

UNIVERSIDAD  
BIBLIOTECA  
R 4 OCT. 2002  
VENCIMIENTO

LMSA  
04-XII-78

UNIVERSIDAD DE MONTERREY  
DIVISIÓN DE PROGRAMAS DE TECNOLOGÍA Y ADMINISTRACIÓN  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA DE MEJORA PARA LA LÍNEA DOS  
DE MOTOREDUCTORES US

040.62  
V 432d  
1998

PROGRAMA DE EVALUACION FINAL  
QUE PRESENTA

ANTONIO G. VELA CEPEDA

903367

EN OPCIÓN AL TITULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS  
SAN PEDRO, GARZA GARCIA, NUEVO LEON  
DICIEMBRE 1998

BIBLIOTECA  
UNIVERSIDAD DE MONTERREY

---

## **DEDICATORIAS**

---

A Dios por haberme brindado la oportunidad de estar vivo y de cumplir una etapa más de mi vida.

A mis padres Ing. Antonio G. Vela Estrada y Profa. María Paula Cepeda de Vela, por su cariño, consejos y paciencia, así como por haberme brindado los recursos necesarios para llegar hasta este momento. Gracias.

A mis hermanas: Lic. Adriana E. Vela de Negrete y Karina A. Vela Cepeda por estar siempre conmigo en todo momento.

A mi abuelita Paula González de Cepeda por haberme cuidado cuando era niño, ayudándome y aconsejándome en todo momento.

A mi novia Nora Gonzalez Castellanos "Norita" porque siempre has estado conmigo en todo momento, compartiendo conmigo paz y tranquilidad, y descubrir tantas cosas hermosas que tiene la vida.

Los quiere Antonio G. Vela Cepeda



---

## **AGRADECIMIENTOS**

---

Al Ing. Luis Alberto Salinas, asesor académico de este proyecto, por su impulso, recomendaciones, consejos y paciencia para la realización de este proyecto.

Al Ing. Manuel Morales de Motoreductores US, por su apoyo, y recomendaciones a lo largo del proyecto.

Al Dr. Bernardo Villarreal Celestino, y al Ing. Fernando González Aleú por compartir sus conocimientos y por sus grandes recomendaciones.

Al Ing. Abel Trinidad por brindarme las facilidades que necesite para poder conseguir este importante objetivo de mi vida.

A mis amigos que me apoyaron a lo largo de esta etapa.

A todos de antemano Gracias

---

## **PROLOGO**

---

No cabe duda que en las operaciones de cualquier planta productiva existen áreas de oportunidad de mejora; este es un hecho real. Sin importar de que empresa se trate, siempre los sistemas de producción serán perfectibles.

El hecho de invertir tiempo en el conocimiento, análisis (o inclusive reconocimiento y re-análisis) y diagnóstico de un sistema productivo, para con esto establecer una estrategia y plan de mejora, seguramente brindará dividendos sobre dicha inversión de tiempo, y eventualmente, sobre la inversión económica que pudiera derivar de los proyectos de mejora emanados.

Sabemos que la mejora continua representa un concepto esencial que deben de aplicar las organizaciones que desean sobrevivir ante el entorno de competencia actual; aún para las organizaciones que están consideradas en su clase (o de Clase Mundial), la mejora continua se vive día con día.

---

Sin embargo, en ocasiones resulta difícil para la industria el desarrollar metodologías de mejora que deriven en proyectos específicos. Lo anterior puede suceder por diversas razones como la falta del recurso humano, o simplemente la absorción de tiempo que implica el trabajo diario.

El presente trabajo de tesis, surge precisamente con el afán de apoyar el esfuerzo de mejora de Motoresreductores US; la inversión de recursos necesaria para la implementación de la metodología de mejora propuesta, bien vale la pena debido al beneficio potencial que ésta acarrearía.

Ing. Luis Alberto Salinas Peña  
San Pedro Garza García a 2 de Diciembre de 1998

---

## INDICE

ABSTRACT

INTRODUCCION	1
Capítulo 1 Datos Generales de Motoreductores US	3
1.1 Antecedentes y descripción de la empresa	4
1.2 Organización de Motoreductores US	6
1.3 Filosofías de Motoreductores US	7
Capítulo 2 Descripción del Proyecto	9
2.1 Título del proyecto	10
2.2 Descripción de la necesidad	10
2.3 Importancia del proyecto para la empresa	11
2.4 Objetivo general del proyecto	11
Capítulo 3 Metodología de Análisis	12
3.1 Conocimiento general del sistema	14
3.2 Análisis detallado del sistema	14
3.3 Diagnóstico de la situación actual	14
3.4 Validación de la información	14
3.5 Investigación bibliográfica	14
Capítulo 4 Análisis del sistema	16
4.1 Descripción del proceso	17
4.2 Información detallada del sistema	26
4.3 Diagnóstico de la situación actual	28
Capítulo 5 Marco Teórico Conceptual	29
5.1 Base para una manufactura de flujo	30
5.2 Tecnología de grupo y células de maquinaria	31
5.3 Personal de gente flexible	32

---

5.4 Empleo de equipo	32
5.5 Mantenimiento de las maquinarias	32
5.6 Valor agregado y no-agregado	33
5.7 Terminología	33
5.8 Nuevos métodos para el control de la calidad	34
5.9 Clasificación de los inventarios por su condición durante su procesamiento	35
5.10 Costos del inventario	36
Capítulo 6 Metodología de mejora	39
6.1 Definición de un equipo y su líder	42
6.2 Mapeo general del sistema	44
6.3 Estudio de las condiciones actuales del sistema	45
6.4 Concepto de flujo continuo	47
Capítulo 7 Aplicación de Metodología de mejora	49
7.1 Análisis de actividades en celda de carcazas	50
7.2 Concepto de flujo continuo	53
CONCLUSIONES	55
BIBLIOGRAFIA	58

---

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Organización de Motoreducers US	6
Figura 2 Metodología de análisis	14
Figura 3 Mapeo de línea 2	18
Figura 4 Diagrama de flujo celda de carcazas	19
Figura 5 Diagrama de flujo celda de flecha de salida (sólida)	20
Figura 6 Diagrama de flujo celda de flecha de salida (hueca)	21
Figura 7 Diagrama de flujo celda de corona	22
Figura 8 Diagrama de flujo celda bracket adaptor	23
Figura 9 Diagrama de flujo celda de brackets	24
Figura 10 Diagrama de flujo celda flecha de gusano	26
Figura 11 Metodología de mejora	41
Figura 12 Diagrama de condiciones actuales de carcazas	52
Figura 13 Bosquejo del nuevo layout	54

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Programación de producción	27
Tabla 2 Diagrama de análisis de procesos	51



---

## **ABSTRACT**

---

El presente proyecto se desarrolla en Motoreducers US y surge de la preocupación de la gerencia, por considerar excesivo el inventario de componentes terminados de las celdas de trabajo de la línea 2.

Se utilizó una metodología de análisis que sirvió para recolectar información de la cual se carecía, para posteriormente crear la metodología de mejora para la línea 2 de Motoreducers US y aplicarla en una celda de manufactura.

Cabe mencionar que los resultados obtenidos con la metodología cumplen en su totalidad a los objetivos y alcances que fueron establecidos al inicio de este proyecto.

---

## **INTRODUCCION**

---

En el mundo de la industria, las organizaciones se les presenta día con día distintos acontecimientos, que ponen en peligro su supervivencia en el mercado, es por eso que esos acontecimientos, deben de tomarse como áreas de oportunidad y emprender acciones sobre ellas, pudiéndose auxiliar de recursos humanos, herramientas, o de tecnología, todo esto con la única finalidad de ir teniendo una organización mas competitiva.

Para atacar esas áreas de oportunidad, es necesario la aplicación de diversas técnicas, que en este caso fueron de ingeniería industrial, las cuales sirvieron como base para la solución de la problemática.

En el siguiente trabajo se propone una metodología de mejora para una línea de producción de Motores US, teniendo como área de oportunidad, el reducir los inventarios de componentes terminados, de las distintas celdas que componen a la línea.

---

## **CAPITULO 1**

---

## **1.- DATOS GENERALES DE MOTOREDUCTORES US**

El presente capítulo tiene como finalidad, brindarle al lector una explicación general de Motoreductores US, su nacimiento, su filosofía y como ha ido evolucionando, esto con el propósito de dar una visión clara de la organización en donde se desarrolla el proyecto.

### **1.1 Antecedentes y Descripción de la Empresa**

Motoreductores US es una empresa que se dedica a la producción de reductores eléctricos de distintos tipos y pertenece al Grupo Emerson Electric. Esta empresa se encuentra localizada en el municipio de Apodaca N.L. en el parque industrial Monterrey e inició sus labores el 27 de marzo de 1997.

Actualmente Motoreductores US es una planta en desarrollo, y cuenta con 3 líneas de producción, las cuales se encuentran conformadas por distintos tipos de máquinas entre las que destacan: centros de maquinado, fresadoras, tornos de control numérico, hornos de tratamiento

---

térmico, prensas, rectificadoras, generadoras de engranes, cortadoras, soldadoras, lavadoras, cuñeros, entre otras.

Para conocer un poco más de la historia de Motores US se presenta la siguiente cronología:

En el año de 1908 la planta de Motores US ubicada en los Angeles California inició sus operaciones construyendo motores eléctricos con un total de 17 empleados. Desde que la compañía inició sus operaciones se ha preocupado por introducir motores innovadores que satisfagan y superen las necesidades del mercado, con el objetivo de ser una empresa líder en el ramo, ganándose así la confianza de sus clientes.

Algunos de los logros mas importantes de Motores US son los siguientes:

- 1921: Realiza su primera exportación. Fecha que marcó el inicio de una etapa la cual convertiría a la compañía en una abastecedora mundial.
- 1924: Motores US introduce el principio de ignición de cruce de línea para motores de inducción.
- 1931: Empezó con la producción de motores Syncro Gear, para baja velocidad y aplicaciones de alto torque.
- 1932: Logró la innovación en la forma del motor Varidrive, que combinaba un motor de velocidad constante con una transmisión de velocidad variable.
- 1952: Introdujo el motor The Right Angle y el Holloshaft.
- 1962: Motores US se convierte en la división US Electrical Motor de Emerson Electric Co.
- 1969: Inició y desarrolló el sistema Custom Wheel drive para los sistemas de irrigación de pivote central.
- 1970: Motores US introduce el motor de aluminio de expulsión.
- 1977: Se introduce el World Motor a fin de hacerle frente a una gran variedad de aplicaciones internacionales y normas nacionales de eficiencia.

- 1986: Se introduce el Off the Shelf.
- 1991: Motores US introduce el Helical Gear, Gear Motors y los motores de serie 2000.

