

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1 METODOLOGÍA SEIS SIGMA

1.1 Fundamentos del Seis Sigma

En este capítulo se presentan conceptos como calidad y variabilidad, seis sigma y algunas de las herramientas que se utilizan comúnmente con esta metodología, con el fin de obtener los mejores resultados en el desarrollo de este proyecto.

1.1.1 Calidad

La palabra calidad tiene múltiples significados. La calidad es una propiedad específica de cualquier cosa, que permite que ésta sea comparada con cualquier otra de su misma especie.

La calidad de un bien o servicio es la percepción que el cliente tiene del mismo. Es una fijación mental del consumidor que asume conformidad con un bien o servicio determinado, que solo permanece hasta el punto de necesitar nuevas especificaciones. La calidad es un conjunto de propiedades inherentes a un objeto que le confieren capacidad para satisfacer necesidades implícitas o explícitas.

Debe definirse en el contexto que se esté considerando, por ejemplo, la calidad del servicio postal, del servicio dental, del producto, de vida, etc. Es la capacidad de un bien o servicio para satisfacer las necesidades del cliente o usuario

El aseguramiento de la Calidad se podría definir como aquellas acciones que hacen que un producto o servicio cumpla con unos determinados requisitos de calidad. Si estos requisitos de calidad reflejan completamente las necesidades de los clientes se podrá decir que se cumple el aseguramiento de la calidad.

1.1.2 Aseguramiento de la Calidad

El aseguramiento de la calidad, se puede definir como el esfuerzo total para plantear, organizar, dirigir y controlar la calidad en un sistema de producción con el objetivo de dar al cliente productos con la calidad adecuada. Es simplemente asegurar que la calidad sea lo que debe ser.

En las industrias manufactureras se crearon y refinaron métodos modernos de aseguramiento de la calidad. La introducción y adopción de programas de aseguramiento de la calidad en servicios, ha quedado a la zaga de la manufactura, quizá tanto como una década.

Los administradores de organizaciones de servicio por costumbre han supuesto que su servicio es aceptable cuando los clientes no se quejan con frecuencia. Sólo en ultimas fechas se han dado cuenta que se puede administrar la calidad del servicio como arma competitiva.

La administración general, en las que están los grupos de finanzas y ventas, tiene la responsabilidad general de planear y ejecutar el programa de aseguramiento de la calidad.

1.1.3 Variabilidad

La variabilidad es un concepto fundamental en estadística. Hay muchas medidas de variabilidad o medidas de dispersión para una colección de datos cuantitativos. Entre estas medidas tenemos:

- El rango.
- El rango intercuartil.
- La varianza.
- La desviación estándar.

Las medidas de dispersión muestran la variabilidad de una distribución, indicando por medio de un número o estadístico si las diferentes puntuaciones de una variable están muy alejadas de la media. Cuanto mayor sea ese valor mayor será la variabilidad, cuanto menor sea, mas homogéneo será a la media. Así se sabe si todos los casos son parecidos o varían mucho entre ellos.

Para calcular la variabilidad que una distribución tiene respecto de su media, se calcula la media de las desviaciones de las puntuaciones respecto a la media aritmética. Pero la suma de las desviaciones es siempre cero, así que se adoptan

dos clases de estrategias para salvar este problema. Una es tomando las desviaciones en valor absoluto (Desviación media) y otra es tomando las desviaciones al cuadrado

El rango no siempre es una medida sensible para la dispersión o variabilidad de una colección de datos. Y tiene otra desventaja: puede afectarse drásticamente por la presencia de valores extremos de los datos, llamados en ocasiones observaciones aberrantes.

1.1.4 Calidad y Variabilidad

La característica de calidad esta basada en una combinación de variables y factores presentes en el proceso productivo, es decir las herramientas y factores externos que afectan a la producción (maquinaria, velocidad de la máquina, temperatura, etc.)

La variabilidad o fluctuación de los valores de medición de las características de calidad del producto es una consecuencia de la fluctuación de todos los factores y variables que afectan el proceso. Así se tiene como ejemplo, que la cantidad pesada sea la misma todo el tiempo, o la temperatura del proceso la misma siempre, la alimentación de la maquinaria etc. Estos factores son los llamados ruidos y son los que condicionan la calidad del producto.

De igual manera sucede en la prestación de servicios, existen factores que condicionan el funcionamiento de estos procesos como; la atención del personal, la hora de llegada del personal, lugar de trabajo etc. Estos van a ser los determinantes a la hora de determinar la calidad del servicio

La filosofía seis sigma se basa en herramientas, que buscan disminuir las dispersiones que tiene un proceso productivo, a través de la mejora continua de la calidad.

Por medio de herramientas estadísticas, un grupo de personas pueden obtener la media de una lista de datos, obtenidos del muestreo del proceso, la media no

obstante no explica realmente la tendencia que tiene el proyecto. Por lo cual se realiza un cálculo de la desviación estándar

En el siguiente ejemplo se puede observar la variabilidad que existe entre dos procesos productivos.

Se obtienen los siguientes datos de preparación de alimentos (minutos) de dos restaurantes de comidas rápidas:

Restaurant A	5,3	6,2	5,8	5,9	6,5	6,3	5,4	6,2	5,9	5,4
Restaurant B	6,2	5,1	4,0	5,5	6,2	5,1	8,3	8,0	4,4	6,1

Se obtienen los siguientes resultados:

	Media	Mediana	Moda
Restaurant A	5,89	5,8	6,2
Restaurant B	5,89	5,8	6,2

Observando los datos obtenidos se puede asumir que en promedio los dos restaurantes entregan en promedio la comida al mismo tiempo, siendo difícil observar el proceso de cada uno de los restaurantes. Es por esto que se requieren de herramientas más precisas como el rango y la desviación estándar.

Entonces:

	Rango	Desviación estándar
Restaurant A	1,2	0,42
Restaurant B	4,3	1,4

El Restaurant que presenta un mayor rango es el B, sin embargo esto, en algunos casos puede llevar a conclusiones erróneas, es por esto que con la desviación estándar se confirma que el restaurante B es el que tiene una mayor variación en los procesos.

Como conclusión si se desea obtener una menor desviación en los procesos se debe recurrir al restaurante A.

A partir de este punto, se busca reducir esos espacios que se crean entre cada proceso, como lo afirma el seis sigma; éste busca reducir los defectos y la variabilidad, así como también aumentar la velocidad del proceso eliminando los tiempos muertos y reduciendo el valor agregado.

Al tener una tabla de datos, se puede ver claramente la desviación o variabilidad que tienen los datos y según el grafico que se consigue se puede determinar la tendencia del proceso y las causas más probables para que suceda dicho defecto.

1.1.5 Historia del Seis Sigma

El seis sigma es una metodología desarrollada por Motorola, en la década de 1980. Mikel Harry ingeniero de la empresa determina básicamente que la satisfacción de los clientes esta dada por la variabilidad en los procesos, y no por el promedio de desarrollo de los mismos; como se explica anteriormente en "Calidad y Variabilidad".

Bob Bossidy acude a una conferencia dictada por Bob Galvin director de Motorola en la que explica como Motorola logra una mejora en la calidad en sus procesos mediante la aplicación de la metodología seis sigma.

Bossidy se retira de General Electric para dirigir un gran conglomerado Allied Signal a principios de 1990. En pocos meses Bossidy logró mejoras importantes con el seis sigma, tanto en efectividad como en eficiencia, concentrándose en medidas de efectividad sobre los clientes y obteniendo una mayor eficiencia sobre los procesos empresariales y formación de equipos seis sigma para mejorar el rendimiento. En tan solo tres años Alliedsignal ahorro millones de dólares y aumentó su reputación sobre los clientes sin recurrir a despidos masivos para la reducción de costos.

Posteriormente Jack Welch CEO o director de General Electric acude a Bossidy sobre la manera en la que había mejorado notablemente el desempeño de AlliedSignal, fue ahí cuando General Electric adopta esta nueva filosofía; haciendo de esta filosofía la más popular de la historia.¹

En la actualidad existen una gran variedad de empresas que han adoptado esta nueva metodología, por supuesto, no todas han tenido el mismo éxito que han tenido las otras compañías. La mayoría de las grandes compañías lo único que quieren es obtener beneficios económicos a corto plazo, y ven en la metodología seis sigma una manera de hacerlo.

El seis sigma es una metodología que funciona siempre y cuando las metas y los objetivos planteados sean a largo plazo, como se describe en temas posteriores.

Debido a que en esta filosofía se utilizan datos y hechos para la toma de decisiones en la organización, el manejo de herramientas estadísticas es primordial para una buena implementación del seis sigma.

¹ GEORGE ECKES, "El six sigma para todos", Grupo Ed. Norma, 2004.

Todas las personas que se encuentran dentro de la organización tiene que tomar parte en el seis sigma y ser afectados por él, no importa cual sea la posición que ocupe la persona en la organización.

1.1.6 ¿Que es Seis Sigma?

El seis sigma principalmente se refiere a ser más eficientes y eficaces. Desgraciadamente la mayoría de las empresas en nuestro medio son ineficientes y ineficaces lo que conlleva a clientes descontentos que desperdician el dinero debido a que los procesos no operan en óptimas condiciones.

La Eficacia se refiere al grado de satisfacción que obtienen los clientes al adquirir un bien o servicio y la eficiencia es la cantidad de recursos que la empresa consume para llegar a ser eficaces.

La medición técnica de cuántos casos de insatisfacción de clientes ocurren en un millón de oportunidades es un concepto mediante el cual se basa el seis sigma. Dentro de la aplicación en la empresa A, en caso de existir un millón de clientes que la empresa despacha en un año y que en el millón de clientes tan solo 3 de estos clientes quedan insatisfechos, entonces se puede decir que la empresa en ese año ha alcanzado un nivel 6 sigma. Si se presentarán 233 clientes insatisfechos por cada millón de clientes entonces podemos decir que la empresa es 5 sigma.²

Existen tres componentes principales que nos van ayudar a ser mas eficientes y eficaces.

1.1.7 Administración del proceso empresarial

Al iniciar una estrategia de calidad seis sigma, la alta gerencia es la primera que debe estar involucrada. El primer paso que deben cumplir las grandes empresas es la de identificar los procesos ya que los clientes no se entienden con la organización por medio de las funciones de los empleados sino a través de una serie de procesos.

² GEORGE ECKES, "El six sigma para todos", Grupo Ed. Norma, 2004.

Para la empresa A existen varios procesos que intervienen en la entrega del producto al cliente. En el proceso de entrega de cubiertas pasaran por una serie de procesos (orden del pedido, ventas, producción, mantenimiento, servicio al cliente, etc.)

Es por esto que la alta gerencia debe identificar los procesos clave de la compañía, medir su eficiencia y eficacia e iniciar mejoras en los que no estén rindiendo satisfactoriamente. En seguida el sistema se centra en el mejoramiento de procesos de peor desempeño y de mayor impacto.

1.1.8 Tácticas del seis sigma

En los primeros meses de implementación de la estrategia seis sigma los cambios dentro del entorno empresarial pueden ser muy pocos o nulos, debido a que la alta gerencia se encuentra determinando los procesos de bajo desempeño. Dentro de este período de tiempo va existir mucho escepticismo por parte de los trabajadores en cuanto a la implementación de la nueva estrategia, es por esto que las personas involucradas directamente con el proyecto tienen la obligación de convencer a los demás que el seis sigma si funciona.

Para comprender de manera conceptual al seis sigma, se lo va a relacionar con el método científico: un método que identifica el problema, mide su magnitud, determina por qué ocurrió y genera soluciones para corregir el problema.

En la figura 1.1 se describe los pasos del seis sigma relacionados con el método científico.

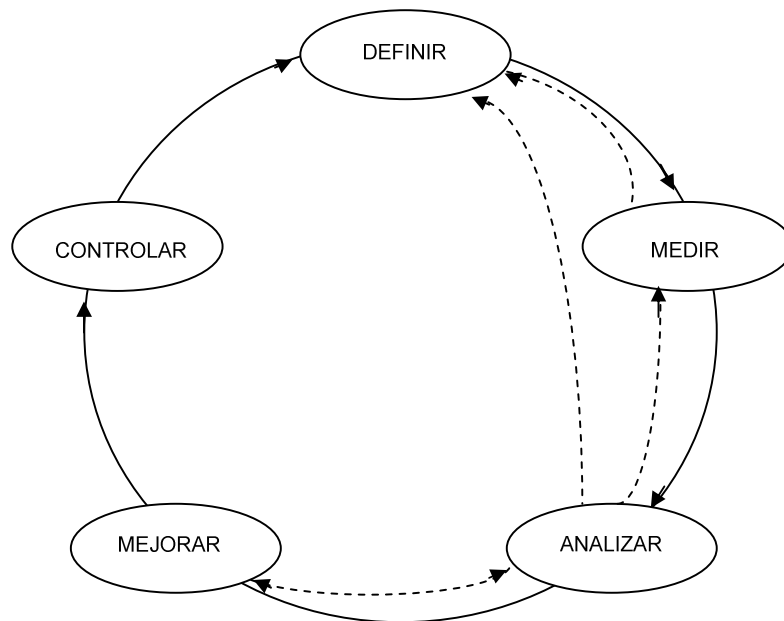


Figura 1.1 Metodología DMAMC.

1.1.9 Los Cinco Pasos del Seis Sigma

En la aplicación de las tácticas seis sigma existen 5 pasos de alto nivel: definir, medir, analizar, mejorar y controlar conocido como DMAMC o DMAIC por sus siglas en inglés.

En el paso de Analizar se organiza el equipo del proyecto, se prepara un cuadro se determinan y verifican necesidades y requisitos de los clientes; y finalmente se crea un diagrama del proceso actual.

El segundo paso es medir, en este paso se calcula el actual desempeño sigma del proceso.

El tercer paso es analizar, durante este paso el equipo analiza los datos obtenidos y el proceso, lo que lleva finalmente a determinar las causas del mal desempeño sigma.

El cuarto paso es mejorar, en este paso el equipo genera y selecciona una serie de soluciones encaminadas a mejorar el desempeño sigma.

El quinto y último paso es controlar, aquí se aplica una serie de herramientas y técnicas al proceso mejorado a fin de que el mejoramiento del desempeño sigma no decaiga con el tiempo.

1.1.9.1 Etapa Definir

La etapa definición comprende tres subdivisiones, cada una de las cuales comprende un trabajo específico que debe realizar un equipo.

- 1 Cuadro. Es una serie de información que brinda una motivación y un propósito al equipo de trabajo sigma. Dentro del cual se encuentra:
 - El impacto en el negocio: Consta de una o dos afirmaciones que indican por qué se debe realizar el proyecto y cuáles son los objetivos estratégicos empresariales que son afectados por el proyecto.
 - El planteamiento del problema: Es una breve descripción del problema, donde indica cómo se originó, detallar una diferencia entre el estado actual y a donde se quiere llegar. Debe redactarse de manera específica y sin culpar a nadie o tratar de encontrar causas y posibles soluciones
 - El alcance del proyecto: Hace referencia en lo que el equipo debe concentrarse, y que es lo que debe evitarse. Es muy indispensable definir en qué van a trabajar y en qué no, de esta manera se evita tocar temas que no tienen relación con el proyecto.
 - Las metas y los objetivos: Comprenden el alcance del equipo en los próximos meses de existencia.
 - Los hitos del camino: Indican al equipo cuando y donde debe estar en el proceso DMAMC. Por ejemplo para definir y medir no se debe

tomar más de ocho semanas, para analizar seis semanas y así sucesivamente de acuerdo al tamaño del proyecto.

- Las funciones y responsabilidades del equipo: Existen varias funciones que van asegurar el éxito del equipo seis sigma. En primer lugar, el *campeón corporativo*, trabaja conjuntamente con el Gerente con el fin de obtener ayuda financiera y su participación en el proyecto. Es el encargado de organizar, entrenar, liderar, a los campeones de cada unidad de negocio.

Campeón (Champion). El campeón es principalmente entrenado en identificar los procesos claves basado en el valor presente neto (potencialmente pueden contribuir con el valor de las acciones de la empresa).

Los parámetros críticos para la calidad y la demora en los procesos son desarrollados en proyectos y luego priorizados. Estos proyectos (ejecutar reducción de costos, mejoramiento de calidad, etc.) son ejecutados por los cinturones negros, que han sido entrenados en las herramientas del seis sigma.

Los cinturones verdes (Green Belt) cumplen la función de participar en los proyectos con los cinturones negros y bajo la tutela de los mismos y no trabajan a tiempo completo en los proyectos.

En la figura 1.2 se puede observar como se encuentran distribuidos cada uno de los miembros del equipo seis sigma dentro de una organización

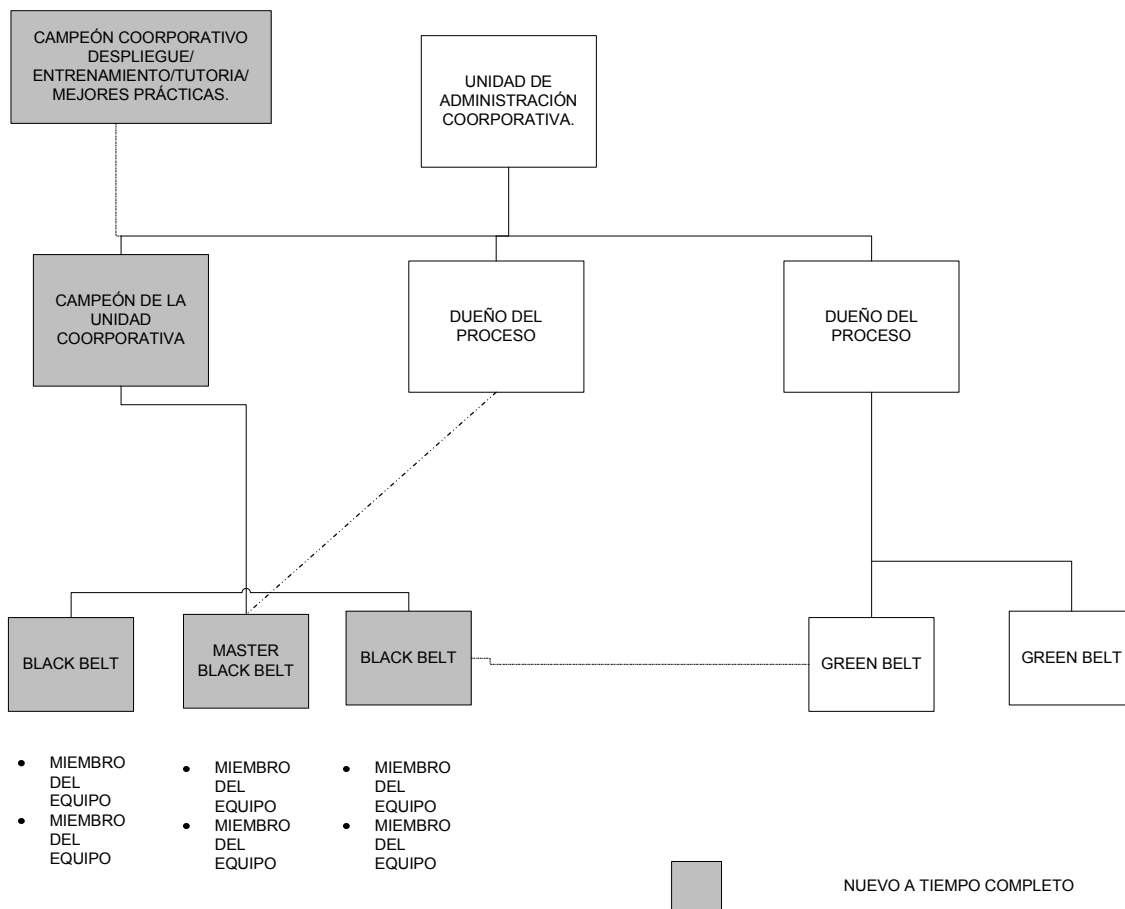


Figura1.2 Infraestructura seis sigma.

Las funciones y responsabilidades de cada uno de los miembros del equipo seis sigma y sus interrelaciones se puede observar en la figura 1.3

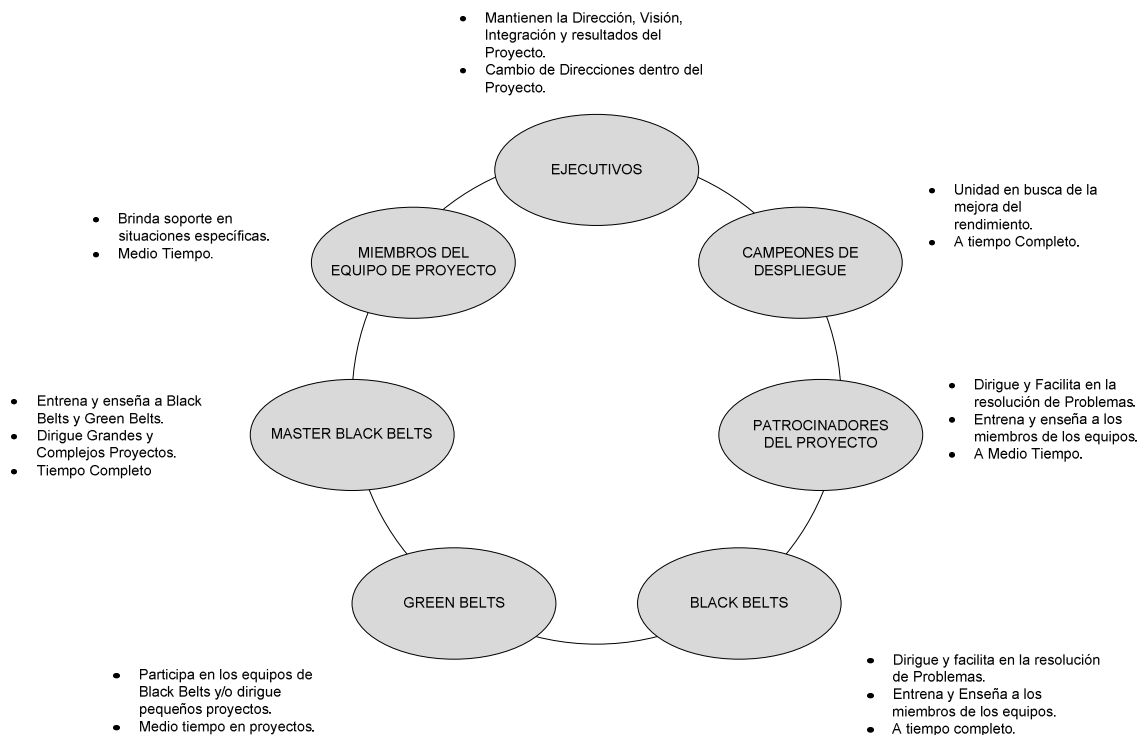


Figura 1.3 Características del grupo de mejora Seis sigma³.

2 Clientes necesidades y requisitos

En todo proyecto existen clientes, que son los que reciben el producto o servicio del proceso escogido para mejorar. Todo cliente tiene una necesidad (o varias) que debe satisfacer el proveedor. Para cada necesidad que se necesita satisfacer existen varios requisitos; los requisitos son las características de la necesidad que determinan si el cliente queda satisfecho con el producto o servicio que recibe.

3 Diagrama de proceso global

En este último paso de la etapa definir se crea un diagrama de proceso global. Anteriormente se define a un proceso como una serie de pasos y actividades que reciben insumos, agregan valor y entregan un producto.

³ Michael George, "Lean Six Sigma: Combining six sigma quality with lean speed", Performance improvement organization structure, McGraw-Hill, 2002.

