



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS EN UNA EMPRESA DE MANUFACTURA DE
EMPAQUES FLEXIBLES EXTRUIDOS UTILIZANDO ALGUNAS DE LAS
HERRAMIENTAS DE LA MANUFACTURA ESBELTA (LEAN MANUFACTURING)**

Durwin Arnoldo Orozco Gómez

Asesorado por la Inga. Nora Leonor Elizabeth García Tobar

Guatemala, octubre de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS EN UNA EMPRESA DE MANUFACTURA DE
EMPAQUES FLEXIBLES EXTRUIDOS UTILIZANDO ALGUNAS DE LAS
HERRAMIENTAS DE LA MANUFACTURA ESBELTA (LEAN MANUFACTURING)**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

DURWIN ARNOLDO OROZCO GÓMEZ

ASESORADO POR LA INGA. NORA LEONOR ELIZABETH GARCÍA TOBAR

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Byron Gerardo Chocooj Barrientos
EXAMINADOR	Ing. Juan José Peralta Dardón
EXAMINADOR	Ing. Erwin Danilo González Trejo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS EN UNA EMPRESA DE MANUFACTURA DE
EMPAQUES FLEXIBLES EXTRUIDOS UTILIZANDO ALGUNAS DE LAS
HERRAMIENTAS DE LA MANUFACTURA ESBELTA (LEAN MANUFACTURING)**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha de noviembre de 2009.



Durwin Arnoldo Orozco Gómez

Guatemala, 1 de Septiembre de 2011

Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
Director de la Escuela
Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

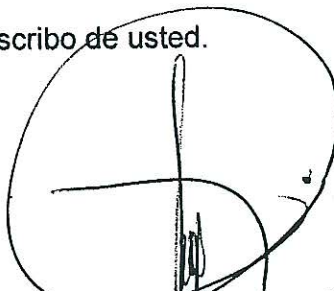
Estimado Señor Director:

Por medio de la presente informo a usted, que he asesorado y revisado el trabajo de tesis titulado **OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS EN UNA EMPRESA DE MANUFACTURA DE EMPAQUES FLEXIBLES EXTRUIDOS, UTILIZANDO ALGUNAS DE LAS HERRAMIENTAS DE LA MANUFACTURA ESBELTA (LEAN MANUFACTURING).**, elaborado por la estudiante Durwin Arnoldo Orozco Gómez, con carné 1995-16367, previo obtener el título de Ingeniero Industrial

Habiendo determinado que dicho trabajo cumple con los requisitos establecidos de la Facultad de Ingeniería, y reconociendo la importancia del tema. Por todo lo anterior tanto el autor como el asesor somos responsables del contenido y conclusiones del presente trabajo de tesis y en consecuencia, por medio de la presente me permito **APROBARLO**, agregado que lo encuentro completamente satisfactorio.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente,



Nora Leonor Elizabeth Garcia Tobar
Ingeniera Industrial
Colegiado No. 8121

Ing. Nora Leonor Elizabeth Garcia Tobar
Colegiado No. 8121
ASESOR



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS EN UNA EMPRESA DE MANUFACTURA DE EMPAQUES FLEXIBLES EXTRUIDOS UTILIZANDO ALGUNAS DE LAS HERRAMIENTAS DE LA MANUFACTURA ESBELTA (LEAN MANUFACTURING)**, presentado por el estudiante universitario **Durwin Arnoldo Orozco Gómez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑADA A TODOS

Inga. Gladys Lorraine Carles Zamarripa
Catedrática Revisora de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Gladys Carles Zamarripa
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO 6202

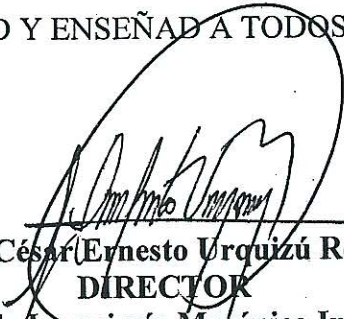
Guatemala noviembre de 2011.

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS EN UNA EMPRESA DE MANUFACTURA DE EMPAQUES FLEXIBLES EXTRUIDOS UTILIZANDO ALGUNAS DE LAS HERRAMIENTAS DE LA MANUFACTURA ESBELTA (LEAN MANUFACTURING)**, presentado por el estudiante universitario **Durwin Arnoldo Orozco Gómez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, octubre de 2012.

/mgp



Ref. DTG.498.2012

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado **OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS EN UNA EMPRESA DE MANUFACTURA DE EMPAQUES FLEXIBLES EXTRUIDOS UTILIZANDO ALGUNAS DE LAS HERRAMIENTAS DE LA MANUFACTURA ESBELTA (LEAN MANUFACTURING)**, presentado por el estudiante universitario: **Durwin Arnaldo Orozco Gómez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, octubre de 2012

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Mi Dios** Porque Él nunca me ha abandonado y siempre me ha dado fuerza para seguir adelante.
- Mi padre** Durwin Orozco Paz por ser un gran y excelente padre, apoyándome en todas mis decisiones personales y por sus sabios consejos.
- Mi madre** Reina Isabel Gómez (q.e.p.d.) una abnegada y entregada madre que me mostró siempre el camino correcto, y agradecido por sus grandes sacrificios.
- Mi esposa** Claudia del Rosario López Almengor por su amor, apoyo, compañía y por compartir todo este camino y ver como llegábamos los dos hasta el final. Este triunfo es para ti.
- Mis hijos** María Isabel y Marco Pablo, angelitos que hicieron que retomara este punto de mi vida. Este triunfo es para ustedes.
- Mi hermana** Wendy por ser muy buena persona que me ha alentado para superarme y brindarme su apoyo.

Mis tíos y primos

Por su apoyo moral, y sus buenos consejos, en especial a Owin Orozco Paz y Wagner Orozco Castillo.

Mis amigos

Con mucho cariño y aprecio en especial a Juan Carlos Barrientos, Douglas González, Darwin Orozco, Pancho Leal, Lucía Astorga, Paqui Rodríguez.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios

Por su misericordia amor y bondad, por darme el entendimiento y fuerza para poder servirle, y porque siempre me ha librado del mal.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala

Por ser quien permitió mi formación profesional. En especial a la Facultad de Ingeniería por enseñarme los conocimientos científicos y técnicos, y por darme la oportunidad de alcanzar mi sueño.

Mis suegros

Jorge López y María Almengor, que me han brindado su cariño y apoyo que me ayudaron a cumplir mis metas.

Mis líderes de célula

Hilder López y Tito Maltez por brindarme su amistad y guiarme en los caminos de Dios.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. ANTECEDENTES GENERALES.....	1
1.1. Ubicación geográfica.....	1
1.2. Reseña histórica	1
1.3. Misión.....	4
1.4. Visión	4
1.5. Política de calidad.....	5
1.6. Estructura organizacional.....	5
1.7. Manufactura esbelta.....	7
1.7.1. Concepto.....	9
1.7.2. Herramientas 5's	11
2. DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN.....	19
2.1. Recopilar información	19
2.1.1. Calidad	19
2.1.2. Producción	21
2.1.3. Recursos Humanos.....	24
2.1.4. Mantenimiento.....	26

2.1.5.	Cambios de producto.....	26
2.2.	Cadena de valor actual.....	27
2.3.	Diagrama de Pareto.....	28
2.4.	Diagrama de Ishikawa.....	29
2.5.	Diagrama de flujo y recorrido actual.....	30
2.6.	Distribución de maquinaria actual.....	34
2.7.	Plano general del Área de Producción.....	38
2.8.	Detección de los 7 desperdicios.....	40
3.	PROPUESTA DE MEJORA PARA EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE EXTRUSIÓN.....	43
3.1.	Calidad.....	43
3.1.1.	Círculo de Deming.....	43
3.1.2.	Condiciones de operación.....	46
3.1.3.	Fuentes de variabilidad.....	48
3.2.	Optimización del control del proceso.....	54
3.3.	Optimización del flujo de información.....	56
3.4.	Minimización de averías y paradas de máquina.....	58
3.5.	Manejo de inventarios.....	65
3.6.	Capacitación en manufactura esbelta.....	66
3.7.	Análisis financiero.....	69
3.7.1.	VAN (Valor Actual Neto).....	69
3.7.2.	TIR.....	70
3.7.3.	Beneficio Costo (Relación B/C).....	71
4.	IMPLEMENTACIÓN DE PROPUESTA DE MEJORA PARA EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE EXTRUSIÓN.....	73
4.1.	Calidad.....	73
4.1.1.	Calidad en la fuente.....	73

4.1.2.	Implementación de indicadores.....	74
4.1.3.	Señalización.....	76
4.1.4.	Círculo de calidad de Deming	79
4.2.	Producción	79
4.2.1.	5's	80
4.2.2.	Reducción de los 7 desperdicios.....	88
4.2.3.	Implementación Justo a Tiempo por medio del <i>KANBAN</i>	89
4.2.4.	Integración de procesos de valor con mano de obra directa	90
4.2.5.	Controles visuales.....	91
4.2.6.	Técnica SMED en cambios de estilo.....	91
4.2.7.	<i>Poka Yoke</i>	93
4.2.8.	<i>Jidoka</i>	96
4.2.9.	<i>Andon</i>	99
4.3.	Equipo de trabajo <i>Lean</i>	101
5.	SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN	107
5.1.	¿Qué es el seguimiento?	107
5.2.	Equipo de seguimiento.....	108
5.3.	Evaluación y control de indicadores.....	112
5.4.	Cadena de valor final	112
5.5.	Capacitación continua.....	115
5.6.	Evaluación continua.....	119
	CONCLUSIONES.....	129
	RECOMENDACIONES	131
	BIBLIOGRAFÍA	133

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Vista parcial de la planta producción Polytec	1
2.	Organigrama de la empresa	7
3.	Cadena de valor actual	27
4.	Diagrama de Pareto, posibles problemas Área Extruido	28
5.	Diagrama de pescado, mala calidad Área de Extruido	30
6.	Máquina de extrusión	32
7.	Flujograma de proceso de extrusión: Rollo PE sin impresión.....	32
8.	Flujograma de proceso de extrusión: Rollo PE impreso	33
9.	Flujograma de proceso de extrusión: Rollo laminado de PE con impresión PE	33
10.	Tolva extrusora	34
11.	Tolva y tornillo	35
12.	Burbuja de enfriamiento.....	37
13.	Distribución de maquinaria Área de Extrusión.....	38
14.	Plano general Área de Producción	39
15.	<i>TIMWOODS</i> (mudas)	40
16.	Mudas detectadas	42
17.	Círculo de Deming	44
18.	Flujo de información del Área de Extruido	57
19.	Boleta control de fallos de maquinaria.....	60
20.	Cálculos y resultados del análisis financiero	72
21.	Formato para recopilar indicadores diarios.....	75
22.	Señalización de indicadores	77

23.	Señalización manufactura esbelta.....	78
24.	Señalización de producción	78
25.	Señal círculo Deming	79
26.	Diagrama 5's	80
27.	Herramientas <i>Poka Yoke</i>	96
28.	Necesidades Herramienta <i>Jidoka</i>	99
29.	Necesidades Herramientas <i>Andon</i>	101
30.	Cadena de valor final a proponer	115

TABLAS

I.	Capacidades por área	21
II.	Capacidad instalada Área Extrusión	22
III.	Capacidad instalada flexografía	23
IV.	Capacidad instalada corte.....	24
V.	Desglose de personal por departamento y género.....	25
VI.	Relación <i>STAFF</i> – Técnicos – Ingenieros	25
VII.	Tipos de <i>Poka Yoke</i>	95
VIII.	Plan de capacitación continua.....	116

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
5s	Metodología 5 s
%	Porcentaje
Q	Quetzal (unidad monetaria)

GLOSARIO

Andon	Sistema de control visual y/o auditivo que permite conocer el estado actual del sistema de producción y alerta a los equipos de trabajo sobre el surgimiento de problemas.
Capacitación cruzada	Es el entrenamiento del personal para operar y mantener diferentes tipos de máquinas de producción. Esta actividad es esencial para poder implementar el concepto de célula de producción.
Célula	Es un arreglo de gente, máquinas, materiales y métodos – con los pasos del procesos puestos uno junto a otro en orden secuencial – a través del cual las partes son procesadas en un flujo continuo (o en algunos casos en pequeños lotes en forma consistente). Normalmente en forma de U que permite el flujo de una sola pieza y la asignación de personal de forma flexible mediante el concepto de multi-habilidades.
Cinco 5's	Son cinco términos japoneses que comienzan con "s" y se utilizan para arreglar el área de trabajo para que se pueda tener control visual y una operación esbelta.

Cliente	Es el beneficiario del producto por parte de la organización.
Control visual	La localización a simple vista de todas las herramientas, partes, actividades productivas e indicadores del desempeño del sistema de producción, de tal manera que el sistema puede ser entendido por medio de un vistazo por cualquiera de las personas involucradas.
Eficiencia	La eficiencia es hacer las cosas bien, en el menor tiempo posible, minimizando los recursos utilizados.
Esperar	Es uno de los Siete Tipos de Desperdicio. El tiempo que los empleados consumen esperando, ya sea por falta de material, máquinas descompuestas o procesos no balanceados, es otro tipo de desperdicio que se debe eliminar.
Globalización	Integración de los distintos países a nivel mundial en aspectos económicos, sociales, políticos, culturales, ambientales y mercadológicos.
<i>Heijunka</i>	Sistema utilizado para nivelar el programa de producción, por medio de la secuenciación de órdenes de trabajo, buscando suavizar las variaciones de producción entre cada día.

<i>Jidoka</i>	Busca el poder independizar la operación de las máquinas de las personas a través de mecanismos de descarga automáticos, sistemas de detección de fallas y paro automático, etc. Lo que permite a una persona poder estar a cargo de varios equipos al mismo tiempo.
<i>Jit</i>	<i>Just in time</i> (justo a tiempo).
Justo a tiempo	Un sistema para producir y entregar los artículos correctos en el tiempo correcto y en las cantidades correctas.
<i>Kaizen</i>	Mejora continua incremental de una actividad buscando generar más valor y reducir el muda.
<i>Kanban</i>	Tarjeta o señal que se asigna a los contenedores de partes y permite la implementación de un sistema producción que es jalado desde el área de consumo.
Movimiento	Es uno de los siete tipos de desperdicio. Los movimientos realizados por la persona al hacer el trabajo, deben ser analizados para evitar esfuerzos innecesarios, pérdidas de tiempo y/o condiciones inseguras.
Muda	Palabra japonesa que significa Desperdicio. Una actividad que consume recursos pero no genera valor.

PDCA	Planificar, hacer, verificar y actuar.
<i>Poka Yoke</i>	Dispositivos A prueba de error diseñados para prevenir la producción de defectos en la realización de un servicio o manufactura de un producto por medio de la detección y/o bloqueo de las condiciones de error que posteriormente generan el defecto. Ejemplo: seguro automático en puertas de automóvil. Error que detecta/bloquea: dejar la puerta abierta al salir del auto. Defecto que impide: robo de artículos y equipo en el interior del auto.
Polifuncional	Operario que hace puede realizar varios métodos de trabajo e inclusive conoce varios tipos de máquinas y/o herramientas.
Procesos	Secuencia de actividades que deben ser realizadas para producir un bien.
Segundas	Piezas que no están producidas según requerimientos del cliente.
SMED	Cambio de estilo en minutos.
Sobreprocesar	Es uno de los Siete Tipos de Desperdicio. Se debe tener muy claros cuales son los requerimientos del cliente, para cumplirlos con el proceso de producción, para evitar ineficiencias y/o pasos no requeridos.

Sobreproducción	El peor de los Siete Tipos de Desperdicio. Existen dos Tipos de sobreproducción. Cuantitativa: (hacer más producto del que se necesita). Temprana; (hacer producto antes de que se necesita).
Transporte	Es uno de los Siete Tipos de Desperdicio. El movimiento innecesario de las partes durante el proceso de producción es un desperdicio y puede incluso llegar a dañar las partes, con lo que se genera pérdida de material.
Valor	Característica de un producto o servicio que es requerida por el cliente y está dispuesto a pagar por ésta.

RESUMEN

A medida que el mundo continúa cambiando y se convierte más competitivo, hace que los procesos productivos mejoren desde el punto de vista corporativo, tecnológico, humano entre otros. Situación que crea necesidades actuales dentro de la industria de manufactura de empaques flexibles hechos en Guatemala, en la optimización de recursos.

Se realiza este trabajo de graduación, el cual describe una propuesta de aplicación de la detección de los siete desperdicios por medio del uso de la cadena de valor, lo que permitirá conocer el flujo de producción. Al eliminar estos desperdicios el flujo del material se moverá más rápido a través de la línea de producción, así como también se generará una sincronización con la demanda real de los clientes. Esto también conlleva a mejorar la rentabilidad de la empresa.

La finalidad de este proyecto es demostrar que se puede mejorar la productividad, eficiencia, calidad, el inventario en proceso y entrega a tiempo. Es decir, respuesta inmediata al cliente, con las aplicaciones de los nuevos pensamientos que presenta la manufactura esbelta. Sin embargo, la mejora en la línea producción requiere una capacitación cruzada en cambio de políticas, cultura, valores, trabajo en equipo, control de producción, buenas relaciones interpersonales, tanto a nivel de la supervisión de la línea como de operarios de la línea de producción de extruido.

OBJETIVOS

General

Implementar a través de manufactura esbelta una filosofía de mejora continua que permita a la compañía reducir sus costos, mejorando proceso y eliminando desperdicios para aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad.

Específicos

1. Reducir el inventario y el espacio en el piso de producción.
2. Producir más rápido a más bajo precio y en la cantidad requerida.
3. Diseñar un sistema de entrega de materiales apropiado.
4. Mejorar las distribuciones de planta para aumentar la flexibilidad.
5. Bajar los niveles de desperdicio en la cadena de producción.
6. Comprender la mejora continua que propone el sistema de manufactura esbelta.
7. Detectar y reducir al máximo los desperdicios que se tienen dentro del proceso de producción.

INTRODUCCIÓN

La industria Polytec, S.A., en su búsqueda de conservar su competitividad en un mercado industrial cada vez más eficiente y productivo, ha decidido que las características de la manufactura esbelta deben imitarse para competir efectivamente en los mercados actuales.

La manufactura esbelta obedece a un mejoramiento continuo en calidad, costo y rapidez de respuesta, que son factores claves en la satisfacción total del cliente.

Para competir contra competidores esbeltos se necesita evaluar honestamente los sistemas actuales. El concepto de manufactura esbelta está asociado a lograr hacer eficientes y de calidad los sistemas actuales.

En todo el mundo existe un intenso deseo de conocer en dónde está cada quien clasificado en el contexto mundial y también qué debe hacerse para alcanzar los niveles de competitividad requeridos por la producción esbelta, el presente trabajo de graduación provee en buena medida soluciones y respuestas a esas inquietudes.

Los conceptos de manufactura esbelta van a cambiar no sólo la manera en que se hacen las cosas sino también el destino de la compañía. La manufactura esbelta los mejores conceptos y dispositivos encontrados por el hombre: la habilidad de recudir costos por unidad, dramáticamente mejorar la calidad y al mismo tiempo prever una más amplia variedad de productos y a los trabajadores ofrecerles continuos retos y satisfacciones.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Ubicación geográfica

La planta de producción de Polytec, S.A., se encuentra ubicada en la dirección: 3ª. Avenida 0,60 zona 2, municipio de Villa Nueva, departamento de Guatemala.

Figura 1. **Vista parcial de la planta de producción de Polytec**



Fuente: Archivo Polytec, febrero de 2010.

1.2. Reseña histórica

Polímeros y Tecnología S.A., Polytec, comienza en 1989, en el mes de julio, luego de una visita a la exposición de Plásticos NPE 88 en Chicago, a raíz de una inquietud de incursionar en la industria del plástico.

A principios de ese año, se hace un estudio de los diferentes procesos y mercados de plásticos en Guatemala. Se analiza a fondo la información de importaciones, que era la que se tenía disponible en esa época. Se determinaron los tamaños de mercado y cotizaciones de maquinarias y equipos. Cuando se estaba en pleno estudio de proyecto, por un golpe de suerte, se presenta una oportunidad para la adquisición de equipo de una pequeña empresa de la industria del plástico, dedicada al mercado de película en Guatemala.

Esta empresa local, vendía dentro de su parque de máquinas dos extrusoras para película soplada (*film*) y dos cortadoras. Se acepta esta oportunidad, que permitiera reducir notoriamente la inversión que se tenía previsto realizar. Se iniciaron operaciones en una bodega de 380 metros cuadrados, ocupando solamente la mitad, sin oficinas. Al principio el recurso humano de la empresa consistía de 9 personas y producía alrededor de 30 toneladas mensuales de producto terminado. Esta producción estaba limitada por la capacidad de los equipos y maquinarias disponibles.

El primer objetivo de ventas, estaba dirigido a un mercado bastante saturado, y, aunque era el más barato y sencillo de penetrar, el margen de ganancias era bastante limitado. Esta situación se mantuvo así durante los primeros 3 años, hasta que se tomó la decisión de crecer. Como primera medida se procedió a adquirir el terreno, donde se ubica actualmente la empresa, en San José de Villa Nueva, Guatemala. Inicialmente se compraron 2 manzanas, creciendo posteriormente a 4 ½ manzanas, que es el tamaño actual. Durante los primeros 5 años de actividad, la empresa se mantuvo en el mercado comercial, aunque haciendo algunas pequeñas incursiones en el mercado industrial.

A partir de 1996, se decide cambiar la política de Polytec, S.A. Aunque siempre manteniendo el mercado comercial, se empieza a invertir única y exclusivamente pensando en la atención de la industria. La estrategia de incursión en el mercado industrial inició con la fabricación de películas esencialmente transparentes, bolsas de re-empaque y otros similares, pasando después a productos impresos (polietilenos). La empresa empieza a distinguirse fuertemente por sus nuevos conceptos e impulsos en la atención al cliente, sin olvidar el respaldo absoluto a toda la línea de productos fabricados.

Las metas tecnológicas que se habían fijado para la empresa fueron alcanzadas dentro de lo esperado en estos primeros años. Debido a condiciones políticas externas a la empresa se demoró en su crecimiento cuando intentaba ingresar al mercado de las impresiones de alta calidad. No fue sino hasta el 2002, cuando ya habían cambiado las condiciones de trabajo local, que se comprendió que ya era tiempo de continuar con esa iniciativa. Se procedió a entrar en el mercado de impresión de alta calidad por medio de la importante adquisición de una máquina impresora de tambor central de 8 colores, que sin duda, en esa época, era la mejor máquina de impresión disponible en Guatemala.

Dentro de esa política de calidad, se determinó que la adquisición del mejor equipo de impresión requería también de la participación del mejor personal para manejarlo. Este personal debería estar debidamente calificado para producir los mejores resultados, evitando así que la inversión fuera desperdiciada por falta de experiencia y conocimientos. Ya que en Guatemala, la disponibilidad de personal de alto requerimiento técnico era muy escasa, o incluso inexistente en algunos casos, se decidió traer gente del exterior para manejar la maquinaria y la producción, y además para capacitar a trabajadores locales.

Se incorporan técnicos de varios países de América Latina, mejor desarrollados en calidad y con mayor experiencia que en Guatemala. Actualmente estos técnicos, de Colombia y Chile, ocupan puestos claves dentro de la empresa, como las gerencias de producción y desarrollo. Estas personas, además de aportar su labor calificada, también transmiten sus conocimientos permitiendo al personal local el crecimiento y la mejora continua en la calidad.

La entrada a los mercados de alta calidad le proporcionó una nueva imagen a Polytec, aceptada ampliamente en la industria. Esta imagen quedó bien respaldada por la inversión en tecnología y la incorporación de personal calificado. Como resultado, Polytec cuenta hoy con la capacidad instalada de 1800 toneladas mensuales de película flexible, de las cuales 800 pueden ser impresas con el más alto nivel de calidad. Esto ha permitido sobresalir en servicio, precio y calidad, cubriendo el mercado guatemalteco y exportando a toda Centroamérica, Panamá, México, El Caribe y Estados Unidos de América.