## 1.2 Organización de Motoreductores.

Motoreductores US se compone de un director general, el cual tiene a su cargo a los gerentes de mantenimiento, proyectos de manufactura, calidad, logística y control de producción, recursos humanos y finanzas quienes a su vez tienen a su mando a los supervisores de mantenimiento, ingenieros de proyectos, ingenieros de calidad y supervisores de producción (ver figura 1)

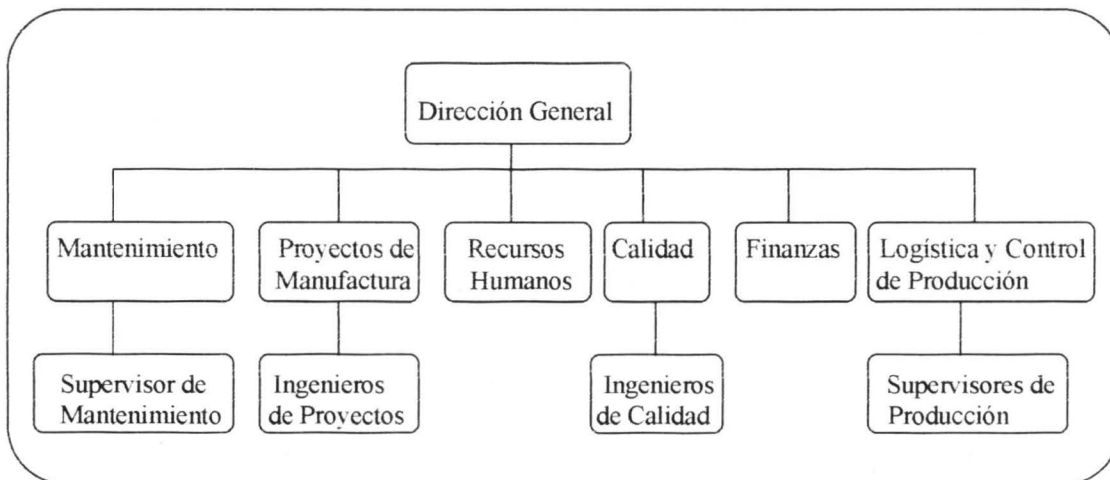


Figura 1. Organización de Motoreductores US

El personal de estos departamentos así como toda la compañía tienen la siguiente misión:

*“Proveer al mercado de motores industriales con productos que cumplan ó excedan las expectativas del cliente en calidad, funcionamiento y confiabilidad, producidos al más bajo costo posible y entregados de acuerdo a la programación del cliente”.*



---

### 1.3 Las filosofías de Motoreducers US

En Motoreducers se tienen establecidas ciertas filosofías que tienen como objetivo lograr el éxito de la compañía.

Las filosofías son:

- Uso de tecnología para tener un liderazgo en la innovación y diseño de productos
- Un sistema de calidad que permita lograr un mejoramiento continuo, de los estándares, para obtener una completa satisfacción del cliente.
- Expansión global como un incremento de la presencia del mercado, para que aumente la rentabilidad de la empresa y así poder brindar servicio en cualquier parte del mundo.
- Producir a un mejor costo, que permita aumentar la habilidad de la compañía y así obtener mejores resultados financieros.
- La ingeniería y manufactura de los productos de máxima calidad que satisfaga o exceda las expectativas del consumidor.
- La Participación de la gente que labora en la organización es un factor clave para el éxito, ya que las aportaciones de la gente ya sean individuales o grupales marcan la diferencia.

### 1.4 Productos de Motoreducers US

Los productos fabricados son reducers eléctricos, los cuales tiene la función de transformar la energía eléctrica generada por un motor en fuerza de torque.

Estos productos se utilizan en elevadores, bandas transportadoras, grúas y mezcladoras en donde se requiere de un movimiento lento pero con suficiente fuerza.

Los productos de la compañía se pueden clasificar en **Syncrogear, Torqube**.

---

**El Torque** es un reductor que esta disponible en 3 diferentes modalidades con distancias de centro de 1.75", 2.62" y 3.75" con un rango de cobertura de 1/4 a 5 caballos de fuerza. Este reductor esta formado por una carcaza de aluminio e integrado con una flecha de gusano de acero, un diagrama de expansión que incrementa el volumen interno según la presión que se genera para eliminar la necesidad de un respirador y una rueda de engranaje para durabilidad y fuerza.

El reductor y motoreductor **Syncrogear** proporciona unidades para el uso de manejo de materiales y aplicaciones en sistemas de irrigación. Este producto está disponible en 3 diferentes modalidades las cuales son 1GW, 6GW y los 20GW con un rango de cobertura de 1/6 a 5 caballos de fuerza. Este producto esta formado por una carcaza de aluminio, una chumacera de rodillos alrededor de la flecha de salida la cual provee una alta capacidad de suspensión de carga.

---

## **CAPITULO 2**

---

## **2.-DESCRIPCION DEL PROYECTO**

Una vez que ya se mostraron algunos datos relevantes de la organización, es conveniente, mostrar lo que se busca en el proyecto, por lo cual este capítulo tiene como finalidad brindarle al lector esa información clave para un mejor entendimiento del proyecto.

### **2.1 Título del Proyecto**

“Diseño de una metodología de mejora para la línea 2 de Motoreducers US”.

### **2.2 Descripción de la Necesidad.**

Motoreductores US es una empresa nueva en México y se encuentra en crecimiento es por eso que se preocupa por la optimización de sus recursos ya sean humanos, físicos pero sobre todo financieros, por tal motivo ha detectado y vé con gran interés un área de oportunidad en la línea 2, la cual es la que tiene mayor peso económico y mayor diversidad de modelos.

---

La necesidad que presenta esta línea de producción es de que no existe una metodología formal de trabajo que ayude a una mejor toma de decisiones y reduzca el inventario de componentes terminados en las celdas de manufactura, ocasionando que se ocupen espacios innecesarios en las áreas de trabajo, traslados innecesarios de material, provocando que no se estén empleando de manera adecuada los recursos de la compañía.

Los beneficios que puede generar una metodología de trabajo es que existirían mejores condiciones de trabajo, mejor aprovechamiento de la mano de obra y maquinaria y por consecuencia se incrementa la rentabilidad del negocio.

### **2.3 Importancia del Proyecto para la Empresa.**

Es de suma importancia para la empresa ya que la línea 2 en la cual se realizó el proyecto representa el 40% de la producción total de Motoreductores US (un total de 400 reductores diarios), y es la que cuenta con mayor diversidad de modelos con un total de 1000.

### **2.4 Objetivo General del Proyecto.**

“Diseño de una metodología de mejora para la línea 2 de Motoreductores US, de tal manera que permita mantener inventario de componentes terminados equivalentes a un día de ensamble”.

---

## **CAPITULO 3**

---

### **3.- METODOLOGIA DE ANALISIS**

Cuando tenemos como meta, el poder conocer como interactua el sistema en el cual se pretende realizar propuestas de mejora, es necesario definir el camino que nos va a guiar, es por eso que debe de establecerse una metodología que indique las actividades a realizar para poder alcanzar el objetivo, que en este caso es la obtención de información relevante.

La metodología que se presenta a continuación es la metodología de análisis y servirá a lo largo de esta etapa del proyecto, y que arrojará información vital para la creación de la metodoloría de mejora para la línea 2 de Motoresreductores US.

Dicha metodología se puede apreciar en la figura 2.

## METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

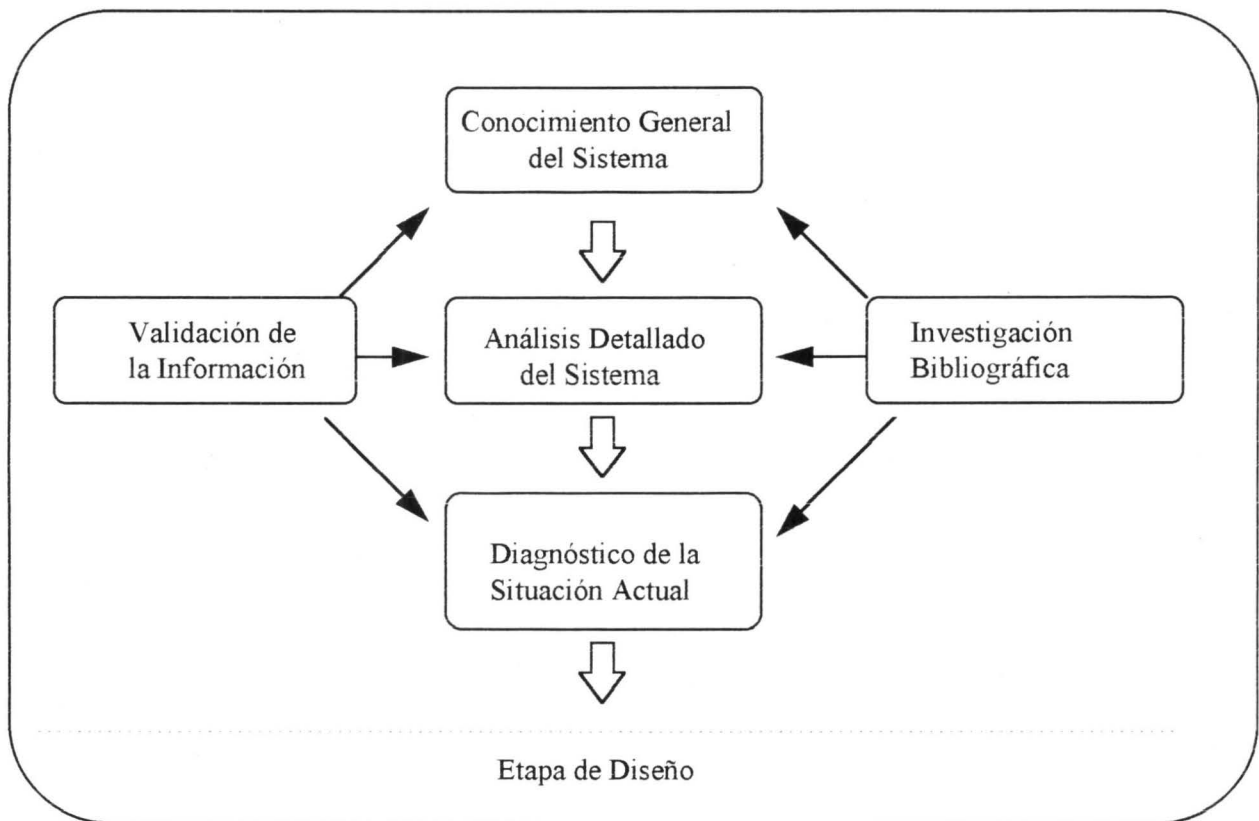


Figura 2: Metodología de Análisis

### 3.1 Conocimiento General del Sistema:

En esta etapa se tiene como objetivo principal familiarizarse y tener una visión general del sistema que se va a estudiar, conociendo los orígenes de la empresa, su proceso de manufactura, sus indicadores, su distribución y los responsables de cada área.

### 3.2 Análisis detallado del Sistema:

Una vez que se han obtenidos las bases necesarias del proceso productivo así como la información que gira alrededor de éste, el siguiente paso es el de la recopilación de información relevante, así como la detección de limitantes internas y externas. Aquí es donde se realizará un



---

acercamiento al área de interés obteniendo información más detallada como lo son la programación de la producción, los tiempos de proceso de las máquinas en las celdas de trabajo, tiempos de preparación, estudiando o definiendo (en caso de que sea necesario) indicadores que se lleven en el sistema, sentando las bases para la clarificación de la problemática que se vive actualmente en el sistema.

### **3.3 Diagnóstico de la Situación Actual:**

Una vez que ya se conoce de manera específica el sistema, y se ha recolectado la información necesaria para emitir un juicio, aquí es donde se evidencia la problemática, la cual dará la pauta para la creación de la metodología de mejora.

### **3.4 Validación de la Información:**

Este punto es continuo en la metodología y tiene la finalidad de que toda la información que se recolecte sea veraz, ya que la información que se tenga es vital para la toma de decisiones.

### **3.5 Investigación Bibliográfica:**

Al igual que la validación de la información este punto también es continuo y tiene como objetivo el estudio de información que pudiera ser relevante para el proyecto.

---

## **CAPITULO 4**

---

## **4.- ANALISIS DEL SISTEMA**

### **4.1 Descripción del Proceso.**

La línea 2 de Motoreducers US se divide en 7 áreas de trabajo las cuales son independientes una de otra y realizan los componentes principales de los que esta compuesto un motoreductor:

- 1.- Area de carcazas (GC).
- 2.- Area de flecha de salida (OPS).
- 3.- Area de corona (WW).
- 4.- Area de bracket adaptor (BA).
- 5.- Area de brackets (B).
- 6.- Area de flecha de gusano (WS).
- 7.- Area de ensamble final.