Los símbolos que se utilizan en el diagrama de proceso se describen en la figura 1.4

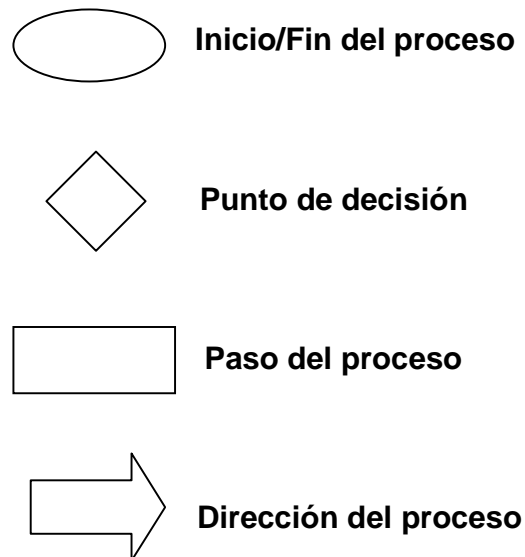


FIGURA 1.4 Símbolos del diagrama de un proceso.

1.1.9.2 Etapa Medir

En la etapa de medición existen dos peajes principales: la creación del plan de recolección de datos y su ejecución. Esta etapa es un paso relativamente sencillo de la metodología seis sigma, lo que si es muy importante recordar, es que el equipo debe tomar en cuenta la eficiencia y eficacia del proceso que en el que se trabaja. La eficacia se refiere a las mediciones del producto que satisfacen al cliente y la eficacia de los proveedores. Las medidas de eficiencia se refieren a lo que ocurre dentro del proceso, ya sea tiempo que se gasta, costos, trabajo o valor que se consumen entre puntos de inicio y fin de los diagramas del proceso.

En la siguiente figura se observa tres áreas en las que se deben hacer mediciones, que es importante para el cliente; como el insumo y el proceso mismo.

Mediciones de materia prima (eficacia de los proveedores)	Mediciones del proceso (eficiencia de la empresa)	Mediciones del producto Eficacia de la empresa
Las mediciones clave de calidad exigidas a proveedores	Las mediciones clave del proceso: <ul style="list-style-type: none"> • Costo • Mano de obra • Tiempo de ciclo 	Las mediciones que satisfacen o exceden el los requisitos de los clientes

Figura 1.5. Áreas de medición.

1. Creación del plan de recolección de datos

Aquí existen nueve pasos esenciales. Cada uno de los cuales es importante, debido a que va ayudar a calcular el último que es la línea base sigma.

A continuación los pasos a seguir con su respectiva definición:

Qué medir ?.- Se coloca los requisitos determinados en la etapa de medir

Tipo de medición.- Existen dos errores principalmente. El primero que los equipos no miden lo suficiente y el segundo es que miden demasiado. Generalmente se realizan de dos a tres mediciones del producto, una o dos del insumo y por lo menos una del proceso.

Tipo de datos.- Dos tipos de datos: discretos y continuos. Los discretos son binarios, encendido/apagado. Los datos continuos describen magnitudes como: peso, altura, minutos, etc.

Definiciones operativas.- Es una descripción sobre la cual todas las personas afectadas tiene una comprensión en común. Es necesario obtener una descripción sobre lo que se esta midiendo para que los miembros del equipo tengan el mismo conocimiento sobre el proceso que se mide.

Las metas y especificaciones.- La meta se refiere al comportamiento ideal del producto sobre el cliente. Por ejemplo la entrega de un bien o servicio en un periodo de tiempo. Las especificaciones, se refiere al bien o servicio menos aceptable para el cliente. Por ejemplo una entrega de un pedido entre 8:00am y 10:00am.

Formularios para recoger datos: Existen varios tipos de formularios para recolectar datos, según el tipo de datos estos pueden ser discretos o continuos.

El muestreo.- Proceso mediante el cual se toma una porción de la totalidad de los datos, en los casos en que la población a medir sea demasiado grande. La muestra tiene que tomarse al azar y esta tiene que ser representativa.

2. Ejecución del plan de recolección de datos

Existen varios métodos para calcular la línea base sigma. El más utilizado es determinar que es una unidad, un defecto y una oportunidad para el proyecto. En el proyecto de entrega de cubiertas, la cubierta es la unidad y un defecto puede originarse en la entrega demasiado tarde. Dentro de la investigación en la empresa A, se debe analizar mas detalladamente en lo que se refiere a la entrega de productos a los clientes; como la cantidad del pedido y la calidad de los productos para obtener el desempeño sigma. Véase un ejemplo

Unidad de orden de pedido: Una entrega

Defectos del pedido: Entrega demasiado tarde, inexactitud en la cantidad pedida, fallas en el producto.

Número de oportunidades: 3 (Una por cada una de las maneras de generar un defecto)

Realizando 10 entregas, o 10 lotes a diferentes clientes se determina lo siguiente:

Tiempo de entrega atrasado o adelantado: 5

Cantidad pedida inexacta: 3

Defectos en la producción: 0

Para calcular los defectos por millón de oportunidades se plantea:

$$\frac{\text{Número de defectos}}{\text{Número de unidades} \times \text{Número de oportunidades}} \times 1'000.000 \quad (1.1)$$

En el ejemplo se tiene 8 defectos, 10 unidades y 3 oportunidades. Entonces calculando se tiene:

$$\frac{8}{10 \times 3} \times 1'000.000 \quad (1.2)$$

$$0,26666 \times 1'000.000 = 260.000 \text{ defectos por millón de oportunidades}$$

Usando la tabla de desempeño sigma obtenemos 260.000 defectos por millón que equivale a un 2,3 a 2,2 σ .⁴

1.1.9.3 Etapa Analizar

Tres etapas en analizar: análisis de datos, análisis del proceso y análisis de causa raíz.

1. Análisis de datos

Los datos obtenidos en la fase de medición especialmente si se va a mejorar la eficacia del proceso productivo. El tipo de análisis depende de la naturaleza de los mismos, ya sean discretos o continuos

⁴ GEORGE ECKES, "El six sigma para todos", Tabla de conversión de capacidad de un proceso, Grupo Ed. Norma, 2004.

Las herramientas estadísticas utilizadas para el análisis de datos discretos, comúnmente son el diagrama de Pareto, el diagrama de pastel, entre otros

Para el caso del análisis de datos continuos se utilizan herramientas como: histograma de frecuencias, gráficas de control, capacidad de proceso, etc.

En el siguiente capítulo va a realizarse una descripción de las esas herramientas así como también de un análisis de los datos continuos.

2. Análisis del proceso

El análisis del proceso incluye un gráfico más detallado del proceso y un análisis para descubrir las partes en donde se encuentren las mayores ineficiencias.

Con el fin de obtener una mejora, los procesos productivos deben estar seguidos de subprocesos para detallar las actividades realizadas y así encontrar más fácilmente la causa del problema. Se dice que un subproceso agrega valor cuando se cumplen los siguientes requisitos:

- El cliente de ese paso lo considera importante.
- Existe un cambio real en el producto o servicio.
- Se hace correctamente desde la primera vez.

En caso de existir algún paso que no agregue valor al producto, se debe clasificar en uno de los siguientes tipos de actividades que no agregan valor:

- *Falla interna*: Pasos que tienen que repetirse.
- *Falla externa*: Fallas del proceso observadas por el cliente.
- *Demora*: espera en el proceso.
- *Control y/o inspección*: Pasos del proceso que verifican si el paso anterior se realizó correctamente.
- *Traslado*: Pasos que mueven un producto o elemento en servicio de un lugar a otro.

- *Habilitación de valor:* Un paso que no agrega valor al producto y que no se escogería para mejoramiento porque es necesario para el funcionamiento de la organización.

3. Análisis de las causas raíz

Esta etapa es la más importante en el proceso de análisis.

Tres pasos del análisis de la causa raíz

Para obtener un análisis acertado el equipo de trabajo debe seguir tres pasos fundamentales. Dichos pasos son:

- a. *El paso de apertura.-* En esta fase el equipo hace una tormenta de ideas para identificar las posibles causas del desempeño sigma vigente.
- b. *El paso de reducción:* El equipo reduce la lista de las posibles explicaciones del actual desempeño sigma.
- c. *El paso de cierre:* En esta fase se aprueba la lista de las explicaciones.

1.1.9.4 Etapa Mejorar

Si se realiza un buen trabajo en la etapa de analizar las causas raíz, la fase de mejorar resulta rápida, fácil y satisfactoria. Hay dos pasos a seguir en la etapa de mejorar:

- Generar soluciones
- Escoger correctamente las soluciones

De todas las herramientas asociadas con la metodología DMAMC, las utilizadas comúnmente en la fase de Mejora representa una combinación de lean y seis sigma. Reducción de seteo de máquina y mantenimiento productivo total, por ejemplo, son herramientas de uso común en Lean para reducción de trabajo en proceso y demoras en proceso. Herramientas como DOE y mapeo de procesos representa acercamientos a Seis sigma.

Es por esto que para generar soluciones y escogerlas correctamente es necesario utilizar las herramientas de lean y seis sigma para lograr los mejores resultados sobre el proyecto.

1.1.9.5 Etapa Controlar

En esta última etapa existen dos pasos a seguir. Estos son:

1. Determinar el método técnico de control
2. Crear un plan de respuesta

1. Determinación del método técnico de control

Una vez efectuada la mejora, es importante observar que las soluciones sean duraderas. El método técnico de control se basa en el volumen de desempeño del proceso y de la estandarización que tiene dicho proceso.

2. Creación de un plan de respuesta

Describe en un diagrama el proceso ideal que el equipo ha creado, las medidas más importantes para el proceso, las metas y especificaciones verificadas por los clientes del proceso, los métodos de recolección de datos, los métodos de control elegidos por el equipo y las mejoras más notables del proceso.

La metodología seis sigma, como se describe anteriormente no es una serie de pasos complicados que requieren un dominio avanzado de la estadística y matemática. Por el contrario las etapas DMAMC son muy similares a la metodología del ciclo PDCA de Deming.

Es muy importante tomar en cuenta la etapa del análisis debido a que, de esta etapa depende el éxito del proyecto. Sin un análisis adecuado el desarrollo de etapas posteriores y anteriores al proyecto llevarían a un fracaso seguro al proyecto.

1.2 Lean Seis Sigma

1.2.1 Fundamentos del Lean Seis Sigma

Welch⁵ estableció que la mejora del tiempo de producción tiene igual importancia que la calidad del bien o servicio. Tomando en cuenta esta hipótesis de Welch, se puede concluir que se logra una mejora en el desempeño de la compañía reduciendo el tiempo de producción (lean production), tanto como en la reducción de la variación en la calidad (Seis sigma).

La mayoría de los métodos que involucra el seis sigma no se enfocan en el tiempo, se preocupan específicamente en identificar y eliminar los defectos. Cualquier resultado de ahorro en el tiempo obtenido de un proyecto seis sigma son continuamente producto de la reducción de defectos. Es por esto que las compañías que se encuentran involucradas con una metodología seis sigma, deben enfocarse en la reducción del tiempo de producción y no solamente en la reducción o eliminación de los defectos.

Los métodos "Lean" son un nuevo set de herramientas y principios que van a permitir de manera rápida y confiable reducir el tiempo de producción, además de reducir el inventario y costos de producción. El uso de estas herramientas acelera la tasa de reducción de tiempo de producción, y los costos de calidad.

Como beneficios adicionales de la aplicación de Lean Seis Sigma en el área de trabajo se puede observar:

- Obtener una mayor cantidad de ganancias para la compañía
 - Reducir costos.
 - Mejorar el tiempo de entrega.
 - Reducir Inventario.
 - Aumentar la satisfacción del cliente.

- Desarrollo de habilidades en el trabajo

⁵ Michael George, "Lean Six Sigma: Combining six sigma quality with lean speed", McGraw-Hill, 2002

- Toma de decisiones.
 - Solución de problemas.
 - Trabajo en equipo.
- Mejora del trabajo y del lugar de trabajo
 - Reducción de desechos en el puesto de trabajo.

Una de las interrogantes que surge al hablar de estrategias seis sigma y métodos lean es: Cómo se encuentran las compañías al aplicar continuamente iniciativas de mejoramiento?. La información obtenida con respecto a este tema arroja resultados inesperados. Más de la mitad de las compañías no lograron cumplir con un 98% de sus entregas a tiempo y un cuarto de las mismas no lograron reducir ni en un 20% el tiempo de producción en los últimos cinco años. Estas tasas de mejoramiento son demasiado lentas, y sorprendentemente las autoevaluaciones de estas compañías arrojan un resultado positivo erróneo en la mejora de calidad y en los tiempos de producción.⁶

1.2.2 Lean Manufacturing y Seis Sigma

Muchas de las compañías que han demostrado poco progreso en reducción de inventarios han aplicado métodos “Lean”. Aparentemente, a pesar de que la mayoría de los trabajadores comprenden la metodología “Lean”, estos no son lo suficientemente efectivos en su implementación. Las grandes empresas manufactureras logran una mejora, pero desafortunadamente en pequeñas áreas.

La clave del éxito en la mejora de los procesos productivos es la implementación de estas dos metodologías para obtener el mayor beneficio en relación a la calidad y a la reducción del tiempo de producción.

El lean seis sigma es una metodología que maximiza el valor de las acciones de una empresa logrando una mejora en la satisfacción del cliente, calidad, costo, velocidad del proceso y capital invertido.

⁶ Michael George, “Lean six sigma: Combining six sigma with Lean speed”, McGrawhill, 2002.

La fusión de Lean y seis sigma es requerida por:

- “Lean” no puede controlar un proceso mediante la estadística.
- Seis Sigma no puede mejorar la velocidad de un proceso o reducir el capital invertido

Normalmente las personas creen que si un proceso se realiza con rapidez, el resultado de este proceso va a ser de una calidad muy pobre, obteniendo así, un producto o servicio totalmente insatisfactorio para el cliente.

La calidad y la rapidez de un proceso tienen una relación muy estrecha. Un hecho sorprendente es que el 10% de desecho produce una reducción en la velocidad de la producción de la compañía en un 40% .

1.3 Herramientas Seis Sigma

1.3.1 Descripción de Herramientas

Las herramientas a utilizar son de uso estadístico principalmente, van a ser de gran utilidad al momento de analizar los datos continuos y discontinuos que se presentan en el proceso productivo. Estas son:

- Análisis de la Varianza (ANOVA):
- Árbol Crítico para la Calidad:
- El Diagrama del proceso.
- Histogramas.
- Diagrama de Pareto.
- Hoja de Resumen del Análisis del Proceso.
- Diagrama de Causa y Efecto.
- Diagrama de Dispersión.
- Diagrama de Control.
- Value Stream Map.
- Spaghetti Chart.

1.3.2 Análisis de la Varianza (ANOVA)

El análisis de varianza (ANOVA) es un método estadístico usado para poner a prueba la igualdad de dos o más medias poblacionales; es una extensión o generalización de la prueba t para dos muestras independientes. Los problemas donde normalmente se usa este análisis es cuando se quiere demostrar una hipótesis. Al realizar las pruebas se obtienen los valores de las medidas, dentro de las cuales se debe de realizar una teoría de probabilidades donde se señala las probabilidades por las cuales sucede la variación. Por ello, resulta apropiado tomar en cuenta la forma en que las medias maestras harían de una muestra a otra, (varianza entre muestras), y la variabilidad de las medidas dentro de las mismas, (varianza al interior de las muestras). Para poder asegurar que ninguna factor influya en las medidas, el experimento debe de ser bien diseñado previamente y utilizando asignaciones aleatorias y así esperar que la variación dentro de las muestras no sea importante.

El análisis de la varianza de un criterio (ANOVA de un criterio) es una metodología para analizar la variación entre muestras y la variación al interior de las mismas con varianzas, en lugar de rango. Como tal, es un método estadístico útil para compara dos o más medidas poblacionales. El método de anova con un criterio requiere del cálculo de dos estimaciones independientes para σ^2 . La varianza poblacional común. Estas dos estimaciones se denotan por s_b^2 y s_w^2 . s_b^2 se denomina estimación de la varianza entre muestras y s_w^2 se denomina estimación de la varianza al interior de las muestras. El estadístico entonces resulta s_b^2 / s_w^2 y tiene una distribución maestra que sigue una función F.

Estadístico F para el Anova con un Criterio.

$$F = s_b^2 / s_w^2 \quad (1.3)$$

De donde se realizan los siguientes cálculos.

Para poder resolver la prueba de Anova se necesita encontrar la estimación de la varianza al interior de las muestras que se denota por la siguiente formula:

Estimación de la varianza al interior de las muestras.

$$s_w^2 = \sum s_i^2 / k \quad (1.4)$$

Como la muestra de medias muestrales tiene k elementos, la estimación de la varianza entre muestras s_w^2 tiene n-1 grados de libertad y se los denota con gl_w .

Grados de libertad s_w^2

$$Gl_w = k (n-1) \quad (1.5)$$

La media de la muestra K medias muestrales se llama la gran media y se denota por \bar{x} y esto es igual a:

Gran Media

$$\bar{x} = \sum \bar{x}_i / k \quad (1.6)$$

La varianza de la muestra de k medias muestrales es la suma de la ultima colman de la tabla dividida entre k-1. En consecuencia, el estimador s_b^2 esta dado por:

Varianza de k medias muestrales

$$s_b^2 = n \sum (\bar{x}_i - \bar{x})^2 / (k-1) \quad (1.7)$$

Como la muestra de medias muestrales tiene k elementos, la estimación de la varianza entre muestras s_b^2 tiene k-1 grados de libertad y se los denota con gl_b .

Grados de libertad s_b^2

$$gl_b = k-1 \quad (1.8)$$

Con estas formulas encontramos el F y con una tabla de valores críticos de las distribuciones $F(\alpha=0,05)$ encontramos el F_α se hace una comparación entre F y F_α . Si $F > F_\alpha$ significa que se debe rechazar la hipótesis.

1.3.3 Capacidad de un Proceso

La capacidad de un proceso, es la medida en la que dicho proceso puede satisfacer las especificaciones que determina el cliente. Estos valores se encuentran entre límites superior e inferior (LIE y LSE).

En la siguiente figura se especifica el Límite inferior especificado (LIE) y el Límite Superior Especificado (LSE), así como también se muestra un proceso que se encuentra entre los límites de control superior e inferior (LCS y LCI).

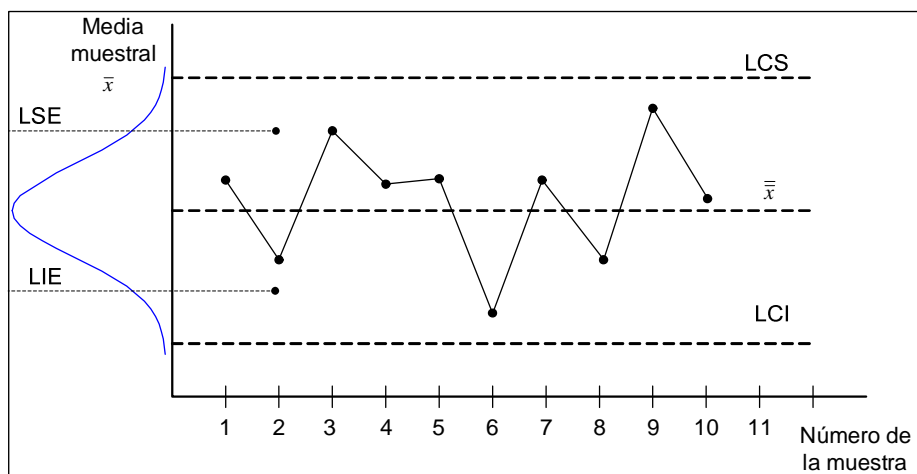


FIGURA 1.6 Gráfica de control

Al obtener características y valores de un proceso se asume que corresponde a una distribución normal, como se muestra en la figura y esta determinada por:

$$y = f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (1.9)$$

Donde μ es la media y σ es la desviación estándar

La capacidad del proceso (C_p), relaciona la diferencia entre los límites de especificación permitidos ($LSE-LIE$), con la diferencia algebraica de tres veces la desviación estándar a la izquierda y a la derecha de la media, lo que resulta en 6 (seis sigma).

$$C_p = \frac{LSE-LIE}{6\sigma} \quad (1.10)$$

1.3.3.1 Capacidad real del proceso

La capacidad del proceso (C_p) no indica exactamente que tan alejado o cercano está el promedio del proceso al valor deseado. Para el caso de una distribución normal no centrada, se utiliza el índice de capacidad real (C_{pk}) y esta dado por:

$$C_{pk} = \text{Mínimo} \left(\frac{LSE - \mu}{3\sigma} ; \frac{\mu - LIE}{3\sigma} \right) \quad (1.11)$$

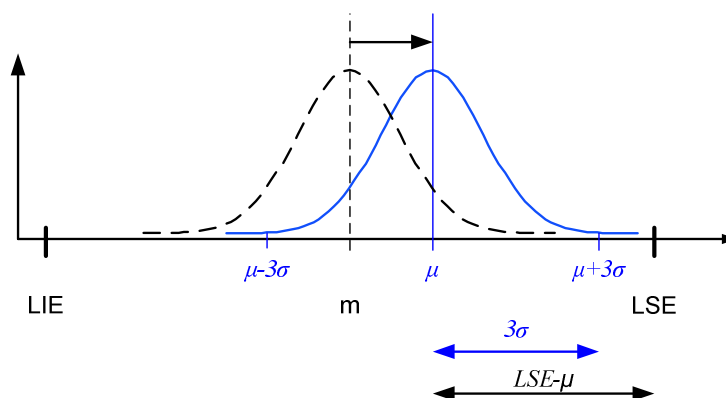


Figura 1.7 Capacidad Real de un proceso

Índice de desempeño a largo plazo

Mediante la ayuda del software apropiado (Minitab) , se puede encontrar índices Pp y Pk, estos valores representan la variación total incluyendo cambios o tendencias en período de tiempo largo.⁷

1.3.3.2 Diagramas de control

Las variaciones dentro de un proceso, pueden ocurrir debido a causas especiales o comunes. Las causas comunes ocurren debido a cambios en el sistema, como por ejemplo: diseño, selección de la maquinaria, mantenimiento; las causas especiales son acontecimientos inesperados y fuera del proceso. Como por ejemplo: un accidente, ausencia de un trabajador.

Las gráficas o diagramas de control se utilizan cuando las variaciones que ocurren dentro del proceso son debidas a causas comunes; estos diagramas sirven, como su nombre lo indica, para controlar el proceso una vez que se han aplicado mejoras al mismo.

1.3.3.3 Diagrama \bar{x}

Gráfica de control para la media del proceso

Si el proceso se encuentra controlado, las medias muestrales tendrán que variar alrededor de la media poblacional μ de manera aleatoria, y que casi todos los valores de \bar{x} tendrán que estar en el intervalo $\mu \pm 3\sigma_{\bar{x}}$.

⁷ Victor Pumisacho y Santiago Quevedo, "Implementación de la metodología seis sigma en el sistema productivo de la FMSB, Julio 2005.

Los elementos de un diagrama \bar{x} , considerando k muestras ($k \geq 25$), son los siguientes:

- Línea central: $\bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{x}_i}{k}$
- Límite superior de control: $LSC = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R}$
- Límite inferior de control: $LIC = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}$
- Rango promedio: $\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^k R_i}{k}$

Donde A_2 es una constante dependiente de n que generalmente viene tabulado en tablas.

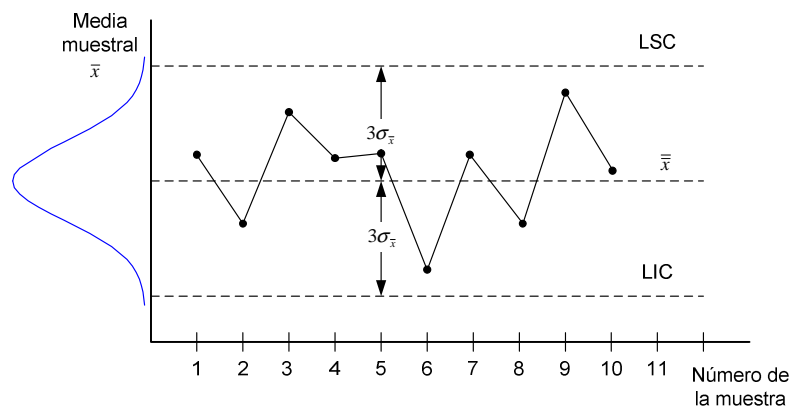


Figura 1.8 Diagrama \bar{x} para control.

