prueba de motores y compresores. Con esto se asegura que las piezas que llegan a la celda son de calidad, reduciendo, como consecuencia, los reprocesos.

Una vez que se tenga funcionando la celda se puede comenzar un proceso de mejoras de calidad diseñando procesos a prueba de errores y tratando de implementar calidad en la fuente. Esto puede reducir los reprocesos aún más y mejorar la calidad del producto.

Con esto termina la presentación de la situación propuesta.

## **CONCLUSIONES**

Para comenzar este capítulo, se mencionará el objetivo principal de este trabajo de tesis: "Mostrar que el área de ensamble de una empresa presenta grandes oportunidades de mejora y que las celdas de ensamble son una excelente opción para alcanzar estas mejoras".

Al principio de este trabajo se presentó la situación actual del área de ensamble de una empresa dedicada a fabricar, entre otros productos, enfriadores comerciales. Se mencionó que la empresa tiene el problema de no poder aumentar sus ventas, y por lo tanto su participación de mercado, debido a que su área de ensamble de enfriadores no es capaz de fabricar los enfriadores necesarios.

Al revisar la situación actual del área de ensamble de enfriadores de la empresa se encontraron diversos problemas que influyen directamente en la situación actual. Estos problemas se pueden englobar en una característica principal:

" La Empresa obtiene un producto de calidad a través de un proceso de baja calidad."

Esta situación se ve reflejada en la siguiente figura (fig. 19). Estos números muestran que el proceso de ensamble de los enfriadores es ineficiente en forma general ya que se están desaprovechando los recursos actuales, tanto de personas como de máquinas, al no satisfacer de forma óptima el objetivo estratégico de la empresa:

"Generar utilidades a la empresa"

Para mejorar la situación de la empresa, se realizó un proyecto de productividad aplicando celdas de producción al área de ensamble de enfriadores.

INFORMACION	DATOS
Area de Refrigeración	1120.5 m <sup>2</sup>
Distancia Recorrida	860.0 mts.
Capacidad de Producción	40-60 Enf/día
Personal	41 personas
Tiempo de Producción	22.9 días
Producto en Proceso	68 Enfriadores

**Matriz de Información Actual**

*Figura 19*

El resultado de este proyecto se presentó como la situación propuesta del área de ensamble. En este capítulo se analizaron los efectos que las celdas tienen en la productividad y eficiencia del área de ensamble.

La figura 20 muestra los resultados que se pueden alcanzar aplicando las mejoras propuestas.

Se puede observar que la situación propuesta presenta grandes mejoras en todos y cada uno de los aspectos evaluados. Esto genera, como consecuencia, que no sólo la área de ensamble de la empresa tenga beneficios, si no que estos beneficios se obtienen en toda la empresa.

INFORMACION	Actual	Propuesto	%
Area de Refrigeración (m <sup>2</sup> )	1120.5	204.0	-81
Distancia Recorrida (mts)	860.0	170.0	-80
Capacidad Producción (Enf/día)	40-60	93	+132
Personal (personas)	41	35	-15
Tiempo de Producción (días)	22.9	1	-95
Producto en proceso (Enf)	68	14	-79
Matriz comparativa Actual vs. Propuesto			

Figura 20

Estos beneficios son importantes para la empresa, y el costo para lograrlos es mínimo. La principal inversión la representa el cambio de mentalidad y la apertura al cambio. Es importante mencionar que al momento de finalizar este trabajo de tesis la empresa no había comenzado a aplicar los cambios propuestos. La empresa pretende implementar estos cambios al finalizar un proyecto de instalación de sistemas. La figura 21 muestra la tabla de beneficios esperados.

Como conclusión final se puede decir que la aplicación de celdas de producción a las áreas de ensamble de las empresas puede convertirse en una gran inversión. Es conveniente recordar que no en todas las empresas es posible aplicar estos conceptos de