1.3. Misión

“Ser la empresa de referencia en cuanto a empaques flexibles en Centroamérica, México, Estados Unidos y el Caribe, mediante la creación continua de Valor.”

1.4. Visión

“Nuestro objetivo es contribuir al éxito de nuestros clientes, haciendo que sus productos lleguen a los consumidores de manera segura, atractiva cómoda, eficiente y económica. Esta meta nos obliga a entender sus diferentes necesidades y, a través de la tecnología, la mejora continua y la dedicación a la calidad, a encontrar soluciones completas y a precios razonables, que

satisfagan sus requerimientos de empaque. Tenemos un compromiso con la satisfacción total de nuestros clientes.”

1.5. Política de calidad

Vamos con su producto, haciendo la diferencia.

1.6. Estructura organizacional

La fábrica está dirigida por sus propietarios, quienes integran la Junta Directiva y se encargan de administrar la misma. En ella laboran 350 empleados, de los cuales 32 (9 por ciento) se dedican a actividades administrativas y 318 (91 por ciento) corresponde a la mano de obra directa en el proceso productivo de la planta. La estructura organizacional se desplaza en forma vertical de arriba hacia abajo, con seis departamentos: producción, calidad, administración, recursos humanos, contabilidad y ventas.

Cada gerente de departamento se encarga de administrar y supervisar al personal a su cargo. Por otro lado, la planta está conformada por los departamentos de calidad y producción que a su vez se divide en las áreas de extrusión, impresión, laminado, corte y empaque.

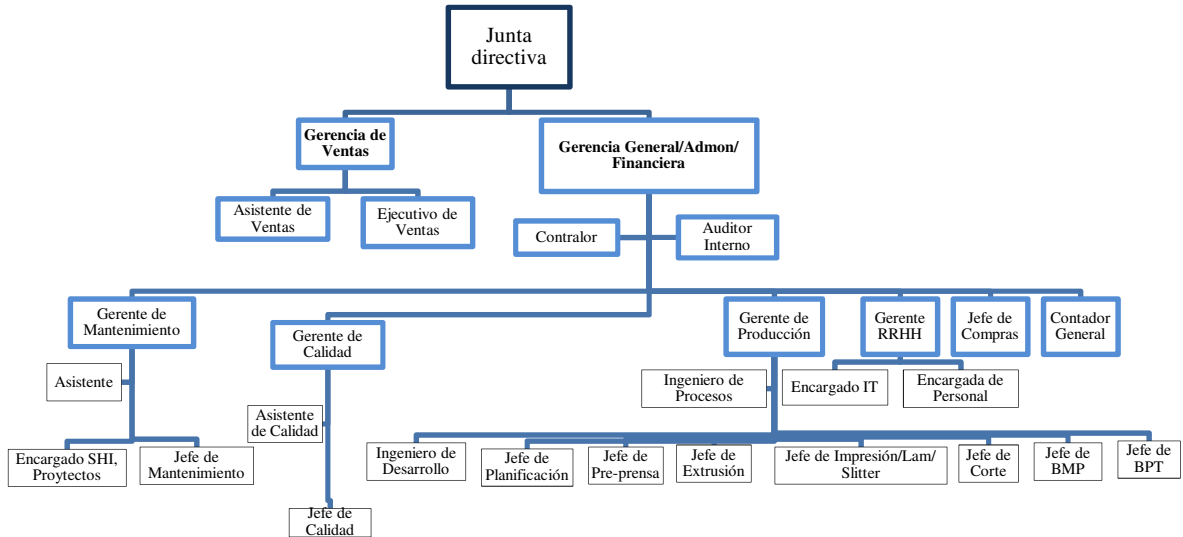
Las actividades que se realizan en estos departamentos se pueden resumir de la siguiente manera:

- Producción: es aquí donde la materia prima, es transformada en el producto final, bolsas plásticas.

- Calidad: éste se encarga de supervisar y revisar el producto final, para determinar si cumple con las normas de calidad establecidas por la empresa.
- Ventas: se encarga de la comercialización del producto final, negociaciones, ubicación de nuevos clientes.
- Recursos Humanos: son los encargados de seleccionar, evaluar, calificar y contratar a las personas idóneas para los puestos de trabajo y todo lo referente a la gestión de recursos humanos.
- Administración: es el área encargada de dar soporte a todo el proceso productivo de la fábrica. Se divide en Administración General y Administración de Ventas. Las funciones de la Administración General son: el control de bodega de materia prima, el control de suministros, supervisión de producto en proceso y terminado (departamentos de producción y calidad), las negociaciones con proveedores, supervisión de los departamentos de contabilidad, y recursos humanos y la supervisión del personal de limpieza. La Administración de Ventas supervisa el departamento de ventas.
- Contabilidad: lleva registro y control de todas las operaciones contables, generar reportes administrativos y financieros para la toma de decisiones gerenciales del negocio.

De acuerdo a la información proporcionada se logró establecer el siguiente organigrama funcional, que se presenta en la figura 2.

Figura 2. Organigrama de la empresa



Fuente: Archivo Polytec, febrero de 2010.

1.7. Manufactura esbelta

Manufactura Esbelta son varias herramientas que le ayudará a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio y a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere. Reducir desperdicios y mejorar las operaciones, basándose siempre en el respeto al trabajador. La manufactura esbelta nació en Japón y fue concebida por los grandes gurús del Sistema de Producción Toyota: William Edward Deming, Taiichi Ohno, Shigeo Shingo, Eijy Toyoda entre algunos.

El sistema de manufactura flexible o manufactura esbelta ha sido definida como una filosofía de excelencia de manufactura, basada en:

- La eliminación planeada de todo tipo de desperdicio.
- El respeto por el trabajador: *Kaizen*.

- La mejora consistente de productividad y calidad.

Objetivos de manufactura esbelta: los principales objetivos de la manufactura esbelta es implantar una filosofía de mejora continua que le permita a las compañías reducir sus costos, mejorar los procesos y eliminar los desperdicios para aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad. Manufactura esbelta proporciona a las compañías herramientas para sobrevivir en un mercado global que exige calidad más alta, entrega más rápida a más bajo precio y en la cantidad requerida. Específicamente, manufactura esbelta:

- Reduce la cadena de desperdicios dramáticamente.
- Reduce el inventario y el espacio en el piso de producción.
- Crea sistemas de producción más robustos.
- Crea sistemas de entrega de materiales apropiados.
- Mejora las distribuciones de planta para aumentar la flexibilidad.

Beneficios: la implantación de Manufactura Esbelta es importante en diferentes áreas, ya que se emplean diferentes herramientas, por lo que beneficia a la empresa y sus empleados. Algunos de los beneficios que genera son:

- Reducción de 50 por ciento en costos de producción
- Reducción de inventarios
- Reducción del tiempo de entrega (*lead time*).
- Mejor calidad
- Menos mano de obra
- Mayor eficiencia de equipo
- Disminución de los desperdicios

- Sobreproducción
- Tiempo de espera (los retrasos)
- Transporte
- El proceso
- Inventarios
- Movimientos
- Mala calidad

1.7.1. Concepto

Es una filosofía de gestión enfocada a la reducción de los siete tipos de desperdicios (sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos) en productos manufacturados. Eliminando el despilfarro, la calidad mejora y el tiempo de producción y el costo, se reducen. Las herramientas *lean* (en inglés, esbelto o ágil) incluyen procesos continuos de análisis (*kaizen*), producción *pull* (en el sentido de *kanban*), y elementos y procesos a prueba de fallos (*poka yoke*). Un aspecto crucial es que la mayoría de los costes se calculan en la etapa de diseño de un producto.

A menudo un ingeniero especificará materiales y procesos conocidos y seguros a expensas de otros baratos y eficientes. Esto reduce los riesgos del proyecto, o lo que es lo mismo, el coste según el ingeniero, pero a base de aumentar los riesgos financieros y disminuir los beneficios.

Las buenas organizaciones desarrollan y repasan listas de verificación para validar el diseño del producto.

Pensamiento esbelto: la parte fundamental en el proceso de desarrollo de una estrategia esbelta es la que respecta al personal, ya que muchas veces

implica cambios radicales en la manera de trabajar, algo que por naturaleza causa desconfianza y temor. Lo que descubrieron los japoneses es, que más que una técnica, se trata de un buen régimen de relaciones humanas. En el pasado se ha desperdiciado la inteligencia y creatividad del trabajador, a quien se le contrata como si fuera una máquina.

Es muy común que, cuando un empleado de los niveles bajos del organigrama se presenta con una idea o propuesta, se le critique e incluso se le calle. A veces los directores no comprenden que, cada vez que le apagan el foquito a un trabajador, están desperdiciando dinero. El concepto de manufactura esbelta implica la anulación de los mandos y su reemplazo por el liderazgo. La palabra líder es la clave.

Los cinco principios del pensamiento esbelto:

- Define el valor desde el punto de vista del cliente: la mayoría de los clientes quieren comprar una solución, no un producto o servicio.
- Identifica tu corriente de valor: eliminar desperdicios encontrando pasos que no agregan valor, algunos son inevitables y otros son eliminados inmediatamente.
- Crea flujo: haz que todo el proceso fluya suave y directamente de un paso que agregue valor a otro, desde la materia prima hasta el consumidor.
- Produzca el jale del cliente: una vez hecho el flujo, serán capaces de producir por órdenes de los clientes en vez de producir basado en pronósticos de ventas a largo plazo.

- Persiga la perfección: una vez que una empresa consigue los primeros cuatro pasos, se vuelve claro para aquellos que están involucrados, que añadir eficiencia siempre es posible.

1.7.2. Herramientas 5's

Este concepto se refiere a la creación y mantenimiento de áreas de trabajo más limpias, más organizadas y más seguras, es decir, se trata de imprimirle mayor calidad de vida al trabajo. Las 5'S provienen de términos japoneses que diariamente se pone en práctica en la vida cotidiana y no son parte exclusiva de una cultura japonesa ajena a nosotros, es más, todos los seres humanos, o casi todos, tienen la tendencia a practicar o hemos practicado las 5'S, aunque no se den cuenta. Las 5'S son:

- Clasificar, organizar o arreglar apropiadamente: *Seiri*
- Ordenar: *Seiton*
- Limpieza: *Seiso*
- Estandarizar: *Seiketsu*
- Disciplina: *Shitsuke*

Cuando el entorno de trabajo está desorganizado y sin limpieza se pierde la eficiencia y la moral en el trabajo se reduce los objetivos de las 5'S. El objetivo central de las 5'S es lograr el funcionamiento más eficiente y uniforme de las personas en los centros de trabajo beneficios de las 5'S.

La implantación de una estrategia de 5'S es importante en diferentes áreas, por ejemplo, permite eliminar despilfarros y por otro lado permite mejorar las condiciones de seguridad industrial, beneficiando así a la empresa y sus empleados.

Algunos de los beneficios que genera la estrategias de las 5'S son:

- Mayores niveles de seguridad que redundan en una mayor motivación de los empleados.
- Mayor calidad
- Tiempos de respuesta más cortos
- Aumenta la vida útil de los equipos
- Genera cultura organizacional
- Reducción en las pérdidas y mermas por producciones con defectos

Justo a tiempo: es una filosofía industrial que consiste en la reducción de desperdicio (actividades que no agregan valor) es decir todo lo que implique sub-utilización en un sistema desde compras hasta producción. Existen muchas formas de reducir el desperdicio, pero el justo a tiempo se apoya en el control físico del material para ubicar el desperdicio y, finalmente, forzar su eliminación.

La idea básica del justo a tiempo es producir un artículo en el momento que es requerido para que este sea vendido o utilizado por la siguiente estación de trabajo en un proceso de manufactura. Dentro de la línea de producción se controlan en forma estricta no sólo los niveles totales de inventario, sino también el nivel de inventario entre las células de trabajo.

La producción dentro de la célula, así como la entrega de material a la misma, se ven impulsadas sólo cuando un *stock* (inventario) se encuentra debajo de cierto límite como resultado de su consumo en la operación subsecuente. Además, el material no se puede entregar a la línea de producción o la célula de trabajo a menos que se deje en la línea una cantidad igual.

Esta señal que impulsa la acción puede ser un contenedor vacío o una tarjeta *Kanban*, o cualquier otra señal visible de reabastecimiento, todas las cuales indican que se han consumido un artículo y se necesita reabastecerlo

Sistema de jalar: es un sistema de producción donde cada operación estira el material que necesita de la operación anterior. Consiste en producir sólo lo necesario, tomando el material requerido de la operación anterior. Su meta óptima es: mover el material entre operaciones de uno por uno.

En la orientación *pull* o de jalar, las referencias de producción provienen del precedente centro de trabajo. Entonces la precedente estación de trabajo dispone de la exacta cantidad para sacar las partes disponibles a ensamblar o agregar al producto. Esta orientación significa comenzar desde el final de la cadena de ensamble e ir hacia atrás hacia todos los componentes de la cadena productiva, incluyendo proveedores y vendedores. De acuerdo a esta orientación una orden es disparada por la necesidad de la siguiente estación de trabajo y no es un artículo innecesariamente producido.

La orientación *pull* es acompañada por un sistema simple de información llamado *Kanban*.

Así la necesidad de un inventario para el trabajo en proceso se ve reducida por el empalme ajustado de la etapa de fabricación. Esta reducción ayuda a sacar a la luz cualquier pérdida de tiempo o de material, el uso de refacciones defectuosas y la operación indebida del equipo. El sistema de jalar permite:

- Reducir inventario, y por lo tanto, poner al descubierto los problemas.
- Hacer sólo lo necesario facilitando el control.

- Minimiza el inventario en proceso.
- Maximiza la velocidad de retroalimentación.
- Minimiza el tiempo de entrega.
- Reduce el espacio.

Kanban: es una herramienta basada en la manera de funcionar de los supermercados. *Kanban* significa en japonés etiqueta de instrucción.

La etiqueta *Kanban* contiene información que sirve como orden de trabajo, esta es su función principal, en otras palabras es un dispositivo de dirección automático que nos da información acerca de que se va a producir, en qué cantidad, mediante que medios, y como transportarlo.

Antes de implantar *Kanban* es necesario desarrollar una producción *labeled/mixed* producción *schedule* para suavizar el flujo actual de material, esta deberá ser practicada en la línea de ensamble final, si existe una fluctuación muy grande en la integración de los procesos *Kanban* no funcionará y de lo contrario se creara un desorden, también tendrán que ser implantados sistemas de reducción de cambios de modelo, de producción de lotes pequeños, *Jidoka*, control visual, *Poka Yoke*, mantenimiento preventivo, etc. todo esto es prerrequisito para la introducción *Kanban*.

También se deberán tomar en cuenta las siguientes consideraciones antes de implantar *Kanban*:

- Determinar un sistema de calendarización de producción para ensambles finales para desarrollar un sistema de producción mixto y etiquetado.

- Se debe establecer una ruta de *Kanban* que refleje el flujo de materiales, esto implica designar lugares para que no haya confusión en el manejo de materiales, se debe hacer obvio cuando el material esta fuera de su lugar.
- El uso de *Kanban* está ligado a sistemas de producción de lotes pequeños.
- Se debe tomar en cuenta que aquellos artículos de valor especial deberán ser tratados diferentes.
- Se debe tener buena comunicación desde el departamento de ventas a producción para aquellos artículos cíclicos a temporada que requieren mucha producción, de manera que se avise con bastante anticipo.
- El sistema *Kanban* deberá ser actualizado constantemente y mejorado continuamente.

Producción nivelada (*Heijunka*): es una técnica que adapta la producción a la demanda fluctuante del cliente. La palabra japonesa *Heijunka* (pronunciado eh el *kah* del junio), significa literalmente haga llano y nivelado.

La demanda del cliente debe cumplirse con la entrega requerida del cliente, pero la demanda del cliente es fluctuante, mientras las fábricas prefieren que ésta esté nivelada o estable. Un fabricante necesita nivelar estas demandas de la producción.

La herramienta principal para la producción suavizadora es el cambio frecuente de la mezcla ejemplar para ser corrido en una línea dada. En lugar de ejecutar lotes grandes de un modelo después de otro, se debe producir lotes

pequeños de muchos modelos en período cortos de tiempo. Esto requiere tiempos de cambio más rápidos, con pequeños lotes de piezas buenas entregadas con mayor frecuencia.

Verificación de proceso (*Jidoka*): significa verificación en el proceso, cuando en el proceso de producción se instalan sistemas *Jidoka* se refiere a la verificación de calidad integrada al proceso.

La filosofía *Jidoka* establece los parámetros óptimos de calidad en el proceso de producción, el sistema *Jidoka* compara los parámetros del proceso de producción contra los estándares establecidos y hace la comparación, si los parámetros del proceso no corresponden a los estándares preestablecidos el proceso se detiene, alertando que existe una situación inestable en el proceso de producción la cual debe ser corregida, esto con el fin de evitar la producción masiva de partes o productos defectuosos, los procesos *Jidoka* son sistemas comparativos de lo ideal o estándar contra los resultados actuales en producción.

Existen diferentes tipos de sistemas *Jidoka*: visión, fuerza, longitud, peso, volumen, etc. depende del producto es el tipo o diseño del sistema *Jidoka* que se debe implantar, como todo sistema, la información que se alimenta como ideal o estándar debe ser el punto óptimo de calidad del producto.

Jidoka puede referirse a equipo que se detiene automáticamente bajo las condiciones anormales. *Jidoka* también se usa cuando un miembro del equipo encuentra un problema en su estación de trabajo. Los miembros del equipo son responsables para corregir el problema - si ellos no pueden, ellos pueden detener la línea -. El objetivo de *Jidoka* puede resumirse como:

- Calidad asegurando 100 por ciento del tiempo.
- Averías de equipo previniendo.
- Mano de obra usando eficazmente.

Dispositivos para prevenir errores (*Poka Yoke*): viene de las palabras japonesas *poka* (error inadvertido) y *yoke* (prevenir). Un dispositivo *Poka Yoke* es cualquier mecanismo que ayuda a prevenir los errores antes de que sucedan, o los hace que sean muy obvios para que el trabajador se dé cuenta y lo corrija a tiempo. La finalidad del *Poka Yoke* es eliminar los defectos en un producto ya sea previniendo o corrigiendo los errores que se presenten lo antes posible.

Los sistemas *Poka Yoke* implican el llevar a cabo el 100 por ciento de inspección, así como, retroalimentación y acción inmediata cuando los defectos o errores ocurren. Este enfoque resuelve los problemas de la vieja creencia que el 100% de la inspección toma mucho tiempo y trabajo, por lo que tiene un costo muy alto.

Un sistema *Poka Yoke* posee dos funciones: una es la de hacer la inspección del 100 por ciento de las partes producidas, y la segunda es si ocurren anomalías puede dar retroalimentación y acción correctiva. Los efectos del método *Poka Yoke* en reducir defectos va a depender en el tipo de inspección que se esté llevando a cabo, ya sea: en el inicio de la línea, auto-chequeo, o chequeo continuo.

2. DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN

2.1. Recopilar información

La información recabada fue del área de producción del proceso de extrusión. Para lo cual se enuncia de una manera breve la descripción del área estudiada:

Área de extrusión: proceso mediante el cual se genera un sustrato que posteriormente puede formar parte de un laminado o bolsa. En la máquina extrusora se introduce la materia prima en forma de *pelets* (balines esféricos) de polietileno que se funden con calor. Luego, mediante un sistema de succión y aire a presión se da la forma de una manga inflada de polietileno que se enrolla al pasar por cilindros. En el caso de requerirse como película para laminados, un sistema de cuchillos corta la manga en los costados generando así dos sustratos que se enrollan en cilindros que, posteriormente, se usan en procesos de impresión o laminado.

2.1.1. Calidad

En la actualidad los controles aplicados durante el proceso son muy simples y dan inicio desde que se introduce la materia prima en la extrusora hasta que la bolsa está cortada. Son muchos los controles que se implantaron cuando la empresa comenzó a dar síntomas de falta de calidad en su producto, pero lamentablemente no todos fueron seguidos según los planes, muchos no son realizados por excusas de tiempo o de otro tipo.

Se detallarán algunos de los controles que se aplican y como son aplicados durante las diferentes etapas del proceso de elaboración de bolsas plásticas.

Uno de los errores más grandes que sucede en todo tipo de proceso es la orden directa e incuestionable al operario de realizar un trabajo, sin importar las dificultades o deficiencias. Otro error es que no se le da la oportunidad al operario de desarrollar la capacidad de resolver situaciones problemáticas que se llegaran a presentar.

El primer control aplicado lo realizan en las extrusoras y es medir constantemente el calibre o espesor de la tela que está saliendo de la misma. Este monitoreo se realiza a razón de cada diez o quince minutos. Estos chequeos deberían ser escritos en hojas de control que tienen en la planta pero por razones de tiempo no se apuntan todos los datos sólo algunos, por lo que no se puede determinar un control exacto de calidad.

Otro control que se lleva a cabo durante la extrusión es la temperatura, todas las extrusoras son controladas por un panel automático el cual funciona con termostatos que se activan o se desactivan según la lectura de la temperatura de cada extrusor. Esto con el propósito de mantener una temperatura estándar para la elaboración de la tela plástica. Estas lecturas deben ser registradas en una hoja de control la cual no es llenada por razones de tiempo, según indican los supervisores.

Terminada la bobina, el siguiente control que se realiza es en la máquina cortadora. Ya instalada la bobina, se procede a realizar pruebas para determinar el largo de la bolsa. Hechas las pruebas se da inicio al corte y sellado.

El largo de la bolsa se controla cada 1 000 bolsas de cantidad cortada, con una cinta métrica. El sello de la bolsa se verifica cuando se revisa el largo de la misma. En esta parte el operario llena una hoja de control por cada bobina que utiliza. Aquí son escritas las dimensiones, tiempos, eficiencias, cantidades, etc.

Un último control que realiza el personal de empaque, es revisar el largo, sello y cantidad por paquete al igual que el calibre. Este último procedimiento se realiza en forma esporádica bajo la excusa que el producto ya fue sometido a varios puntos de control de calidad. Por lo general el empacador se limita a llenar y colocar una en el producto terminado.

2.1.2. Producción

La información obtenida para el proceso de producción es:

Capacidades por área:

Tabla I. **Capacidades por área**

Área	Ton/mes
Extrusión	1 753
Flexografía	800
Slitter	400
Laminación	288
Corte	850

Fuente: sistema de producción Toriflex, Polytec.

Capacidad por capacidad instalada extrusión:

Tabla II. **Capacidad instalada Área Extrusión**

Extrusor	Descrip.	kg/mes
27	Windmoller, Holdsher tricapa	360 000
26	Bandera tricapa	216 000
23	Bandera tricapa	208 800
49	Carnevalli	118 800
50	Carnevalli	108 000
	-	
25	Reinfehauser Monocapa	72 000
22	Covex 75 mm	72 000
2	Covex 50 mm	72 000
45	Macchi	72 000
Resto 12 Extrusoras	Varias	378 000
-----		-----

Fuente: sistema de producción Toriflex, Polytec.

Capacidad instalada flexografía:

Tabla III. **Capacidad instalada flexografía**

Descripción	Colores	kg/mes
Comexi 1	8	111 111
Comexi 2	8	111 111
Comexi 3	8	166 667
Bioflex Victoria	6	50 000
Plastimac	6	111 111
Bielloni axioma	8	83 333
Bielloni Selecta	6	55 556
Bielloni Theorema	8	111 111
TOTAL		800 000

Fuente: sistema de producción, Toriflex, Polytec.

Capacidad instalada corte:

Tabla IV. **Capacidad instalada corte**

cortadora	Kg/mes
Queens	112,264
Debernardi	80,189
Cortadora so flex indemo	72,170
Cortadora coemter	56,132
Cortadora Gappa 1000	56,132
Cortadora Coemter	48,113
Bernardi Plastimac	48,113
Queens	48,113
Cortadora Ro-An Poly Eagle	40,094
Cortadora Queens Mitasa	40,094
Gamma	40,094
Cortadora Lung Meng LB-TPL S00C4	24,057
VARIAS	160,377
TOTAL	850,000

Fuente: sistema de producción, Toriflex, Polytec.