1.3.3.4 Diagrama R

Gráfica de control para la variación del proceso

Al igual que el control del variable de calidad, es también importante el control de la variación del proceso. Mientras más pequeña sea la variancia de las mediciones, mayor será la probabilidad que estas mediciones estén dentro de las

especificaciones. Esta variación se controla transportando los valores del rango o amplitud de cada muestra a la gráfica denominada diagrama R .

Los elementos de un diagrama R , considerando k muestras ($k \geq 25$), son los siguientes:

- Línea central: $\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^k R_i}{k}$
- Límite superior de control: $LSC = D_4 \bar{R}$
- Límite inferior de control: $LIC = D_3 \bar{R}$, generalmente es cero.

Donde D_3 y D_4 son constantes dependientes de n que generalmente vienen tabulados en tablas junto con A_2 .

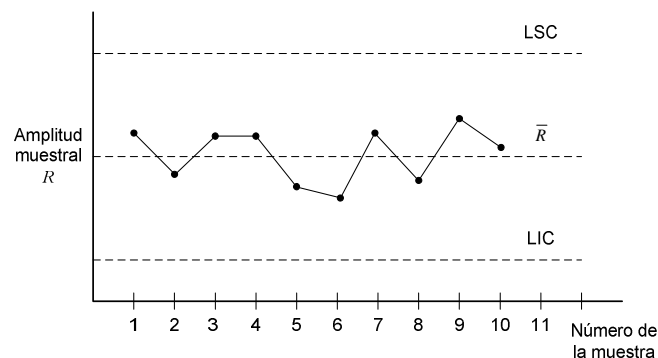


Figura 1.9 Diagrama R para control.

1.3.3.5 Diagrama p

Gráfica de control para la proporción de defectuosos:

Dentro de un proceso productivo existe el control de productos que son calificados como conformes o no a las especificaciones, para esto se calcula la proporción \hat{p} para cada muestra y se lleva estos resultados al gráfico denominado diagrama p .

Los elementos de un diagrama p , considerando k muestras ($k \geq 25$), son los siguientes:

- Línea central: $\bar{\hat{p}} = \frac{\sum_{i=1}^k \hat{p}_i}{k}$
- Límite superior de control: $LSC = \bar{\hat{p}} + 3 \sqrt{\frac{\bar{\hat{p}}(1-\bar{\hat{p}})}{n}}$
- Límite inferior de control: $LIC = \bar{\hat{p}} - 3 \sqrt{\frac{\bar{\hat{p}}(1-\bar{\hat{p}})}{n}}$

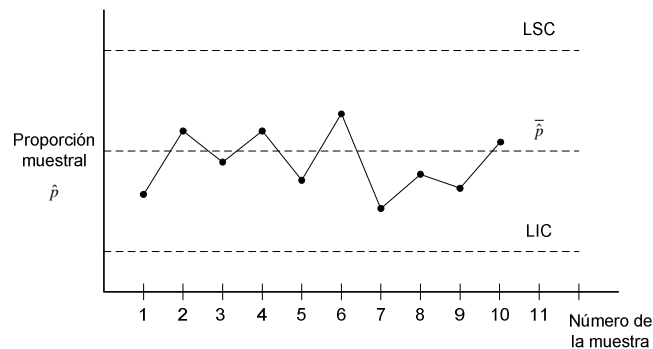


Figura 1.10 Diagrama \hat{p} para control.⁸

1.3.4 Análisis del Sistema de Medición

Dentro de los procesos de medición usando herramientas estadísticas, los sistemas de medición tienen una variabilidad que afecta a las mediciones en el momento de tomar medidas, por lo cual no se consideran ideales ya que no tienen un valor continuo. Pero hay forma de calcular la variación dentro de los parámetros, ya que dentro de las mediciones se ve la variación con respecto a la media y a este valor se le agrega la variación propia del sistema de medición usado. La forma se describe a continuación.

⁸ Victor Pumisacho y Santiago Quevedo, "Implementación de la metodología seis sigma en el sistema productivo de la FMSB, Julio 2005.

$$\sigma_{total}^2 = \sigma_{variación\ actual}^2 + \sigma_{sistema\ medición}^2 \quad (1.12)$$

La variación dentro del proceso puede ser ocasionada por 2 agentes:

- Instrumentos inexactos
- Inexperiencia del Operador.

El sistema de medición se caracteriza por las siguientes propiedades:

- Discriminación.
- Exactitud.
- Precision.

Discriminación

Esta propiedad se refiere a los decimales que el sistema puede medir dentro del proceso. Los incrementos de medición deben ser de aproximadamente un décimo del ancho de las especificaciones del producto o la variación del proceso.

Exactitud

El espacio que se mide entre la media total y el valor real medido se lo llama sesgo y es un índice que señala el error del instrumento de medición que se produjo durante la medición más conocido como error sistemático.

Esta propiedad se la puede regular dentro de un laboratorio realizando un estudio de calibración.

Precisión

Se conoce como precisión a la variación total que se produce en un muestreo o en un sistema de medición, Es una medida donde se representa la variación natural media de un conjunto de mediciones, que tiene como fórmula general:

$$\sigma_{SM}^2 = \sigma_{rpt}^2 + \sigma_{rpd}^2 \quad (1.13)$$

En donde:

σ_{rpt} : Es la repetitividad y es un índice de la variación que se produce debido al dispositivo usado para la medición, y ocurre cuando se repite la misma medición varias veces en las mismas condiciones ambientales y físicas. La repetitividad va a ser siempre menor que la variación total.

Este valor es estimado por la desviación estándar ponderada.

σ_{rpd} : Es la reproductibilidad y es un índice de la variación que se produce debido a la fallas humanas, Esta variación se la puede ver cuando se realiza pruebas en diferentes condiciones ambientales y físicas.

Este valor se lo encuentra estimado por la desviación estándar de los promedios.

1.3.5 Gage R&R

El gage R&R (estudio de la repetitividad y reproductibilidad) es un índice estadístico que permite saber que porcentaje la variación total es causada por el sistema de medición que se usa. La formula para encontrar este índice es la siguiente:

$$\% R \& R = \frac{\sigma_{SM}}{\sigma_{total}} \times 100 \quad (1.14)$$

Este Índice R&R permite decidir si el sistema de medición que se esta usando es el mas adecuado para la medición de la variación dentro del proceso.

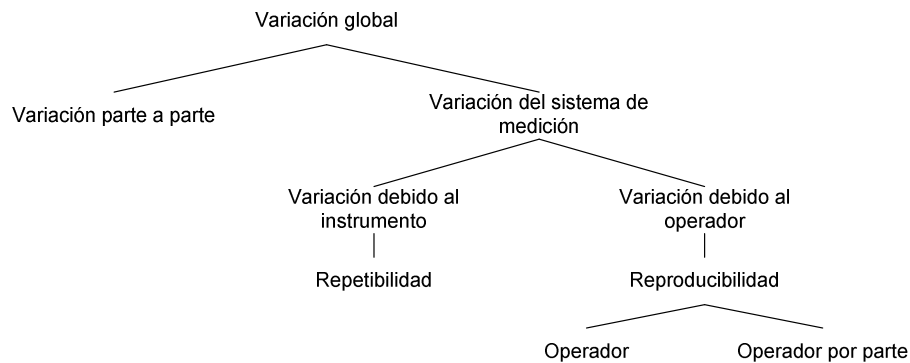


Figura 1.11. Repetitividad y Reproducibilidad.

1.3.6 Árbol Crítico para la Calidad

En este paso se realiza una reunión del personal, que esté envueltos dentro del proceso a mejorar, en este paso es crítico escoger las personas idóneas, que puedan aportar las mejores ideas. Se toma papeles y cada persona escribe las ideas que tiene en mente para mejorar, se escoge las mejores y hace una tormenta de ideas, donde se describa claramente las ideas que van a aportar, una solución a la falta de cumplimiento de las necesidades y requisitos que el cliente especifica. Están descritos los pasos para crear un árbol crítico para la calidad que es:

- a) Especificar la persona que va a recibir el producto final de nuestro proceso, puede ser un cliente si el producto ya sale de la empresa, o puede ser otra maquina que recibe el producto final de nuestra línea.
- b) Identificar la necesidad que tiene el cliente o el proceso siguiente.
- c) Identificar la característica principal de la necesidad del cliente que nos pueda señalar si se cumple la satisfacción del cliente o no.

En algunos casos se necesita especificar estas características para poder hacer un árbol más detallado donde se especifique todos los ámbitos.

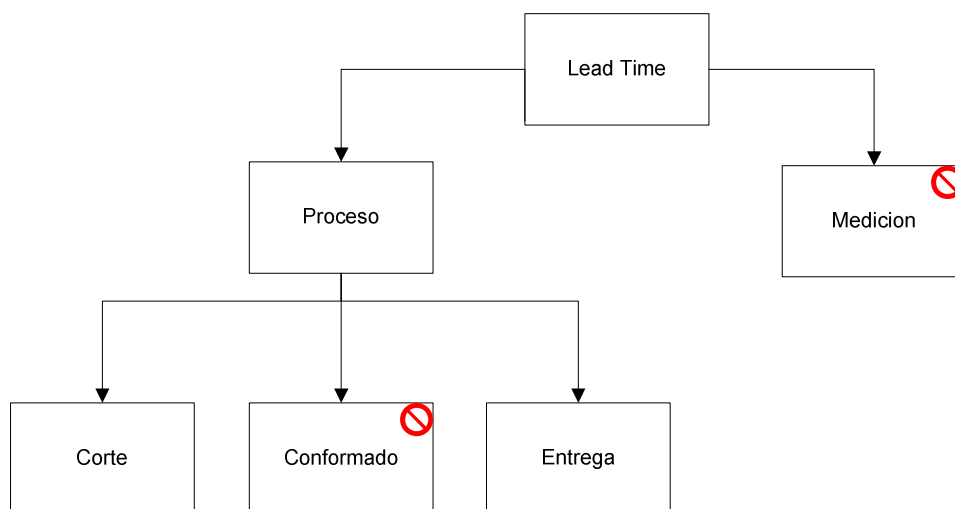


Figura 1.12 Árbol crítico de Calidad.

En esta gráfica se detalla los procesos a mejorar los procesos tachados son los que no se encuentran dentro del plan de mejora, quiere decir que no afectan directamente a la reducción de tiempo en el plan de producción.

1.3.7 Diagrama del Proceso

Es un gráfico, en donde se especifica claramente los pasos que sigue el proceso que se ha escogido para mejorar, en esta grafica se debe seguir los pasos con la finalidad de obtener un orden jerárquico, en donde se señalan los proveedores del proceso, los insumos que recibe de los proveedores, el nombre del proceso, el producto final del proceso y el cliente que va a recibir este producto.

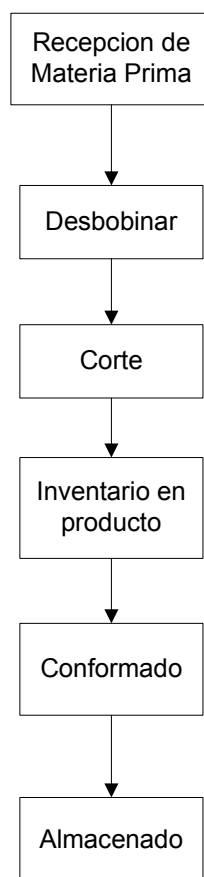


Figura 1.13 Diagrama de Proceso.

El primer paso para conseguir la gráfica ocurre en la fase definir, es cuando el equipo escoge los pasos más importantes dentro del proceso que se va mejorar.

En este paso se recomienda escoger entre cinco y siete procesos que estén involucrados directamente en los defectos que se quiere corregir.

El segundo paso en la creación de la grafica ocurre en la etapa de analizar, en este paso se realiza una descripción minuciosa sobre el proceso que fue escogido, señalando los subprocesos. El tercer paso se crea durante la etapa de mejorar e indica como se debe comportar el proceso ya mejorado y se lo conoce como diagrama “ideal”, el cuarto y último paso es un diagrama que se genera en la etapa de diseño para la aplicación del seis sigma.

1.3.8 Histogramas

Después de haber terminado la etapa de medir y habiendo recolectado los datos se realiza el histograma en la etapa de analizar. El histograma es una forma de poder agrupar los datos en grupos y cada grupo tiene una frecuencia de repetición dentro de las mediciones, con estas frecuencias se empieza a realizar el grafico donde la altura de las barras es la frecuencia de ese grupo. Este gráfico señala claramente la tendencia central de los datos agrupados. Este tipo de herramienta se usa cuando los datos son continuos ej.: altura, peso, tiempo.

Para construir un histograma para datos medidos en una escala de intervalos o en una escala de razón, se acostumbra seguir dos pasos:

- a) Organizar los datos de una tabla de frecuencias agrupadas.
- b) Construir una gráfica de barras usando las fronteras de clase para colocar las barras y las frecuencias para indicar las alturas de las barras.

Un histograma mejora la habilidad para comparar las frecuencias de clase correspondientes; se puede comparar con facilidad la frecuencia de una clase vecinas. La forma de un histograma puede cambiar drásticamente con una variación en el número de intervalos n o en la amplitud de los intervalos w . Por esta razón, debemos ser cuidadosos al sacar conclusiones usando la forma de las distribuciones muestrales.

En la siguiente gráfica se pueden ver claramente como dependiendo de las frecuencias de cada intervalo se forman las columnas que son el área de un rectángulo esto permite observar la relación entre diferentes campos tomados de muestra.

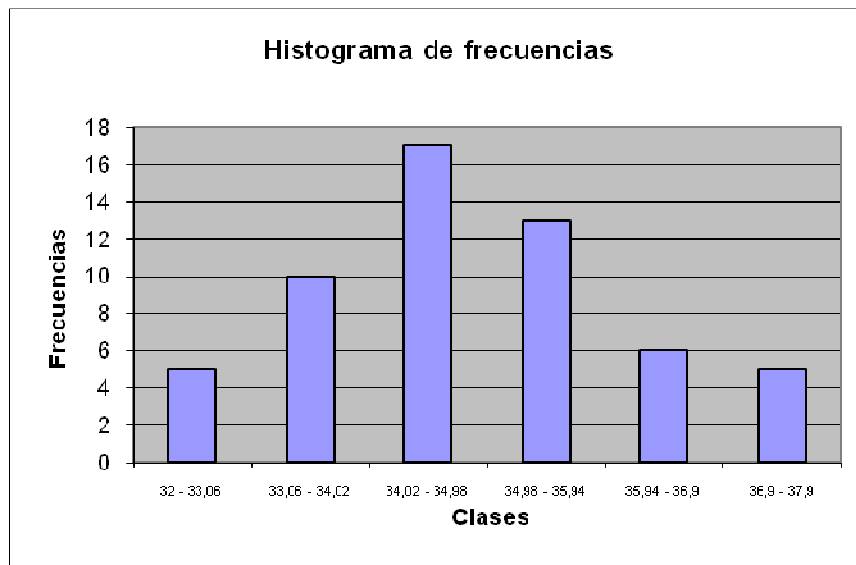


Figura 1.14 Histograma de Frecuencias.

1.3.9 Diagrama de Pareto

Es una herramienta que se utiliza para priorizar los problemas o las causas que lo genera.

El nombre de Pareto fue dado por el Dr. Juran en honor del economista italiano VILFREDO PARETO (1848-1923) quien realizó un estudio sobre la distribución de la riqueza, en el cual descubrió que la minoría de la población poseía la mayor parte de la riqueza y la mayoría de la población poseía la menor parte de la riqueza. El Dr. Juran aplicó este concepto a la calidad, obteniéndose lo que hoy se conoce como la regla 80/20. Según este concepto, si se tiene un problema con muchas causas, podemos decir que el 20% de las causas resuelven el 80 % del problema y el 80 % de las causas solo resuelven el 20 % del problema. Esta

basada en el conocido principio de Pareto, esta es una herramienta que es posible identificar lo poco vital dentro de lo mucho que podría ser trivial, ejemplo: la siguiente figura muestra el número de defectos en el producto manufacturado, clasificado de acuerdo a los tipos de defectos horizontales.

1.3.9.1 Procedimiento para elaborar el diagrama de Pareto

- a) Decidir el problema a analizar
- b) Diseñar una tabla para conteo o verificación de datos, en el que se registren los totales.
- c) Recoger los datos y efectuar el cálculo de totales.
- d) Elaborar una tabla de datos para el diagrama de Pareto con la lista de ítems, los totales individuales, los totales acumulados, la composición porcentual y los porcentajes acumulados.
- e) Jerarquizar los ítems por orden de cantidad llenando la tabla respectiva.
- f) Dibujar dos ejes verticales y un eje horizontal.
- g) Construir un gráfico de barras en base a las cantidades y porcentajes de cada ítem.
- h) Dibujar la curva acumulada. Para lo cual se marcan los valores acumulados en la parte superior, al lado derecho de los intervalos de cada ítem, y finalmente una los puntos con una línea continua.

Escribir cualquier información necesaria sobre el diagrama.

Para determinar las causas de mayor incidencia en un problema se traza una línea horizontal a partir del eje vertical derecho, desde el punto donde se indica el 80% hasta su intersección con la curva acumulada. De ese punto trazar una línea vertical hacia el eje horizontal. Los ítems comprendidos entre esta línea vertical y el eje izquierdo constituyen las causas cuya eliminación resuelve el 80 % del problema.

En esta gráfica se utiliza los 3 ejes donde se ve el comportamiento del proceso el cual para esta aplicación se ven las actividades que mas influencia tienen sobre el proceso para crear los defectos.

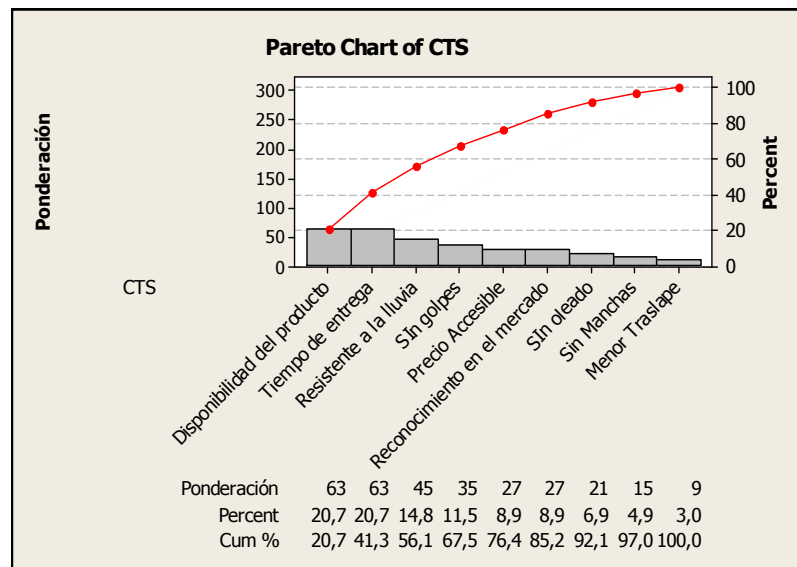


Figura 1.15 Diagrama de Pareto.

1.3.10 Diagrama de Causa y Efecto

El Diagrama de Ishikawa, también llamado diagrama de causa-efecto, es una de las diversas herramientas surgidas a lo largo del siglo XX en ámbitos de la industria y posteriormente en el de los servicios, para facilitar el análisis de problemas y sus soluciones en esferas como es la calidad de los procesos, los productos y servicios. Fue concebido por el ingeniero japonés Dr. karou Ishikawa en el año 1953. Se trata de un diagrama que por su estructura ha venido a llamarse también: diagrama de espina de pescado, que consiste en una representación gráfica sencilla en la que puede verse de manera relacional una especie de espina central, que es una línea en el plano horizontal, representando el problema a analizar, que se escribe a su derecha.

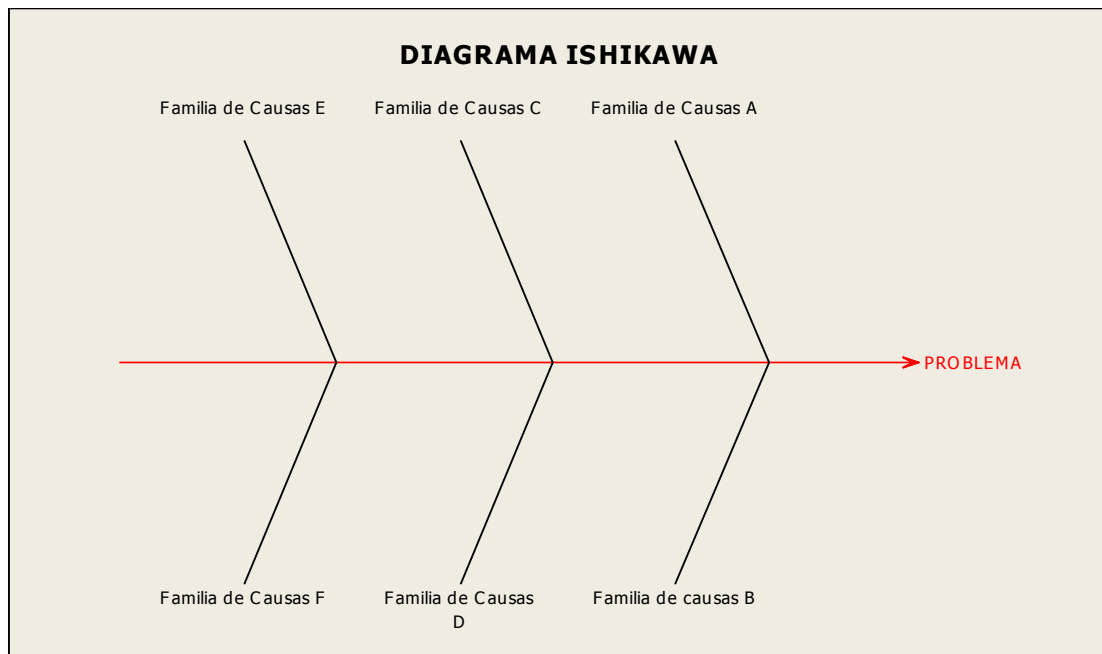


Figura 1.16 Diagrama Ishikawa.

Dentro de la grafica se utiliza las ramificaciones, Se usa cada una para problemas que pueden ser la causa de los defectos. Las ramificaciones cambian de nombres según cada autor y sus libros, por lo cual, utilizaremos los siguientes tipos de problemas que vamos a usar en las espinas principales:

- Maquina
- Hombre
- Método de Trabajo
- Material
- Medio Ambiente

En donde, de acuerdo a estos aspectos se va llenando la gráfica con las características negativas que cada proceso tiene, y así poder llegar a una conclusión del origen del problema.

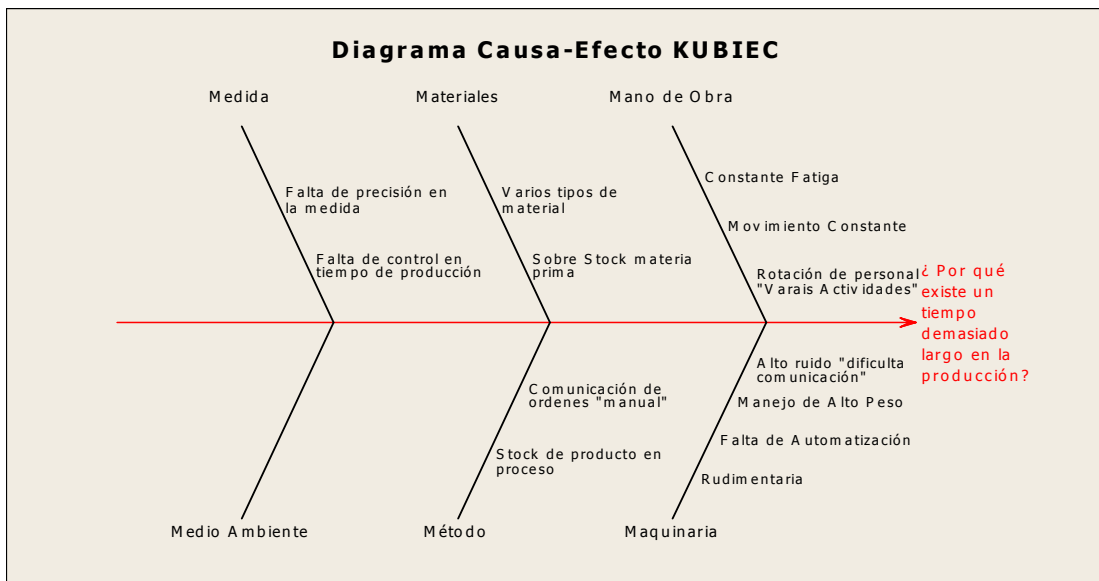


Figura 1.17 Diagrama Causa Efecto.