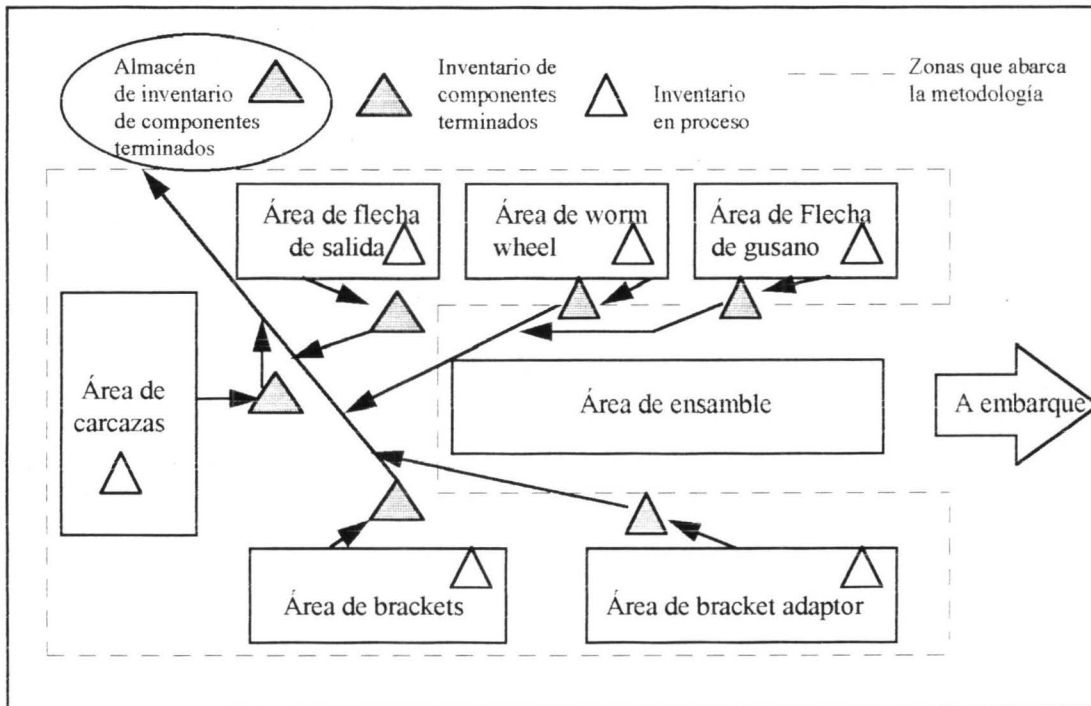


Fig. 3 Mapeo del sistema línea 2

#### 4.1.1.- Area de carcazas (GC).

- 1.- Se recibe fundición y pasa la primer fresadora para maquinarse el ancho de de la carcaza.
- 2.- Una vez maquinado el largo se pasa a una segunda fresadora para maquinarse el largo de la carcaza.
- 3.- El proceso continúa pasando la pieza a una tercera fresadora donde se maquina la cara superior de la carcaza.
- 4.- Se pasa a una tercer fresadora donde se realizan los diámetros internos de la carcaza.
- 5.- El proceso sigue colocando la pieza en un taladro que realiza los orificios del nivel de aceite los cuales también son machueleados.

6.- Después pasa a los taladros múltiples en donde se realizan agujeros en las esquinas de la cara superior de la carcaza, y a su vez son machueleados.

7- Una vez que las piezas son taladradas las carcazas son trasladadas a las lavadoras industriales donde se les quita el aceite obtenido a lo largo del proceso.

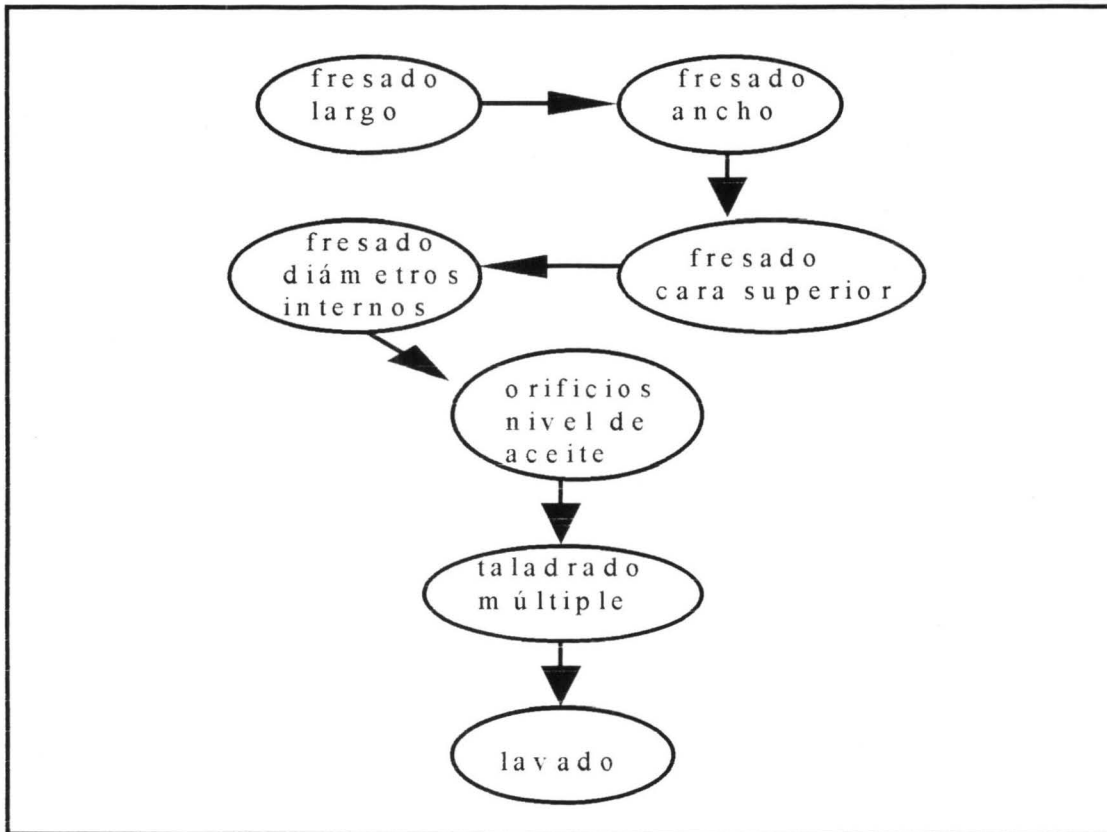


Figura # 4 Diagrama de flujo de área de carcazas

#### 4.1.2.- Área de flecha de salida (OPS).

Para este componente del motoreductor se siguen dos procesos distintos dependiendo si la flecha es sólida o hueca.

#### 4.1.2.1.- Flecha sólida:

- 1.- Se maquina la barra de acero en un torno de control numérico (Okuma) donde se le dan los distintos diámetros exteriores según lo pida el modelo.
- 2.- Se rectifica la parte del sello de la flecha que es donde se apoya la flecha con el cuerpo del reductor.
- 3.- La flecha pasa a una fresadora donde se realiza el cuñero central.
- 4.- La flecha pasa a una segunda fresadora donde se realiza un cuñero lateral.
- 5.- En caso de que el cliente lo requiera, la flecha pasa a un taladro para hacerle un orificio.

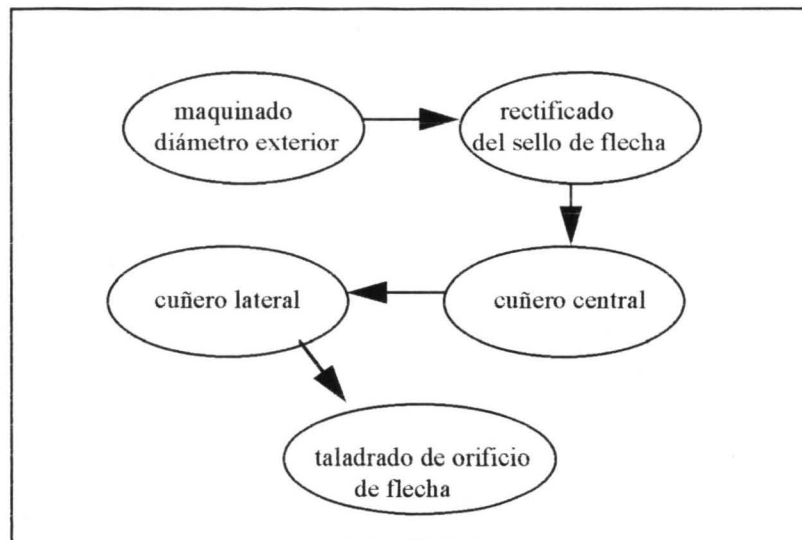


Figura # 5 Flujo de área de flecha de salida (sólida)

---

#### 4.1.2.2.- Flecha hueca:

- 1.- Una vez que se recibe el acero del proveedor con caras, y con el diámetro interior terminado, se pasa a una brochadora donde se realiza el cuñero interior.
- 2.- Posteriormente la flecha se pasa a los taladros donde se hace un agujero a la pieza y se machuelea.
- 3.- El proceso continúa pasando la flecha a un torno, donde se le dá el diámetro exterior.
- 4.- Se coloca la flecha en una fresadora que realiza un cuñero exterior central.
- 5.- Por último se rectifica la flecha en la parte donde va soportada con el reductor.

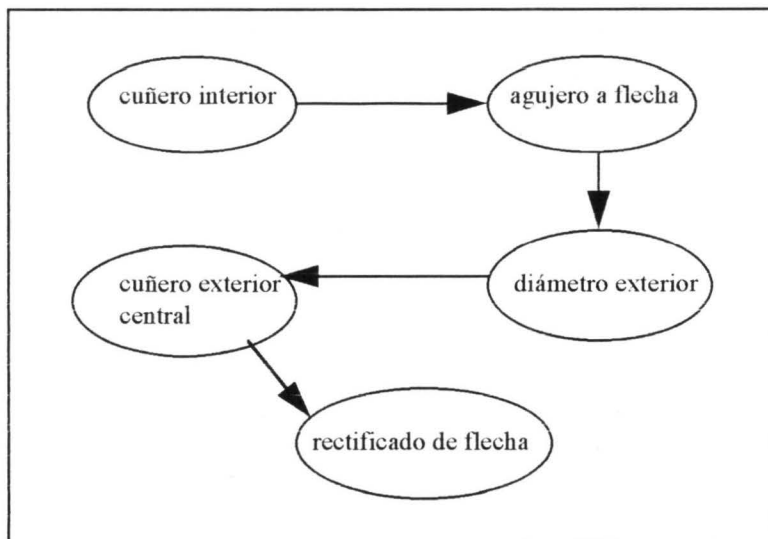


Figura # 6 Flujo de flecha de salida (hueca)

#### 4.1.3.- Area de corona (WW).

1.- Una vez recibida la forja del almacén se procede a colocar la corona en un torno (Okuma) donde se desvasta el diámetro interior dándole la medida requerida.

2.- Una vez concluido el desvaste interior la corona es pasada a un segundo torno el cual tiene como objetivo darle el acabado al diámetro exterior de la corona.

3.- Posteriormente la pieza se coloca en una máquina selladora donde se le plasma el número de parte a la pieza.

4.- Una vez concluido el paso anterior la corona es colocada en la máquina generadora de engranes, la cual le da la profundidad y el tipo de diente que requiere el modelo.

5.- Se procede a lavar la corona en la lavadora para quitarle el aceite que contrajo a lo largo del proceso.

6.- Por último la corona pasa a la brochadora donde se le genera un cuñero que tiene la función de unir la flecha de salida con la corona.

