



T
670
ADA ja

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

**"Planteamientos de Mejora y Documentación de los Procesos en una
Planta de Construcción Metalmeccánica mediante la aplicación de la
Ingeniería de Valor"**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERA INDUSTRIAL

Presentada por:

Ingrid Elsa Adanaqué Bravo

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año -2003



AGRADECIMIENTO

A todas las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de este trabajo y especialmente al Ing. Marcos Tapia Director de Tesis, por su invaluable ayuda.

DEDICATORIA

A LA VIRGEN MARIA

A MI MAMÁ


A MI FAMILIA

A MIS AMIGOS DE LA U.


TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Eduardo Rivadeneira P.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE



Ing. Marcos Tapia Q.
DIRECTOR DE TESIS



Ing. José Vilalta A.
VOCAL



Ing. Juan Calvo U.
VOCAL



DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL".

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Ingrid", is written above a horizontal line.

Ingrid Elsa Adanaqué Bravo

RESUMEN

La empresa que será objeto de estudio, se dedica al diseño, la fabricación y montaje de proyectos industriales, como: construcción de galpones, tuberías, vigas, silos, tanques de almacenamiento, puentes grúas, vallas, etc.

Inicialmente el manejo de la producción no representaba un problema, su actividad se centraba solo en la fabricación de los productos y por la poca complejidad y el bajo volumen, éstos se manejaban basados en la experiencia. En los últimos dos años su producción se ha incrementado, de un promedio de 3 proyectos a 6 y 7 al mismo tiempo.

La empresa no se ha preparado para manejar este nivel de producción, y actualmente se están presentando pérdida de tiempo al momento de realizar las ofertas y por lo tanto pérdidas de nuevos contratos, retrasos en la entrega de las obras, devoluciones por mala calidad o diseño y, en consecuencia altos costos de producción.

Por tal motivo, el objetivo de este estudio se centrará en plantear mejoras y documentar los procesos, realizando un análisis detallado del proceso de fabricación de los productos de mayor demanda, reduciendo o eliminando las

actividades que le restan valor utilizando la ingeniería del valor, para reducir sus costos preservando la calidad del mismo.

CAPITULO 1. INGENIERÍA DEL VALOR – FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Definición de la Ingeniería del Valor.

La Ingeniería del Valor se puede definir como la aplicación sistemática de un conjunto de técnicas que identifican funciones necesarias, establecen valores para las mismas y desarrollan alternativas para desempeñarlas, al mínimo costo posible manteniendo o elevando la calidad del producto o servicio.

¿Qué es el Diagrama Fast?

FAST (Function Analysis System Technique) o Técnica del Sistema de Análisis de Funciones, es el diagrama representativo del análisis e ingeniería del valor, desarrollada para el establecimiento del orden o jerarquía de funciones, la cual permite descubrir las oportunidades y debilidades que tiene un proceso de manufactura o un sistema de servicios y establecer las mejores alternativas en función de los costos, calidad y rapidez de los mismos.



Para su construcción utiliza la lógica, empezando con la pregunta *¿cómo?* para determinar la jerarquía de las funciones de mayor a menor importancia, y la pregunta *¿por qué?* para confirmar la lógica elegida.

Clasificación del Diagrama Fast.

El Diagrama FAST se clasifica en dos tipos:

- El Diagrama Fast orientado a la Técnica
- El Diagrama Fast orientado a la Tarea

Su construcción, aunque es muy similar depende del tipo de enfoque.

Para la realización de esta tesis se utilizará la construcción del diagrama Fast Orientado a la técnica, por tratarse de procesos de manufactura.

Componentes del Diagrama Fast orientado a la Técnica.

- Preguntas lógicas *¿Cómo?* – *¿Por qué?*
- Líneas de Alcance
- Función de Orden Superior
- Función Básica
- Funciones Secundarias o del Camino Crítico

- Función Causal
- Funciones de Apoyo: "de diseño", "causadas por", "se dan todo el tiempo"

CAPÍTULO 2. SELECCIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS PRODUCTOS DE MAYOR RELEVANCIA.

La empresa en estudio realiza una serie de proyectos destinados para la industria en general, pero se los ha clasificado por familia par un mejor análisis:

Familia No 1: Calderería

- Tuberías: las cuales se fabrican con sus respectivas bridas o codos según las especificaciones requeridas.
- Tanques de almacenamiento: pueden ser para agua, asfalto o combustibles, en diferentes dimensiones, horizontales o verticales.
- Silos: los cuales sirven para almacenar granos, pueden ser de transición, codos, reducción, etc.

Familia No 2: Vallas

- Vallas plegadas
- Vallas redondas



Familia No 3: Estructuras

- Vigas: generalmente se construyen I o H en varias medidas cuyo peso en promedio está entre los 300 y 1000 kilos por cada una.
- Estructuras para galpones.
- Varios, son trabajos eventuales y de menor magnitud como: baldes para volquetas, carretes, etc.

Se jerarquizó a los productos por orden de importancia y se escogió al primero en la lista: la fabricación de tuberías para realizar la aplicación del diagrama fast.

CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN MEDIANTE LA APLICACIÓN LA APLICACIÓN DEL DIAGRAMA FAST.

En este capítulo, se analizó el proceso de fabricación de tuberías, primero se construye un diagrama para el proceso general y luego para cada subproceso los cuales son: Corte y Biselado, Cilindrado, Armado de planchas, Soldadura de tubos y Pintura de tubos.



El objetivo era identificar todas las funciones que están relacionadas con cada subproceso, con el fin de obtener el costo de cada una, en base a los recursos que utiliza y determinar cuales son las funciones que están restando valor al producto.

Los costos que se toman en cuenta, para la asignación de costos a las funciones son: mano de obra, materiales o insumos, costos generales fijos (costo de equipos), generales variables (energía) y costos indirectos.

Por lo tanto luego de construir el diagrama identificando todas las funciones y asignarle su respectivo costo, tenemos como resultado el costo de cada subproceso.

COSTO DE SUBPROCESOS		
SUBPROCESO	ITEM	\$/SUBPROCESO
Cortar y/o biselar	plancha cuadrada	6,51
Cilindrar	virola	9,27
Armar Tubo	tubo armado	46,49
Soldar Tubo	tubo soldado	129,37
Pintar Tubo	tubo pintado	51,52

Tabla 1 Costo de los subprocesos

CAPÍTULO 4. PLANTEAMIENTOS DE MEJORA, ESTANDARIZACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DE LOS PROCESOS.

Lo primero que se realizó fue identificar las funciones que le restaban valor al producto con el fin de disminuir sus costos y aumentar su rendimiento. Luego se plantearon mejoras para cada subproceso.

Como resultado general de todo el análisis de costo tenemos lo siguiente:

COSTO DE SUBPROCESOS				
SUBPROCESO	ITEM	ANTES	DESPUÉS	%
		\$/SUBPROC.	\$/SUBPROC.	DISMINUCIÓN
Cortar y/o biselar	Pl cuadrada	6.51	4.99	23.36%
Cilindrar	Vírola	9.27	5.21	43.78%
Amar Tubo	Tubo armado	46.49	34.87	25.00%
Soldar tubo	Tubo soldado	129.37	80.37	37.88%
Pintar Tubo	Tubo pintado	51.52	41.67	19.13%

Tabla 4.27 Comparación de los costos de los subprocesos

Los resultados obtenidos, nos indican que la reducción en los costos han disminuído desde un 19.13% hasta un 43.78%. Por lo tanto el costo del tubo ha variado de \$359.6 ($6.51 \cdot 8 + 9.27 \cdot 8 + 46.49 + 129.37 + 51.52$) a \$238.5 ($4.99 \cdot 8 + 5.21 \cdot 8 + 34.87 + 80.37 + 41.67$), o sea el 32.5% en total.

En cambio los rendimientos de cada subproceso han aumentado como se ve a continuación en la siguiente tabla.

RENDIMIENTO DE SUBPROCESOS				
SUBPROCESO	ITEM	ANTES	DESPUÉS	%
		ITEM/HORA	ITEM/HORA	AUMENTO
Cortar y/o biselar	PI cuadrada	1.81	2.64	31.44%
Cilindrar	Vírola	2.14	4.44	51.80%
Armar Tubo	Tubo armado	0.24	0.50	52.00%
Soldar tubo	Tubo soldado	0.12	0.38	68.42%
Pintar Tubo	Tubo pintado	0.32	0.65	50.77%

Tabla 4.28 Comparación de los rendimiento de los subprocesos

Los niveles de rendimiento aumentaron desde el 31.44% hasta el 68.42%, lo que significó que se pudiera llegar a una producción de 10 tubos diarios con el suficiente número de empleados y prácticamente en una jornada de trabajo. Por ejemplo para soldar 10 tubos al día, ya no eran necesario contratar 10 soldadores, puesto que tres lograban la meta establecida, según los nuevos rendimientos establecidos.

Finalmente, se establecieron los estándares de fabricación que se habían obtenido como resultado del estudio, los cuales son de gran importancia porque de ahora en adelante, servirán como base para comparar los niveles de rendimiento de la fabricación de tuberías y sus respectivos costos.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	VI
ÍNDICE GENERAL.....	XIV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XX
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1. INGENIERÍA DEL VALOR – FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	3
1.1. Ingeniería del Valor.....	3
1.2. Técnicas de la Ingeniería del Valor.....	4
1.3. Qué es el Diagrama Fast.....	6
1.4. La evolución del Diagrama Fast.....	7
1.5. La filosofía del Diagrama Fast.....	9
1.6. Clasificación del Diagrama Fast.....	11
1.7. El Diagrama Fast orientado a la Técnica.....	12
1.7.1. Definición.....	12

1.7.2. Componentes.....	12
1.7.3. Construcción del Diagrama.....	16
1.8. El Diagrama Fast orientado a la Tarea.....	22
1.8.1. Definición.....	22
1.8.2. Componentes.....	22
1.8.3. Construcción del Diagrama.....	24
1.9. Reglas Generales.....	32
1.10. Resumen.....	33

CAPÍTULO 2

2. SELECCIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS PRODUCTOS DE MAYOR RELEVANCIA.....	36
2.1. Antecedentes e historia de la empresa.....	37
2.2. Clasificación de los productos elaborados por la empresa.....	38
2.3. Selección de los productos de mayor demanda y rentabilidad....	42
2.4. Descripción de los procesos actuales de fabricación de los productos seleccionados.....	53
2.5. Diagramas de flujo de los productos seleccionados.....	72
2.6. Conclusiones.....	75



CAPÍTULO 3.

3. ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN	76
3.1. Diagrama Fast para establecer un método de trabajo en la evaluación de procesos.....	77
3.2. Aplicación del diagrama fast al proceso general de fabricación del producto seleccionado.....	86
3.3. Aplicación del diagrama fast a cada subproceso de fabricación del producto seleccionado.....	92
3.4. Asignación de costos a las funciones.....	115
3.5. Conclusiones.....	151

CAPÍTULO 4.

4. DOCUMENTACIÓN Y ESTANDARIZACION DE LOS PROCESOS.....	155
4.1. Introducción	155
4.2. Funciones que restan valor al proceso de fabricación de tuberías.....	156
4.3. Planteamientos de mejora.....	161

4.4.	Asignación de costos a las funciones con las mejoras propuestas y comparación de costos y rendimientos antes y después de la implantación de las mismas.....	183
4.5.	Estandarización, documentación y construcción del diagrama con las mejoras.....	222
4.6.	Procedimientos y Recomendaciones para la implantación.....	235

CAPÍTULO 5

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	239
----	-------------------------------------	-----

BIBLIOGRAFÍA.

INDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.1	Función de Orden Superior y Función Básica	18
Figura 1.2	Funciones del Camino Crítico y Función Causal	19
Figura 1.3	Funciones de Apoyo	20
Figura 1.4	Diagrama Fast Orientado a la Técnica	21
Figura 1.5	Funciones básicas primarias y secundarias – D. Tarea	26
Figura 1.6	Funciones de apoyo – D. Tarea	30
Figura 1.7	Diagrama Fast Orientado a la Tarea	31
Figura 2.1	Cilindradora de planchas	56
Figura 2.2	Armado de tubos	58
Figura 2.3	Fabricación de vallas publicitarias	62
Figura 2.4	Fabricación de vigas	68
Figura 2.5	Diagrama de flujo – fabricación de tuberías	72
Figura 2.6	Diagrama de flujo – fabricación de vallas	73
Figura 2.7	Diagrama de flujo – fabricación de vigas	74
Figura 3.1	Función de orden superior y función básica – D. Fast Evaluación de Procesos	81
Figura 3.2	Funciones del Camino Crítico – D. Fast Evaluación de Procesos	83
Figura 3.3	Diagrama Fast Evaluación de Procesos	85
Figura 3.4	Función de orden superior y función básica – D. Fast Construcción de tuberías	88
Figura 3.5	Funciones del camino crítico y función causal – D. Fast Construcción de tuberías	89
Figura 3.6	Diagrama Fast Construcción de Tuberías	91
Figura 3.7	Diagrama Fast – Subproceso Corte y Biselado	97
Figura 3.8	Diagrama Fast – Subproceso Cilindrado	102
Figura 3.9	Diagrama Fast – Subproceso Armado de Tubos	106
Figura 3.10	Diagrama Fast – Subproceso Soldadura de Tubos	110
Figura 3.11	Diagrama Fast – Subproceso Pintura de Tubos	114
Figura 4.1	Junta a tope	174
Figura 4.2	Diagrama de flujo después del análisis	226
Figura 4.3	Diagrama Fast – corte y biselado con mejoras	229
Figura 4.4	Diagrama Fast – cilindrado	230
Figura 4.5	Diagrama Fast – armado de tubos	231

Figura 4.6	Diagrama Fast – soldadura de tubos	232
Figura 4.7	Diagrama Fast – pintura de tubos	233

INDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 2.1	Demanda de productos – calderería	43
Tabla 2.2	Cuadro comparativo – calderería	44
Tabla 2.3	Jerarquía de productos – calderería	45
Tabla 2.4	Demanda de productos – vallas	46
Tabla 2.5	Cuadro comparativo – vallas	47
Tabla 2.6	Jerarquía de productos – vallas	48
Tabla 2.7	Demanda de productos – estructuras	49
Tabla 2.8	Cuadro comparativo – estructuras	50
Tabla 2.9	Jerarquía de productos – estructuras	51
Tabla 2.10	Jerarquía de productos de la empresa	52
Tabla 3.1	Subprocesos en la fabricación de tuberías	92
Tabla 3.2	Tiempo promedio de las funciones – corte y biselado	118
Tabla 3.3	Costo por hora equipos de corte y biselado	122
Tabla 3.4	Costo por hora energía consumida – corte y biselado	123
Tabla 3.5	Lista de recursos – corte y biselado	124
Tabla 3.6	Asignación de costos a las funciones de corte y biselado	126
Tabla 3.7	Tiempo promedio de las funciones – cilindrado	128
Tabla 3.8	Costo por hora equipos y máquinas cilindrado	130
Tabla 3.9	Costo por hora energía consumida – cilindrado	130
Tabla 3.10	Lista de recursos – cilindrado	131
Tabla 3.11	Asignación de costos a las funciones de cilindrado	132
Tabla 3.12	Tiempo promedio de las funciones – armado de tubos	134
Tabla 3.13	Costo por hora equipos y máquinas armado de tubos	136
Tabla 3.14	Costo por hora energía consumida – armado de tubos	136
Tabla 3.15	Lista de recursos – armado de tubos	137
Tabla 3.16	Asignación de costos a las funciones de armado de tubos	138
Tabla 3.17	Tiempo promedio de las funciones – soldadura de tubos	139
Tabla 3.18	Costo por hora equipos y máquinas soldadura de tubos	141
Tabla 3.19	Costo por hora energía consumida – soldadura de tubos	142
Tabla 3.20	Lista de recursos – soldadura de tubos	143
Tabla 3.21	Asignación de costos a las funciones - soldadura de tubos	144
Tabla 3.22	Tiempo promedio de las funciones – pintura de tubos	145
Tabla 3.23	Costo por hora equipos y máquinas pintura de tubos	147

Tabla 3.24	Costo por hora energía consumida – pintura de tubos	148
Tabla 3.25	Lista de recursos – pintura de tubos	149
Tabla 3.26	Asignación de costos a las funciones - pintura de tubos	150
Tabla 4.1	Disparidad de funciones	157
Tabla 4.2	Identificación de funciones dispares	159
Tabla 4.3	Tiempo promedio de las funciones con mejoras – corte y biselado	185
Tabla 4.4	Lista de recursos con cambios – corte y biselado	187
Tabla 4.5	Asignación de los nuevos costos a las funciones – corte y biselado	188
Tabla 4.6	Costo de las funciones de apoyo – corte y biselado	190
Tabla 4.7	Costo total de la operación de corte y biselado	191
Tabla 4.8	Tiempo promedio de las funciones con mejoras – cilindrado	192
Tabla 4.9	Lista de recursos con cambios – cilindrado	195
Tabla 4.10	Asignación de los nuevos costos a las funciones – cilindrado	197
Tabla 4.11	Costo de las funciones de apoyo – cilindrado	198
Tabla 4.12	Costo total de la operación de cilindrado	199
Tabla 4.13	Tiempo promedio de las funciones con mejoras – armado de tubos	201
Tabla 4.14	Lista de recursos con cambios – armado de tubos	203
Tabla 4.15	Asignación de los nuevos costos a las funciones – armado de tubos	204
Tabla 4.16	Costo de las funciones de apoyo – armado de tubos	205
Tabla 4.17	Costo total de la operación de armado de tubos	206
Tabla 4.18	Tiempo promedio de las funciones con mejoras – soldadura de tubos	208
Tabla 4.19	Lista de recursos con cambios – soldadura de tubos	210
Tabla 4.20	Asignación de los nuevos costos a las funciones – soldadura de tubos	212
Tabla 4.21	Costo de las funciones de apoyo – soldadura de tubos	213
Tabla 4.22	Costo total de la operación de soldadura de tubos	214
Tabla 4.23	Tiempo promedio de las funciones con mejoras – pintura de tubos	215
Tabla 4.24	Lista de recursos con cambios – pintura de tubos	217
Tabla 4.25	Asignación de los nuevos costos a las funciones – pintura de tubos	218
Tabla 4.26	Costo total de la operación de pintura de tubos	219
Tabla 4.27	Comparación de los costos de los subprocesos	220
Tabla 4.28	Comparación de los rendimientos de los subprocesos	221



INTRODUCCIÓN

El presente trabajo trata sobre la aplicación de la Ingeniería de Valor en procesos de manufactura, con su técnica de análisis de las funciones "Diagrama Fast", la cual nos permite observar tal como una radiografía todos los pasos que se ejecutan en un proceso y que muchas veces pasan desapercibidos. Este diagrama es utilizado especialmente en situaciones donde no encontramos datos históricos o información que nos permita realizar un análisis comparativo.

Se utilizó esta técnica en los procesos de una planta metalmecánica, específicamente en uno de sus productos de mayor demanda, el cual presentaba varios problemas de producción y cuyo contrato estuvo a punto de cancelarse por parte del cliente. El equipo de trabajo, realizó un análisis minucioso de las funciones que pertenecían a cada uno de sus subprocesos, con el fin de determinar tiempos, asignar costos y descubrir en que puntos se podía mejorar y cuales debían ser eliminados utilizando el análisis de las funciones según el Diagrama Fast. El objetivo era obviamente aumentar la productividad, disminuir los costos y mantener una buena calidad.

Otro de los objetivos es establecer un método de trabajo, que nos permita analizar cualquier proceso de manufactura utilizando la metodología de trabajo, puesto que al ser una planta metalmecánica el proceso de fabricación puede cambiar de uno a otro, pero la manera de establecerlo y analizarlo debe ser la misma.

CAPÍTULO 1



1. INGENIERÍA DEL VALOR – FUNDAMENTOS TEÓRICOS.

En este capítulo, se describirán todos los fundamentos teóricos de la Ingeniería del Valor y las técnicas que se utilizan para analizar procesos, como se originó, su definición, en que campos se aplica y la forma en que se aplican.

1.1 Ingeniería del Valor.

La Ingeniería del Valor se puede definir como la aplicación sistemática de un conjunto de técnicas que identifican funciones necesarias, establecen valores para las mismas y desarrollan alternativas para desempeñarlas, al mínimo costo posible, manteniendo o elevando la calidad del producto o servicio.

El objetivo de la Ingeniería del Valor es poner a disposición los ejecutivos o dirigentes de empresa, instrumentos para la utilización correcta de sus recursos.

El análisis del valor se lleva a cabo estudiando cada función o actividad que sea necesaria para la producción de bienes y servicios, utilizando un método para identificar y remover costos innecesarios que ocurran en los procesos de elaboración de productos o en la realización de un servicio.

1.2 Técnicas de la Ingeniería del Valor.

Métodos Tradicionales:

Para lograr economías, estos métodos hacen reducción de mano de obra, cambio de materia prima por otras de menor costo, etc., descuidando la calidad.

Análisis del Valor:

El análisis o la ingeniería del valor sirve para identificar actividades o tareas interrelacionadas como en un proceso de producción, prestación de un servicio, etc.

Cada actividad o tarea tiene una razón de ser, de estar presente. Y así como se descompone un producto, se detalla un proceso, para apreciar mejor la forma de mejorarlo.

Las dos palabras claves en el análisis del valor son:

Función: Principal finalidad del producto, sistema o servicio.

Valor: Lo mínimo a ser gastado para producir un producto y/o servicio tal como lo requiere el cliente sin descuidar la calidad del mismo.

La mayoría de las veces los empresarios creen, que mayor será el valor de un producto, cuanto menor sea el costo con el cual es producido y cuanto mayor sea el beneficio obtenido, es decir siempre buscan el aumento de la rentabilidad, lo que es lógico, pero lo hacen reduciendo sistemáticamente los costos ya sea cambiando la materia prima, disminuyendo el personal, etc, olvidándose de la calidad del mismo y las necesidades del cliente.

Mientras que, para el cliente el valor se concentra en cuatro aspectos:

Precio de la mercadería, cantidad disponible en el mercado, funciones deseadas y calidad.

Esto quiere decir, que de nada sirve disminuir costos en alguna forma, si se olvidan las necesidades del cliente, porque a largo plazo, cuando el producto sea rechazado en el mercado, el costo será mucho mayor generando pérdidas.

1.3 Qué es el Diagrama Fast

FAST (Function Analysis System Technique) o Técnica del Sistema de Análisis de Funciones, es el diagrama representativo del análisis o ingeniería del valor, desarrollada para el establecimiento del orden o jerarquía de funciones, la cual nos permite descubrir las oportunidades y debilidades que tiene un proceso de manufactura o un sistema de servicios y establecer las mejores alternativas en función de los costos, calidad y rapidez de los mismos.

Para su construcción utiliza la lógica, empezando con la pregunta *¿cómo?* para determinar la jerarquía de las funciones de mayor a menor importancia, y la pregunta *¿por qué?* para confirmar la lógica elegida.

Precio de la mercadería, cantidad disponible en el mercado, funciones deseadas y calidad.

Esto quiere decir, que de nada sirve disminuir costos en alguna forma, si se olvidan las necesidades del cliente, porque a largo plazo, cuando el producto sea rechazado en el mercado, el costo será mucho mayor generando pérdidas.

1.3 ¿Qué es el Diagrama Fast?

FAST (Function Analysis System Technique) o Técnica del Sistema de Análisis de Funciones, es el diagrama representativo del análisis o ingeniería del valor, desarrollada para el establecimiento del orden o jerarquía de funciones, la cual nos permite descubrir las oportunidades y debilidades que tiene un proceso de manufactura o un sistema de servicios y establecer las mejores alternativas en función de los costos, calidad y rapidez de los mismos.

Para su construcción utiliza la lógica, empezando con la pregunta *¿cómo?* para determinar la jerarquía de las funciones de mayor a menor importancia, y la pregunta *¿por qué?* para confirmar la lógica elegida.



1.4 La Evolución del Diagrama Fast.

Charles Bytheway trabajó para la compañía Sperry-Univac en SALT Lake City y formó parte de un grupo de manufactura, lo cual le permitió tener contacto con el análisis del valor a principios de la década de los 60 . Le gustó el sistema de la identificación de funciones pero le molestó la dificultad para llegar a un acuerdo sobre cual era la función básica de un componente o un grupo de componentes. A raíz de esto, desarrolló un concepto y lo denominó **FAST** (Técnica del Sistema de Análisis de Funciones). Presentó su concepto en 1965 durante la Conferencia de la Society of American Value Engineering en Boston y recibió el premio más importante que otorga la sociedad, el premio Larry D. Miles.

Bytheway empezó a colocar las funciones de un proceso en un formato horizontal y haciendo continuamente la pregunta ¿Cómo? colocó las funciones de una jerarquía superior en el lado izquierdo del diagrama y las funciones de menor jerarquía en el lado derecho. La pregunta ¿Por qué? Le sirvió para verificar la lógica. Las preguntas ¿Cómo? obligaron a una respuesta más específica o una solución de lo abstracto hacia



soluciones muy específicas. Las preguntas ¿Por qué? son más difíciles de contestar, porque requieren de un cambio en la manera de pensar de una función específica.

De 1965 a 1975, desarrollaron sus propias versiones de la Técnica FAST. Dos de ellos fueron Wayne Ruggles, el vicepresidente de Value Análisis. Inc. y Thomas J. Snodgrass presidente de Value Standards Inc. Ambos escucharon la ponencia de Charles Bytheway en 1965, y los dos estaban trabajando con clientes y tratando de encontrar maneras de identificar las funciones y su jerarquía en una amplia variedad de productos de manera clara y ordenada. Wayne Ruggels, con la ayuda de J.K. Foulkes y de John Groothuis, refinó y trabajó en el método que posteriormente denominaron "Technically Oriented FAST Diagramming" (Diagrama Fast Orientado a la Técnica). En la mayoría de los casos, los proyectos que se utilizaron fueron componentes y grupos de componentes de un producto mayor. Los antecedentes del producto de Snodgrass determinaban que el cliente o el usuario jugaban un papel clave en cualquier tipo de diagrama.

Las aplicaciones de su firma fueron casi en su totalidad productos, sistemas o diseños de construcción completos. Theodore Fowler se unió a la compañía Value Standards, Inc. en 1972, él junto con Snodgrass, depuró el procedimiento y reportó los resultados en una ponencia que ambos presentaron en Detroit en el otoño de 1972.

El elemento común en todas las variaciones del diagrama Fast fue el uso de la pregunta, **¿Como?** Para determinar la jerarquía de las funciones de mayor a menor, y la pregunta **¿Por qué?** para confirmar la lógica de la elección. En otras palabras, una función tenía que contestar ambas preguntas.

1.5 La filosofía del Diagrama Fast.

James Ferguson miembro de SAVE, antiguo ejecutivo de Ingeniería del Valor y de la Corporación de Ingenieros y actualmente consultor de Ingeniería del Valor, explica la filosofía del Diagrama Fast.

“Mucho tiempo antes de que se establecieran las reglas y los principios de la poesía, sabios y poetas escribían intuitivamente

buena poesía. A la gente le gustaba lo que oían o leían y se preguntaban ¿Cómo puedo escribir poesía?". Para satisfacerlos los poetas escribieron unos cuantos principios generales, los semipoetas se agarraron de estos principios y los expandieron, explicaron y subdividieron en lo que hoy en día se conoce como las reglas de la composición poética. Sin embargo, recuerde que todavía hoy en día los buenos poetas escriben buena poesía haciendo lo que sea necesario, no violan las reglas sino que las trascienden. Lo mismo sucede con el análisis de funciones. El poeta del Diagrama Fast a quien se le adjudican los laureles. Charles Bytheway, refleja esa misma tendencia en los artículos que ha escrito a través de los años.

Antes de que se desarrollara el diagrama FAST escribió " Ahora no conozco otra manera mejor de investigar un problema que hablando acerca de todas las partes y fragmentos de ese problema. El tiempo que se dedica a discutir el problema será resuelto muchas veces más si se hace correctamente. Los miembros de un equipo entienden con más claridad sus proyectos, conocen mejor las cualidades y capacidades de los

demás miembros del equipo y descubren muchos factores que se deberían considerar al recomendar una solución aceptable.

Su primer artículo de Fast apareció en 1965 y en parte explicó su manera de pensar intuitiva, siguiendo la lógica de “¿Como- Por qué?”. Por lo tanto el Diagrama Fast cuando se aplica apropiadamente, es más que una ciencia, un arte que revela ,como ningún otro, diversas manera para mejorar el análisis del valor, ya que a través de la lógica estimula nuestra imaginación y nuestra creatividad.

1.6 Clasificación del Diagrama Fast.

El Diagrama FAST se clasifica en dos tipos:

- El Diagrama Fast orientado a la Técnica
- El Diagrama Fast orientado a la Tarea

Su construcción, aunque es muy similar depende del tipo de enfoque.

1.7 El Diagrama Fast orientado a la Técnica.

1.7.1. Definición

El diagrama FAST orientado a la técnica representa una situación específica de análisis por lo general con un tamaño limitado. La situación o el proyecto podría ser un equipo o una parte de un diseño de construcción. El FAST orientado a la técnica es un método excelente para las aplicaciones de procedimiento o procesos de manufactura. A menudo existen requisitos específicos o aplicaciones que se deben cumplir. Como su nombre lo dice tiende a utilizar términos o funciones orientados a actividades técnicas. Por lo general los mejores diagramas FAST orientados a la técnica representan una porción de la totalidad de un producto, un proceso o un sistema que sirve a los clientes o usuarios finales.

1.7.2. Componentes.

Para poner en práctica la Técnica Fast, en cualquier proceso, es importante definir primero las funciones

necesarias para construir el diagrama y éstas son las siguientes:

- **Preguntas Lógicas ¿Cómo? - ¿Porqué?.-** Estas preguntas nos van a permitir jerarquizar las funciones, empezando por la función de jerarquía superior con la pregunta **¿Cómo?** hasta llegar a la función causal y, siguiendo en sentido contrario se comprueba esta lógica haciendo la pregunta **¿Por qué?**, empezando por la función causal hasta llegar a la función de jerarquía superior.
- **La Línea de Alcance.-** Son las que limitan el problema de estudio y por lo tanto nos permite saber hasta dónde llega nuestro análisis, por tal motivo la función causal nos indica el punto de partida y la función de orden superior la meta que tenemos que alcanzar, por eso se encuentran fuera de la línea de alcance.



- **Función de Orden Superior.**-Es la función que nos indica cual es el fin o la meta que tenemos que conseguir con el análisis que realizamos mediante el Diagrama Fast, y es a partir de esta función que se debe poner en práctica la lógica ¿Cómo? – ¿Porqué?, su posición en el diagrama es al lado izquierdo de la línea de alcance.
- **Función Básica.**- Es el objetivo principal del producto que analizamos y su validez se verifica siguiendo la lógica ¿Cómo? – ¿Porqué?, la respuesta a la pregunta: ¿Cómo llevar a cabo la Función de Orden Superior?, debe ser la Función Básica, y viceversa la respuesta a la pregunta: ¿Por qué se ejecuta la Función Básica?, debe ser la Función de Orden Superior. “Entiéndase por producto en Diagrama Fast al asunto que se analiza”.
- **Funciones Secundarias o Funciones del Camino Crítico.**- Son todas las funciones que se deben ejecutar para lograr la función básica. Se colocan

después de la misma hasta la línea de alcance derecha y tienen que cumplir con la lógica ¿Cómo? – ¿Porqué? se recomienda de 3 a 5 funciones secundarias para un mejor estudio.

- **Funciones de Apoyo.-** Son aquellas que no tienen que seguir la lógica ¿Cómo? y ¿Por qué?, y se clasifican en funciones de diseño, funciones que se dan todo el tiempo y funciones causadas por o de igual tiempo.
- **Funciones de diseño.-** Son las funciones que especifican las características técnicas o de diseño que tiene que cumplir un producto para lograr la meta propuesta. Se colocan en la parte superior izquierda del diagrama.
- **Funciones que se dan todo el tiempo.-** Son todas las acciones que se deben considerar en todas las funciones del camino crítico. Se colocan en la parte superior derecha del diagrama.

- **Funciones causadas por o de igual tiempo.-** Son las funciones que se generan de cada una de las funciones del camino crítico y se colocan en la parte inferior después de cada una de estas.
- **Función Causal.-** Es la función a partir de la cual se originan las funciones del camino crítico. Es la respuesta a la pregunta ¿Cómo? de la última función secundaria o del camino crítico. Se coloca al lado derecho de la línea de alcance.

Un Diagrama Fast no está completo si falta alguno de los componentes anteriormente mencionados.

1.7.3. Construcción del Diagrama Fast Orientado a la Técnica.

Función de Jerarquía Superior y Función Básica.

El método llamado Tec-Fast empieza con el título del proyecto y dos líneas de alcance. Las dos líneas de alcance contienen todo lo que ejecuta el proyecto

escogido. La línea izquierda de enfoque, divide la función básica o la función esencial del proyecto de la función de jerarquía superior. La función básica se coloca a mano derecha de la línea izquierda de alcance y la función de jerarquía mayor a mano izquierda. La relación entre la función de jerarquía mayor y la función básica se determina por medio de la pregunta: **¿Por qué** la función que aparece como una función básica viable se lleva a cabo de esa manera?. La respuesta debe ser la función de jerarquía superior. La prueba de lógica debe completarse con la pregunta **¿Cómo** se lleva a cabo la función de jerarquía mayor? La respuesta lógica debe ser la función que aparece como función básica viable.

"Una manera de comprobar que la función de jerarquía superior es la correcta es haciendo la pregunta **¿ Por qué** se lleva a cabo dicha función?, si la respuesta está fuera de los límites de estudio es la correcta, caso contrario puede ser cualquier otro tipo de función pero no de orden superior."

FUNCIÓN DE ORDEN SUPERIOR Y FUNCIÓN BÁSICA

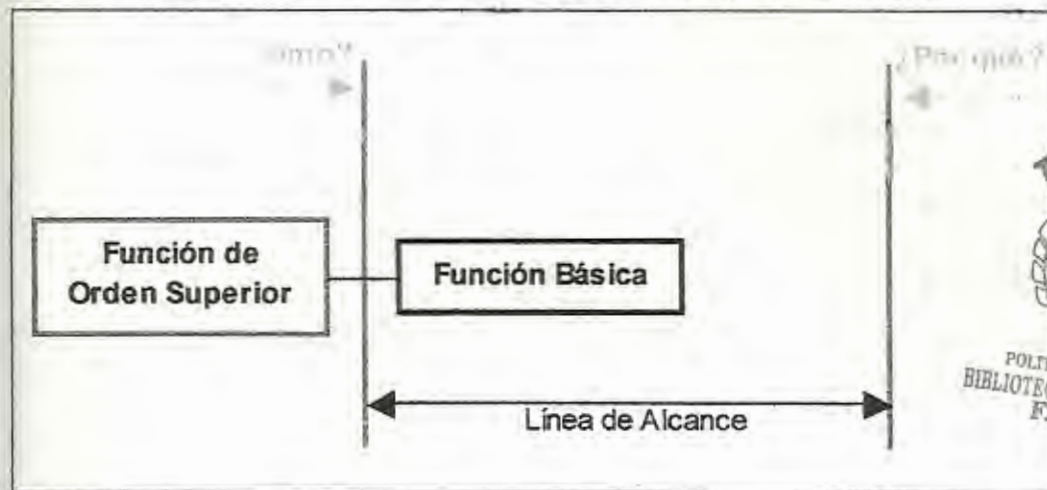


FIGURA 1.1 Función de Orden Superior v Función Básica

EL Camino Crítico o Funciones Secundarias Requeridas y la Función Causal.

Quando se ha verificado la función básica, se identifican las funciones secundarias restantes requeridas, la primera de ellas es la respuesta a la pregunta ¿Cómo se lleva a cabo la función básica?, y las siguientes se las determina utilizando la lógica ¿Cómo-Por qué? . Se debe tratar de limitar de tres a cinco la cantidad total de funciones que dentro de la línea de alcance contesten a la pregunta “¿Cómo-Por qué?”. Este conjunto de funciones conforma el **Camino Crítico**, todavía es necesario confirmar la función secundaria requerida

colocada a la izquierda de la línea de alcance derecha. Al hacer la pregunta “¿Cómo?” la respuesta será una función viable exterior. La función exterior se denomina ***Función Causal*** ya que realmente empieza el camino crítico hacia la función básica y las funciones de jerarquía superior.

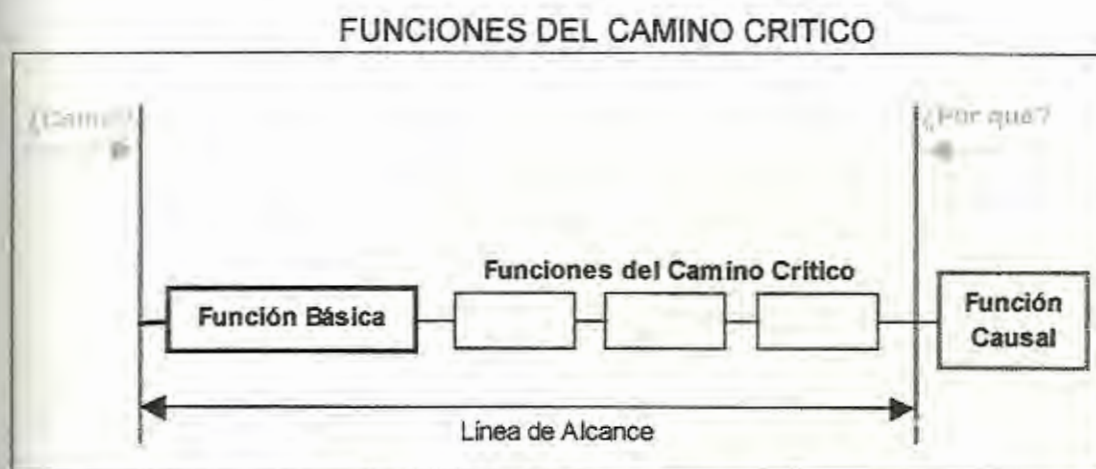


FIGURA 1.2 Funciones del Camino Crítico v Función Causal

Funciones de Apoyo.