Esta gráfica conocida como ishikawa o espina de pez por su forma en particular como la de un pez con su columna vertebral que van directo a la solución y las espinas transversales donde se incluyen la información que puede influir en el proceso, cada espina se subdivide en otras ramas para así poder incluir todas las acciones que pueden causar defectos.

1.3.11 Diagrama de Dispersión

Un diagrama de dispersión es una representación gráfica de la relación entre dos variables, muy utilizada en las fases de Comprobación de teorías de identificación de causas raíz y en el diseño de soluciones y mantenimiento de los resultados obtenidos. Tres conceptos especialmente destacables son que el descubrimiento de las verdaderas relaciones de causa-efecto es la clave de la resolución eficaz de un problema, que las relaciones de causa-efecto casi siempre muestran variaciones, y que es más fácil ver la relación en un diagrama de dispersión que en una simple tabla de números.

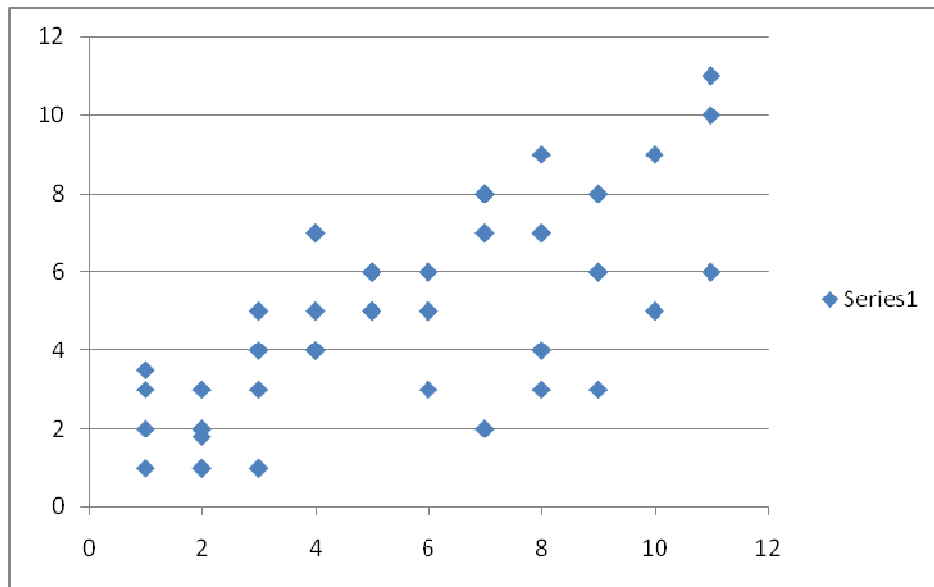


Figura 1.18 Diagrama Dispersión.

Esta grafica sirve para determinar cuando hay una dependencia lineal entre las dos variables, es decir, determinar si la variable Y tiene una tendencia a crecer o a decrecer, cuando la variable X aumenta. Si se examina el diagrama de dispersión y el caso es que crece la variable Y cuando crece X se dice que hay una dependencia llamada positiva, y el otro caso será llamada negativa.

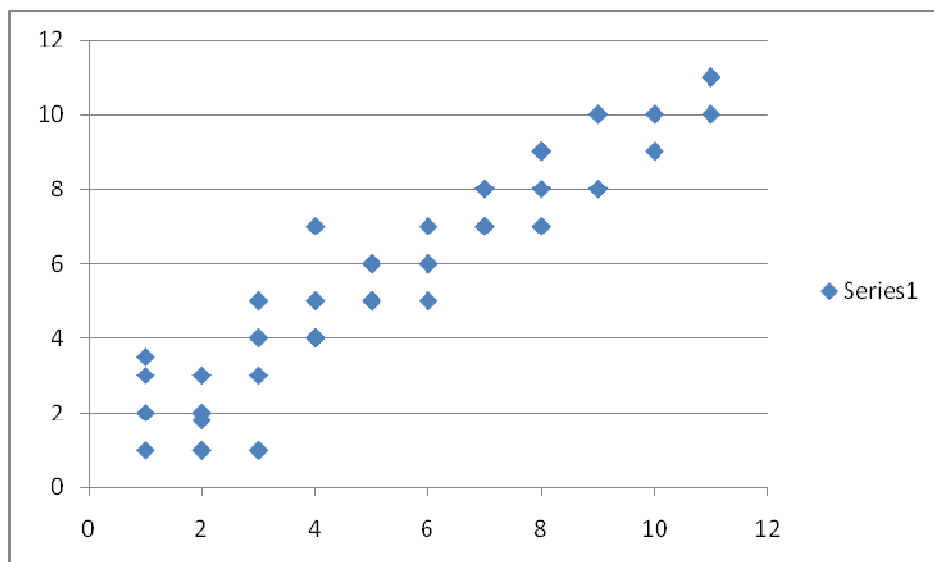


Figura 1.19 Diagrama de dispersión con tendencia positiva.

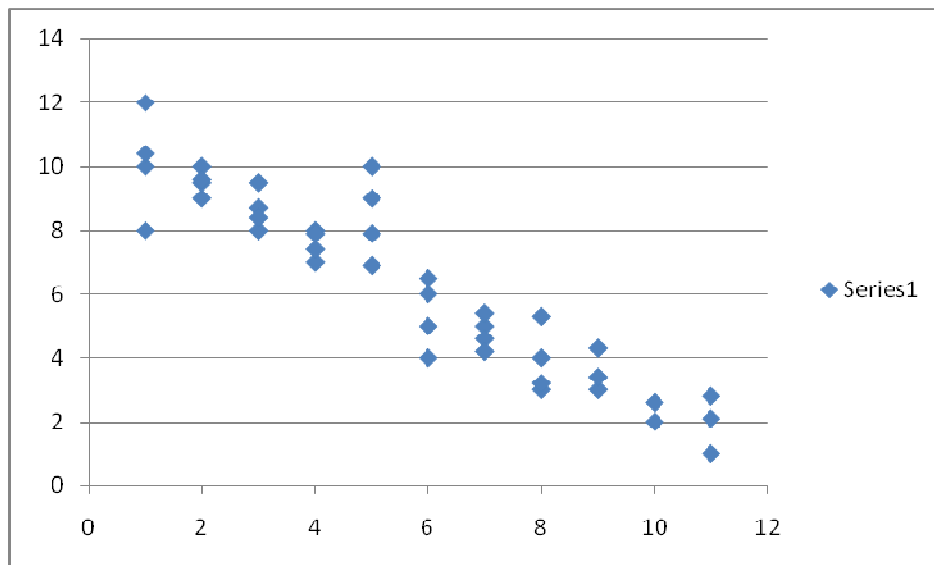


Figura 1.20 Diagrama de dispersión con tendencia positiva.

Este grafico es el mas conocido a la hora de realizar estudios del comportamiento de un proceso ya que nunca un proceso va a ser perfecto y siempre va a tener diferentes medidas, por lo cual la distancia entre cada medida tomada se la conoce como dispersión, en este grafico se ve como aumentan los errores al pasar las horas y como cada trabajador tiene diferentes muestras, y esta grafica nos muestra una tendencia positiva.

1.3.12 Mapeo de Flujo de Valor (Value Stream Mapping)

Un mapa del flujo de valor es una representación visual de los flujos de materiales e informaciones para una familia de productos. Como técnica sirve para representar y analizar el funcionamiento sistémico de un flujo de valor y esbozar estados futuros deseados para así direccionar e implementar la mejoría de los procesos. Mapear los flujos dentro de una organización se ha transformado en una etapa inicial y crítica, pues es a partir de esto que se desarrolla un camino de mejoría continua a través de la aplicación de las técnicas *lean* o *esbeltas de la manufactura*. De esta forma, el mapeo ayuda a evitar el error común de seleccionar herramientas aisladas, que pueden crear "*islas de eficiencia*" y

beneficios limitados. El ciclo de mapeo se inicia con el estudio del estado actual. Luego, y rápidamente, un estado futuro es proyectado, teniendo como esencia los principios de la *Lean Manufacturing* o *Manufactura Esbelta*. El paso siguiente es elaborar un plan de implementación para alcanzar el estado futuro.

Este diagrama de flujo del valor esta desarrollado de tal manera que se pueda visualizar claramente el proceso productivo desde la llegada de los insumos hasta la distribución al cliente final, en cada paso que se realiza un proceso para agregar valor se toma el tiempo, así como la cantidad de personas involucradas. Y así se realiza un grafico que se ve en la parte inferior, en el cual se muestra la duración del proceso y los lugares donde se puede mejorar.

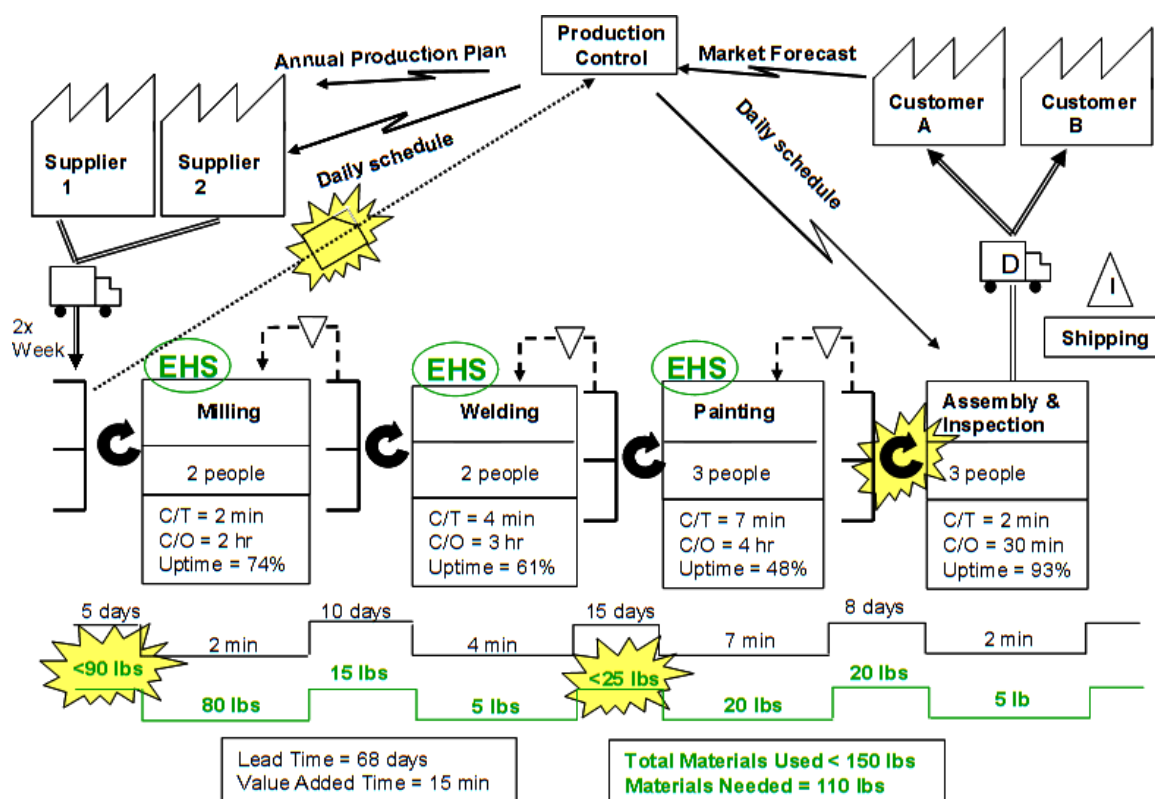


Figura 1.21 Mapeo de flujo de valor.⁹

⁹ www.epa.gov/lean/toolkit/ch3.htm

1.3.13 Diagrama de Spaghetti

Un gráfico de spaghetti es una ayuda grafica que es usado durante la implementación de una manufactura esbelta de actividades productivas. Este gráfico es usado para detallar el flujo actual físico dentro de la fábrica como también las distancias envueltas dentro del proceso de trabajo. Los procesos que nunca and sido delineadas por los lugares que son transitadas, cuando se hace este gráfico se toma muestra de las direcciones que recorre dentro de la planta que se asemeja mucho a una masa de spaghetti.

Para crea una gráfica de spaghetti primero necesitamos crear un mapa de la fábrica a escala donde se realiza el proceso que vamos a medir. Después se procede a dibujar una línea desde el punto inicial de la estación de trabajo hasta el siguiente paso, y así se va dibujando paso a paso el recorrido que se realiza hasta que salga de la estación de trabajo. Después de haber realizado el gráfico se procede a reubicar las maquinas para que el trabajador no se desplace tanto y así reducir el cansancio y los tiempos muertos dentro del proceso productivo, Un layout típico de la fabrica después de haber realizado una gráfica de spaghetti es en forma de U donde los materias entran en un lado y salen después de haber pasado por todas las estaciones en el otro lado paralelo al inicio.

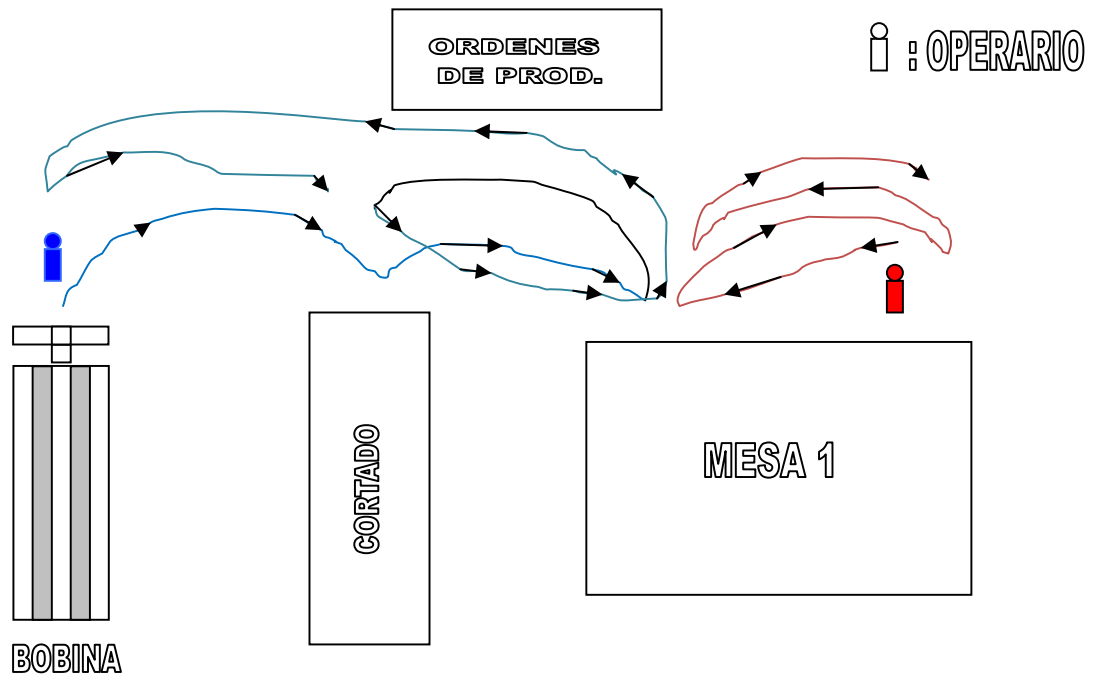


Figura 1.22 Diagrama de Spaghetti.

En esta figura se detalla el área donde opera el empleado y los lugares a donde se traslada frecuentemente, que suelen ser siempre las oficinas cercanas o las maquinas cercanas. Se realiza un gráfico de líneas donde cada línea indica el curso que tuvo el trabajador mientras realiza su jornada de trabajo, las líneas dibujadas nos dan una idea del tiempo que pierde el trabajador en realizar una misma actividad y recorriendo una y otra vez la misma ruta.

1.3.14 Diagrama SIPOC

El objetivo principal del lean seis sigma es que los defectos pueden relacionarse con cualquier cosa que produzca insatisfacción en los clientes, como por ejemplo tiempos de producción demasiados largos, variación en los tiempos, calidad baja de los productos, altos costos. Para dirigir cualquiera de estos problemas el primer paso es obtener una visualización del proceso de la compañía.

La herramienta que se usa para crear un mapa de proceso de alto nivel se llama SIPOC, que se entiende por sus siglas en inglés como:

- Supplier (proveedor): la persona, proceso, compañía que provee cualquier tipo de insumo que se utiliza en el proceso (material, piezas ensambladas, información, etc) el proveedor puede ser exterior o propio de la empresa.
- Input (Ingreso): Material o información que es proporcionada.
- Process (Proceso): Los pasos internos (incluye los que añaden valor y los que no añaden valor agregado).
- Output (Salida): El producto, servicio o información que se entrega al cliente.
- Customer (Cliente): El siguiente paso en el proceso o el cliente final.

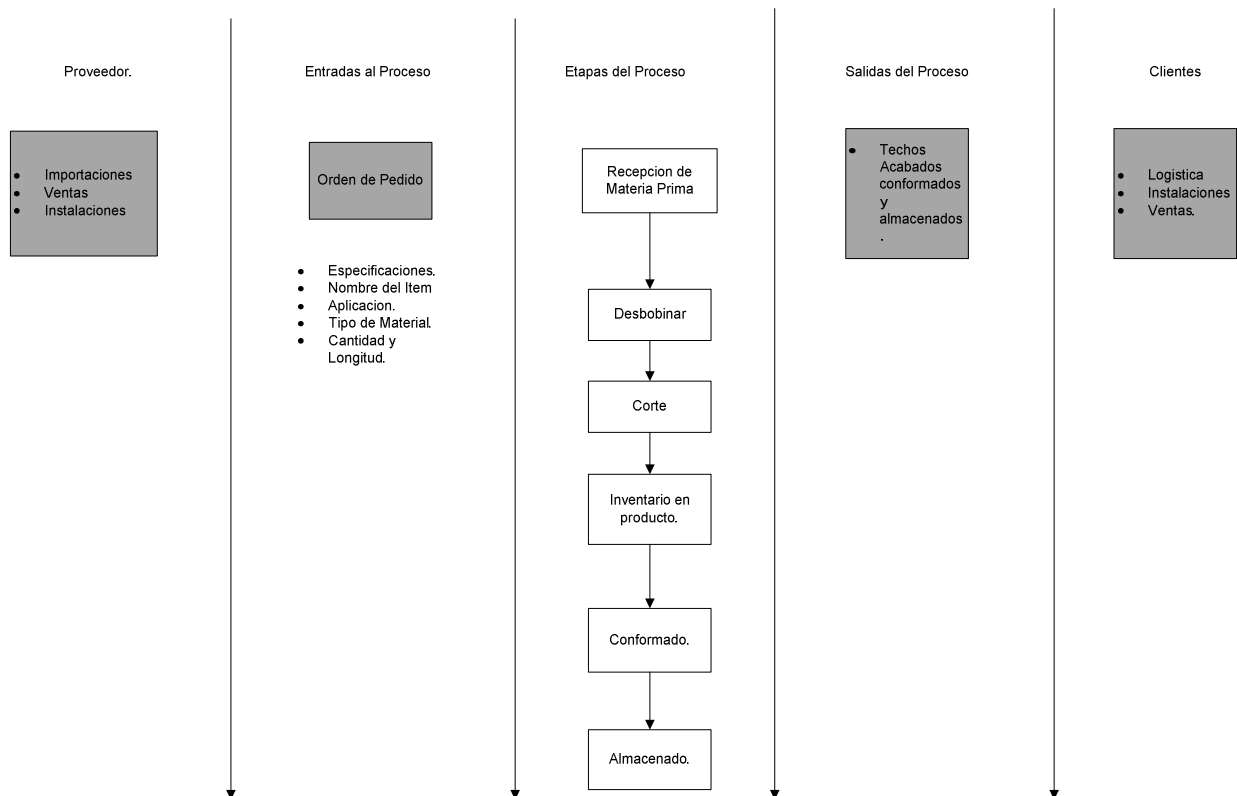


Figura 1.23 Diagrama SIPOC

Una vez descrito los conceptos básicos del Seis Sigma y las herramientas básicas requeridas para iniciar cualquier proyecto Seis Sigma, se va a describir la empresa con el fin de obtener la información necesaria para mejorar el sistema productivo y así lograr un mayor beneficio económico.

CAPITULO II:
SISTEMA PRODUCTIVO KUBIEC

2 Descripción de la Empresa

La empresa se denomina Cubiertas del Ecuador Kubiec S.A constituida legalmente en Septiembre de 1995, en la cual existen 3 líneas de productos, la línea Kubiec dedicada a la fabricación, comercialización, instalación de productos en serie y a medidas tales como cubiertas metálicas, translucido y accesorios. La línea Perfilec que fabrica y comercializa productos en serie como canales, correas, planchas, flejes, bobinas, etc. La Línea Intermetal dedicada a la fabricación de vigas soldadas, tanque y tubos de acero.

La misión de la empresa Kubiec es: “Fortalecer el bienestar de la sociedad, estructurando, cubriendo y facilitando los proyectos de nuestros clientes, con soluciones innovadoras, perdurables y eficientes par ala construcción desarrolladas por un equipo humano profesional y comprometido”

La empresa Kubiec divide sus productos y servicios en 3 áreas que son:

2.1 Línea de Producción

2.1.1 Línea Kubiec

En la línea Kubiec se realizan los siguientes productos:

- Paneles, techos y flejes metálicos, tejas metálicas, paredes, losas , etc. de acero galvalumen, galvanizado, prepintado, etc. con o sin revestimientos o aislamientos de translucidos.
- Accesorios y productos derivados para los paneles metálicos, de propia fabricación o comprados local o internacionalmente.
- Instalación de paredes, paneles, frisos, flashings, translucidos, etc.

2.1.2 Línea Perfilec

En la línea Perfilec se realizan los siguientes productos:

- Perfiles de Acero.
- Planchas de Acero.
- Bobinas de Acero.
- Flejes de Acero.
- Laminados en Caliente (ADELCA).

2.1.3 Línea Intermetal

En la línea Intermetal se realizan los siguientes productos:

- Vigas Soldadas.
- Tubos.
- Tanques.
- Maquila.

2.1.4 Estructura Organizacional de la Empresa

La estructura del organigrama que se presenta en Kubicec es horizontal y se encuentra dividido en departamentos sujeto a la asignación de tareas y responsabilidades dentro de los mismos. La estructura organizacional es la siguiente:

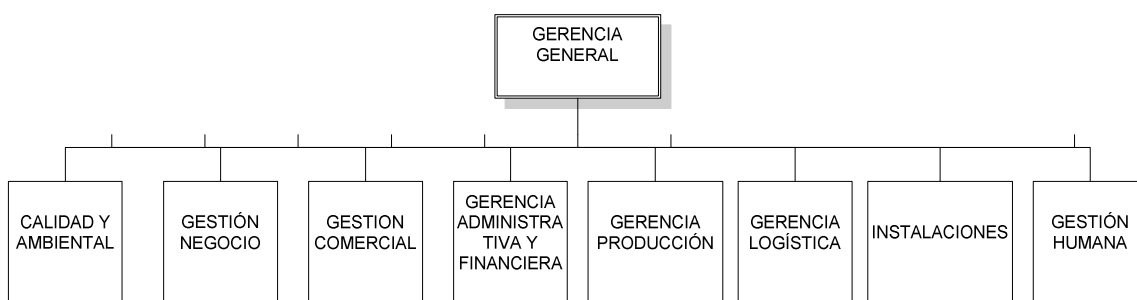


Figura 2.1 Organigrama General Kubicec.