BENEFICIOS TANGIBLES	BENEFICIOS INTANGIBLES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Incremento del Flujo de Efectivo</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución de inversión en Inventario de Producto en Proceso</li> <li>- Mayor Rotación del Inventario de Producto Terminado</li> </ul> </li> <li>• <b>Aumento de Ventas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Producto terminado suficiente para satisfacer la demanda</li> <li>- Reducción de ventas perdidas</li> </ul> </li> <li>• <b>Reducción del Costo Real de Producción</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor Productividad en el ensamble</li> <li>- Menor Personal necesario</li> <li>- Reducción del Inventario de Producto en Proceso</li> </ul> </li> <li>• <b>Aumento de la Rotación de Inventarios</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Producto Terminado saliendo diariamente de la planta</li> </ul> </li> <li>• <b>Reducción de Gastos Indirectos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eliminación de utilización de energía eléctrica durante medio día</li> <li>- Reducción del Personal de Supervisión</li> <li>- Reducción de costos de Manejo de Materiales</li> </ul> </li> <li>• <b>AUMENTO DE LAS UTILIDADES</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Mejor Servicio al Cliente</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reducción del Tiempo de Entrega</li> <li>- Mayor Flexibilidad a cambios del mercado</li> <li>- Capacidad de satisfacer pedidos de mayor volumen</li> </ul> </li> <li>• <b>Supervisión más eficiente y sencilla</b></li> <li>• <b>Mejor utilización del espacio de la planta</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reducción del Área de Refrigeración</li> <li>- Reducción del Inventario de Producto en Proceso = Reducción de Áreas de Espera</li> <li>- Flujo Continuo de Materiales</li> </ul> </li> <li>• <b>Eficiente Control de Inventarios</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilización de Almacén Focalizado</li> <li>- Reducción de Inventario de Producto en Proceso</li> <li>- Menor Inventario de Producto Terminado a controlar</li> <li>- Utilización de Contenedores</li> </ul> </li> <li>• <b>Proceso eficiente de Ensamble</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Flujo continuo de materiales</li> <li>- Manejo de materiales mínimo</li> <li>- Reducción de problemas por calidad</li> <li>- No hay tiempos muertos, ni de espera ni de cola</li> </ul> </li> </ul>

FIGURA 21

celdas, pero más importante es saber, que siempre es posible mejorar y que una empresa no puede darse el lujo de cerrarse al cambio porque puede no sobrevivir.

## **ANEXOS**



DEPARTAMENTO : REFRIGERACION

PRODUCTO: ENFRIADOR COMERCIAL

ESTACION DE TRABAJO: OPERACIONES EN TUBERIA

OPERACION	TIEMPO STD. (SEG)	MATERIALES	PESO (GRS.)
Hacer serpentín (3 pzas)	317.6	870.0 cm tubo de cobre de 3/8"	615.879 ± 1X
Comprimir serpentín (3 pzas)	306.0		
Colocar serpentín en PFC (1pza)	300.9	13 remaches POP as-43	5.263 ± 1X
Unir serpentines a PFC y acumulador	679.2	85.0 cm tubo de cobre de 3/8"	157.870 ± 5X
		Soldadura de cobre	4.840 ± 5X
Hacer tubo porta-bulbo	64.0	20.0 cm tubo de cobre de 1/4"	24.360 ± 1X
Hacer tubo capilar	20.0	215.0 cm tubo de cobre de 3/32"	69.643 ± 5X
Hacer rizo	15.6		
Hacer acumulador	163.4	15.0 cm tubo de cobre de 1"	150.525 ± 1X
Hacer tubo de carga	76.7	22.0 cm tubo de cobre de 1/4"	32.200 ± 3X
Hacer tubo de descarga	110.6	26.5 cm tubo de cobre de 3/8"	38.784 ± 1X
Hacer y soldar tubo deshidratador	32.4	12.0 cm tubo de cobre de 1/4"	14.500 ± 5X
		Soldadura de cobre	2.240 ± 5X
Colocar porta-bulbo en acumulador	62.4	Soldadura de cobre	1.210 ± 5X
Soldar tubo capilar en rizo	72.6	Soldadura de cobre	2.420 ± 5X
TOTALES	2221.4 (37.03 min)		

DEPARTAMENTO : REFRIGERACION

PRODUCTO: ENFRIADOR COMERCIAL

ESTACION DE TRABAJO: COLOCAR ACCESORIOS EN ENFRIADOR

OPERACION	TIEMPO STD. (SEG)	MATERIALES	PESO (GRS.)
Colocar base metálica en cuerpo	279.0	Base metálica	5305.692 ± 1%
		12 pijas 8-18 * 5/8 cabeza hexagonal	21.240 ± 1%
Colocar rejilla protectora	239.3	4 pijas 8-18 * 5/8 cabeza hexagonal	7.080 ± 1%
Perforar para drenaje	11.6		
Perforar para salida de serpentín	12.4		
Colocar drenaje	84.3	1 drenaje de polietileno	31.960 ± 9%
		1 empaque ciego	1.300 ± 9%
		1 empaque de 1/8" * 3/4" * 1"	2.750 ± 9%
Colocar duxil	44.7	duxil	11.500
Colocar perfil "1" en cuerpo	197.7	4 pijas 8-18 * 5/8 cabeza hexagonal	213.500
Colocar placa fría en enfriador	86.6		
Fijar placas laterales	119.4	8 remaches POP as-43	3.239
<b>T O T A L E S</b>	1031.7 (17.18 min)		