El último grupo de funciones son las funciones de apoyo. Existen tres tipos. El primero, las funciones “*causadas por*” o “*de igual tiempo*”, se conectan directamente a una función del camino crítico. Son el resultado de las

características del desempeño de funciones particulares del camino crítico y funcionan como modificadores. El segundo tipo, *“que se dan todo el tiempo”*, son funciones que modifican dos o mas funciones del camino crítico.

Finalmente las *funciones de diseño* representan las especificaciones que se añaden al diseño, y por lo general las añaden personas ajenas en lugar del diseñador, la persona o el grupo que desarrolla u opera el proceso, etc.

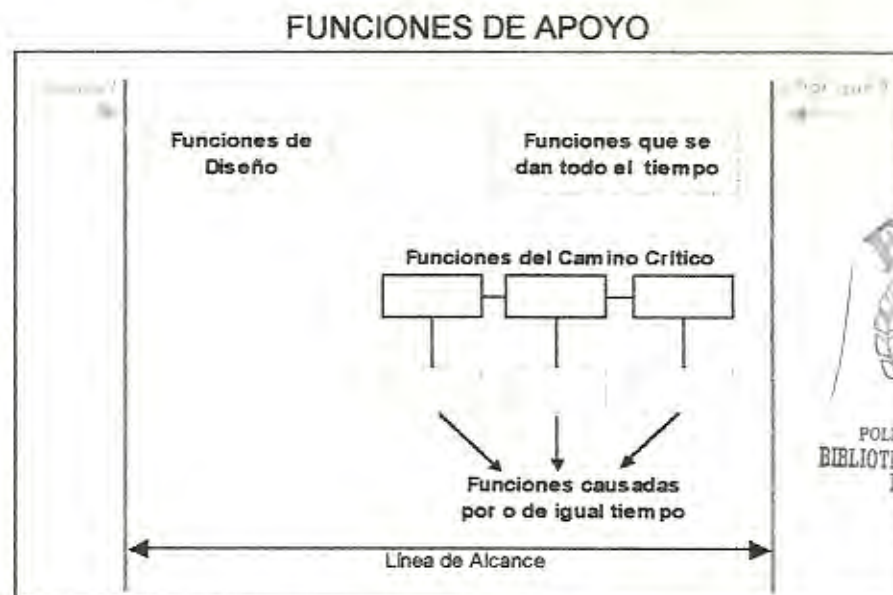


Figura 1.3 Funciones de Apoyo



DIAGRAMA FAST ORIENTADO A LA TÉCNICA

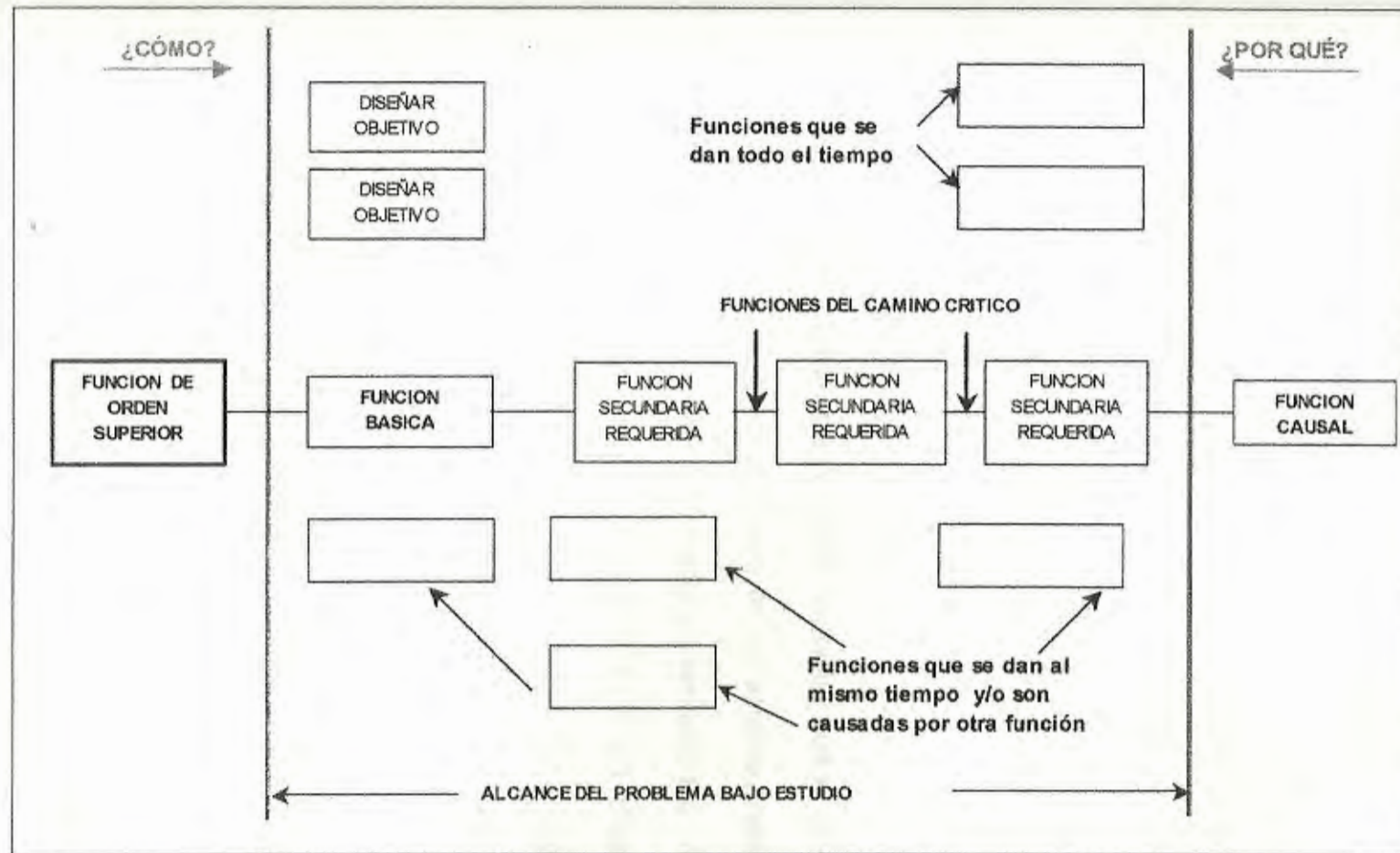


FIGURA 1.4 Diagrama Fast Orientado a la Técnica

1.8 El Diagrama Fast Orientado a la Tarea.

1.8.1. Definición.

Los diagramas FAST orientados a la Tarea empezaron con la segunda generación de practicantes en el campo de la ingeniería de valor. Este método hace énfasis en el hecho de que el éxito no se puede alcanzar a menos de que se conozcan las necesidades y deseos del usuario/propietario, se entiendan y se satisfagan. El FAST orientado a una Tarea establece que el usuario o cliente juega un papel clave en el establecimiento del valor, por lo tanto, ve al producto, servicio, etc., de una manera total, y de él se pueden esperar un número de funciones básicas interdependientes que son necesarias para ejecutar la tarea requerida por el usuario/cliente.

1.8.2. Componetes.

Los componentes para llevar a cabo la construcción del diagrama FAST orientado a la Tarea, son los siguientes:



- **Función de Jerarquía Superior.-** Se define como la necesidad del cliente, es la razón por la cual el producto o servicio existe.

- **Línea de Alcance.-** Limita el proyecto.

- **Preguntas Lógicas ¿Cómo? ¿Por qué?**

- **Funciones Básicas.-** Son el propósito o el objetivo principal de la tarea y se clasifican en Primarias y Secundarias.

- **Funciones de Apoyo.-** Ayudan a que el producto se venda, se clasifican en:
 - Funciones que aseguran comodidad
 - Funciones que aseguran confiabilidad
 - Funciones que satisfacen al usuario
 - Funciones que atraen al usuario

1.8.3. Construcción del Diagrama.

Al igual que en el FAST técnico, en el FAST orientado a una tarea hay pasos específicos a seguir para su desarrollo.

El primer paso, consiste en listar todas las funciones del proyecto.

El segundo paso, es separar las funciones identificadas en funciones básicas y funciones de apoyo. Para hacer esto, es necesario definir estos dos tipos de funciones.

Las funciones básicas son aquellas que son esenciales para el desempeño de la Tarea, sin la función básica el producto, sistema, etc., no funcionará. Las funciones básicas primarias son las que están conectadas directamente con el lado derecho de la línea de alcance, y las funciones básicas secundarias son las que salen de la rama de las primarias.



Las funciones de apoyo, si bien no son esenciales, son extremadamente importantes para lograr la aceptación del cliente y vender el producto o servicio. Existen cuatro funciones de apoyo primarias: asegurar comodidad, asegurar confiabilidad, satisfacer al usuario, y atraer al usuario.

El tercer paso, incluye la determinación de las funciones básicas primarias o de aquellas que están directamente a la derecha de la línea de alcance. La Tarea en el diagrama FAST se define como la necesidad del cliente. Es la razón por la cual el producto o servicio existe, y el cliente debe anticipar o entender esta necesidad para que el producto, servicio, etc., tenga valor. Estas funciones básicas primarias son interdependientes y, nuevamente, son esenciales para el desempeño de la Tarea. Una vez que se han identificado las funciones básicas, se hace la pregunta "¿Cómo?" para cada una de las funciones básicas primarias. Con frecuencia, las posibles respuestas a la pregunta "¿Cómo?" se encontrarán en las ramas de expansión. Estas son las

funciones básicas secundarias. Deben existir dos o más funciones básicas secundarias para justificar la ramificación de la función primaria. Esta regla también afecta futuras ramificaciones al tercer nivel.

FUNCIONES BÁSICAS PRIMARIAS Y SECUNDARIAS

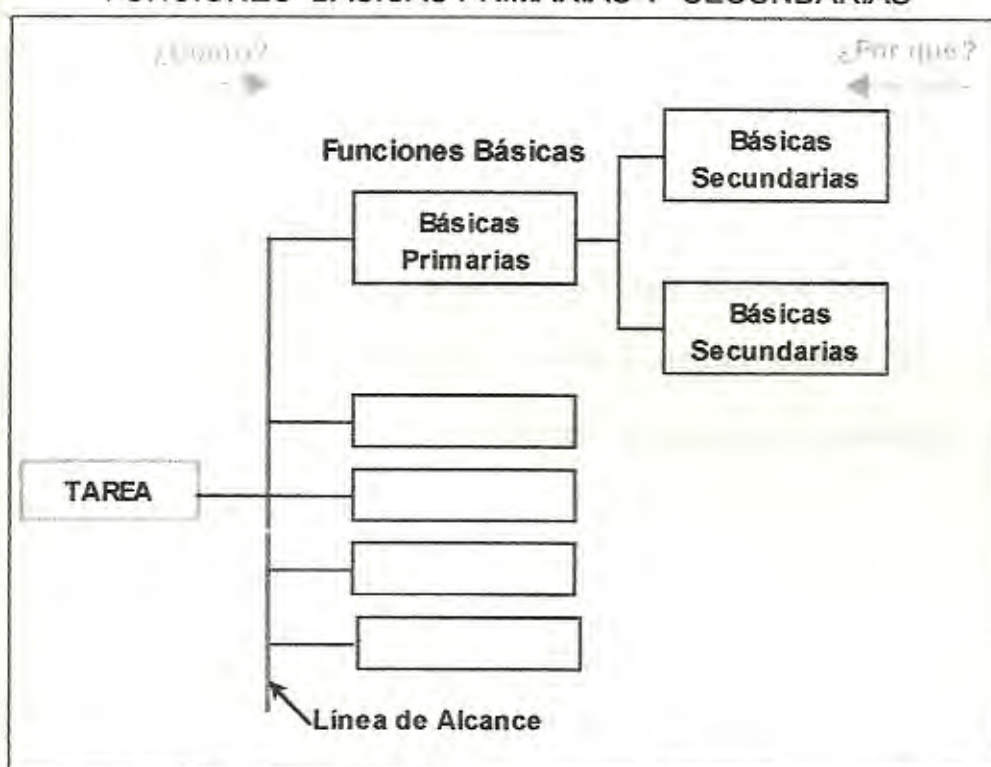


FIGURA 1.5 Funciones Básicas Primarias y Secundarias - D. Tarea

El cuarto y último paso, es agrupar las funciones restantes en cuatro grupos de funciones de apoyo

primarias. Cada una de estas funciones tiene categorías específicas asignadas a ellas.

Las funciones de apoyo juegan un papel importante en los productos. Los ingenieros estructurales, por ejemplo, se concentran principalmente en las funciones básicas, con un gran énfasis en la función de apoyo primaria, **Asegurar confiabilidad**. Los ingenieros mecánicos y electricistas ponen más atención en la función de apoyo, **Asegurar comodidad**, mientras que las ideas de los arquitectos satisfacen tanto la función básica como las funciones de apoyo, **Atraer al usuario y Satisfacer al usuario**.

Las características que deben tener las funciones de apoyo, son las siguientes:

Asegurar Comodidad

Encontramos funciones que:

- Contribuya a arreglos de espacio
- Facilite el mantenimiento y las reparaciones

- Proporcione instrucciones y direcciones al usuario

Asegurar Confiabilidad

- Funciones que hagan ver a un producto/estructura más fuerte en opinión del diseñador y los códigos aplicables.
- Sea más seguro de usar, proteja al usuario.
- Alargue la vida de estructura/producto y minimice los costos de mantenimiento.
- Asegure la confiabilidad de la operación.
- Proteja al ambiente.

Satisfacer al usuario

- Modifique la función básica: más rápida, más pequeña, más ligera
- Ofrezca confort.
- Sea deseada por el propietario/usuario.
- Sea fácil de usar.
- Que reduzca el ruido.

Atraer al usuario

- Enfatice el aspecto visual.
- Proyecte una imagen favorable.
- Haga ver a un producto o estructura más fuerte en la opinión del usuario/cliente.
- Utilice un material o método que el propietario o usuario prefiere.

Las funciones de apoyo secundarias se ramifican a la derecha de las funciones de apoyo primarias cuando se aplica la pregunta “¿Cómo?”. Otra vez, deben existir dos o más funciones secundarias para justificar la ramificación. Algunas veces hay hasta cuatro niveles de ramificación de la función de apoyo primaria.



FUNCIONES DE APOYO

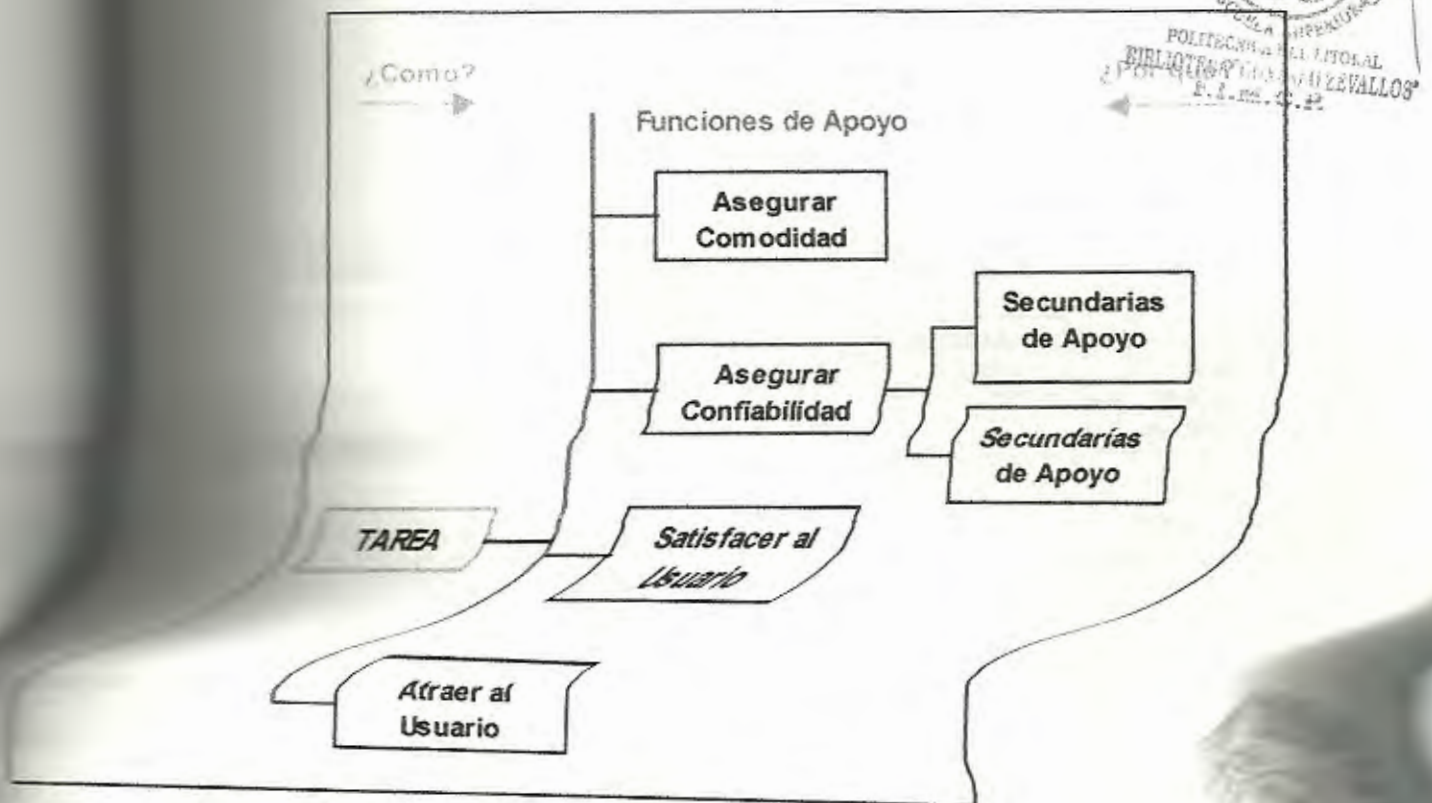


FIGURA 1.6 Funciones de Apoyo - D. Tarea

DIAGRAMA FAST ORIENTADO A LA TAREA

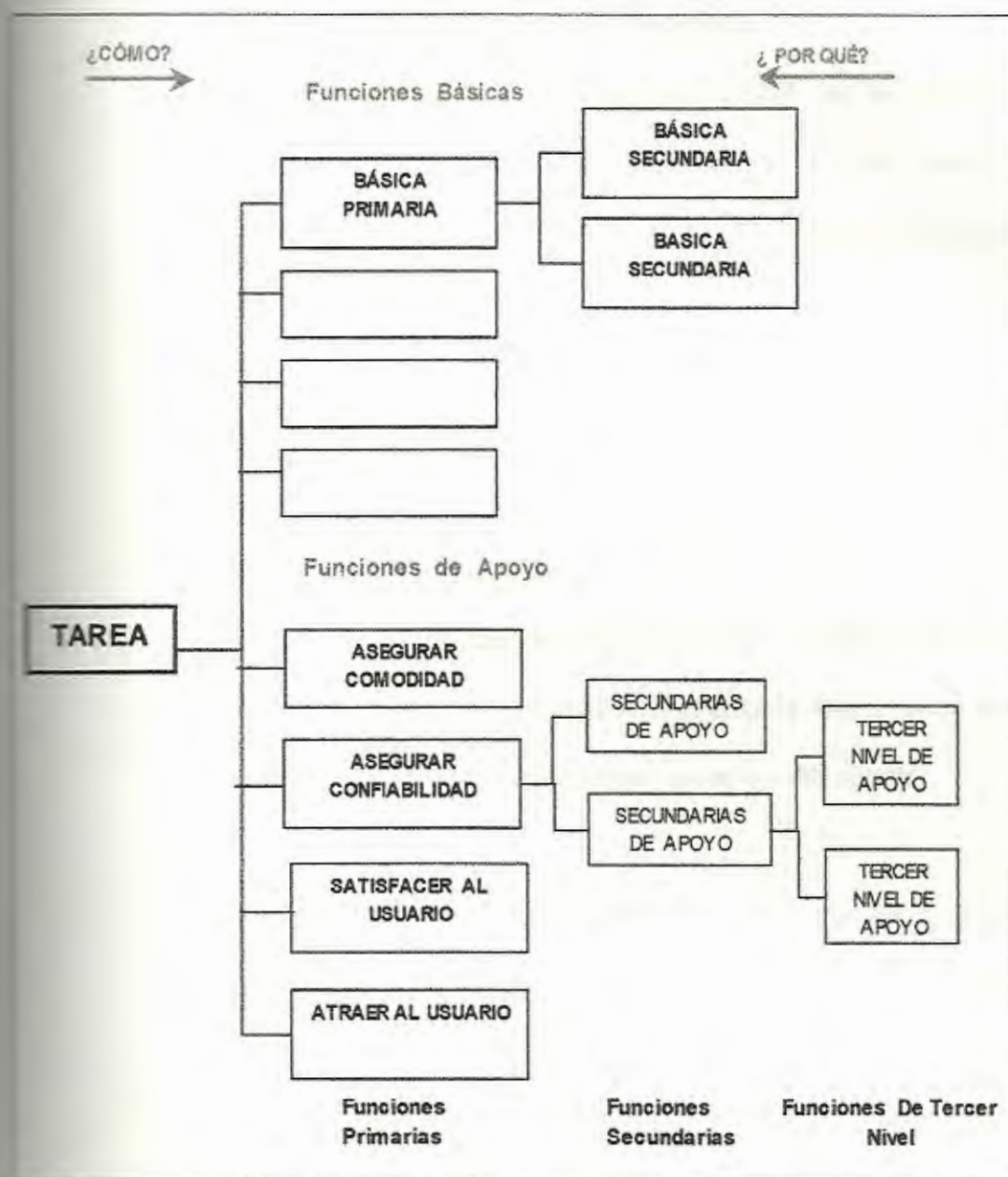


Figura 1.7 Diagrama Fast Orientado a la Tarea

1.9 Reglas Generales de los Diagrama Fast.

Con la formación de los diagramas FAST se establecieron reglas para ayudar a los equipos y a las personas independientes a construir ambos formatos de los diagramas FAST.

Todos los diagramas FAST deben incluir una línea de alcance del lado izquierdo del diagrama. La línea de alcance limita el proyecto. La jerarquía mayor de funciones debe colocarse a la izquierda de la línea de alcance. En el diagrama FAST orientado a una tarea, la función de jerarquía mayor debe estar constituida por las necesidades del usuario y del cliente.

La pregunta *¿Cómo?* se contesta por medio de las funciones al lado derecho de la función a prueba. La efectividad del Camino Crítico en el FAST orientado a la técnica se mejora substancialmente al limitar a cinco la cantidad de funciones secundarias. Usualmente se incluyen de tres a cuatro funciones.

1.10 Resumen

El Resumen de Ferguson describe distintivamente siete factores principales en el diagrama Fast.

1.- El diagrama Fast orientado a la técnica es un método de análisis de funciones estructurado que da como resultado la definición de la función básica, el establecimiento de las funciones del camino crítico, de las funciones de apoyo y de las funciones que son innecesarias.

2.- Los diagramas Fast deben construirse a un nivel lo suficientemente bajo para que sean útiles, pero lo suficientemente alto para que sirvan al propósito de buscar con creatividad métodos alternos.

3.- Los diagramas Fast son excelentes herramientas para comprender, controlar y manejar un sistema.

4.- El procedimiento Fast será útil únicamente si se lleva a cabo un pensamiento ordenado paso a paso. El valor de esta técnica no es registrar lo obvio sino la extensión del

pensamiento mas allá de los hábitos usuales a medida que el proyecto progresa. Los diagramas Fast que se construyan al principio posiblemente no cumplan con la lógica del **¿Como y Por qué?**, debido a que se requiere de un pensamiento adicional para que todo llegue a un acuerdo. Sin embargo cuando se es persistente y se insiste en que se siga la lógica, se descubrirá que la comprensión habrá aumentado y la creatividad ha conducido a caminos que de otra manera no se hubieran seguido. Si la lógica del **¿Cómo y Por qué?** no se satisface, significa ya sea que falta una función o que la función que se investiga es una función de apoyo y no es parte del camino crítico.

5.- La única razón para el uso del análisis funcional extensivo es corregir el factor de ignorancia, para lograr observar el proyecto como realmente es. Ya que se haya llevado a cabo un análisis funcional extensivo, en un proyecto dado podemos ver rápidamente que la única razón que existe para que se efectuara la función de jerarquía menor, es porque una función de jerarquía mayor provocó que existiera. En esencia cuando se establezca una de esas relaciones

funcionales que visualmente se presenta en el diagrama Fast, se corrige el factor de ignorancia y se abre la puerta a una mayor creatividad.

6.- Cuando se asignan los costos en el diagrama Fast, se obtiene un grado de visibilidad de costos que causa la interacción entre los miembros del equipo y da como resultado la eliminación de costos de funciones innecesarias.

7.- Lluvia de ideas para el diagrama. Como un final estimulante y creativo, determine por medio del uso de la creatividad e imaginación, si una función dada se puede modificar para que desempeñe varias funciones.

Los párrafos anteriores hacen énfasis en el hecho de que los diagramas FAST, son tan variados como las personas que lo crean, por lo tanto las reglas para su preparación y técnicas que se utilizan son flexibles. Sin embargo, todas ellas son paralelas a las reglas básicas generales y en cuanto más se conozca la construcción de los diagramas FAST, mejor se aprenderá a refinarlas según las necesidades específicas de cada cual.



CAPITULO 2

2. SELECCIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS PRODUCTOS DE MAYOR RELEVANCIA.

En este capítulo describiremos la situación actual de la planta, para lo cual se empezará primero por detallar los antecedentes e historia de la empresa, luego se conocerán los tipos de producto que se fabrican y se los agrupará por familias, seguidamente se analizará su demanda con el fin de jeraquizarlos de mayor a menor importancia, y escoger el primero, para analizar detalladamente su proceso de fabricación en los capítulos posteriores utilizando la técnica del diagrama Fast que se menciona en el capítulo 1. Finalmente se describirán los procesos de los productos más importantes de cada familia.

2.1 Antecedentes e Historia de la Empresa.

La empresa que será objeto de estudio es de construcción metalmecánica dedicada al diseño y construcción de proyectos industriales.

La misión que persigue la empresa es la de proveer a las industrias del país, la infraestructura necesaria para lograr su desarrollo, tales como galpones, tuberías, vigas, silos, tanques de almacenamiento, puentes grúas etc. de gran calidad y a un precio competitivo.

La empresa en mención comenzó como un taller que se dedicaba solo a la construcción de estructuras simples o pequeñas, pero con el paso del tiempo fue adquiriendo máquinas industriales como soldadoras MIG, Arco Sumergido, Roladora, Plegadora, Equipos de corte, etc., convirtiéndose actualmente en una empresa cuyas actividades van desde el diseño del proyecto, la selección de los materiales, construcción y montaje.

Actualmente cuenta con 80 obreros que laboran en planta y 20 personas a nivel técnico y administrativo.

Se desarrollan proyectos tanto para empresas privadas, como para la empresa pública y precisamente por este crecimiento, la gerencia permitió que se evaluaran los procesos de la empresa con el fin de llegar a ser una empresa competitiva en el mercado.

2.2 Clasificación de los productos elaborados por la empresa.

Como hemos mencionado anteriormente, la empresa en estudio realiza una serie de proyectos destinados para la industria en general. Entre los productos más importantes podemos mencionar:

- Tuberías en acero al carbono para pilotes, transporte de fluidos o gases a partir de 400 mm de diámetro y con espesores entre 4 y 25 mm.
- Carretes metálicos con alas laterales de 1900 mm de diámetro, utilizados para enrollar cables y soportar una carga de 3000 Kilos.

- Vigas tipos I o H que pesan entre 300 y 1000 kilos aproximadamente, utilizadas en la construcción de edificios.
- Vallas plegadas o redondas con columnas de hasta 12 metros libres y paneles de 4X10 metros, estos pueden ser con dos caras o simple.
- Estructuras para almacenamiento como perchas.
- Estructuras para galpones de 8, 10, 15 metros de luz.
- Baldes para todo tipo de carga, capacidad: 8, 12, 16, 20 y 25 m³.
- Tanques de almacenamiento para diferentes tipos de fluidos como: asfalto, combustible, agua, líquidos químicos, petróleo, etc.

Para un mejor análisis se ha clasificado a todos los productos en tres grupos o familias que se describirán a continuación.

a) **Familia 1: Calderería**

En esta familia podemos encontrar los productos que sirven para transportar o almacenar fluidos ya sea a presión o simplemente almacenarlos. Por lo tanto podemos mencionar en esta familia:

- Tuberías: las cuales se fabrican con sus respectivas bridas o codos según las especificaciones requeridas.
- Tanques de almacenamiento: pueden ser para agua, asfalto o combustibles, en diferentes dimensiones, horizontales o verticales.
- Silos: los cuales sirven para almacenar granos, pueden ser de transición, codos, reducción, etc.

b) **Familia 2: Vallas**

Se la ha considerado como otra familia por su gran demanda. El análisis de resistencia de las vallas es muy importante ya que debe resistir la carga del viento. Las vallas se ensamblan en el lugar indicado por el

cliente en 4 o 5 horas. Dependiendo de los requerimientos del cliente las vallas pueden ser:

- Vallas con columnas de 12 metros libres.
- Vallas de una cara o dos, los paneles miden 4 X 10 metros.
- Vallas con dos pisos, quiere decir dos paneles uno sobre otro.
- Vallas especiales ej. 4 columnas y panel de 40 mts de longitud.

c) Familia 3: Estructuras

En este grupo encontramos los proyectos de mayor variedad pero sobre todo, aquellos que tienen que ser ensamblados o montados en el sitio destinado por el cliente. Podemos mencionar en este grupo:

- Vigas: generalmente se construyen I o H en varias medidas cuyo peso en promedio está entre los 300 y 1000 kilos por cada una.

- Estructuras para galpones: en diferentes dimensiones de luz, los galpones se dividen en columnas, serchas y cubiertas las cuales se fabrican en planta y se ensamblan en sitio.
- Varios, son productos eventuales como: baldes para volquetas, carretes, etc.

2.3 Selección de los productos de mayor demanda y rentabilidad.

Determinaremos cuales son los productos de mayor importancia en base a la demanda de los mismos en el año comprendido entre Nov. 2001 a Nov. 2002 y al impacto económico que tengan sobre la empresa.

Se considera la demanda de acuerdo a la producción que se ha tenido en planta.

a) Familia No 1: Calderería.

En la tabla 2.1 que se muestra a continuación, se observa la producción de tuberías, tanques y silos, primero por kilos producidos y luego por unidades.

DEMANDA DE PRODUCTOS - CALDERERÍA

Año Producción	Kilos Producidos			Cantidades Producidas		
	Tuberías	Tanques	Silos	Tuberías	Tanques	Silos
Nov-01	170,312.34	0.00	0.00	48	0	0
Dic-01	205,706.52	0.00	250,000.00	55	0	1
Ene-02	515,879.17	0.00	250,000.00	154	0	1
Feb-02	765,562.08	0.00	0.00	213	0	0
Mar-02	796,901.92	0.00	0.00	216	0	0
Abr-02	358,854.45	250,000.00	0.00	92	1	0
May-02	319,124.77	250,000.00	0.00	94	1	0
Jun-02	285,816.95	0.00	0.00	96	0	0
Jul-02	232,562.90	0.00	250,000.00	96	0	1
Ago-02	289,841.70	0.00	250,000.00	95	0	1
Sep-02	324,762.39	320,000.00	0.00	89	1	0
Oct-02	308,101.08	0.00	0.00	95	0	0
Nov-02	315,825.06	0.00	0.00	90	0	0
Promedio	376,096.26	63,076.92	76,923.08	110.23	0.15	0.15

Tabla 2.1 Demanda de Productos - Calderería

Como podemos observar, el producto de mayor demanda por su producción en kilos, es la fabricación de tuberías, en segundo lugar los silos y en tercero la fabricación de tanques.

Gráficamente, lo podemos observar en la tabla 2.2 que se muestra a continuación.



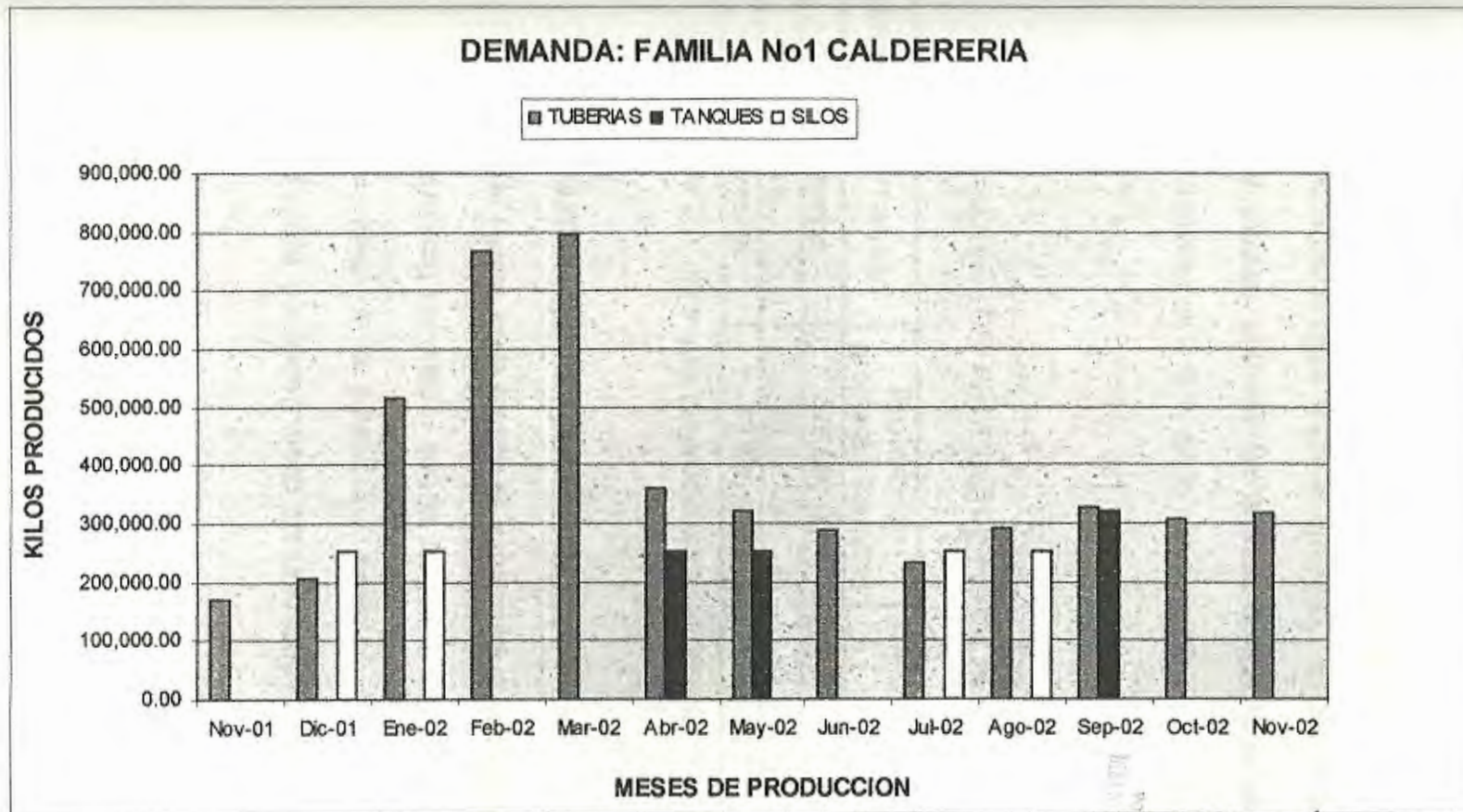
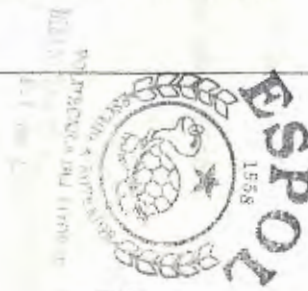


Tabla 2.2 Cuadro comparativo - Calderería



Lógicamente al ser la fabricación de tuberías uno de los productos con mayor producción, es el que más impacto económico tiene sobre la empresa. El precio de venta al público por kilo de fabricación de tuberías está alrededor de \$ 0.15 \$/kilo en promedio.

JERARQUÍA DE PRODUCTOS - CALDERERÍA

Jerarquia	Producto	Producción promedio mensual	Unidades promedio mensual
1	Tuberías	376,096.26	110.23
2	Silos	76,923.08	0.15
3	Tanques	63,076.92	0.15

Tabla 2.3 Jerarquía de productos - Calderería

b) Familia No 2: Vallas Publicitarias.