2.2 Antecedentes de la Empresa

Actualmente la empresa se encuentra bajo la estrategia de calidad ISO mediante la cual a logrado mejoras notables en el sistema productivo.

Las herramientas utilizadas para el mejoramiento del aparato productivo dentro de KUBIEC son las siguientes y que se encuentran detalladas dentro del manual de calidad ISO 9001:2000 de Kubiec

2.2.1 Medición y monitoreo del producto

Las características de los productos son medidas y monitoreadas para verificar el cumplimiento de sus requerimientos. Estos métodos de medición y monitoreo se realizan en las etapas apropiadas del proceso de realización del producto conforme con las disposiciones planificadas descritas en el manual de calidad.

La conformidad con los criterios de aceptación del producto son mantenidas por KUBIEC.

Para la liberación del producto o la entrega del servicio no se procede hasta que las disposiciones planificadas se hayan completado satisfactoriamente, a menos que el cliente o el gerente del área autorice la aceptación o liberación.

2.2.2 Control de producto no conforme

El producto no conforme es identificado y controlado para prevenir su entrega o uso no intencionado. KUBIEC, maneja el producto no conforme mediante acciones para eliminar la no-conformidad detectada.

Se mantienen registros de la naturaleza de las no conformidades y cualquier acción subsecuente incluyendo concesiones obtenidas. Cuando el producto no conforme es corregido se somete a una re inspección.

Si un producto no conforme es liberado inadvertidamente, KUBIEC, toma acciones adecuadas respecto a los efectos o posibles efectos de esta ausencia de conformidad.

2.2.3 Análisis de datos

Información apropiada es determinada, recolectada y analizada para demostrar la adecuación y efectividad del Sistema de Gestión de Calidad y saber donde se puede efectuar una mejora continua de la efectividad del Sistema de Gestión de Calidad de KUBIEC, además se analiza datos generados de actividades de medición, monitoreo y de otras fuentes.

El análisis de estos datos proveen información relacionada a la satisfacción del cliente, proveedores, conformidad con los requerimientos del producto y características, tendencias de procesos y productos incluyendo oportunidades de acción preventiva.

2.2.4 Mejoramiento

2.2.4.1 Mejoramiento Continuo

Mediante el uso de políticas y objetivos de calidad, resultados de auditorías, análisis de información, acciones correctivas y preventivas y la revisión de gerencial, KUBIEC utiliza esta información con el fin de estructurar planes concretos para aprovechar dichas oportunidades y mejorar continuamente la efectividad del Sistema de Gestión de Calidad.

2.2.4.2 Acción correctiva

KUBIEC, toma acciones que eliminan las causas de las no conformidades para así evitar su recurrencia. Estas acciones son las apropiadas a los problemas que generan las no conformidades.

En este procedimiento se establece requerimientos para:

- Revisar no conformidades.
- Determinar las causas de las no conformidades.
- Evaluar la necesidad de acciones correctivas.
- Determinar y poner en práctica la acción correctiva.
- Registrar los resultados de la acción tomada.
- Revisar la acción correctiva tomada.

2.2.4.3 Acción Preventiva

KUBIEC, determina acciones que eliminan las causas de las potenciales no conformidades para así evitar su ocurrencia. Estas acciones preventivas son las apropiadas a los efectos de los problemas potenciales. En este procedimiento se establece requerimientos para:

- Determinar no conformidades potenciales y sus causas
- Evaluar la necesidad de acciones preventivas
- Determinar y asegurar la ejecución de acciones preventivas
- Registrar los resultados de las acciones tomadas
- Revisar las acciones preventivas tomadas.¹⁰

A pesar de que las estrategias descritas anteriormente tienen un efecto positivo en lo que refiere a medidas correctivas y preventivas sobre el aparato productivo, estas no cuentan con la participación de la alta gerencia como es con la implementación del seis sigma

Otro de los problemas que se enfrenta actualmente dentro de la empresa es el traslado de la maquinaria a nuevas instalaciones, por lo que la productividad de la empresa se ha visto afectada, y el tiempo de entrega en pedidos de pequeña y gran escala ha aumentado notablemente.

En base a la información que provee la estrategia de calidad seis sigma la directiva de la empresa ha decidido adoptar la misma, es por esto que se requiere

¹⁰ KUBIEC, Manual de calidad, ISO 9001:2000, 2006.

enfocar los esfuerzos de mejoramiento productivo sobre las necesidades del cliente.

El cliente se encuentra relacionado directamente con los procesos de la empresa y no con las funciones que ejerce cada uno de los departamentos.

Uno de los primeros pasos es la definición de los procesos productivos claves que afectan los objetivos estratégicos de la empresa. Identificados los procesos claves es necesario realizar un análisis de su desempeño y centrar los esfuerzos de mejora en el proceso de peor desempeño y de mayor impacto.

2.3 Definición de Procesos Productivos de Kubiec

Como se define anteriormente, en la aplicación de una estrategia seis sigma el primer paso es identificar y definir los procesos claves de la empresa. Antes recordemos la definición de un proceso. “Un proceso puede ser definido como una actividad o un conjunto de actividades que transforma entradas creando valor para las partes interesadas. Las entradas pueden ser insumos, información, productos, transacciones, etc. mientras que las salidas pueden ser bienes tangibles o servicios.” Otros elementos básicos de un proceso son los controles. Como por ejemplo: normas, procedimientos, reglamentos internos, etc. En las cuales deben enmarcarse las distintas actividades de transformación y los recursos que se utilizan para lograr la transformación de las entradas así como: obreros, maquinaria, dinero, etc.

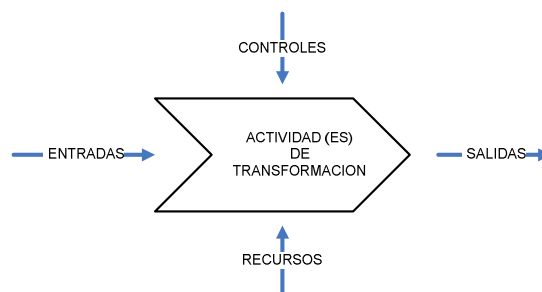


Figura 2.2 Elementos básicos de un proceso.

Identificado los componentes claves de un proceso, se procede a identificar los factores de cada proceso de Kubiec que aportan valor a los clientes internos o externos. Obteniendo así el mapa de procesos de la organización.

2.4 Mapa de Procesos

En todas las empresas debería existir un mapa de proceso en el cual se representa el flujo de trabajo a través de la empresa.

Luego de la aprobación del personal de la empresa se llegó a determinar el mapa de procesos el cual consta de tres partes: proceso de dirección, proceso productivo y procesos de apoyo.

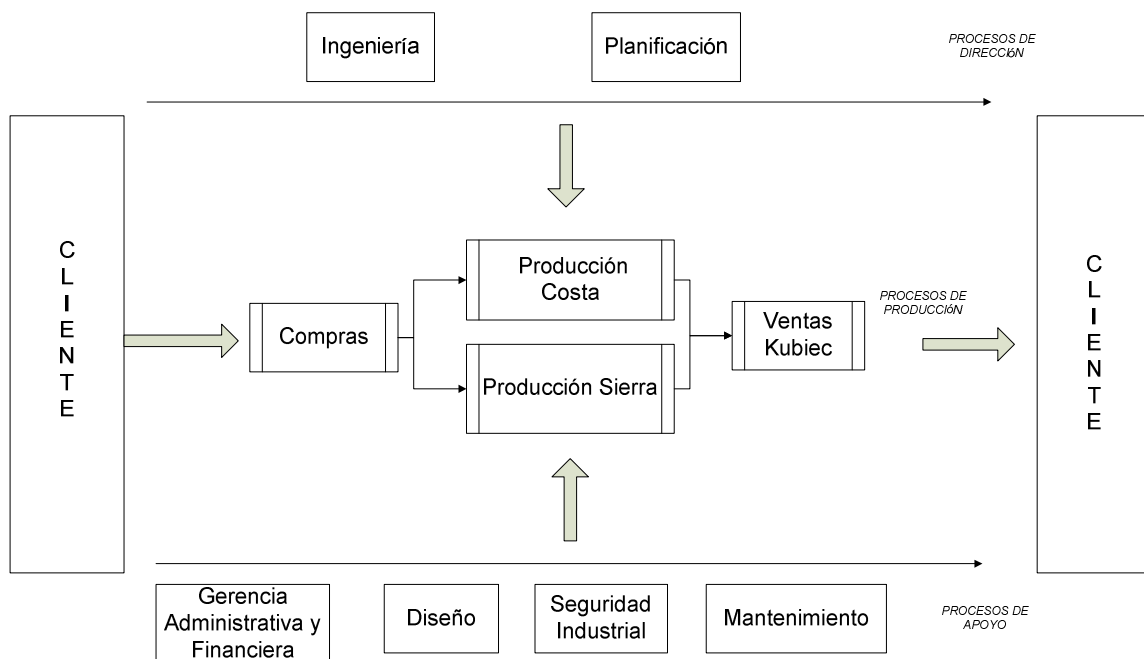


Figura 2.3 Mapa de procesos Kubiec.

En el mapa de procesos anteriormente descrito se puede observar que la planificación e ingeniería son la parte fundamental de la empresa.

A continuación se realiza un mapeo de los subprocesos que se encuentran dentro del mapa de proceso.

2.4.1 Proceso de Dirección

Existen dos procesos que contribuyen con la dirección los cuales son ingeniería y planificación

Planificación: Se puede encontrar 3 subprocesos los cuales son procedimiento de coordinación de la producción, procedimiento de ventas y procedimiento de control de instalaciones

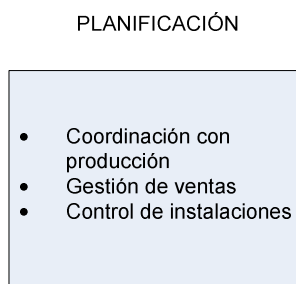


Figura 2.4 Proceso planificación.

Ingeniería: Especificar y cuantificar las necesidades del cliente en términos de producto para su comercialización y fabricación.

INGENIERIA

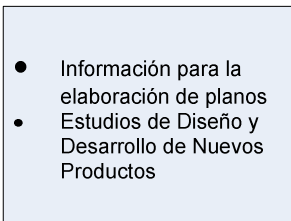


Figura 2.5 Proceso Ingeniería.

2.4.2 Procesos Productivos

El proceso productivo consta de cinco procesos: compras, gerencia de producción sierra, gerencia de producción costa, ventas Kubiec y facturación.

Compras: Normar las compras de bienes y servicios, con el fin de asegurar que estos cumplen con los requisitos técnicos, legales y económicos, que permitan satisfacer los requerimientos del cliente, tanto externo como interno y de la empresa.

COMPRAS

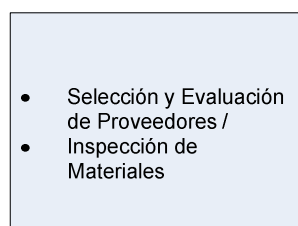


Figura 2.6 Proceso Compras.

Producción: Asegurar que la realización de productos se ejecute de forma controlada y que los productos terminados cumplan con los requerimientos para el uso previsto

PRODUCCIÓN

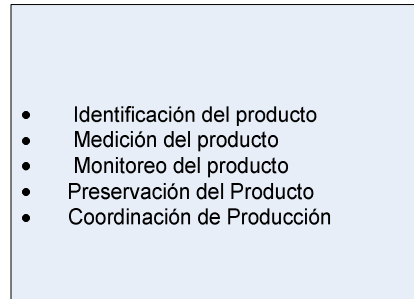


Figura 2.7 Proceso Producción.

Ventas: Asegurar el cumplimiento de los requisitos, establecidos o no, del cliente, que permitan el crecimiento continuo de las ventas de la línea Kubiec, buscando la satisfacción del cliente.

VENTAS

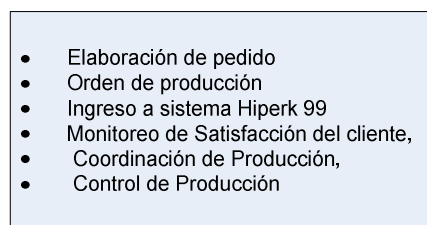


Figura 2.8 Proceso Ventas.

Facturación: Elaborar los comprobantes de venta, con el fin de controlar las cuentas por cobrar, entrega oportuna de facturas a los clientes, cumplir con los requerimientos tributarios y legales y el control estadístico y numérico de ventas y de inventarios; además de un mejor seguimiento y control de las guías de remisión y sobre todo, lograr cobranzas oportunas para el mejor flujo de caja de la empresa.

FACTURACIÓN

- Verificación en sistema Hiperk 99
- Información sobre cuentas por cobrar
- Factura y guía de remisión de material
- Recibo de cobro

Figura 2.9 Proceso Facturación.

2.4.3 Proceso de Apoyo

Los subprocesos de apoyo identificados dentro del proceso productivo Kubiec son los siguientes:

Gestión administrativa y financiera

Gestión administrativa y
financiera

- Almacenaje y entrega de producto terminado
- Gestión de mantenimiento
- Gestión de sistemas informáticos
- Gestión Financiero
- Gestión Contabilidad,
- Gestión Tributaria
- Gestión Tesorería

Figura 2.10 Proceso Gestión administrativa y financiera.

Diseño: Generar nuevos productos, atendiendo las necesidades del cliente e investigando las tendencias del mercado actual.

DISEÑO

- Elaboración de especificaciones técnicas y planos
- Realización de Pruebas
- Elaboración de Memoria técnica
- Resultados programas de Software

Figura 2.11 Proceso Diseño.

Seguridad industrial: Disminuir acciones y condiciones inseguras para disminuir accidentes de trabajo.

SEGURIDAD INDUSTRIAL

- Implementación de procesos para eliminar acciones y condiciones inseguras
- Dotación de implementos de seguridad

Figura 2.12 Proceso Seguridad Industrial.

Mantenimiento: Asegurar la disponibilidad de máquinas, instalaciones, edificios y servicios de la empresa; para que la calidad del producto y la satisfacción del cliente sea la deseada.

MANTENIMIENTO

- Stock de maquinaria operativa
- Información de Mantenimiento de cada máquina
- Hoja de Vida Actualizada
- Elaboración Lista de Repuestos Críticos, lubricantes y otros insumos
- Verificar Niveles de stock de repuestos, lubricantes y otros insumos

Figura 2.13 Proceso Mantenimiento.

2.5 Caracterización del Sistema

En la identificación de oportunidades de mejora, una parte muy importante, es el conocimiento claro de los procesos, por lo que resulta útil caracterizar cada uno de ellos. La caracterización de un proceso se refiere a la definición de sus entradas, las actividades de transformación y las salidas del proceso. Es conveniente también identificar los proveedores de las entradas lo mismo que los clientes a los cuales se entrega las salidas, sean estos internos o externos. Otros dos elementos que deben quedar claramente definidos son: los controles y los recursos necesarios para desarrollar las actividades del proceso.

2.6 Caracterización de los Procesos

Una vez descritos los procesos claves de Kubiec, se procede a obtener la información necesaria del manual de calidad ISO 9001:2000 de la empresa para caracterizar los procesos.

2.6.1 Caracterización de los procesos de dirección: A continuación se analiza y se describe la planificación y la Ingeniería.

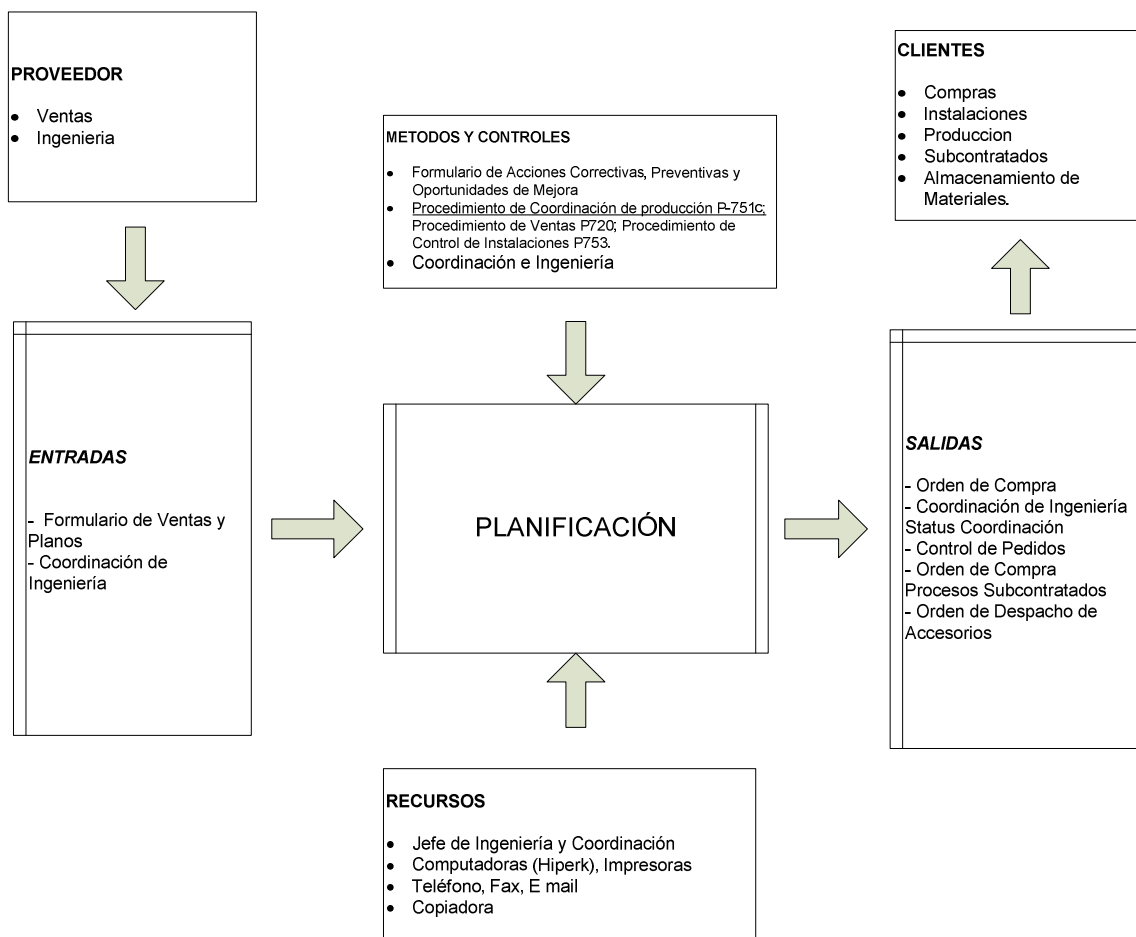


Figura 2.14 Caracterización del proceso de Planificación.

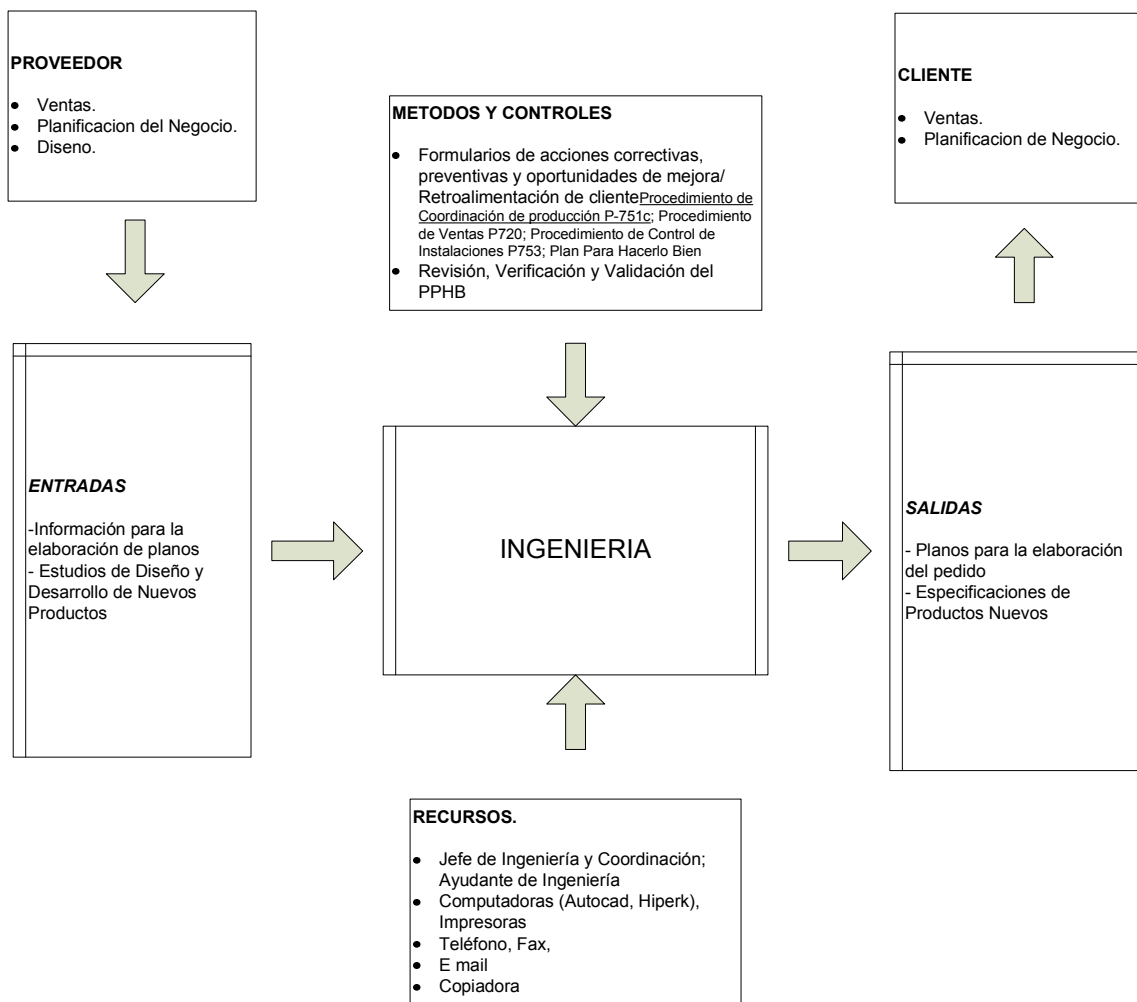


Figura 2.15 Caracterización del proceso de Ingeniería.

2.6.2 Caracterización de los procesos de producción: Los procesos de compras, producción, ventas y facturación se analizan y describen de la siguiente forma.