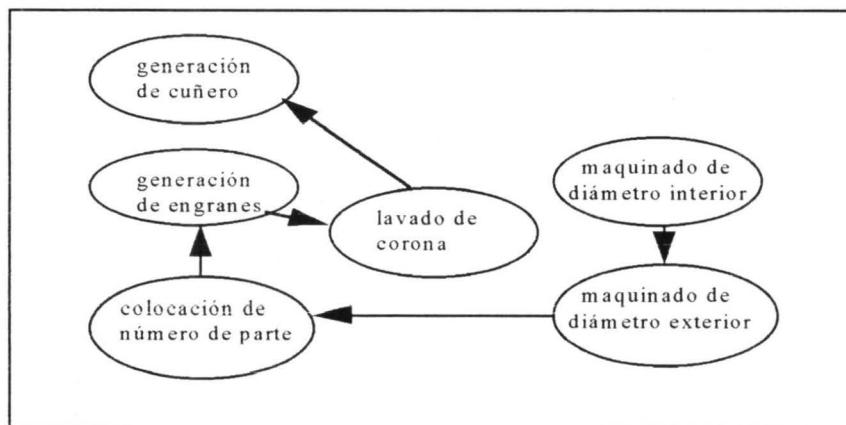


Figura # 7 Flujo de área de corona



---

#### 4.1.4.- Area de bracket adaptor (BA).

1.- Se coloca el bracket en torno, maquinando dos diámetros internos por donde pasa la flecha de gusano, la cual amarra el motor con el reductor.

2.- El siguiente paso en el proceso es el de maquinar el diámetro exterior del bracket el cual va ensamblado al reductor.

3.- Finalmente el bracket es pasado a un taladro donde se realizan 10 agujeros a la pieza de los cuales 2 van machueleados.

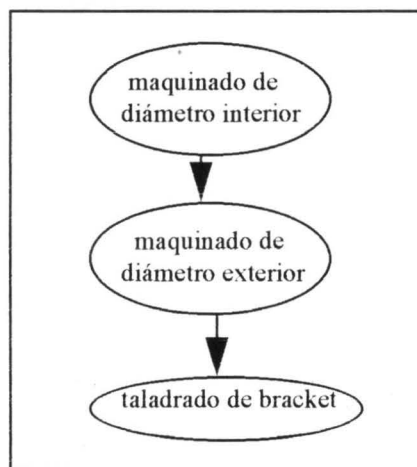


Figura # 8 Flujo de área de bracket adaptor

#### 4.1.5.- Area de brackets (B).

Para este componente se divide en dos partes bracket del lado izquierdo, el cual se le desvasta el diámetro interior y bracket del lado derecho el cual va sellado el diámetro interior.

---

#### 4.1.5.1.-Bracket derecho.

1.- Se introduce la pieza en un torno el cual maquina los diámetros interiores y exteriores, para que posteriormente entre en funcionamiento una broca la cual desvastará el diámetro interior por donde sale la flecha de salida.

2.- Posteriormente se coloca la pieza en los taladros donde se le hacen unos orificios a la pieza y se machuelean (en caso de que así se requiera), quedando la pieza lista para ensamble.

#### 4.1.5.2.- Bracket izquierdo

Para el bracket del lado izquierdo es el mismo procedimiento que el del bracket derecho con la diferencia de que no entra en funcionamiento la broca del torno para desvastar el diámetro interior.

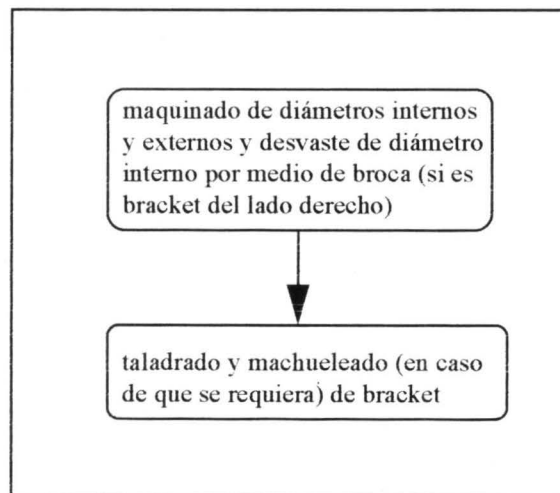


Fig. # 9 Flujo de área de brackets

---

#### **4.1.6.- Area de flecha de gusano (WS).**

1.- Como primer paso en el área WS se coloca la barra de acero en la alimentadora del torno Moriseki el cual desvasta el diámetro interior, para luego maquinar el diámetro exterior.

2.- Como segunda operación la pieza es pasada a que se le haga un segundo centro el cual tiene como objetivo poder sujetar la pieza cuando se rectifique la flecha.

3.- Posteriormente la flecha es pasada a una cortadora Guldrum, en la cual se realiza una ranura interior a la flecha la cual tiene como función el desahogo del cuñero.

4.- El proceso continúa en la máquina que le coloca a la pieza el número de parte correspondiente.

5.- La flecha es pasada a la máquina Fellows donde se le realiza un cuñero interior.

6.- La flecha es colocada en la lavadora para quitarle la grasa que adquirió durante el proceso.

7.- Una vez lavada la pieza se procede a pasarla a la roladora donde se maquina el exterior de la pieza.

8.- Por último la pieza es embarcada para llevarla a tratamiento térmico fuera de la planta.

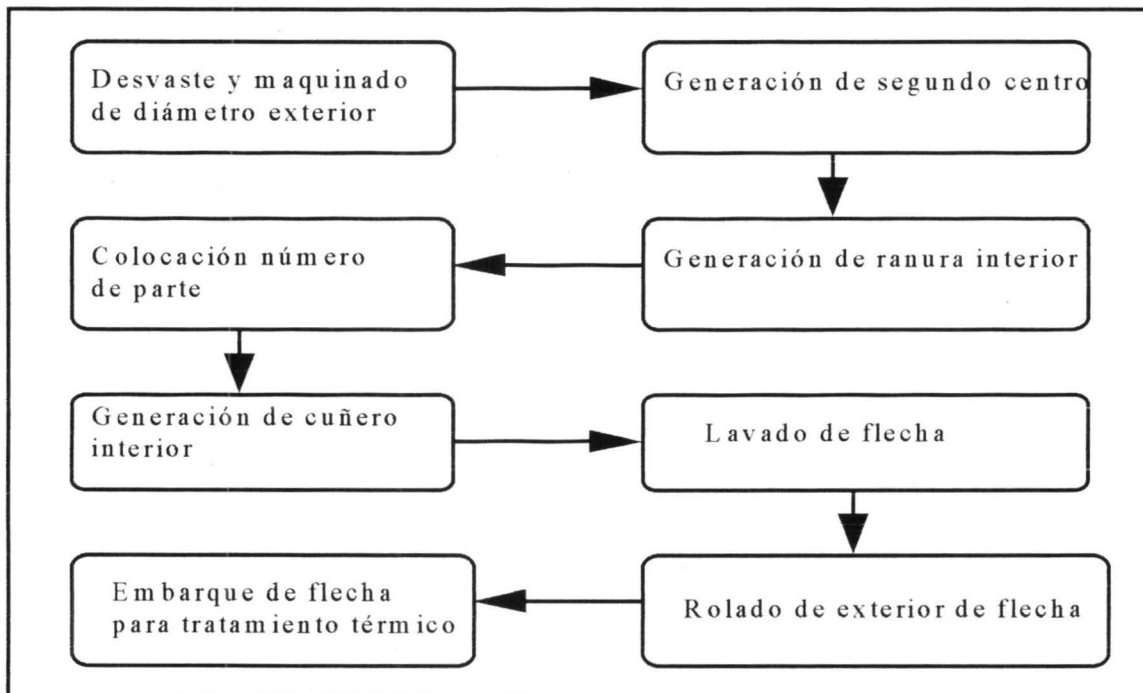


Fig # 10 Flujo de área de flecha de gusano

#### 4.1.7.- Area de ensamble final.

Una vez realizado todos los componentes que conforman al motoreductor se procede a llevarlos al área de ensamble final, donde se van uniendo, se les hace prueba de fuga, inyectándoles aire y agua, se les coloca lubricante y aceites, se pinta y se le coloca su placa de identificación, para finalmente ser embarcados y enviados al cliente.

#### 4.2 Información detallada del sistema

El objetivo de este punto es recopilar información técnica que nos ayude a una mejor conceptualización del sistema bajo estudio, cabe mencionar que en algunos casos se topó, con el problema de falta de información de este tipo, por lo que surgió la necesidad de medirla.

#### 4.2.1- Programación de Producción.

Como se había mencionado anteriormente la línea 2 de Motores US cuenta con una gran diversidad de modelos, por lo que están agrupados en 10 grandes familias, de las cuales se desprenden los distintos tipos de reductores que se fabrican.

En San Louis E.U.A. se recibe el pedido y se envía la orden con los requerimientos del cliente a la planta de Monterrey con un mes de anticipación. Ya que la demanda de los clientes es constante, Motores US ha negociado con los clientes, ciertas fechas de producción y entrega de los distintos modelos, es por eso que se tiene diseñado para la planta de Monterrey un programa de producción ya determinado, en el cual se van a producir ciertas familias en días específicos, esto con el objetivo de disminuir los tiempos de preparación. Este programa no está sujeto a cambio a menos de que exista alguna cancelación por parte del cliente.

En la siguiente tabla se muestra de manera desglosada los días en que se ensamblan las distintas familias en el mes, pudiéndose apreciar que existen 12 combinaciones distintas en la programación de ensamble.

<b>Motores US PROGRAMACION DE PRODUCCION</b>											
<b>Sem 1</b>						<b>Sem 2</b>					
<b>Día</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>Día</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>
<b>Fam.</b>	F100	F133	F133	F133	F133	<b>Fam.</b>	F133	F133	F133	F175	F175
<b>Fam.</b>	F133	F175	F175	F175	F175	<b>Fam.</b>	F175	F175	F175	F154	F154
<b>Fam.</b>	F175					<b>Fam.</b>					
<b>Sem 3</b>						<b>Sem 4</b>					
<b>Día</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>Día</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>
<b>Fam.</b>	F175	F206	F206	F206	F206	<b>Fam.</b>	F206	F206	F325	F262	F262
<b>Fam.</b>	F206	F300	F300	F325	F262	<b>Fam.</b>	F325	F325	F237	F325	F325
<b>Fam.</b>			F325		F325	<b>Fam.</b>		F237		F237	

Tabla 1 Programación de Producción

---

#### **4.2.2- Toma de tiempos en las Celdas de Manufactura**

Debido a que es vital el conocer el proceso más a fondo, se pidió al gerente de la línea los tiempos en proceso de las distintas células, encontrándose con la problemática de que no se tenían registros de éstas (como se había mencionado anteriormente), por lo tanto se decidió a tomar los tiempos en proceso para cada máquina, de cada celda de manufactura.

Debido a la gran diversidad de modelos, siendo imposible la toma de tiempos para cada número de parte de que se compone una familia, se tomaron durante un mes de trabajo de las celdas de manufactura, muestras de distintos números de parte de cada familia, obteniendo un promedio de éstos. Para esta labor se diseñó un formato el cual fue colocado en cada máquina de las distintas celdas, el cual fue llenado por el operador responsable de la máquina, siendo auditado por el supervisor de la línea. En la sección de Anexos se puede apreciar el formato y utilizado para la recolección de tiempos en proceso en las distintas máquinas de las celdas de manufactura, así como los resultados que se arrojaron.