2.1.3. Recursos Humanos

Dado que no se tiene datos específicos del área de extrusión, se presenta siguiente información dada por el Departamento de Recursos Humanos:

Tabla V. **Desglose de personal por departamento y género**

Departamento	Hombres	Mujeres
Extrusión	60	
Corte	40	
Laminado	23	
Impresión	26	
Empaque	21	36
Calidad	23	14
Ventas	3	5
Recursos Humanos	1	3
Administración	4	1
Bodegas	68	
Contabilidad	11	4
Limpieza	3	4
	283	67

Fuente: Recursos Humanos, Polytec.

Así como también se tiene el desglose de relaciones interpersonales por jerarquía en el área de producción, la cual se aprecia en la tabla VI:

Tabla VI. **Relación *STAFF*- Técnicos-Ingenieros**

PROCESO	Ingenieros	Técnicos	Experiencia
Administración de producción	2	0	30 años
Desarrollo	2	0	30 años
Extrusión y coextrusión	1	3	8 años
Preprensa	1	2	20 años
Impresión, laminación, Slitter	1	5	23 años
Corte	0	5	15 años
Calidad y laboratorio	3	4	18 años
Mantenimiento	4	16	7 años
Total	14	35	

Fuente: Recursos Humanos, Polytec.

2.1.4. Mantenimiento

No existe un plan o programa de mantenimiento rutinario de la maquinaria en la empresa. El mantenimiento o reparaciones se realizan generalmente cuando alguna de las máquinas presenta defectos continuos en el producto o, peor aún, cuando su operación se detiene por completo debido a alguna falla en su mecanismo.

Se carece por completo de hojas de control de servicios realizados a la maquinaria, registro de repuestos, calendarios y otros específicos de un programa razonable de mantenimiento.

Se presenta la excusa de la necesidad de mantener las máquinas produciendo continuamente, sin oportunidad de detenerse para revisiones o reparaciones preventivas.

2.1.5. Cambios de producto

Los cambios de estilo en el área de extracción son pocos debido:

- Los volúmenes de producción son muy elevados.
- Similitud entre productos y clientes.
- La mayor parte del proceso esta automatizado.

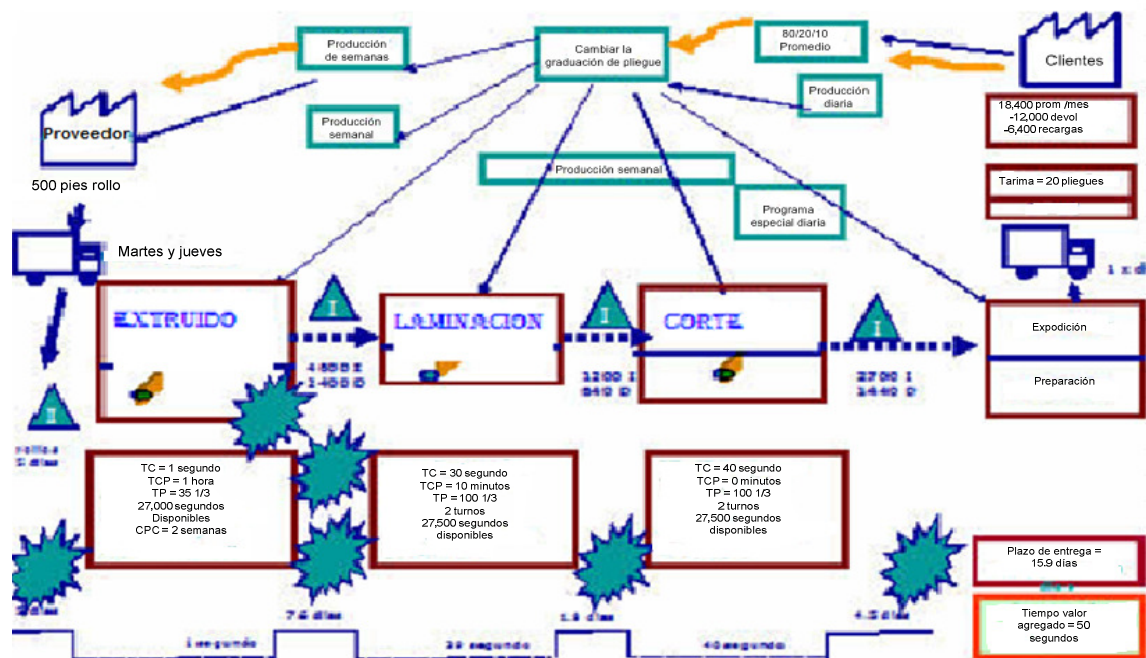
Con lo anterior se tiene contemplado el tiempo por cambio de estilo es de 30 minutos, que es lo requerido por la cultura de manufactura esbelta.

2.2. Cadena de valor actual

Un mapa de la cadena de valor es una representación gráfica que muestra todas las acciones que se llevan a cabo en un proceso. En el mapa se identifican cuáles de éstas agregan valor, o sea, las acciones necesarias para entregar lo que el cliente quiere. Además muestra los flujos de materiales y de información necesarios para transformar la materia prima en un producto para cumplir las órdenes que envía el cliente. Es una herramienta central del sistema de manufactura esbelta que es conocido como “Mapeo del flujo de materiales e información”.

La cadena de valor del área de producción que se ha recolectado es:

Figura 3. Cadena de valor actual



Fuente: Departamento de Ingeniería Polytec, febrero de 2010.

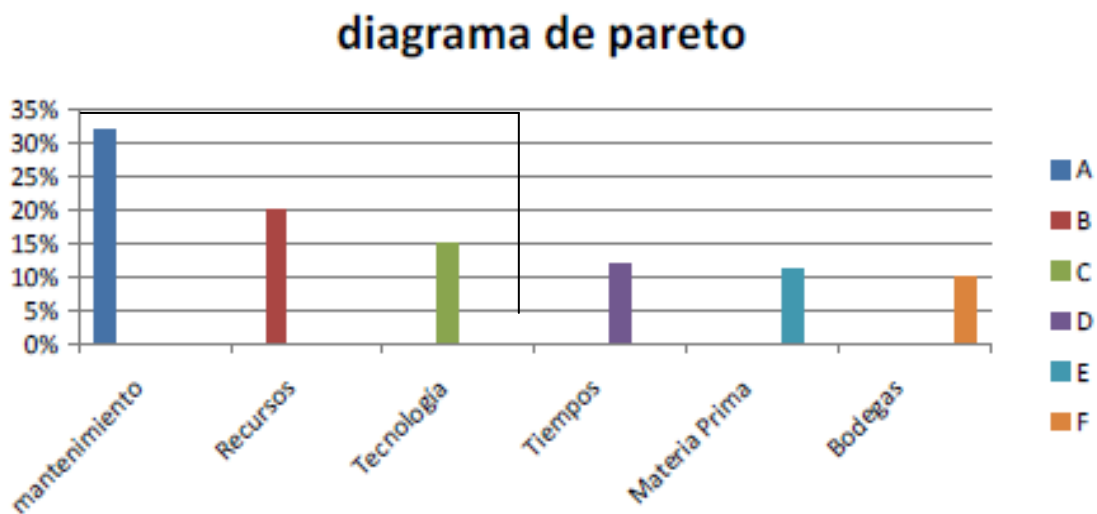
2.3. Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una herramienta sencilla pero poderosa al permitir identificar visualmente en una sola revisión las minorías de características vitales a las que es importante prestar atención y de esta manera utilizar todos los recursos necesarios para llevar a cabo una acción de mejora sin malgastar esfuerzos ya que con el análisis se descartan las mayorías triviales.

Hay que tener en cuenta que tanto la distribución de los efectos como sus posibles causas no es un proceso lineal sino que el 20 por ciento de las causas totales hace que sean originados el 80 por ciento de los efectos.

Debido a que el proceso de extracción tiene actividades muy complejas se han analizado 500 libras de materia prima obteniendo la siguiente información:

Figura 4. Diagrama de Pareto, posibles problemas Área Extruido



Fuente: sistema de producción Toriflex, Polytec.

2.4. Diagrama de Ishikawa

El diagrama de causa y efecto o diagrama de Ishikawa es un método gráfico que refleja la relación entre una característica de calidad y los factores que contribuyen a que exista. En otras palabras, es una gráfica que relaciona el efecto (problema) con sus causas potenciales.

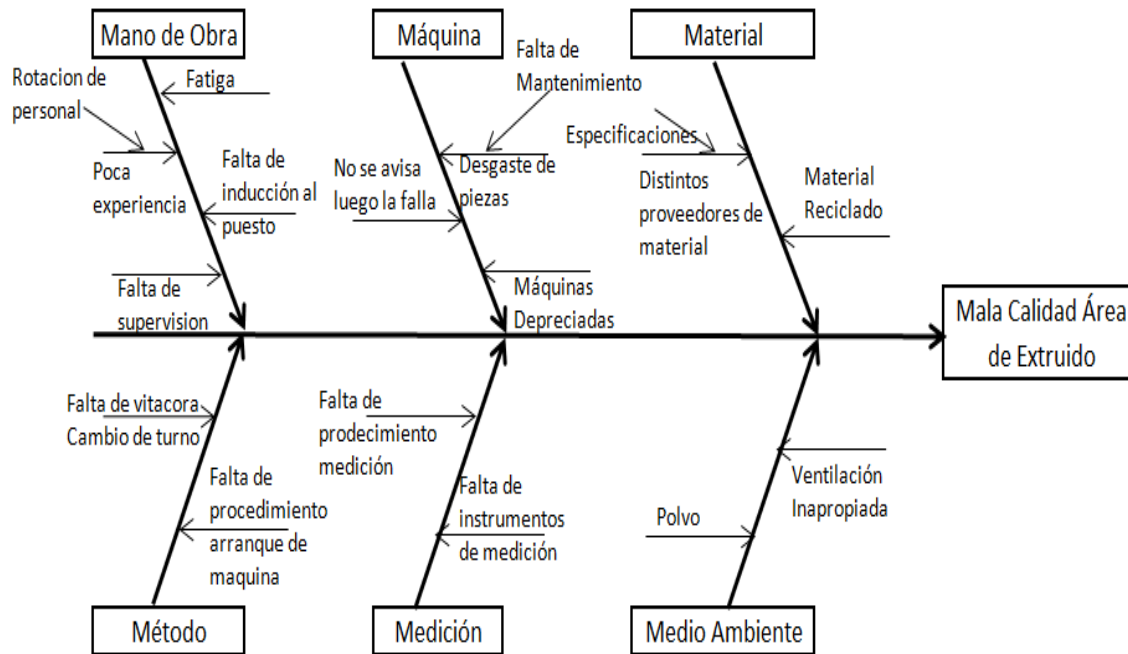
El diagrama de Ishikawa es una gráfica en la cual, en el lado derecho se anota el problema, y en el lado izquierdo se especifican por escrito todas sus causas potenciales, de tal manera que se agrupan de acuerdo con sus similitudes en ramas y subramas.

Un buen ejemplo de aplicación del diagrama de causa y efecto es el porqué la calidad de él área de extruido no es la óptima siempre.

A continuación se presenta un diagrama en el cual se observan todas las posibles ramas o causas que afectan la producción, así como también subramas de las mismas, para que se pueda actuar sobre ellas y mejorar el proceso de la producción realizada en esta parte de la producción.

Los beneficios que se obtienen al utilizar un diagrama de causa y efecto es que se puede desglosar todos los factores que afectan o que causan problemas al proceso sin importar que tan pequeños o grandes sean éstos y así poder iniciar a hacer mejoras para que se reduzcan al máximo.

Figura 5. Diagrama de pescado, mala calidad Área de Extruido



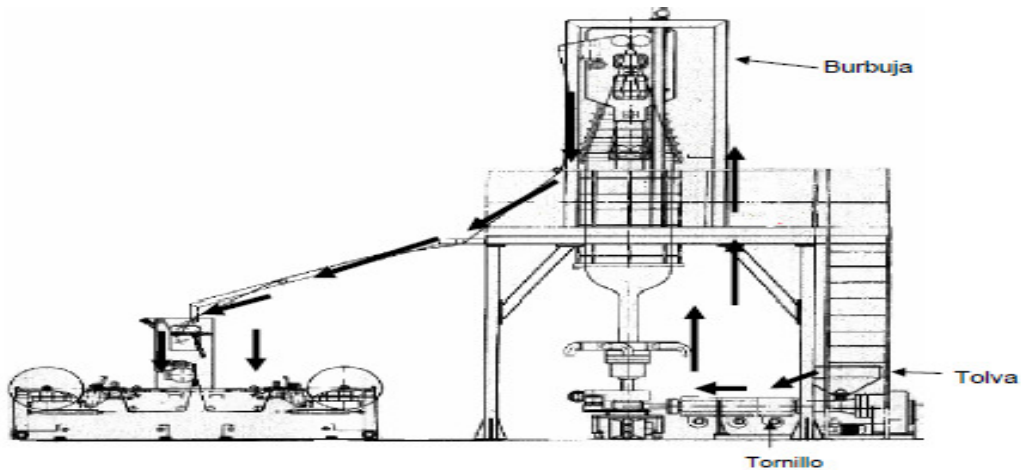
Fuente: Departamento de Extrusión Polytec.

2.5. Diagrama de flujo y recorrido actual

La extracción es la primera fase para la producción de bolsas plásticas, y también el primer proceso de transformación de la materia prima en bobinas o rollos. Existen varias etapas que definen la extrusión, por lo que a continuación se mencionarán paso a paso (para poder entender los flujogramas de las figuras del 7 a la 9 en las páginas 33 y 34 respectivamente). Los pasos que se tienen en este proceso son:

- Programación de la tolva: aquí se establece la cantidad de materia prima necesaria para la fabricación de las bolsas, de igual manera se determina el color del producto final y al mismo tiempo la máquina se encarga de la distribución uniforme de los diferentes granos de polietileno. También el operador se encarga de llenar la tolva con los componentes necesarios para producción.
- Al terminar la primera etapa, la tolva descarga los granos de polietileno necesarios al tornillo, el cual es un cilindro horizontal que se calienta a diferentes temperaturas, y su función primordial es derretir la materia prima y llevarla a un estado líquido.
- Luego pasa a un recipiente, rodeado de compresores de aire frío, los cuales soplan el plástico llevándolo a través de un cilindro vertical, dando forma de burbuja plástica. Esta etapa es crucial pues dependiendo del aire se da el diámetro y grosor de la bolsa.
- Al llegar al punto más alto del cilindro de la burbuja, el plástico ya está listo para embobinar, por lo que pasa por rodillos que lo guían a la mesa de embobinado que, de igual forma, es automatizada.
- En cuanto a los operarios y supervisores que se encuentran trabajando con la maquinaria es de suma importancia señalar que en ningún momento tienen contacto con las partes móviles y demás piezas de la misma. El contacto físico con las máquinas se da en la programación, alimentación de materia prima en la tolva y cuando se le da mantenimiento preventivo, descartando así cualquier posibilidad de contacto directo con el proceso de esta, ya que el trabajo es automatizado. Todo esto se refleja en la figura 6.

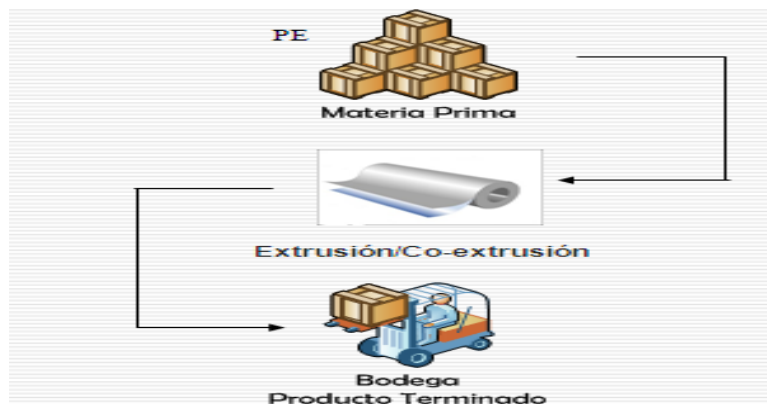
Figura 6. **Máquina de extrusión**



Fuente: www.geneplast.com. Consulta: febrero de 2010.

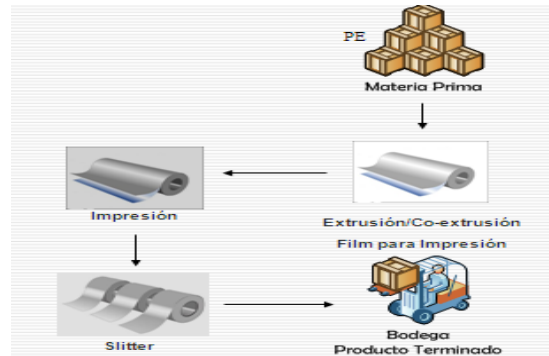
Con las descripciones de proceso se presenta el flujograma que se ha trabajado con los ingenieros, STAFF, operarios y demás colaboradores de la empresa, dichos flujogramas se pueden apreciar las figuras siguientes:

Figura 7. **Flujograma proceso de extrusión: Rollo PE sin impresión**



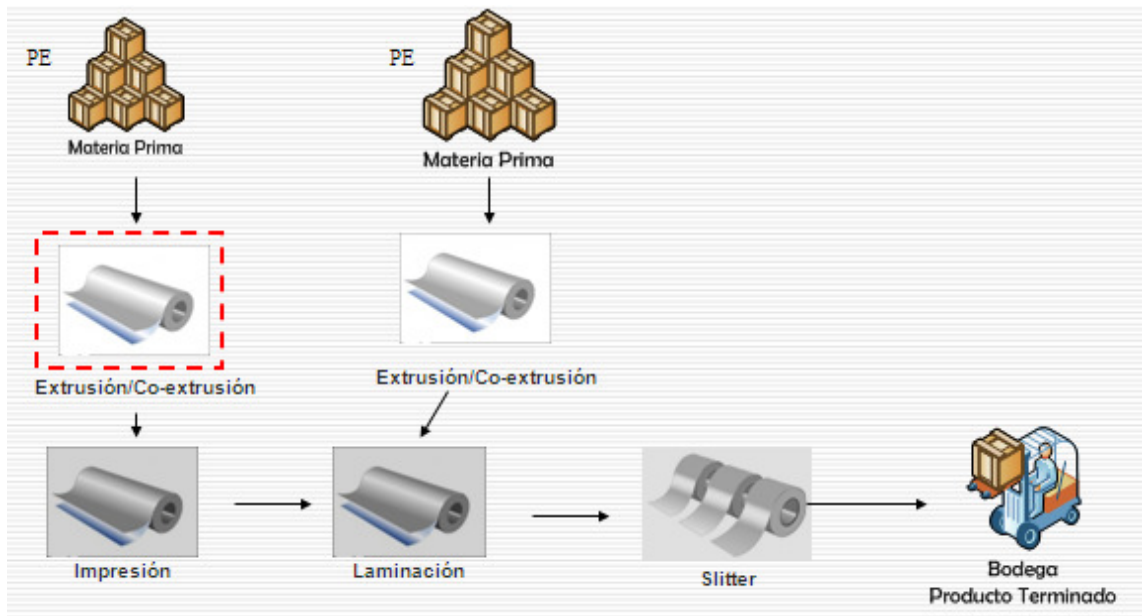
Fuente: Departamento de Ingeniería Polytec, febrero de 2010.

Figura 8. **Flujograma de proceso extrusión: Rollo PE impreso**



Fuente: Departamento de Ingeniería Polytec, febrero de 2010.

Figura 9. **Flujograma de proceso de extrusión: Rollo laminado de PE con impresión PE**



Fuente: Departamento de Ingeniería Polytec, febrero de 2010.

2.6. Distribución de maquinaria actual

Para poder entender el plano de la distribución de maquinaria se debe comprender el funcionamiento de la extracción (ver figura 6 de la página 32), y analizar las máquinas y operaciones que se realizan con las mismas, cómo es:

- Abastecimiento (tolva): el proceso de extrusión inicia con la tolva, la forma cónica como se observa en la ilustración número 10 de la página 35.

Favorece la compresión del material con que se alimenta el extrusor, siendo además ventajosa para la caída de materiales que se atascan fácilmente por su granulometría, permitiendo además una mayor comodidad de carga. Es simple y se adapta perfectamente para el transporte de polietileno. Una rejilla longitudinal en uno de sus lados, permite apreciar el nivel del contenido en cada momento y a su vez se puede programar para que distribuya de manera uniforme diferentes tipos de materia prima.

Figura 10. **Tolva extrusora**



Fuente: www.armoca.com. Consulta: febrero de 2010.

Una vez cargada la tolva con la materia prima (polietileno), se debe cuidar de mantenerla tapada para evitar la contaminación de polietileno con materias extrañas.

El cono de la tolva termina en lo que se denomina garganta de alimentación, la que posee refrigeración para evitar que los granos de polietileno se fundan prematuramente, produciendo un tapón o empaste con el material frío que soporta, lo que impedirá la secuencia normal de producción y alimentación. En la siguiente figura número 11 se puede observar como la tolva de abastecimiento se une con la fase posterior al tornillo de calentamiento.

Figura 11. **Tolva y tornillo**



Fuente: www.geneplast.com. Consulta: febrero de 2010.

- Calentamiento (tornillo)

El tornillo es uno de los elementos más importantes de un equipo de extrusión, y el que contribuye en mayor medida al rendimiento y productividad del mismo.

Como se muestra en la figura 12 (página 37) el tornillo tiene forjado en todo su largo un canal con dimensiones específicas para cada tipo de material, en el cual se distinguen tres zonas básicas: sección de alimentación, compresión y dosificación. La sección de alimentación tiene como función transportar y precalentar los gránulos de polietileno que recibe la tolva, hacia la zona más caliente del cilindro que se encuentra en la zona de compresión, en esta sección los granos se comprimen y se funden como consecuencia del calor generado por fricción y del calor transmitido a través de la pared del cilindro, al finalizar esta zona, gran proporción del material se halla fundido y comprimido a la presión necesaria para 36 dosificarlo y forzarlo a través del trayecto completo del tornillo. Las temperaturas sobre las cuales se trabaja para fundir los granos de polietileno son:

- Zona 1: 180° Celsius
- Zona 2: 190° Celsius
- Zona 3: 200° Celsius

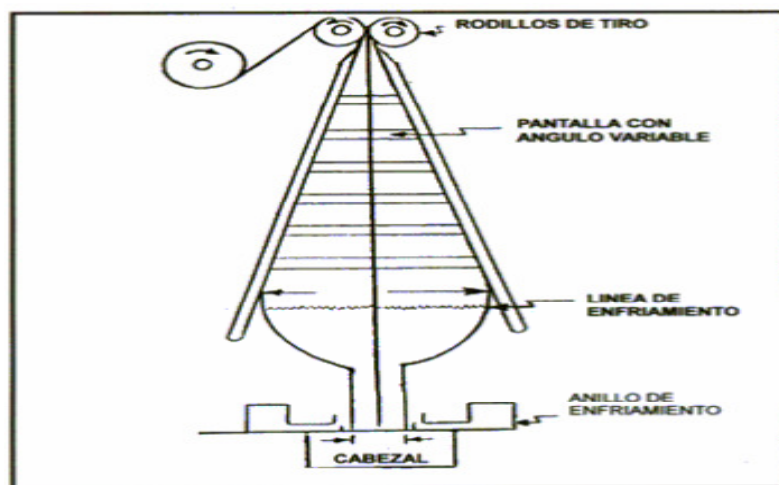
El tornillo finaliza con la dosificación, esta zona tiene como finalidad completar la fusión del material y homogeneizarlo térmica y mecánicamente, y expulsar el plástico hacia la burbuja. Es importante mencionar que todo este proceso lo lleva a cabo la máquina y el operario no tiene contacto con el plástico caliente; sin embargo es necesario que el mismo tenga precaución debido a las altas temperaturas que alcanza el tornillo.