Tal como en la familia de calderería, a continuación se presenta un cuadro con la demanda por tipo de vallas en base a la producción mensual de las mismas, primero por kilos y luego por unidades producidas.



DEMANDA DE PRODUCTOS - VALLAS

Año Producción	Kilos Producidos Vallas		Cantidades Producidas	
	Plegadas	Redondas	Plegadas	Redondas
Nov-01	5,875.00	0.00	25	0
Dic-01	4,700.00	0.00	20	0
Ene-02	5,875.00	0.00	25	0
Feb-02	4,700.00	2,350.00	20	10
Mar-02	7,050.00	0.00	30	0
Abr-02	9,400.00	0.00	40	0
May-02	5,875.00	0.00	25	0
Jun-02	5,875.00	0.00	25	0
Jul-02	5,875.00	0.00	25	0
Ago-02	4,700.00	2,350.00	20	10
Sep-02	7,050.00	3,525.00	30	15
Oct-02	5,875.00	0.00	25	0
Nov-02	5,875.00	0.00	25	0
Promedio	6,055.77	632.69	25.77	2.69

Tabla 2.4 Demanda de Productos – Vallas Publicitarias

La tabla 2.5 nos permite visualizar el comportamiento de la demanda de las vallas y en base a esto podemos determinar que las vallas plegadas, son las más importantes por su producción mensual, en comparación a las vallas redondas.

DEMANDA: FAMILIA No2 VALLAS PUBLICITARIAS

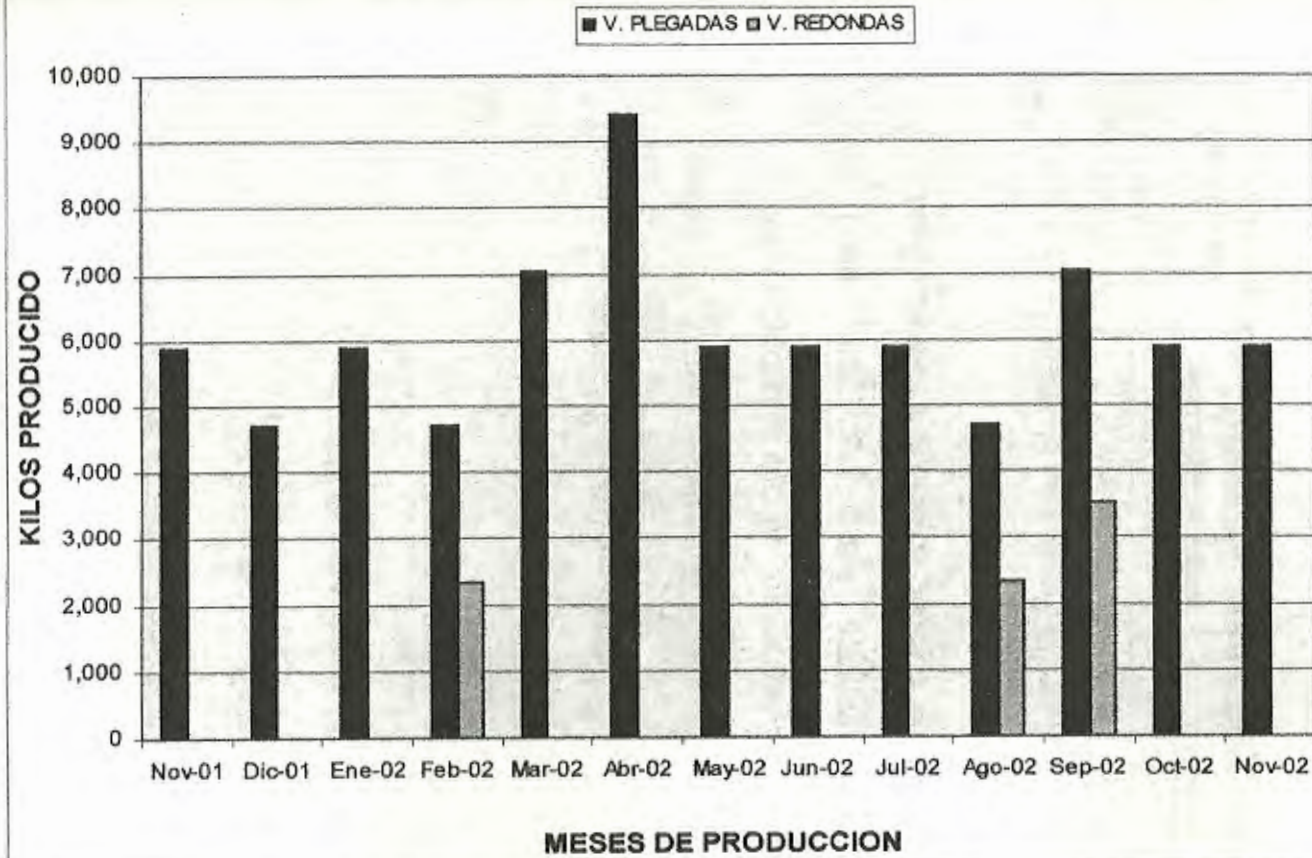


Tabla 2.5 Cuadro Comparativo – Vallas Publicitarias



JERARQUÍA DE PRODUCTOS - VALLAS

Jerarquía	Producto	Producción promedio mensual	Unidades promedio mensual
1	Vallas plegadas	6,055.77	25.77
2	Vallas redondas	632.69	2.69

Tabla 2.6 Jerarquía de productos - Vallas

El precio de venta al público por una valla es alrededor de 5.000 \$/valla. Por kilos producidos y por cantidad, las vallas plegadas son de mayor importancia en este grupo.

c) Familia No 3: Estructuras.

En el siguiente cuadro se compara la producción de vigas, galpones y varios (volquetas, carretes, puentes etc).

DEMANDA DE PRODUCTOS - ESTRUCTURAS

Año Producción	Kilos Producidos			Cantidades Producidas		
	Vigas	Galpones	Varios	Vigas	Galpones	Varios
Nov-01	31,500.00	30,000.00	0.00	63	1	0
Dic-01	25,500.00	0.00	5,000.00	51	0	1
Ene-02	15,000.00	0.00	5,000.00	30	0	1
Feb-02	30,000.00	30,000.00	0.00	60	1	0
Mar-02	45,000.00	0.00	5,000.00	90	0	1
Abr-02	100,000.00	0.00	0.00	200	0	0
May-02	90,000.00	30,000.00	5,000.00	180	1	1
Jun-02	55,000.00	0.00	5,000.00	110	0	1
Jul-02	75,000.00	0.00	5,000.00	150	0	1
Ago-02	95,000.00	0.00	0.00	190	0	0
Sep-02	130,000.00	30,000.00	0.00	260	1	0
Oct-02	125,000.00	0.00	0.00	250	0	0
Nov-02	125,000.00	0.00	5,000.00	250	0	1
Promedio	72,461.54	9,230.77	2,692.31	144.92	0.31	0.54

Tabla 2.7 Demanda de Productos – Estructuras

El precio de venta promedio por kilo es de 0.25 \$/Kilo, en esta familia. Los galpones tienen un peso promedio de 7 a 9 kilos por metro cuadrado.

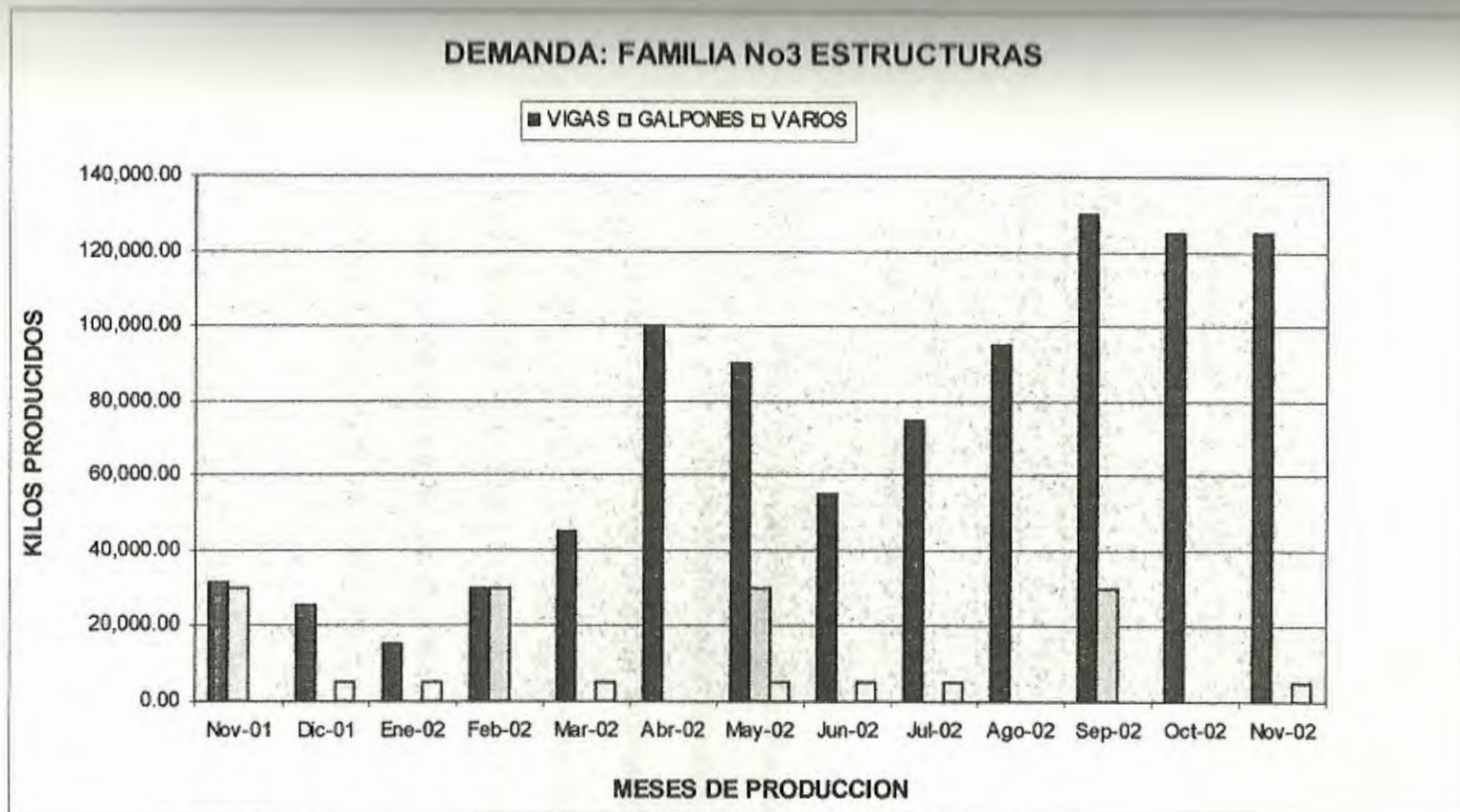


Tabla 2.8 Cuadro Comparativo – Estructuras

Por lo tanto, los productos de esta familia ordenados en orden de importancia , se muestran en la siguiente tabla.

JERARQUIA DE PRODUCTOS - ESTRUCTURAS

Jerarquía	Producto	Producción promedio	Unidades promedio
1	Vigas	72,461.54	144.92
2	Galpones	9,230.77	0.31
3	Varios	2,692.31	0.54

Tabla 2.9 Jerarquía de productos - Estructuras

Se ha analizado la demanda de todos los productos que se fabrican en la empresa por familias. La finalidad es poder analizar el proceso de fabricación de cada uno ellos, pero es preferible hacerlo por orden de importancia, es decir empezando por el que tenga mayor impacto en la planta, en todos los aspectos o sea económicamente, socialmente, etc.

En la tabla 2.10 podemos observar los productos que se fabrican en planta por orden de importancia, de acuerdo al equipo de trabajo que se encarga de realizar el estudio.

Por lo tanto, los productos de esta familia ordenados en orden de importancia , se muestran en la siguiente tabla.

JERARQUÍA DE PRODUCTOS

Jerarquía	Producto	Producción promedio mensual (Kilos)	Unidades promedio mensual
1	Tuberías	376,096.26	110.23
2	Vigas	72,461.54	144.92
3	Vallas plegadas	6,055.77	25.77
4	Silos	76,923.08	0.15
5	Tanques	63,076.92	0.15
6	Galpones	9,230.77	0.31
7	Varios	2,692.31	0.54
8	Vallas redondas	632.69	2.69

Tabla 2.10 Jerarquía de productos en la empresa

Se ha ordenado a los productos tal como se ve en el cuadro en base a los kilos y unidades mensuales producidas. Los silos, tanques, galpones son proyectos que se dan 2 o 3 veces por año y su construcción se da paulatinamente, por tal motivo no se los considera como primer orden de importancia, incluso porque la calidad de los mismos se va midiendo a medida que avanza la obra.



En cambio los proyectos por tuberías, vigas y vallas que se fabrican en serie, se ofertan a diario, por tal motivo se requiere elevar la producción de estos productos para ganar más clientes y posición en el mercado.

Por lo tanto, se analizará el proceso de fabricación de un solo producto, y será el que tenga el primer lugar en orden de importancia en la empresa, o sea la fabricación de tuberías.

2.4 Descripción de los actuales procesos de fabricación de los productos seleccionados.

La descripción de los procesos se realizará con los productos de mayor demanda y rentabilidad de cada familia, teniendo en cuenta que, el resto de productos que pertenezcan a esa familia tienen las mismas características en su fabricación.

a) Familia 1: Calderería

Las tuberías son el producto de mayor demanda en esta familia. El tipo de tuberías que se fabrica en planta, puede ser para transportar fluidos como agua o

combustibles y también para pilotaje (ej. construcción del puente alterno norte).

La capacidad de la planta permite construir tubos que tengan entre 450 a 3000 mm de diámetro, 4 a 25 mm de espesor y con longitudes de hasta 12 metros, no se construyen más largos para facilitar el transporte de los mismos hasta su sitio de instalación donde se empatan hasta la longitud requerida.

El actual proceso de fabricación que siguen los tubos en planta es el siguiente:

Corte y biselado: Los tubos están compuestos por planchas, las mismas que deben tener medidas exactas para facilitar los procesos posteriores. Por lo general, a la planta llegan las planchas listas para ser roladas pero hay ocasiones en que vienen descuadradas, lo que quiere decir que las medidas de sus diagonales no son iguales o no siguen la forma de la escuadra y por lo tanto no pueden ser utilizadas para formar el tubo y hay que cuadrarla.

Lo primero que se realiza es marcar la plancha ya sea con tiza o hilos llenos de cal cuando esta es muy grande; luego, el siguiente paso es armar equipo de oxicorte que utiliza oxígeno y acetileno con su respectivo carrito porta mango y boquilla, este carro se coloca sobre unas rieles que han sido alineadas de acuerdo a la marca de la tiza dibujada en la plancha..

Toda la operación de corte se realiza sobre una mesa de acuerdo a las dimensiones de la plancha. Intervienen como mínimo un operador y un ayudante.

El biselado tiene el mismo procedimiento que el corte de las planchas, la diferencia es que la boquilla se coloca con cierto grado de inclinación, para que no corte sino rebane el filo de la plancha. Este procedimiento se realiza cuando se pretende lograr una mayor penetración de la soldadura, el tipo de junta que se realiza depende de las especificaciones técnicas para el cual será fabricado el tubo, se aplica



generalmente a planchas con espesores mayores a 10 milímetros.

Cilindrado

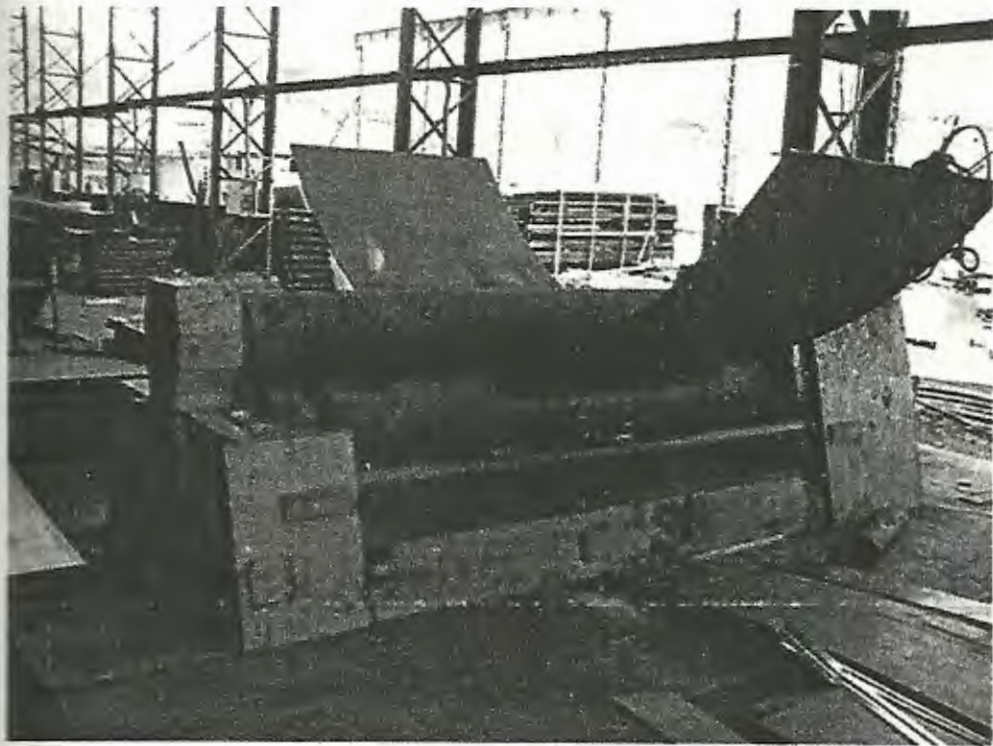


Figura 2.1 Cilindradora de planchas

Si las planchas tienen las dimensiones exactas requeridas para la fabricación de los tubos, son colocadas delante de la máquina cilindradora. Se pueden fabricar tubos a partir de 400 mm de diámetro y

cuando es demasiado grande se curvan planchas por separado y luego se arman fuera de la máquina.

Las dimensiones de la plancha que se pueden cilindrar son de cualquier longitud, 3 metros de ancho como máximo y de 4 a 25 mm de espesor. La operación para procesar una plancha comienza colocando la misma con la ayuda de un puente grúa o tecla y dos ayudantes en los rodillos de la máquina lo más recta posible y se empieza precurvando los extremos de la plancha, esto sirve para que al final cuando se forme el cilindro se pueda cerrar sin dificultad. Luego de que se ha precurvado se hace pasar la plancha por la máquina unas tres veces o más dependiendo del espesor de la misma hasta que se forme el cilindro; cuando este se ha formado un soldador se encarga de unir la virola (plancha cilindrada) utilizando soldadura manual con electrodos 6011 o 7018 dependiendo del espesor de la plancha; se pasa una vez más por la máquina para asegurar la forma de cilindro y luego es retirada por medio del puente grúa o tecla, la misma que se utilizará inmediatamente para formar el tubo.



Armado de Tuberías

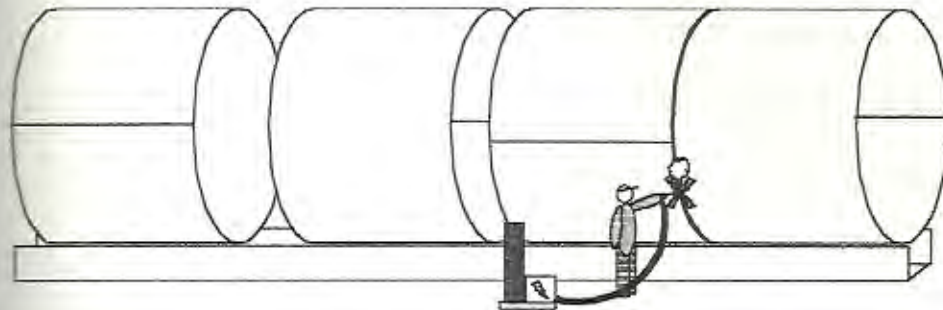


Figura 2.2 Armado de Tuberías

Los tubos se forman por la unión de varias virolas, cuando están listas son colocadas ya sea manualmente o por medio del puente grúa sobre rieles para formar el tubo y evitar su deslizamiento. Un grupo de tres personas, un punteador y dos ayudantes son los encargados de ir uniendo estas virolas con soldadura manual o soldadura de arco con electrodo revestido (SMAW), utilizando electrodo 6011 o 7018 y herramientas varias como gatas, martillos, templadores, perros, etc., de esta manera se forma el tubo con la longitud requerida el mismo que es transportado por el puente grúa hasta los rieles de la soldadura.

Por otro lado, se arman también las bridas, codos, agarraderas o manholes, si la tubería lo requiere. Estas piezas se mandan a cortar por otra empresa y en planta solo se tienen que armar utilizando también soldadura manual o SMAW y se tienen listos para unirlos al tubos cuando este ya se haya soldado.

Soldadura de Tuberías.

Después de armar el tubo el siguiente paso es soldar, es uno de los procesos más importantes en la fabricación de cualquier estructura de acero. Este procedimiento se realiza por dos métodos: soldadura automática SAW y soldadura continua semiautomática MIG utilizando alambre de diámetro 1.2 o 0.9. En cualquiera de los casos el tubo es colocado sobre rodillos que giran a una velocidad constante permitiendo que el soldador esté colocado en una sola posición y suelde sin problemas por lo tanto dan mayor facilidad para la operación, si se realiza mediante Arco Sumergido el cabezal de esta máquina es la que se mueve a lo largo del tubo realizando el proceso y un operador se encarga de controlar la máquina. Si se

realiza con soldadura MIG, es el soldador el que tiene que deslizarse con la boquilla a lo largo de todo el tubo para soldar el cordón horizontal.

Un tubo se tiene que soldar longitudinalmente, transversalmente, interior y exterior. El método a utilizarse depende del espesor de la plancha, cuando es muy gruesa se recomienda utilizar Arco Sumergido y cuando el espesor es más fino soldadura MIG. Finalmente el tubo es retirado de las rieles de soldadura mediante el puente grúa.

Inmediatamente después de que se ha soldado se colocan las piezas necesarias si el tubo las requiere como las bridas o agarraderas, uniéndolas por medio de proceso manual y luego soldando estas uniones con soldadura MIG.

Limpieza y Pintura

El primer paso a realizar luego de que tenemos el tubo completamente soldado y con sus piezas necesarias, es una limpieza mecánica, la cual consiste en eliminar

cualquier imperfección que haya quedado del cordón de soldadura con la ayuda de cepillos y pulidoras, y dejar lisa la superficie, luego se procede a la limpieza química aplicando líquidos fosfatizantes que sirven para eliminar la grasa propia del material u óxidos.

Luego, utilizando equipos de pintura, se procede a pintar, primero una capa de protección con pintura anticorrosiva y luego una capa con pintura de acabado si el cliente lo requiere.

De esta manera, termina la fabricación de tuberías, en el 90% de los casos el transporte de las mismas corre por cuenta del cliente, quienes luego de revisar el producto han regresado el mismo cuando no ha cumplido con las especificaciones técnicas requeridas.



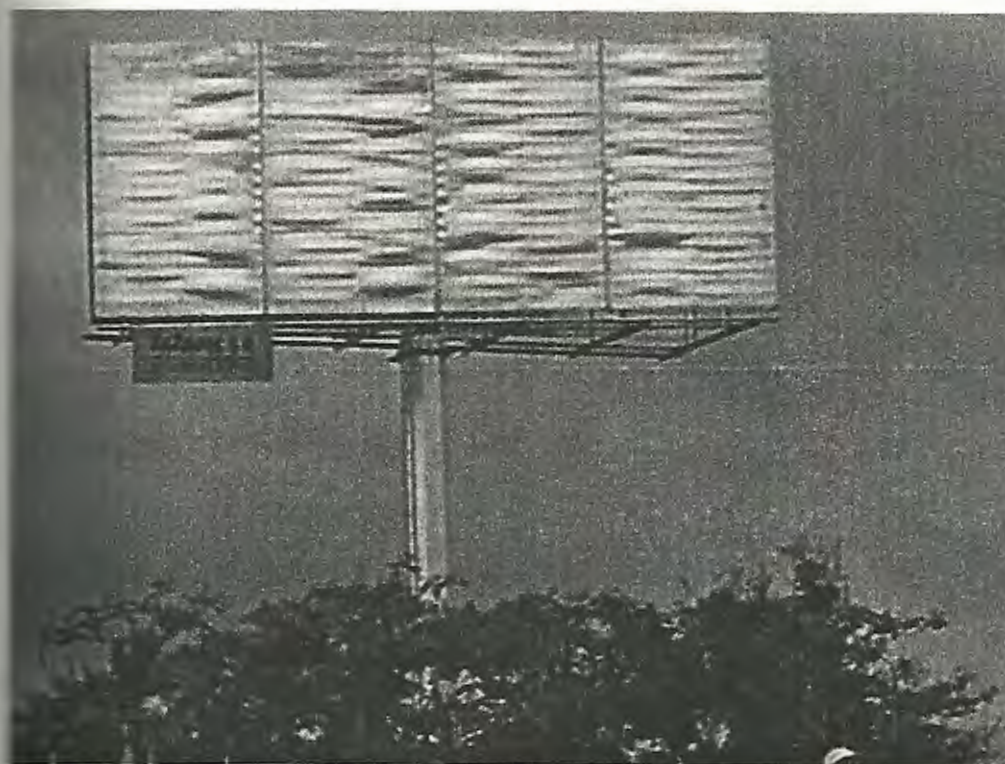
b) Familia 2: Vallas

Figura 2.3 Fabricación de Vallas Publicitarias

La fabricación de las vallas es muy importante debido a su demanda. Estas pueden ser de columna redonda o plegada, aunque como lo hemos demostrado anteriormente, el 90% de las vallas son plegada y solo un 5% se construyen de columnas redondas. Las vallas están compuestas de tres partes principales.

La columna: puede ser plegada o redonda, por lo general de 12 metros de longitud y está compuesta de placa base, placa brida, atezadores y escalones.

El porta panel: que es el encargado de soportar los paneles, está construido de perfiles estructurales, como correas, canales, ángulos, todo esto según el diseño para la carga del viento que tenga que soportar. Tiene 4 metros de longitud.

El panel: es el que se utiliza para poner la publicidad tiene 10 metros de largo por 4 metros de ancho, está compuesto por planchas plegadas que se unen en un marco formado por ángulos y canales. El panel se puede construir de dos caras o una sola. Si es de dos caras, este puede ser a 0 grados cuando los paneles se ubican uno paralelo al otro, y con abertura máxima de 15 grados.

Todas las piezas que se utilizan para la construcción de las vallas como los escalones, placas bridas, placas bases, atezadores, etc., son elaboradas en otra

fábrica, por lo tanto la fabricación de las misma empieza armando todas las piezas.

Armado de Vallas Publicitarias

COLUMNA Y PORTA PANELES

Las columnas se fabrican en 4 o 5 mm de espesor, si son redondas las planchas vienen listas para cilindrar, se realiza este procedimiento y luego se arman como cualquier tubo.

Si la columna es plegada, como en la mayoría de los casos, se unen de par en par 6 secciones de planchas plegadas, que en total dan tres pares que se unen finalmente para formar una columna de base octogonal, estas uniones se realizan con soldadura manual utilizando electrodo 6011 o 7018.

Luego de que se ha armado la columna, se colocan con el mismo procedimiento de soldadura mencionado anteriormente el resto de las piezas: los escalones, la placa brida, la placa base y los atiezadores.

El Porta paneles sigue el mismo procedimiento, la diferencia es que solo tiene 4 metros de longitud. El armado de la columna y porta paneles la ejecutan una cuadrilla de tres personas y se pueden llevar hasta 10 horas en armar una columna.

De esta manera la columna y porta paneles quedan completamente armados para continuar con el siguiente paso.

PANELES

Los paneles son de 4 X 10 metros, pero están formados por cuatro secciones de 2.5 X 4 metros, el marco principal de cada una de estas secciones está construido de canales 50 X 2 y va reforzado con ángulos 40 X 2 para darle rigidez en la parte del centro, sobre estas estructuras se colocan planchas plegadas tipo galvanizada, todo el procedimiento de armado se lo realiza con soldadura manual, utilizando electrodos 6011 o 7018.

Soldadura de Vallas.

COLUMNA Y PORTA PANELES

La columna y cogollo solo se sueldan exteriormente, cuando se ha armado completamente se transporta la misma al lugar de la soldadura, pero no se colocan sobre aparatos especiales, sino sobre el piso y cualquier movimiento que se requiera para soldar se lo realiza utilizando el puente grúa. El método de soldadura que se utiliza es semiautomática MIG con alambre de soldadura 1.2 o 0.9.

El porta panel sigue el mismo procedimiento, luego se retira la columna y porta panel por medio del puente grúa al siguiente proceso.

EL PANEL

El panel no se suelda con cordón continuo queda unido con los puntos de soldadura que se dan de aproximadamente 2 cm cada uno.

LIMPIEZA Y PINTURA DE VALLAS

Luego de que cada uno de los tres componentes de las vallas hayan sido completamente soldados se colocan en el lugar donde se realiza la limpieza de cada uno de ellos, tres personas se encargan de limpiar la estructura primero puliendo cualquier imperfección y luego aplicando, fosfatizante o gasolina. El panel por ser construido en planchas finas no requiere limpieza mecánica ni química solo se limpia con wype o paños secos.

Luego de que la columna, el porta paneles y el panel han concluido su proceso de limpieza, inmediatamente se procede a pintar con la ayuda de un equipo de pintura a presión airless, aplicando primero pintura anticorrosiva gris y finalmente el color que solicite el cliente.

Una vez que tenemos los tres componentes listos, estos son trasladados al sitio donde se deben instalar, el montaje lo realiza una cuadrilla de 5 personas y una



grúa telescópica con una pluma de hasta 30 metros de alcance y capacidad para 18 Tn. El montaje también lo cubre la empresa en estudio.

c) Familia 3: Fabricación de estructuras.

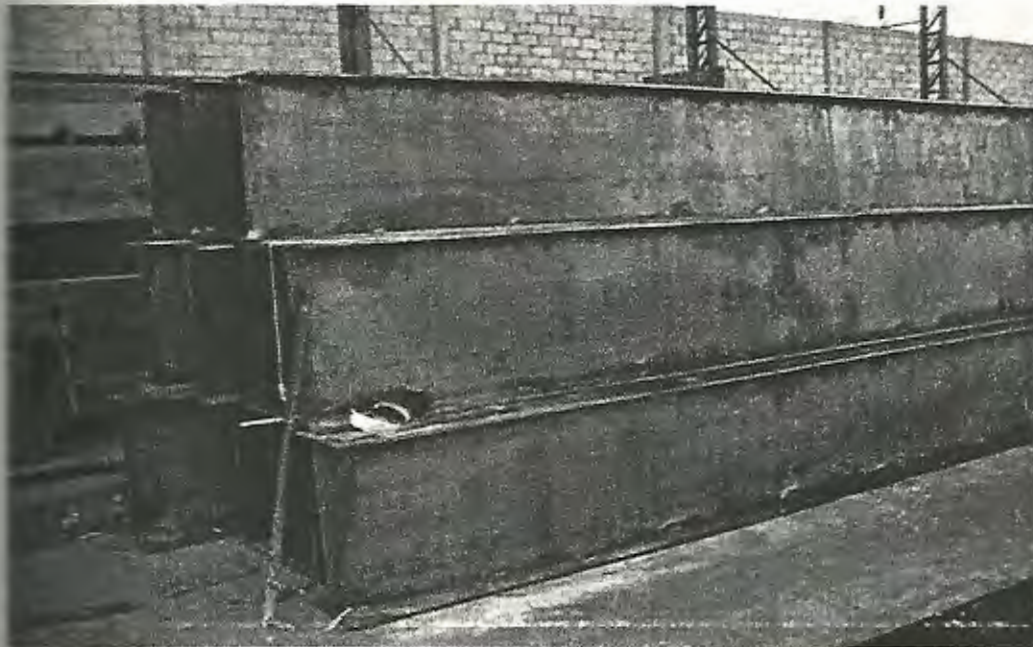


Figura 2.4 Fabricación de Vigas

En esta familia encontramos a las vigas como las estructuras de mayor demanda de acuerdo al análisis realizado. Las viga tipo I son construidas de acuerdo a lo requerido por el cliente, están constituidas por tres flejes, dos alas y un alma.

ARMADO DE VIGAS

Las planchas que se utilizan para armar las vigas vienen a las medidas requeridas. El proceso lo realiza un grupo de tres a cinco personas dependiendo del peso y empiezan seleccionando el material que se encuentra almacenado, lo transportan al sitio donde se arma y lo primero que se realiza es marcar con tiza una de las alas de la viga en la mitad a lo largo de la misma, esto sirve para poder asegurar la precisión del armado y poder colocar el alma, las uniones la realizan con soldadura manual utilizando electrodo 6011 o 7018 haciendo puntos de soldadura por los dos lados de la plancha, luego se marca por la mitad y a lo largo, la otra ala y se une al alma utilizando también puntos de soldadura.

SOLDADURA DE VIGAS

El tipo de soldadura que se realiza en las vigas, es totalmente longitudinal, luego de que se han armado, son transportadas hacia la línea de soldadura para vigas mediante el montacargas o puente grúa, se utiliza soldadura MIG con alambre diámetro 1.2 o 0.9, la

diferencia es que la boquilla está acoplada a otra máquina denominada BUG-OS la cual está instalada sobre unos rieles, que le permiten deslizarse a lo largo de la viga y por lo tanto permite realizar el cordón de soldadura automáticamente. De esta operación se encargan dos soldadores que son los que controlan la ejecución del proceso. Se construyen vigas en cualquier longitud.

Las vigas usualmente llevan atezadores que sirven para darle rigidez a la misma, consisten en plaquitas que se colocan a lo largo del alma de la viga, la cantidad depende del diseño de acuerdo a la carga que va a soportar la estructura. Estos atezadores primero se unen con puntos de soldadura y luego se sueldan utilizando soldadura manual SMAW o soldadura MIG. Cabe recalcar que este procedimiento se realiza fuera de la línea de soldadura.

LIMPIEZA Y PINTURA

Cuando las vigas han sido completamente soldadas, se empieza realizando la limpieza mecánica, con el fin de

eliminar todas las imperfecciones de la soldadura utilizando pulidora, luego se para limpiar el metal utilizando gasolina o detergente, lo que se denomina limpieza química y finalmente con un equipo de pintura de alta presión se aplica una capa de pintura anticorrosiva y luego una de acabado si es solicitada por el cliente.

2.5 Diagrama de flujos de los productos seleccionados.

Fabricación de Tuberías

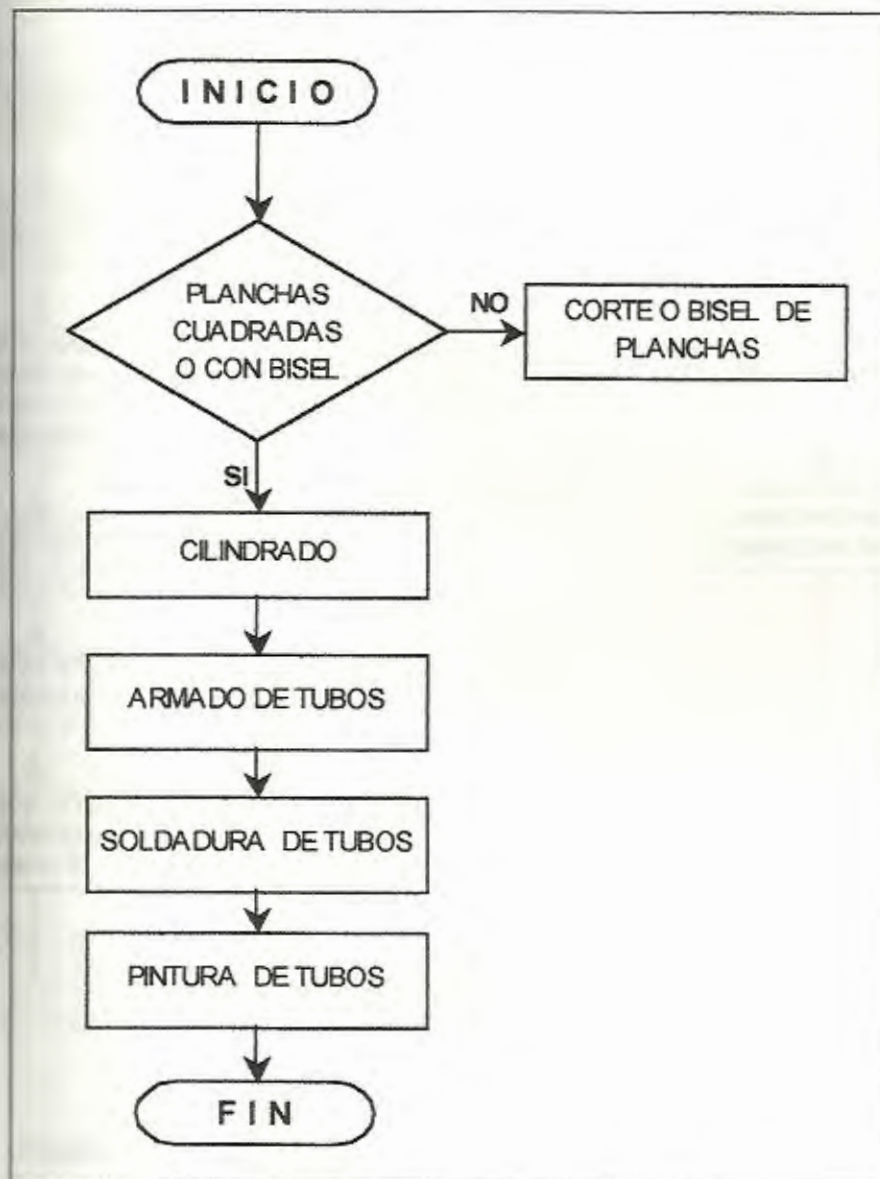


Figura 2.5 Diagrama de Flujo – Fabricación de Tuberías

Fabricación de Vallas.