#### **4.3.- Diagnóstico de la situación actual.**

Además de aplicar los diferentes pasos de la metodología de análisis que nos dan información valiosa para realizar un diagnóstico, se realizaron entrevistas y se elaboró un diagrama causa-efecto (Anexo) con las diferentes personas responsables del sistema (supervisores y operadores), dando como resultado el siguiente diagnóstico.

**“ Con el método de trabajo actual no es posible cumplir con el objetivo de producir un día de inventario de componentes terminados”**

---

## **CAPITULO 5**

---

## **5.- MARCO TEORICO CONCEPTUAL**

Ya que es indispensable la inclusión de principios y conceptos, el objetivo de este capítulo es dar al lector una visión general de algunos de esos fundamentos teóricos relevantes relacionados con los temas a tratar, para que ayuden a una mejor comprensión del proyecto.

### **5.1 Base para una manufactura de flujo**

La tecnología de demanda de flujo es increíblemente poderosa. Enfoca un proceso de flujo mucho mas agresivo que busca eliminar o minimizar el trabajo de valor no-agregado en el proceso de producción mientras que pone énfasis en calidad a nivel de la maquinaria o del empleado de producción. Su objetivo principal es crear un producto de alta calidad en un tiempo de producción más corto y con menos costo posible. El proceso de flujo se convierte en una secuencia de tareas; el producto es visto como “una pila de partes”.



---

Una instalación típica de manufactura de flujo puede tener líneas de producción con líneas de alimentación a ella. No existen submontajes discernibles en el proceso de flujo de producción. Como un ejemplo, el proceso no resulta en que todas las maquinarias del mismo tipo, se encuentren en un solo sitio. En manufactura de flujo, las células de maquinaria consisten de varias maquinarias que estarían acomodadas de tal manera que habría suficiente de cada una para poder mantener un flujo de alimentación continuo y eficiente dirigido hacia la línea de consumo de producción. La célula de maquinaria es un grupo de maquinarias disímiles empleadas para producir una familia de productos similares, y está basada en producción de alta calidad en la cual los productos son producidos basados en una cuota diaria, además de que no existen colas, no existe espera y no existe programación en proceso.

## **5.2 Tecnología de grupo y células de maquinaria**

La tecnología de grupo es una técnica en la cual se agrupan maquinarias disímiles en células simples para producir familias de productos de tipo similar. Los productos producidos dentro de estas células usarán la variedad de maquinarias u operaciones dentro de la célula. La tecnología de grupo es la organización de gente y de maquinarias en células para producir cantidades mas pequeñas de partes con preparaciones reducidas, colas reducidas o eliminadas, y tiempo de rendimiento reducido. También da la oportunidad para usar operadores flexibles para maquinarias múltiples, lo cual permite que un operador haga el trabajo de preparación en una maquinaria mientras que otra maquinaria esta funcionando.

En la manufactura tradicional, las maquinarias se agrupan en centros de trabajo de maquinarias según su función. A cada maquinaria individual similar dentro del centro de trabajo funcional se le llama una estación de trabajo.

En la manufactura de flujo, se arman células de maquinaria que consisten de maquinarias disímiles que producen una familia de productos que requieren la combinación de varias

---

funciones de maquinaria. Al armar la célula de maquinaria, se acostumbra acomodar las maquinarias en forma de “U” ó “O” estas forma permite que se opere un número máximo de maquinarias en un área relativamente pequeña, y permite que el operador se mueva con facilidad de maquinaria en maquinaria, utilizando un tiempo mínimo para moverse dentro de la celda.

### **5.3 Personal de gente flexible**

Los empleados multifuncionales que trabajan dentro de la célula de manufactura deben tener la capacidad mínima de moverse un paso hacia arriba y uno hacia abajo por las distintas maquinarias dentro de la célula de maquinaria. Una célula de maquinaria puede consistir de una o de varias personas, los cuáles deben de mover los productos a lo largo de la célula con facilidad, por lo que resulta fundamental el balance y diseño de la línea.

### **5.4 Empleo de Equipo**

Se debe calcular el tiempo de ciclo dentro de la célula para asegurar un empleo eficiente de la maquinaria. En la manufactura de flujo, el empleo no impulsa al proceso, pero si es algo que considera la administración. El tiempo verdadero de contenido de trabajo de operación dividido por el tiempo de ciclo de operación objetivo de la célula dará como resultado el empleo de las maquinarias de operación. Si una de las maquinarias de la célula no está siendo empleada a su máxima capacidad, una opción sería hacer que esa maquinaria alimente a otras células para incrementar el empleo de la maquinaria, o emplear el recurso de mano de obra para dar soporte a otras máquinas.

### **5.5 Mantenimiento de las maquinarias**

El mantenimiento preventivo total es una parte muy importante de la manufactura de flujo. Es sumamente importante que se les haga el mantenimiento a las maquinarias que se usan

---

en el proceso para que sigan disponibles a ser usadas durante la producción, por lo que sería recomendable un checklist de mantenimiento, aplicado antes de comenzar el turno.

## **5.6 Valor agregado y No-agregado**

Cada actividad dentro del proceso se puede clasificar como un paso de valor agregado y valor no-agregado. Los pasos de valor agregado en el proceso de producción son aquellos que aumentan el valor de un producto o servicio para el cliente o consumidor. Los pasos de valor agregado solamente pueden ser determinados al ponerse como los “ojos del cliente”. Es esencial identificar los pasos de valor agregado comparado con los pasos que no dan valor, para realizar los esfuerzos necesarios para aumentar el porcentaje de pasos de valor agregado y, cuando sea posible, eliminar los pasos que no aumentan valor.

Un ejemplo claro de un paso que NO genera valor agregado, es el tiempo de movimiento el cual se emplea en mover productos o material a través del proceso, desde el punto en donde fueron producidos o introducidos hasta el punto en donde serán consumidos. Un tiempo apreciable de movimiento usualmente indica una deficiente planificación de línea.

## **5.7 Terminología**

### Manufactura.

Es la transformación de materia prima en producto terminado, los cuales deben de ser producidos en la cantidad y calidad requerida así como a un precio competitivo.

### Célula de Maquinaria.

Un grupo de máquinas en una sola célula organizada de tal manera que pueda producir una familia de productos similares.

---

### Kanban en proceso.

Es un espacio físico en la línea y es la que me dice cuándo trabajar o cuándo parar. Pone un límite en la cantidad de piezas en la línea. Si hay algo en ese espacio físico hay que detenerse (rojo) si no hay se continúa (verde).

### Tiempo de preparación.

Pasos/ trabajo necesario antes de poder darle valor a un producto. Puede ser desde desenvolver repuestos hasta hacer ajustes a una maquinaria grande.

### TAKT.

Las líneas de flujo continuo se diseñan basándose en la máxima capacidad productiva. Donde el takt tiene que estar basado en las metas de producción.

Es el ritmo del proceso

Takt:  $TD / \text{Cantidad requerida}$

Donde:

TD es el tiempo disponible laborable del período.

Cantidad de Mano de Obra:

La cantidad de operadores o estaciones, estimados en la línea está basado en el tiempo de proceso de cada unidad o pieza. Es decir el tiempo total de ciclo.

Cantidad de mano de obra:  $\text{Tiempo de proceso} / \text{Takt}$

## **5.8 Nuevos Métodos para el Control de la Calidad**

En los sistemas de producción de flujo “uno a uno” los lotes son reducidos a una sola pieza procesada, es decir, el concepto de producción por lotes, ha desaparecido completamente. Por lo que no se puede seguir pensando, en el control de calidad como un sistema aleatorio de verificación de muestras o control estadístico de la calidad, basado en métodos por lotes.

---

El método apropiado para el control de la calidad para sistemas de flujo “uno a uno”, sigue las siguientes características.

1.- Una inspección total se lleva a cabo en la línea de producción. Los productos son transportados, procesados e inspeccionados en el mismo momento. Esto trae como resultado, el embarque de cero piezas defectuosas.

2.- Cuando algún defecto es encontrado, la línea completa es detenida hasta que las causas son encontradas y eliminadas.

3.- Aditamentos anti-equivocaciones son desarrollados en las líneas de producción.

4.- El departamento de inspección no es independiente del departamento de producción.

#### **5.9.- Clasificación de los inventarios por su condición durante su procesamiento:**

1.- Materias primas.

Aceros, químicos, telas, arenas, o cualquier otro material (según sea el proceso) utilizado para elaborar los componentes del artículo final.

2.- Componentes.

Estos son partes o submontajes que se encuentran listos para ir al ensamble final del producto.

3.- Materiales en proceso.

Estos son los materiales y componentes sobre los que se efectúa un trabajo o que se encuentran esperando en la fábrica entre una operación y otra.

4.- Productos terminados.

Estos son los artículos terminados que se tienen en inventario en una área específica y se encuentran listos para ser embarcados a un cliente de acuerdo a un pedido.

---

El beneficio que se obtiene teniendo información de los inventarios es el de brindarle a la compañía el comportamiento que pudieran tener a la alza o baja, y así poder hacer una comparación de cuánto debe tener la planta, cuánto le está costando tenerlo almacenado, y ver como esta repercutiendo a la compañía.

### **5.10 Costos del inventario.**

El inventario siempre conlleva un costo indirecto al que, por lo común, se llama costo de mantenimiento; el cual es un costo adicional agregado y por lo tanto un desperdicio. El mejoramiento debe de enfocarse en reducir los costos totales, los cuales incluyen estos costos indirectos de material.

Costos indirectos principales:

#### 1.- Adquisición.

Costo general administrativo incluye costos de requisición, aprovisionamiento, compras, embarque, recepción etc. Los costos de adquisición pueden agregar un costo del 5% anual al valor del inventario.

#### 2.- Inspección.

Incluye la inspección de recepción, de proceso y de producto terminado. Los costos de inspección pueden agregar otro costo del 5% anual al inventario.

#### 3.- Almacenaje.

Es un evidente costo de mantenimiento e incluye el costo del espacio del almacén y el almacenaje, la seguridad y los gastos relacionados con el almacenaje, así como los impuestos.

Los costos de almacenaje pueden variar ampliamente, dependiendo del tipo y la cantidad de material e inventario almacenado así como el tipo de instalación y la cantidad de espacio que se requiere. En promedio, los costos de almacenaje alcanzan, cuando menos, otro 5% del valor del material almacenado al año.

---

#### 4.- Manejo.

Todo manejo, mudanza o transporte que participa en el control de inventarios presenta otros costos, que incluyen salarios y prestaciones del personal, así como el equipo que los apoya en su trabajo. El manejo suele agregar otro costo del 5% anual al valor del inventario.

#### 5.- Interés.

El inventario inmoviliza uno de los activos más versátiles de la compañía, el **efectivo**. Como los negocios tienen una cantidad limitada de recursos de capital de los que pueden disponer a partir de los propietarios y de los acreedores, el capital invertido en el inventario tiene un costo definido, el costo de capital. Este costo se calcula como el costo del dinero o la tasa de retribución que podría haber obtenido el capital si se hubiera invertido en otra cosa.

#### 6.- La obsolescencia.

Las piezas en existencia llegan a ser obsoletas debido a cambios de modelo o a nuevos productos. Esto sucede, en especial, en los productos diseñados, los productos de alta tecnología. No se pueden calcular las necesidades con perfecta exactitud, ni siquiera con los sistemas computarizados más sofisticados. Las compañías bien administradas trabajan, en forma continua, sobre el inventario obsoleto y excesivo para deshacerse de él. Una de las reglas generales es nunca mantener inventarios para los que haya una necesidad inmediata.

#### 7.- La depreciación.

Se refiere al daño y al deterioro o pérdida debidos al almacenaje, la manipulación, el clima, la edad, la evaporación o la merma. La depreciación varía de acuerdo con el tipo de inventario.