El polímero únicamente es derretido, y no llega a quemarse por lo mismo no se genera ningún tipo de gas que pueda afectar la salud de los colaboradores y el medio ambiente.

- Enfriamiento (burbuja)

La función principal del proceso de enfriamiento es cambiar el estado líquido del polímero y llevarlo a uno sólido. La base para esto son los compresores de aire frío ubicados en la parte baja de la burbuja, los cuales tienen como principal función enfriar el plástico proveniente del tornillo y llevarlo hasta la parte más alta de la torre; ésta tiene forma cónica como se puede observar en la figura 12, su diámetro es mayor en la parte baja de la misma y a medida que sube empieza a disminuir. Llevando este producto a la bobina a través de bandas sin fin que guían el trayecto del plástico, para que al llegar a las bobinas el producto se encuentre frío para ser recolectado por el operario.

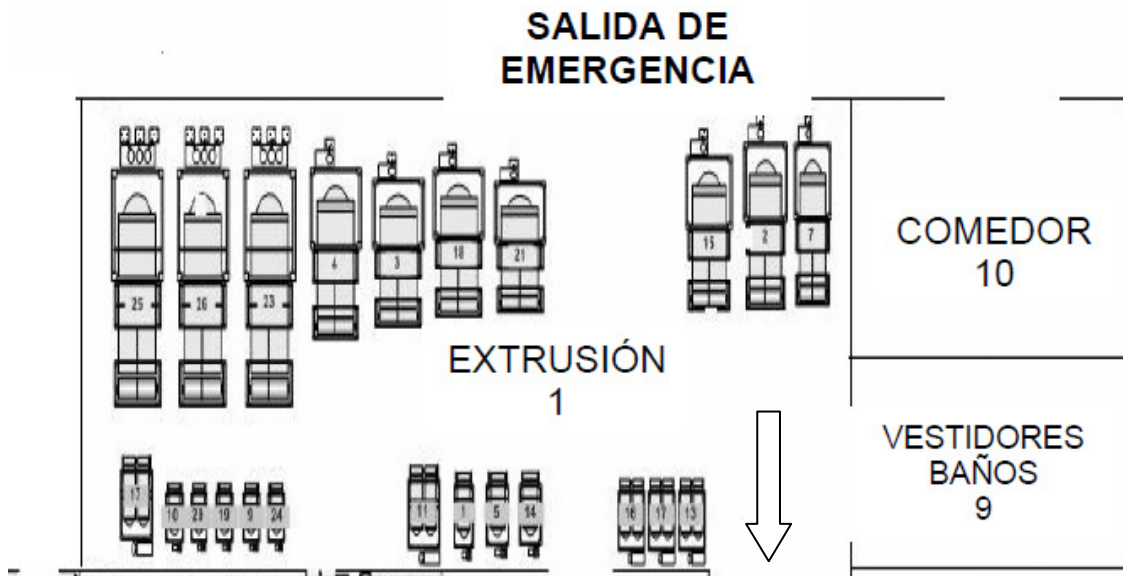
Figura 12. **Burbuja de enfriamiento**



Fuente: www.geneplast.com. Consulta: febrero de 2010.

Con la descripción de maquinaria explicada en los párrafos anteriores; entonces, se tiene que la distribución de maquinaria es de la siguiente forma:

Figura 13. **Distribución de maquinaria Área Extrusión**

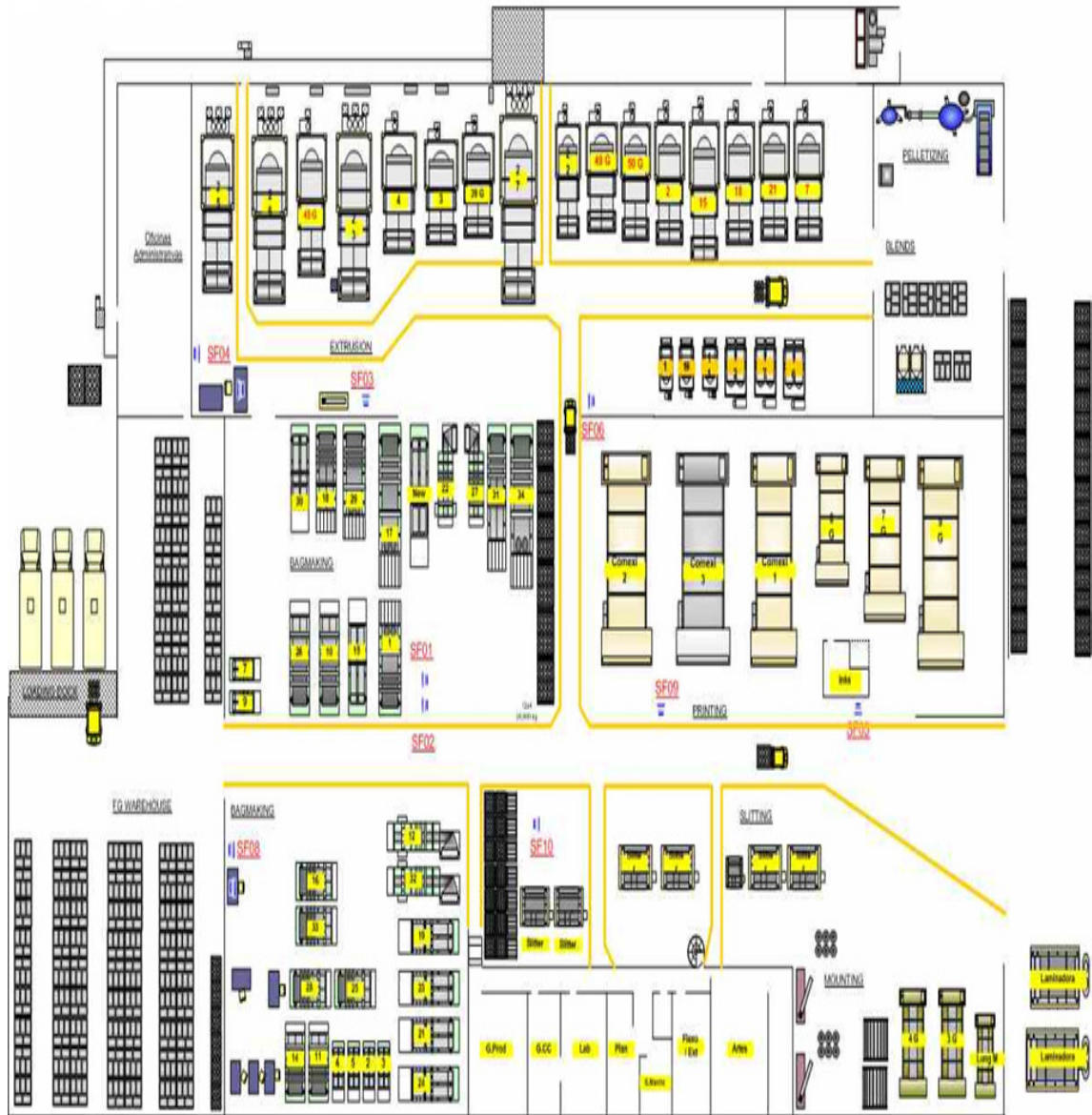


Fuente: Departamento de ingeniería Polytec, febrero de 2010.

2.7. **Plano general del Área de Producción**

El Área de Producción que tiene relación con el área de extracción, se tiene en áreas cercanas para evitar pérdidas de tiempo y exceso de traslados, esto para mantener la integridad y la calidad del producto en proceso. Por eso se ha levantado el plano general del área de producción, el cual se puede apreciar en la figura 14 de la página 39.

Figura 14. Plano general Área de Producción



Fuente: Departamento de Ingeniería Polytec, febrero de 2010.

2.8. Detección de los 7 desperdicios

¿Qué es un desperdicio?

Conocido en la aplicación de manufactura esbelta como *MUDA* (en japonés).

Los recursos (personas, máquinas, materiales) en cada proceso agregan valor o no lo hacen. Muda hace referencia a cualquier actividad que no agregue valor. Existen siete categorías clásicas de mudas, pero en este trabajo de graduación se mencionaran ocho, las cuales son:

Figura 15. **TIMWOODS (mudas)**



Fuente: www.caletec.com. Consulta: febrero de 2010.

¿Cuáles son los desperdicios en el área de extrusión?

En el área de extrusión las fuentes de desperdicios eran más o menos visibles. Lo cierto es que cuando se pregunta por qué las cosas se hacen así, la respuesta suele ser siempre lo hemos hecho de esta manera. Poco a poco las actividades que podían ser simples al principio se han convertido en verdaderas luchas diarias para apagar fuegos y responder lo más adecuadamente posible a las necesidades de los clientes y gestionar las urgencias.

Hay que saber que la lucha contra los desperdicios (MUDA en japonés) en la organización es un paso obligatorio para poder sobrevivir al entorno económico actual. Frente a las exigencias del mercado, la empresa debe producir productos innovadores, de bajo coste y de alta calidad.

En la empresa existen numerosas fuentes de desperdicios que ralentizan los procesos, y aumentan los costes de ejecución de un servicio o de fabricación de un producto. La detección y eliminación de estos desperdicios pueden resultar en una ventaja competitiva tan agradecida hoy en día.

Los desperdicios detectados son:

Figura 16. **Mudas detectadas**

T	Transporte	No existe almacenaje temporal(lo cual se amontona producto)
		No existe una correcto control de salida de producto
		No hay suficientes medios de transporte
I	Inventario	Existe mucho inventario en proceso
		Existe mucha materia prima sin procesar
		Falta de confianza sobre la fecha de recepción de unos materiales que obliga a anticipar los pedidos a proveedores
		Solicitudes pendientes; varias copias en la base de datos
		Mala planificación y problemas de comunicación
M	Movimiento	Puestos de trabajo no ergonómicos
		Falta de estandarización de los métodos de trabajo
		idas y vueltas de emails
W	Esperas	Falta u olvido de material para producir
		Paradas de unos equipos deficientes,
		Esperar información necesaria
O	Sobre-proceso	Aprobaciones de producción llevan muchas firmas
		Actividades duplicadas
		Falta de sincronización en actividades o proceso
O	Sobre-producción	Exceso de capacidad que provoca más fabricación de lo necesario sin tener en cuenta la demanda real del cliente
		Producir tanto como se pueda en el proceso, sin tener en cuenta la velocidad apropiada a la cual puede operar el siguiente proceso
D	Defectos	Producto terminado con problemas de impresión
		Materia prima defectuosa
S	Mal uso de las competencias	Capacitación de personal equivocado
		Personal que no está ubicada en maquinaria para lo que fue entrenado

Fuente: elaboración propia.

3. PROPUESTA DE MEJORA PARA EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE EXTRUSIÓN

3.1. Calidad

La búsqueda de mejoras y de permanecer en la lucha por la supervivencia conduce a las empresas a idear nuevos métodos para operar. En este caso se hacen algunas propuestas para el presente trabajo de graduación es decir, lo que se pretende es mejorar la calidad y productividad en el área de extracción.

3.1.1. Círculo de Deming

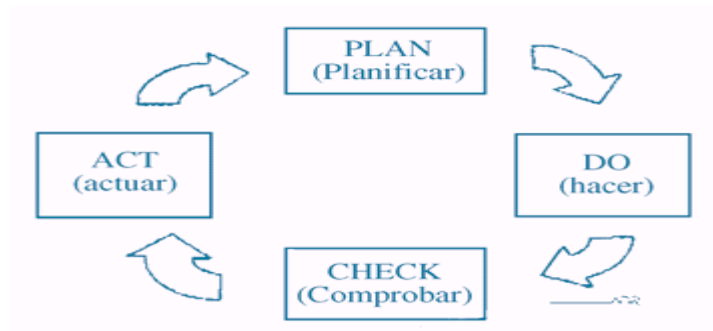
El ciclo *PDCA*, también conocido como Círculo de Deming (de Edwards Deming), es una estrategia de mejora continua de la calidad en cuatro pasos, basada en un concepto ideado por Walter A. Shewhart. También se denomina espiral de mejora continua. Es muy utilizado por los Sistemas de Gestión de Calidad. Las siglas *PDCA* son el acrónimo de *Plan, Do, Check, Act* (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar). Este método se propone para cada problema detectado en el diagrama de Pareto (ver página 28)

El método consiste en aplicar 4 pasos definidos para asegurar alcanzar el objetivo definido. Estos 4 pasos, aseguran para el proyecto:

- a. La organización lógica del trabajo
- b. La correcta realización de las tareas necesarias y planificadas
- c. La comprobación de los logros obtenidos

- d. La posibilidad de aprovechar y extender aprendizajes y experiencias adquiridas a otros casos

Figura 17. **Círculo de Deming**



Fuente: Departamento Control Calidad Polytec, febrero de 2010.

Para cada problema detectado tanto el diagrama de Pareto como el de Ishikawa, se recomienda aplicar los siguientes pasos:

- a. Planificar (plan): primero se debe analizar y estudiar el proceso decidiendo qué cambios pueden mejorarlo y en qué forma se llevarán a cabo. Para lograrlo es conveniente trabajar en un sub-ciclo de 5 pasos sucesivos que son:
- Definir el/los objetivo/os: se deben fijar y clarificar los límites del proyecto: ¿Qué se va a hacer? ¿Por qué se lo hace? ¿Qué se quiere lograr? ¿Hasta dónde se debe llegar?
 - Recopilar los datos: se debe investigar: ¿Cuáles son los síntomas? ¿Quiénes están involucrados en el asunto? ¿Qué datos son

necesarios? ¿Cómo se obtienen? ¿Dónde se busca? ¿Qué se va medir y con qué? ¿A quién se va consultar?

- Elaborar el diagnóstico: se deben ordenar y analizar los datos: ¿Qué pasa y por qué pasa? ¿Cuáles son los efectos y cuáles son las causas que los provocan? ¿Dónde se originan y por qué?
 - Elaborar pronósticos: se deben predecir resultados frente a posibles acciones o tratamientos: ¿Se Sabe qué efectos provocarán determinados cambios? ¿Se Debe hacer pruebas previas? ¿Se Debe consultar a especialistas? ¿Es necesario definir las situaciones especiales? Frente a varias opciones se adoptará la que considera mejor.
 - Planificar los cambios: se deben decidir, explicitar y planificar las acciones y los cambios a instrumentar: ¿Qué se hará? ¿Dónde se hará? ¿Quiénes lo harán? ¿Cuándo lo harán? ¿Con qué lo harán? ¿Cuánto costará?
- b. Hacer (*do*): a continuación se debe efectuar el cambio y/o las pruebas proyectadas según la decisión que se haya tomado y la planificación que se ha realizado. Esto es preferible hacerlo primero en pequeña escala siempre que se pueda (para revisar resultados y poder establecer ajustes en modelos, para luego llevarlos a las situaciones reales de trabajo con una mayor confianza en el resultado final).
- c. Chequear (*check*): una vez realizada la acción e instaurado el cambio, se debe verificar. Ello significa observar y medir los efectos producidos por el cambio realizado al proceso, sin olvidar de comparar las metas

proyectadas con los resultados obtenidos chequeando si se ha logrado el objetivo del previsto.

- d. Actuar (*action*): para terminar el ciclo se deben estudiar los resultados desde la óptica del rédito que nos deja el trabajo en nuestro saber hacer (*know-how*): ¿Qué se aprende? ¿Dónde más se puede aplicar? ¿Cómo se aplicará a gran escala? ¿De qué manera puede ser estandarizado? ¿Cómo se mantendrá la mejora lograda? ¿Cómo se extenderá a otros casos o áreas? *Checklist* de los errores más comunes en la aplicación del *PDCA*.

- e. Consiste en repetir el paso 1, pero en una nueva dimensión o estado debido a la mejora realizada y allí, iniciar otra vuelta de mejora. Es decir: una vez estabilizado el proceso en la nueva condición lograda por una mejora concretada, proponer un nuevo ciclo *PDCA* para subir otro peldaño en la búsqueda del óptimo ideal. Esta sencilla técnica que los encargados del área de extruido sin darse cuenta, aplicaran "intuitivamente" cada vez que desarrollaran un proyecto personal o somos parte de un grupo que lo va a desarrollar, es una importante herramienta que merece tenerse muy presente al trabajar profesionalmente, sin olvidar que su real eficacia radica en el orden de su ejecución y en la completa realización de sus 4 pasos (P, D, C y A).

3.1.2. Condiciones de operación

Un método para controlar un proceso que tienen condiciones de operación, una o más entradas de material, y una o más producciones. El método comprende definir condiciones de estado uniformes aceptables, operar el proceso, y llevar a cabo muestreos de producción sobre la base de un modelo

de población de producción de segmento doble, detectar hechos de proceso desestabilizantes, los cuales provocan que la producción no represente parámetros de producción aceptables, definir condiciones de operación de acuerdo con las cuales la producción es rechazada, y definir parámetros de producción de acuerdo con los cuales la producción es rechazada.

Al detectar un hecho de un proceso desestabilizante, la invención temporariamente efectúa un muestreo suponiendo un segundo segmento de población de producción. El proceso puede incluir rechazar automáticamente la producción cuando se viola cualquiera de las condiciones de operación no de los parámetros de salida, estableciendo por tanto un rechazo de producción automático de parte delantera y un rechazo de producción automático de parte trasera en relación con el hecho desestabilizante, y por ende definiendo un período de rechazo de producción automático de acuerdo con el cual la producción es automáticamente rechazada.

Tales producciones definen un período de transición de la parte delantera cercano y antes del período de rechazo de producción automático, y un período de transición de parte trasera cercano y después del período de rechazo de producción automático. Los períodos de transición, en general, representan períodos de riesgo más alto que el promedio de que la producción sea defectuosa.

El método contempla efectuar el muestreo automáticamente de la producción en por lo menos el período de transición de la parte delantera o el período de transición de la parte trasera.

3.1.3. Fuentes de variabilidad

Definición: son cambios inevitables que modifican el proceso (ya sean pequeños o casi imperceptibles) que afectan posteriormente al producto que se produce o al servicio que se ofrece.

El enemigo de todo proceso es la variación. Un administrador exitoso es aquel que logra controlarla. La teoría de la variabilidad es una de las cuatro que el Dr. Deming propuso a los japoneses dentro de su filosofía del conocimiento profundo, otra teoría que complementa la anterior es la teoría de la causalidad, en donde plantea que todo efecto tiene una causa, todo defecto también. El control de la variación, solo puede darse en sus causas, principalmente en el control de su causa raíz.

La problemática encontrada es que se acepta que hay problemas con la variación, pero no hay interés en estudiar el porqué se produce y ni cómo medir esa variabilidad. La desviación estándar es muy importante pues es una de las formas más sencillas de controlar la variabilidad, llámese presupuestos, ventas, productos, tiempos de atención y para todo el nuevo conjunto de indicadores que están de moda.

Por medio de la desviación estándar se pueden analizar encuestas a clientes y determinar que tan concluyentes son las respuestas, se puede inferir la probabilidad de que se alcancen las metas, que los productos estén fuera de especificación, que un empleado llegue tarde, que un maquina que no logre la especificación mínima etc.

Importancia de la variabilidad: es de mucha importancia, quizá más de la que nos podemos imaginar, pues la variabilidad afecta al producto. La variabilidad es requerida para modificar el proceso cuando se desea obtener resultados distintos ya sea para mejorar o corregir un proceso que requiera ajuste. Kaouru Ishikawa decía que el 85 por ciento de los problemas en un proceso son responsabilidad de la gerencia, el comentario no fue bien recibido.

Su afirmación se basa en que las variaciones de un proceso generalmente se atribuyen a causas normales, según su capacidad diseñada, la cual es responsabilidad de la gerencia. El operario actúa dentro de lo que el proceso le permite. Esto lleva a plantear uno de los mejores beneficios en el control de la variación: definir cuándo ésta es propia del proceso, algo normal, originada por causas normales o comunes y cuando obedece a causas anormales o externas.

Si se entiende el concepto de variabilidad y se mide por medio de la desviación estándar se pueden establecer los límites normales de variación. (Usualmente más menos 3 desviaciones estándar), una vez fijados esos límites se puede entregar con toda tranquilidad el proceso a manos de los subalternos, para que ellos se auto controlen, tal y como recomienda la filosofía del *empowerment*. Si los colaboradores no entienden cómo controlar la variabilidad de un proceso, no hay procedimiento o instrucción que lo salve, aunque estén certificados.

De nada sirven los premios y los castigos si un proceso está variando dentro de sus causas normales. El premio o el castigo se convierten en una causa anormal, ajena al proceso, en donde luego que pasa su efecto, se regresa al estado anterior.

Principio de variabilidad del proceso: en un proceso de producción, el principio de variabilidad es inobjetable, a pesar de que en este proceso se lleve a cabo la misma operación, el mismo método de trabajo, la misma herramienta, la misma maquinaria e inclusive el mismo operador nunca existirán dos artículos iguales. Tal vez a simple vista sean iguales, incluso al sacar la mediciones de cada pieza, pero no son completamente iguales, aunque para el caso sean útiles ambas.

Esto se debe a la variabilidad, es imprescindible la ocurrencia de que exista variabilidad, pero si puede ser controlada, tal vez no de forma perfecta pero si lo suficiente para cumplir con las expectativas requeridas. La estadística como la vida, se ha demostrado que no hay dos cosas exactamente iguales, inclusive los dos ojos de una persona o bien dos cabellos de una misma cabeza.

Pero además nos ha demostrado la estadística que las variaciones de un producto o un proceso pueden medirse con lo cual podemos determinar el comportamiento del proceso o el lote de productos o los tiempos de atención en el servicio.

Las mediciones obtenidas de un proceso o un lote de productos varían según una figura bien definida, que en procesos normales tiene forma de campana, ya que generalmente de esas mediciones un buen número de ellas tiende a agruparse alrededor de su valor promedio con lo cual la forma de la curva puede ser calculada. Esto es lo que se conoce como una distribución normal en donde la frecuencia de las mediciones va disminuyendo hacia los extremos conforme se va alejando del promedio.

Adicionalmente existen otra serie de estadísticos que podrían utilizarse para el control de la variación, el promedio correctamente utilizado es importante, al igual la moda y la mediana, así como el rango, pero no hay que ser tan ambiciosos.

Tipos de variabilidad: es común que la producción de un producto cambie constantemente, pero existen dos tipos de variabilidad que se perciben en esta serie de cambios, la variabilidad identificable y la aleatoria.

Identificable: está originada por factores que son identificables; esta variabilidad no presenta un comportamiento estadístico y, por tanto, no son previsible las salidas. La organización debe identificar las estas causas y eliminarlas como paso previo a poner el proceso bajo control; ejemplos de estas causas son roturas de herramientas, averías de maquinas, errores humanos, cambios err6neos de material, fallos en los sistemas de control, etc.

Aleatoria: está originada por factores aleatorios (desgaste de piezas, mantenimiento, personas, equipos de medida, etc.); en este caso la variabilidad tiene un comportamiento estadístico y es predecible, y se puede ejercer un control estadístico sobre el mismo.

Causas de variación:

- a. Medio ambiente: puede tergiversar el tiempo y la calidad del producto o servicio.
- b. Cambio de operación. este tipo de factores provocan variabilidad, pues en ocasiones el trabajador debe adaptarse a esta forma de trabajo o en

ocasiones no le agrado o simplemente le parece incomodo. Esto retrasa la producción.

Tipos de causas de operación: estas son las causas comunes y las especiales.

- a. Las causas comunes son: el punto crítico al controlar procesos es comprender si la variación es debida a causas comunes o especiales. Esto es crítico porque la estrategia para tratar las causas comunes es diferente que la usada para tratar causas especiales.

El problema fundamental es que la mayoría de las veces se trata toda variación como si ésta fuera especial. Si hace esto, solo provocará una mayor cantidad de variación, defectos y errores. Por causas comunes de variación se entienden aquellas fuentes de variación en un proceso que están bajo control estadístico.