DEPARTAMENTO : REFRIGERACION

PRODUCTO: ENFRIADOR COMERCIAL

ESTACION DE TRABAJO: ARMADO DE UNIDAD DE REFRIGERACION

OPERACION	TIEMPO STD. (SEG.)	MATERIALES	PESO (GRS.)
Montar elementos de Unidad de Refrig.	564.5	4 bujes	30.400 ± 3%
		4 amortiguadores de hule	31.600 ± 6%
		Charola para Unidad de refrigeración	1184.133
		Base para motor condensador	308.700 ± 2%
		1 compresor de 1/8 HP Kelvinator	11338.000
		1 condensador dinámico 1/4 Sparvell	4830.000
		5 tornillos de 1/4 " 1/2 cabeza hexagonal	27.000 ± 1%
		4 tornillos de 5/16 " 1 cabeza hexagonal	64.000 ± 1%
		5 roldanas planas de 1/4	9.000 ± 1%
		4 roldanas planas de 5/16	11.200 ± 1%
		5 roldanas de presión de 1/4	5.857 ± 1%
		4 roldanas de presión de 5/16	8.400 ± 1%
Preparar y soldar elementos de Unidad	548.7	Rizo y tubo capilar	286.188
		Tubo de carga	32.200
		Tubo de descarga	38.784
		Fundente	2.166 ± 5%
		Soldadura de plata	3.249 ± 5%
		Soldadura de cobre	3.630 ± 5%

DEPARTAMENTO : REFRIGERACION

PRODUCTO: ENFRIADOR COMERCIAL

ESTACION DE TRABAJO: ARMADO DE UNIDAD DE REFRIGERACION

OPERACION	TIEMPO STD. (SEG)	MATERIALES	PESO (GRS.)
Prueba de hermeticidad	360.0		
Probar motor condensador	88.8		
Hacer conexiones eléctricas	423.0	24.0 cm de cinta de aislar	1.500 ± 2%
		43.5 cm cable duplex No. 14	32.520
		24.0 cm de cinta de aislar	32.520 ± 2%
		4 terminales tipo bandera	2.320
		2 terminales de tope No. 16	1.760
		1 relay	33.850
		1 protector	11.340
		1 seguro para fijar protector	2.040
		1 caja protectora	10.650
		1 seguro para caja protectora	2.950
		1 aspa de 3 aletas de 7 3/4"	106.500
		1 Motor condensador de 1/70 HP con cople	734.300
		4 tuercas de 5/32" para motor condensador	2.720
		2 roldanas de presión	0.200
		1 capacitor de 100-125 uf	87.880
Preparar cable y sistema eléctrico	192.0	2 cables Tw No.14 de 30 cm	18.047
		1 Clema-Weston 6p-12	13.730 ± 2%
<b>T O T A L E S</b>	2177.0 (36.28 min)		







## BIBLIOGRAFIA

### LIBROS

Harmon Roy L., Peterson D. Leroy; Reinventar la Fábrica.; Ciencias de la Dirección; Madrid, España, 1990.

Goddard Walter E.; Just-in Time.; Oliver Wight Limited Publications Inc.; USA, 1986.

Harmon Roy L.; Reinventing the Factory II.; The Free Press; USA, 1992.

APICS Dictionary (Seventh Edition).; American Production and Inventory Control Society; USA, 1992.

World Class Manufacturing Binders.; Andersen Consulting; USA, 1989.

### REVISTAS

Industrial Engineering. Volumen 21, No. 8. Institute of Industrial Engineers, Agosto 1989.

- "JIT theory goes on line at Sundstrand Data Control"

Industrial Engineering, Volumen 21, No. 10. Institute of Industrial Engineers, Octubre 1989.

- "Reduction in Lead Time makes the difference in profitable operations"

Industrial Engineering. Volumen 22, No. 1. Institute of Industrial Engineers, Enero 1990.

- "1990's-Years of promise, years of peril for USA Manufacturers"

- "How to tell if your manufacturing operations are non-competitive"

Industrial Engineering. Volumen 22, No. 3. Institute of Industrial Engineers, Marzo 1990.

- "What's ahead for productivity and quality improvement"

Industrial Engineering. Volumen 22, No. 4. Institute of Industrial Engineers, Abril 1990.

- "Fast cycle manufacturing: How to develop an effective manufacturing plan"

Industrial Engineering. Volumen 22, No. 5. Institute of Industrial Engineers, Mayo 1990.

- "America in search of a competitive advantage in World Class Manufacturing"

- "Assembly line balancing, let's remove the mystery"

Industrial Engineering, Volumen 22, No. 6. Institute of Industrial Engineers, Junio 1990.

- "Redesigning an existing layout presents a major challenge - and produces dramatic results"

Industrial Engineering, Volumen 22, No 10. Institute of Industrial Engineers, Octubre 1990.

- "Northern Telecom tackles successful implementation of Cellular Manufacturing"

30th Annual International Conference Proceedings, U.S.A., American Production and Inventory Control Society, 1987.

- "Small lot production: fundamental to higher quality levels"

- "Seven steps to JIT production"

- "Focused factories: a simple idea with a big payback"

31st Annual International Conference Proceedings, U.S.A., American Production and Inventory Control Society, 1988.

- "Alibis of Inventory"

- "Whip the WIP"

- "The real cost of nonconforming inventory material"

- "Group technology implementation benefits"

- "Let's eliminate cost adders"

- "Implementing JIT: some lessons learned"