#### 8.- De escasez.

Es el costo de que no se tenga listo el material cuando se requiere. Cada vez que al cliente no se le entrega el producto que requiere a tiempo por falta de material, se incurre en un costo de escasez.

---

Como podemos observar el mantener inventario ya sea de materia prima, producto en proceso o producto terminado, generan una gran cantidad de costos adicionales a los productos y por lo tanto al precio de venta para los clientes, provocando que el negocio sea menos competitivo.



---

## **CAPITULO 6**

---

## **6.- METODOLOGÍA DE MEJORA.**

El crear una metodología de mejora obedece principalmente a la intención de brindar una herramienta permanente que permita solucionar problemas que se presentan en una organización (en este caso en la línea 2 de Motoresreductores US). Esto en la actualidad es muy importante debido a que las personas que integran la compañía realizan actividades muy complejas que absorben mucho tiempo y generalmente no otorgan el tiempo suficiente para solucionar problemas aparentemente no importantes.

La metodología propuesta esta compuesta por 5 fases que paso a paso van guiando a la solución del problema, dichos pasos se presentan en la figura 12. La explicación de cada fase es la siguiente:

## “Metodología de Mejora para la Línea 2 de Motoreductores”

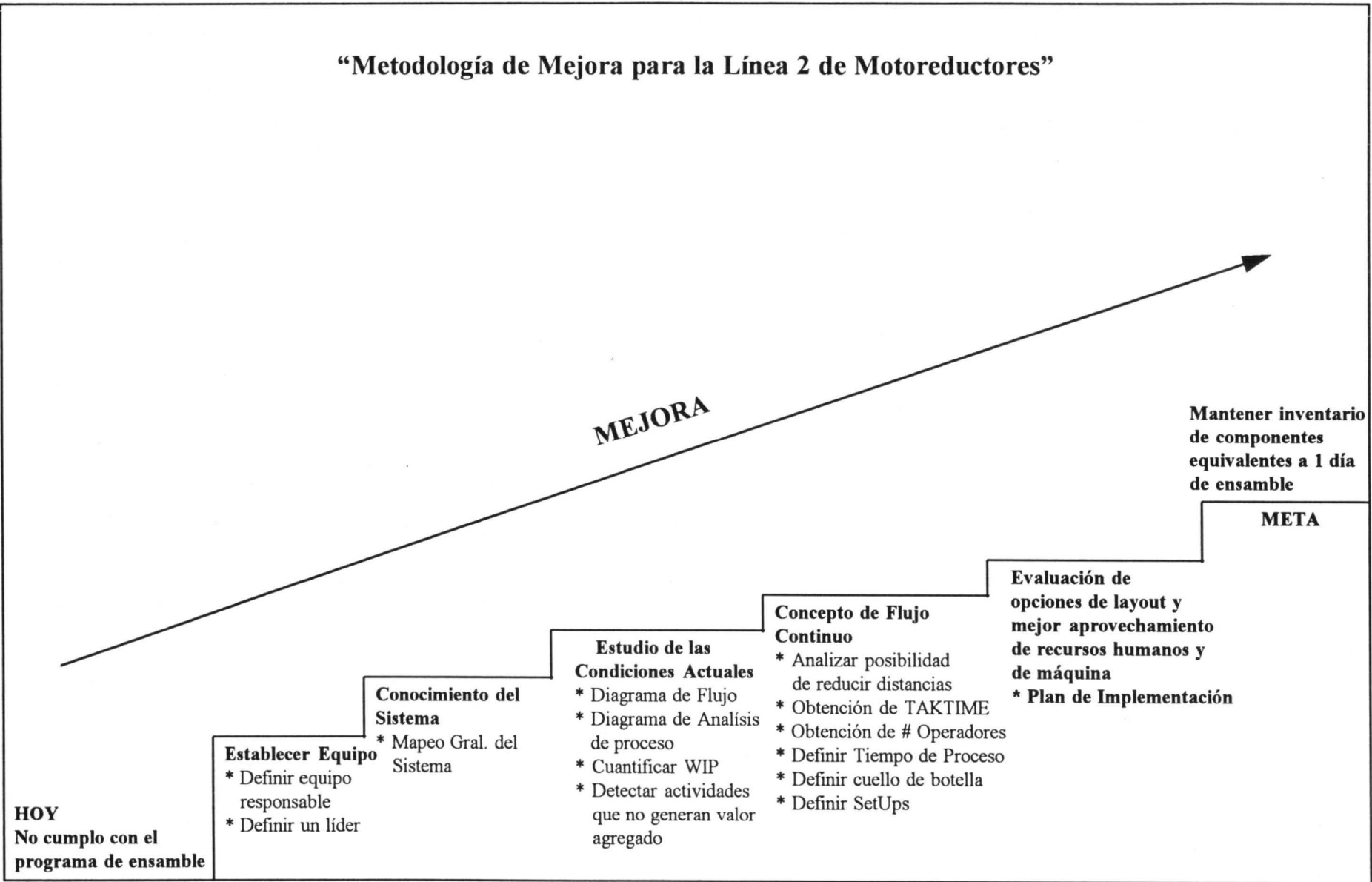


Fig. 12 Metodología de mejora para Línea 2

---

## **6.1.- Definición de un equipo y su líder.**

El objetivo de este punto es establecer un pequeño grupo de gente con conocimientos acerca del producto/proceso, liderados por un gerente, superintendente o supervisor, de reconocida experiencia.

### **6.1.1- Utilizar el enfoque de equipo.**

Cuando un problema, no puede ser resuelto rápidamente por un individuo, es necesario formar un equipo. El equipo se ocupará de la investigación y resolución del problema. Son muchos los factores críticos para establecer un grupo y asegurarse de que el grupo pueda trabajar junto de una manera efectiva. Utilizar un enfoque de equipo no representa solo un paso en el proceso de solución de problemas, si no que es un marco esencial para la toma de decisiones. Es necesario reevaluar a los miembros del equipo continuamente.

Un modelo para un trabajo de equipo efectivo consiste en una jerarquía de cinco variables claves:

#### **1.- Tamaño:**

De 3 a 4 personas. Los equipos más grandes se hacen menos efectivos y tienen un compromiso mínimo al esfuerzo de la solución de problemas.

#### **2.- Apoyo Necesario:**

Están representados los niveles apropiados de la organización.

#### **3.- Ambiente:**

Los locales para las juntas son críticos para un buen trabajo de equipo. El lugar a seleccionar deberá ser un lugar tranquilo y que presente las menores interrupciones para los miembros del

---

equipo. Sería de beneficio un lugar cerca del área de trabajo, de manera que permita la recopilación de información.

#### 4.- Metas:

Para que cualquier grupo se una como equipo, es crítico que todos los miembros del equipo sepan con claridad la meta del equipo. Y todos los miembros del equipo deberán compartir esa meta. La meta debe ser especificada con claridad, ser cuantificable, y apoyada por todos los miembros del equipo.

#### 5.- Papeles:

Deberán establecerse algunos papeles para un equipo. Estos papeles son el de líder, registrados y participantes.

El líder es un miembro del grupo que se asegura de que el grupo desempeñe sus deberes y responsabilidades. Es el portavoz del equipo, llama a las juntas, establece la hora de la junta y dirige siguiendo la agenda. El líder es la máxima autoridad, es responsable por la coordinación general, y ayuda al equipo a establecer sus metas y objetivos.

#### **6.1.2.- Puntos claves para la formación del equipo.**

- 1.- Designe a los miembros del equipo y designe o realice el proceso de elección de un líder. Mantenga el equipo pequeño (3-4 personas).
- 2.- Asegúrese que los miembros del equipo tengan conocimientos del proceso y la experiencia de trabajo requerida.
- 3.- Evalúe la necesidad de habilidades especiales. Incluya en el equipo miembros consejeros.
- 4.- Identifique el tiempo compromiso esperado para todos los miembros del equipo.

---

5.- Defina el tipo de reporte y la frecuencia de reporte necesaria para medir el avance del equipo.

6.- Re-evalúe continuamente la necesidad de habilidades especiales y la participación de miembros consejeros.

## **6.2.- Mapeo general del sistema.**

La siguiente tarea del grupo es definir en términos precisos y gráficamente el sistema que se va a tener bajo estudio. Esto es un proceso de análisis en el que se identifican los subsistemas que componen el sistema, así como sus interacciones. Este punto de la metodología es de suma importancia ya que nos ubica donde se realizará el proyecto.

Es en esta etapa donde la construcción de mapas sistémicos son de mucha utilidad para poder obtener una representación diagramática de como está compuesto el sistema y como opera a través de las interacciones entre sus subsistemas.

Los siguientes cuestionamientos son de utilidad para asegurarse de que esta etapa ha sido terminada adecuadamente.

1.- Exactamente, ¿Cuál es el sistema que se está estudiando?

2.- ¿Cuáles son los subsistemas?

3.- ¿Cómo interactúan los subsistemas?

4.- ¿Existe alguna restricción en el sistema?

5.- ¿Puede plantearse el problema en términos de sistemas?

---


### 6.3.- Estudio de las condiciones actuales del sistema.


Para poder conceptualizar el Qué? se va a atacar, es necesario analizar profundamente todas las actividades del sistema en cuestión.

En este punto de la metodología herramientas como diagrama de análisis de proceso, y diagramas de flujo son sumamente útiles ya que nos permiten obtener información valiosa, que nos darían la pauta para la clarificación, conceptualización y las acciones a tomar para la solución de la problemática.


Los diagramas de análisis de proceso, están diseñados para ayudar a la conceptualización de los sistemas de producción en términos de las secuencias detalladas de las operaciones ejecutadas, las distancias a las que se mueve el material, y los tiempos requeridos para ejecutar las operaciones, dando así información vital para un posible rediseño. Estos diagramas proporcionan información detallada con relación a las operaciones, almacenamiento, transportaciones, inspección, y demoras.


Se usan varios símbolos para expresar gráficamente la secuencia de las actividades. La American Society of Mechanical Engineers ha estandarizado estos símbolos y definiciones de las actividades de estas gráficas de la forma siguiente:

El símbolo  representa almacenamiento. Ocurre el almacenamiento cuando se guarda y protege un objeto contra un cambio no autorizado.

El símbolo  representa transportación. La transportación ocurre cuando un objeto es movido de un lugar a otro, excepto cuando tales movimientos son parte de una operación, o son causados por el operador en la estación de trabajo durante una operación o una inspección.

---

El símbolo  representa inspección. La inspección ocurre cuando se examina un objeto para identificación o es verificado en cuanto a su calidad o cantidad en cualquiera de sus características.

El símbolo  representa demora. Ocurre una demora a un objeto cuando las condiciones, exepctuando las que cambien intencionalmente las características físicas o químicas del objeto, no permitan o requieran la ejecución inmediata de la siguiente acción planeada.

Los diagramas de flujo de proceso obligan a hacer un cuidadoso análisis de la secuencia de actividades comprendidas en el proceso, por lo que se puede detectar áreas de oportunidad para mejorar.

Algunas preguntas que se pueden realizar para buscar un rediseño que permita un mejor aprovechamiento de los recursos son:

- 1.- Donde ocurren las demoras y porqué?
- 2.- Pueden reducirse las distancias a las que son transportados los materiales?
- 3.- Pueden combinarse las operaciones?
- 4.- Pueden eliminarse algunas operaciones como transportación, almacenamiento, o pueden agregarse alguna otra como la inspección?

En combinación con los diagramas de análisis de proceso, se pueden utilizar los **diagramas de flujo** ya que son modelos que representan de una manera gráfica el movimiento de los materiales y la ubicación de los operadores a lo largo del sistema ayudando así a la clarificación y conceptualización del equipo analista, información valiosa para su posterior aplicación.

Es meta de esta etapa el considerar la eliminación de cualquier actividad que no genera valor agregado.