Esto significa que todas las mediciones se encuentran dentro de los límites de variación normal, los cuales se determinan sumando y restando tres desviaciones estándar al promedio de esas mediciones.

Las causas comunes de variación se comportan como un sistema constante de causas totalmente aleatorias. Aún cuando los valores individualmente medidos son todos diferentes, como grupo, ellos tienden a formar un patrón que puede describirse como una distribución. Cuando en un sistema sólo existen causas comunes de variación, el proceso forma una distribución que es estable a través del tiempo y además predecible.

Conocer que un sistema solo está variando por causas comunes es normalmente simple a través de técnicas estadísticas. Sin embargo, identificar esas causas requiere un análisis más detallado por parte de quienes operan el sistema. La solución o eliminación de estas causas comunes normalmente requiere la intervención de la gerencia para tomar acciones sobre el sistema o proceso como un todo, ya que las variaciones comunes son propias o inherentes a cada proceso.

- b. Las causas especiales son: las causas especiales de variación frecuentemente son llamadas causas asignables. Se refiere a cualquier factor o factores que causan variación en relación con una operación específica o en un momento particular en el tiempo. Solo si todas las causas especiales de variación son identificadas y corregidas, ellas continuarán afectando la salida del proceso de una manera impredecible.

Si hay causas especiales de variación, la salida del proceso no es estable a través del tiempo y por supuesto tampoco es predecible. Cuando en el proceso existen causas especiales de variación, la distribución del proceso toma cualquier forma y es por lo tanto impredecible.

En general se acepta que el 85 por ciento de la variación es originada por causas comunes y el 15 por ciento, por causas especiales. Un antídoto para reducir la variación es la normalización o documentación del proceso como requiere ISO 9000.

Factores comunes que afectan la variabilidad: (son principalmente conocidas como las 5 m's)

- a. Materia prima: si no se tiene un buen insumo de materia prima, por obvias razones la calidad del producto menguara.
- b. Materiales: los materiales o ingredientes extras también, al igual que con la materia prima deben ser de primer nivel si es que se desea una producción de buena calidad.
- c. Métodos: los métodos de trabajo afectan incluso en la variabilidad que puede ocasionar la operación de elaboración de un producto.
- d. Medio ambiente: si el ambiente de trabajo no es el idóneo reduce la capacidad de producción de los obreros.
- e. Mano de obra: este factor es muy importante, pues si no se cumple con una mano de obra de calidad el producto, aunque tenga un excelente procedimiento de trabajo no será de buena calidad.

Relación entre variabilidad y calidad: la calidad de un producto depende mucho de la variabilidad. Se establecen límites de variabilidad, esto para evitar deformas, defectos o diferencias entre un producto y otro. Por lo que podríamos concluir que a menor variabilidad tendremos una mejor calidad en el producto o servicio ofrecido.

3.2. Optimización del control del proceso

Permite afrontar los problemas de diseño de multitud de disciplinas, dado que proporciona soluciones a problemas de optimización de varias funciones objetivo simultáneo que pueden estar en conflicto (por ejemplo objetivos económicos frente a objetivos relacionados con las prestaciones).

En general existen infinitas soluciones a un problema cada una con sus ventajas e inconvenientes respecto de las demás, será decisión del diseñador elegir aquella que más se adapte a las necesidades de la producción.

Este conjunto constituye lo que se denomina frente o frontera de Pareto. (Ver resultados del inciso 2.3). Los controladores predictivos son, hoy en día, la herramienta avanzada más utilizada en la industria de proceso (fundamentalmente la industria petroquímica) por su indudable habilidad para manejar procesos multivariados, con restricciones en las variables controladas y manipuladas, así como incluyendo en su estructura la posibilidad de planificar las referencias de las variables controladas en función de los objetivos económicos deseados.

Algunas herramientas predictivas recomendadas para aplicar en el área de extruido son:

- a. Optimización de mano de obra
 - Diagramas de Pareto

- b. Optimización de proceso
 - Gráficos de control por atributos (para el producto terminado)
 - Gráficos de control por variables (para el producto en proceso)
 - Análisis de regresión

- c. Control robusto (para aplicación en manufactura esbelta)
 - Normas y señales de sistemas (ver inciso 4,1,3 & 4,2,5)
 - Clasificación de los errores (primer paso del diagrama de 3 Demming, ver inciso 3,1,1).

- Compromiso de las especificaciones del cliente (mediante capacitación, ver inciso 3,6).

3.3. Optimización del flujo de información

El principal objetivo de la manufactura esbelta es que gira en torno a la optimización del flujo de información, de tal manera que esta herramienta garantiza la calidad, oportunidad y veracidad de los datos de todas las actividades que son ejecutadas en el área que se está estudiando en el presente trabajo de graduación.

La optimización del flujo de información se convierte en un sistema que integra todas las comunicaciones desde allí se realiza el control y seguimiento de materiales, facturación en sitio de elementos instalados, manejo de contratos, reportes, auditorias, parametrización de datos generales y control de ejecución de obra.

Dado que el proceso del flujo de información y de actividades depende de varios tramos y proceso el diagrama de flujo de información y actividades se presenta en la figura numero 16, el cual se precia por departamentos y actividades.

3.4. Minimización de averías y paradas de máquina

El análisis de averías tiene como objetivo determinar las causas que han provocado determinadas averías (sobre todo las averías repetitivas y aquellas con un alto coste) para adoptar medidas preventivas que las minimicen así como las paradas de maquinaria. Es importante destacar esa doble función del análisis de averías:

- a. Determinar las causas de una avería.
- b. Proponer medidas que las eviten, una vez determinadas estas causas.

La mejora de los resultados de mantenimiento pasa, necesariamente, por estudiar los incidentes que ocurren en la planta y aportar soluciones para que no ocurran. Si cuando se rompe una pieza simplemente se cambia por una similar, sin más, probablemente se esté actuando sobre la causa que produjo la avería, sino tan solo sobre el síntoma. Los analgésicos no actúan sobre las enfermedades, sino sobre sus síntomas. Evidentemente, si una pieza se rompe es necesario sustituirla: pero si se pretende retardar o evitar el fallo es necesario estudiar la causa y actuar sobre ella.

Los datos que se recomiendan que se deban recabar para este trabajo de graduación son:

- a. Relato pormenorizado: en el que se cuente qué se hizo antes, durante y después de la avería. Es importante detallar la hora en que se produjo, el turno que estaba presente (incluso los operarios que manejaban el equipo) y las actuaciones que se llevaron a cabo en todo momento.

- b. Detalle de todas las condiciones ambientales y externas a la máquina: temperatura exterior, humedad (si se dispone de ella), condiciones de limpieza del equipo, temperatura del agua de refrigeración, humedad del aire comprimido, estabilidad de la energía eléctrica (si hubo cortes, micro-cortes, o cualquier incidencia detectable en el suministro de energía), temperatura del vapor (si el equipo necesita de este fluido), y en general, las condiciones de cualquier suministro externo que el equipo necesite para funcionar.
- c. Últimos mantenimientos preventivos realizados en el equipo, detallando cualquier anomalía encontrada.
- d. Otros fallos que ha tenido el equipo en un periodo determinado: en equipos de alta fiabilidad, con una extrusora será necesario remontarse a varios años atrás. En equipos con una tolva, que presentan bastantes incidencias, bastará con detallar los fallos ocurridos el último año. Por supuesto, será importante destacar aquellos fallos iguales al que se estudia, a fin de poder analizar la frecuencia con la que ocurre.
- e. Condiciones internas en que trabajaba el equipo: será importante destacar datos como la temperatura y presión a que trabajaba el equipo, caudal que suministraba, y en general, el valor de cualquier variable que podamos medir. Es importante centrarse en la zona que ha fallado, tratando de determinar las condiciones en ese punto, pero también en todo el equipo, pues algunos fallos tienen su origen en puntos alejados de la pieza que ha fallado. En ocasiones, cuando el fallo es grave y repetitivo, será necesario montar una serie de sensores y registradores que nos indiquen determinadas variables en todo momento, ya que en muchos casos los instrumentos de medida que se encuentra instalados en el equipo no son

representativos de lo que está ocurriendo en un punto determinado. El registro de valores a veces se convierte en una herramienta muy útil, pues determinadas condiciones que provocan un fallo no se dan en todo momento sino en periodos muy cortos (fracciones de segundo por ejemplo).

Figura 19. **Boleta control de fallos de maquinaria**

CONTROL DE FALLOS AREA DE EXTRUIDO		
OPERARIO		
MAQUINA NUMERO		
MECANICO		
FECHA	DESCRIPCION DE FALLO	TIEMPO

Fuente: elaboración propia.

Medidas preventivas a adoptar en caso de fallo: dependiendo de la causa que provoca el fallo, las medidas preventivas a adoptar pueden ser las siguientes:

- a. Fallos en el material: Si se ha producido un fallo en el material, las soluciones a proponer son variadas. Entre ellas estarían:
- Si el fallo se ha producido por desgaste, habrá que estudiar formas de reducir el desgaste de la pieza, con una lubricación mayor, por ejemplo. Si no es posible reducir el desgaste, será necesario estudiar la vida útil de la pieza y cambiarla con antelación al fallo. Estas dos acciones corresponden a mantenimiento. También puede rediseñarse la pieza o una parte de la máquina para disminuir este desgaste, o utilizar materiales diferentes.
 - Si el fallo se produce por corrosión, la solución será aplicar capas protectoras o dispositivos que la reducen (protecciones catódicas o anódicas). También, hacer lo posible para evitar los medios corrosivos (evitar la humedad, etc.).
 - Si el fallo se produce por fatiga, entre las soluciones a aportar estarán:
 - Reducir la energía y/o la frecuencia de las tensiones cíclicas a las que esté sometida la pieza.
 - Cambiar el material, por otro con menor número de defectos (grietas, fisuras. Hay que recordar que la fatiga, en general, es el progreso de una grieta ya existente).
 - Pulir la superficie de la pieza, para evitarlas grietas y fisuras provocadas en el proceso de mecanización.

- Realizar tratamientos superficiales, como la nitruración o el granallado, que endurecen la capa superficial.
 - Modificar el diseño de la pieza, de manera que se reduzcan los puntos de concentración de tensiones, suavizando curvas, evitando aristas, etc.
 - Si el fallo se produce por dilatación, modificar la instalación de manera que se permita la libre dilatación y contracción del material por efecto térmico, bien modificando soportes, bien incorporando elementos que absorban las dilataciones y contracciones del material.
 - Si se determina que no es posible corregir las causas que provocan el fallo del material, lo correcto será cambiar el material, el diseño de la pieza o las características de la pieza que falla por otra que pueda funcionar correctamente en las condiciones reales de trabajo (tanto normales como esporádicas).
- b. Error humano del personal de producción: para evitar fallos en el personal de producción.
- Trabajar sólo con personal motivado: eso quiere decir que la empresa debe hacer los esfuerzos necesarios para motivar al personal, y apartar de determinados puestos en los que la calidad del trabajo depende de la habilidad del operario a aquel personal desmotivado y de difícil reconducción.

- La formación del personal: cuando se detecta que determinados fallos se deben a una falta de conocimientos de determinado personal, debe organizarse una rápida acción formativa que acabe con este problema. La formación debe ser específica: un plan de formación probado por el *STAFF*, jefes de producción y operarios.
 - Introducir modificaciones en las máquinas que eviten los errores: son los llamados *Poka-Yoke* o sistemas anti-error. En general consisten en mecanismos sencillos que reducen a cero la posibilidad de cometer un error. Un ejemplo para evitar los errores de conexionado en máquinas es colocar conectores distintos y de una sola posición para cada grupo de cableado; de esta manera es físicamente imposible conectar de manera inadecuada, ya que los conectores son incompatibles entre sí.
- c. Error humano del personal de mantenimiento.
- Para evitar fallos del personal de mantenimiento, en primer lugar (igual que en el caso anterior) el personal debe estar motivado y adecuadamente formado.
 - Si no es así, deben tomarse las medidas que corresponda, que serán las mismas que en el caso anterior (la empresa debe hacer todos los esfuerzos necesarios para motivar al personal y si realizado todos los esfuerzos posibles la desmotivación del trabajador supone un riesgo para sí mismo, para otros o para las instalaciones el trabajador debe ser apartado de su responsabilidad).

- La manera más eficaz de luchar contra los errores cometidos por el personal de mantenimiento es la utilización de procedimientos de trabajo. Los procedimientos contienen información detallada de cada una de las tareas necesarias para la realización de un trabajo. Contienen también todas las medidas y reglajes necesarios a realizar en el equipo. Por último, en estos procedimientos se detalla qué comprobaciones deben realizarse para asegurarse de que el trabajo ha quedado bien hecho.
 - Si se detecta en el análisis del fallo que éste ha sido debido a un error del personal de mantenimiento, la solución a adoptar será generalmente la redacción de un procedimiento en el que se detalle la forma idónea de realización de la tarea que ha sido mal realizada, y que ha tenido como consecuencia el fallo que se estudia.
- d. Condiciones externas anómalas.
- Si se determina que un fallo ha sido provocado por unas condiciones externas anómalas, la solución a adoptar será simple: corregir dichas condiciones externas, de manera que se adapten a los requerimientos del equipo.
- e. El *stock* de repuestos.
- Si un fallo ha provocado que los resultados económicos de la empresa se hayan resentido, no sólo será necesario tomar medidas preventivas acordes con la importancia del fallo, sino minimizar los efectos de éste en caso de que vuelva a producirse.

Así, una de las medidas que puede hacer que el impacto económico sea menor es reducir el tiempo de reparación, teniendo a disposición inmediata el material que pueda ser necesario para acometerla. De hecho, al dimensionar un *stock* de repuestos de una u otra forma se tiene en cuenta lo que ya ha fallado o lo que tiene posibilidades de fallar. Los técnicos más experimentados normalmente recurren no a complejos análisis, sino a su memoria, para determinar todo aquello que desean tener en *stock* en su almacén de repuesto; y normalmente seleccionan todas aquellas piezas que en el pasado han necesitado.

- Cuando se dimensiona el *stock* para hacer frente a averías pasadas o probables hay que tener en cuenta no sólo las piezas principales, sino también las accesorias.
- A menudo no se tienen en cuenta juntas, tornillería, elementos de fijación y en general, los accesorios que suelen acompañar a la pieza principal. Sin estos elementos adicionales y de bajo coste resulta inútil contar con los principales, pues la reparación no se podrá completar.

3.5. Manejo de inventarios

La logística de manufactura esbelta es parte integral de una cadena de valor basada en la demanda y comienza con el pedido del cliente. Las pautas a seguir en la planta y en la red de distribución no son distintas a las de la fábrica: mantener el flujo de material con la menor cantidad de movimientos posible y el menor desperdicio de los mismos, desde la recolección de materia prima hasta pasarlo al siguiente proceso de producción

La cantidad de producto terminado en inventario que maneja una compañía es un reflejo directo del tiempo que toma llevar el producto a través del ciclo de distribución. Ese ciclo se puede acelerar y los niveles de inventario pueden reducirse sin incrementar el riesgo de desabasto y pérdida de ventas. Bajo un esquema de operaciones manufactura esbelta, se logra menor espacio de almacén, se reducen riesgos de obsolescencia de productos y se tiene menor cantidad de efectivo atado al inventario. Con la aplicación del capítulo 4, se logrará una minimización del inventario tanto de materia prima, como en proceso como producto terminado en casi cero.

3.6. Capacitación en manufactura esbelta

Duración: 24 horas reloj. (2 meses)

Días: viernes

Horario: 09:00 a 12:00 ó 19:00 a 22:00 hs

Dirigido a: Todos los departamentos

Nivel: Gerentes, Ingenieros, Planeadores, Supervisores, Administrativos
Técnicos.

Objetivo: brindar las bases y competencias para:

- a. Interpretar la filosofía de manufactura esbelta (*Lean Manufacturing*).
- b. Decidir la aplicación en su organización.
- c. Establecer la dirección para los esfuerzos de mejora de la compañía para una transformación Lean.
- d. Visualizar las mejoras totales del flujo de producción, en lugar de enfatizar mejoras de procesos aislados.

- e. Proporcionar a los Operadores, Ingenieros y Gerentes un lenguaje común así como un proceso para la mejora continua con impacto mayor y más benéfico.

Temario

Pensamiento esbelto

- a. Introducción a la manufactura esbelta. (¿Qué es?) Dar distintas definiciones y explicaciones
- b. Principios de manufactura esbelta. Desperdicios – Acortamiento del tiempo de ciclo
- c. Mudos: película de cadena de valor de un motor
- d. Ejercicio del avioncito o similar
- e. Sistema de producción Toyota (TPS)
- f. Método de empuje y arrastre
- g. Cambio grande y cambio pequeño
- h. Operación de manera repetitiva
- i. Producción nivelada (introducción)
- j. Sistema de producción uno a uno (introducción)
- k. Acortamiento del ciclo
- l. Cambio de *layout*
- m. Flujo de producción
- n. Sistema de arrastre introducción al *Kanban*

Teoría de las restricciones

- a. Película de la meta

Análisis de la empresa

- b. Definir el tipo de empresa sistema de línea tipo taller o por proyectos. (Análisis de las empresas presentes).
- c. Mapeo de flujo de valor. Película cadena de valor
- d. *Takt Time*

Establecimiento de procesos estables

- a. Administración visual. Estandarización. Ejercicio
- b. 5 S. Presentación de ejemplos (Películas). Ejercicios. Fotos de casos
- c. TPM.

Establecimiento de procesos flexibles

- a. *Heijunka* (producción nivelada)
- b. Ejercicio. Cajas
- c. Trabajo con lotes pequeños o uno a uno
- d. *SMED*. Película – presentaciones. Ejercicio
- e. *Layout* y Celdas de manufactura. Casos
- f. *Kanban*. Ejercicios de *Kanban*

Establecimiento de procesos confiables

- a. *Jidoka* (control de defectos autónomo)
- b. *Andon*. Delegación de autoridad
- c. *Poka Yoke* - control visual. Caso y explicación
- d. Metodología de solución de problemas

Taller de manufactura esbelta

- a. Modelo de implementación
- b. Como implementar en un taller. Ejercicio por tipo de organización
- c. Factor humano

3.7. Análisis financiero

Los análisis que se expondrán en esta parte de este trabajo de graduación se basarán en datos proyectados en 5 años, así como se expone la información detallada de los desperdicios, y uso de material proyectados, a todo esto sumándole gastos de mano de obra e insumos varios que intervienen en el proceso de extrusión. Para el análisis financiero de este trabajo de graduación, se realizó una tabla de cálculos financieros usando como herramienta el software de Ms-Excel.

En dicha tabla se exponen los gastos y costos, así como los ingresos que se tienen en el área de producción, y con la información se calculan los indicadores del VAN, TIR y beneficio costo, por medio del uso de la aplicación de la parte financiera y resolver que tiene incluida el paquete de informática antes mencionado. La representación de la tabla se representa en la página

3.7.1. VAN (Valor Actual Neto)

Es el valor actual de los flujos de caja netos menos la inversión inicial lo define como, el valor resultante de descontar la inversión y la suma recibida por el inversionista por su inversión.

En otras palabras es el remanente neto que recibe el inversionista hoy, después de descontar los ingresos a una tasa de descuento y restarle la inversión inicial. La regla de decisión se basa en los siguientes criterios si se obtiene un VAN mayor que cero(0) se acepta la inversión, si por el contrario el cálculo del VAN es menor que cero se rechaza y por último si este valor del VAN es igual a cero se es indiferente a realizar o no la inversión, dicha regla se aplica cuando se desea saber si se ejecuta o no una inversión, pero si se desea ordenar todas las alternativas entre un grupo de ellas, la regla de decisión nos dice que se debe elegir aquella que tenga mayor VPN.

Con la descripción del párrafo anterior el VAN debe ser positivo, para este proyecto es de Q467 794,27; con este dato se puede aceptar el proyecto debido al gran valor de recuperación solo con aplicar las herramientas de la manufactura esbelta. El cálculo y resultado del VAN se puede apreciar en la página 75.

3.7.2. TIR (Tasa Interna de Retorno)

Es la tasa de interés que hace que el VAN sea igual a cero (0). La define, como la tasa de descuento por la cual el VAN es igual a cero o la tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial.

Algunas ventajas de la TIR entre ellas, que está estrechamente relacionada con el VAN, suele dar como resultado decisiones idénticas y es fácil de comprender y comunicar.

Sin embargo presenta desventajas como, que no opera con flujos de efectivo no convencionales y que probablemente conduzca a decisiones incorrectas en las comparaciones de inversiones mutuamente excluyentes.

Con las descripciones en los párrafos anteriores la TIR debe ser superior a cero para este proyecto de trabajo de graduación, la TIR es de 22,90 por ciento. El cálculo y resultado de la TIR se pueden apreciar en la página 75

3.7.3. Beneficio Costo (Relación B/C)

Es la relación entre los beneficios y los costos o egreso de un proyecto. Se puede definir como la relación de los flujos de ingresos descontados entre los flujos de egresos o costos descontados de un proyecto, la regla de decisión de proyecto parte de que si es mayor que uno (1) se acepta de lo contrario se rechaza y sé es indiferente ante una relación Beneficio-Costo igual a la unidad.

Para este proyecto de mejora la relación beneficio costo es de Q 2,75, es decir, que por cada dólar de costo se obtendrá un beneficio de Q 1,75. El cálculo y resultado del B/C se encuentra en la página 72.