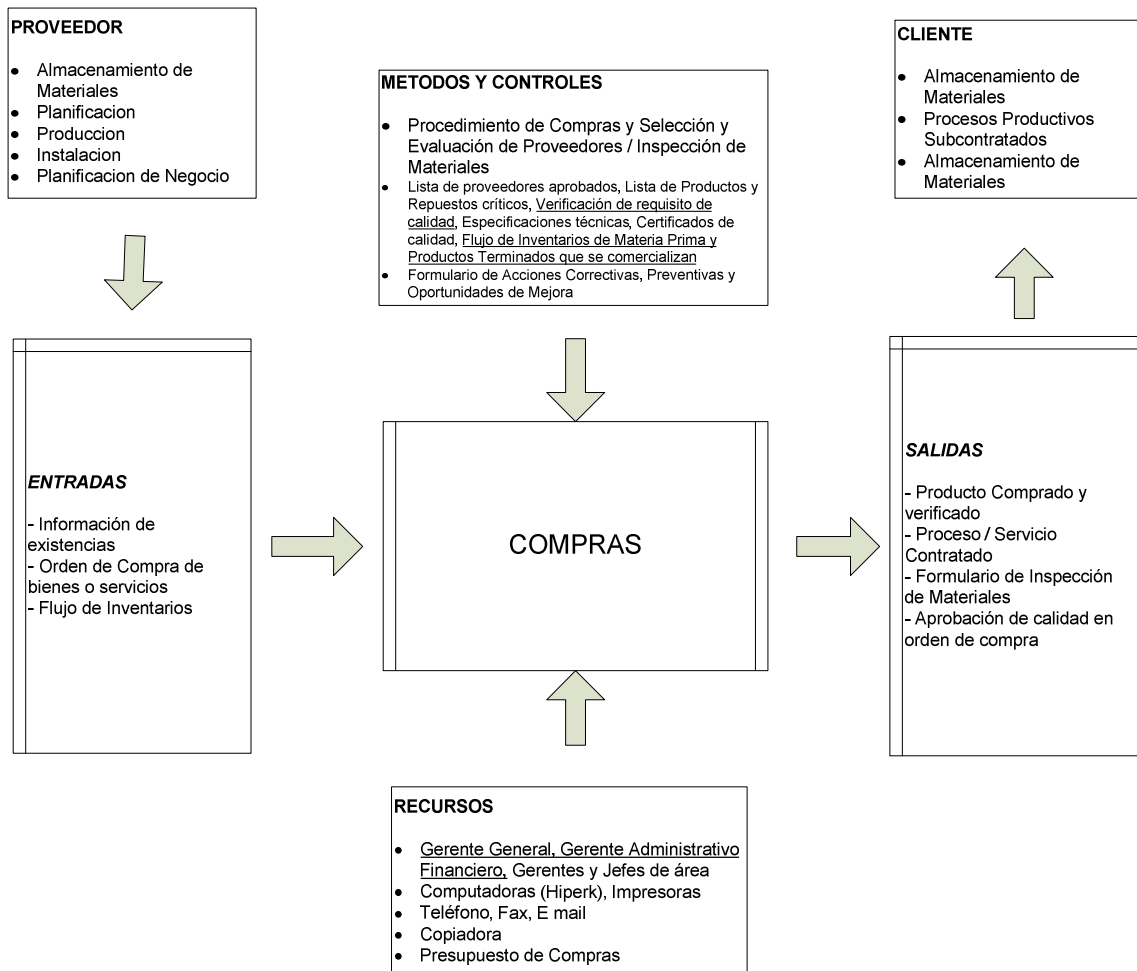


Figura 2.16 Caracterización del proceso de compras.

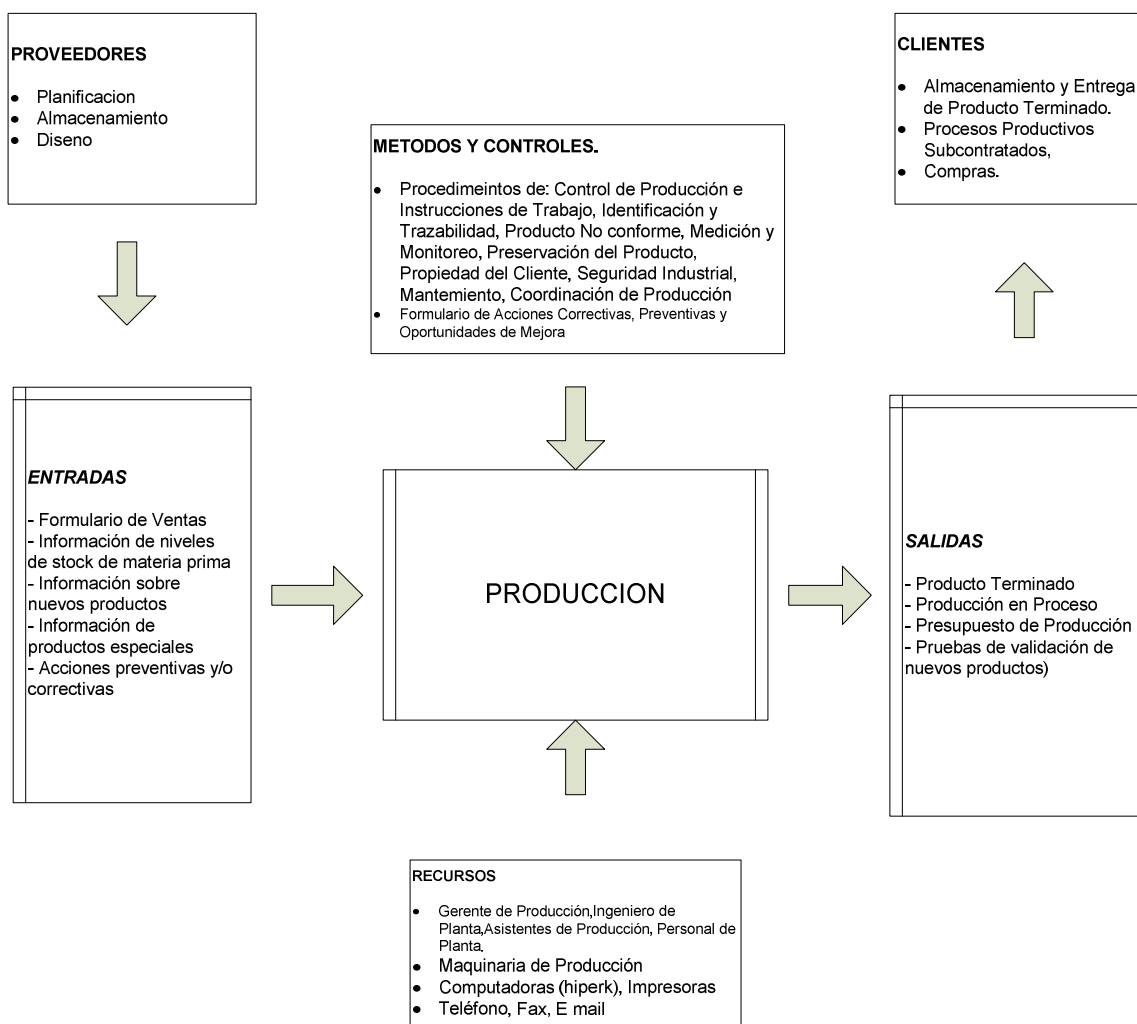


Figura 2.17 Caracterización del proceso de producción.

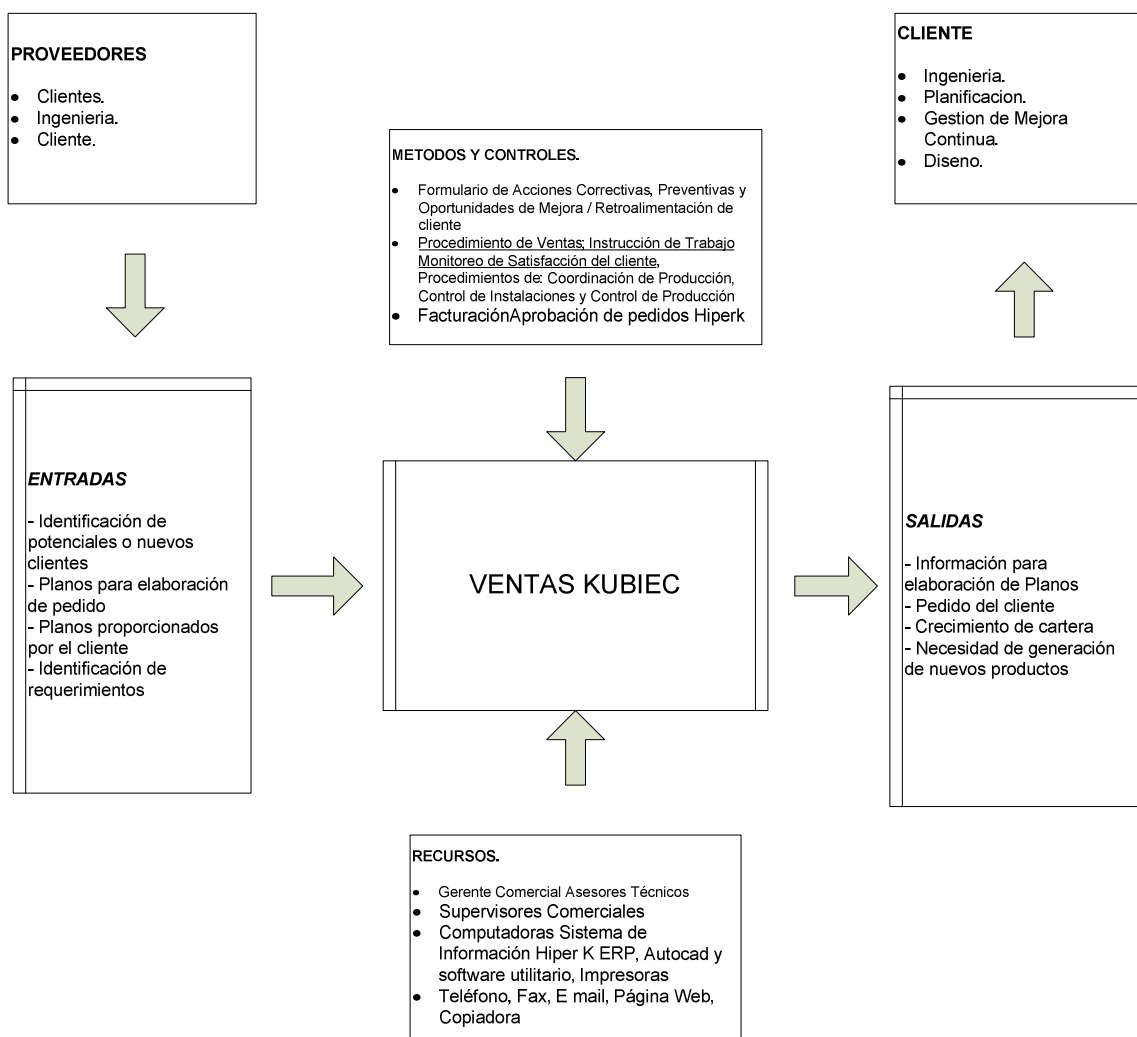


Figura 2.18 Caracterización del proceso de Ventas.

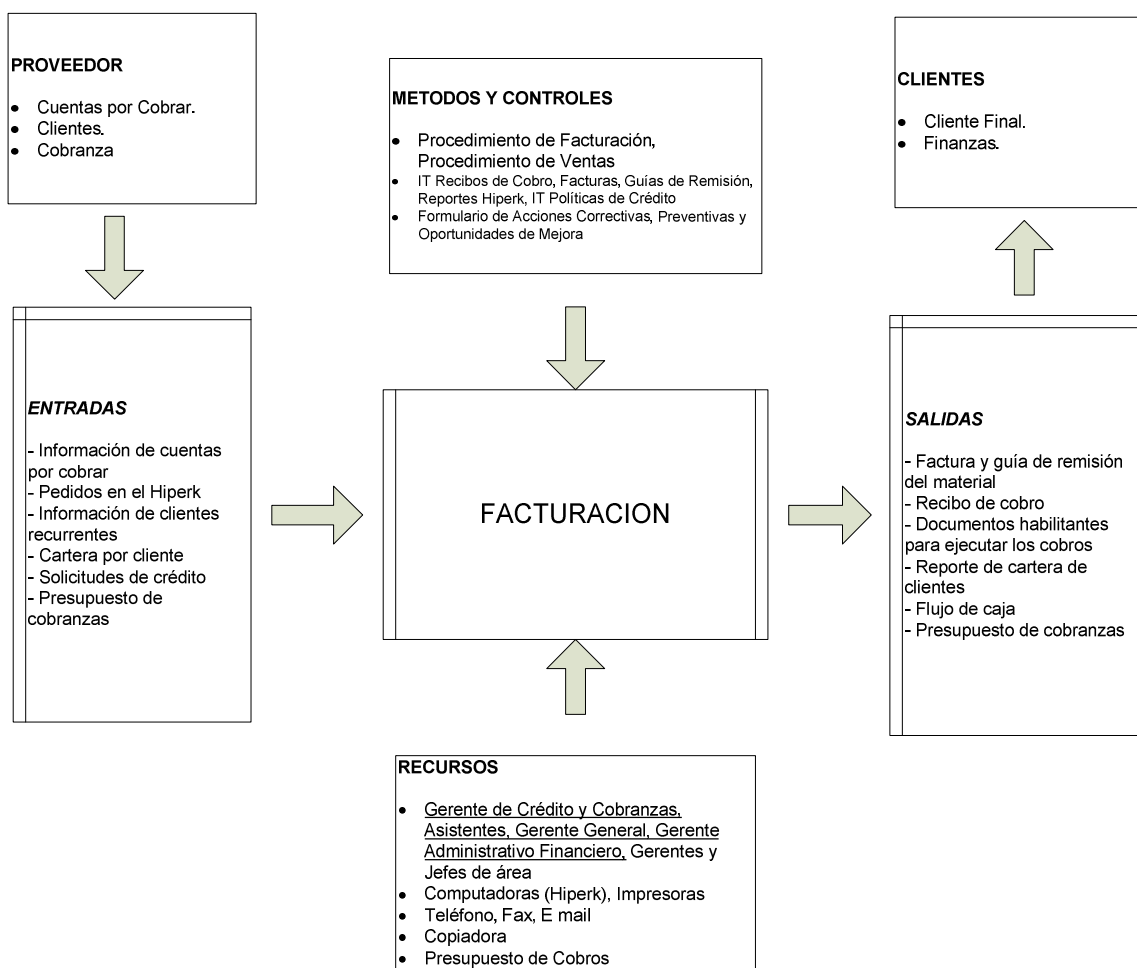


Figura 2.19 Caracterización del proceso de Facturación.

3.1.3 Caracterización de los procesos de apoyo: Gestión administrativa financiera, diseño, mantenimiento, seguridad industrial.

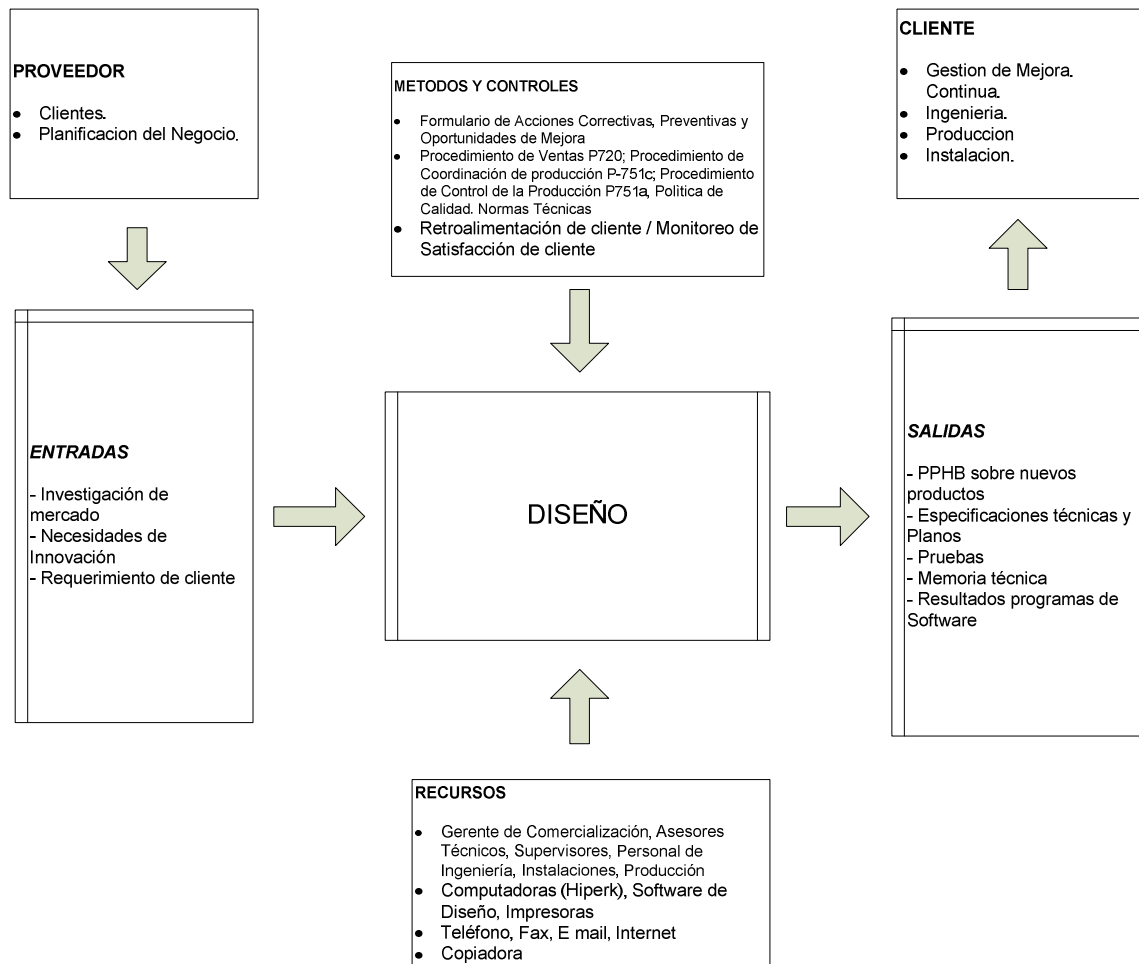


Figura 2.20 Caracterización del proceso de Diseño.

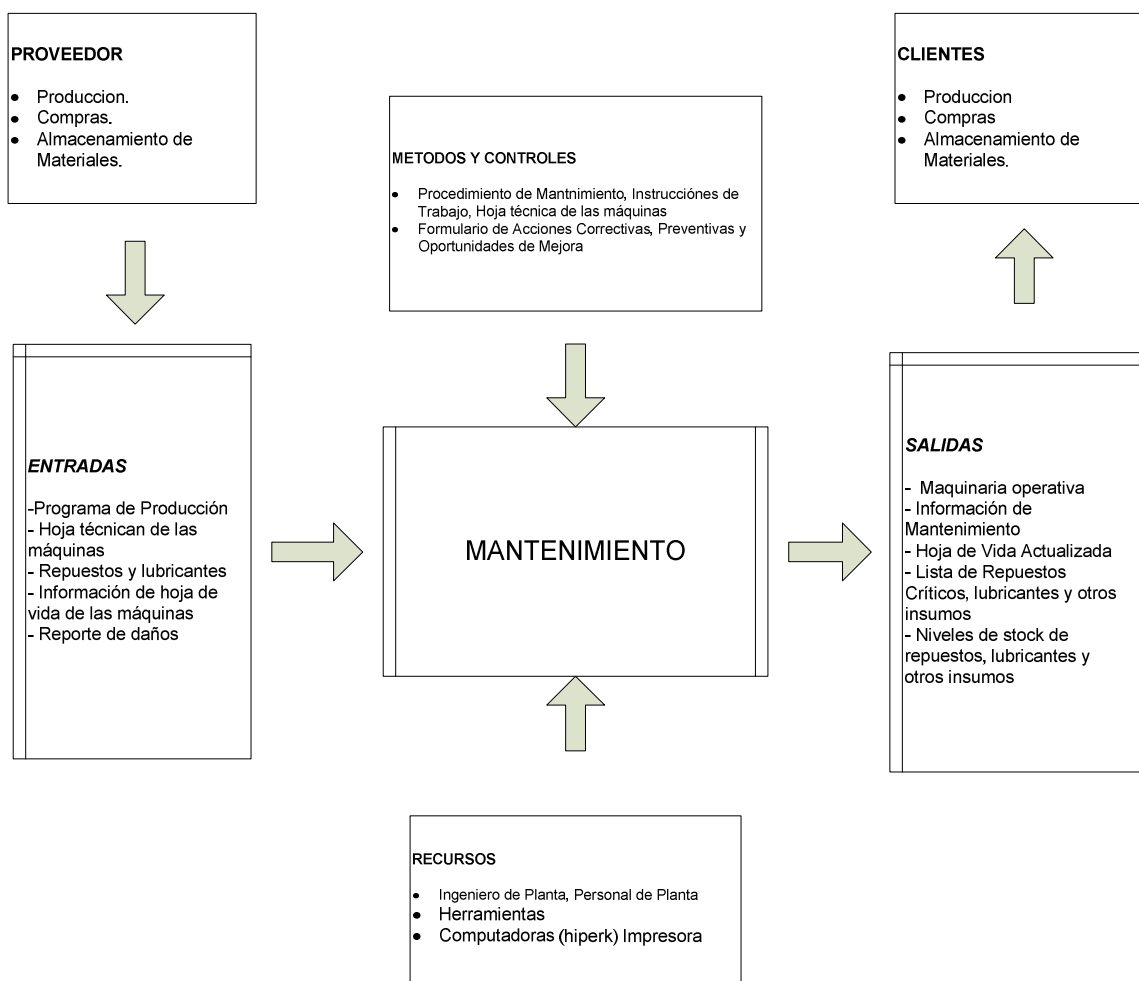


Figura 2.21 Caracterización del proceso de Mantenimiento.

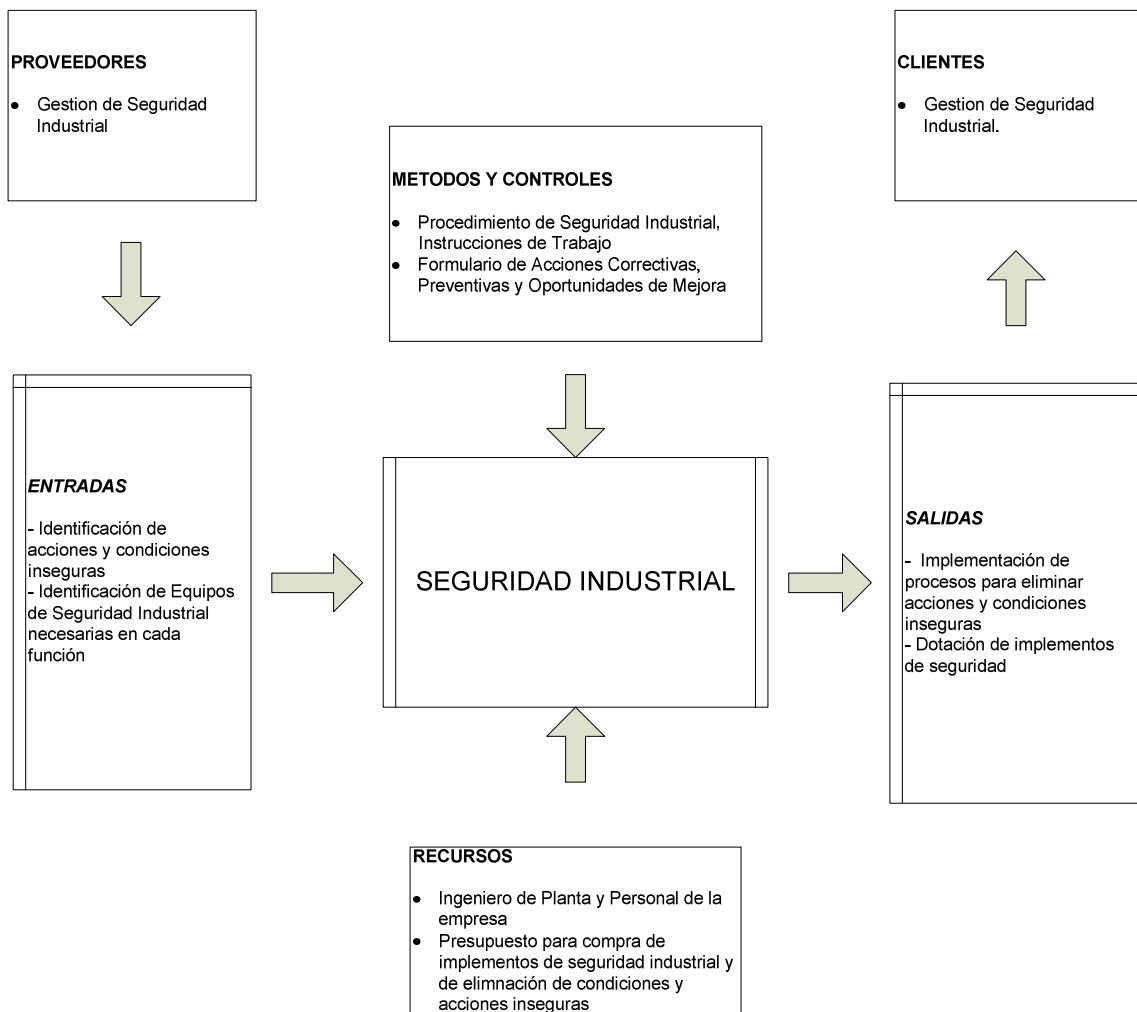


Figura 2.22 Caracterización del proceso de Seguridad Industrial.