---

#### 6.4.- Concepto de flujo continuo.

Para desarrollar el concepto de flujo continuo, para las celdas de la línea 2 de Motoreductores US se necesitan seguir los siguientes pasos:

1.- Obtener el tiempo de proceso real.

El tiempo de proceso se calcula a partir de la suma de los tiempos de todas las operaciones que componen al proceso, esta información es vital ya que es la base para el cálculo del número de operadores.

2.- Obtención del Takt, el cual es el ritmo del proceso, y se obtiene a partir de la cantidad requerida de unidades y el tiempo disponible de trabajo real, es decir libre de comidas y descansos.

Takt:  $\text{Tiempo disponible} / \text{cantidad requerida}$

3.- Número teórico mínimo de operadores o estaciones en la línea está basado en el tiempo de proceso de cada unidad o pieza.

Cantidad de mano de obra:  $\text{Tiempo de proceso} / \text{Takt}$

La manufactura de flujo es como un río y el objetivo es una “Alta Velocidad” en el tiempo de respuesta para producir.

Dentro de los sistemas de flujo continuo, se fabrican partes similares, por lo que el herramental y la maquinaria se ubican dentro de la célula de una manera estratégica. Las exigencias del flujo continuo es que los tiempos de preparación se minimicen y para poder cumplir con tales exigencias se requiere que la maquinaria o herramientas sean de cambio rápido.

---

El objetivo del diseño del Layout es que la celula reduzca al mínimo la distancia de transporte para el operador ya que el transporte de material tiende a ser mas sencillo,. La forma circular ó en “U” mejora la relación de las máquinas con el operador, ya que el operador tiene mejor acceso a ellas, aparte de que los operadores pudieran ayudarse en un momento dado.

Existen herramientas para balancear los desbalances:

- 1.- Eliminar operaciones que no agregan valor.
- 2.- Reubicar trabajo.
- 3.- Poner recursos adicionales.

---

## **CAPITULO 7**

---

## **7.- Aplicación de metodología**

En las etapas anteriores del presente trabajo se recopiló información básica que se requería, y de la cual se carecía, ahora bien ya que se cuenta con esa información vital del sistema (tiempos de proceso real, las mezclas de las distintas familias durante el ensamble del mes, las causas por las que no se cumple el programa de ensamble) el siguiente paso es la aplicación de las siguientes etapas de la metodología de mejora en una de las celdas de la línea 2, que sirva como base para la posterior aplicación de esta en las demás celdas de trabajo. En este caso, se escogido la celda de carcazas, ya que presenta los tiempos de preparación más altos (7 horas en las fresadoras), y es el componente del motoreductor más voluminoso y que por consecuencia ocupa mayor espacio en la celda.

### **7.1.- Análisis de actividades en celda de carcazas.**

Para poder realizar un análisis de actividades, se llevó acabo un diagrama de análisis de proceso en la celda de carcazas, esto con el objetivo de ver paso a paso y de forma detallada el

proceso que se sigue. Además, mediante este diagrama se analiza el flujo completo de las operaciones en donde se identifican que actividades son de transporte, operación, inspección, demoras ó almacenamientos, y se visualiza que actividades no agregan valor, dando la pauta para el mejoramiento del proceso

Descripción: Actividades en Celda de Carcazas				Motoreductores US			
Realizo:				Fecha:			
No.	Actividad	Operacion	Transporte	Inspeccion	Demora	Almacen	Comentarios
1	Agarrar pza. de tarima	○	→	□	◇	▽	1m
2	Maquinado del ancho de pza. (F1)	○	→	□	◇	▽	
3	Colocación de pza. en tarima	○	→	□	◇	▽	1m
*4	Maquinado del largo de pza. (F2)	○	→	□	◇	▽	
5	Maquinado cara superior pza (F3)	○	→	□	◇	▽	
6	Colocación de pza. en tarima	○	→	□	◇	▽	1m
7	Maquinado diámetro interior (F4)	○	→	□	◇	▽	
8	Taladrado orificio nivel de aceite	○	→	□	◇	▽	
9	Taladrado Múltiple de pza.	○	→	□	◇	▽	
10	Lavado de pza.	○	→	□	◇	▽	
11	Almacenamiento de componete	○	→	□	◇	▽	
*12	Traslado pza 2da (F3)	○	→	□	◇	▽	5m
*13	Maquinado cara superior 2da (F3)	○	→	□	◇	▽	
*14	Colocación pza. en tarima	○	→	□	◇	▽	
*13	Maquinado diámetro interior 2da F4	○	→	□	◇	▽	
*14	Traslado de pza Taladro ONA	○	→	□	◇	▽	10m
*15	Taladrado Múltiple de pza.	○	→	□	◇	▽	
*16	Lavado de pza	○	→	□	◇	▽	
*17	Almacenamiento de componente	○	→	□	◇	▽	

Tabla # 2 Diagrama de análisis de proceso

Después de haber observado el diagrama de análisis de procesos se puede apreciar, de que en el proceso se realizan una cantidad significativa de operaciones de transporte, siendo actividades que no generan ningún valor agregado al proceso.

En el siguiente diagrama de flujo se puede ver de una manera gráfica la distribución de la celda de carcazas, la cual abarca una superficie de 96 metros cuadrados, y esta compuesta por un total de 9 máquinas operadas por 7 personas.

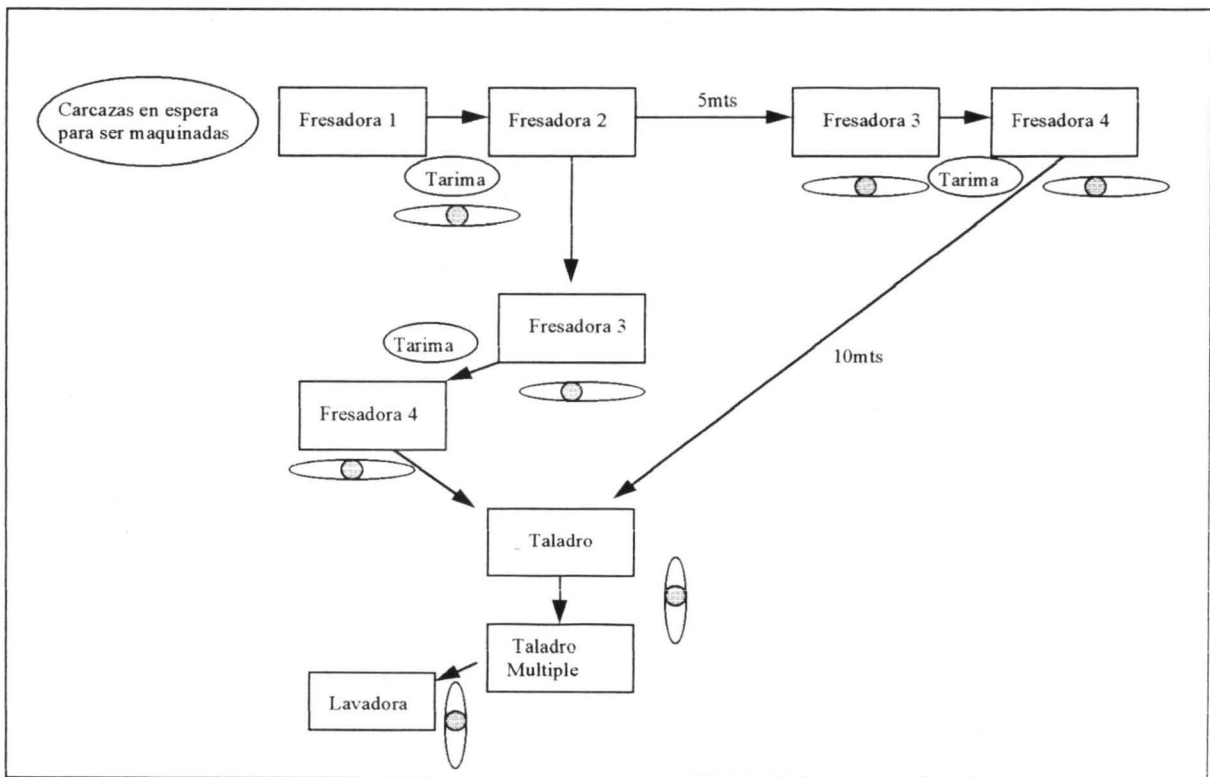


Fig # 12 Diagrama de flujo carcazas

---

## 7.2.- Concepto de flujo continuo.

Para desarrollar el concepto de flujo continuo se siguieron los siguientes pasos:

Se utilizó los tiempos en proceso real obtenidos durante la etapa de análisis, agregandoles 15 segundos al tiempo de cada máquina, para poder implementar la pos y pre verificación, y poder asegurar la calidad, a lo largo del proceso.

Debido a que en el programa de ensamble se presentan 12 situaciones diferentes, se optó por hacer un ejercicio para cada situación en especial, y en base a los resultados obtenidos, se tomó la decisión de diseñar un layout, que cumpla con los requerimientos de los distintas situaciones del programa de ensamble.

El Takt se obtiene a partir del tiempo disponible, que en este caso fuerón las 9 hrs. de trabajo menos, comida, break y se agrego un check list de mantenimiento preventivo y la cantidad requerida, la es de 433 motoreductores

Takt:  $975 \text{ min} / 433 = 2.25 \text{ min} (135 \text{ seg})$

Número mínimo de operarios o estaciones:

Tiempo de proceso real/ Takt=  $749.46/135 = 5.55$

Son necesarios mínimo 5 operadores o estaciones de trabajo para la nueva configuración de la celda de trabajo.

### 7.2.1.- Bosquejo del layout rediseñado

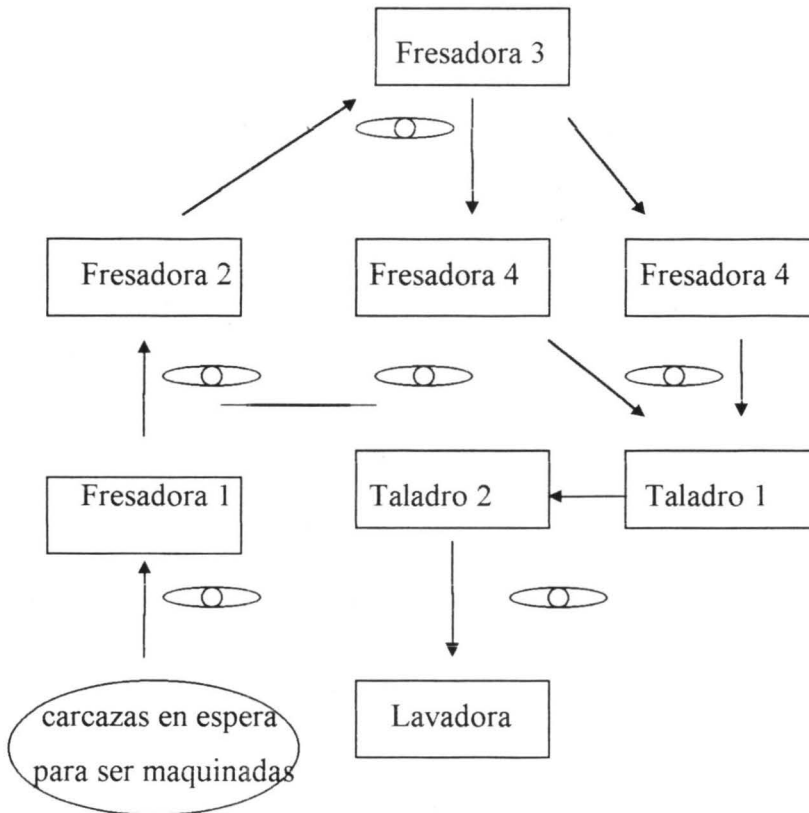


Fig. 13 bosquejo del nuevo layout

Lo que se pretende con el bosquejo del nuevo layout es el de ayudar a visualizar los beneficios logísticos de la celda de manufactura, a diferencia del layout actual aquí se redujo a 6 el número de operadores y están distribuidos de la siguiente manera: operador en fresadora 1, operador en fresadora 2, operador en fresadora 3, operador en fresadora 4, operador en fresadora 4, operador en taladro 2/taladro 1/ lavadora



---

## **CONCLUSIONES**

---

Se pudo demostrar, que con la aplicación de la metodología en una de las celdas de manufactura de la línea 2, trajo como consecuencia la reducción del inventario de componentes terminados a un día de ensamble, que era lo que buscaba el proyecto, pero el beneficio no concluyó ahí, sino que también, se dieron en cascada otros beneficios como lo son:

Con el layout rediseñado, el proceso se pudo realizar con menos operadores ya que antes se utilizaban 7 y ahora se puede realizar el trabajo en la celda con 6 operadores, aparte se esta aprovechando mejor el espacio ya que con el layout rediseñado el área que ocuparía la celda pasaría de 96 mts cuadrados a 84 mts cuadrados.