Figura 20. Cálculos y resultado del análisis financiero

POLYTEC con base en año 2009													
ESTRUCTURA DE CONSOLIDACION: 4 - CENTRO EXTRUSION													
Ingresos	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Ventas	Q 893,574.13	Q 864,582.76	Q 897,274.63	Q 897,227.77	Q 1,422,900.00	Q 1,216,713.78	Q 1,193,340.55	Q 565,645.13	Q 1,192,457.82	Q 1,279,333.55	Q 1,316,054.49	Q 1,088,056.55	
% de desperdicio	Q 59,860.12	Q 47,785.16	Q 52,697.55	Q 53,453.64	Q 74,175.24	Q 77,481.03	Q 59,498.85	Q 56,620.83	Q 60,520.12	Q 53,207.28	Q 65,334.37	Q 62,830.23	
Total ventas	Q 893,740.01	Q 865,795.61	Q 894,577.08	Q 893,774.13	Q 1,345,723.76	Q 1,145,232.75	Q 1,133,841.74	Q 565,028.29	Q 1,131,937.71	Q 1,211,066.66	Q 1,245,670.12	Q 1,045,266.31	
Egresos													
EXTRUSION													
Materiales de Empaque									Q 2,339.00				Q 2,339.00
Materiales y Suministros									Q 2,534.00				Q 4,752.00
Materiales y Prestaciones	Q 378,407.00	Q 304,521.00	Q 306,278.00	Q 295,757.00	Q 364,930.00	Q 310,866.00	Q 313,047.00	Q 266,296.00	Q 297,197.00	Q 282,461.00	Q 266,954.00	Q 264,117.00	Q 3,614,895.00
Bono Escolar	Q 65,440.00	Q 2,334.00	Q 2,334.00	Q 2,334.00	Q 2,292.00		Q 2,334.00	Q 2,205.00	Q 2,292.00	Q 2,334.00	Q 2,334.00	Q 2,334.00	Q 29,645.00
Servicios Personal Contratado	Q 253.00		Q 1,234.00	Q 1,234.00	Q 1,028.00	Q 865.00	Q 2,691.00		Q 641.00	Q 3,824.00	Q 1,324.00	Q 1,615.00	Q 6,278.00
Sección de personal	Q 1,814.00		Q 660.00	Q 1,320.00	Q 950.00			Q 2,027.00	Q 3,642.00	Q 5,477.00	Q 950.00	Q 1,028.00	Q 11,171.00
Capacitación de Personal													Q 13,190.00
Suministros de Seguridad Industrial									Q 81.00		Q 91.00		Q 152.00
R&M	Q 14,432.00	Q 5,874.00	Q 70,043.00	Q 5,951.00	Q 4,427.00	Q 30,252.00	Q 110,287.00	Q 22,636.00	Q 47,026.00	Q 93,072.00	Q 215,239.00	Q 85,054.00	Q 701,352.00
Energía Eléctrica	Q 286,625.00	Q 303,015.00	Q 340,735.00	Q 330,148.00	Q 831,498.00	Q 609,740.00	Q 513,271.00	Q 410,337.00	Q 569,042.00	Q 504,888.00	Q 536,019.00	Q 480,930.00	Q 5,809,256.00
Depreciaciones	Q 152,795.00	Q 162,795.00	Q 160,720.00	Q 163,825.00	Q 168,825.00	Q 128,522.00	Q 129,522.00	Q 128,522.00	Q 148,414.00	Q 143,803.00	Q 146,633.00	Q 148,603.00	Q 1,716,644.00
Teléfono, Fax e Internet	Q 3,105.00	Q 525.00	Q 1,688.00	Q 2,785.00	Q 1,618.00	Q 457.00	Q 238.00	Q 2,244.00	Q 1,555.00	Q 295.00	Q 234.00	Q 245.00	Q 13,813.00
Siguros	Q 6,066.00	Q 6,963.00	Q 7,032.00	Q 6,571.00	Q 6,087.00	Q 6,571.00	Q 6,571.00	Q 6,571.00	Q 6,473.00	Q 5,451.00	Q 6,551.00	Q 5,572.00	Q 76,256.00
Papelera y Litios	Q 1,091.00	Q 494.00	Q 192.00		Q 101.00				Q 593.00	Q 1,427.00	Q 2,123.00	Q 2,346.00	Q 8,729.00
Paste, Pinturas y Transporte	Q 108.00	Q 28.00			Q 264.00		Q 55.00		Q 257.00				Q 1,115.00
Servicios y Materiales de Limpieza								Q 3,243.00	Q 31.00			Q 330.00	Q 351.00
Servicios Maquila			Q 5,650.00										
Otros Gastos	Q 2,800.00												
TOTAL EGRESOS	Q 864,026.00	Q 775,525.00	Q 887,564.00	Q 795,049.00	Q 1,281,919.00	Q 1,087,254.00	Q 1,077,016.00	Q 663,045.00	Q 1,075,154.00	Q 1,150,175.00	Q 1,185,048.00	Q 992,576.00	Q 12,012,194.00
Margen	Q 45,694.01	Q 41,170.61	Q 47,013.08	Q 42,725.13	Q 67,804.76	Q 57,938.75	Q 58,825.74	Q 45,983.29	Q 66,783.71	Q 50,201.66	Q 62,622.12	Q 52,250.31	
Extrusora 60 MM													
Poliétileno baja corona													
Trazador de 30 días													
Valor US\$	250,000.00	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5							
Valor Q.	-2,205,000.00	637,772.17	656,905.34	666,905.34	656,905.34	656,905.34							
TIR	19% Buena tasa de rentabilidad												
VAN	Q 467,794.27 Se acepta el proyecto												
BENEFICIO COSTO	2.75												
Kg producidos	825,270	694,343	1,088,338	955,778	1,346,416	1,243,738	1,232,299	1,146,344	1,339,889	1,253,956	1,304,691	1,134,574	13,449,241
Kg desperdicio	57,845	42,779	54,678	62,840	78,024	81,766	66,420	75,246	75,422	74,598	76,530	60,364	68,075
% desperdicio	5.65%	5.00%	6.09%	6.84%	5.47%	6.17%	5.24%	6.15%	5.33%	5.60%	5.64%	5.05%	0.50%
Costo unitario	1,034,658.8	1,117,058.47	0,814,774.64	0,930,252.9	0,950,684.66	0,872,461.6	0,835,970.87	0,754,752.6	0,802,494.2	0,909,913.88	0,936,958.63	0,975,972.86	0,893,903.24
	1.09	1.17	0.85	0.96	1.00	0.92	0.94	0.79	0.84	0.96	0.95	0.92	0.94
	432000	13,449,241											
	3% De incremento en producción												

Fuente: elaboración propia.

4. IMPLEMENTACIÓN DE PROPUESTA DE MEJORA PARA EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE EXTRUSIÓN

4.1. Calidad

Por parte de mantener la calidad en el área de extrusión se propone realizar:

4.1.1. Calidad en la fuente

Jidoka quiere decir; detengan todo cuando algo salga mal y equivale a controlar la calidad en la fuente. Para aplicar este principio la gerencia debe tener una gran confianza en su personal. Así pues, en vez de utilizar inspectores para encontrar problemas que alguien más pudo crear, en una fábrica japonesa el trabajador se convierte en su propio inspector.

La manufactura esbelta determina que lo mejor es darle a cada persona una sola pieza a la vez para que trabajara en ella, de manera que en ninguna circunstancia pudiera omitir los problemas al trabajar en piezas diferentes. En las líneas Extrusión se recomienda instalar botones *Jidoka*, de manera tal que si algo salía mal, sea por bolsas defectuosas o por no poder mantener el ritmo de producción, el trabajador tenía la obligación de oprimir el botón, de manera tal de generar la detención de la línea de producción.

Ello motivaba la reunión de personal de diversas operaciones del área de extrusión a los efectos de dar solución al problema. El *Jidoka* también significa inspección automatizada, llamada autonomatización.

Los japoneses creen que la inspección, como en la automatización y la robótica, la puede realizar una máquina, porque es más rápido, más fácil, más repetible o más redundante, por lo que no debería hacerlo una persona. Así pues, tenemos que en Japón, al contrario de lo que acontece en Occidente, se alienta la detención de la línea de producción para proteger la calidad y porque la gerencia confía en el trabajador.

4.1.2. Implementación de indicadores

Un indicador es la medición de una característica de un proceso. Asociar indicadores a un proceso sirve para:

- Analizar la situación actual del proceso en base a hechos y datos.
- Establecer objetivos y planes de futuro consistentes.
- Evaluar y reconocer, con objetividad, el trabajo de las personas y equipos de mejora implicados en el proceso.
- Gestionar con mayor eficacia los recursos que necesita el proceso.

Los indicadores que se proponen para la empresa deben ser fiables, es decir, en idénticas situaciones deben proporcionar el mismo resultado, y válidos, es decir, medir aquello que se quiere medir.

Además deben ser pocos para facilitar su seguimiento. Los indicadores que se recomiendan implementar para llevar el control dentro del área de extrusión son:

- Porcentaje (por ciento) de eficiencia

$$\% \text{ Eficiencia} = \frac{(\text{tiempo estandar por tonelada})(\text{cantidad de toneladas})}{(\text{numero de operarios})(\text{jornada laboral})}$$

- Porcentaje (por ciento) de desperdicio

% Desperdicio

$$= \frac{(\text{cantidad de volumen desperdiciada})}{\text{Cantidad de toneladas desperdiciadas} + \text{cantidad de toneladas con calidad}}$$

- Cantidad de toneladas procesadas

$$\text{Cantidad de toneladas} = \text{producción diaria}$$

Los anteriores indicadores se recopilarán en el siguiente formato:

Figura 21. **Formato para recopilar indicadores diarios**

INDICADORES ÁREA EXTRUSIÓN			
FECHA			
TURNO			
HORA	%Eficiencia	%Desechos	Cantidad toneladas

Fuente: elaboración propia.

4.1.3. Señalización

Los controles visuales están íntimamente relacionados con los procesos de estandarización. Un control visual es un estándar representado mediante un elemento gráfico o físico, de color o numérico y muy fácil de ver. La estandarización se transforma en gráficos y estos se convierten en controles visuales.

Cuando sucede esto, sólo hay un sitio para cada cosa, y se puede decir de modo inmediato si una operación particular está procediendo normal o anormalmente. Un control visual se utiliza para informar de una manera fácil entre otros los siguientes temas por ejemplo:

- a. Sitio donde se encuentran los elementos.
- b. Frecuencia de lubricación de un equipo, tipo de lubricante y sitio donde aplicarlo.
- c. Estándares sugeridos para cada una de las actividades que se deben realizar en un equipo o proceso de trabajo.
- d. Dónde ubicar el material en proceso, producto final y si existe, productos defectuosos.
- e. Sitio donde deben ubicarse los elementos de aseo, limpieza y residuos clasificados.
- f. Sentido de giro de motores.

- g. Conexiones eléctricas.
- h. Sentido de giro de botones de actuación, válvulas y actuadores.
- i. Flujo del líquido en una tubería, marcación de esta, etc.
- j. Franjas de operación de manómetros (estándares).

Figura 22. **Señalización de indicadores**



Fuente: Instalaciones de Polytec, febrero de 2010.

Figura 23. **Señalización manufactura esbelta**



Fuente: Instalaciones de Polytec, febrero de 2010.

Figura 24. **Señalización de producción**



Fuente: Instalaciones de Polytec, febrero de 2010.

4.1.4. Círculo de calidad de Deming

Como se vio en el inciso 3, 1,1 de la página 45 el círculo de Deming que se propone a usar en el área de Extrusión contiene colores vivos así como cuadrantes. Este círculo se usará para todos los problemas que se presenten dentro del área de producción. Así que esta herramienta será repartida tanto en hojas tamaño carta, como se colocará en lugares visibles dentro del área de Extrusión.

El círculo que se colocará en carteleras y se repartirá dentro de los operarios es el que aparece en la figura 22, de la pagina 81. Se diseñó de una manera entendible por todos ya que es bastante fácil de comprender.

Figura 25. Señal círculo Deming



Fuente: www.qualityauditconsult.com. Consulta: febrero de 2010.

4.2. Producción

En la parte de producción del área de extrusión se tiene contemplado implementar lo siguiente para apoyar el proceso de la manufactura esbelta:

4.2.1. 5's

Es una práctica de manufactura esbelta, ideada en Japón referida al Mantenimiento Integral de la empresa, no sólo de maquinaria, equipo e infraestructura sino del mantenimiento del entorno de trabajo por parte de todos.

Figura 26. Diagrama 5's



Fuente: elaboración propia.

Las iniciales de 5's:

Seiri: clasificación y descarte

Seiton: organización

Seiso: limpieza

Seiketsu: higiene y limpieza

Shitsuke: disciplina y compromiso

¿Por qué las 5 S?

Es una técnica que se aplica en todo el mundo con excelentes resultados por su sencillez y efectividad.

Su aplicación mejora los niveles de:

- a. Calidad
- b. Eliminación de tiempos muertos
- c. Reducción de costos

La aplicación de esta técnica requiere el compromiso personal y duradera para que el área de extrusión sea un autentico modelo a seguir dentro de la empresa en cuando a organización, limpieza, seguridad e higiene.

Los primeros en asumir este compromiso son los gerentes, ingenieros, los jefes, los operarios y la aplicación de esta es el ejemplo más claro de resultados a corto plazo.

1ra S: *Seiri* (clasificación y descarte):

Significa separar las cosas necesarias y las que no la son manteniendo las cosas necesarias en un lugar conveniente y en un lugar adecuado.

Ventajas de clasificación y descarte

- Reducción de necesidades de espacio, *stock*, almacenamiento, transporte y seguros.

- Evita la compra de materiales no necesarios y su deterioro.
- Aumenta la productividad de las máquinas y personas implicadas.
- Provoca un mayor sentido de la clasificación y la economía, menor cansancio físico y mayor facilidad de operación.

Para poner en práctica la 1ra S se debe hacer las siguientes preguntas:

- ¿Qué se debe tirar?
- ¿Qué debe ser guardado?
- ¿Qué puede ser útil para otra persona u otro departamento?
- ¿Qué se debería reparar?

Otra buena práctica sería, colocar en un lugar determinado todo aquello que va ser descartado. Y el último punto importante es el de la clasificación de residuos. Se generan residuos de muy diversa naturales: papel, plásticos, metales, etc. Otro compromiso es el compromiso con el medio ambiente ya que nadie desea vivir en una zona contaminada.

2da S: *Seiton* (organización):

La organización es el estudio de la eficacia. Es una cuestión de cuán rápido uno puede conseguir lo que necesita, y cuán rápido puede devolverla a su sitio nuevo.

Cada cosa debe tener un único, y exclusivo lugar donde debe encontrarse antes de su uso, y después de utilizarlo debe volver a él. Todo debe estar disponible y próximo en el lugar de uso.

Tener lo que es necesario, en su justa cantidad, con la calidad requerida, y en el momento y lugar adecuado nos llevará a estas ventajas:

- Menor necesidad de controles de stock y producción.
- Facilita el transporte interno, el control de la producción y la ejecución del trabajo en el plazo prevista.
- Menor tiempo de búsqueda de aquello que nos hace falta.
- Evita la compra de materiales y componentes innecesarios y también de los daños a los materiales o productos almacenados.
- Aumenta el retorno de capital.
- Aumenta la productividad de las máquinas y personas.
- Provoca una mayor racionalización del trabajo, menor cansancio físico y mental, y mejor ambiente.

Para tener claros los criterios de colocación de cada cosa en su lugar adecuado, se responderán las siguientes preguntas:

- ¿Es posible reducir el stock de esta cosa?
- ¿Esto es necesario que esté a mano?
- ¿Todos lo llaman a esto con el mismo nombre?
- ¿Cuál es el mejor lugar para cada cosa?
- Y por último hay que tener en claro que:
Todas las cosas han de tener un nombre, y todos deben conocerlo.

- Todas las cosas deben tener espacio definido para su almacenamiento o colocación, indicado con exactitud y conocido también por todos.

3ra S: Seiso (limpieza):

La limpieza la hacer todos: es importante que cada operario tenga asignada una pequeña zona dentro del área de extrusión que deberá tener siempre limpia bajo su responsabilidad. No debe haber ninguna parte del área de extrusión sin asignar. Si las persona no asumen este compromiso la limpieza nunca será real. Toda persona deberá conocer la importancia de estar en un ambiente limpio. Cada trabajador de la empresa debe, antes y después de cada trabajo realizado, retirara cualquier tipo de suciedad generada.

Beneficios

- Un ambiente limpio proporciona calidad y seguridad.
- Mayor productividad de personas, máquinas y materiales, evitando hacer cosas dos veces.
- Facilita la venta del producto.
- Evita pérdidas y daños materiales y productos.
- Es fundamental para la imagen interna y externa de la empresa. Para conseguir que la limpieza sea un hábito tener en cuenta los siguientes puntos: todos deben limpiar utensilios y herramientas al terminar de usarlas y antes de guardarlos.

- Las mesas, armarios y muebles deben estar limpios y en condiciones de uso.
- No debe tirarse nada al suelo.
- No existe ninguna excepción cuando se trata de limpieza. El objetivo no es impresionar a las visitas sino tener el ambiente ideal para trabajar a gusto y obtener la calidad total.

Analice por un momento su lugar de trabajo y responda las preguntas sobre limpieza:

- ¿Cree que realmente puede considerarse como Limpio?
- ¿Cómo cree que podría mantenerlo Limpio siempre?
- ¿Qué utensilios, tiempo o recursos necesitaría para ello?
- ¿Qué cree que mejoraría el grado de Limpieza?

4ta S: *Seiketsu* (higiene y visualización):

Esta “s” envuelve ambos significados: higiene y visualización. La higiene es el mantenimiento de la limpieza, del orden. Quien exige y hace calidad cuida mucho la apariencia. En un ambiente limpio siempre habrá seguridad. Quien no cuida bien de sí mismo no puede hacer o vender productos o servicios de calidad. Una técnica muy usada es el *visual management*, o gestión visual.

Esta técnica se ha mostrado como sumamente útil en el proceso de mejora continua. Se usa en la producción, calidad, seguridad y servicio al cliente. Consiste en grupo de responsables que realiza periódicamente una

serie de visitas a toda la empresa y detecta aquellos puntos que necesitan de mejora.

Una variación mejor y más moderna es el *colour management* o gestión por colores. Ese mismo grupo en vez de tomar notas sobre la situación, coloca una serie de tarjetas, rojas en aquellas zonas que necesitan mejorar y verdes en zonas especialmente cuidadas; porque en cuanto se coloca una, el trabajador responsable de esa área soluciona rápidamente el problema para poder quitarla.

Las ventajas de uso de la 4ta S

- Facilita la seguridad y el desempeño de los trabajadores.
- Evita daños de salud del trabajador y del consumidor.
- Mejora la imagen de la empresa interna y externamente.
- Eleva el nivel de satisfacción y motivación del personal hacia el trabajo.
- Recursos visibles en el establecimiento de la 4ta. S.
- Avisos de peligro, advertencias, limitaciones de velocidad, etc.
- Informaciones e Instrucciones sobre equipamiento y máquinas.
- Avisos de mantenimiento preventivo.
- Recordatorios sobre requisitos de limpieza.

- Aviso que ayuden a las personas a evitar errores en las operaciones de sus lugares de trabajo.
- Instrucciones y procedimientos de trabajo.

Hay que recordar que estos avisos y recordatorios:

- Deben ser visibles a cierta distancia.
- Deben colocarse en los sitios adecuados.
- Deben ser claros, objetivos y de rápido entendimiento.
- Deben contribuir a la creación de un local de trabajo motivador y confortable.

5ta S: *Shitsuke* (compromiso y disciplina):

Disciplina no significa que habrá unas personas pendientes de otros operarios preparados para castigarlos cuando lo consideren oportuno. Disciplina quiere decir voluntad de hacer las cosas como se supone se deben hacer. Es el deseo de crear un entorno de trabajo en base de buenos hábitos.

Mediante el entrenamiento y la formación para todos (¿Qué queremos hacer?) y la puesta en práctica de estos conceptos (¡Vamos hacerlo!), es como se consigue romper con los malos hábitos pasados y poner en práctica los buenos.

4.2.2. Reducción de los 7 desperdicios

Los desperdicios que se identificaron en el inciso 2.8 de la pagina 41, se deben reducir aplicando la metodología de la manufactura esbelta. Para lo que se necesita los siguientes pasos:

- a. Capacitación del operario en:
 - Manufactura esbelta
 - 5's
 - Manejo de su maquinaria
 - Calidad (Calidad en la fuente)
- b. Recolectar todo el inventario demás a través del proceso de 5's.
- c. Implementar análisis de métodos (tiempos y movimientos) para poder mejorar los procesos y movimientos que se tuviese dentro del área de extruido.
- d. Según los resultados del paso tres programar una capacitación sobre el nuevo método de trabajo a aplicar el cual debe ser evaluado de una vez con la aplicación de 5'S
- e. Formar un equipo de trabajo Lean el cual será el auditor de los proyectos de reducción de mudas (ver inciso 4.3 de la página 106).
- f. Evaluar y controlar las reducciones de mudas.

4.2.3. Implementación Justo a Tiempo por medio del KANBAN

El *Kanban* es un sistema de información que controla de modo armónico fabricación de los productos necesarios en la cantidad y en el tiempo asimismo necesario en cada uno de los procesos que tienen lugar tanto en el interior de la fábrica como entre distintas empresas. El *Kanban* se considera como un subsistema del sistema *Just-in-Time*.

La producción *Just-in-Time* es un método de adaptación a las modificaciones y cambios de la demanda, mediante el cual todos los centros producen los bienes necesarios, en el momento oportuno y en las cantidades precisas. Lo primero que necesita el método *JIT* es permitir a todos los procesos conocer con precisión los tiempos y las cantidades requeridas. En el sistema en cuestión cada proceso recoge los elementos o piezas del anterior (método conocido como sistema de arrastre o *pull*).

Puesto que únicamente la línea de montaje final puede conocer con precisión el tiempo y la cantidad de elementos que se necesitan, será ella la que requiera del proceso anterior esos elementos necesarios en las cantidades y en el tiempo precisos para el montaje o generación del producto, de modo que cada proceso habrá de producir los elementos que le sean requeridos por el proceso siguiente. De este modo, no es necesario elaborar a un tiempo los programas mensuales de fabricación para el conjunto de los procesos.

En su lugar, basta con informar a la línea de montaje final, con ocasión del montaje de cada uno de los productos, de los cambios en los programas de producción. Para transmitir a todos los procesos la información sobre el momento y la cantidad de los elementos que deben producirse se utiliza el *Kanban*.

Ahora bien, *¿qué es un Kanban?*: un *Kanban* es una herramienta para conseguir la producción *Just-in-Time*. Se trata, usualmente de una tarjeta en una funda rectangular de plástico. Se utilizan principalmente dos tipos: el *Kanban de transporte* y el *Kanban de producción*. El primero especifica el tipo y la cantidad de producto a retirar por el proceso posterior, mientras el *Kanban de producción* indica el tipo y la cantidad a fabricar por el proceso anterior denominándose por tal razón *Kanban de proceso*.

4.2.4. Integración de procesos de valor con mano de obra directa

Para poder integrar la mano de obra directa dentro de los procesos que van a generar valor según la manufactura esbelta, se debe de capacitar a todos los integrantes de la mano de obra directa desde el más alto rango hasta el más bajo en la organización. Esto con la finalidad de que se debe respetar al otro, poner todo el empeño en comprenderse entre todos los integrantes de la compañía, asumir responsabilidades compartidas y hacer todo lo posible para generar confianza mutua.

En la manufactura esbelta, se respeta los valores, creencias, maneras de pensar y motivación de todos los empleados, y se considera que cada individuo tiene el poder creativo para el logro independiente de sus objetivos personales, apuntando siempre al trabajo en equipo.

Por medio de la coordinación y colaboración, el aporte del equipo es mayor que la suma de sus miembros. La manufactura esbelta también respeta a las personas capacitándolas y entrenándolas para que se desarrollen y se integren plenamente en la integración de procesos de valor que generen el proceso productivo.

4.2.5. Controles visuales

Los controles visuales se utilizarán los que se propusieron en el inciso 4.1.3, en la página 76. Los controles visuales se colocarán en cada máquina que se encuentre en el área de extrusión. De igual manera se realizará una capacitación individual y grupal sobre el uso y comprensión de los indicadores que se utilizarán dentro del área de extrusión.

4.2.6. Técnica SMED en cambios de estilo

SMED significa: cambio de modelo en minutos de un sólo dígito, Son teorías y técnicas para realizar las operaciones de cambio de modelo en menos de 10 minutos. Desde la última pieza buena hasta la primera pieza buena en menos de 10 minutos. El sistema SMED nació por necesidad para lograr la producción justo a tiempo. Este sistema fue desarrollado para acortar los tiempos de la preparación de máquinas, posibilitando hacer lotes más pequeños de tamaño. Los procedimientos de cambio de modelo se simplificaron usando los elementos más comunes o similares usados habitualmente.

Fases de la aplicación de SMED

- a. Fase 1. Separar la preparación interna de la externa: preparación interna son todas las operaciones que precisan que se pare la máquina y externas las que pueden hacerse con la máquina funcionando. Una vez parada la máquina, el operario no debe apartarse de ella para hacer operaciones externas. El objetivo es estandarizar las operaciones de modo que con la menor cantidad de movimientos se puedan hacer rápidamente los cambios, esto permite disminuir el tamaño de los lotes.

- b. Fase 2. Convertir cuanto sea posible de la preparación interna en preparación externa: la idea es hacer todo lo necesario en preparar – troqueles, matrices, punzones,- fuera de la máquina en funcionamiento para que cuando ésta se pare, rápidamente se haga el cambio necesario, de modo de que se pueda comenzar a funcionar rápidamente.

- c. Fase 3. Eliminar el proceso de ajuste: las operaciones de ajuste suelen representar del 50 al 70 por ciento del tiempo de preparación interna. Es muy importante reducir este tiempo de ajuste para acortar el tiempo total de preparación. Esto significa que se tarda un tiempo en poner a andar el proceso de acuerdo a la nueva especificación requerida. En otras palabras los ajustes normalmente se asocian con la posición relativa de piezas y troqueles, pero una vez hecho el cambio se demora un tiempo en lograr que el primer producto bueno salga bien – se llama ajuste en realidad a las no conformidades que a base de prueba y error va llegando hasta hacer el producto de acuerdo a las especificaciones –. Además se emplea una cantidad extra de material.

- d. Fase 4. Optimización de la preparación: hay dos enfoques posibles:
 - Utilizar un diseño uniforme de los productos o emplear la misma pieza para distinto producto (diseño de conjunto).