Figura 2.6 Diagrama de Flujo – Fabricación de Vallas

Fabricación de Vigas Tipo I.

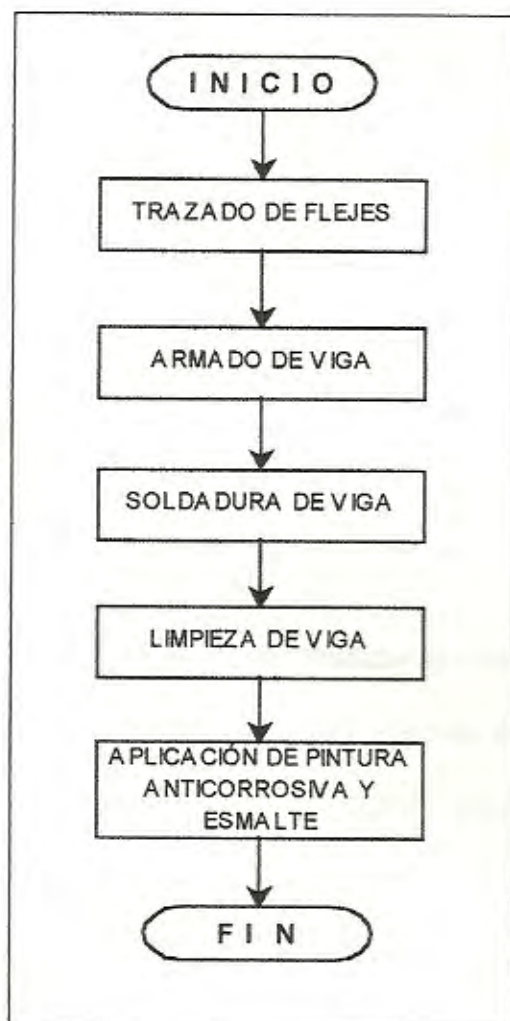


Figura 2.7 Diagrama de Flujo – Fabricación de Vigas

2.6. Conclusiones.

Como conclusiones podemos decir lo siguiente:

La empresa objeto de estudio, es de construcción metalmecánica, y su producción se puede clasificar en tres tipos de familia que son: calderería, vallas y estructuras.

Se ha ordenado a los productos que se fabrican en orden de importancia, en base a las unidades y kilos producidos y los tres más importantes son: tuberías, vigas y vallas.

Aunque la meta es poder analizar la fabricación de todos los productos de la empresa, por efectos de la repetitividad del método y para la realización de este estudio, solo se analizará el producto que tiene el primer orden de importancia o sea, **la fabricación de tuberías**, en los capítulos siguientes se aplicará la técnica del diagrama fast, a este producto.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN

El objetivo de este capítulo, es analizar el proceso de fabricación del producto escogido, que es tuberías, utilizando la técnica de análisis del diagrama Fast, la cual nos permitirá identificar las funciones que restan o agregan valor al producto final y así plantear alternativas de mejora.

Primero se establecerá, a través de un diagrama Fast, el método que se deberá seguir cada vez que se requiera evaluar algún procedimiento por cualquier circunstancia, luego se aplicará la técnica al proceso general del producto con el fin de tener una visión generalizada de todo su proceso y después se analizará cada subproceso identificando todas las funciones que pertenezcan al

subproceso identificando todas las funciones que pertenezcan al mismo para asignarles los costos, determinando finalmente aquellas funciones que agregan o restan valor al producto.

3.1 Diagrama Fast para establecer un método de trabajo en la evaluación de procesos.

La finalidad de este diagrama será establecer un método de trabajo para la evaluación de procesos de fabricación, es decir, será una guía que nos indicará paso a paso cada una de las acciones que debemos realizar para analizar cualquier proceso de manufactura en la empresa.

La construcción de un diagrama Fast empieza con el título del proyecto y dos líneas de alcance. El título de este diagrama es: **Evaluación de Procesos**, por lo tanto es lo que analizaremos identificando todas las funciones pertinentes al caso.

Cabe recalcar que el "producto" en el diagrama Fast, se refiere al objeto de estudio, es decir lo que se analiza, por lo tanto La Evaluación de Procesos, que será un procedimiento a seguir en la empresa, se convierte en el producto que se debe analizar.



Luego de haber definido el título del diagrama, el siguiente paso para la construcción del mismo, es enumerar todas las funciones que se crean necesarias o pertinentes al caso. Como se trata de un procedimiento nuevo que no existía en la empresa, la manera más conveniente de identificar estas funciones es a través de una lluvia de ideas, para lo cual deben estar involucradas personas de todas las áreas de la fábrica. Entre las funciones que se pudieron encontrar tenemos las siguientes:

- Controlar los procesos
- Evaluar la situación actual
- Verificar los parámetros de calidad
- Diseñar un plan de trabajo
- Mejorar los procesos
- Buscar información
- Ajustarse al plan de trabajo
- Evaluar sistema de calidad

Luego de hacer una lista de todas las funciones que se crean necesarias, el siguiente paso es jerarquizarlas y poder descubrir

la función de orden superior, que es a partir de la cual se desarrolla el diagrama. La jerarquización se la realiza por medio de las preguntas lógicas ¿Cómo? – ¿Por qué?.

Es decir a través de la pregunta ¿Cómo? se jerarquizan las funciones de izquierda a derecha, y la pregunta ¿Por qué?, nos ayuda a confirmar que la jerarquización es correcta, esta verificación se la realiza de derecha a izquierda.

LA FUNCIÓN DE ORDEN SUPERIOR.- Como se lo mencionó en el capítulo 1, es el fin o la meta a la que queremos llegar, en base a esta definición revisamos la lista, y "Mejorar Proceso" es la función que más se acerca, pero según el análisis del grupo de trabajo la función de orden superior debería ser "Aumentar Rentabilidad", que no se encuentra en la lista pero es la meta de cualquier evaluación o mejora de procesos.

Para verificar que la función de orden superior es correcta, se realiza la pregunta ¿Por qué la función de orden superior se lleva a cabo?, si la respuesta es una función que está fuera del alcance del análisis, entonces esa es la correcta, pero si la

respuesta es otra función factible en el estudio, aquella función puede ser una básica o pertenecer a las del camino crítico.

Continuando con la jerarquización de funciones preguntamos **¿Cómo aumentar rentabilidad?**, la respuesta "mejorar proceso" es lógica y se convierte en la función básica del estudio y para confirmar la veracidad de la misma, hacemos la pregunta **¿Por qué mejorar proceso?**, para "aumentar rentabilidad" concuerda con la pregunta, por lo tanto se ha confirmado la función de orden superior y la función básica del diagrama.

Así hemos identificado la función "Aumentar Rentabilidad" como la función de orden superior y "Mejorar Proceso" como la función básica y colocadas en el diagrama se ve como el la figura 3.1

FUNCIÓN DE ORDEN SUPERIOR Y FUNCIÓN BÁSICA

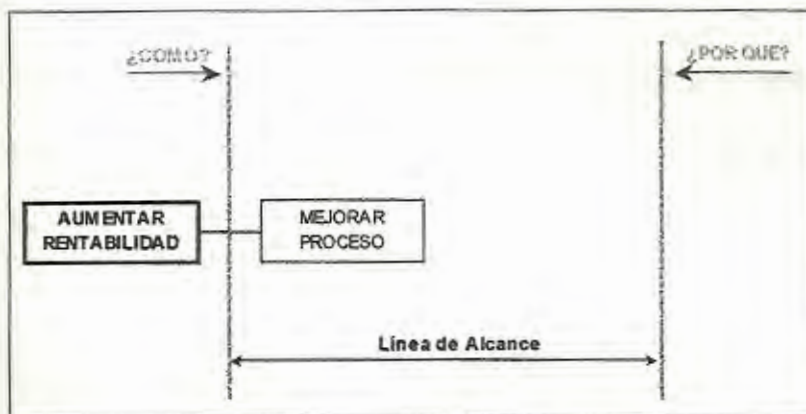


Figura 3.1 Función de Orden Superior y Función Básica - Diagrama Fast Evaluación de Procesos.

Luego de haber identificado la función de orden superior y la función básica, debemos encontrar las funciones del camino crítico.

FUNCIONES DEL CAMINO CRÍTICO.- Haciendo la pregunta **¿Cómo?** a función básica, se determina la primera función del camino crítico es decir **¿Cómo mejorar proceso?**, "controlar estándares de producción" es la respuesta y para verificar la lógica preguntamos **¿Por qué controlar estándares de producción?**, para "mejorar proceso" es la contesta

adecuadamente esta pregunta, por lo tanto se cumple la lógica correctamente.

De la misma manera encontramos a "controlar sistema de calidad" y "evaluar situación actual" como la segunda y tercera función del camino crítico.

FUNCIÓN CAUSAL.- Al hacer la pregunta **¿Cómo evaluar la situación actual?**, "organizar un equipo de trabajo" es la respuesta y para confirmar la lógica preguntamos **¿Por qué organizar un equipo de trabajo?**, para "evaluar la situación actual" se cumple la lógica, por lo tanto esta última función se convierte en la causal.

La única manera de saber que la función causal es la correcta, es aplicando la pregunta **¿Cómo?**, si la respuesta está fuera del alcance de nuestro estudio, dicha función si es causal, pero si la respuesta está dentro del alcance de análisis, entonces es una función del camino crítico. Por ejemplo **¿Cómo organizar un equipo de trabajo?**, cualquier respuesta como: "contratar personal especializado" o "escoger personal de la empresa",

etc, no corresponden al estudio que se realiza y por lo tanto, "organizar equipo de trabajo" si es la función causal.

Las funciones son colocadas en el diagrama de la siguiente manera:

FUNCIONES DEL CAMINO CRÍTICO

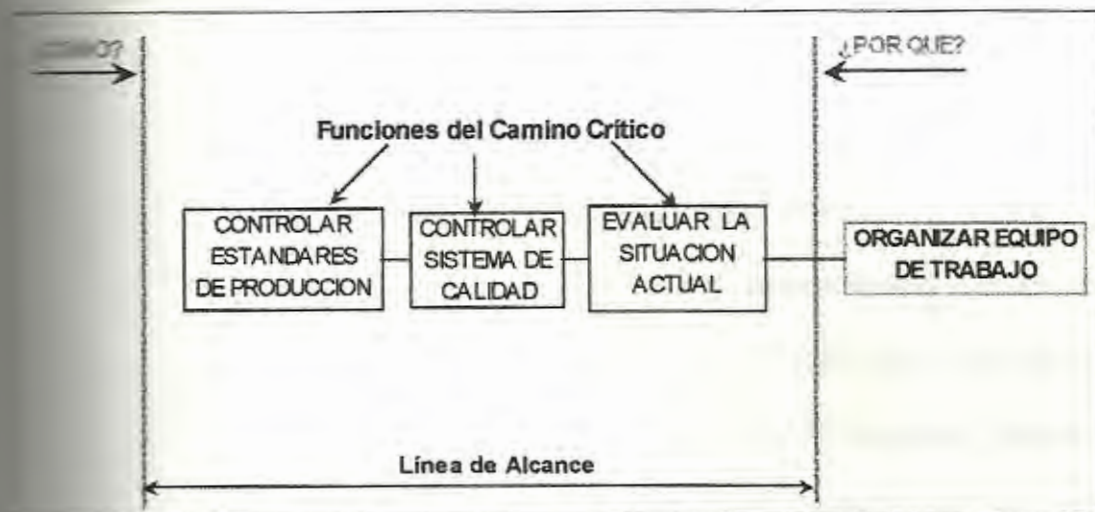


Figura 3.2 Funciones del Camino Crítico – Diagrama Evaluación de Procesos

FUNCIONES DE APOYO.- Ahora, solo faltan determinar las funciones de apoyo, las cuales se dividen en "*funciones de diseño*", "*las que se dan todo el tiempo*" y "*las causadas por*".

De la lista la, función "diseñar un plan de trabajo" es una "*función de diseño*", "hacer un levantamiento de información" en lugar de "buscar información" junto con "ajustarse al plan de trabajo" y "realizar reuniones periódicas", que no está en la lista pero es indispensable se convierten en las funciones que "*se dan todo el tiempo*".

Muchas veces no se ponen todas las funciones que se requieren en la lista y es precisamente la construcción del diagrama, el que nos permite ser creativos y ver más allá de lo obvio, por eso se determinó que: "revisar y actualizar estándares e índices de producción" es una función "*causada por*" de Controlar Estándares de Producción, "actualizar parámetros de calidad", de Evaluación del Sistema de Calidad y "analizar procesos", de Evaluación de la Situación Actual, esta última involucra el análisis de todas sus operaciones, su diagrama de flujo, sus costos, etc.

Con estas funciones de apoyo hemos completado un Diagrama Fast que nos servirá como un patrón o una guía para evaluar un proceso de manufactura. El cual podemos observar a continuación.

DIAGRAMA FAST : EVALUACIÓN DE PROCESOS

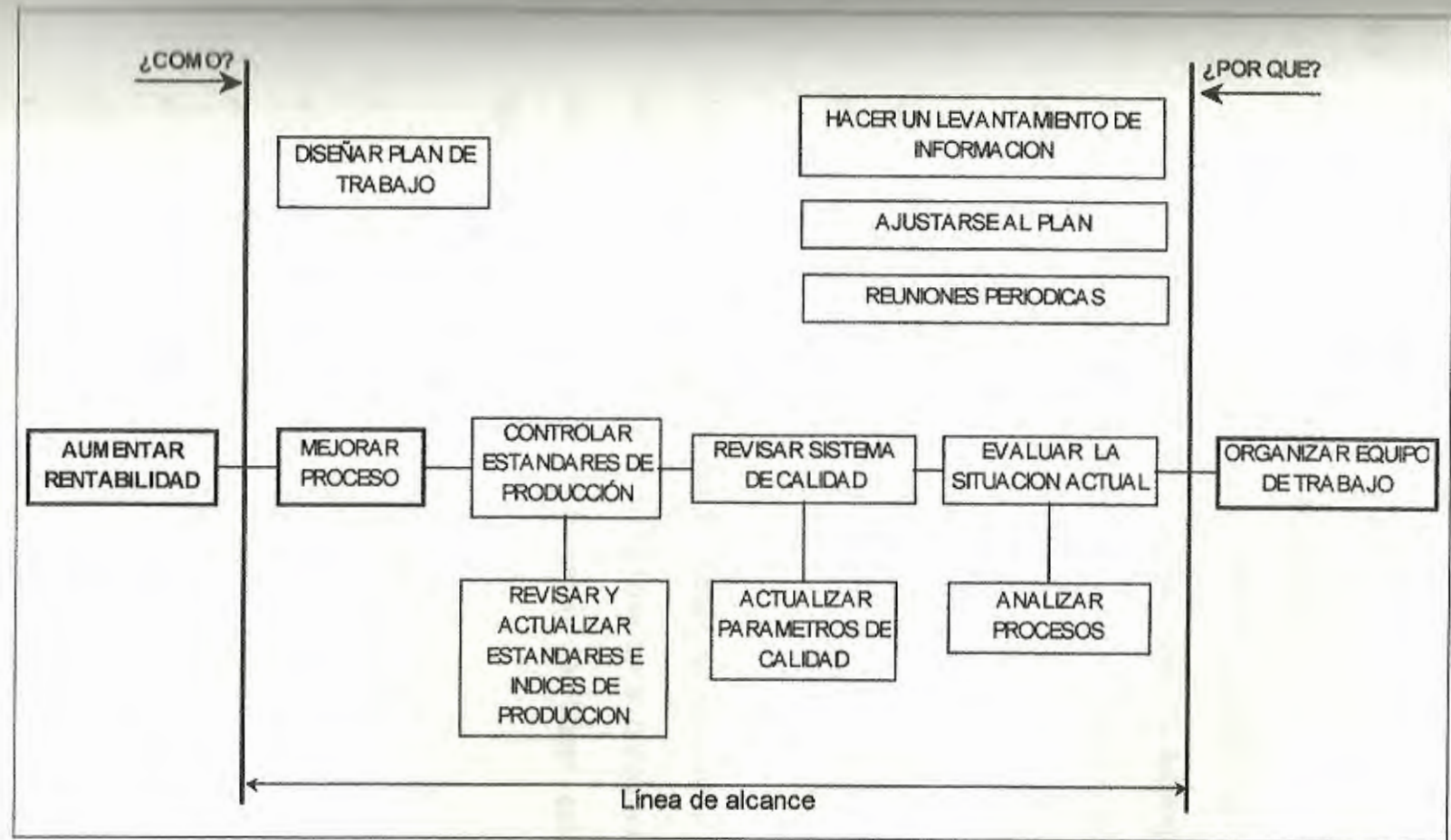


Figura 3.3 Diagrama Fast – Evaluación de Procesos

3.2 Aplicación del Diagrama Fast al proceso general de fabricación del producto seleccionado.

De acuerdo a los resultados del capítulo 2, en esta sección se analizó el proceso del producto seleccionado, la fabricación de tuberías, primero desde un nivel general y después por cada subproceso.

Empezamos poniendo el título del diagrama y dibujando las dos líneas de alcance, el título es "Construcción de tuberías".

Luego con la ayuda del equipo de trabajo, se elaboró la lista de las funciones que se puedan considerar en la construcción de tuberías, entre las que se pudieron identificar están las siguientes:

- Cortar y/o biselar
- Cilindrar
- Armar tubo
- Soldar tubo
- Pintar tubo
- Disponer de material en planta
- Transportar material a la planta

- Cumplir con el tiempo de entrega

LA FUNCIÓN DE ORDEN SUPERIOR.- Es la primera que debemos encontrar para la construcción del diagrama, hay que tener claro su concepto o sea el fin o la meta a la que debemos llegar, y en base a esto, al estar realizando el análisis de un producto debemos considerar cuales son las necesidades del cliente.

El 90% de los clientes solicitan tuberías para pilotes, y el 10% para agua, el proceso es exactamente el mismo, solo cambia al final en el tipo de pintura que se aplica, por lo tanto el equipo de trabajo estableció que "Proporcionar estructura para pilotes" es la función de orden superior.

Luego de haber identificado la función de orden superior, el siguiente paso es identificar la función básica, aplicando la pregunta **¿Cómo?**, para descubrir dicha función y luego preguntando **¿Por qué?** a la función básica para comprobar la lógica.

Entonces hacemos la pregunta **¿Cómo proporcionar al cliente estructura para pilotes?**, la respuesta "Construir Tubería" es la más apropiada y al hacer la pregunta **¿Por qué construir tubería?**, para "Proporcionar al cliente estructura para pilotes", contesta la pregunta y confirma la lógica, por lo tanto hemos determinado la función de orden superior y la función básica del diagrama, el cual podemos ver en la siguiente figura.

FUNCIÓN DE ORDEN SUPERIOR Y FUNCIÓN BÁSICA

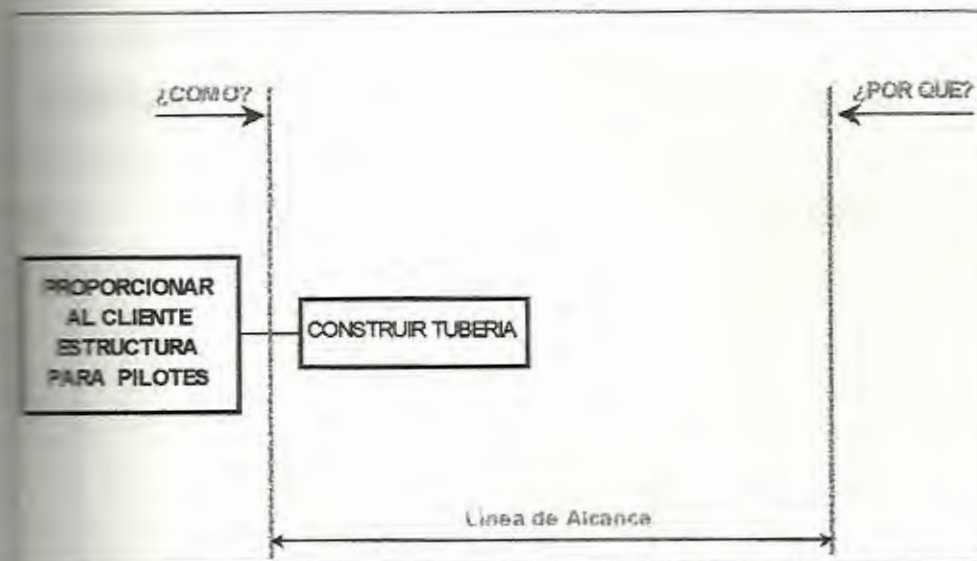


Figura 3.4 Función de Orden Superior y Función Básica – Diagrama Construcción de Tuberías

FUNCIONES DEL CAMINO CRÍTICO.- Para determinar las funciones del camino crítico continuamos con la lógica y hacemos la pregunta a la función básica **¿Cómo construir tubería?**, la respuesta "Procesar Material" es la adecuada y viceversa **¿Por qué procesar material?**, para "Construir Tubería" se verifica la lógica, así ya sabemos que la primera función del camino crítico es "Procesar Material", la segunda aplicando el método es "Disponer de Material en planta", y "Adquirir Material según diseño de la tubería", es la función causal.

FUNCIONES DEL CAMINO CRÍTICO Y FUNCIÓN CAUSAL

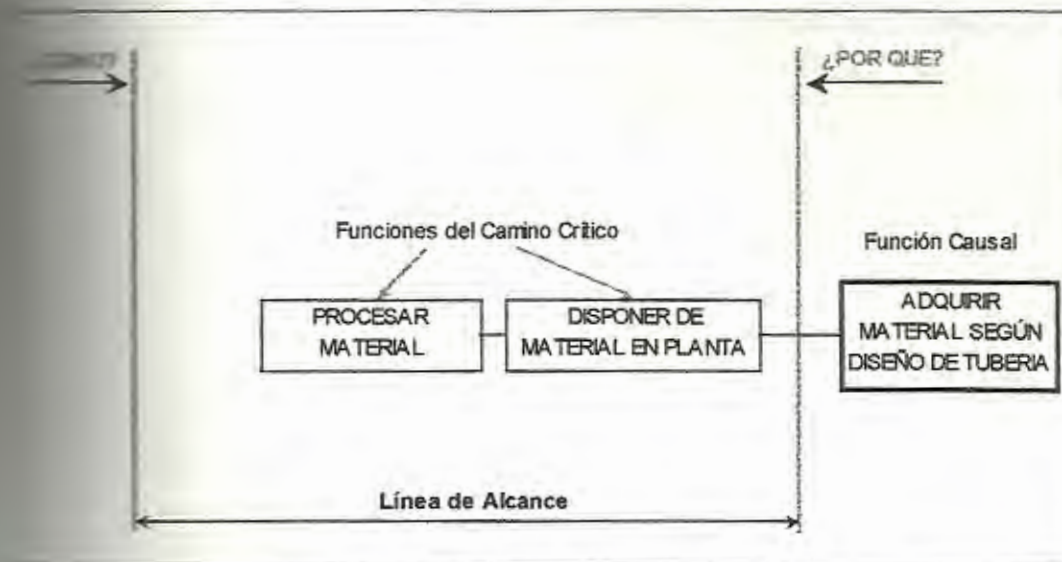


Figura 3.5 Funciones del Camino Crítico y Función Causal – Diagrama Construcción de Tuberías

Las funciones de apoyo las podemos distinguir claramente, puesto que, "Cortar y Biselar", "Cilindrar", "Armar Tubo", "Soldar Tubo" y "Pintar Tubo", son funciones "*causadas por*" de "Procesar Material". "Transportar Material a planta" es una función "*causada por*" de "Disponer de Material en planta". "Ajustarse al tiempo de entrega" y "Realizar evaluaciones periódicas de cumplimiento" son funciones que "*se dan todo el tiempo*" y "Cumplir las especificaciones técnicas requeridas por el cliente", es una "*función de diseño*". Así concluimos con el diagrama para Construcción de Tuberías, el cual se puede observar en la Figura 3.7 Es importante recalcar que las funciones de apoyo no se determinan mediante la lógica de las preguntas ¿Cómo? y ¿Por qué?.

DIAGRAMA FAST - CONSTRUCCIÓN DE TUBERÍAS



Figura 3.6 Diagrama Fast - Construcción de Tuberías



3.3 Aplicación del Diagrama Fast a cada subproceso de fabricación del producto seleccionado.

En esta sección se analizó detalladamente cada subproceso en la fabricación de tuberías, identificando todas las funciones que le pertenecen a cada uno.

Mediante la siguiente tabla, recordaremos los subprocesos en la fabricación de tuberías y el producto que se obtiene en cada uno de ellos.

SUBPROCESOS EN LA FABRICACION DE TUBERIAS		
SUBPROCESOS	MATERIA PRIMA	PRODUCTO FINAL
Cortar y/o biselar	Planchas	Planchas cortadas y/o biseladas
Cilindrar	Plancha cortada y/o biselada	Virolas
Armar Tubo	Virola	Tubo armado
Soldar tubo	Tubo armado	Tubo soldado
Pintar Tubo	Tubo soldado	Tubo listo para entrega

Tabla 3.1 Subprocesos en la fabricación de tubos

a) **Cortar y/o biselar**

Cuando las planchas no vienen cuadradas, es decir no tienen las dimensiones exactas, entonces deben pasar por este subproceso, aunque no se lo realiza continuamente.

Empezamos con el título del diagrama "**Cortar y Biselar**" y dos líneas de alcance, que limitan el alcance del estudio.

Luego se elaboró la lista de todas las funciones involucradas en el desarrollo de este subproceso, y entre las que podemos mencionar están: Cortar, biselar, marcar planchas, armar rieles de guía, preparar equipos, cortar y biselar, almacenar plancha, disponer de planchas en mesa de corte, disponer de planchas en área de corte, tener planchas en planta, proteger al trabajador, maximizar la exactitud en las dimensiones de la plancha.

Función de Jerarquía Superior.- Basándonos en la definición de esta función mencionada anteriormente, el equipo de trabajo concluyó que la función de jerarquía superior de este subproceso es "Preparar plancha para cilindrar", puesto que esa es la meta a la que debemos

llegar en este subproceso. Luego de haber identificado la función de orden superior, continuamos con la construcción del diagrama y hacemos la pregunta **¿Cómo preparar planchas para cilindrar?**, para identificar la función básica.

Función Básica.- "Cuadrar planchas", responde a la pregunta de la función de jerarquía superior, para confirmar la lógica preguntamos **¿Por qué cuadrar planchas?**, para "preparar planchas para cilindrar" es la respuesta correcta y por lo tanto se ha identificado la función básica.

Funciones del Camino Crítico.- Para identificar las funciones del camino crítico, continuamos con la lógica de izquierda a derecha y empezando por la función básica hacemos la pregunta: **¿Cómo cuadrar planchas?**, "cortar y biselar" son las funciones que responden a esta pregunta y se convierten en las primeras del camino crítico, y luego de derecha a izquierda preguntamos **¿Por qué cortar y biselar?**, para "cuadrar planchas" es la respuesta y se confirma la lógica del método.

Utilizando el mismo procedimiento se identificó la función: "disponer de plancha en mesa de corte" como la segunda del camino crítico y "disponer de planchón en área de corte" como la tercera.

Función Causal.- La función causal la identificamos al hacer la pregunta a la última función del camino crítico preguntando **¿Cómo disponer de planchones en área de corte?**, la respuesta lógica es "tener planchones en planta", se confirma esta aseveración porque al hacer la pregunta **¿Por qué tener planchones en planta?**, para "disponer de planchones en área de corte" es la respuesta esperada.

Además debemos recordar que la función causal es la función que da origen a las funciones del camino crítico y "tener planchones en planta" cumple esta característica, cualquier función que le de origen a la misma ya no forma parte del estudio que se realiza.

Funciones de Apoyo.- Se han identificado a las funciones: "Señalar o marcar planchas", "armar rieles de guía",

"preparar equipos", "cortar y biselar" y "almacenar plancha" como "*causadas por*" de Cortar y biselar, "trasladar plancha a mesa de corte" como "*causada por*" de Disponer de plancha en mesa de corte y "trasladar plancha a área de corte" como "*causada por*" de Disponer de plancha en área de corte. Las "*funciones que se dan todo el tiempo*" son: "proteger al trabajador" y como "*funciones de diseño*" tenemos "maximizar la exactitud en las dimensiones de la plancha".

Es importante recalcar que, aunque el subproceso sea de Corte y bisel, en la fabricación de tuberías solo se corta para cuadrar la plancha, por tal motivo la función "cortar y biselar" se refiere solo al corte de la plancha.

De esta manera se construye el diagrama Fast para el primer subproceso en la fabricación de tuberías, el cual podemos observar en la figura 3.7.

DIAGRAMA FAST - CORTE Y BISELADO

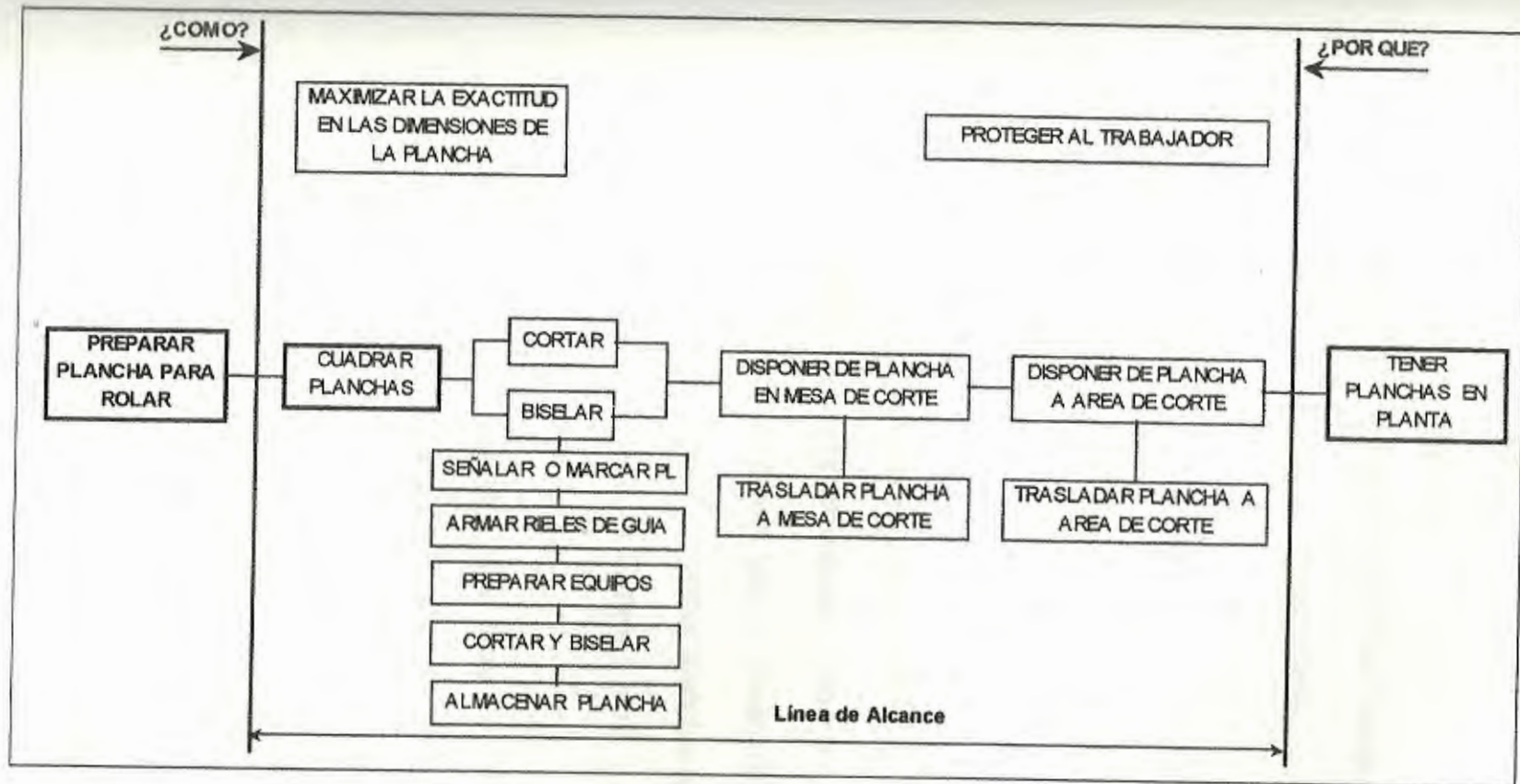


Figura 3.7 Diagrama Fast – Subproceso Corte y Biselado

b) Cilindrado de planchas.

El objetivo de este subproceso es formar virolas o cilindros pequeños para luego unirlos y armar el tubo.

El diagrama empieza con el título del mismo que es "Cilindrado Planchas" o sea el título del subproceso y dos líneas de alcance.

Las funciones que se han podido identificar con todo el grupo de trabajo son las siguientes: Cilindrar planchas, precurvar, puntear, asegurar forma, almacenar virola, colocar plancha en máquina, trasladar plancha a sitio de cilindrado, controlar diámetro de la virola.

Función de Jerarquía Superior.- En base a su definición, el grupo de trabajo llegó a la conclusión de que "Preparar virolas para armar tubo", es el fin o meta de este subproceso y por lo tanto se convierte en la función de jerarquía superior, y por medio de la cual se empieza a construir el diagrama haciendo la pregunta **¿Cómo preparar virolas para armar tubo?**, la respuesta ver ser

la función básica, la cual verificamos haciendo la pregunta ¿Por qué? de derecha a izquierda.

Función Básica.- "Construir virola", contesta a la pregunta de la función de jerarquía superior y para confirmar que es la función básica preguntamos **¿Por qué construir virola?**, para "preparar virolas para armar tubos" es lo correcto y se verificó la lógica.

Funciones del Camino Crítico.- Para identificar las funciones del camino crítico hacemos la pregunta a la función básica **¿Cómo construir virola?**, y la respuesta es "cilindrar planchas", para verificar que es la primera función del camino crítico preguntamos, **¿Por qué cilindrar planchas?**, y la respuesta "construir virola" confirma la lógica del método.

Utilizando el mismo procedimiento tenemos que: "colocar plancha en máquina" se convierte en la segunda función del camino crítico y "disponer de planchas en área de cilindrado" sería la tercera.

Función Causal.- La función causal da origen a las funciones del camino crítico y se obtiene haciendo la pregunta **¿Cómo?** a la última función del mismo, en este caso la pregunta es: **¿Cómo disponer de planchas en área de cilindrado?**, la función "tener planchas cuadradas y biseladas" satisface a esta pregunta, para verificar preguntamos **¿Por qué tener planchas cuadradas y/o biseladas?**, la función "disponer de planchas en área de cilindrado" cumple con la lógica.

Funciones de Apoyo: Las funciones de apoyo que se han podido identificar son: "precurvar", "cilindrar", "puntear", "asegurar forma" y "almacenar virolas" como funciones "*causadas por*" de Cilindrar plancha, "trasladar plancha máquina" es una función "*causada por*" de Colocar plancha en máquina y "trasladar plancha a área de cilindrado", es una función "*causada por*" de Disponer de planchas en área de cilindrado. Como "*funciones de diseño*" están "controlar diámetro de la virola", y como funciones que "*se dan todo el tiempo*" tenemos "proteger al trabajador".

Estas son todas las funciones que el equipo de trabajo ha podido identificar en este subproceso. La construcción del diagrama lo podemos apreciar en la figura 3.8

c) **Armado de tubos.**

En este subproceso se unen las virolas que se han fabricado en el área de cilindrado y se forma el tubo.

El título del proyecto es el del subproceso, "**Armado de Tubos**" y se dibujan las dos líneas de alcance.

Las principales funciones que aquí se determinaron son: Unir virola, armar tubo, colocar virolas en rieles, mantener rectitud del tubo, soldar manualmente, cuadrar una virola con otra y almacenar tubo.

Función de Jerarquía Superior.- Después de analizar cual es el objetivo final de este subproceso, se ha llegado a la conclusión de que: "preparar tubo para soldar", es la función de jerarquía superior, para confirmar hacemos la pregunta **¿Por qué preparar tubo para soldar?**, cualquier contestación, estará fuera del alcance de este análisis, por lo tanto "preparar tubo para soldar" si es de jerarquía superior.