Una vez identificado los procesos claves de Kubiec, se obtiene una idea en donde implementar las etapas DMAIC de la metodología seis sigma. A continuación se detalla la identificación del proceso clave de manufactura a ser mejorado.

**CAPITULO III: APLICACIÓN METODOLOGÍA SEIS
SIGMA**

3 APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA

En este capítulo se pone en práctica las fases antes descritas del seis sigma, DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), sobre el proceso productivo en la fábrica Kubiec. El objetivo principal de este capítulo es obtener resultados concretos en cada una de las fases.

3.1 Definición del Proyecto

En la fase de definición se identifican los posibles proyectos Seis Sigma que pueden ser implementados en la empresa, y se jerarquiza según la oportunidad que brinda a la empresa en el aspecto económico o en la mejora de la satisfacción al cliente, que deben ser evaluados por la dirección para evitar la subutilización de recursos. Una vez seleccionado el proyecto se prepara su misión y se selecciona el equipo más adecuado para el proyecto, asignándole la prioridad necesaria.

3.1.1 Identificación del Proceso de Mejora

En esta fase se utiliza una matriz de priorización donde lo que se busca es encontrar el proceso clave donde se pueda implementar el seis sigma y tener los mejores resultados, para realizar esta matriz primero se realizó una encuesta a las personas más involucradas en el proceso sobre los aspectos que están involucrados en el beneficio de un producto, los cuales fueron:

- A) Volumen de Producción.
- B) Numero de Pedidos.
- C) Utilidad Unitaria.
- D) Bajo Costos de las fallas Externas e Internas.
- E) Facilidad de Implementación.

Teniendo los aspectos recolectados, se procede a compararlos para encontrar la participación de cada uno dentro de los procesos. Se Utilizaron los siguientes índices para la comparación.

Mucho más importante	= 9
Más importante	= 7
Igual de importante	= 5
Menos importante	= 3
Mucho menos importante	= 1

El resultado de esta priorización fue:

	A	B	C	D	E	Frecuencia	Frec. Relativa
A		7	3	7	9	26	26%
B	3		1	5	3	12	12%
C	7	9		7	9	32	32%
D	3	5	3		7	18	18%
E	1	7	1	3		12	12%
						100	

Tabla 3.1 Matriz de priorización de criterios.

Esta tabla nos demuestra que como en toda empresa lo que se busca es aumentar la utilidad que brinda la producción, por lo cual se prosigue a señalar las actividades productivas que se realizan en la compañía Kubiec y se las compara con cada uno de los aspectos. Las actividades que se realizan en la empresa son las siguientes:

- 1) Producción Techos.
- 2) Producción de Planchas conformantes.

La escala de valoración fue la siguiente

Cumple mucho más = 9

Cumple más = 7

Cumple igualmente = 5

Cumple menos = 3

Cumple mucho menos = 1

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Mayor Volumen				
	1	2	Frecuencia	Fre.Relativa
1		7	7	70%
2	3		3	30%

10

Tabla 3.2 Matriz de priorización para el criterio mayor volumen de producción.

Número de pedidos				
	1	2	Frecuencia	Fre.Relativa
1		7	7	70%
2	3		3	30%

10

Tabla 3.3 Matriz de priorización para el criterio número de pedidos.

Utilidad Unitaria				
	1	2	Frecuencia	Fre.Relativa
1		7	7	70%
2	3		3	30%

10

Tabla 3.4 Matriz de priorización para el criterio utilidad unitaria.

Fallas Externas e Internas				
	1	2	Frecuencia	Fre.Relativa
1		7	7	70%
2	3		3	30%
			10	

Tabla 3.5 Matriz de priorización para el criterio fallas externas e internas.

Fácil Implementación				
	1	2	Frecuencia	Fre.Relativa
1		3	3	30%
2	7		7	70%
			10	

Tabla 3.6 Matriz de priorización para el criterio fácil implementación.

Después de evaluar los resultados se utiliza la matriz de síntesis de criterios, donde se busca encontrar el proceso mas adecuado para la aplicación del seis sigma. La matriz es la siguiente.

	A	B	C	D	E	Porcentaje	Jerarquía
Techos	0,26	0,12	0,32	0,18	0,12	65%	1
Losa	0,3	0,3	0,3	0,3	0,7	35%	2

Tabla 3.7 Matriz para la determinación del proceso clave.

Observando los resultados obtenidos en la matriz, se determina que el proceso que ofrece las mejores condiciones para la aplicación de una metodología seis sigma es el de la producción de techos.

3.1.2 Definición de las Características Críticas

Las características críticas son las que el cliente espera encontrar en el producto. Estas se denominan críticas para la satisfacción “CTS” (critical to satisfaction), y son el conjunto de características que hacen que el cliente quede totalmente satisfecho.

En el siguiente cuadro se puede observar un diagrama de árbol el cual permite identificar los CTS claves para los clientes

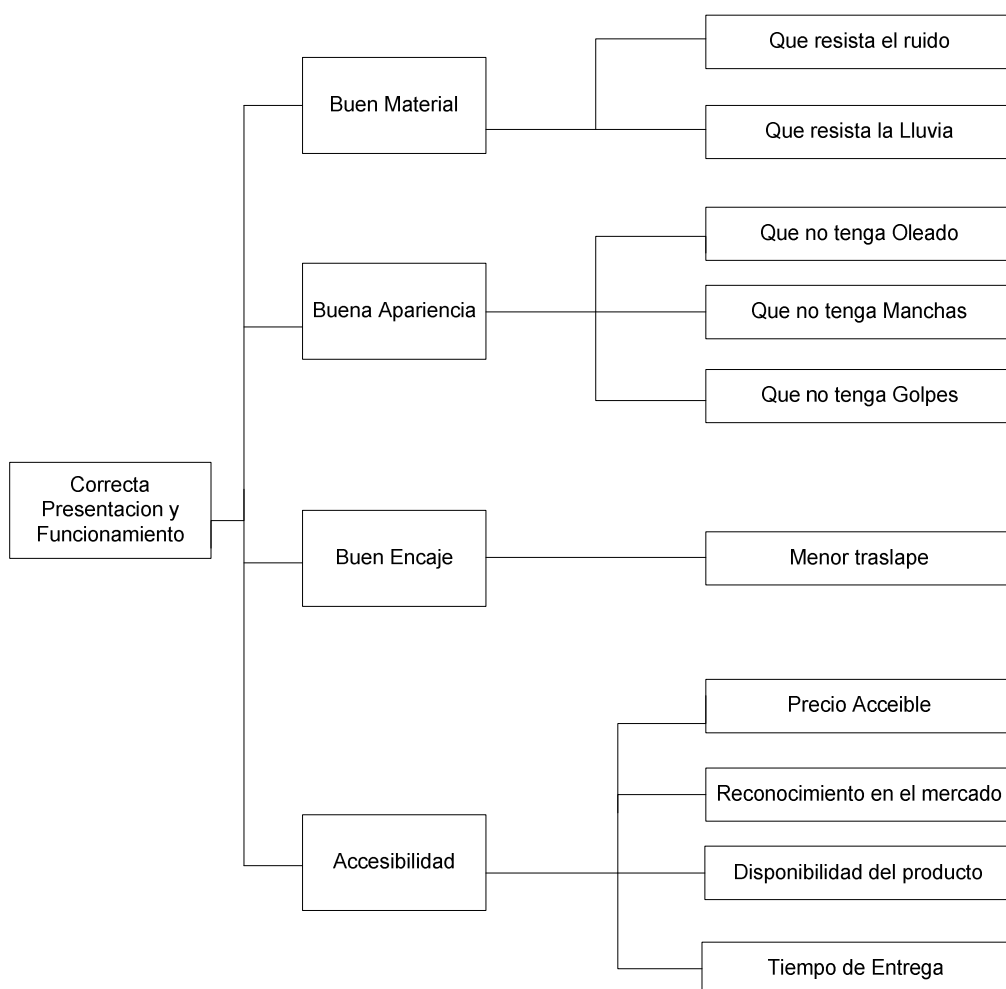


Figura 3.1 Características críticas Kubiec.

Estas características deben ser analizadas y priorizadas considerando el índice de importancia del cliente (IIC) y el grado de no conformidad (GNC). El producto de estos valores corresponde al índice de prioridad

La escala de valoración fue la siguiente:

IIC		GNC	
Muy importante	= 9	Muy alto	= 9
Importante	= 7	Alto	= 7
Medianamente importante	= 5	Medio	= 5
Poco importante	= 3	Bajo	= 3
Muy poco importante	= 1	Muy bajo	= 1

El resultado obtenido luego de la aplicación del análisis en la matriz CTS fue el siguiente:

Resistente a la lluvia	9	5	45	15%
Sin Manchas	5	3	15	5%
Sin oleado	7	3	21	7%
Sin Golpes	7	5	35	11%
menor traslape	9	1	9	3%
Precio Accesible	9	3	27	9%
Reconocimiento en el Mercado	9	3	27	9%
Disponibilidad del Producto	9	7	63	21%
Tiempo de Entrega	9	7	63	21%
			305	

Tabla 3.8 Matriz de característica CTS.

Según los datos obtenidos, se realizó un gráfico de Pareto para poder ver las características críticas de un producto por las cuales se define su calidad, las características fueron las siguientes:

CTS CLAVES SEGÚN PARETO
Tiempo de entrega
Disponibilidad del producto
Sin golpes
Resistente a la lluvia

Tabla 3.9 Características CTS claves.

3.1.3 Definición de Parámetros de Desempeño

Una vez identificados los factores CTS, estos deben ser expuestos en parámetros de desempeño del producto, en relación a calidad, costo, entrega denominados críticos para el producto (CTY). De igual manera para determinar los CTY se utiliza la herramienta del diagrama de árbol obteniéndose los siguientes resultados:

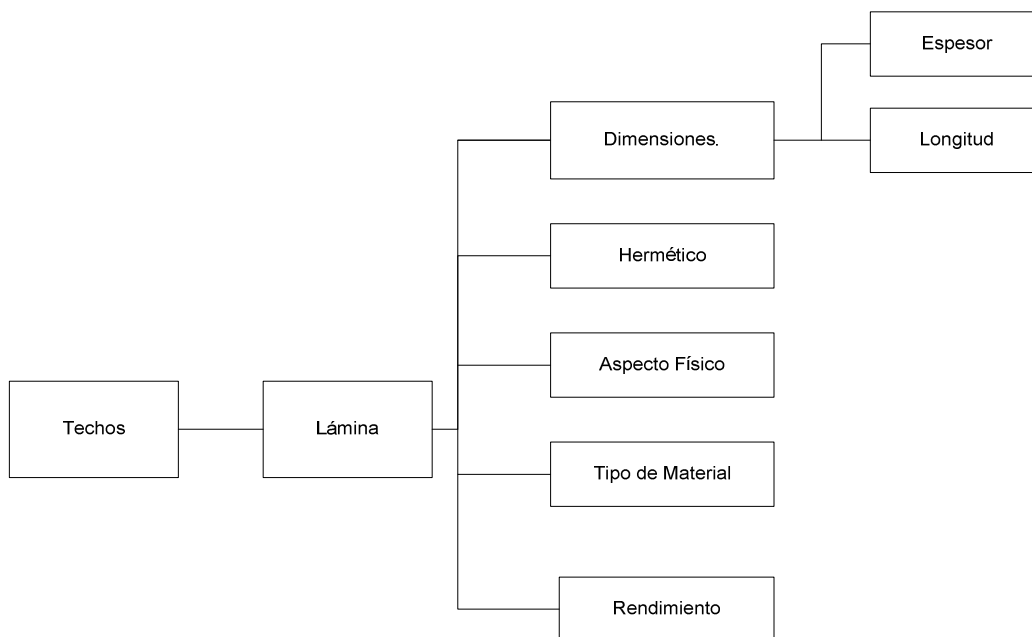


Figura 3.2 Parámetros de desempeño Kubiec.

Estos parámetros fueron analizados en la matriz CTY, considerando la relación con los atributos CTS priorizados, obteniendo el siguiente resultado:

	Tiempo De Entrega	Disponibilidad del producto	Sin Golpes	Resistente a la lluvia	Prioridad CTY
	0,211	0,211	0,11	0,15	
Espesor de la Lámina	3	3		9	2,616
Longitud de la lámina	5	3			1,688
Hermético			5	9	1,9
Aspecto físico	1	1	9	7	2,462
Tipo de material		5	3	7	2,435
Rendimiento			9	7	2,04
					13,141

Tabla 3.10 Matriz de características CTY.

De esta matriz, utilizando también Pareto, se determinó los CTY claves:

Parámetros Claves	Porcentaje
Espesor lámina	0,20
Aspecto físico	0,19
Tipo de material	0,19

Tabla 3.11 Características CTY claves.

En el siguiente diagrama de árbol se describe los parámetros críticos para el proceso (CTX):

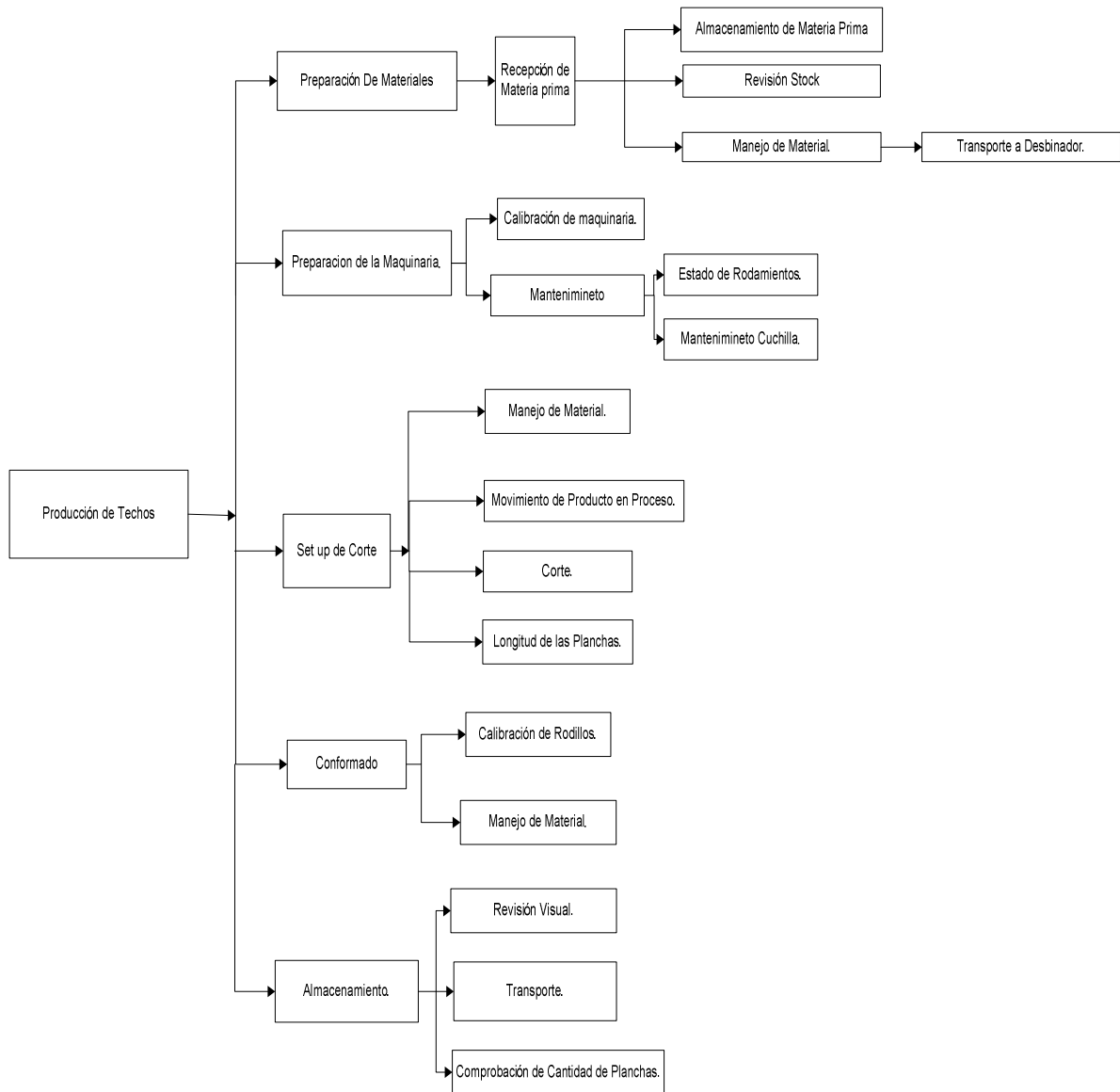


Figura 3.3 Características Críticas CTX Kubiec.

Los parámetros descritos anteriormente fueron analizados en la matriz CTX, considerando las relaciones con los parámetros críticos para el producto (CTY) priorizados anteriormente.

		0,19	0,19	0,2	
		Aspecto	Tipo de Material	Espesor de Lámina	
1	Revisión de Stock				0
2	Montaje de Bobina	7			1,33
3	Medición	5	5	5	2,9
4	Corte de Láminas	5	7	7	3,68
5	Manejo de Producto	5	5	5	2,9
6	Conformado	3		3	1,17
7	Revisión Visual	0	0	0	0
8	Transporte Producto Terminado	3			0,57

Tabla 3.12 Matriz de características CTX.

De la misma manera se determina los parámetros CTX claves:

1	Tiempo Corte de Lámina	0,20
2	Medición de longitud de lámina	0,15
3	Tiempo de Manejo de Producto	0,15
4	Tiempo de Montaje de Bobina	0,10

Tabla 3.13 Características CTX claves.

En estos resultados se observa la relación existente entre las distintas actividades del proceso con las características de calidad esperadas por los clientes; y, será aquí donde se enfoquen los esfuerzos para la mejora, siguiendo los demás pasos de la metodología Seis sigma

3.1.4 Diagrama SIPOC

Un diagrama SIPOC usualmente toma forma durante la etapa Definir dentro del DMAIC, pero el impacto de esto se observa también durante todo el transcurso del proyecto.

En la fase de medir el equipo estará midiendo los “lead” times y los niveles de calidad donde el proceso falla los requerimientos del cliente (CTQ). En la etapa de analizar el equipo relaciona cada CTQ, con algunos parámetros de los procesos quienes cambiaran el mejoramiento del CTQ.

Para el proceso productivo de techos en Kubiec, el diagrama SIPOC en un nivel general es el siguiente:

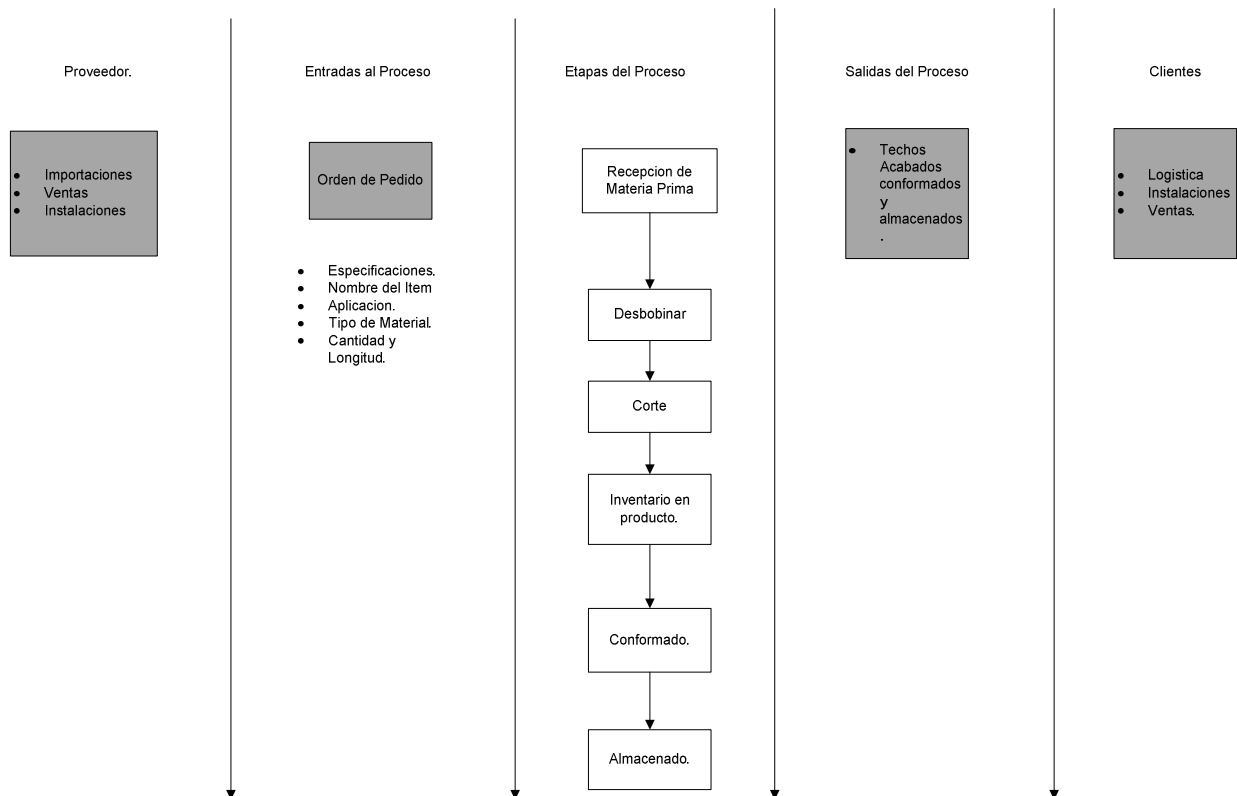


Figura 3.4 Diagrama SIPOC.

Con la información obtenida anteriormente se pasa a presentar el proyecto de la siguiente manera:

3.1.5 Presentación del Proyecto

En esta etapa se debe describir el proyecto con los focos de mejora y los integrantes del equipo. Este es un informe en el cual detalla de manera general el proceso que se va a mejorar de manera que la Directiva de la empresa obtenga una idea sobre los beneficios económicos que se puede adquirir a lo largo de la implementación de la metodología en dicho proceso.

El informe se denomina “Project Charter” y consta de los siguientes componentes:

- Proceso
- Descripción del proyecto
- Objetivo
- Impacto en las utilidades
- Miembros del equipo
- Alcance del proyecto
- Beneficio para clientes externos
- Cronograma de actividades
- Apoyos Requeridos

Project Charter Seis Sigma “KUBIEC”

Producto o servicio impactado	Techos	Ahorro esperado en el proyecto				
Black Belt o Green Belt	Ing. Santiago Quevedo	Unidad de trabajo	Producción			
Champion		Numero teléfono	0228632500			
Master Black Belt		Email	Sar365ck@hotmail.com			
Fecha Inicio Proyecto	04/062007	Finalización Proyecto	30/11/2007			
Elemento	Descripción	Proyecto de equipo				
1. Proceso:	Determinar el proceso en el que exista oportunidad de mejora	Producción de techos en sus distintos tipos de material				
2. Descripción del proyecto	Propósito del proyecto	Se busca mejorar el desempeño de la producción de techos reduciendo tiempos de producción con el fin de reducir tiempos en la entrega a los clientes				
3. Objetivo	Que mejora es buscada:	Y del proyecto	Linea Base	GOAL	Valor optimo	unidades
	Capacidad de producción diaria					
	Reducción de tiempos muertos	Producción Diaria	350	420	525	Unidad /dia
	Aumento d producción mediante la reducción de tiempos	Tiempos Muertos	2-4hrs	6 seg	0	
		Utilidad	12825	15390	19238	\$/mes
4. Impacto en las utilidades	Cuál es la mejora esperada en el desempeño comercial					

5. Miembros del equipo	Nombres de integrantes del equipo de mejora	Ricardo Pazmiño: Dueño del proceso Juan Carlos Guerrero: mejoramiento del proceso Sebastián Rojas: mejoramiento del proceso Verónica Baroja											
6. Alcance del proyecto	Que parte del proceso va a ser investigada	La parte a ser investigada consta desde la preparación de la materia prima para la fabricación del producto hasta su almacenamiento											
7. Beneficio para clientes externos:	Cual es son los clientes externos y cuales son los beneficios que van a obtener												
8. Cronograma	Fechas de inicio D- Definir M-Medir A-Analizar Nota: Ver anexo Microsoft project	Inicio del proyecto Finalización D Finalizaion M Finalización A Revisión: Finalización del proyecto	Lunes 4 de junio 2007 12 octubre 2007 16 noviembre 2007 30 de noviembre 2007 10 de diciembre 2007 14 de diciembre 2007										
9. Apoyos Requeridos	Cualquier tipo de apoyo necesario para el desarrollo del proyecto: capacidad especial, hardware, etc	<table border="0"> <tr> <td>Utiles de oficina</td> <td>\$100</td> </tr> <tr> <td>Tinta de impresora</td> <td>\$50</td> </tr> <tr> <td>Espiraes, empastado</td> <td>\$100</td> </tr> <tr> <td>Transporte</td> <td>\$150</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td>\$400</td> </tr> </table>		Utiles de oficina	\$100	Tinta de impresora	\$50	Espiraes, empastado	\$100	Transporte	\$150	TOTAL	\$400
Utiles de oficina	\$100												
Tinta de impresora	\$50												
Espiraes, empastado	\$100												
Transporte	\$150												
TOTAL	\$400												

3.2 Medición del Proceso

El propósito en la fase de medir es recoger información que describa la naturaleza y la extensión del problema, y por lo tanto muchas de las herramientas para la recolección de información van a ser usadas en esta fase, además de obtener una información adicional que va a ser usada en la fase de mejora del proyecto.