 - Producir las distintas piezas al mismo tiempo (diseño en paralelo).

4.2.7. Poka Yoke

La palabra *Poka Yoke* significa a prueba de errores; un dispositivo *Poka Yoke* impide errores humanos afecten una maquina o un proceso; impide que los errores del operador se conviertan en defectos dentro del producto. Hay que tomar en cuenta que el termino de *Poka Yoke* proviene de dos palabras japonesas *Poka* (error inadvertido) y *Yoke* (prevenir) lo que significa que un dispositivo *Poka Yoke* es cualquier tipo de mecanismo que ayuda a prevenir los errores antes que sucedan, o los hace muy obvios para que el trabajador se dé cuenta y lo corrija a tiempo.

Los objetivos de aplicar *Poka Yoke* para aplicar en el presente trabajo de graduación se basarán en la primicia que hay que eliminar los defectos en el producto ya sea previniendo o corrigiendo lo antes posible, los objetivos son:

- a. Hacer una inspección al 100 por ciento de todas las partes producidas sin afectar el nivel de eficiencia.
- b. Dar retroalimentación en la ocurrencia de anomalías y generar acciones correctivas.

Los anteriores objetivos se lograrán al aplicar la metodología de *Poka Yoke* en dos formas:

- a. Métodos de control: corresponden a métodos que apagan las máquinas o bloquean los sistemas de operación al ocurrir anomalías para prevenir que se siga generando el mismo defecto. Por lo tanto este tipo de sistemas ayudan a aumentar la eficiencia en busca de resultados de cero defectos. No en todos los casos resulta necesario apagar por completo las máquinas, pero de continuar con el proceso (esto solo se

permite en casos en los que se presentan defectos aislados) se debe diseñar un mecanismo que asegure que la pieza defectuosa quede marcada para facilitar su localización y posterior corrección; de esta forma se evita tener que detener por completo la maquina y se puede continuar el proceso.

- b. Métodos de advertencia: este tipo de método advierte al trabajador de las anomalías ocurridas, llamando su atención, mediante la activación de una luz o sonido. La efectividad de estos métodos va a depender del trabajador ya el control de anomalías va a depender de que el trabajador se haya percatado de las señales de advertencia. Por lo anterior, el uso de métodos de advertencia puede considerarse cuando el impacto de las anomalías es mínimo o cuando factores técnicos y/o económicos hagan la implantación de un método de control una tarea extremadamente difícil.

Los tipos de *Poka Yoke* que se aplicaran al proceso del presente trabajo de graduación se utilizarán debido a la tecnología que se usa durante el proceso es estudio por lo que a medida que la aplicación se torna más tecnológica, el costo también se incrementa. Lo que se necesita hacer es encontrar la solución al problema, no justificar la compra de un dispositivo muy costoso. Los tipos recomendables son:

Tabla VII. **Tipos de Poka Yoke**

Tipo	Fuente	Costo	Mantenimiento	Confiabilidad
Físico/mecánico	Empleados	Bajo	Muy bajo	Muy alta
Electro/mecánico	Especialistas	Alto	Bajo	Alta
Electrónicos	Poco especialistas	Mas alto	Bajo especializado	Alta

Fuente: elaboración propia.


Los tipos que anteriormente se describen tienen las siguientes características en conjunto que se presentarán cuando se apliquen dentro del proceso productivo:

- a. Son sistemas simples y baratos. (El uso de sistemas complicados y caros hace que su uso no sea rentable).
- b. Son parte del proceso lo que asegura y facilita realizar la inspección del 100 por ciento a los productos.
- c. Son ubicados en el lugar cerca del lugar donde ocurre el error para asegurar una retroalimentación rápida de los errores.
- d. Con todo lo anterior se obtendrán los siguientes beneficios:
- e. Se asegura la inspección del 100 por ciento de los productos elaborados.
- f. Disminuye la cantidad de defectos que se generan en la línea de producción.

- g. Genera advertencias y facilita la toma de medidas correctivas para problemas de la producción.

El diseño de la herramienta de *Poka Yoke* se utilizará carteles para anunciar los requerimientos de esta herramienta. Y este se propone:

Figura 27. **Herramientas *Poka Yoke***

Herramienta Poka Yoke	
No permitir la llegada de producto defectuoso al proceso de ensamble.	
Mecanismos para verificar los parámetros: como dimensiones, posición de etiquetas etc. en etapas de corte, confección, pegado de etiquetas.	
Verificar el producto a lo largo de su realización, en el proceso _____	
Detectar los errores en el punto de origen o lo más cerca posible a dicho punto.	
Disminuir el número de defectos en los productos durante el proceso de producción.	
Disminuir el número de reprocesos en las etapas de _____ en _____	
En el caso de encontrar defectos , marcar la pieza defectuosa para facilitar su localización y posterior corrección; evitando parar por completo la máquina sin ser necesario.	

Fuente: elaboración propia.

4.2.8. ***Jidoka***

Es la verificación del proceso y automatización. Este método se aplica en labores manuales y/o automatizadas (o mecánicas) que permite detectar y corregir defectos de la producción utilizando mecanismos y procedimientos que permiten detectar una anomalía en el sistema, llegando al punto de detener una línea de producción o una máquina para evitar la elaboración de productos defectuosos.

Esto asegura que la calidad sea controlada por el proceso mismo. La palabra *Jidoka* significa verificación en el proceso, por tanto cuando en el proceso de producción se instalan sistemas *Jidoka* se hace referencia a la

verificación de calidad integrada al proceso de producción. El objetivo de *Jidoka* es verificar la calidad del producto en forma integrada al proceso de producción.

Por lo tanto se destacan como aspectos fundamentales:

- a. Aseguramiento de la calidad el 100 por ciento del tiempo que tarde las producciones de los diferentes productos.
- b. Prevención de averías de equipos y maquinaria dentro de los diferentes procesos de la planta de producción.
- c. Uso eficaz de la mano de obra directa.

Las características *de Jidoka* para la presente trabajo de graduación tiene que realizar el control de defectos de manera autónoma, de tal forma que se impide el paso de unidades defectuosas de una actividad dentro del proceso a la siguiente; para esto se desarrollan dispositivos que automáticamente detengan las maquinas y no permitan la producción de más defectos. Lo peor no es parar el proceso, lo peor es producir artículos con defectos.

La filosofía *Jidoka* establece los parámetros óptimos de calidad en el proceso de producción, el sistema *Jidoka* compara los parámetros del proceso de producción contra los estándares establecidos y hace la comparación, si los parámetros del proceso no corresponden a los estándares preestablecidos el proceso se detiene, alertando que existe una situación inestable en el proceso de producción la cual debe ser corregida, esto con el fin de evitar la producción masiva de partes o productos defectuosos, los procesos *Jidoka* son sistemas comparativos de lo ideal o estándar contra los resultados actuales en producción. Para este proceso se han clasificado los diferentes tipos de sistema de *Jidoka* que serán:

- a. La fuerza (resistencia, según para que se destinará cada producto)
- b. Longitud (según requerimientos de cliente)
- c. Peso (según requerimientos del cliente)
- d. Volumen (cuanto es el volumen a utilizar)

Los diferentes tipos que se puedan implementar a futuro dependerá de la información que se alimenta como ideal o estándar debe ser el punto óptimo de calidad del producto. *Jidoka* pretende disminuir los costos de implementación de procesos automatizados que den como resultado la separación del trabajo humano y el trabajo de las máquinas. Expresado de otra forma la filosofía *Jidoka* busca que las máquinas sigan trabajando de forma autónoma, dando al operador la posibilidad de realizar otras actividades y operaciones mientras la máquina continua trabajando.

Por lo anterior los sistemas *Jidoka* se diseñan de forma tal que tengan la habilidad de detectar errores de forma automática (tanto en los operarios como en las maquinas), y desarrollando mecanismos que permitan interrumpir el trabajo de las máquinas al momento de la detección de dichos errores. Por tanto, la filosofía *Jidoka* se apoya en los sistemas *Poka Yoke*, realizando un trabajo conjunto en la disminución y control de defectos dentro del proceso.

Con la debida implementación y capacitación en *Jidoka*, se tendrán como beneficios para la empresa donde se está desarrollando este trabajo de graduación:

- a. Se inspeccionan el 100 por ciento de los productos lo que garantiza la calidad de sus componentes y del producto terminado como tal.

- b. Se reducen tiempos de fabricación debido a la integración de la inspección con la línea de producción.
- c. Se reducen inventarios de seguridad y pueden disminuir también el número de inspectores de calidad.
- d. Aumenta la productividad, debido a la reducción de desperdicios, y mano de obra, así como la disminución de retrocesos.

El diseño de la herramienta de *Jidoka* se utilizará carteles para anunciar los requerimientos de esta herramienta, con la finalidad de mejorar la calidad. Para lo que se propone incluir carteles pegados en cada máquina o lugar de colocación de herramientas la siguiente información:

Figura 28. **Necesidades herramienta *Jidoka***

Necesidades Herramienta Jidoka
Detectar defectos de los productos en el proceso y no al final del mismo
Dar sólidos elementos de decisión a los operarios para detener una máquina y evitar la producción de producto defectuoso.
No permitir el paso de producto defectuoso, de un proceso al siguiente.
Definir y unificar los parámetros óptimos de calidad en las diferentes etapas del proceso.
Verificar los productos a lo largo de los procesos y no solo en las etapas de empaque
Detectar los defectos del producto en el punto de origen de los mismos y no en procesos posteriores, donde el producto está más avanzado o terminado.



Fuente: elaboración propia, febrero de 2010.

4.2.9. **Andon**

Traducido del Japonés como indicadores visuales. Es una herramienta que muestra el estado de la producción utilizando señales de audio y visuales.

Andon es un término japonés que significa alarma, indicador visual o señal. Es un despliegue de luces o señales luminosas en un tablero que indican las condiciones de trabajo en el piso de producción dentro del área de trabajo, el color indica el tipo de problema o condiciones de trabajo. *Andon* significa ayuda.

El objetivo a alcanzar cuando se aplica esta herramienta es de mostrar el estado del proceso de producción por medio de señales visuales y de audio. El *Andon* va a consistir en una serie de lámparas (se les llamará semáforos) que cubren por completo el área de producción, convirtiéndose en una herramienta para construir calidad en los productos de la línea de trabajo. Por lo tanto, si se presenta una dificultad las diferentes señales del *Andon* alertaran al supervisor informando que la estación de trabajo tiene un problema. Una vez evaluada la situación se toman las acciones apropiadas para corregir el respectivo problema. Para este proyecto se utilizarán los siguientes colores:

- Rojo: Máquina descompuesta.
- Azul: Pieza defectuosa.
- Blanco: Fin de lote de producción.
- Amarillo: Esperando por cambio de modelo.
- Verde: Falta de material.
- No luz: Sistema operando normalmente.

Con la implementación del *Andon*, se obtendrán los siguientes beneficios:

- Aumenta la calidad en los productos de la línea de trabajo.
- Alerta al personal de las anomalías presentadas en el trabajo, generando menores tiempos de respuesta ante las dificultades.

- Indica claramente las condiciones en los diferentes puntos de la planta de producción.

El diseño de la herramienta de *Andon* se utilizará carteles para anunciar los requerimientos de esta herramienta, con la finalidad de mejorar la calidad. Para lo que se propone incluir carteles pegados en cada máquina o lugar de colocación de herramientas la siguiente información:

Figura 29. **Necesidades herramienta *Andon***

Necesidades Herramienta Andon
Identificar rápidamente en que zona de trabajo se presenta un inconveniente o anomalía, para asistir directamente y tener un menor tiempo de respuesta.
Conocer de manera rápida el estado del proceso de producción.
Ver de manera clara las condiciones en los diferentes puntos de la planta de producción.



Fuente: elaboración propia.

4.3. **Equipo de trabajo *Lean***

Probablemente, la frase trabajo en equipo sea una de las más utilizadas al momento de pensar en cuáles son los factores que ayudarían a conseguir las metas que como organización que se ha propuesto. Sin embargo, la expectativa de trabajar en equipo descansa en algunas premisas que habría que revisar y considerar, si en realidad se quiere beneficiar de éste. Por ejemplo, una de las suposiciones que se debe tener presente y por supuesto, cuestionarla, es la de que el trabajo en equipo surge espontáneamente, y que se debería poder

demostrar esa habilidad en cualquier circunstancia en la que hay un grupo de personas coordinando su labor hacia una meta.

Esperando que quienes no están haciendo un aporte suficiente a lo que se está construyendo, deberían trabajar más en equipo, esperando que cuando se encuentren situaciones conflictivas que pueden llevar a la crisis, deberíamos trabajar en equipo, se debe de proponer que cuando no se adelantan las gestiones y los acuerdos es porque sea lo que sea que se está haciendo, lo harían mejor si trabajáramos en equipo, y así, aunque la acción coordinada y liderada hacia un propósito compartido pudiera ser un vehículo para la eficacia, se cree sin embargo, que el trabajo en equipo hace parte de los valores cotidianos y simplemente hay que expresarlo, como se expresa la honradez, la justicia o algunos otros valores que se han obtenido en por medio cultura guatemalteca.

El punto aquí, es que para llegar al trabajo en equipo, hay que pasar por un proceso de aprendizaje; y como todo proceso de aprendizaje, se tienen momentos muy satisfactorios, pero también momentos en donde se podría dudar del valor de lo que se está haciendo para luego volver a esquemas de trabajo anteriores y más tradicionales.

Una manera de ver como de lucir el equipo de trabajo para apoyar el proceso de manufactura esbelta que propone este trabajo de graduación es haciendo y a la vez recomendando una lista de características; los cuales responden a un perfil de los equipos de alto rendimiento para manufactura esbelta

- a. Un objetivo/misión compartido que todos conocen, comparten y están comprometidos para cumplir: los miembros del equipo entienden las

metas porque participaron en su definición. Hay mucha discusión sobre la tarea y la mejor manera de lograrla. Cada persona se siente altamente involucrada. Cada miembro siente que su aporte influye en el resultado total.

- b. Un ambiente de confianza y apertura: el equipo crea un ambiente que permite a los miembros sentirse cómodos e informales. Confianza reemplaza a temores y las personas están dispuestas a tomar riesgos. Es un ambiente de crecimiento y aprendizaje con personas involucradas e interesadas.
- c. Comunicación abierta y honesta: los miembros del equipo sienten libertad para expresar sus pensamientos, sentimientos e ideas. Se escuchan mutuamente y pueden expresar ideas sin ser criticados o avergonzados. Conflictos y desacuerdos se perciben como naturales y se resuelven. Se auto corrige mediante retroalimentación, indicando como la conducta de los miembros afecta al equipo en el logro de sus metas.
- d. Un sentido de pertenencia: existe compromiso hacia las acciones del equipo. Existe un sentido de participación y un alto nivel de involucramiento. La percepción: soy una parte importante del equipo y lo que hago hace una diferencia se traduce en un alto nivel de compromiso y orgullo en los logros del equipo.
- e. La diversidad se valora como oportunidad: los miembros se perciben como personas únicas con recursos evaluables. Se estimula la diversidad de opiniones, ideas y experiencias para evitar un pensamiento uniforme donde las diferencias son vistas como desviación de la norma. Se muestra flexibilidad y sensibilidad hacia los demás.

- f. Se estimula la creatividad y la toma de riesgos: se estimula a los miembros del equipo tomar riesgos y experimentar soluciones, diferentes. Los errores se perciben como parte del proceso de aprendizaje. El mejoramiento continuo solamente se logra cuando se estimula a las personas intentar caminos nuevos y sugerir mejoras sin ser castigados.
- g. Habilidad para auto corrección: el equipo es capaz de mejorarse continuamente examinando sus procesos y prácticas. El equipo identifica periódicamente cuáles factores puedan interferir con sus operaciones.
- h. Interdependencia de los miembros: necesitan sus conocimientos, habilidades y recursos mutuos para conjuntamente producir algo que solos no podrían lograr tan bien.
- i. Toma de decisiones con base en consenso: en conjunto los miembros del equipo toman decisiones de alta calidad y éstas tienen la aceptación y el soporte del equipo entero para realizarlas.
- j. Liderazgo participativo: el líder no domina al grupo. Todo miembro es visto como recurso. Independientemente si se asigna el liderazgo a una persona específica o por rotación, el líder tiene un papel de facilitador y su perfil incluye tareas como las siguientes, entre otras no menos importantes:

Escuchar a los miembros, crear un ambiente de confianza y apertura, eliminar temores, valorar diversidad, dar el ejemplo, comunicar el objetivo y misión al equipo, delegar, instruir, aconsejar, guiar, estimular creatividad, toma de riesgos y mejoramiento continuo de todo por todos, compartir información, motivar, crear las condiciones para que las personas sean más capaces de hacer su trabajo y servir al cliente – mejor, más rápido y con calidad. A partir de lo anterior, ¿cómo se percibe el desempeño actual de algún equipo o comité en el cual se está participando?, ¿puede identificar algunos de los factores que se han descrito en los párrafos anteriores?

La sección siguiente puede ser de ayuda para que usted pueda apreciar el estado actual de su equipo de trabajo en términos de sus fortalezas y oportunidades de crecimiento.

5. SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN

5.1. ¿Qué es el seguimiento?

En muchos proyectos, incluyendo aquellos de manufactura esbelta, el seguimiento es considerado por muchos un proceso casi externo al proyecto. Sin embargo, el seguimiento es probablemente la parte más importante de la implementación del sistema *LEAN*. No es sino hasta que se llevan controles y mediciones de los sistemas establecidos y su desempeño, la moral de los trabajadores y otros aspectos, que los marcadores e indicadores entran a trabajar y tener significado, después de la implementación del sistema.

Toda la inversión de tiempo, dinero y trabajo puede perderse en su totalidad si los responsables no se aseguran que los procesos y medidas implementadas sean cumplidos y mantenidos. Adicionalmente, no será sino hasta que se haya implementado el sistema que aparecerán algunos defectos y desperdicios que anteriormente se escondían detrás de problemas más grandes.

A diferencia de un seguimiento tradicional, para *LEAN* ó *Kaizen* este proceso no se limita únicamente a auditorías a nivel de jefatura o departamentos de calidad. El proceso de seguimiento va mucho más allá de analizar datos y mantener los procesos. En *LEAN*, el seguimiento lo realizan todas las personas involucradas, tomando propiedad de los proyectos, es decir, haciéndose dueños de los mismos, considerándolos como propios. La auto-nominación (auditoría de sí mismos por medio del sistema autónomo de control de defectos) es también parte esencial del seguimiento, pues permite que todos

los trabajadores eviten los desperdicios y defectos en forma temprana, y no tener que esperar a que el jefe se percate de los mismos cuando estos se hayan acumulado. Esto permite que no solo se alcancen las metas propuestas, sino que también los trabajadores se sientan orgullosos de sus logros y se comprometan más con su trabajo.

Definimos entonces seguimiento cómo el conjunto de procesos permanentes y persistentes, por medio de los cuales todas las partes involucradas en la implementación del sistema *LEAN* mantienen un constante monitoreo de los indicadores de desempeño y realizan los ajustes o mejoras necesarias para eliminar los desperdicios y defectos.

5.2. Equipo de seguimiento

También llamado equipo evaluador interno, que será designado por la máxima autoridad de la empresa para hacerse cargo, dentro de la planta de producción, del proceso de autoevaluación, y que permitirá detectar las fortalezas y áreas de mejora en la gestión. Esto servirá como base para los planes de trabajo que pretenden reforzar la calidad, la productividad y la rentabilidad para alcanzar las metas. La autoevaluación constituye el primer paso para el proceso de postulación al premio nacional a la calidad y mejores prácticas en la administración de producción. Tiene como responsabilidades:

- a. Llenar o coordinar el llenado de la guía de auto diagnóstico (diseñado para analizar todos los puntos de la manufactura esbelta) señalando en cada caso las fortalezas, así como las oportunidades de mejora.
- b. Elaborar y/o coordinar la elaboración de la memoria de la institución, en donde se justifica el avance de la organización en el caso de cada uno de

los criterios y sub-criterios del modelo que se ha impuesto la empresa en cuanto a la aplicación de la manufactura esbelta.

Por todo lo anterior para ser parte del equipo evaluador de seguimiento necesita los siguientes requisitos:

- a. Pertenecer a alguno de los diferentes niveles jerárquicos y áreas dentro de la institución.
- b. Poseer conocimientos en temas relacionados con la calidad.
- c. Poseer capacidad de análisis y comunicación.
- d. Poseer entrenamiento en la metodología en manufactura esbelta.
- e. Orientado al cambio y a la mejora de procesos.
- f. Comprometido con la institución.
- g. Poseer preferentemente como mínimo 1 año laborando para la empresa.

Los integrantes del grupo de seguimiento, estará conformado por un total de 6 a 10 integrantes, siendo estos:

- 1 coordinador
- 5 a 9 evaluadores

Dichos elementos tendrán las siguientes responsabilidades:

Coordinador

Asumir el compromiso general para con el proceso de evaluación ante la institución, y el comité del premio:

- a. Coordinar la agenda de trabajo con el equipo evaluador.
- b. Coordinar y velar por el cumplimiento de la agenda de trabajo y los plazos fijados, tanto para la evaluación individual, como para la de consenso.
- c. Convocar y coordinar las reuniones de equipo, velando por el cumplimiento de los horarios, así como de la efectividad de las mismas.
- d. Asignar responsabilidades individuales dentro del equipo evaluador, tanto para el llenado de la guía completa, como para la ubicación y consolidación de evidencias que se incluirán en la memoria de postulación.
- e. Asegurar que se identifiquen los procesos, servicios o productos destacados en la institución, que podrían calificar para el reconocimiento a las mejores prácticas, y que tendrán que incluirse en la memoria.
- f. Facilitar la interacción entre los miembros del equipo y de estos con el resto de la organización, a fin de garantizar y agilizar el proceso de obtención de la información, en caso de requerirlas.
- g. Coordinar las acciones del equipo para la elaboración de la memoria a partir de los resultados obtenidos en la auto-evaluación, en caso que se decida postular a la institución al premio, asignando responsabilidades entre los miembros del equipo y estableciendo tiempos límites para la consecución de cada fase. Para esta asignación es importante tomar en cuenta el conocimiento o experiencia específica que tenga cada uno de los miembros del equipo.

- h. Asegurar contar con el consolidado de todos los documentos y evidencias que respalden la información contenida en la memoria de postulación, para inclusión dentro del documento, de ser posible o para la presentación al equipo evaluador externo, en caso de que la institución llegue a la fase de visita *in situ*, dentro del proceso del premio.
- i. Remitir a la máxima autoridad de la institución, la memoria de postulación, junto con el documento términos de aceptación, para ser revisado, aprobado y firmado.
- j. Llevar a cabo los cambios necesarios, si así lo indicara la máxima autoridad de la empresa.

Evaluadores internos

- a. Asumir el compromiso de la evaluación ante el coordinador, la institución y el comité.
- b. Participar en todas las reuniones convocadas por el coordinador y cumplir con los plazos acordados en las mismas, para realizar las diferentes fases del proceso.
- c. Completar, con objetividad e imparcialidad, la guía de evaluación interna de forma total o parcial, según las asignaciones y distribución realizada por el coordinador, atendiendo a la realidad de la institución.
- d. Localizar los documentos u otras evidencias requeridas para respaldar la memoria de postulación, en el criterio o los criterios que les sean asignados por el coordinador.

- e. Identificar los procesos, servicios o productos destacados en la planta de producción, que podrían calificar para el Reconocimiento a las Mejores Prácticas, y que tendrán que incluirse en la Memoria.
- f. Redactar la memoria de postulación, en aquellos criterios que le fueran asignados por el coordinador, siguiendo las pautas establecidas previamente por el comité evaluador.

5.3. Evaluación y control de indicadores

Los indicadores de desempeño de la planta ahora se complementan con indicadores de tiempo e indicadores del desempeño de la empresa en relación con su conversión a Manufactura Esbelta. Por ejemplo, tiempo de ciclo entre un pedido y la satisfacción del cliente, porcentaje de nivel de servicio al cliente, tiempo de desarrollo de un nuevo producto, tiempo de preparación para cambio de modelo, tiempo de ciclo de manufactura.