DIAGRAMA FAST - CILINDRADO DE PLANCHAS

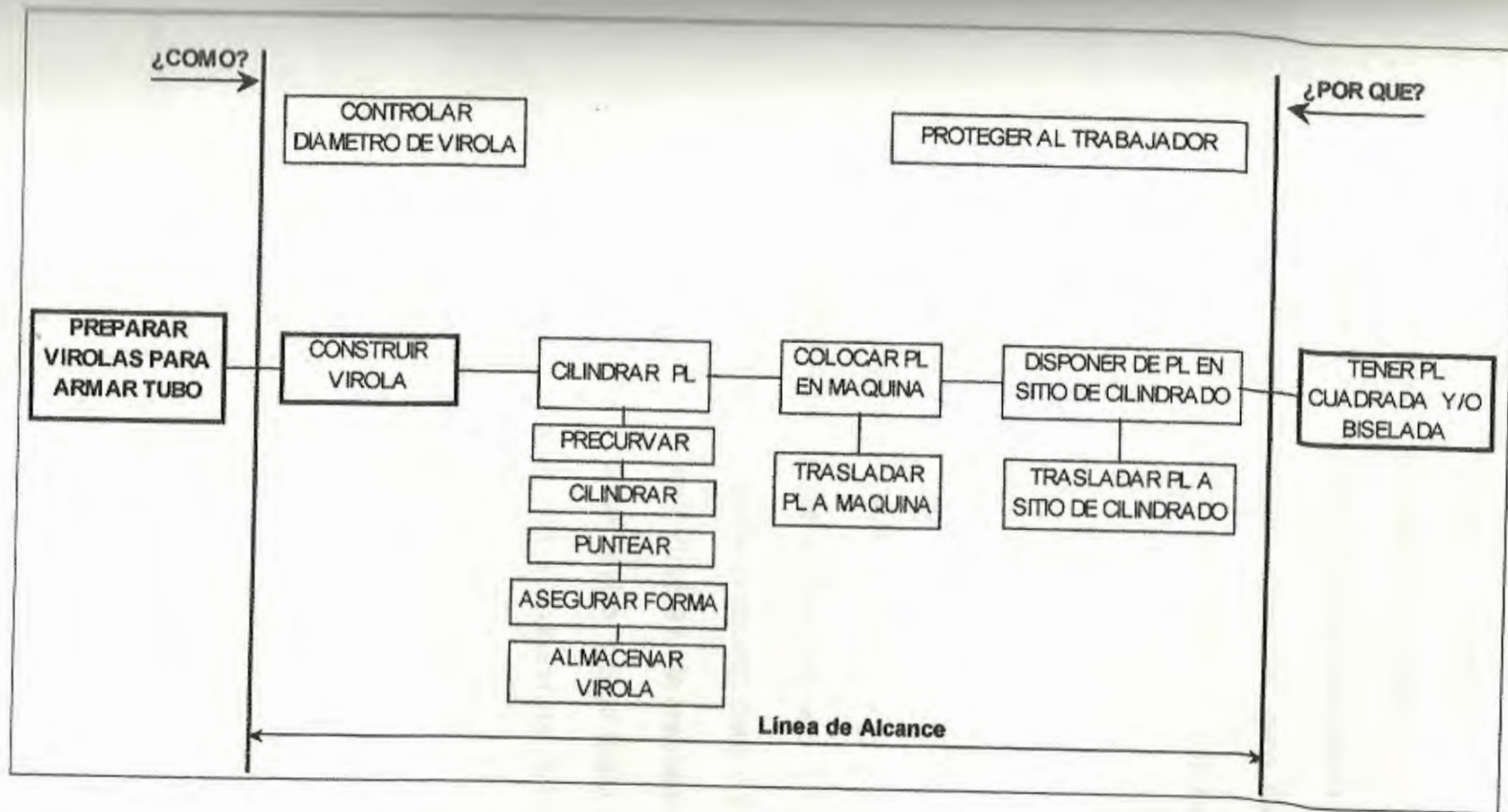


Figura 3.8 Diagrama Fast – Subproceso de Cilindrado

Función Básica.- Después de identificar la función de jerarquía superior se pregunta **¿Cómo preparar tubo para soldar?**, la respuesta debe ser la función básica y "armar tubo" satisface esta pregunta, para confirmarla preguntamos **¿Por qué armar tubo?**, la respuesta es la función de jerarquía superior y se cumple la lógica del método.

Funciones del Camino Crítico.- Se determinan a partir de la función básica mediante la pregunta **¿Cómo armar tubo?**, "unir virolas" es la primera función del camino crítico porque satisface a esta pregunta, para confirmarla preguntamos **¿Por qué unir virolas?**, la respuesta está a la derecha o sea la función básica, por lo tanto ya está comprobada, y siguiendo con el método de jerarquía de funciones, "colocar virolas en rieles" se convierte en la segunda función del camino crítico.

Función Causal.- Al hacer la pregunta a la segunda función del camino crítico **¿Cómo colocar virolas en rieles?**, la respuesta es la función "tener virolas", y concluimos que esta es la función causal, porque cualquier

función que dé origen a "tener virolas", ya no corresponden al análisis de este diagrama.

Funciones de Apoyo: Las funciones de apoyo que se han podido identificar son: "soldar manualmente", "cuadrar virolas" y "almacenar tubo" como funciones "*causadas por*" de Unir virolas y "transportar virolas a rieles" es una función "*causada por*" de Colocar virolas en rieles. La "*función de diseño*" es "mantener rectitud del tubo" y como funciones que "*se dan todo el tiempo*" tenemos "proteger al trabajador".

No se han identificado funciones adicionales para este subproceso, su gráfico lo podemos observar en la figura 3.9.

DIAGRAMA FAST - ARMADO DE TUBOS



Figura 3.9 Diagrama Fast - Subproceso Armado de Tubos

d) **Soldadura de tubos**

La soldadura siempre es un punto de gran importancia, puesto que es aquí donde se toman en cuenta la mayor cantidad de pruebas de calidad.

Empezamos con el título del diagrama "**Soldadura de Tubos**", y dos líneas de alcance.

Las principales funciones que el grupo de trabajo pudo determinar son: Soldar, pulir juntas, soldar interiormente, soldar exteriormente, almacenar tubo, colocar tubos en rodillos, asegurar la penetración de la soldadura y proteger al trabajador.

Empezamos nuevamente jerarquizando las funciones de izquierda a derecha con la pregunta lógica **¿Cómo?** y comprobamos de derecha a izquierda a través de la pregunta **¿Por qué?**.

Función de Jerarquía Superior.- La función "Preparar tubo para pintar" se identificó como función de jerarquía

superior, puesto que es el fin u objetivo de este subproceso, y a partir de la misma construiremos el diagrama.

Función Básica.- Al hacer la pregunta **¿Cómo preparar tubo para pintar?**, encontramos la función básica "ensamblar tubo", luego para verificar esta lógica preguntamos **¿Por qué ensamblar tubo?**, la respuesta es la función de jerarquía superior, por lo tanto se ha identificado y comprobado la función básica.

Funciones del Camino Crítico.- "Soldar", es la función que contesta la pregunta de la función básica **¿Cómo ensamblar tubo?**, para comprobar hacemos la pregunta **¿Por qué soldar?**, la respuesta "ensamblar tubo" es correcta y se confirma la primera función del camino crítico, luego siguiendo con el método encontramos que "colocar tubos en rodillos" se convierte en la segunda función del camino crítico.

Función Causal.- La función causal "tener tubos armados" la identificamos al hacer la pregunta a la

segunda función del camino crítico **¿Cómo colocar tubos en rodillos**, y se verificó porque al preguntar **¿ Por qué tener tubos armados?**, la respuesta fue "colocar tubos en rodillos", sabemos también que la función causal es la correcta porque cualquier otra que le de origen a la misma ya no pertenece al estudio de este subproceso.

Funciones de Apoyo: Las funciones de apoyo que se han podido identificar son: "pulir juntas", "soldar exteriormente", "soldar interiormente" y "almacenar tubo" como funciones "*causadas por*" de Soldar y "trasladar tubos a rodillos" es una función "*causada por*" de Colocar tubos en rodillos. Las "*función de diseño*" es "Asegurar la penetración de la soldadura" y como funciones que "*se dan todo el tiempo*" tenemos "proteger al trabajador".

Estas son las funciones identificadas en el subproceso de soldadura, su diagrama se observa a continuación.

DIAGRAMA FAST – SOLDADURA DE TUBO

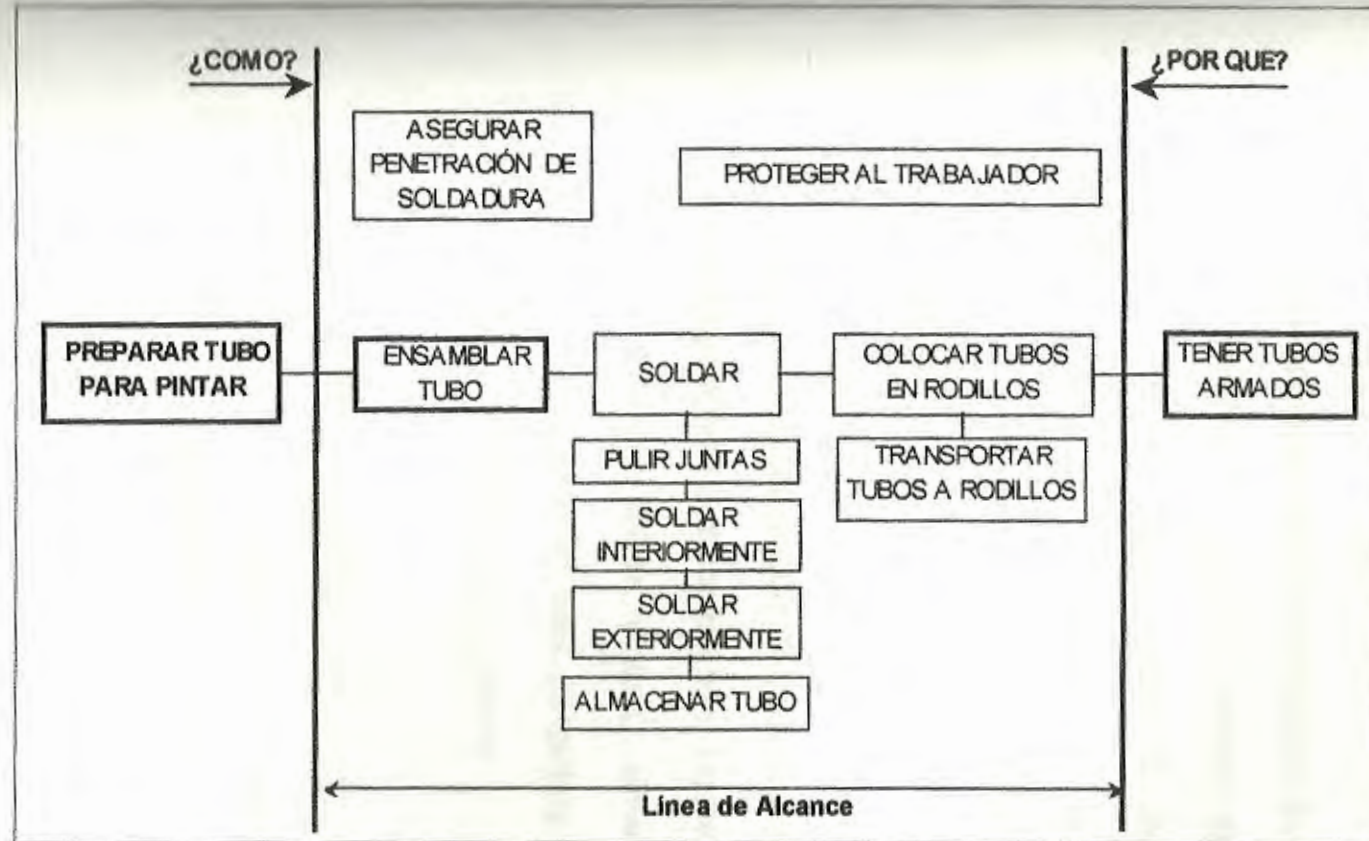


Figura 3.10 Diagrama Fast – Subproceso Soldadura de Tubos

e) **Pintura de tubos**

Es el último subproceso en la fabricación de tuberías, el diagrama comienza con su título "**Pintura de tubos**", y sus dos líneas de alcance, luego se jerarquiza las funciones de izquierda a derecha a través de la pregunta **¿Cómo?** y se comprueba la lógica de derecha a izquierda mediante la pregunta **¿Por qué?**.

Las principales funciones que el grupo de trabajo pudo determinar para este subproceso son: Limpieza química, limpieza mecánica, aplicar pintura, almacenar tubo terminado, colocar tubo en área de pintura, tener tubo soldado y asegurar adherencia de pintura.

Función de Jerarquía Superior.- La función "Terminar tubo para entrega", es el fin u objetivo de este subproceso, por lo tanto se convierte en la función de jerarquía superior.

Función Básica.- "Dar acabado", contesta a la pregunta de la función de jerarquía superior **¿Cómo**

terminar tubo para entrega?, y comprobando la función básica por medio de la pregunta **¿Por qué dar acabado?**, la respuesta es para "terminar tubo para entrega", por lo tanto se ha comprobado que la función básica es la correcta.

Funciones del Camino Crítico.- La función "Pintar tubo" contesta a la pregunta de la función básica **¿Cómo dar acabado?**, y se convierte en la primera función del camino crítico, siguiendo con el método encontramos que "disponer de tubos en área de pintura" se convierte en la segunda función del camino crítico, preguntando luego **¿Cómo disponer de tubos en área de pintura?**, tenemos como resultado la función causal.

Función Causal.- "Tener tubos soldados" se convierte en la función causal, porque contesta a la pregunta de la segunda función del camino crítico, y sobre todo porque como hemos mencionado anteriormente, cualquier función que le de origen a esta ya no pertenece al análisis del subproceso de pintura.

Funciones de Apoyo.- Las funciones de apoyo que se han podido identificar son: "limpieza química", "Limpieza mecánica", "aplicar pintura" y "almacenar tubo pintado", como funciones "*causadas por*" de Pintar tubo y "trasladar tubos a área de pintura" es una función "*causada por*" de Colocar tubo en área de pintura. La "*función de diseño*" es, "asegurar la adherencia de la pintura". Como funciones que "*se dan todo el tiempo*" tenemos "proteger al trabajador".

Hemos concluido con la construcción del diagrama para cada subproceso en fabricación de tuberías, el cual nos ha permitido visualizar minuciosamente todas las actividades que se ejecutan en cada uno de ellos y que probablemente no se habían considerado antes.

DIAGRAMA FAST – PINTURA DE TUBOS

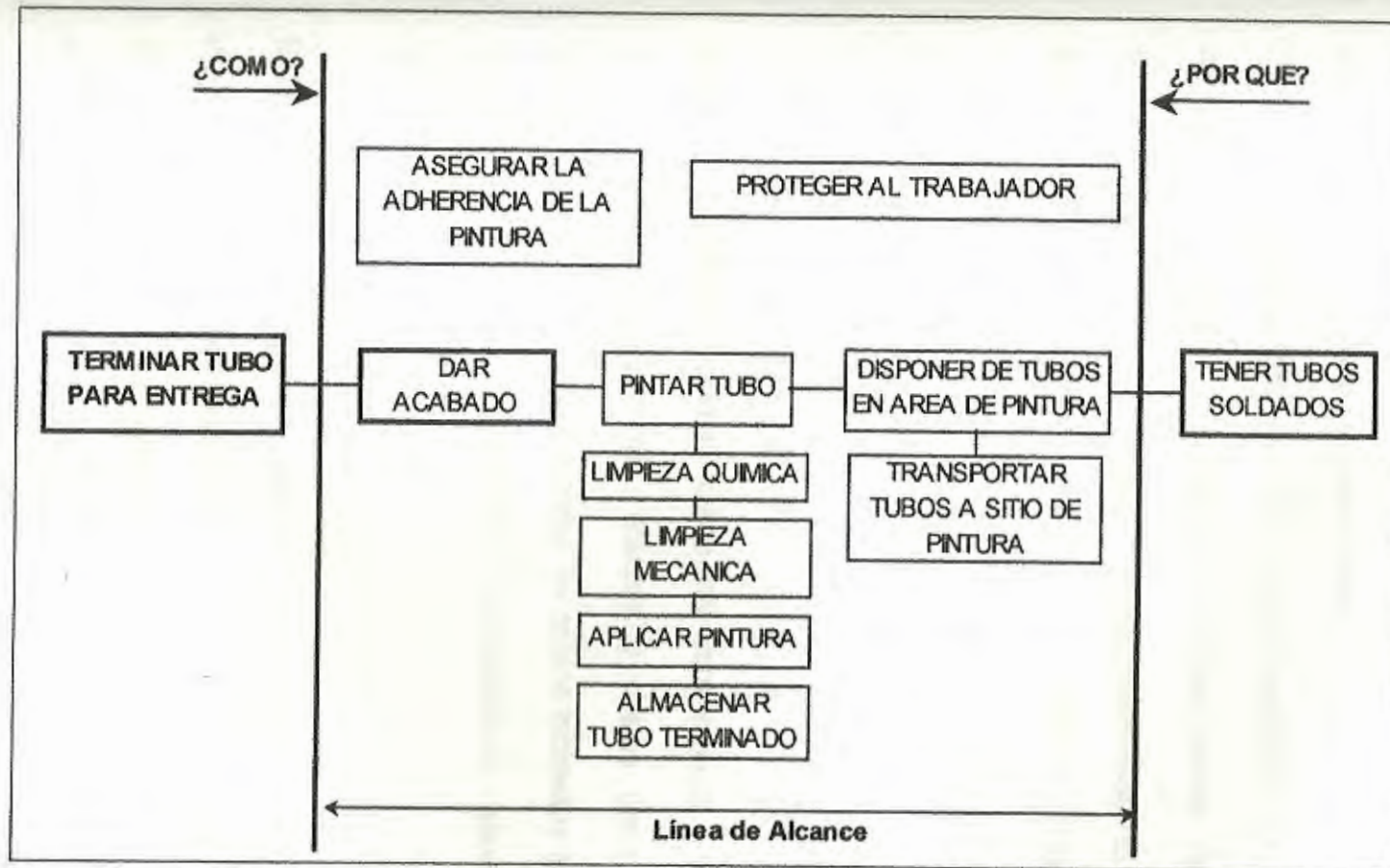


Figura 3.11 Diagrama Fast – Subproceso Pintura de Tubos

3.4 Asignación de costos a las funciones.

La construcción del diagrama fast permite identificar todas las funciones, simples o complejas que forman parte de un proceso, y para conocer cuales son las actividades que le agregan valor al producto final y cuales se lo están restando, es necesario obtener los costos de cada función en base a los recursos que utiliza cada una y su tiempo de duración.

Los costos relacionados con un producto o su desempeño incluyen: Costo de material, mano de obra directa, costos generales fijos como energía, equipos y costos generales variables o indirectos. En la empresa los costos indirectos están considerados como el 25% (gastos administrativos, servicios básicos, etc).

El tiempo promedio que se toma cada función se lo ha obtenido durante mediciones realizadas en un lapso de dos meses, con la ayuda de todo el equipo de trabajo involucrado en este estudio en la etapa de la evaluación de la situación actual.

El método para la asignación de funciones sigue los siguientes pasos básicos.

Primero, se elabora una lista de las funciones con el tiempo que se lleva cada una, las funciones de diseño y las que se dan todo el tiempo, son consideraciones que se deben tomar en cuenta durante la ejecución del subproceso, pero no se pueden medir.

Segundo, se detallan los costos que están involucrados en cada subproceso, tomando en cuenta los cuatro grupos principales que son: mano de obra directa, materiales o insumos, gastos generales fijos (costo de máquinas, energía) y costos generales variables o indirectos.

Tercero, es recomendable hacer una lista de todos los recursos involucrados en el subproceso con su correspondiente costo por hora, o en la unidad que sea necesaria como \$/kg.

Cuarto, se asignan los recursos a cada función de acuerdo a los que necesite cada una con su respectivo costo. Luego se suma el costo de todos los recursos de la función y se multiplica por el

tiempo de la misma, a esto se le agregamos el costo de insumos que se utilicen en dicha función.

De esta manera obtenemos el costo de la función y estamos en capacidad de poder identificar las funciones que agregan o restan valor al producto final.

a) Asignación de costos a las funciones de corte y biselado.

De acuerdo a los pasos básicos, para la asignación de costos a las funciones, se elaboró la lista con su tiempo promedio en horas, como se lo puede observar en la tabla 3.2.

La tabla nos muestra que el tiempo que se lleva en cuadrar una plancha es de 0.55 horas, por lo tanto su producción es de **1.81** planchas por hora.

TIEMPO PROMEDIO DE LAS FUNCIONES – CORTE Y BISELADO

TIEMPO PROMEDIO DE LAS FUNCIONES		
Funciones		Tiempo
"Camino Crítico"	"Causada por"	hrs
Disponer de pl en área de corte	Trasladar pl a sitio de corte y biselado	0.08
Disponer de pl en mesa de corte	Trasladar pl a mesa de corte	0.07
Cortar y Biselar	Señalar o marcar pl	0.15
	Amar rieles	0.07
	Preparar equipos	0.03
	Cortar-Biselar	0.10
	Almacenar plancha	0.05
Total horas promedio en cuadrar 1 pl		0.55

Tabla 3.2 Tiempo promedio de las funciones - Corte y biselado

Es importante indicar que en esta operación solo se cuadra, se bisela solo en casos especiales cuando la plancha es mayor a 15 mm de espesor, pero en planta no se ha fabricado tubería mayor a 10 mm de espesor.

El siguiente paso es identificar todos los costos que están involucrados en el subproceso de corte y biselado los cuatro grupo principales.



Mano de Obra

En corte y biselado laboran permanentemente el operador de la máquina cortadora y un ayudante. También se considera para este subproceso el operador del puente grúa.

Existen dos niveles de obreros en la fábrica: los operadores y los ayudantes.

De acuerdo a los roles de pago del departamento de contabilidad de la empresa, un operador gana como sueldo \$230 aproximadamente. Por lo tanto el sueldo por hora del operador es el siguiente.

Costo mano obra-Hora = (Sueldo / días laborales / horas)

Por lo tanto el valor de la mano de obra del operador es 230 dividido para 22 días laborables y dividido para 8 horas de trabajo por día, obteniendo como resultado \$1.31/hora.

Los ayudantes ganan un sueldo de \$150 mensuales, y siguiendo el mismo procedimiento mencionado anteriormente, obtenemos que el sueldo por hora de los ayudantes es $(150/22/8)$ \$0.85/hora.

Por lo tanto concluimos que el sueldo del operador por hora es de \$ 1.31 y el de los ayudantes \$ 0.85, estos valores serán los mismos para el resto de operadores y ayudantes de los siguientes subprocesos.

Materiales e Insumos

La materia prima que es el acero, en ciertas ocasiones lo proporciona el cliente, pero en otras, la fábrica debe suministrarlo.

El costo del acero es de \$0.55/kilo, y se lo considerará al final cuando se haya determinado el costo del producto, porque influye en todos los subprocesos de igual manera.

En cuanto a los insumos que utiliza este subproceso para cuadrar las planchas, están Oxígeno y Gas Acetileno, como se utiliza un proceso JETEX, la operación de corte

consume 4.2 m³ de oxígeno y 0.5 m³ de Acetileno por cada hora. El costo del oxígeno es de \$1.21/m³ y el acetileno \$7/m³, por lo tanto el consumo por hora del oxígeno es \$5.45/hora y del acetileno \$3.5/hora.

Maquinarias y Equipos

Los equipos que se utilizan en este subproceso son: el equipo de corte y el puente grúa.

El costo por hora de cada máquina se lo obtiene dividiendo el valor de la máquina para el número de horas de trabajo efectivo según su rendimiento más su mantenimiento mensual llevado a horas.

Por ejemplo, el costo del equipo de corte es de \$4,000, y su número de horas útiles es de 5000, pero su rendimiento es al 80%, esto quiere decir que el 20% de las horas están dedicadas a la preparación, limpieza, etc, del equipo, por lo tanto el costo por hora del mismo es \$1/hora ($4000/(5000*80\%)$), pero a este valor hay que sumarle el mantenimiento anual, o sea \$ 600, que llevado

a horas es \$0.07, entonces el costo del equipo de corte es \$1 más \$0.07, lo que da \$1.07/hora.

El rendimiento se lo obtiene en base a las especificaciones técnicas y según las mediciones que se han realizado por el personal calificado de la planta.

COSTO DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS – CORTE Y BISELADO

Rubros	Equipo de corte	Pte grúa
Valor Inicial:	\$4,000.00	\$70,000.00
Número de horas útiles:	5,000.00	10,000.00
Mantenimiento anual:	\$600.00	\$3,500.00
Rendimiento	80.00%	60.00%
Costo por hora:	\$1.07	\$12.07

Tabla 3.3 Costo por hora equipos de corte y biselado

En la tabla 3.3 podemos observar el costo por hora de los equipos que se utilizan en el subproceso de corte y biselado.

El método para obtener el costo por hora de las máquinas es el mismo para cualquiera que se utilice en otro subproceso.

Costos generales variables

De los costos generales variables que son: agua, luz, teléfono, entre otros, consideraremos, la energía por estar directamente relacionada en el desempeño del subproceso, el resto será incluido en el porcentaje de los costos indirectos una vez determinado el costo final.

Para determinar el costo de la energía nos referiremos a los kw que consume cada máquina en 1 hora y se multiplica por \$ 0.11, que es el costo de la misma para el sector industrial. Los kw que consume cada máquina los mide un eléctrico.

COSTO DE ENERGÍA - CORTE Y BISELADO

Rubros	Equipo de corte	Pte grúa
Consumo kw/hora	24.00	11.00
Costo por hora:	\$2.64	\$1.21

Tabla 3.4 Costo por hora de energía consumida-corte y biselado

Costos indirectos

Se ha estimado según el departamento de contabilidad de la empresa que los costos indirectos de fabricación, como

suelo de Ingenieros, servicios básicos, impuestos, ect. constituyen el 25% adicional en los gastos de fabricación.

A continuación se presenta el resumen de los costos involucrados en el subproceso de corte y biselado.

RECURSOS – CORTE Y BISELADO

LISTA DE RECURSOS Y SUS COSTOS		
RECURSOS	COSTO	UNIDAD
Operador de equipo de corte	1.31	\$/hora
Operador de puente grúa	1.31	\$/hora
Ayudantes	0.85	\$/hora
Equipo de corte	1.07	\$/hora
Puente Grúa 18 Tn	12.07	\$/hora
Energía de puente grúa (kw)	1.21	\$/hora
Energía de equipo de corte (kw)	2.64	\$/hora
Oxígeno m3/hora	1.21	\$/m3
Acetileno m3/hora	7.00	\$/m3

Tabla 3.5 Lista de recursos – corte y biselado

Luego de haber identificado todos los costos y conocer el tiempo de fabricación que se toma cada función, el siguiente paso es asignar el costo a cada función.

Para asignar el costo, analizamos cada función y escogemos de la lista de recursos, aquellos que utiliza con

su respectivo valor, se suma el costo de estos recursos y finalmente se multiplica por el tiempo de la función.

Por ejemplo, la función causada por "cortar y biselar" con un tiempo de 0.10 horas, utiliza los siguientes recursos: operador de equipo de corte \$1.31/hora, ayudante de corte \$0.85/hora, equipo de corte \$1.07/hora, energía de equipo de corte \$2.64/hora, consumo de acetileno \$3.5/hora, consumo de oxígeno \$5.08/hora, la suma total del costo de estos recursos es \$14.45/hora, este resultado multiplicado por 0.10 horas que dura la función, tenemos que el costo de la función "cortar y biselar" es de **\$1.49/hora.**

En la tabla 3.6 podemos observar el costo de las funciones del subproceso de corte y biselado.

ASIGNACIÓN DE COSTOS - CORTE Y BISELADO						
Funciones		Tiempo	Recursos que	Costo recursos	Costo función	
"Camino Crítico"	"Causada por"	hrs	utiliza	\$/hrs	\$	
Disponer de pl en área de corte	Trasladar pl a sitio de corte y biselado	0.08	Operador de puente grúa	\$1.31	1.22	
			Puente grúa	\$12.07		
			Energía de puente grúa	\$1.21		
Colocar de pl en mesa de corte	Trasladar pl a mesa de corte	0.07	Operador de puente grúa	\$1.31	1.12	
			Puente grúa	\$12.07		
			Energía de puente grúa	\$1.21		
			Operador de equipo de corte	\$1.31		
			Ayudante de corte	\$0.85		
Cortar y Biselar	Señalar o marcar pl	0.15	Operador de equipo de corte	\$1.31	0.32	
			Ayudante de corte	\$0.85		
	Armar rieles	0.07	Operador de equipo de corte	\$1.31	0.14	
			Ayudante de corte	\$0.85		
	Preparar equipos	0.03	Operador de equipo de corte	\$1.31	0.07	
			Ayudante de corte	\$0.85		
	Cortar y biselar	Cortar y biselar	0.10	Operador de equipo de corte	\$1.31	1.49
				Ayudante de corte	\$0.85	
				Equipo de corte	\$1.07	
				Energía de equipo de corte	\$2.64	
				Consumo de Acetileno	\$3.50	
				Consumo de Oxígeno	\$5.08	
	Almacenar plancha	Almacenar plancha	0.05	Operador de puente grúa	\$1.31	0.84
Puente grúa				\$12.07		
Energía de puente grúa				\$1.31		
Operador de equipo de corte				\$1.31		
Ayudante de corte				\$0.85		
Costo total de la operación					\$5.21	

Tabla 3.6 Asignación de costos a las funciones de corte y biselado

Las función de diseño "maximizar la exactitud en las dimensiones de la plancha" y la función que se da todo el tiempo como "proteger al trabajador", no tienen costo, porque no había alguien específico que se hiciera cargo del control de estas funciones.

Como resultado tenemos que el costo de cuadrar una plancha en el subproceso de corte y biselado es de \$5.21 pero a este valor se le debe agregar el 25% de los costos indirectos, por lo tanto el costo final es de \$6.51, por cada plancha cuadrada.

b) Asignación de costos a las funciones de cilindrado.

En base a los pasos para la asignación de costos, se elaboró primero la lista de funciones con sus respectivos tiempos, tal como se muestra en la tabla 3.7

Según los resultados obtenidos, el tiempo de fabricación de una virola es 0.47 horas, por lo tanto la producción es de 2.14 virolas/hora.

TIEMPO PROMEDIO DE LAS FUNCIONES - CILINDRADO

TIEMPO PROMEDIO DE LAS FUNCIONES		
Funciones		Tiempo
"Camino Crítico"	"Causada por"	hrs
Disponer de pl en sitio de cilindrado	Trasladar pl a sitio de cilindrado	0.05
Colocar pl en la máquina	Trasladar pl a máquina	0.05
Cilindrar pl	Precurvar	0.07
	Cilindrar	0.08
	Puntear	0.12
	Asegurar forma	0.05
	Almacenar virola	0.05
Total horas promedio en 1 virola		0.47

Tabla 3.7 Tiempo promedio de las funciones – cilindrado de planchas

Los costos del subproceso de cilindrado son:

Mano de obra

En este subproceso laboran permanentemente tres *personas, 1 operador y dos ayudantes y debemos considerar también al operador del puente grúa.*

Como habíamos mencionado anteriormente solo hay dos niveles de obreros en la planta los operadores y los ayudantes.

Por lo tanto, el costo por hora del operador es \$1.31 y de cada ayudante es de \$0.85.

Materiales e Insumos

Para cilindrar se utilizan, electrodos de soldadura 6011, su valor es \$1.5/kilo, y vienen 32 palillos, pero se utilizan 8 por cada virola aproximadamente, es decir 0.25 kilos o \$0.4 por virola.

Maquinarias y Equipos

Las maquinarias que operan en este subproceso son las siguientes: la máquina cilindadora, 1 soldadora manual, 1 tecla de 1 tn y el puente grúa de 10 tn.

La manera para sacar los costos por hora de estas máquinas, es la misma descrita en la operación de corte y biselado.

En la tabla 3.8 se muestran los costos por hora de las máquinas del subproceso de cilindrado.

COSTO DE MÁQUINAS - CILINDRADO

Rubros	Cilindradora	Soldadora	Tecle	Pte grúa
Valor Inicial:	\$150,000.00	\$3,000.00	\$10,000.00	\$70,000.00
Número de horas útiles:	10,000.00	4,000.00	5,000.00	10,000.00
Mantenimiento anual:	\$7,500.00	\$600.00	\$500.00	\$3,500.00
Rendimiento	80.00%	80.00%	80.00%	60.00%
Costo por hora:	\$19.61	\$1.01	\$2.56	\$12.07

Tabla 3.8 Costos por hora equipos y máquinas de cilindrado

Costos generales variables

Como lo mencionamos anteriormente, el costo de la energía se obtiene por los kw que consume cada máquina en 1 hora y se multiplica por \$ 0.11, que es el costo de la misma para el sector industrial.

COSTO DE ENERGÍA - CILINDRADO

Rubros	Cilindradora	Soldadora	Tecle	Pte grúa
Consumo kw/hora	22.00	24.00	10.00	11.00
Costo por hora:	\$2.42	\$2.64	\$1.10	\$1.21

Tabla 3.9 Costo por hora de energía consumida - cilindrado

Costos indirectos.

Como se ha mencionado anteriormente, corresponden al 25% de los gastos de fabricación.

Para la asignación de costos se mostrará primero el resumen de todos los costos involucrados en el subproceso de cilindrado en \$/hora.

RECURSOS - CILINDRADO

LISTA DE RECURSOS Y SUS COSTOS		
RECURSOS	COSTO	UNIDAD
Operador de Cilindradora	1.31	\$/hora
Ayudante 1	0.85	\$/hora
Ayudante 2	0.85	\$/hora
Operador de Puente Grúa	1.31	\$/hora
Máquina Cilindradora	19.61	\$/hora
Máquina Soldadora	1.01	\$/hora
Tecele 1 tn	2.56	\$/hora
Puente grúa	12.07	\$/hora
Energía de Cilindradora	2.42	\$/hora
Energía de Puente grúa	1.21	\$/hora
Energía de Tecele	1.10	\$/hora
Energía de Soldadora	2.64	\$/hora
Electrodos 6011	1.50	\$/kilo

Tabla 3.10 Lista de recursos - cilindrado

Ahora se asignaran los costos a todas las funciones de cilindrado, en base a la lista de recursos, utilizando el mismo método mencionado en el subproceso de corte y biselado. El costo de las funciones lo podemos observar en la tabla 3.11.

Funciones		Tiempo hrc	Naturaleza que utiliza	Costo recursos \$/hrc	Costo función \$	
"Camino Crítico"	"Causada por"					
Disponer de pl en sitio de cilindrado	Trasladar pl a sitio de cilindrado	0.05	Operador de puente grúa	1.31	0.73	
			Puente grúa	12.07		
			Energía de puente grúa	1.21		
Colocar pl en la máquina	Trasladar pl a máquina	0.05	Ayudante 1	0.85	0.33	
			Ayudante 2	0.85		
			Operador de cilindradora	1.31		
			Tecele 1 tn	2.56		
			Energía de tecele	1.10		
Cilindrar pl	Precurar	0.07	Operador de cilindradora	1.31	1.67	
			Ayudante 1 y Ayudante 2	1.70		
			Cilindradora	19.61		
			Energía de cilindradora	2.42		
	Cilindrar	0.08		Operador de cilindradora	1.31	1.94
				Ayudante 1 y Ayudante 2	1.70	
				Cilindradora	19.61	
				Energía de cilindradora	2.42	
	Puntear	0.12		Ayudante 1 y Ayudante 2	1.70	1.15
				Operador de cilindradora	1.31	
				Máquina soldadora	1.01	
				Energía de soldadora	2.64	
				Electrodos 6011	0.38	
	Asegurar forma	0.05		Operador de cilindradora	1.31	1.25
				Ayudante 1 y Ayudante 2	1.70	
				Cilindradora	19.61	
Energía de cilindradora				2.42		
Almacenar virola	0.05		Operador de cilindradora	1.31	0.33	
			Ayudante 1 y Ayudante 2	1.70		
			Tecele 1 tn	2.56		
			Energía de tecele	1.10		
Costo total de la operación					\$7.41	

Tabla 3.11 Asignación de costos a las funciones de cilindrado



En la asignación de costos, cabe recalcar un detalle muy importante, los insumos por lo general no están dados en \$/hora, por lo tanto su valor se suma al final.

Por ejemplo el costo de la función "puntear", es la suma de los costos de: los dos ayudantes \$1.70/hora, el operador de la cilindradora \$1.31/hora, máquina soldadora \$1.01, energía de la soldadora \$2.64, todo esto multiplicado por el tiempo de la función que es 0.12 horas y a este valor se le suma el costo del consumo de electrodos 6011, obteniendo como resultado \$1.15 el costo de la función.

De acuerdo a los resultados, el costo de fabricar una virola es de \$7.41, pero más el 25% de los costos indirectos, el costo final es **\$9.27**



c) **Asignación de los costos al subproceso de armado de tubos.**

El tiempo de fabricación de un tubo armado es de 4.12 horas, tal como se muestra en la tabla 3.12.

TIEMPO PROMEDIO DE LAS FUNCIONES – ARMADO DE TUBOS

TIEMPO PROMEDIO DE LAS FUNCIONES		
Funciones		Tiempo
"Camino Crítico"	"Causada por"	hrs
Colocar virolas en rieles	Trasladar virolas a rieles	0.67
Unir virolas	Cuadrar una virola con otra	1.33
	Soldar manualmente	2.00
	Almacenar tubo	0.12
Total horas promedio en 1 tubo armado		4.12

Tabla 3.12 Tiempo promedio de las funciones – armado de tubos

Por lo tanto, la producción de este subproceso es de 0.24 tubos armados/hora, los costos de este subproceso lo describiremos a continuación.

Mano de obra

En este subproceso laboran tres armadores que ganan como operadores. Y se considera también el costo del operador del puente grúa.

Como habíamos mencionado anteriormente, el costo por hora del operador es \$1.31.