Otro de los beneficios que se alcanzaron fué el de considerar dentro del rediseño la aplicación de un checklist de mantenimiento preventivo, esto con el objetivo de tener en buenas condiciones la maquinaria. Otro cambio importante es la eliminación de la fresadora 3, ya que se

---

estaría aprovechando de una mejor manera los recursos y al incluir la pos y pre verificación en el proceso, bajamos enormemente la posibilidad de entregar producto defectuoso al cliente.

Con todo lo antes dicho podemos concluir de que la metodología propuesta en el presente trabajo cumple ampliamente con el objetivo que se estaba buscando.

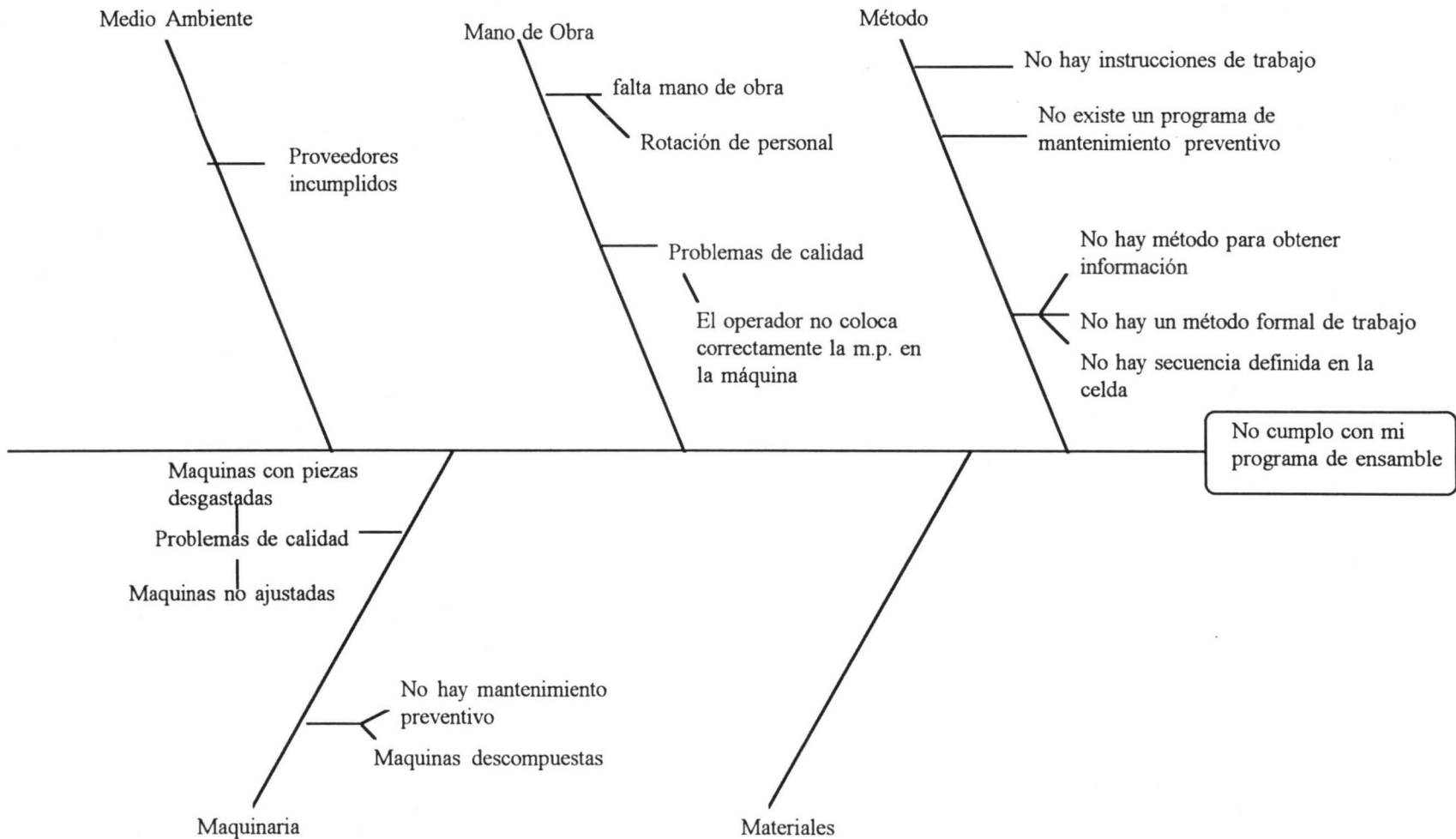
---

## **BIBLIOGRAFIA**

- 
- 1.- Centro de capacitación y control de calidad S.A. de C.V. Análisis y solución de problemas 8 disciplinas
  - 2.- Costanza, John R. Un Salto Hacia el Futuro, a la par con el mercado Instituto de tecnología Inc. EUA 1993
  - 3.- Hopeman Richard Producción Conceptos Análisis y Control Compañía Editorial Continental México 1982
  - 4.- Chase Richard/Aquilano Nicholas Dirección y Administración de la Producción y de las Operaciones Addison-Wesley Iberoamericana E.U.A 1994
  - 5.- Jorge Díaz Programa de Evaluación Final Diseño de un Sistema de Flujo Unitario Continuo San Pedro Garza García Mayo 1998

---

## **ANEXOS**



**Tiempo en proceso en celda de carcazas (GC)**

Fam.	Num.	Maq. 1	Maq. 2	Maq. 3	Maq. 4	Maq. 5	Maq. 6	Maq. 7
GC1	(100)	55s	75s	70s	135s	36s	36s	75s
GC2	(133)	55s	105s	100s	197s	36s	36s	75s
GC3	(154)	55s	115s	125s	219s	37s	36s	75s
GC4	(175)	55s	115s	127s	215s	36s	37s	75s
GC5	(206)	75s	115s	124s	213s	37s	36s	75s
GC6	(237)	75s	110s	116s	217s	36s	37s	75s
GC7	(262)	75s	113s	119s	216s	37s	36s	75s
GC8	(300)	105s	135s	140s	250s	37s	37s	75s
GC9	(325)	115s	145s	143s	255s	36s	37s	75s
GC10	(CFR)	65s	85s	90s	163s	37s	36s	75s



**Tiempo en proceso en celda de corona (WW)**

Fam.	Num.	Maq. 1	Maq. 2	Maq. 3	Maq. 4	Maq. 5	Maq. 6
WW1		14s	12s	2s	40s	10s	5s
WW2		14s	12s	2s	40s	10s	5s
WW3		16s	14s	2s	45s	10s	5s
WW4		20s	15s	2s	50s	10s	5s
WW5		21s	18s	2s	50s	10s	5s
WW6		20s	16s	2s	50s	10s	5s
WW7		23s	17s	2s	60s	10s	5s
WW8		23s	18s	2s	80s	10s	5s
WW9		54s	14s	2s	90s	10s	5s
WW10		19s	25s	2s	43s	10s	5s

### Tiempo en proceso en celda de flecha de gusano (WS)

Fam.	Num.	Maq. 1	Maq. 2	Maq. 3	Maq. 4	Maq. 5	Maq. 6	Maq. 7
WS1		190s	5s	7s	4s	45s	10s	5s
WS2		210s	6s	7s	4s	60s	10s	6s
WS3		180s	7s	7s	4s	55s	10s	6s
WS4		170s	5s	7s	4s	57s	10s	5s
WS5		200s	5s	7s	4s	59s	10s	7s
WS6		220s	6s	7s	4s	61s	10s	6s
WS7		210s	6s	7s	4s	57s	10s	6s
WS8		208s	7s	7s	4s	58s	10s	6s
WS9		210s	6s	7s	4s	59s	10s	7s
WS10		215s	5s	7s	4s	60s	10s	6s

**Tiempo en proceso en celda de corona (WW)**

Fam.	Num.	Maq. 1	Maq. 2	Maq. 3	Maq. 4	Maq. 5	Maq. 6
WW1		14s	12s	2s	40s	10s	5s
WW2		14s	12s	2s	40s	10s	5s
WW3		16s	14s	2s	45s	10s	5s
WW4		20s	15s	2s	50s	10s	5s
WW5		21s	18s	2s	50s	10s	5s
WW6		20s	16s	2s	50s	10s	5s
WW7		23s	17s	2s	60s	10s	5s
WW8		23s	18s	2s	80s	10s	5s
WW9		54s	14s	2s	90s	10s	5s
WW10		19s	25s	2s	43s	10s	5s

**Tiempo en proceso en celda de flecha de salida solida (OPS)**

Fam.	Num.	Maq. 1	Maq. 2	Maq. 3	Maq. 4	Maq. 5
OPS 1		45s	10s	12s	38s	6s
OPS 2		60s	9s	12s	50s	7s
OPS 3		55s	11s	14s	48s	6s
OPS 4		57s	10s	15s	54s	5s
OPS 5		59s	9s	18s	56s	7s
OPS 6		61s	11s	16s	51s	7s
OPS 7		57s	9.5s	17s	52s	6s
OPS 8		58s	10s	18s	50s	7s
OPS 9		59s	12s	14s	53s	7s
OPS 10		60s	11s	25s	55s	6s

**Tiempo en proceso en celda de flecha de salida hueca (OPS)**

Fam \ Num.	Maq. 1	Maq. 2	Maq. 3	Maq. 4	Maq. 5
OPS 1	15s	11s	45s	12s	5s
OPS 2	14s	10s	60s	12s	6s
OPS 3	16s	9s	55s	14s	6s
OPS 4	17s	11s	57s	15s	5s
OPS 5	19s	10s	59s	18s	7s
OPS 6	18s	11s	61s	16s	6s
OPS 7	19s	9s	57s	17s	6s
OPS 8	19s	11s	58s	18s	6s
OPS 9	16s	10s	59s	14s	7s
OPS 10	24s	11s	60s	25s	6s

### Tiempos en proceso celda de brackets (B)

Fam.	Num.	Maq. 1	Maq. 2
B1		190s/200s	60s
B2		180s/190s	60s
B3		200s/211s	70s
B4		192s/202s	59s
B5		225s/240s	61s
B6		260s/270s	75s
B7		360s/362s	75s
B8		301s/316s	75s
B9		350s/359s	80s
B10		344s/355s	75s

**Tiempo en proceso en celda de braket adaptor (BA)**

Fam.	Num.	Maq 1	Maq 2	Maq 3
BA1		80s	40s	540s
BA2		98s	42s	500s
BA3		83s	40s	530s

BIBLIOTECA  
UNIVERSIDAD DE MONTERREY

903367