Otros indicadores son: defectos por millón de oportunidades, procesos críticos bajo control, grado de estandarización del producto, nivel de innovación en nuevos productos, porcentaje de operaciones incluidas en celdas de manufactura, distancias de viaje de los materiales, días e inventarios en proceso y en producto terminado, etcétera.

5.4. Cadena de valor final

La cadena de valor final categoriza las actividades que producen valor añadido en una organización. Se dividen en dos tipos de actividades:

- a. Las actividades primarias que conforman la creación física del producto. Estas actividades se relacionarán con su venta y la asistencia postventa. Se dividen en:
- Logística interna: recepción, almacenamiento y distribución de las materias primas.
 - Operaciones (producción): recepción de las materias primas para transformarlas en el producto final.
 - Logística externa: almacenamiento de los productos terminados y distribución del producto al consumidor.
 - Ventas y Marketing: actividades con las cuales se da a conocer el producto.
 - Servicios post-venta (mantenimiento): actividades destinadas a mantener o realizar el valor del producto. Ej.: garantías
- b. Estas actividades son apoyadas por las también denominadas actividades secundarias:
- Infraestructura de la organización: actividades que prestan apoyo a toda la empresa, como la planificación, contabilidad, y el área de finanzas.
 - Dirección de recursos humanos: búsqueda, contratación y motivación del personal.
 - Desarrollo de tecnología (investigación y desarrollo): obtención, mejora y gestión de la tecnología.
 - Abastecimiento (compras): proceso de compra de los materiales

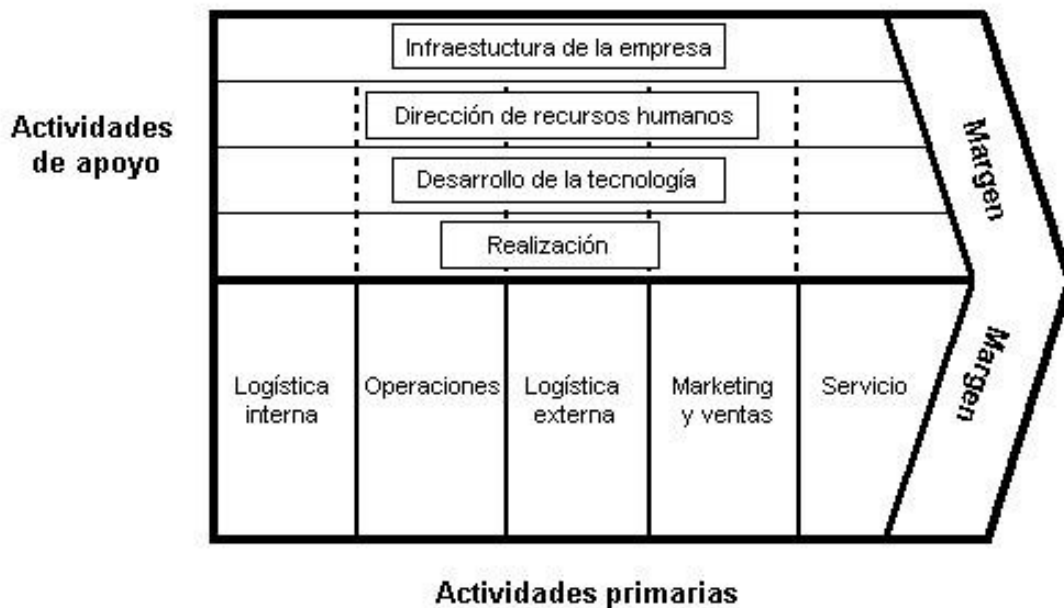
Para cada actividad de valor añadido han de ser identificados los generadores de costes y valor. La cadena de valor enseguida se puso en el frente del pensamiento de gestión de empresa como una poderosa herramienta de análisis (debido a la mejora representada en la aplicación de la manufactura esbelta) para la planificación y estratégica. Su objetivo último es maximizar la creación de valor mientras se minimizan los costos. De lo que se trata es de crear “un valor final” para el cliente, lo que se traduce en un margen entre lo que se acepta pagar y los costos incurridos.

La cadena de valor final ayuda a determinar las actividades que permiten generar una Ventaja Competitiva sustentable. Tener una ventaja competitiva es tener una rentabilidad relativa superior a los rivales en el sector industrial en el cual se compete. Rentabilidad significa un margen entre los ingresos y los costos. Cada actividad que realiza la empresa debe generar el mayor posible. De no ser así, debe costar lo menos posible, con el fin de obtener un margen superior al de los rivales. Las actividades de la cadena de valor final son múltiples y además complementarias (relacionadas). El conjunto de actividades de valor que decide realizar una unidad de negocio es a lo que se le llama estrategia competitiva o estrategia del negocio (diferente a las estrategias corporativas o a las estrategias de un área funcional).

El alcance de la cadena de valor final se propone que se extendido más allá del área de producción, es decir, a todas las áreas individuales de la empresa. También puede ser aplicado a cadenas de suministro completas así como a redes de distribución. La puesta a disposición de un conjunto de productos y servicios al consumidor final moviliza diferentes actores económicos, cada uno de los cuales gestiona su cadena de valor. Las interacciones sincronizadas de esas cadenas de valor locales crean una cadena de valor ampliada que puede llegar a ser global.

Capturar el valor generado a lo largo de la cadena es la nueva aproximación que han adoptado muchos estrategias de la gestión. A base de explotar la información que se dirige hacia arriba y hacia abajo dentro de la cadena, la empresa puede intentar superar los intermediarios creando nuevos modelos de negocio, a través del nuevo diseño de cadena de valor final, que se propone a usar:

Figura 30. **Cadena de valor final a proponer**



Fuente: elaboración propia, febrero de 2010.

5.5. Capacitación continua

La capacitación continua contribuye a desarrollar el talento y mejorar el desempeño profesional de cada persona a través de novedosas soluciones y programas. Se propone un curso que le permita al trabajador ponerse al tanto de las nuevas tendencias de su puesto de trabajo.

Pero para empezar se recomienda, mantener las bases de la manufactura esbelta, con la siguiente capacitación:

Tabla VIII. **Plan de capacitación continua**

TEMA	OBJETIVO	ALCANCE
TRABAJO EN EQUIPO	<ul style="list-style-type: none"> • Elevar la mentalidad colectiva y la conciencia de trabajo en equipo • Integrar al equipo de trabajo comprendiendo su importancia psicológica y económica • Crear un compromiso y espíritu de equipo 	<ul style="list-style-type: none"> • Necesidad de trabajar en equipo • Entender por qué las personas se unen a los equipos de trabajo • Crear aptitudes de participación • Motivación para trabajar en equipo • Razones económicas por las que la gente se une al equipo de trabajo
VALORES	<ul style="list-style-type: none"> • Desempeñarse laboralmente con base en los principios de la ética laboral 	<ul style="list-style-type: none"> • Tomar conciencia de la importancia del trabajar con base en los valores personales. • Crear compromisos de trabajar bajo estrictos códigos de ética • Respeto a la persona • Compromiso con el cliente

Continuación de la tabla VIII.

CAMBIO	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar el deseo de enfrentar el cambio positivamente 	<ul style="list-style-type: none"> • Manejo del estrés por el cambio • Importancia y necesidad de tener una actitud positiva ante el cambio
CONTROL DE PRODUCCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Entender la importancia de llevar controles como impulsores de la mejora de producción 	<ul style="list-style-type: none"> • Planificar con base en las necesidades del cliente. • Identificar los cuellos y no cuellos de botella • Evitar la ineficiencia
COMUNICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicar efectivamente las expectativas a otros en el ámbito de trabajo • Comunicarse positivamente con los demás operarios • Entender lo que los demás comunican por medio de su lenguaje corporal 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ El proceso de la comunicación ✓ Barreras de la comunicación ✓ Aplicar la comunicación positiva en las relaciones entre operarios ✓ Saber Escuchar ✓ Comprender al interlocutor ✓ Comprender los estados emocionales de otros

Continuación de la tabla VIII.

<p style="text-align: center;">LIDERAZGO (solo para el supervisor)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar los principios y conceptos básicos relacionados con el liderazgo • Liderar positivamente al equipo de trabajo para alcanzar la META 	<ul style="list-style-type: none"> • Principios de liderazgo • Como crear un sistema de realimentación efectiva entre el supervisor y los operarios • Escuchar adecuadamente • Alcanzar la META • Sacar provecho de los estados emocionales de los operarios • Manejo del conflicto en la célula de producción
<p style="text-align: center;">5'S</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Alcanzar un ambiente de trabajo más agradable • Eliminar tiempos muertos y movimientos innecesarios 	<ul style="list-style-type: none"> • Respeto a la persona • Limpieza general dentro de la célula de producción • Mejora de niveles de eficiencia y producción • Se eleva la calidad del producto • Se reduce el estrés laboral del operario • Existe orden en los puestos de trabajo de los operarios

Fuente: elaboración propia.

5.6. Evaluación continua

La evaluación continua es una forma de valorar progresivamente el aprendizaje del trabajador. Además, da la posibilidad de que se motive al empleado continuamente, porque no hay cosa más traumatizante que nunca se sepa cuál es el resultado en cualquier evaluación de la capacitación y por lo tanto de que el estudio sea realimentado por un seguimiento individualizado por parte de los supervisores de cada área de producción.

Como es de esperarse, éste proceso está constituido por un conjunto de evoluciones (teóricas y prácticas) que se proponen a lo largo de la aplicación de la mejora continua; para que el trabajador pueda participar de este proceso de evaluación, pero siempre ofreciendo su resultado lo más cercano posible a la fecha de realización de la evaluación (que debe estar previamente planificada y notificada al máximo rango de la empresa). Todas las evaluaciones deben ser de manera individual.

Mediante este sistema de evaluación, surge la consideración de la capacitación y/o entrenamiento como un proceso de perfeccionamiento y optimización, en el cual desde luego con el conocimiento de una situación inicial, que se sabrá con él diagnóstico y con el cual se pretende lograr cambios permanentes y eficaces en la conducta de los empleados.

Los cambios aparecerán como fin del proceso de aprendizaje, pero para conocer su avance y cambio, de los mismos, se basaran en los indicadores que se han propuesto durante la aplicación de la manufactura esbelta. Dichos indicadores se deben establecer en etapas, metas y objetivos, cuyos logros medidos acondicionarán la calificación de cada colaborador dentro de la empresa.

Al conocer los logros de los objetivos intermedios permitirá conocer los logros intermedios de las diferentes unidades del área de producción y en su caso diseñar o establecer correcciones y ajustes en cada una de las etapas del proceso de aprendizaje de mejora.

Hay que tomar en cuenta que la evaluación adquiere cada día mayor relevancia en los procesos y acciones de capacitación-entrenamiento, al constituir en sí misma un proceso, o subsistema, que afecta en todos los sentidos al que se desarrolla hacia el logro de los objetivos de la empresa. No puede existir, como se afirma varias veces en este trabajo de graduación, sistema de aprendizaje sin mecanismos de *feedback*, o lo que es lo mismo, sin evaluación continua. Por esta razón cada día con más fuerza, los supervisores, jefes de área de todos los niveles y áreas de la empresa, deben prepararse para ser evaluadores, aprendiendo y comprendiendo la importancia que el problema posee en el marco de cualquier acción formativa que correspondan al apoyo de la mejora de cada parte de la organización. Por lo que la evaluación continua descansa en seis principios:

- a. La evaluación es una situación de aprendizaje: es muy fuerte el impacto que décadas de competencia mundial., han dejado en la sociedad como para que resulte fácil un cambio rápido y eficaz en la producción de la empresa. No obstante, le eficacia que pide el cambio tecnológico y laboral, exige al mismo tiempo un radical cambio de actitudes y de métodos que logren que los controles de calidad de producción, logros y procedimientos, afecten a todos los componentes del sistema de la empresa. El empleado debe integrarse en todo el proceso, incluidos los controles, y pruebas, con el fin de participar plenamente de su propio aprendizaje. Es necesario por ello que distinga entre lo que es la evaluación como búsqueda de información, como almacenamiento de la

información, utilización de lo almacenado, interpretación de los datos, nota, calificación, informes, recuperaciones, y en fin, lo que es la mejora o reorientación del proceso.

- b. La evaluación supone un cambio de mentalidad: *feedback*: en los esquemas tradicionales, el término control tiene unas connotaciones excesivamente restringidas y rígidas. De hecho y en la mayoría de los casos, lo que el supervisor de línea controla no es el aprendizaje del operario, sino si cumple o no con algún tipo de requisitos o aspectos externos: Asistencia y puntualidad, disciplina, estudio de la lección, etc. Sin embargo, el fundamento principal de que el supervisor desempeñe su función de controlar el proceso, está en la necesidad de realimentar (*feedback*) constantemente dicho proceso, en función de las necesidades de aprendizaje del empleado, y con el fin de facilitarle su labor. Gracias al *feedback* se recibe:

- Enriquece la toma de decisiones del supervisor, ya que los resultados de cada acción se utilizan como base para la elaboración de nuevos planes.
- Modifica las estrategias del supervisor en el área que le corresponda dentro del proceso de producción.
- En la forma de transmitir la información.
- En la utilización de los elementos motivadores.
- En la estructuración de la dinámica de la capacitación y/o entrenamiento.

- Hace posible la autoevaluación del operario que puede constantemente comparar sus avances con los objetivos que tiene que lograr, en beneficio de la empresa.
 - Incita y motiva al operario hacia un aprendizaje en el que se compromete directamente.
- c. La evaluación coincide con el proceso de aprendizaje: en la capacitación y/o entrenamiento, como en todo proceso que implique tomar decisiones, son necesarias distintas fases:

Fase de preparación: en ella el supervisor elabora un plan de acción que permite lograr los objetivos (establecidos por la empresa) de la mejor forma posible. Al mismo tiempo que se perfilan, formulan y programan los objetivos, es necesario establecer un sistema de *feedback* sobre el mismo y relacionar los objetivos con el modo o sistema a través del cual se va a evaluar su logro.

Fase de operación o de elaboración: en ella los empleados realizan las actividades seleccionadas, orientados por el supervisor. Durante todo el desarrollo en el que los operarios aprenden, se supervisa el aprendizaje, las principales dificultades que se aprecian y apoya el proceso en función de la información que va recibiendo por medio de observación directa, pruebas, ejercicios, comunicación con el operario, etc.

Fase de control: esta fase se desarrolla al mismo tiempo que las anteriores, con el objeto de comprobar lo que los empleados aprenden y cómo lo aprenden, en función de lo que se esperaba lograr. A la vista de los datos que se van obteniendo total o parcialmente el plan planteado por la empresa, puede ser reestructurado.

La fase de control, es la más cercana a lo que estamos llamando evaluación. Sin embargo no debemos olvidar lo que se entiende por control de calidad, o lo que es lo mismo, seguimiento constante del desarrollo del aprendizaje durante todo el proceso. Un empleado debe saber en cualquier momento de su acción formativa, cuáles son sus principales dificultades y logros, en qué lugar se encuentran sus carencias y qué se espera de él desde el lugar en que se encuentra hasta la finalización total del proceso.

- a. La evaluación es el control del proceso de aprendizaje: controlar el proceso de enseñanza-aprendizaje es comprobar en todo momento el nivel de logro de los objetivos propuestos y detectar constantemente los elementos externos o internos al empleado que le ayudan o dificultan en su esfuerzo con el fin de facilitar el proceso de aprendizaje. No hay que esperar al término de cada etapa para comprobar los resultados.

El supervisor, día a día, en cada clase y en cada momento va recibiendo la información necesaria para adecuar los métodos, los medios y las actividades, a las necesidades de capacitación y/o entrenamiento de los empleados. No obstante, no basta estar atento a la información de retorno. Cuando el supervisor programa un curso, y establecidos ya los objetivos de aprendizaje, debe prever también un sistema de retroinformación en el que consten los distintos instrumentos que van a ser puestos en práctica con el fin de verificar constantemente el grado de consecución de dichos objetivos.

Como se afirma más arriba, el control de calidad es el desarrollo integral del proceso. No hay momento, lugar o situación que no pase por ese control. La empresa ha entendido el control de calidad de manera infinitamente mejor que el sistema de la evaluación continua. Una cadena

de producción de montaje, no deja al azar ni uno solo de sus pasos o piezas. La revisión, no solamente de los trabajos, los materiales o el rendimiento es constante sino que se evalúa y controla el mismo sistema de control, con el fin de generar alternativas en cada momento para que la cadena no se pare, el producto sea inmejorable y en el futuro no existan fisuras en ninguna de las piezas. Cuando los puntos de referencia son las personas, todavía se debe ser más cuidadoso.

Una deficiente administración de un mensaje, medio o recurso, puede desmotivar de por vida a un empleado. Una mala programación, preparación de la clase o transmisión de un dato, información o mensaje, puede equivaler a un deterioro, en el futuro, de la posibilidad de acceder a otros conocimientos, carreras, profesiones o empleos.

- b. La evaluación debe modificar las estructuras: el supervisor, debe poseer una serie de habilidades y comportamientos que le permitan ejercer su función de controlar el aprendizaje:
 - Capacidad para provocar en todo momento retroinformación del proceso.
 - Sensibilidad para recoger en cada situación toda la información posible. La sensibilidad, al igual que toda habilidad humana, puede ser adquirida. Cuanto más recopila información, más facilidad tendrá para encontrarla. No hay mejor forma de ver las cosas, como tener motivación, experiencias y hábitos adquiridos para verlas.

- Habilidad para analizar las consecuencias de dicha información. Otro aspecto de la sensibilidad es el análisis de situaciones. Pocos elementos existen en el puesto de trabajo que recaben la atención del supervisor más que un mal comportamiento: llegar tarde, cuchicheos, falta de atención, inconvenientes contestaciones, preguntas capciosas... Lo dificultoso, será que el supervisor ponga su esfuerzo interpretativo en analizar las situaciones positivas: buena disposición a aprender, motivación, respeto entre los compañeros, relaciones interpersonales, capacidades ya aprendidas, etc.
 - Creatividad para orientar el proceso de acuerdo con las necesidades. En cada momento el supervisor tomará la decisión, muchas veces improvisada que obtenga los resultados apetecidos.
 - Recursos suficientes para utilizar la información recibida en el mejoramiento de las actividades, reajustando los planes, métodos y medios en el momento de la clase, si es necesario.
- c. La evaluación es constante práctica, y no debe confundirse con la calificación

Mitificación de la objetividad: las notas parecen estar revestidas del máximo de objetividad. Sin embargo, las calificaciones pueden ser tan subjetivas como la apreciación cualitativa de los resultados. En consecuencia la nota carece de idoneidad para una operación tan simple como es la calificación.

Las cifras adquieren diferente grado de significación en diferentes contextos. El sistema numérico de calificaciones externamente tan técnico y

aséptico, es distinto en cada profesor y también en la valoración de los alumnos.

El criterio tradicionalmente empleado, que consiste en comparar a los empleados entre sí, carece de todo fundamento. El empleado será calificado sobre la base de su actuación frente a un estándar predeterminado y no con relación a sus pares.

La evaluación permanente: si el aprendizaje se enfoca en función de una actitud dialogal y por ende cooperativa, ya sea en el planteamiento como en la ejecución de las experiencias de aprendizaje, se impone una evaluación permanente. Una estrategia metodológica efectiva requiere dos tipos de evaluación: una constante evaluación formativa que proporciona la información necesaria para individualizar la instrucción y detectar las deficiencias de aprendizaje en la capacitación y/o entrenamiento.

Una evaluación sumativa que proporciona información acerca de cómo han cambiado los alumnos con respecto a los propósitos del curso. El propósito primario de la evaluación sumativa es calificar a los empleados de acuerdo con su rendimiento, teniendo en cuenta los objetivos propuestos (evaluación como congruencia objetivos-resultados), de allí que su sentido real sea final

La evaluación debe facilitar la toma de decisiones: la evaluación como actividad final reviste el carácter de fallo fiscal en sí misma; carece de valor orientador y motivador. El empleado no modificará su aprendizaje ante un plazo ni ante un deber ser más aplicado. Por el contrario, el conocimiento gradual y acumulativo de los empleados es un recurso de sondeo de la situación que provee información para emitir juicios y adoptar medidas de acción en situaciones en las que hay que tomar decisiones. Una decisión es una elección

entre alternativas y una situación de toma de decisiones entre un conjunto de alternativas.

La empresa vive a diario la necesidad de seleccionar entre posibles alternativas (ya sean objetivos, actividades de aprendizaje, recursos de evaluación, etc.). La evaluación formativa ofrece indicadores para la toma de decisiones en la capacitación y/o entrenamiento. Una oportuna decisión del grupo y/o supervisor, ya sea para volver a revisar lo planeado o reajustar los procedimientos de enseñanza, podrá dar elementos correctivos útiles.

CONCLUSIONES

1. El inventario se ha reducido considerablemente, desde que se contabilizó a través de la cadena de valor inicial, ya que se identificaron los cuellos de botella durante el proceso de extrusión.
2. Gracias a la aplicación del sistema *Kanban* dentro del proceso de extruido, se ha logrado producir exactamente lo que el mercado necesita. Logrando con esto bajar los costos de inventario tanto de materia prima, producto en proceso y producto terminado. Teniendo así una reducción en el precio unitario de los productos.
3. Se diseñó un plan de entrega de materia, gracias a la aplicación del sistema de *Andon*, *Kanban*, ambos apoyados por un buen diseño de control visual dentro del área de producción. El plan será apoyado por el grupo de *Lean*.
4. Por medio de la aplicación de los 7 desperdicios, se han disminuido considerablemente las mermas o mudas, especialmente en cuanto a desechos de materia prima se refiere, agregando también el desperdicio de mano de obra tanto directa como indirecta.
5. La aplicación de manufactura esbelta se ha dejado plasmada gracias a la capacitación cruzada, lo cual ha logrado empleados multifuncionales, así como también la aplicación de la capacitación continua, que se hace gracias a una buena aplicación de la mejora continua que surge del seguimiento de la aplicación de la manufactura esbelta.

6. La distribución de planta desde un inicio estaba muy aceptable, lo que mejoró considerablemente, fue la aplicación del método de de la optimización del flujo del proceso y de flujo de información, eliminando con esto demora y excesos de materia prima que se quedaba mal reubicada dentro de los procedimientos de extrusión.

RECOMENDACIONES

1. Se debe de dar seguimiento al proyecto de manufactura esbelta, con la finalidad de que se pueda aplicar el diseño de cadena de valor recomendada en este trabajo de graduación.
2. La capacitación que se propone en la mejora continua, debe ser modificada y mejorada cada 6 meses, a partir de que se termine la capacitación que se presenta en este trabajo de graduación.
3. La señalización debe ser modificada cada 6 meses. El rediseño deben de intervenir no solo el grupo de lean, sino también el grupo de evaluación continua.

BIBLIOGRAFÍA

1. KARATSU, H. *La sabiduría japonesa*. 2a ed. México: Productivity Press, 1991. 180 p.
2. LUCHA MENA, Pablo Rolando. *El despliegue de la función calidad (QFD) como herramienta para el mejoramiento de la calidad en el proceso de fabricación de ollas de aluminio*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003. 111 p.
3. MONTENEGRO GONZÁLEZ, Carlos Arnoldo. *Incremento de productividad y calidad en una prensa offset: mediante la aplicación del sistema Kaizen*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006. 120 p.
4. OHNO, Taiichi. *Toyota production system: beyond large scale production*. USA: Productivity Press, 1988. 143 p.
5. TERCERO DOMÍNGUEZ, Oliver Armando. *Aplicación de la metodología de cinco eses (5's), dentro del proceso de mejora continua, de la empresa Inmoka S.A.* Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005. 220 p.

6. VARGAS RODRÍGUEZ, Héctor. *Manual de implementación del programa 5'S*. Colombia: s.e., 2004. 61 p.