Materiales e Insumos

Para armar los tubos se utilizan, electrodos de soldadura 6011, su valor es \$1.5/kilo, y vienen 32 palillos, pero se utilizan 40 aproximadamente, es decir \$1.88 por tubo armado.

Maquinarias y Equipos

Las maquinarias que operan en este subproceso son las siguientes: 1 soldadora manual, y el puente grúa de 10 tn.

El método para obtener los costos por hora de estas máquinas, se describió en la operación de corte y biselado. En la tabla 3.13 observamos estos valores.

COSTO DE MÁQUINAS – ARMADO DE TUBOS

Rubros	Soldadora	Pte grúa	Equipos varios
Valor Inicial:	\$3,000.00	\$70,000.00	\$200.00
Número de horas útiles:	4,000.00	10,000.00	800.00
Mantenimiento anual:	\$600.00	\$3,500.00	\$0.00
Rendimiento	80.00%	60.00%	80.00%
Costo por hora:	\$1.01	\$12.07	\$0.31

Tabla 3.13 Costo por hora de equipos – armado de tubos

Los equipos varios, se refieren a gatas, martillos y ese tipo de herramientas.

Costos generales variables

El costo de la energía se obtiene por los kw que consume cada máquina en 1 hora y se multiplica por \$ 0.11, que es el costo de la misma para el sector industrial.

COSTO ENERGÍA – ARMADO DE TUBOS

Rubros	Soldadora	Pte grúa
Consumo kw/hora	24.00	11.00
Costo por hora:	\$2.64	\$1.21



Tabla 3.14 Costo por hora de energía consumida – armado de tubos

Costos indirectos.

Los costos indirectos de fabricación, como sueldo de Ingenieros, servicios básicos, impuesto, ect. corresponden al 25% adicional en los gastos de fabricación.

A continuación, mediante la siguiente tabla se mostrará el resumen de todos los costos involucrados en el subproceso de armado de tubos en \$/hora.

RECURSOS – ARMADO DE TUBOS

LISTA DE RECURSOS Y SUS COSTOS		
RECURSOS	COSTO	UNIDAD
Armadores	1.31	\$/hora
Operador de puente grúa	1.31	\$/hora
Soldadora	1.01	\$/hora
Puente grúa	12.07	\$/hora
Equipos varios	0.31	\$/hora
Energía de la soldadora	2.64	\$/hora
Energía del puente grúa	1.21	\$/hora
Electrodos 6011	1.50	\$/kilo

Tabla 3.15 Lista de recursos - armado de tubos

ASIGNACIÓN DE COSTOS - ARMADO DE TUBOS					
Funciones		Tiempo	Recursos que	Costo recursos	Costo función
"Camino Crítico"	"Causada por"	hrs	utiliza	\$/hrs	\$
Colocar virolas en rieles	Trasladar virolas a rieles	0.67	Operador del puente grúa	1.31	12.34
			Puente grúa	12.07	
			Tres armadores	3.93	
			Energía del puente	1.21	
Unir virolas	Cuadrar una virola con otra	1.33	Tres armadores	3.93	5.66
			Equipos varios	0.31	
	Soldar manualmente	2.00	Tres armadores	3.93	17.03
			Soldadora	1.01	
			Electrodo 6011	1.88	
			Energía de la soldadora	2.64	
	Almacenar tubo	0.12	Operador de puente	1.31	2.16
			Puente grúa	12.07	
Energía de puente grúa			1.21		
Tres Armadores			3.93		
Costo total de la operación					\$37.19

Tabla 3.16 Asignación de costos a las funciones – armado de tubos

Se asignaron los costos utilizando el método descrito anteriormente, es decir según los recursos que utiliza cada función.

Los resultados nos indican que armar un tubo cuesta \$37.19, pero con el 25% el costo final es de \$46.49/tubos armado.

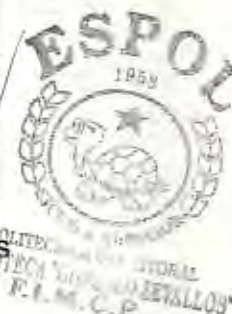
d) **Asignación de costos al subproceso de soldadura de tubos.**

El tiempo que se toma este subproceso en soldar un tubo, lo encontramos en la tabla 3.17 a continuación.

TIEMPO PROMEDIO DE LAS FUNCIONES – SOLDADURA DE TUBOS

TIEMPO PROMEDIO DE LAS FUNCIONES		
Funciones		Tiempo
"Camino Crítico"	"Causada por"	hrs
Colocar tubos en rodillos	Trasladar tubos a rodillos	0.25
Soldar	Pulir juntas	0.75
	Soldar exteriormente	3
	Soldar interiormente	4
	Almacenar tubo	0.12
Total horas promedio en 1 tubo soldado		8.12

Tabla 3.17 Tiempo promedio de las funciones – soldadura de tubos



POLITECNICO NACIONAL
BIBLIOTECA DE INVESTIGACIONES
F. I. M. C. P.

Por lo tanto la producción de este subproceso es de 0.12 tubos soldados/hora. Los costos del subproceso de soldadura de tubos se describen a continuación.

Mano de obra

Este grupo está constituido por un grupo de dos soldadores que ganan como operadores. Los cuales reciben el sueldo como los operadores, o sea \$1.31/hora, nuevamente el operador del puente grúa se considera en este subproceso.

Materiales e Insumos

Para soldar los tubos se utiliza, alambre de soldadura 1.2, su costo es de \$1.4/kg y el consumo por metro en un espesor de 10mm es de 0.19 kg/m, por 85.58 metros la cantidad de soldadura que se requiere es 16.26 kilos lo que nos da un costo de \$22.76 en total.

El gas que se utiliza es Mix 20, su costo es de 5.5\$/m³, y su consumo es de 2.3 m³ por todo el tubo (aproximadamente 25.05 lts/m), por lo tanto tenemos un costo de \$12.65 por gas.



También se utilizan discos de pulir, el costo de cada uno es de alrededor de \$0.25 y se utilizan aproximadamente 1, para pulir los puntos de soldadura del armado, por lo tanto el costo en discos de pulir es de \$0.25.

Maquinarias y Equipos

Las maquinarias que operan en este subproceso son las siguientes: 2 soldadoras mig, el puente grúa de 10 tn, 1 rodillo que hace girar el tubo lentamente para facilitar el trabajo del soldador y una pulidora. Los costos por hora los podemos observar en la tabla 3.18.

COSTO DE MÁQUINAS – SOLDADURA DE TUBOS

Rubros	Soldadora	Pte grúa	Equipos de pulir	Rodillos
Costo inicial:	\$3,500.00	\$70,000.00	\$300.00	\$12,000.00
Número de horas útiles:	4,000.00	10,000.00	800.00	10,000.00
Mantenimiento anual:	\$600.00	\$3,500.00	\$0.00	\$600.00
Depreciación	80.00%	60.00%	80.00%	80.00%
Costo por hora:	\$1.16	\$12.07	\$0.47	\$1.57

Tabla 3.18 Costos por hora de las máquinas – soldadura de tubos

Costos generales variables

Como lo mencionamos anteriormente, el costo de la energía se obtiene por los kw que consume cada máquina

en 1 hora y se multiplica por \$ 0.11, que es el costo de la misma para el sector industrial.

COSTO DE LA ENERGÍA - SOLDADURA DE TUBOS

Rubros	Soldadora	Pte grúa	Equipos de pulir	Rodillos
Consumo kw/hora	18.00	11.00	1.50	0.50
Costo por hora:	\$1.98	\$1.21	\$0.17	\$0.06

Tabla 3.19 Consumo de energía – soldadura de tubos

Costos indirectos.

Constituyen el 25% adicional en los gastos de fabricación, de acuerdo al departamento de contabilidad de la empresa.

A continuación, mediante la siguiente tabla se mostrará el resumen de los costos involucrados en el subproceso de soldadura de tubos en \$/hora.

A partir de esta lista, ya podemos asignar los costos a las funciones según los recursos que utiliza cada una y también en base a su tiempo.

RECURSOS - SOLDADURA DE TUBOS

LISTA DE RECURSOS Y SUS COSTOS		
RECURSOS	COSTO	UNIDAD
Operador de puente grúa	1.31	\$/hora
Soldador	1.31	\$/hora
Pulidor	0.85	\$/hora
Soldadoras Mig	1.16	\$/hora
Equipo de pulir	0.47	\$/hora
Rodillo	1.57	\$/hora
Puente grúa	12.07	\$/hora
Energía de soldadora	1.98	\$/hora
Energía de pulidora	0.17	\$/hora
Energía de rodillo	0.06	\$/hora
Energía puente grúa	1.21	\$/hora
Discos de pulir	0.25	\$/disco
Gas Mix 20	5.50	\$/m3
Alambre 1.2	1.40	\$/kilo

Tabla 3.20 Lista de recursos – soldadura de tubos

Los costos de las funciones del subproceso de soldadura de tubos se muestra a continuación.



ASIGNACIÓN DE COSTOS A LAS FUNCIONES DE SOLDADURA					
Funciones		Tiempo hrs	Recursos que utiliza	Costo recursos \$/hrs	Costo función \$
"Causa Crítica"	"Causada por"				
Colocar tubos en rodillos	Trasladar tubos a rodillos	0.25	Operador de puente grúa	1.31	3.65
			Puente grúa	12.07	
			Energía de puente grúa	1.21	
Soldar	Pulir juntas	0.75	Pulidor	0.85	2.58
			Pulidora	0.47	
			Discos de pulir	0.25	
			Rodillos	1.57	
			Energía Rodillos	0.06	
			Energía de pulidora	0.17	
	Soldar exteriormente	3	Dos soldadores	2.62	43.35
			Dos máq. soldadoras	2.32	
			Rodillos	1.57	
			Alambre 1.2	11.38	
			Gas Mix 20	6.33	
			Energía soldadoras	1.98	
			Energía Rodillos	0.06	
	Soldar interiormente	4	Dos soldadores	2.62	51.90
			Dos máq. soldadoras	2.32	
Rodillos			1.57		
Alambre 1.2			11.38		
Gas Mix 20			6.33		
Energía soldadoras			1.98		
Energía Rodillos			0.06		
Almacenar tubo	0.12	Operador de puente grúa	1.31	2.02	
		Puente grúa	12.07		
		Energía de puente grúa	1.31		
		Dos Soldadores	2.62		
Costo total de la operación					\$103.50

Tabla 3.21 Asignación de costos a las funciones de soldadura de tubos

Podemos observar que el costo de soldar un tubo es \$103.50, con el 25% de costos indirectos el costo total es de \$129.37

e) **Asignación de costos al subproceso de pintura de tubos.**

En la siguiente tabla, observaremos el tiempo que se lleva cada función en el subproceso de pintura y por lo tanto el tiempo total en pintar un tubo.

TIEMPO PROMEDIO DE LAS FUNCIONES – PINTURA DE TUBOS

TIEMPO PROMEDIO DE LAS FUNCIONES		
Funciones		Tiempo
"Camino Crítico"	"Causada por"	hrs
Colocar tubo en área de pintura	Trasladar tubos a área de pintura	0.17
Pintar tubo	Limpieza mecánica	0.50
	Limpieza química	0.50
	Aplicar pintura	1.83
	Almacenar tubo	0.08
Total horas promedio en 1 tubo pintado		3.08

Tabla 3.22 Tiempo promedio de las funciones – pintura de tubos

El tiempo promedio de pintar un tubo es de 3.08 horas, por lo tanto su producción es de 0.32 tubos/hora. Los costos del subproceso de soldadura de tubos se describen a continuación.

Mano de obra

El operador del equipo de pintura, un ayudante y el operador del puente grúa llevan a cabo este subproceso. Por lo tanto, de acuerdo a la forma de pago de esta fábrica, el costo hora del operador es \$1.31 y del ayudante \$0.85.

Materiales e Insumos

Lo primero que se realiza es la limpieza mecánica , para lo cual se utilizan 1 disco de pulir, con el fin de sacar impurezas de la soldadura, lo que involucra un costo de \$0.25 por tubo.

Para la limpieza química, dependiendo de cómo está el material, se utiliza aproximadamente medio galón de fosfatizante , el costo por galón es de \$4.4, por lo tanto el

Costos generales variables

El consumo de la energía, es un costo general variable, se lo obtiene tal como se lo ha venido realizando en los procesos anteriores.

COSTO DE ENERGÍA - PINTURA DE TUBOS

Rubros	Equipo de pintura	Pte grúa	Equipos de puir
Consumo kw/hora	26.50	11.00	1.50
Costo por hora:	\$2.92	\$1.21	\$0.17

Tabla 3.24 Consumo de energía - pintura de tubos

Costos indirectos.

Los costos indirectos de fabricación, como sueldo de Ingenieros, servicios básicos, impuesto, ect. constituyen el 25% .

El resumen de los costos de este subproceso lo tenemos en la tabla 3.25 a continuación.

RECURSOS – PINTURA DE TUBOS

LISTA DE RECURSOS Y SUS COSTOS		
RECURSOS	COSTO	UNIDAD
Operador de puente grúa	1.31	\$/hora
Operador de equipo de pintura	1.31	\$/hora
Ayudante de pintura	0.85	\$/hora
Equipo de pulir	0.47	\$/hora
Equipo de pintura	1.19	\$/hora
Puente grúa	12.07	\$/hora
Energía pulidora	0.17	\$/hora
Energía de equipo de pintura	2.92	\$/hora
Energía de puente grúa	1.21	\$/hora
Líquidos de limpieza	4.40	\$/galón
Pintura anticorrosiva	6.60	\$/galón
Discos de pulir	0.25	\$/disco

Tabla 3.25 Lista de recursos – pintura de tubos

Finalmente se asignaron los costos al último subproceso en la fabricación de tuberías, utilizando el mismo método que en los casos anteriores. El costo de las funciones de pintura lo podemos ver en la tabla 3.26.

ASIGNACIÓN DE COSTOS - PINTURA DE TUBOS					
Funciones		Tiempo	Recursos que	Costo recursos	Costo función
"Camino Crítico"	"Causada por"	hrs	utiliza	\$/hrs	\$
Colocar tubo en área de pintura	Trasladar tubos a área de pintura	0.17	Operador de puente grúa	1.21	2.41
			Puente grúa	12.07	
			Energía de puente grúa	1.21	
Pintar tubo	Limpieza mecánica	0.50	Operador de equipo de pintura	1.21	1.60
			Ayudante de pintura	0.85	
			Equipo de pulir	0.47	
			Energía de pulidora	0.17	
			Discos de pulir	0.25	
	Limpieza química	0.50	Operador de equipo de pintura	1.21	3.23
			Ayudante de pintura	0.85	
			Líquidos de limpieza	2.20	
	Aplicar pintura	1.73	Operador de equipo de pintura	1.21	32.46
			Ayudante de pintura	0.85	
			Pintura anticorrosiva	21.77	
			Equipo de pintura	1.19	
	Almacenar tubo	0.08	Energía de equipo de pintura	2.92	1.21
			Operador de puente grúa	1.21	
			Puente grúa	12.07	
				1.21	
Costo total de la operación					\$40.91

Tabla 3.26 Asignación de costos a las funciones – pintura de tubos

El costo de pintar un tubo es por lo tanto \$41.22 más el 25% de costos indirectos, el costo total de la operación es \$51.52

3.5 Conclusiones.

Luego de haber asignado los costos a las funciones de cada subproceso, se puede visualizar cual es el costo real de cada operación.

La importancia de la construcción del diagrama Fast, radica precisamente en identificar funciones que muchas veces han pasado desapercibidas para formar parte del costo de un producto.

Funciones como "trasladar un item de un lugar a otro" o "señalar o marcar", son actividades no se consideran al momento de costear un producto, especialmente si no se cuenta con un sistema de costeo y por lo general se toman en cuenta solo las funciones obvias del subproceso u operación, como cilindrar, soldar, cortar, etc, lo que a la larga provoca un costeo ineficiente generando pérdidas o utilidades muy bajas.

Como resultado tenemos que el costo de fabricación para un tubo promedio de diámetro 1400mm, espesor 10mm, longitud 12000mm, y peso aproximado de 4000 kilos es el siguiente:

COSTO FABRICACION POR SUBPROCESOS		
SUBPROCESO	ITEM	\$/SUBPROCESO
Cortar y/o biselar	Plancha cuadrada	6.51
Cilindrar	Vírola	9.27
Armar Tubo	Tubo armado	46.49
Soldar tubo	Tubo soldado	129.37
Pintar Tubo	Tubo pintado	51.52

Tabla 3.27 Costo de los subprocesos

El costo del tubo sería, el del subproceso de corte multiplicado por 8, porque son 8 planchas para formar el tubo, más el costo de cilindrado también multiplicado por 8 y más el costo del resto de los subprocesos, en total **\$353.59/tubo**. Finalmente se le suma el costo de material cuando lo suministra la empresa.

El costo en kilos para un tubo promedio es **\$0.10/kilo** ($\$353.59/4,000$ kilos), pero se estaba ofertando a los clientes con precios entre **\$ 0.12 y \$ 0.15** el kilo, por lo tanto las ganancias solo estaban entre el 33% y 16%, pero estas

utilidades pueden llegar a 0 o quedar en saldo negativo cuando regresaban un tubo a la planta.

Los tubos regresaban a la planta en la mayoría de los casos por fallas de soldadura, y el costo de este reprocesamiento era de : **\$353.59**, más el costo de volverlo a procesar por soldadura de tubos, o sea **\$ 129.37**, más el costo de volverlo a pintar **\$ 51.52** y más el transporte **\$80** en promedio, o sea un costo total de **\$607.18**, que llevado a kilos nos da un costo de **\$0.15/kilo**, lo que significa que perdíamos o quedamos con cero utilidad,

El diagrama fast, nos ha permitido identificar que subproceso o funciones son más costosas, y al conocer el costo real de cada operación, estamos en facultad de saber cuanto nos cuesta reprocesar un tubo, dependiendo de lo se necesite hacer.

Por lo tanto, al conocer todas las funciones involucradas en cada subproceso, su costo real, sus tiempos, estamos en facultad de estudiar alternativas de mejora que disminuyan el costo del producto y al mismo tiempo elevar la calidad del mismo, con el fin de aumentar las ganancias y la satisfacción del cliente.

CAPÍTULO 4

4. DOCUMENTACIÓN Y ESTANDARIZACION DE LOS PROCESOS.

4.1 Introducción.

El objetivo de este capítulo es plantear alternativas de mejora para las funciones de cada subproceso de fabricación de tuberías con un alto costo o bajo rendimiento, estandarizar el proceso y finalmente documentarlo, con el fin de generar un patrón que indique la manera más adecuada de llevar a cabo su construcción y que servirá como base para futuras mejoras a este proceso, en la empresa. Para el efecto se comenzará elaborando un resumen de todas las funciones con altos costos y bajos rendimientos según los resultados obtenidos en el capítulo 3. Luego se plantearán las alternativas de mejoras que puedan disminuir costos y elevar la calidad del producto.



Inmediatamente se asignarán los costos a las funciones con las alternativas de mejora siguiendo el mismo método utilizado en el capítulo 3, después se compararán los costos y niveles de rendimiento, antes y después de las alternativas de mejora. Seguidamente se establecerán los estándares e índices del proceso de fabricación para documentar el mismo y construir el diagrama con las mejoras propuestas.

Finalmente se describirán los procedimientos y recomendaciones para la implantación de la técnica del diagrama fast, con el fin de que sea utilizado como una herramienta en la mejora o evaluación de los procesos de fabricación.

4.2 Funciones que restan valor al proceso de fabricación de tuberías.

La relación que existe entre el costo de una función y su rendimiento o desempeño se denomina "**la disparidad del valor**", su definición nos dice que, es aquella situación en la cual el costo o esfuerzo puesto en un producto o proyecto no cumplen con las expectativas del cliente, e indica que existen los siguientes tipos de disparidad de funciones.

FUNCIÓN	COSTO	DESEMPEÑO
Tipo 1	↓	↑
Tipo 2	MEDIO	MEDIO
Tipo 3	↑	↓

Tabla 4.1 Disparidad de funciones

- Tipo 1: Funciones que requieren mejorar su desempeño
- Tipo 2: Funciones que ofrecen oportunidades para reducir el costo, al mismo tiempo que mantienen un desempeño aceptable.
- Tipo 3: Funciones que no tienen valor y que se pueden eliminar sin afectar el desempeño o la aceptación del producto o diseño.

Cabe recalcar que una función no dispar es aquella, que mantiene un costo bajo y un alto desempeño. En base a esta definición se escogieron las funciones que se encontraban en cualquiera de estos tres tipos según se muestra en la tabla 4.2,



para buscar alternativas que puedan mejorar su desempeño o disminuir su costo manteniendo o aumentando la calidad del producto.

CORTAR Y BISELAR				
Funciones		Tiempo	Costo	Tipo
"Camino Crítico"	"Causada por"	hrs	\$/función	función
Disponer de pl en área de corte	Trasladar pl a sitio de corte y biselado	0.08	1.22	Tipo 1 y 2
Disponer de pl en mesa	Trasladar pl a mesa de corte	0.07	1.12	Tipo 1 y 2
Cortar y Biselar	Señalar o marcar pl	0.15	0.32	Tipo 1
	Armar rieles	0.07	0.14	
	Preparar equipos	0.03	0.07	
	Cortar-Biselar	0.10	1.49	Tipo 2
	Almacenar plancha	0.05	0.84	Tipo 2
CILINDRAR				
Funciones		Tiempo		
"Camino Crítico"	"Causada por"	hrs		
Disponer de pl en sitio de cilindrado	Trasladar pl a sitio de cilindrado	0.05	0.73	Tipo2
Colocar pl en la máquina	Trasladar pl a máquina	0.05	0.33	
Cilindrar pl	Precurvar	0.07	1.67	Tipo1
	Cilindrar	0.08	1.94	Tipo1
	Puntear	0.12	1.15	Tipo1
	Asegurar forma	0.05	1.25	Tipo 2
	Almacenar virola	0.05	0.33	
ARMAR TUBO				
Funciones		Tiempo		
"Camino Crítico"	"Causada por"	hrs		
Colocar virolas en rieles	Trasladar virolas a rieles	0.67	12.34	Tipo 2
Usar virolas	Cuadrar una virola con otra	1.33	5.66	Tipo 1 y 2
	Soldar manualmente	2.00	17.03	Tipo 1 y 2
	Almacenar tubo	0.12	2.16	
SOLDAR TUBO				
Funciones		Tiempo		
"Camino Crítico"	"Causada por"	hrs		
Colocar tubos en rodillo	Trasladar tubos a rodillos	0.25	3.65	
Soldar	Pulir juntas	0.75	2.58	
	Soldar exteriormente	3	43.35	Tipo 1 y 2
	Soldar interiormente	4	51.90	Tipo 1 y 2
	Almacenar tubo	0.12	2.02	
PINTAR TUBO				
Funciones		Tiempo		
"Camino Crítico"	"Causada por"	hrs		
Colocar tubo en área de pintura	Trasladar tubos a pintura	0.17	2.43	Tipo 1
Pintar tubo	Limpieza mecánica	0.50	1.65	
	Limpieza química	0.50	3.28	Tipo 1 y 2
	Aplicar pintura	1.83	32.64	Tipo 1 y 2
	Almacenar tubo	0.08	1.22	

Tabla 4.2 Identificación de funciones dispares de cada subproceso

Es importante mencionar que las funciones de diseño y las que se dan todo el tiempo tienen costo 0, porque no se tenía ningún control sobre ellas.

A partir de estos resultados, el siguiente paso es encontrar las alternativas, que puedan mejorar el rendimiento de estas operaciones y por consiguiente disminuir los costos de fabricación sin olvidar los parámetros de calidad.

Luego de realizar este análisis, se podrán eliminar funciones o implementar otras, lo que nos llevaría a modificar en ciertos casos el diagrama fast inicialmente construido.

En la ingeniería de valor, las alternativas de mejora se encuentran en base a la creatividad y a la experiencia de quienes analizan algún proceso en particular. En el caso de fabricación de tuberías nos referiremos a tres puntos principales.

- **Parámetros de calidad.-** Muy importante porque ningún cambio serviría si olvidamos mantener la calidad del

producto, sino estaríamos actuando como los métodos tradicionales de reducción de costos.

- **Rendimiento de los equipos.-** Por que es importante conocer, cual es la capacidad de los equipos con los cuales se está operando y si hay posibilidades de renovarlos y cuál sería la inversión.
- **Rendimiento del personal.-** Es importante, debido a que mientras mayor sea su nivel de compromiso con la empresa, mayor será su desempeño.

4.3 Planteamientos de mejora.

En el área de la construcción y especialmente cuando se trata de un producto específico, es necesario saber que normas básicas se deben cumplir para que el producto tenga aceptación en el mercado.

La construcción de tuberías, generalmente debe cumplir con las especificaciones de la norma AWWA (American Water Works Association), que nos indica las especificaciones técnicas fundamentales para la fabricación de tuberías en acero.

a) **Subproceso de corte y biselado.**

Parámetros de calidad

En realidad no existe un parámetro de calidad específico para este subproceso, puesto que su función cortar y biselar, depende de las medidas y el tipo de junta que se haya escogido, pero evidentemente no es un parámetro de calidad de este subproceso, sino especificación técnica de otro subproceso como el de soldadura. En la fabricación de tuberías solo se utiliza este subproceso para cortar, puesto que se recomienda hacer bisel para espesores mayores a 10 mm de espesor, pero en planta no se han fabricado tuberías con espesores mayores a 10mm aunque se tiene la capacidad para hacerlo.

Rendimiento de los equipos.

El sistema de corte y biselado que se utiliza para este subproceso es uno actual, denominado JETEX, cuyas características son las siguientes.

- Boquilla M 133D-0 espesores de 9.5 -25 mm.

- Utiliza Oxígeno y Acetileno para su operación.
- Velocidad de corte: 570 mm/min.
- Rendimiento 85% : 485 mm/min.
- Consumo de Oxígeno 4.2 m³/hora.
- Consumo de Acetileno 0.5 m³/hora.

Esto quiere decir, que el equipo está en capacidad de cortar 29.1 metros por hora, en el caso de las tuberías, cuando se cuadra un plancha de 1500 X 4398.23 se cortan solo los extremos de la misma, o sea se procesan 3000 mm por cada una, teóricamente deberían elaborarse 9.7 planchas por hora (29.1/3), por lo tanto el desempeño medio del subproceso de corte y bisel, no se debe a los equipos sino al personal.

Rendimiento de personal

El desempeño del personal, en el subproceso de corte y bisel, es bajo porque existe un equipo con capacidad para procesar 29.1 metros por hora y la utilización de este equipo solo se encuentra en la función "cortar y biselar", por lo tanto el nivel de producción del resto de funciones



de este subproceso puede mejorar si aumenta el desempeño de los trabajadores.

Para incentivar la producción de este subproceso, y sobre todo, para cuando se tenga que trabajar en serie, se cambió el tipo de salario, es decir; ahora se paga por unidad producida y se acordó en \$1/plancha cuadrada.

La contratación de un supervisor general con conocimientos en el área de tuberías, fue indispensable para evitar que el afán por producir más genere una mala calidad del producto.

La función del supervisor será controlar la calidad del proceso, y por lo tanto su costo estará directamente relacionado con las *"funciones de diseño"* y las funciones *"que se dan todo el tiempo"* de los 5 subprocesos en la fabricación de tuberías.

Alternativas de mejora

1.- Cambiar el personal a trato o por unidad producida con el fin de aumentar el desempeño de los trabajadores en este subproceso.

2.- La contratación del supervisor, que se refleja económicamente en las funciones de diseño y las que se dan todo el tiempo de este y el resto de subprocesos en la fabricación de tuberías.

a) Subproceso de Cilindrado

Parámetros de Calidad

Diámetro de la virola.- Los parámetros de calidad a considerar para cilindrar un plancha están en el diámetro.

Según la norma AWWA se permite una tolerancia de $\pm 1\%$ en la ovalización de la circunferencia, es decir si el diámetro nominal de la tubería es de 1400, se aceptará según la norma AWWA el diámetro u ovalización esté entre 1386 y 1414 mm.

Soldadura para puntear.-El método y el tipo de electrodo que se utiliza para puntear, también se deben regir a ciertos parámetros de calidad.

El electrodo que se utiliza para puntear la virola es:

Norma: AWS - E6011

Resistencia a la tracción: 60.000 lbs/pulg²

Aplicaciones: Carpintería metálica, estructuras, chapas gruesas y finas.

La plancha que se procesa es de 10 mm de espesor y según los especialistas en soldadura, se debería soldar con un electrodo más resistente, es por este motivo que los puntos se rompen y nuevamente se debe realizar el proceso de puntear, lo que genera más pérdida de tiempo.

Al utilizar un electrodo más resistente se pueden disminuir los puntos de soldadura y por consiguiente el tiempo que se tome esta función.

Por lo tanto los especialistas de Aga, basándose en las normas de la AWS recomendaron que para espesores menores a 10mm se podía utilizar el electrodo mencionado anteriormente y para los que son mayores o iguales a 10 mm utilizar uno con las siguientes características.

Norma: AWS - E7018

Resistencia a la tracción: 70.000 lbs/pulg²

Aplicaciones: Electrodo con revestimiento de bajo hidrógeno, con polvo de hierro, indicado para soldaduras de alta resistencia a la tracción. Recomendado para soldadura de tuberías, calderas de alta presión, tanques, construcciones metálicas en obras.

Rendimiento de los equipos

Básicamente los equipos que se utilizan en este subproceso son la cilindradora el puente grúa y la soldadora manual, pero una de las más importantes es la cilindradora, porque afecta directamente a tres funciones: precurvar, cilindrar y asegurar forma.

- KUMLA/BACKTEMAN DE 25mmX 3000mm

- Tipo de cilindradora: hidráulica y controles digitales
- Velocidad de cilindrado : 4876.8 mm/min.

Esto quiere decir que teóricamente la cilindradora puede procesar una plancha en 1 minuto, o sea, si en el proceso de precurvado solo se da un pase para doblar los extremos, el tiempo máximo que se debe demorar esta función es 1 minuto, en la función cilindrado que se tienen que hacer hasta 3 pases, el tiempo que se tomará será de 3 minutos y para asegurar la forma solo se necesita 1 pase, por lo tanto esta función solo debe llevarse 1 minuto en su operación.

Esto nos deja claro, que el desconocimiento de la capacidad de los equipos, no le permite a los supervisores o jefes, exigir un mayor rendimiento, puesto que una de la causas del bajo nivel de producción es precisamente la falta de compromiso por parte de los empleados.

Rendimiento del personal

Un operador y dos ayudantes, es el número de personas que labora en este subproceso y para lograr un mayor rendimiento de parte de ellos, se adoptó el pago del salario por unidad producida.

Esta modalidad nos permitirá incentivar la producción y hacer que el trabajador sea más responsable con su oficio ya que a partir de ahora no puede permitirse perder tiempo.

Alternativas de mejora

Los cambios que se proponen para este subproceso, con el fin de aumentar su rendimiento y mantener su calidad son:

1.- Debido a la tolerancia que nos permite la norma AWWA, no tenemos que ser exactos en el diámetro de la virola y por lo tanto no hay la necesidad de dar más de 4 pases en la cilindradora, esto influye en las funciones de precurvado, cilindrado y asegurar forma.

2.- Utilizar el electrodo apropiado 6011 a 7018 según el espesor de la plancha para disminuir la cantidad de puntos de soldadura, y a la vez asegurar que estos no se rompan, y así minimizar el tiempo de la función puntear.

3.- Pagar a los obreros por unidad producida, con el fin de que sean más responsable con su trabajo.

4.- Contratar a un supervisor general, cuya función será controlar la calidad del proceso y su costo se distribuye entre todos los subprocesos.

b) **Subproceso armado de tubos.**

Parámetros de calidad

En este subproceso los parámetros de calidad que podemos considerar son los siguientes:

Alineación de las virolas.- Según la norma AWWA y cualquier otra, en la fabricación de tuberías indica que la junta longitudinal de una virola no puede alinearse con la



junta de la siguiente, sino que tienen que quedar traslapadas.

Soldadura para puntear.- En este subproceso tenemos el mismo problema que en el anterior, cuando se unen las virolas se rompen los puntos de la soldadura y se tienen que unir nuevamente, lo que involucra una pérdida de tiempo y por lo tanto un bajo rendimiento.

Debido a esto, se deben tomar en cuenta los parámetros de calidad que se han identificado en el subproceso de cilindrado, para puntear, es decir se debe utilizar el electrodo correcto, según el espesor de la plancha, esto nos permite realizar menos puntos de soldadura y asegurar que no se rompan.

Rendimientos de Equipos

Las máquinas que se utilizan en este subproceso son las soldadoras manuales, pero su rendimiento depende más de cómo la operen los soldadores.

Rendimiento de personal

El personal de este subproceso, también se cambió a pago por unidad producida, no solo con el afán de aumentar el rendimiento de las operaciones, sino también para incentivar la responsabilidad por el trabajo.

Alternativas de mejora

Los cambios más importantes que se ejecutaron en el armado de tubos son:

- 1.- Utilizar el electrodo apropiado según el espesor de la plancha, ya sea 6011 o 7018, se logra disminuir el número de puntos de soldadura y por lo tanto el tiempo de la función soldar manualmente en este subproceso.
- 2.- Pagar al grupo de armadores por tubo armado, para aumentar el rendimiento de este subproceso.
- 3.- El contrato del supervisor general, también es una alternativa de mejora para mantener la calidad del producto.

d) Subproceso soldadura de tubos.

La soldadura es el subprocesos más importantes en la fabricación de tuberías, puesto que el cliente puede realizar pruebas como : radiografías, líquidos penetrantes, etc, con el fin de comprobar la calidad de la misma.

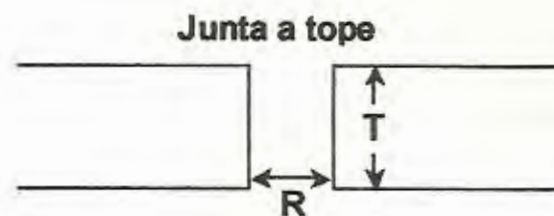
Parámetros de calidad

Los parámetros de calidad para la soldadura generalmente siguen la norma AWS (American Welding Society), esta norma nos ofrece una serie de alternativas, para soldar dependiendo de los recursos y habilidades que tenga cada empresa para aplicarlas. Lo más importante para soldar, es seleccionar el proceso de soldadura y el tipo de junta.

Proceso de soldadura.- Los recursos para soldar que la empresa tiene, son: proceso SMAW (soldadura manual), MIG (soldadura automática) y SAW (soldadura por arco sumergido). No se utiliza la soldadura manual para soldar completamente las juntas, porque se lleva más tiempo y los electrodos dejan rebaba en el cordón de soldadura, el arco sumergido no estaba funcionando al 100% y además

es recomendable para soldar espesores gruesos o mayores a 15 mm, por lo tanto el único proceso factible para llevar a cabo esta operación era por proceso MIG o soldadura automática.

El tipo de junta.- Se utiliza una junta a tope, porque la norma internacional AWS (American Welding Society), señala que se la puede utilizar hasta 10 mm de espesor, pero para asegurar que haya una buena penetración, se deberá pulir la junta interior del tubo hasta que se tope con el cordón exterior y así asegurar una buena penetración.



T: espesor de la plancha

R: raíz de 2 a 3 mm

Figura 4.1 Junta a tope



Con esta junta se puede soldar en todas las posiciones y podemos utilizar proceso MIG, que es el que está disponible en planta, el proceso MIG consiste básicamente en mantener un arco eléctrico entre la pieza a soldar y el extremo de un electrodo consumible constituido por un alambre continuo que se alimenta hacia el arco automáticamente desde una boquilla, esta protección evita que el cordón se vuelva poroso y débil y no produce rebaba.

También era evidente observar que en ocasiones se soldaba con alambre 0.9 y otras con 1.2, pero lo indicado realmente es utilizar alambre 1.2 por sus características:

Norma: AWS ER 70 S – 6

Descripción: Alambre continuo cobrizado de acero
micro-aleado.

Resistencia a la Tracción: 80.000 PSI

Aplicación: Para soldar acero dulce en toda posición,
mediante proceso MIG usando mezcla
MIX20. Utilización en estructuras en

general, maquinaria, bastidores de autos, puentes, muelles, torres etc.

El gas que se utiliza es el MIX 20 o nombre comercial, compuesto de argón y dióxido de carbono, especial para la protección gaseosa de la soldadura MIG de aceros al carbono. Sus características son:

Permite aumentar la velocidad de soldeo y reducir pérdidas por salpicaduras y operaciones de acabado posterior.

Estos son los parámetros que se deben tomar en cuenta para mejorar la calidad de la soldadura, influye directamente sobre la función pulir juntas en la cual posiblemente aumente su tiempo, pero puede ayudar a las funciones soldar interiormente y soldar exteriormente, puesto se realizará un pase por cada lado y se evitará la insatisfacción de los clientes y por lo tanto la devolución de los tubos.

Rendimiento de los equipos

Los equipos que se utilizan en este subproceso son las máquinas pulidoras y las máquinas soldadoras mig.

La pulidora es un equipo sencillo que utiliza discos de desbaste, su propósito es pulir un poco los puntos de la soldadura que se hacen cuando se arma el tubo, pero ahora se utilizará también para pulir interiormente.

Las máquinas soldadoras que se utilizan tienen las siguientes características:

Marca: Máquina Cebora 253C No. 962917

Capacidad: 250 A

Velocidad de avance : 200 mm/min

Se observó que una de las causas del bajo rendimiento de este subproceso era la utilización de estas máquinas soldadoras de baja capacidad, puesto que no estaban diseñadas para trabajar por largo tiempo porque se recalentaban y los soldadores tenían que soldar y al cabo

de hora y media tenían que hacer un alto para poder continuar.

En un proceso de soldadura, la velocidad de avance está directamente relacionada con el amperaje, por lo tanto a mayor amperaje mayor velocidad y por tal motivo, se recomendó reemplazar estas máquinas soldadoras de 250 A por unas de 550 A con las siguientes características.

Máquina Esab 550 No. F0104337-Cabezal - A0100846

Fuente de poder de 400-500 Amperios

Material Depositado: 0.19 Kg/mt.

Gas Utilizado: 25.05 lts/mt.

Velocidad de avance: 500 mm/min.

Rendimiento al 80%: 400 mm/min

Este tipo de máquinas con mayor capacidad aumenta considerablemente la producción en el proceso de soldadura, puesto que los soldadores ya no tienen que estar haciendo pausas para evitar que la máquina se

recaliente, sino que pueden trabajar continuamente, aunque la inversión de las máquinas es de \$4.500.

Rendimiento de personal

Con el fin de que el personal sea más responsable, también se cambió a la modalidad de trabajo por unidad producida.

Alternativas de mejora.

Las alternativas que se proponen para este subproceso son:

1. Utilizar la junta a tope según la norma AWS, pero pulir interiormente con el fin de asegurar una mayor penetración y satisfacer al cliente con sus requerimientos, junto con esto se establece que se utiliza proceso MIG, alambre 1.2 y gas de protección MIX20, para llevar a cabo esta operación.
2. Cambiar las máquinas soldadoras por unas de 550 A, para aumentar el nivel de rendimiento de las funciones soldar interiormente y soldar exteriormente.

3. Cambiar el personal a trato o por unidad producida con el fin de comprometer al personal con su trabajo.
4. El supervisor general que influye en la calidad del producto y se ve reflejado en las funciones de diseño y las que se dan todo el tiempo.

e) Limpieza y Pintura

Parámetros de calidad.

A pesar de que la norma AWWA indica que la tubería debe pasar por un proceso de sandblasting, la mayoría de las veces no se lo realiza, a menos que el cliente lo solicite, de ser así, se contrata a un equipo encargado de esta operación y este valor se cobra al dueño de la tubería

Por lo general solo se realiza la limpieza mecánica que es sacar los residuos de la soldadura y la química, la cual dependiendo del estado de la plancha, se aplica fosfatizante si la plancha presenta corrosión, o simplemente detergente cuando la plancha es nueva.

El número de capas de pintura anticorrosiva depende también de lo que solicite el cliente, pero usualmente solo se pasa una capa de esta pintura.

Rendimiento de los equipos

En cuanto a los equipos que utilizamos son: la pulidora para la limpieza mecánica y el equipo de pintura en función aplicación de pintura.

El equipo de pulir es una herramienta pequeña, cuya eficiencia depende más de cómo la utilice el operador como lo habíamos mencionado anteriormente en el subproceso de soldadura.

El equipo de pintura, tiene las siguientes características:

Modelo: 1200 P

Equipo de baja presión: 280 BAR

Velocidad: 0.5 m²/min

Rendimiento al 95%: 0.48 m²/min

La única posibilidad de aumentar el rendimiento de este subproceso es cambiando el equipo de pintura, por eso se recomendaba adquirir uno de mayor presión, lo que aumentaría notablemente la velocidad de pintura. Las características del equipo que se proponía son las siguientes:

Equipo de pintura a presión de aire comprimido TAIVER
MOD 18000P, 400 B

Velocidad: 2 m²/min

Rendimiento al 90%: 1.8 m²/min.

Este equipo nos permitirá disminuir considerablemente el tiempo que se lleva la función aplicar la pintura y por lo tanto mejorar el rendimiento y su costo.

Rendimiento del personal

El rendimiento del personal en este subproceso, está directamente relacionado con la forma de operar los equipos, por eso no es recomendable que trabajen a trato, sino más bien que reciban capacitación a fin de que utilicen correctamente el equipo y ahorren pintura.

Alternativas de mejora

Los cambios más importantes que se proponen en este subproceso son los siguientes:

1.- Cambiar el equipo de pintura a uno de mayor presión con el fin de aumentar la velocidad de aplicación de pintura y por lo tanto el rendimiento de este subproceso.

2.- Capacitar al personal en la utilización de los equipos.

3.- El Supervisor general también forma parte de las alternativas de mejora para este subproceso.

4.4 Asignación de costos a las funciones con las mejoras propuestas y comparación de costos y rendimientos antes y después de la implantación de las mismas.

Las alternativas de mejora que se propusieron, empezaron a ponerse en práctica paulatinamente, los resultados se dieron tal como se lo esperaba, pero la asignación de costos a las funciones es la única herramienta que nos permitirá visualizar,

en que porcentaje han sido factibles las alternativas propuestas,

a) Asignación de costos a las funciones de corte y biselado con las alternativas propuestas.

Se propuso que el operador y el ayudante de esta operación ganen su salario por unidad producida, con el fin de aumentar el rendimiento de las funciones, puesto que de las 7 funciones de este subproceso, 6 dependen más del desempeño de los obreros que de los equipos que utilizan.

El pago por unidad producida influyó directamente en el desempeño de las 6 funciones, aumentando el mismo, solo la función "cortar y biselar" mantiene su mismo tiempo, ya que su rendimiento depende solo del equipo de corte.

El tiempo promedio de las funciones, disminuyó, tal como lo podemos observar en la tabla 4.3.

TIEMPO PROMEDIO DE LAS FUNCIONES – CORTE Y BISELADO

TIEMPO PROMEDIO DE LAS FUNCIONES			
Funciones		Tiempo-antes	Tiempo-después
"Camino Crítico"	"Causada por"	hrs	hrs
Disponer de pl en área de corte	Trasladar pl a sitio de corte y biselado	0.08	0.05
Disponer de pl en mesa de corte	Trasladar pl a mesa de corte	0.07	0.03
Cortar y Biselar	Señalar o marcar pl	0.15	0.08
	Armar rieles	0.07	0.04
	Preparar equipos	0.03	0.03
	Cortar-Biselar	0.10	0.10
	Almacenar plancha	0.05	0.03
Total horas promedio en cuadrar 1 pl		0.55	0.38

Tabla 4.3 Tiempo promedio de las funciones con mejoras – corte y biselado

Como podemos observar la reducción en el tiempo promedio de cuadrar 1 plancha se ha reducido en un 31.6%, y la producción aumentó de 1.81 a 2.64 planchas/hora.

El siguiente paso es describir los costos que pertenecen a este subproceso y si existe algún cambio.

Mano de Obra

El cambio en este grupo de costos, es el pago por unidad producida, el operador ya no recibirá \$1.31/hora y \$0.85/hora el ayudante. Con la finalidad de que el pago a trato los incentive, se estableció que se les pagaría \$1 por cada plancha cuadrada, repartido en \$0.55 para el operador y \$0.45 para el ayudante o el 55% el operador y el 45% el ayudante.

Para asignar el costo de mano de obra a las funciones, es necesario referirse a la producción por hora de las planchas, que con los nuevos rendimientos es de 2.64 planchas por hora, por lo tanto si a trato pagamos en mano de obra \$ 1/plancha, entonces se está pagando \$2.64 por hora repartidos en el 55% para el operador y el 45% para el ayudante.

Por lo tanto el nuevo costo por hora, del operador del equipo de corte es \$1.452 ($2.64 \cdot 55\%$), y para el ayudante \$1.188/hora ($2.64 \cdot 45\%$).

El costo de los materiales e insumos, máquinas y equipos, costos generales variables y costos indirectos, no cambian, son los mismos descritos en el capítulo 3.

Por lo tanto resumiremos por medio de una lista, los costos involucrados en el subproceso de corte y biselado, con sus cambios en mano de obra, tal como se puede apreciar en la tabla 4.4.

RECURSOS – CORTE Y BISELADO

LISTA DE RECURSOS Y SUS COSTOS		
RECURSOS	COSTO	UNIDAD
Operador de equipo de corte	1.45	\$/hora
Operador de puente grúa	1.31	\$/hora
Ayudantes	1.19	\$/hora
Equipo de corte	1.07	\$/hora
Puente Grúa 18 Tn	12.07	\$/hora
Energía de puente grúa (kw)	1.21	\$/hora
Energía de equipo de corte (kw)	2.64	\$/hora
Oxígeno m3/hora	1.21	\$/m3
Acetileno m3/hora	7.00	\$/m3

Tabla 4.4 Lista de recursos con cambios – corte y biselado

Con esta lista de recursos, estamos en capacidad de poder asignar el costo a las funciones tal como se lo hizo en el capítulo 3.

ASIGNACIÓN DE COSTOS - CORTE Y BISELADO					
Funciones		Tiempo	Recursos que	Costo recursos	Costo función
"Camino Crítico"	"Causada por"	hrs	utiliza	\$/hrs	\$
Disponer de pl en área de corte	Trasladar pl a sitio de corte y biselado	0.05	Operador de puente grúa	\$1.31	0.73
			Puente grúa	\$12.07	
			Energía de puente grúa	\$1.21	
Colocar de pl en mesa de corte	Trasladar pl a mesa de corte	0.03	Operador de puente grúa	\$1.31	0.57
			Puente grúa	\$12.07	
			Energía de puente grúa	\$1.21	
			Operador de equipo de corte	\$1.45	
			Ayudante de corte	\$1.19	
Cortar y Biselar	Señalar o marcar pl	0.08	Operador de equipo de corte	\$1.45	0.22
			Ayudante de corte	\$1.19	
	Armar rieles	0.04	Operador de equipo de corte	\$1.45	0.11
			Ayudante de corte	\$1.19	
	Preparar equipos	0.03	Operador de equipo de corte	\$1.45	0.09
			Ayudante de corte	\$1.19	
	Cortar y biselar	0.10	Operador de equipo de corte	\$1.45	1.54
			Ayudante de corte	\$1.19	
			Equipo de corte	\$1.07	
			Energía de equipo de corte	\$2.64	
			Consumo de Acetileno	\$3.50	
	Almacenar plancha	0.03	Consumo de Oxígeno	\$5.08	0.57
			Operador de puente grúa	\$1.31	
Puente grúa			\$12.07		
Energía de puente grúa			\$1.21		
Operador de equipo de corte			\$1.45		
			Ayudante de corte	\$1.19	
Asignación de costos sin las funciones de apoyo					\$3.84

Tabla 4.5 Asignación de los nuevos costos a las funciones – corte y biselado

En la tabla 4.5 se pueden apreciar los nuevos costos de las funciones del subproceso de corte y biselado, pero todavía falta el costo de las funciones de apoyo, o sea de las *funciones de diseño* y las *que se dan todo el tiempo*.

Como una alternativa de mejora, se planteo contratar a un supervisor, cuyas funciones son controlar la calidad del producto, por lo tanto afecta directamente a las funciones de diseño de los 5 subprocesos, y la función "proteger al trabajador" que se da todo el tiempo se cambió por "controlar el personal", en los 5 subprocesos de fabricación de tuberías.

El método para asignar el costo a las *funciones de diseño* y a las *que se dan todo el tiempo*, es el siguiente.

El pago mensual del supervisor es de \$500, expresado en horas es: 500 para 25 días laborables por mes, \$20 por día y para 10 horas diarias, tenemos como resultado un costo de \$2/hora, pero este valor se tiene que dividir entre 5 subprocesos, por lo tanto el costo hora del supervisor para cada subproceso es de \$0.4/hora.

Por lo tanto, el costo del supervisor para el subproceso de corte y biselado es de \$0.4/hora. Pero en esta operación están la función de diseño "maximizar la exactitud en las dimensiones de la plancha", y "controlar al trabajador" en lugar de "proteger al trabajador" como una función que se da todo el tiempo, por lo tanto le corresponde un valor de \$0.2/hora a cada una.

Concluimos que las funciones "maximizar la exactitud de la plancha" y "controlar al trabajador" tienen un costo por hora de \$0.2, y por el tiempo de la operación de corte y biselado que es 0.38 horas, el valor de estas funciones es de \$0.076 por cada plancha que se procese.

FUNCIONES DE APOYO – CORTE Y BISELADO

Funciones de Apoyo	Costo función	Tiempo subproceso	Costo función
	\$/hrs	hrs	\$
Diseño	0.2	0.38	0.076
Se dan todo el tiempo	0.2	0.38	0.076

Tabla 4.6 Costo de las funciones de Apoyo – corte y biselado

Por lo tanto ya tenemos el valor de todas las funciones que corresponden al subproceso de corte y biselado, mediante la tabla 4.7 se elaborará un resumen y se lo comparará con los costos anteriores.

RESUMEN Y COMPARACION DE COSTOS - CORTE Y BISELADO			
Funciones		Costo-antes	Costo-después
"Camino Crítico"	"Causada por"	\$	\$
Disponer de pl en área de corte	Trasladar pl a sitio de corte y biselado	1.21	0.73
Disponer de pl en mesa de corte	Trasladar pl a mesa de corte	1.10	0.57
Cortar y Biselar	Señalar o marcar pl	0.31	0.22
	Amar rieles	0.14	0.11
	Preparar equipos	0.07	0.09
	Cortar-Biselar	1.48	1.54
	Almacenar plancha	0.83	0.57
"Diseño"	Maximizar la exactitud de las planchas	0.00	0.08
"Se dan todo el tiempo"	Controlar al trabajador	0.00	0.08
Costo total de cuadrar 1 plancha		5.14	3.99

Tabla 4.7 Costo total de la operación de corte y biselado

Como podemos observar el costo actual de cuadrar una plancha es de **\$3.99**, es decir ha habido una reducción del 22.5% y más el 25% de los costos indirectos, el costo final de es de **\$4.99**.

- b) **Asignación de costos a las funciones de cilindrado con las alternativas propuestas.**

Al aplicar las alternativas que se han propuesto para este subproceso, se ha logrado aumentar el rendimiento del mismo en un 51.7%,

En la tabla 4.8 se puede apreciar los tiempos promedios de fabricación de una virola antes y después de aplicar las alternativas de mejora. Su producción aumentó de 2.14 a 4.44 virolas por hora.

TIEMPO PROMEDIO DE LAS FUNCIONES - CILINDRADO

TIEMPO PROMEDIO DE LAS FUNCIONES			
Funciones		Tiempo-antes	Tiempo-después
"Camino Crítico"	"Causada por"	hrs	hrs
Disponer de pl en sitio de cilindrado	Trasladar pl a sitio de cilindrado	0.05	0.03
Colocar pl en la máquina	Trasladar pl a máquina	0.05	0.03
Cilindrar pl	Precurvar	0.07	0.03
	Cilindrar	0.08	0.05
	Puntear	0.12	0.03
	Asegurar forma	0.05	0.02
	Almacenar virola	0.05	0.03
Total horas promedio en 1 virola		0.47	0.23

Tabla 4.8 Tiempo promedio de las funciones con cambios - cilindrado

Haber cambiado el personal a trato, ha influido para que las funciones "trasladar planchas a sitio de cilindrado", "trasladar plancha a la máquina" y "almacenar virola" aumenten su rendimiento.

Utilizar el electrodo de soldadura apropiado para unir la virola ha disminuido el tiempo de la función "puntear", porque se ponen menos puntos y no se rompen, por lo tanto no hay pérdidas de tiempo en esta función.

Determinar el número de pases en base a la capacidad de la máquina y a las normas de calidad, establece exactamente el número de vueltas que se deben ejecutar en la cilindradora, influyendo directamente en las funciones "precurvar", "cilindrar" y "asegurar forma".

Finalmente la contratación del personal para que controle la calidad del proceso influye en el costo de las funciones de diseño y las que se dan todo el tiempo.

Describiremos a continuación como influyen estos cambios en los recursos del subproceso de cilindrado.

Mano de Obra

Para aumentar el rendimiento de las funciones el personal de este subproceso, gana por unidad producida. Se estableció el precio de la virola en \$1.2 cada una, cuyo valor se reparte en un 40% para el operador y 30% para cada ayudante.

Para asignar los costos a las funciones nos remitimos al nivel de producción este subproceso, es decir 4.44 virolas por hora, esto quiere decir que estamos pagando por mano de obra \$5.28/hora.

Por consiguiente, el costo por hora del operador es \$2.11 ($5.28 \times 40\%$) y \$1.58/hora ($5.28 \times 30\%$) para cada ayudante, estos son los nuevos costos por hora pero si mantienen el actual nivel de rendimiento.

Materiales e Insumos

Solo se cambia el tipo de electrodo de 6011 a 7018, y su valor es de \$1.6/kilo, su consumo disminuyó a la mitad,

puesto que solo son necesarios, 4 electrodos aproximadamente.

Se siguió utilizando la misma maquinaria y equipo, y los costos indirectos de fabricación son el 25%

En la tabla 4.9 encontraremos el resumen de todos los costos del subprocesos de cilindrado, con sus respectivos cambios.

RECURSOS - CILINDRADO

LISTA DE RECURSOS Y SUS COSTOS		
RECURSOS	COSTO	UNIDAD
Operador de Cilindradora	2.11	\$/hora
Ayudante 1	1.58	\$/hora
Ayudante 2	1.58	\$/hora
Operador de Puente Grúa	1.31	\$/hora
Máquina Cilindradora	19.61	\$/hora
Máquina Soldadora	1.01	\$/hora
Tecla 1 tn	2.56	\$/hora
Puente grúa	12.07	\$/hora
Energía de Cilindradora	2.42	\$/hora
Energía de Puente grúa	1.21	\$/hora
Energía de Tecla	1.10	\$/hora
Energía de Soldadora	2.64	\$/hora
Electrodos 7018	1.60	\$/kilo

Tabla 4.9 Lista de recursos con cambios - cilindrado

Con la lista de costos, se asignan los costos a las funciones de acuerdo a los recursos que utilice y multiplicando el costo total de todos por el tiempo de cada función, tal como se explicó en el capítulo 3.

En la tabla 4.10, se observa la asignación de costos a las funciones del subproceso de corte y biselado, sin considerar todavía las funciones de diseño y las que se dan todo el tiempo.

ASIGNACIÓN DE COSTOS - CILINDRADO						
Funciones		Tiempo	Recursos que	Costo recursos	Costo función	
"Camino Crítico"	"Causada por"	hrs	utiliza	\$/hrs	\$	
Disponer de pl en sitio de cilindrado	Trasladar pl a silo de cilindrado	0.03	Operador de puente grúa	1.31	0.49	
			Puente grúa	12.07		
			Energía de puente grúa	1.21		
Colocar pl en la máquina	Trasladar pl a máquina	0.03	Ayudante 1	1.58	0.30	
			Ayudante 2	1.58		
			Operador de cilindradora	2.11		
			Teclé 1 tn	2.56		
			Energía de teclé	1.10		
Cilindrar pl	Precurvar	0.03	Operador de cilindradora	2.11	0.91	
			Ayudante 1 y Ayudante 2	3.17		
			Cilindradora	19.61		
			Energía de cilindradora	2.42		
	Cilindrar	0.05		Operador de cilindradora	2.11	1.21
				Ayudante 1 y Ayudante 2	3.17	
				Cilindradora	19.61	
				Energía de cilindradora	2.42	
	Puntear	0.03		Ayudante 1 y Ayudante 2	3.17	0.50
				Operador de cilindradora	2.11	
				Máquina soldadora	1.01	
				Energía de soldadora	2.64	
Asegurar forma	0.02		Electrodos 7018	0.20	0.46	
			Operador de cilindradora	2.11		
			Ayudante 1 y Ayudante 2	3.17		
			Cilindradora	19.61		
Almacenar virola	0.03		Energía de cilindradora	2.42	0.22	
			Operador de cilindradora	2.11		
			Ayudante 1 y Ayudante 2	3.17		
			Teclé 1 tn	2.56		
				Energía de teclé	1.10	
Costo de la operación sin las funciones de diseño y las que se dan todo el tiempo					\$4.08	

Tabla 4.10 Asignación de los nuevos costos a las funciones -cilindrados

Ahora, el último paso es asignar el costo a las funciones de diseño y las que se dan todos el tiempo.

Se había definido que le correspondía a cada subproceso \$0.4 por el supervisor de calidad, que será encargado de controlar el desempeño del personal y verificar la calidad del producto.

Como funciones de diseño tenemos "controlar diámetro de virola", y de las que se dan todo el tiempo "controlar al personal" en lugar de "proteger al trabajador, por lo tanto le corresponde a cada función \$0.2/hora.

El tiempo de la operación de 0.23 horas, por lo tanto el costo de las dos funciones de apoyo por el tiempo de operación es de \$0.046 por cada función.

FUNCIONES DE APOYO - CILINDRADO

Funciones de Apoyo	Costo función	Tiempo subproceso	Costo función
	\$/hrs	hrs	\$
Diseño	0.2	0.23	0.046
Se dan todo el tiempo	0.2	0.23	0.046

Tabla 4.11 Asignación de los costos a las funciones de apoyo - cilindrado

Se ha encontrado el costo de todas funciones que corresponden al cilindrado de plancha, en la tabla 4.12 se resume todas las funciones con sus respectivos costos y finalmente se comparan con los costos anteriores.

RESUMEN Y COMPARACIÓN DE COSTOS - CILINDRADO

RESUMEN Y COMPARACION DE COSTOS			
Funciones		Costo-antes	Costo-después
"Camino Crítico"	"Causada por"	\$	hrs
Disponer de pl en sitio de cilindrado	Trasladar pl a sitio de cilindrado	0.73	0.49
Colocar pl en la máquina	Trasladar pl a máquina	0.33	0.30
Cilindrar pl	Precurvar	1.67	0.91
	Cilindrar	1.94	1.21
	Puntear	1.15	0.50
	Asegurar forma	1.25	0.46
	Almacenar virola	0.33	0.22
"Diseño"	Controlar diámetro de virola	0.00	0.05
"Se dan todo el tiempo"	Controlar al trabajador	0.00	0.05
Costo total de fabricar 1 virola		7.40	4.17

Tabla 4.12 Costo total de operación de cilindrado

Como se puede observar, a pesar de que el costo de la mano de obra por hora aumentó, el costo total de la operación bajó en un 44%. Este valor más el 25% de los gastos indirectos tenemos como resultado que el costo final de fabricar una virola es de \$5.21.

c) Asignación de los costos a las funciones de armado de tubos con las alternativas propuestas.

Los principales cambios que se dieron en este subproceso son el pago por unidad producida, lo que influyó aumentando el rendimiento de las funciones "trasladar virolas a rieles", "cuadrar una virola con otra" y "almacenar tubo".

Al utilizar electrodo 7018 en la función "puntear", también se disminuyó el tiempo de esa operación, porque se hacen menos puntos y no se rompen, por lo tanto hay un mayor rendimiento.

El desempeño del subproceso aumentó el 51.4% y su producción pasó de 0.24 a 0.5 tubos armados por hora.

El actual rendimiento de las funciones, lo podemos observar en la tabla 4.13 detallada a continuación.

TIEMPO PROMEDIO DE LAS FUNCIONES – ARMADO DE TUBOS

TIEMPO PROMEDIO DE LAS FUNCIONES			
Funciones		Tiempo-antes	Tiempo-después
"Camino Crítico"	"Causada por"	hrs	hrs
Colocar virolas en rieles	Trasladar virolas a rieles	0.67	0.33
Unir virolas	Cuadrar una virola con otra	1.33	0.50
	Soldar manualmente	2.00	1.00
	Almacenar tubo	0.12	0.17
Total horas promedio en 1 tubo armado		4.12	2.00

Tabla 4.13 Tiempo promedio de las funciones con cambios – armado de tubos

Solo la asignación de costos nos permitirá conocer el beneficio de estos cambios en el costo total del subproceso.

Mano de obra

Es uno de los costos más afectados, porque se estableció pagarles a trato o por unidad producida al grupo de tres armadores.

Para que el pago por unidad producida, sea un incentivo, se estableció pagar \$15 por cada tubo armado, tomando en consideración, que se esperaba que llegaran a fabricar

solo tres tubos como máximo por grupo y así cada uno se llevaría \$15, pero lograron construir 5 tubos por uía, lo que les genera una ganancia de \$25 diariamente.

Para asignar los costos, debemos saber que la tasa de producción de este subproceso es de 0.5 tubos por hora, por lo tanto se paga \$ 7.5 en mano de obra directa cada hora, y como los armadores ganan por igual, el costo/hora de cada uno es de \$2.5.

Materiales e Insumos

El único cambio, es la utilización del electrodo 7018 para asegurar que los puntos de soldadura no se rompan y también se disminuyó la cantidad de puntos que debían realizarse, por ese motivo el consumo de estos electrodos bajo a 20 palillos por tubo aproximadamente. Su costo es de \$1.60/kilo.

Se siguen utilizando los mismos equipos y maquinarias, los costos generales variables no cambian y los costos indirectos corresponden igualmente al 25% de los gastos de fabricación.

En la tabla 4.14, se encuentran detallados los recursos de este subproceso con sus respectivos costos, que nos servirá para la asignación de costos.

RECURSOS – ARMADO DE TUBOS

LISTA DE RECURSOS Y SUS COSTOS		
RECURSOS	COSTO	UNIDAD
Armadores	2.50	\$/hora
Operador de puente grúa	1.31	\$/hora
Soldadora	1.01	\$/hora
Puente grúa	12.07	\$/hora
Equipos varios	0.31	\$/hora
Energía de la soldadora	2.64	\$/hora
Energía del puente grúa	1.21	\$/hora
Electrodos 7018	1.60	\$/kilo

Tabla 4.14 Lista de recursos con cambios – armado de tubos

En la tabla 4.15 se muestra el costo de cada función con los cambios realizados en mano de obra e insumos. No se detalla todavía el costo de las funciones de apoyo.

ASIGNACIÓN DE COSTOS - ARMADO DE TUBOS					
Funciones		Tiempo	Recursos que	Costo recursos	Costo función
"Camino Crítico"	"Causada por"	hrs	utiliza	\$/hrs	\$
Colocar virolas en rieles	Trasladar virolas a rieles	0.33	Operador del puente grúa	1.31	7.36
			Puente grúa	12.07	
			Tres armadores	7.50	
			Energía del puente	1.21	
Unir virolas	Cuadrar una virola con otra	0.50	Tres armadores	7.50	3.91
			Equipos varios	0.31	
	Soldar manualmente	1.00	Tres armadores	7.50	12.15
			Soldadora	1.01	
			Electrodo 7018	1.00	
			Energía de la soldadora	2.64	
	Almacenar tubo	0.17	Operador de puente	1.31	3.68
			Puente grúa	12.07	
Energía de puente grúa			1.21		
Tres Armadores			7.50		
Costo de la operación sin la función de diseño y las que se dan todo el tiempo					\$27.10

Tabla 4.15 Asignación de los nuevos costos a las funciones – armado de tubos

En este subproceso, tenemos como función de diseño "mantener rectitud del tubo" y "controlar al trabajador" en lugar de "proteger al trabajador.

El costo hora de este subproceso es de \$0.4/hora, por lo tanto para cada función de apoyo el costo es \$0.2/hora, y por el tiempo de operación de este subproceso o sea 2 horas, el costo de la función es \$0.4 para cada función por armar un tubo.

FUNCIONES DE APOYO – ARMADO DE TUBOS

Funciones de Apoyo	Costo función	Tiempo subproceso	Costo función
	\$/hrs	hrs	\$
Diseño	0.2	2	0.4
Se dan todo el tiempo	0.2	2	0.4

Tabla 4.16 Costo de las funciones de apoyo – armado de tubos

Al determinar el costo de todas las funciones del subproceso de armado de tubos, se puede saber el costo final de la operación, el cual se detalla en la tabla 4.17 y se compara con los costos anteriores.

RESUMEN Y COMPARACIÓN DE COSTOS – ARMADO DE TUBOS

RESUMEN Y COMPARACION DE COSTOS			
Funciones		Costo-antes	Costo-después
"Camino Crítico"	"Causada por"	\$	\$
Colocar virolas en rieles	Trasladar virolas a rieles	12.34	7.36
Unir virolas	Cuadrar una virola con otra	5.66	3.91
	Soldar manualmente	17.03	12.15
	Almacenar tubo	2.16	3.68
"Diseño"	Maximizar la rectitud del tubo	0.00	0.40
"Se dan todo el tiempo"	Controlar al trabajador	0.00	0.40
Costo total de 1 tubo armado		37.19	27.90

Tabla 4.17 Costo total de la operación de armado de tubos

Los resultados nos indican que la reducción en el costo ha sido del 25%, mientras que su rendimiento aumentó el 51.4% como se había mencionado anteriormente, pero el costo final de este subproceso o de 1 tubo armado es \$27.90 más el 25% de los costos indirectos, es decir \$34.87.

d) **Asignación de los costos a las funciones soldadura de tubos con las alternativas propuestas.**

Los cambios más importantes, que se llevaron a cabo fueron reemplazar las máquinas soldadoras, por unas de mayor capacidad, lo que influyó directamente en las funciones "soldar exteriormente" y "soldar interiormente".

A los soldadores también se les pagó por tubo soldado, lo que también determinó el rendimiento en el resto de funciones.

Según los parámetros de calidad, se nos sugirió que para asegurar una mayor penetración de la soldadura y poder satisfacer los requerimientos técnicos y del cliente, era necesario pulir interiormente antes de soldar, por lo tanto fue necesario crear otra función "causada por" de Soldar denominada "pulir interiormente" y cuyo tiempo y costos se describen durante el proceso de análisis.

En el siguiente cuadro, podemos apreciar como cambió el rendimiento de este subproceso con las alternativas propuestas.

TIEMPO PROMEDIO DE LAS FUNCIONES – SOLDADURA DE TUBOS

TIEMPO PROMEDIO DE LAS FUNCIONES			
Funciones		Tiempo-antes	Tiempo-después
"Camino Crítico"	"Causada por"	hrs	hrs
Colocar tubos en rodillos	Trasladar tubos a rodillos	0.25	0.13
Soldar	Pulir exteriormente	0.75	0.25
	Soldar exteriormente	3	0.89
	Pulir interiormente	0	0.33
	Soldar interiormente	4	0.89
	Almacenar tubo	0.12	0.13
Total horas promedio en 1 tubo soldado		8.12	2.63

Tabla 4.18 Tiempo promedio con cambios – soldadura de tubos

Observamos que el rendimiento de este proceso ha aumentado en el 67.5%, esto se debe al cambio de las máquinas soldadoras por unas de mayor capacidad las cuales al 80% tienen una velocidad de avance de 24 metros/hora, y son para proceso continuo, es decir los soldadores no tienen que parar varias veces para evitar que la máquina se recaliente.

Por lo tanto la tasa de producción de este subproceso se ha incrementado de 0.12 a 0.38 tubos soldados por hora.

Con el detalle de los costos, determinaremos en que medida ha aumentado el costo del tubo soldado.

Mano de Obra

El pago de los soldadores también es por unidad producida, y se estableció pagarles \$15 por tubo soldado, como la tasa de producción de este subproceso es de 0.38 tubos por hora, entonces se está pagando \$5.7/hora, y como el grupo de soldadura lo forman dos trabajadores que ganan por igual, entonces el costo por hora del soldador es de \$2.85.

Materiales e Insumos

Los materiales e insumos son los mismos, pero con la finalidad de asegurar mayor penetración, se tendrá que pulir interiormente, por lo tanto utilizaremos un disco de pulir adicional.

Máquinas y Equipos

Se cambiaron las máquinas soldadoras de 250 Amperios por unas de 550 Amperios, su costo es de \$4,500.00. El costo por hora de esta máquina es el siguiente: \$4,500.00 dividido para 5000 horas útiles y por su rendimiento que es el 80% nos da como resultado \$1.13, pero se estima un mantenimiento anual de \$600 que llevado a horas da

\$0.06/hora, por lo tanto el costo por hora de esta máquina es de **\$1.19 (1.13 más 0.06)**.

El costo del consumo de la energía, y los costos indirectos no cambian.

El siguiente paso ahora es resumir, todos los costos involucrados en el subproceso de soldadura con sus respectivos cambios, lo cual lo podemos apreciar en la tabla 4.19.

RECURSOS – SOLDADURA DE TUBOS

LISTA DE RECURSOS Y SUS COSTOS		
RECURSOS	COSTO	UNIDAD
Operador de puente grúa	1.31	\$/hora
Soldador	2.85	\$/hora
Pulidor	0.85	\$/hora
Soldadoras Mig	1.19	\$/hora
Equipo de pulir	0.47	\$/hora
Rodillos	1.57	\$/hora
Puente grúa	12.07	\$/hora
Energía de soldadora	1.98	\$/hora
Energía de pulidora	0.17	\$/hora
Energía de rodillos	0.06	\$/hora
Energía puente grúa	1.21	\$/hora
Discos de pulir	0.25	\$/disco
Gas Mix 20	5.50	\$/m3
Alambre 1.2	1.40	\$/kilo

Tabla 4.19 Lista de recursos con cambios – soldadura de tubos

La asignación de costos a las funciones se la realiza de acuerdo a los recursos que utiliza cada una, hay que tomar en consideración que la función "pulir juntas" se cambia por una más específica "pulir exteriormente" y se agrega la función "pulir interiormente" por considerarse necesaria para cumplir con los requerimientos de calidad.

En la tabla 4.20 observamos el costo de las funciones, incluyendo los nuevos cambios.

ASIGNACIÓN DE COSTOS - SOLDADURA DE TUBOS						
Funciones		Tiempo	Recursos que	Costo recursos	Costo función	
"Camino Crítico"	"Causada por"	hrs	utiliza	\$/hrs	\$	
Colocar tubos en rodillos	Trasladar tubos a rodillos	0.13	Operador de puente grúa	1.31	1.94	
			Puente grúa	12.07		
Soldar	Pulir exteriormente	0.25	Energía de puente grúa	1.21	1.03	
			Pulidor	0.85		
			Pulidora	0.47		
			Discos de pulir	0.25		
			Rodillos	1.57		
			Energía Rodillos	0.06		
	Soldar exteriormente	0.89	0.89	Energía de pulidora	0.17	28.13
				Dos soldadores	5.70	
				Dos soldadoras	2.39	
				Rodillos	1.57	
				Alambre 1.2	11.38	
				Gas Mix 20	6.33	
	Pulir interiormente	0.33	0.33	Energía soldadoras	1.98	1.29
				Energía Rodillos	0.06	
				Pulidor	0.85	
				Pulidora	0.47	
				Discos de pulir	0.25	
				Rodillos	1.57	
	Soldar interiormente	0.89	0.89	Energía de pulidora	0.17	28.13
				Dos soldadores	5.70	
Dos soldadoras				2.39		
Torn rolls				1.57		
Alambre 1.2				11.38		
Gas Mix 20				6.33		
Almacenar tubo	0.13	0.13	Energía soldadoras	1.98	2.72	
			Energía Rodillos	0.06		
			Operador de puente grúa	1.31		
			Puente grúa	12.07		
Energía de puente grúa					2.72	
Dos soldadores						
Costo de la operación sin la función de diseño y las que se dan todo el tiempo					\$63.24	

Tabla 4.20
Asignación de
costos -
soldadura de
tubos

Se ha determinado hasta el momento, el costo de una parte de las funciones, ahora determinaremos el costo por hora de las funciones de apoyo.

El valor del supervisor de calidad para este subproceso es de \$0.4/hora. Como función de diseño está "asegurar penetración de soldadura" y como función que se da todo el tiempo "controlar al trabajador" en lugar de "proteger al trabajador". Por lo tanto le corresponde a cada función \$0.2/h y el tiempo de la operación de este subproceso es 2.63 horas, por lo tanto el costo de estas funciones para soldadura de tubos es \$0.526, tal como se ve en la tabla 4.21

FUNCIONES DE APOYO – SOLDADURA DE TUBOS

Funciones de Apoyo	Costo función	Tiempo subproceso	Costo función
	\$/hrs	hrs	\$
Diseño	0.2	2.63	0.526
Se dan todo el tiempo	0.2	2.63	0.526

Tabla 4.21 Costo de las funciones de apoyo – soldadura de tubos

Finalmente determinaremos el costo total de la operación o de soldar un tubo y lo compararemos con el costo anterior, mediante la tabla 4.22

RESUMEN Y COMPARACIÓN DE COSTOS – SOLDADURA DE TUBOS

RESUMEN Y COMPARACION DE COSTOS			
Funciones		Costo-antes	Costo-después
"Camino Crítico"	"Causada por"	\$	\$
Colocar tubos en rodillos	Trasladar tubos a rodillos	3.65	1.94
Soldar	Pulir exteriormente	2.58	1.03
	Soldar exteriormente	43.35	28.13
	Pulir interiormente	0	1.29
	Soldar interiormente	51.9	28.13
	Almacenar tubo	2.02	2.72
"Diseño"	Asegurar penetración de soldadura	0.00	0.53
"Se dan todo el tiempo"	Controlar al trabajador	0.00	0.53
Costo total de 1 tubo soldado		103.50	64.29

Tabla 4.22 Costo total de la operación soldadura de tubos

Como podemos observar hay una disminución en el costo del 37.8%, y un aumento en la producción del 64.7%, pero el costo final de la operación de soldadura de tubos es de \$64.29 más el 25%, es decir **\$80.37**

- e) **Asignación de costos a las funciones de pintura de tubos con las alternativas propuestas.**

El principal cambio que se dio, en el proceso de pintura fue cambiar el equipo por uno de mayor capacidad con el fin de aumentar la velocidad en la aplicación de pintura.

La presencia del supervisor, controlando al personal influye para que estos, no pierdan tiempo en la ejecución de sus funciones.

Estos cambios, han permitido que el rendimiento de las funciones de este subproceso mejore, tal como lo podemos observar en la siguiente tabla.

TIEMPO DE LAS FUNCIONES – PINTURA DE TUBOS

TIEMPO PROMEDIO DE LAS FUNCIONES			
Funciones		Tiempo-antes	Tiempo-después
"Camino Crítico"	"Causada por"	hrs	hrs
Colocar tubo en área de pintura	Trasladar tubos a área de pintura	0.17	0.13
Pintar tubo	Limpieza mecánica	0.50	0.42
	Limpieza química	0.50	0.42
	Aplicar pintura	1.83	0.49
	Almacenar tubo	0.08	0.08
Total horas promedio en 1 tubo pintado		3.08	1.54

Tabla 4.23 Tiempo promedio con cambios –pintura de tubos

El cambio del equipo por uno de alta presión disminuyó totalmente el tiempo en la aplicación de la pintura, puesto que su velocidad al 90% es de 1.8 m²/min, y como son 52.78 metros cuadrados de superficie exterior, entonces el tiempo que se lleva es solo de 29.32 minutos.

El rendimiento del proceso aumentó el 50% y su producción el 50.7%.

Los cambios en los costos de este subproceso son los siguientes:

Mano de Obra

No existe ningún cambio en los costos por hora de mano de obra.

Materiales e Insumos

Se sigue utilizando los mismos tipos de insumos.

Equipos y Maquinarias.

Se adquirió el equipo de pintura de alta presión TAIVER, cuyo costo fue de \$6,200.00, su costo por hora es este valor para 5000 horas útiles y por su rendimiento 80%, mas su mantenimiento anual de aproximadamente \$600. Por lo tanto su costo es de \$1.62/hora.

Los costos generales variables no cambian y los costos indirectos siguen siendo el 25%.

A continuación se detallará la lista de los recursos con sus *respectivos costos*

ASIGNACIÓN DE COSTOS - PINTURA DE TUBOS					
Funciones		Tiempo	Recursos que	Costo recursos	Costo función
"Camino Crítico"	"Causada por"	hrs	utiliza	\$/hrs	\$
Colocar tubo en área de pintura	Trasladar tubos a área de pintura	0.13	Operador de puente grúa	1.31	1.94
			Puente grúa	12.07	
			Energía de puente grúa	1.21	
Pintar tubo	Limpieza mecánica	0.42	Operador de equipo de pintura	1.31	1.41
			Ayudante de pintura	0.85	
			Equipo de pulir	0.47	
			Energía de pulidora	0.17	
			Discos de pulir	0.25	
	Limpieza química	0.42	Operador de equipo de pintura	1.31	3.10
			Ayudante de pintura	0.85	
			Líquidos de limpieza	2.20	
	Aplicar pintura	0.49	Operador de equipo de pintura	1.31	25.04
			Ayudante de pintura	0.85	
			Pintura anticorrosiva	21.77	
			Equipo de pintura	1.62	
			Energía de equipo de pintura	2.92	
	Almacenar tubo	0.08	Operador de puente grúa	1.31	1.22
			Puente grúa	12.07	
Energía de puente grúa			1.31		
Costo de la operación sin la función de diseño y las que se dan todo el tiempo					\$32.72

Tabla 4.25 Asignación de costos operación pintura de tubos

En la tabla 4.25 se detalla la asignación de los costos a las funciones del subproceso de pintura, en base a los recursos que utiliza cada función.

El costo del supervisor para esta función es \$0.4/h, también tenemos 2 funciones de apoyo, "asegurar la adherencia de la pintura" como función de diseño y "controlar al trabajador" en lugar de "proteger al trabajador". Por lo tanto el costo para cada una es \$0.2/h y por el tiempo de operación de este subproceso 1.52 horas, entonces el costo de las funciones es \$0.304.

RESUMEN Y COMPARACIÓN DE COSTOS-PINTURA DE TUBOS

RESUMEN Y COMPARACION DE COSTOS			
Funciones		costo-antes	costo-después
"Camino Crítico"	"Causada por"	\$	\$
Colocar tubo en área de pintura	Trasladar tubos a área de pintura	2.43	1.94
Pintar tubo	Limpieza mecánica	1.65	1.41
	Limpieza química	3.28	3.10
	Aplicar pintura	32.64	25.04
	Almacenar tubo	1.22	1.22
"Diseño"	Asegurar la adherencia de la pintura	0.00	0.30
"Se dan todo el tiempo"	Controlar al trabajador	0.00	0.30
Costo total 1 tubo pintado		41.22	33.33

Tabla 4.26 Costo total de la operación – pintura de tubos

En la tabla 4.26 podemos observar los el costo total del subproceso u operación de pintura de tubos, la reducción de costos en este caso ha sido del 19.5%, pero la tasa de producción como lo habíamos mencionado anteriormente, aumentó en el 50.7%. El costo final de pintura de tubos es \$33.33 más el 25% de los costos indirectos, o sea **\$41.67**

Como resultado general de todo el análisis de costo tenemos lo siguiente:

COSTO DE SUBPROCESOS				
SUBPROCESO	ITEM	ANTES	DESPUÉS	%
		\$/SUBPROC.	\$/SUBPROC.	DISMINUCIÓN
Cortar y/o biselar	PI cuadrada	6.51	4.99	23.38%
Cilindrar	Vírola	9.27	5.21	43.78%
Amar Tubo	Tubo armado	46.49	34.87	25.00%
Soldar tubo	Tubo soldado	129.37	80.37	37.88%
Pintar Tubo	Tubo pintado	51.52	41.67	19.13%

Tabla 4.27 Comparación de los costos de los subprocesos

Los resultados obtenidos, nos indican que la reducción en los costos han disminuido desde un 19.13% hasta un 43.78%. Por lo tanto el costo del tubo ha variado de \$359.6 ($6.51 \cdot 8 + 9.27 \cdot 8 + 46.49 + 129.37 + 51.52$) a \$238.5 ($4.99 \cdot 8 + 5.21 \cdot 8 + 34.87 + 80.37 + 41.67$), o sea el 32.5% en total. Al final se le agrega el costo del material, si la empresa lo suministra.

En cambio los rendimientos de cada subproceso han aumentado como se ve a continuación en la siguiente tabla.

RENDIMIENTO DE SUBPROCESOS				
SUBPROCESO	ITEM	ANTES	DESPUÉS	%
		ITEM/HORA	ITEM/HORA	AUMENTO
Cortar y/o biselar	Pl cuadrada	1.81	2.64	31.44%
Cilindrar	Vírola	2.14	4.44	51.80%
Armar Tubo	Tubo armado	0.24	0.50	52.00%
Soldar tubo	Tubo soldado	0.12	0.38	68.42%
Pintar Tubo	Tubo pintado	0.32	0.65	50.77%

Tabla 4.28 Comparación de los rendimiento de los subprocesos

Los niveles de rendimiento aumentaron desde el 31.44% hasta el 68.42%, lo que significó que se pudiera llegar a una producción de 10 tubos diarios con el suficiente número de empleados y prácticamente en una jornada de trabajo. Por ejemplo para soldar 10 tubos al día, ya no eran necesario contratar 10 soldadores, puesto que tres lograban la meta establecida, según los nuevos rendimientos establecidos.

4.5 Estandarización, documentación y construcción del diagrama con las mejoras.

Hemos logrado construir el diagrama para cada subproceso en la fabricación de tuberías, identificar las funciones que le están restando valor al producto final, luego proponer alternativas de mejora que no solo han influenciado en el rendimiento de las funciones más críticas, sino también en el tiempo de fabricación de todo el proceso, se han aplicado las mejoras propuestas y finalmente hemos obtenido resultados que nos indican, que los rendimientos de todas las operaciones se incrementado, en algunos casos en más del 50% y sin embargo los costos totales de fabricación han disminuido, obteniendo un producto rentable, de buena calidad y que puede ser entregado en el tiempo ofrecido.

Otro de los resultados que tenemos de la aplicación de la Ingeniería de valor utilizando la técnica Fast, es identificar todos los estándares y procedimientos que servirán como base para futuras mejoras en la fabricación de tuberías, y por lo tanto ya tenemos parámetros que nos permiten comparar o medir el nivel de producción en cualquier etapa del proceso.

Estándares de Fabricación.

A continuación se enlistarán todos los estándares que serán establecidos para el control en la fabricación de tuberías.

CORTE Y BISELADO

1.- ESTÁNDAR DE CAPACIDAD: **485 mm/min**

Unidad de medida del subproceso: **mm / min**

El estándar aquí se considera en milímetros de corte por minuto, porque el tiempo total que involucre la operación, depende del total de metros que vayan a ser procesados y del resto de las funciones de este subproceso.

CILINDRADO

Se han identificado los siguientes estándares de fabricación:

1.- ESTÁNDAR DE CAPACIDAD: **4.4 virolas/hora.**

Unidad de medida del subproceso: **virolas / hora**

2.- ESTANDAR DE CALIDAD: **Utilizar 6011 o 7018 según el espesor de la plancha.**

ARMADO DE TUBOS

Los estándares identificados son:

1.- ESTÁNDAR DE CAPACIDAD: 0.5 tubos/hora.

Unidad de medida del subproceso: tubos / hora

2.- ESTANDAR DE CALIDAD: Utilizar 6011 o 7018 según el espesor de la plancha.

Unir las juntas de las virolas traslapadas.

SOLDADURA DE TUBOS

Se han identificado los siguientes estándares de fabricación:

1.- ESTÁNDAR DE CAPACIDAD: 24 mts/hora.

Unidad de medida del subproceso: mts / hora.

2.- ESTANDAR DE CALIDAD: Utilizar junta a tope hasta espesores de 10 mm.

Utilizar proceso MIG.

No se ha puesto como estándar de capacidad a los tubos que se hicieron por hora en este subproceso, porque dependiendo de los requerimientos del cliente, en otros casos solo se suelda exteriormente y no interiormente y obviamente el tiempo tiene



que disminuir ajustándose también al tiempo que se llevan el resto de funciones de este subproceso.

PINTURA DE TUBOS.

1.- ESTÁNDAR DE CAPACIDAD: 1.8 mts²/hora.

Unidad de medida del subproceso: **mts² / hora.**

2.- RENDIMIENTO DE LA PINTURA: 16 mts²/galón

Al igual que en la pintura, aquí debe considerarse, el rendimiento por metro de cuadrado, tanto de la pintura como de la aplicación de la misma, debido a que esto puede variar según los requerimientos del cliente.

Se han determinado los parámetros o estándares, para cada subproceso. La importancia de los mismos es poder realizar evaluaciones periódicas y comparar el nivel de rendimiento del proceso.

Documentación del proceso de fabricación de tuberías

El proceso de fabricación de tuberías es igual al descrito en el capítulo 2, con la diferencia de que se tienen que regir a los parámetros de calidad y a los estándares que se han obtenido como resultado del estudio.

A menos que hayan condiciones adversas, las operaciones de cada subproceso deben regirse al tiempo establecido y al modo de trabajo de cada una de las funciones identificadas en el subproceso.

Diagrama de flujo del proceso de fabricación de tuberías

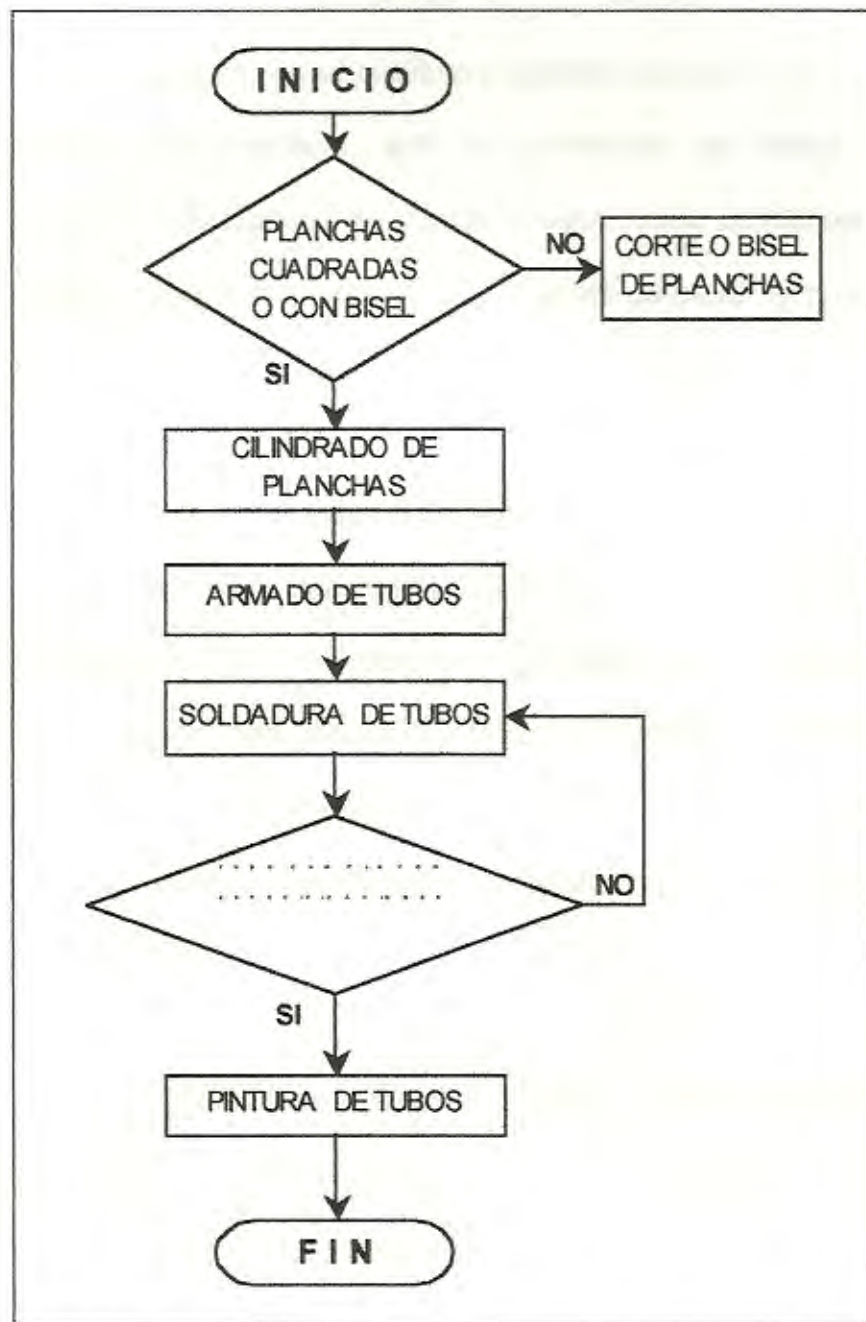


Figura 4.2 Diagrama de flujo después del análisis

A pesar de las modificaciones realizadas, el diagrama de flujo en la fabricación de tuberías no ha cambiado, es igual al anterior mostrado en el capítulo 2, puesto que el orden de los procesos se mantiene, solo en soldadura se realiza una inspección de calidad de puntos básicos como apariencia del cordón, continuidad del mismo, etc, antes de pasar al proceso de pintura.

Diagrama Fast con las mejoras propuestas.

Cuando se analiza cualquier proceso utilizando la construcción del diagrama Fast, se identifican funciones que generalmente han pasado desapercibidas y cuando se analiza su verdadera utilidad, es muy probable que se eliminen algunas y se agreguen otras que ayudarán a garantizar un buen rendimiento en las operaciones del proceso.

En el caso bajo estudio, aunque no se han eliminado funciones para algún subproceso, ha sido necesario agregar o cambiar algunas para elevar la calidad del producto .

Estos cambios se pueden observar en el diagrama de cada subproceso. Las funciones que están azul son las que se han agregado, junto con el costo de cada una de las actividades.

DIAGRAMA FAST – CORTE Y BISELADO CON MEJORAS

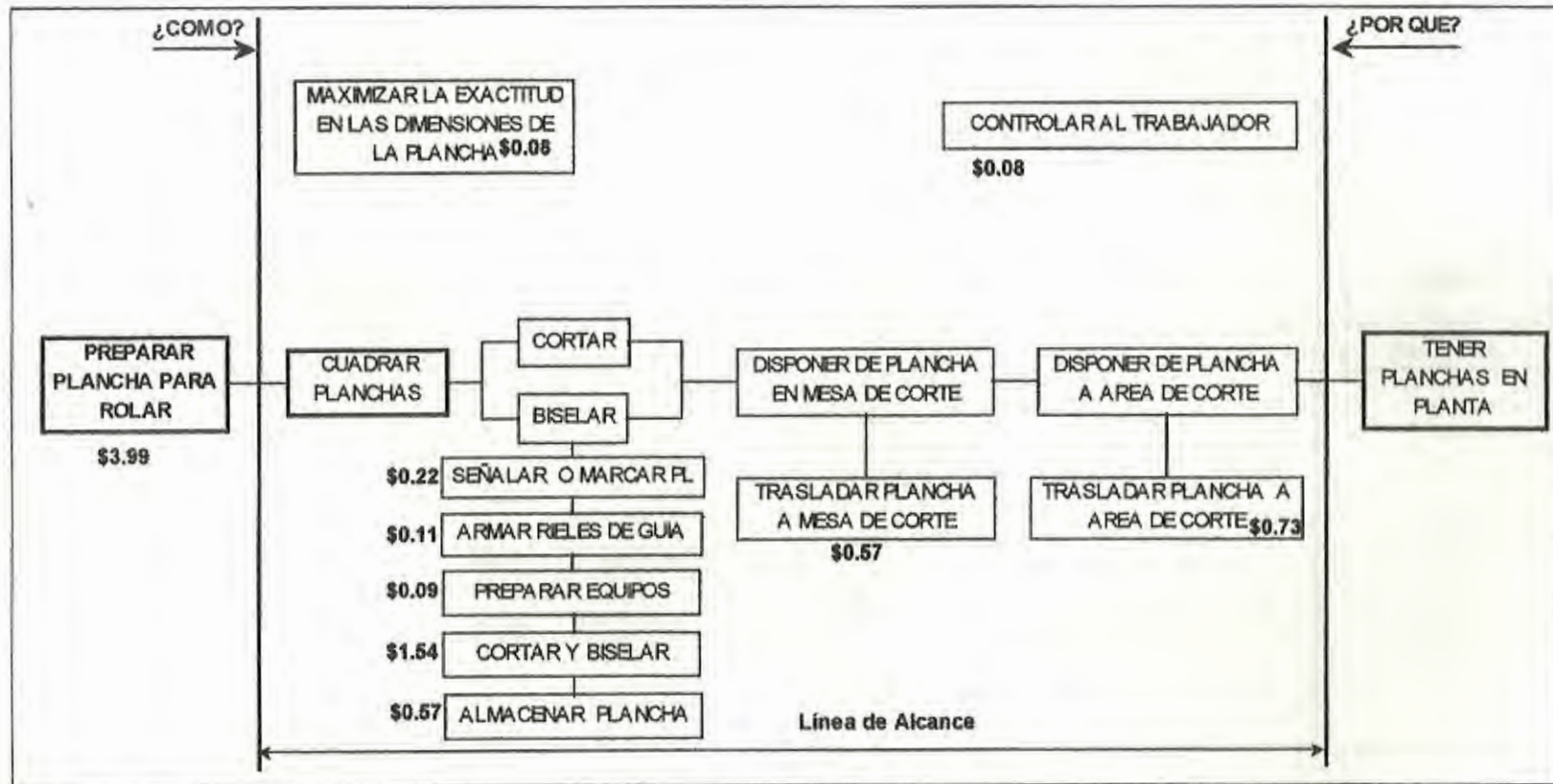


Figura 4.3 Diagrama Fast Corte v Biselado con mejoras

DIAGRAMA FAST – CILINDRADO CON MEJORAS



Figura 4.4 Diagrama Fast Cilindrado con mejoras

DIAGRAMA FAST – ARMADO DE TUBOS CON MEJORAS

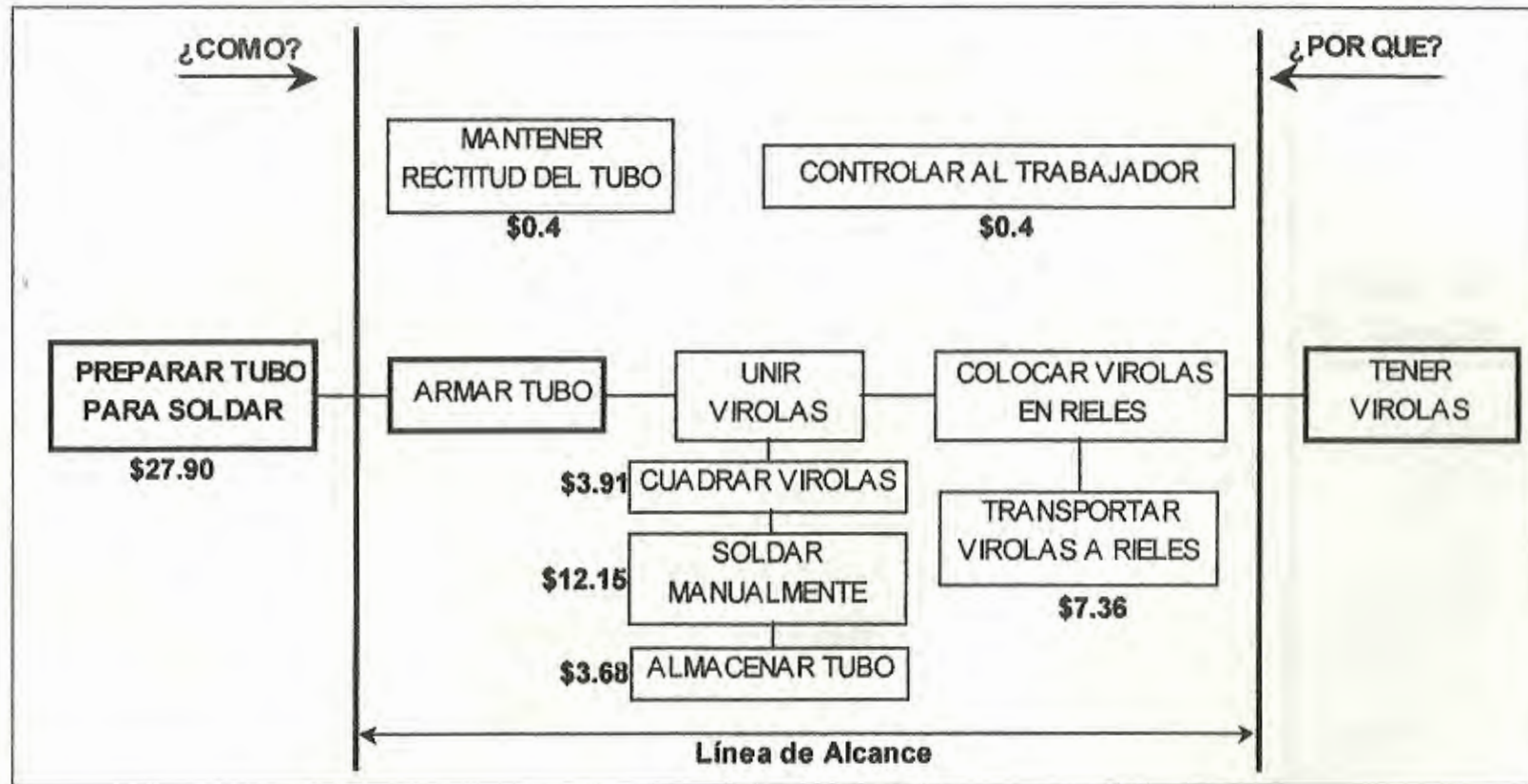


Figura 4.5 Diagrama Fast Armado de Tubos con mejoras

DIAGRAMA FAST – SOLDADURA DE TUBOS CON MEJORAS

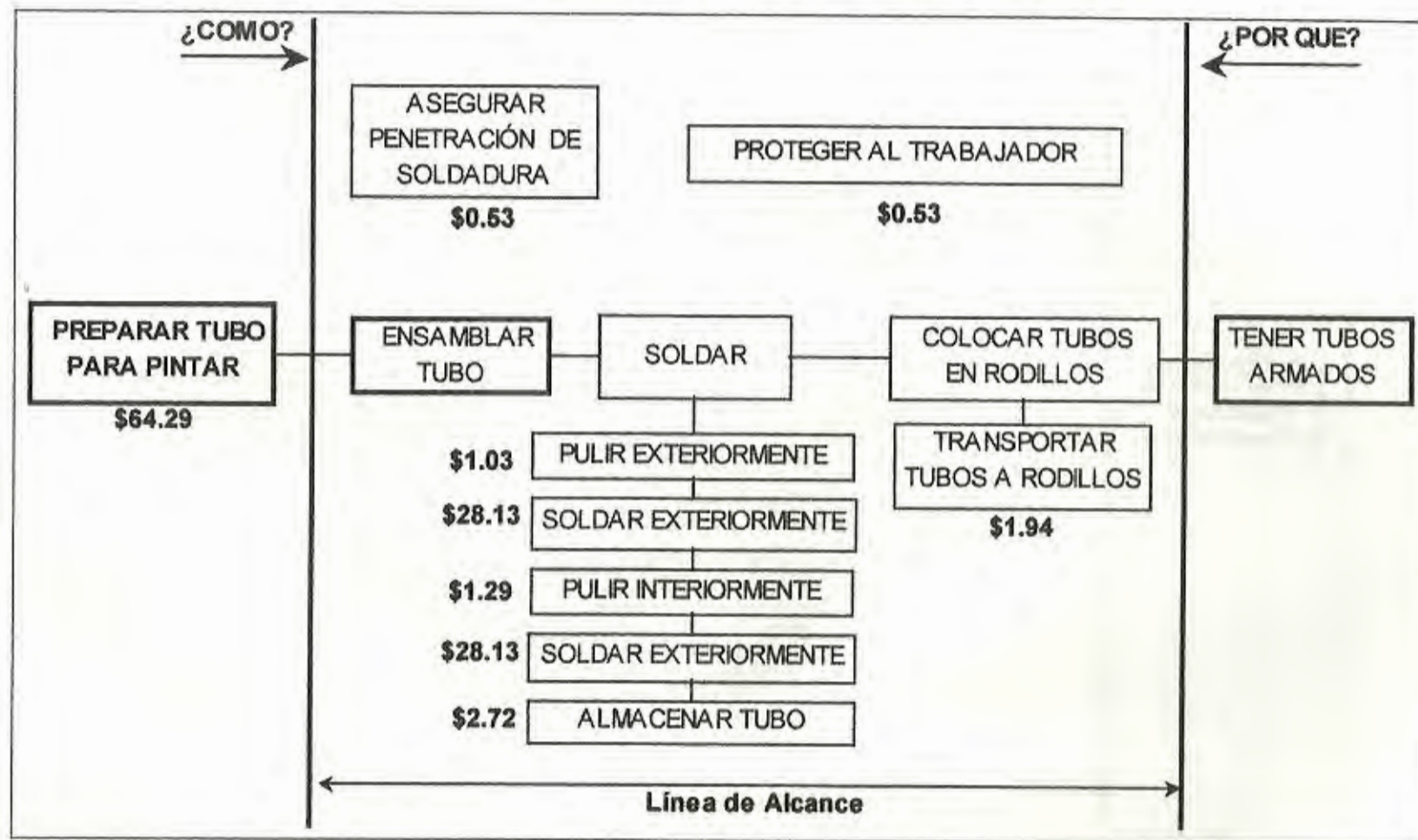


Figura 4.6 Diagrama Fast Soldadura de Tubos con mejoras

DIAGRAMA FAST - PINTURA DE TUBOS CON MEJORAS

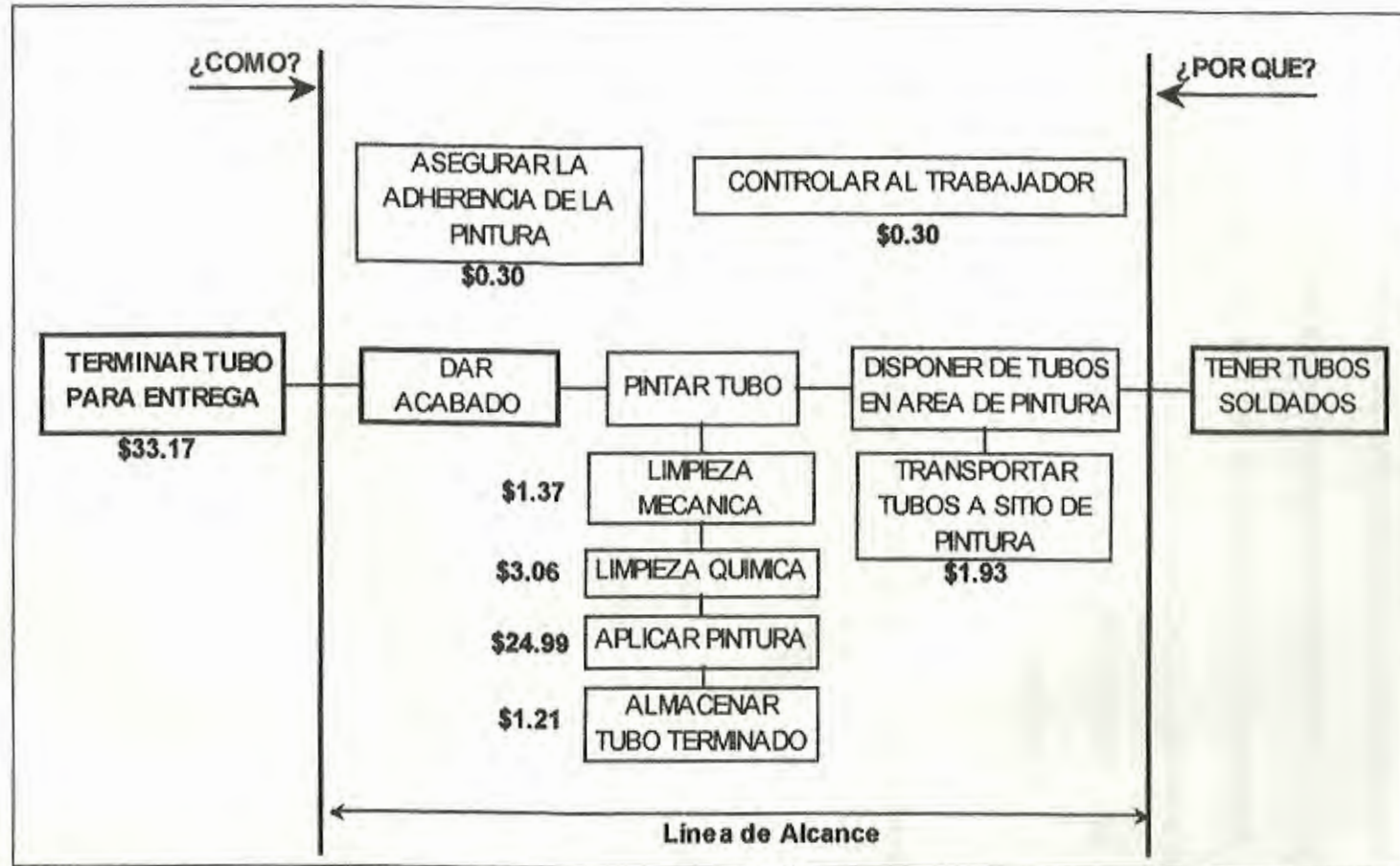


Figura 4.7 Diagrama Fast Pintura de Tubos con mejoras

En todos los gráficos del diagrama se ha cambiado la función que se da todo el tiempo "proteger al trabajador" por "controlar al trabajador" ya que se considerarse más completa y el subproceso de soldadura tiene una función causada por de Soldar que se tuvo que agregar "pulir interiormente", con el fin de lograr una mayor penetración y satisfacer al cliente.

4.6 Procedimientos y Recomendaciones para la implantación

Procedimientos

Los procedimientos que se establecen para la evaluación de cualquier proceso de fabricación, utilizando el diagrama fast son los siguientes:

- 1.- Reunir a un equipo de trabajo de diversas áreas, que tengan conocimiento sobre el proceso de fabricación que se analice.

- 2.- El equipo tendrá que descomponer el proceso de fabricación primero en subprocesos y luego identificar las

funciones correspondientes a cada uno mediante una lluvia de ideas.

3.- Luego de tener la lista de funciones, es necesario jerarquizarlas por medio de la pregunta ¿Cómo? de izquierda a derecha desde la función de jerarquía superior hasta llegar a la función causal, y se comprueba la lógica utilizando la pregunta ¿Por qué? de derecha a izquierda. Las funciones que no cumplan esta lógica deben ser distribuidas como funciones de apoyo: *"de diseño"*, *"se dan todo el tiempo"* o *"causadas por"*.

4.- El siguiente paso después del diagrama, es asignarle los costos a las funciones, que será el costo de todos los recursos que utiliza cada función por el tiempo de la misma, más los insumos que se utilice en dicha función.

5.- Una vez que se tienen los costos de las funciones, el equipo de trabajo está en capacidad de determinar aquellas que le restan valor al producto, con finalidad de encontrar mejoras que disminuyan sus costos, aumenten sus rendimientos y mantengan o eleven la calidad del producto.

6.- Luego de encontrar las alternativas de mejora y costearlas para ver la factibilidad de las mismas, se crean nuevos estándares y parámetros de fabricación que servirán para controlar el proceso y comparar periódicamente el nivel de producción.

7.- Finalmente se construye nuevamente el diagrama, para tener una visión de las modificaciones que hayan habido, puesto que en todo el proceso, habrán funciones que deberán eliminarse y otras que agregar.

Recomendaciones para su implantación

Para el sistema de evaluación de procesos utilizando la Ingeniería del Valor se lleve a cabo, se recomienda lo siguiente:

1.- Formar permanentemente un equipo de ingeniería de valor, constituido por personal de todas el áreas involucradas en los procesos de fabricación de la planta.

2.- Cuando se hayan obtenido resultados de un proceso, controlar periódicamente sus resultados.

3.- Capacitar al personal para que conozcan los nuevos estándares de fabricación identificados y con los cuales tienen que trabajar.

4.- Con los resultados obtenidos a través de la aplicación de la ingeniería de valor utilizando el diagrama fast, es necesario concientizar a la gerencia para que no solo permita evaluar un proceso cuando este presente fallas, sino también aquellos que aparentemente estén bien y de los cuales se pueden esperar mejores resultados.

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En este capítulo, finalmente describiremos las conclusiones de los resultados obtenidos en el estudio y las recomendaciones, que nos servirán para aplicar la técnica posteriormente.

CONCLUSIONES

Tenemos las siguientes conclusiones:

- 1.- El diagrama fast ha permitido identificar las funciones que deben cumplirse para lograr el producto deseado y aquellas funciones de apoyo que contribuyen a la calidad del producto.

- 2.- El nivel de análisis ha permitido llegar a determinar las funciones más incidentes de los procesos de modo general y parcial, con lo cual la mejora en la eficiencia de los mismos se ha sustentado

en datos de mayor detalle tanto en tiempo como en el costo del uso de los recursos.

3.- Se ha demostrado que la aplicación de la ingeniería del valor en la fabricación de los procesos, ha logrado disminuir los costos de producción en las operaciones que van desde el 19.13% hasta el 43.78%, que da como resultado una disminución en el costo de fabricación del tubo de \$360 a \$239, que representa el 32.5% de disminución.

4.- También se ha evidenciado un aumento en el rendimiento de la capacidad productiva de las operaciones desde un 31.44% al 68.42%, con lo cual podemos tomar decisiones para balancear la línea, haciendo modificaciones al proceso general y poder incrementar la producción.

5.- La aplicación de la ingeniería del valor también nos ha llevado a identificar estándares o parámetros de fabricación que servirán como base para el control de calidad del proceso y para futuras mejoras.

6.- Se ha logrado aumentar el rendimiento de los subprocesos, sin menoscabar el ingreso del personal, solamente haciendo cambios en el uso de los recursos y empleando controles de calidad.

RECOMENDACIONES

1.- Es importante que el grupo de trabajo que forma parte del estudio en otros procesos de la fábrica, sean representantes de todas las áreas productivas de la empresa con la finalidad de que se puedan identificar todas las funciones de la operación.

2.- Evaluar periódicamente los estándares o parámetros de fabricación obtenidos mediante la aplicación del método para lograr que se cumplan los objetivos y para futuras mejoras.

3.- Aplicar el método en todos los procesos para los diferentes productos que fabrica la empresa, con lo cual se podrán incrementar las utilidades.

4.- Se debe tratar de entrenar al personal en la metodología de la ingeniería del valor, con el fin de ir perfeccionando los diagramas fast desarrollados, e ir elaborando nuevos cada vez que se requiera.

5.- Dado que se trata de una herramienta nueva y por la poca bibliografía, se recomienda seguir desarrollando nuevos proyectos, utilizando esta técnica.

BIBLIOGRAFIA

- a) Libro
El análisis de funciones. Los pasos hacia un buen análisis del valor.
Thomas J. Snodgrass, CVS – Muthiah Kasi, CVS

- b) Libro segunda edición
Costes de calidad y de no calidad
Oriol Amat

- c) Libro
AWS Structural Welding Code
1994.