3.2.1 Diagrama VSM

Con el uso de esta herramienta se logra observar de manera detallada como funciona el proceso, cada etapa del mismo, tiempo de producción y los factores que afectan directamente al proceso. El objetivo principal de esta herramienta es tener una visión clara de los aspectos posibles a mejorar dentro del proceso productivo

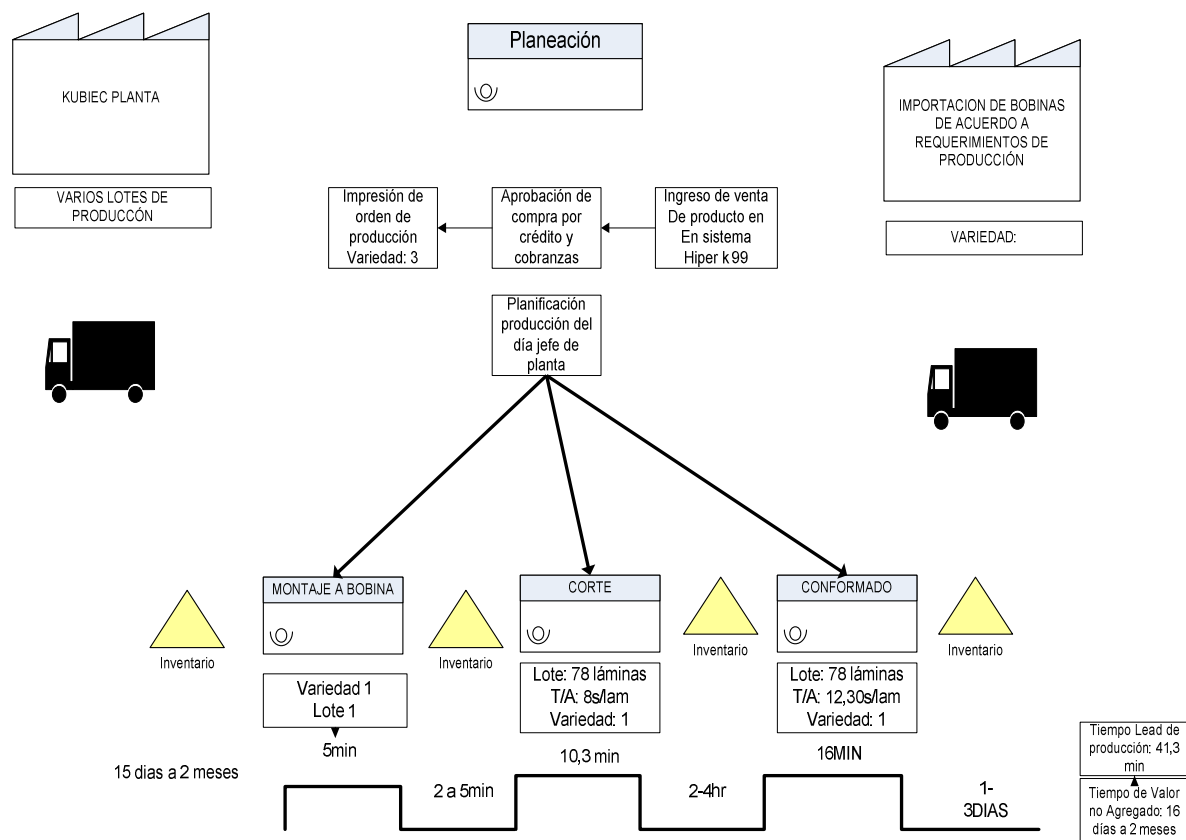


Figura 3.5 Diagrama VSM inicial Kubic.

3.2.2 Diagrama SIPOC nivel detallado

En este tipo de diagrama lo que se busca es detallar paso a paso los procesos que se encuentran involucrados en la producción de techos.

Con la información recolectada se obtuvo el siguiente diagrama:

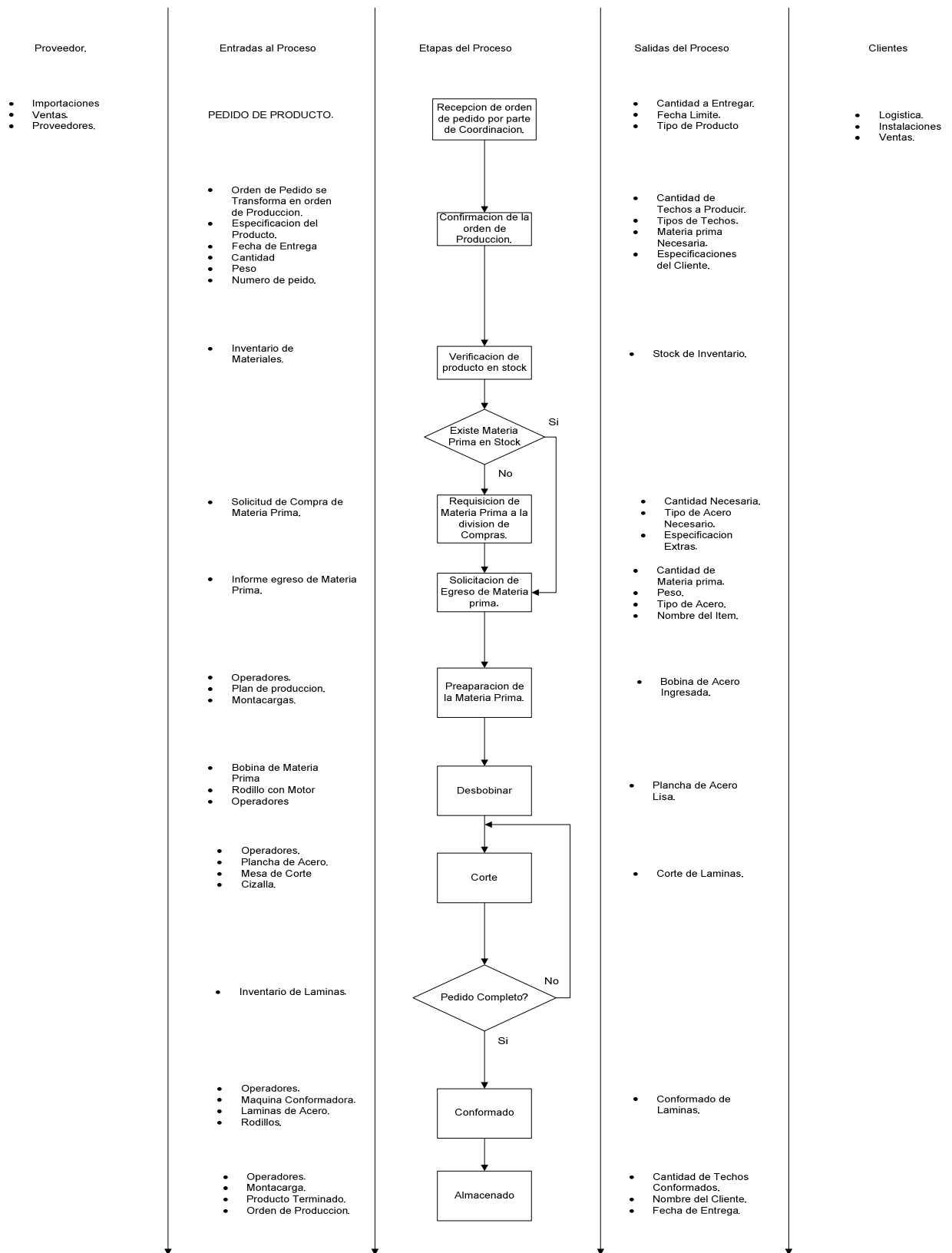


Figura 3.6 Diagrama SIPOC nivel detallado.

Una vez realizado el diagrama SIPOC a nivel detallado se considera los parámetros CTX determinados en la fase Definir para realizar las mediciones sobre las variables críticas: tiempo en el corte de lámina, medición longitud de lámina, tiempo en el manejo de producto, tiempo montaje de bobina.

En el diagrama SIPOC el control se debe realizar sobre las entradas en el proceso de corte: Operadores, plancha de acero, cizalla. En el proceso “desbobinar” el control se realizará sobre: bobina de materia prima, rodillo con motor y operadores.

3.2.3 Parámetros de Medición

Para proceder con la medición del proceso es necesario realizar una evaluación del sistema de medición, con el fin de descartar posibles errores debido a la mala calibración de los equipos de medición.

3.2.3.1 Discriminación

La longitud de la lámina tiene una variación de 4212mm a 4198mm, es decir varía en 14mm, mientras que para el tiempo de corte tiene una variación de 11,34s a 6,07s correspondiente a un rango de 5,27s.

Si se considera que los incrementos de medición deben ser de aproximadamente un décimo del ancho de las especificaciones del producto o la variación del proceso, la discriminación mínima para la longitud es de 1,4mm y para el tiempo de corte sería 0,57s.

La discriminación tanto de la longitud como para el tiempo de corte de lámina es mínima y se encuentra dentro de la apreciación mínima por lo que no debería haber problemas de medición.

3.2.3.2 Exactitud

Para el análisis de la exactitud se realizó un estudio de la longitud final de la lámina tomando en cuenta como valor real la medición de la longitud con un dispositivo digital y se tomo muestras de la longitud medida con 2 operarios y un flexómetro obteniendo los siguientes resultados:

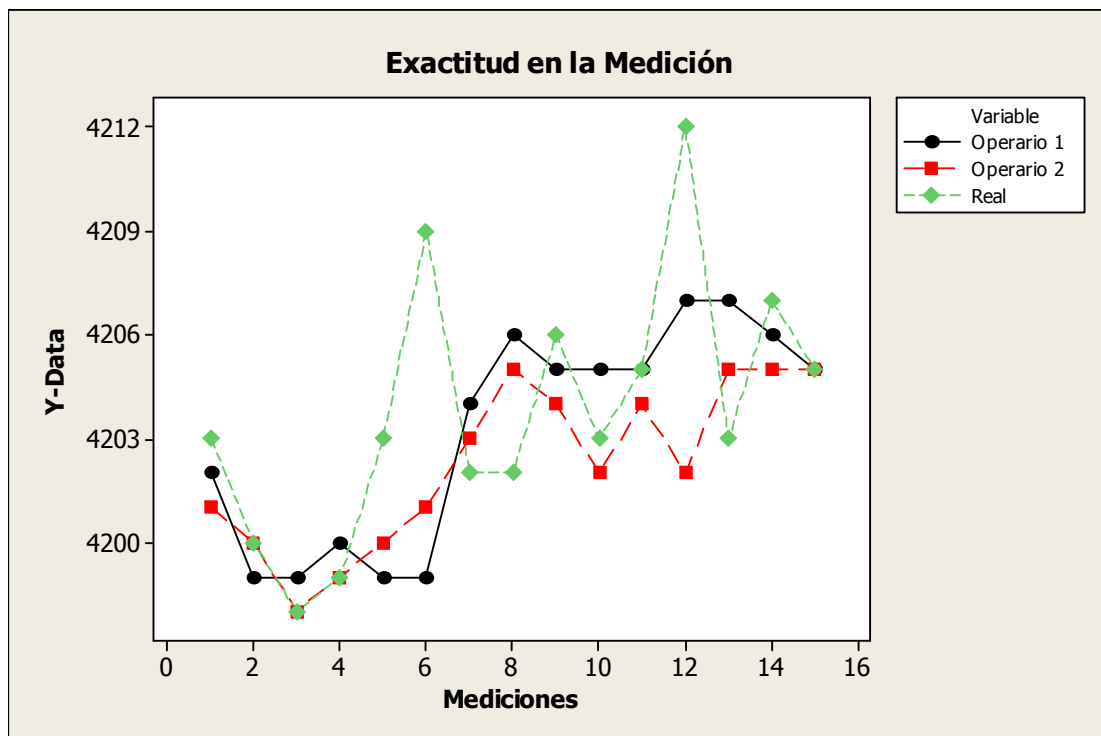


Figura 3.7 Gráfico de la exactitud en la medición.

Calculando el error promedio de medición se determinó que para el operario 1 es -0,6 y para el operario 2 es -1, 53.

Como se puede observar existe un sesgo entre la medida estandarizada y las medidas de los operarios, en algunas partes se nota mucha la diferencia por lo que se requiere una calibración del flexómetro o una capacitación adecuada para los operarios.

3.2.3.3 Precisión

Para evaluar la precisión se va a realizar un estudio Gage R&R, en el que se consideraron dos operadores (1 y 2), se tomaron 17 muestras y se repitió la medición dos veces por cada operador.

El estudio se lo realizó para el tiempo de corte de un lote 34 planchas. Este número de muestras se toma debido a que es muy complejo obtener el número de láminas requerido para el análisis (30 muestras) y es el más próximo a una medida estándar.c

Los resultados obtenidos para esta medición son los siguientes: (Ver Anexo 1)

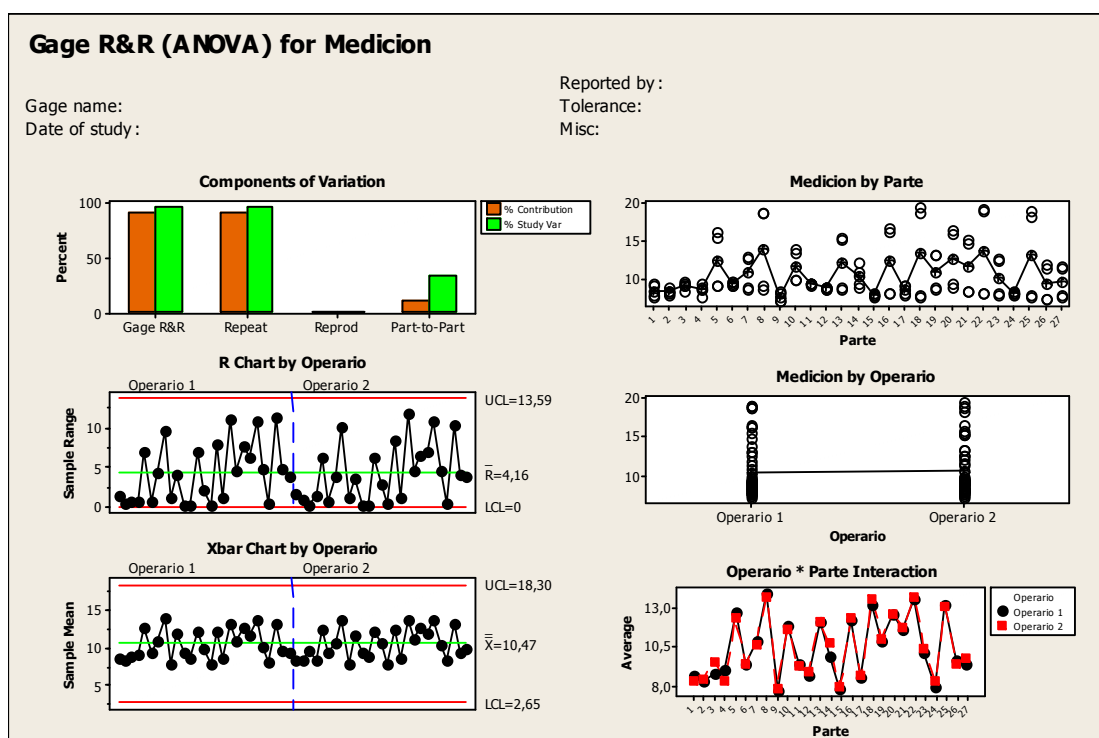


Figura 3.8 Estudio R&R para la medición de longitud de planchas.

Gage R&R

	%Contribution	
Source	VarComp	(of VarComp)
Total Gage R&R	10,3359	89,07
Repeatability	10,3359	89,07
Reproducibility	0,0000	0,00
Operario	0,0000	0,00
Part-To-Part	1,2686	10,93
Total Variation	11,6045	100,00

	Study Var %Study Var		
Source	StdDev (SD)	(6 * SD)	(%SV)
Total Gage R&R	3,21494	19,2897	94,38
Repeatability	3,21494	19,2897	94,38
Reproducibility	0,00000	0,0000	0,00
Operario	0,00000	0,0000	0,00
Part-To-Part	1,12633	6,7580	33,06
Total Variation	3,40654	20,4392	100,00

En cualquier proceso en el que un Gage R&R este entre 10 y 30% se puede decir que se encuentra bien.

Para el proceso descrito podemos observar que los porcentajes de reproducibilidad tanto los porcentajes de studyVar como de Contribution son de cero mientras que para repetitividad son cercanas al 90% lo que quiere decir que las personas que intervienen en el proceso de corte no obtienen el mismo tiempo de corte en la misma lámina. Para lo cual se deben tomar medidas correctivas.

3.2.4 Análisis de capacidad del proceso

La capacidad del proceso nos dice que tanto la variación natural del proceso se adapta a los rangos de la especificación del cliente. Un proceso que cumpla con las capacidades es en que su desviación estándar se encuentra en el rango objetivo definido por el cliente.

Un proceso que cumpla las capacidades seis sigma, la variación natural del proceso es tan solo la mitad del rango objetivo.

El valor mínimo de C_p para considerar a un proceso capaz respecto a cierta variable clave es 1,33; mientras que C_{pk} debe ser por lo menos igual 1,0. Un proceso "seis sigma" deberá tener como C_p y C_{pk} valores mayores a 2,0.

Para el proceso de producción de láminas de acero (techos) se va a realizar un estudio sobre las capacidades del proceso en el tiempo de medición de corte con dos y tres operarios.

El procedimiento seguido para la el estudio de capacidad es el siguiente:

1. Se obtuvo un total de 200 muestras con dos operarios. Se tomaron 20 muestras de tamaño 5 y el intervalo para cada muestra fue de media hora durante 5 días. De igual manera se obtuvo 200 muestras, con tres operarios en base a láminas con una longitud igual a 6500mm

2. Ingresar los datos obtenidos al minitab y analizar la normalidad de la distribución.
3. Analizar las gráficas de control resultantes (opción Control Charts: Xbar-R) para determinar si el proceso está en control estadístico.
4. Teniendo el cumplimiento de los pasos anteriores, analizar los datos para determinar la capacidad del proceso (opción Capability Sixpack: normal).

3.2.4.1 Intervalos de confianza

Un rango de valores derivado de un ejemplo estadístico, en el que casi siempre contiene valores de un parámetro de población de desconocida por su naturaleza variada, es muy poco probable que dos ejemplos de una misma población tengan un mismo intervalo de confianza pero si se repite el ejemplo varias veces un cierto porcentaje de los intervalos de confianza van a contener los parámetros de la población desconocida. El porcentaje de estos intervalos que contienen estos parámetros es conocido como el nivel de confianza del intervalo.

Ejemplo: Supóngase que se quiere conocer el tiempo máximo que toma a una línea de ensamblaje completar un vehículo. Se toma mediciones de autos ensamblados, tomando el tiempo que se demora en ensamblar dicha línea de producción.

Se usa el procedimiento 1-sample (encuentra intervalo de confianza en minitab) para obtener el intervalo de confianza del 95 % del tiempo que tomo ensamblar los autos, ya que el 95% de los intervalos de confianza construidos de todos los posibles ejemplos van a contener los parámetros de la población, por lo tanto, se concluye que la cantidad de tiempo que tomo en ensamblar los autos caen dentro de los límites del intervalo o también llamados límites de confianza.

El intervalo de confianza es necesario aplicar en el análisis del proceso productivo Kubiec, debido a que se requiere LEI y LES (Límites de especificación superior e

inferior). Estos límites de especificación normalmente son especificados por el cliente, pero debido a que el proceso de corte no puede ser especificado por el cliente se calculó los límites de especificación utilizando un nivel de confianza del 95% con la siguiente fórmula:

$$E = z_{\alpha} \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (3.1)$$

3.2.4.2 Análisis del Proceso con respecto a 2 operarios

Siguiendo los pasos antes señalados, se obtuvieron las siguientes graficas y resultados del análisis de la capacidad de proceso de corte con 2 operarios.

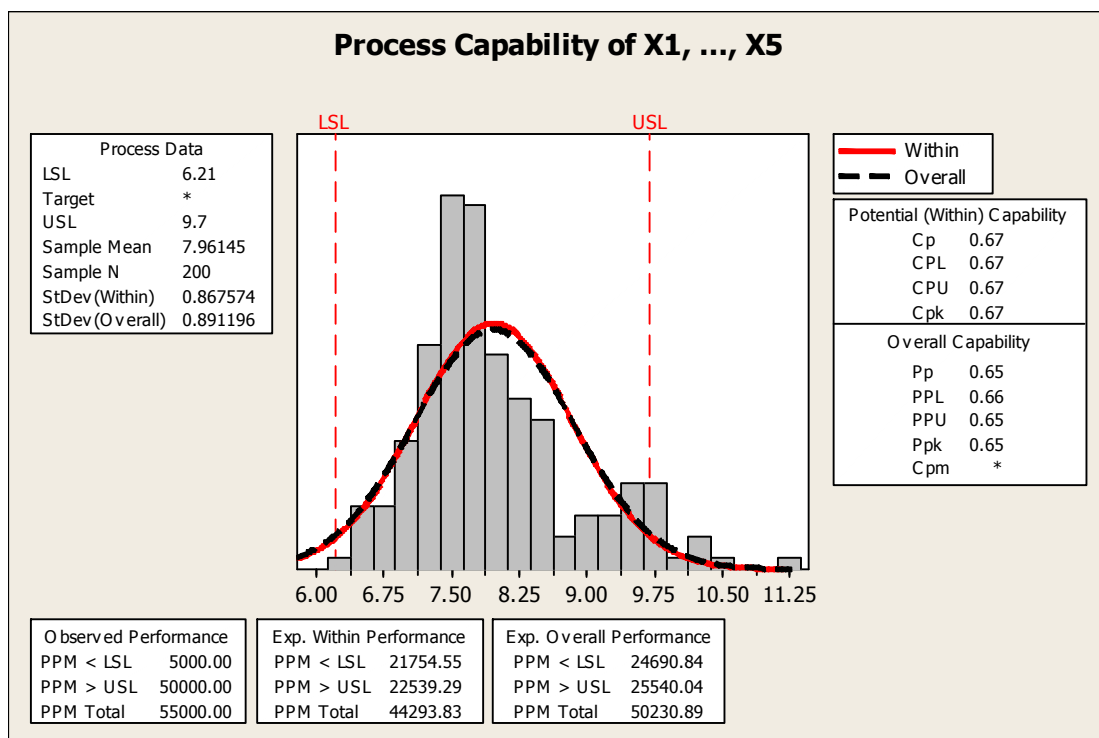


Figura 3.9 Análisis del proceso con respecto a dos operarios.

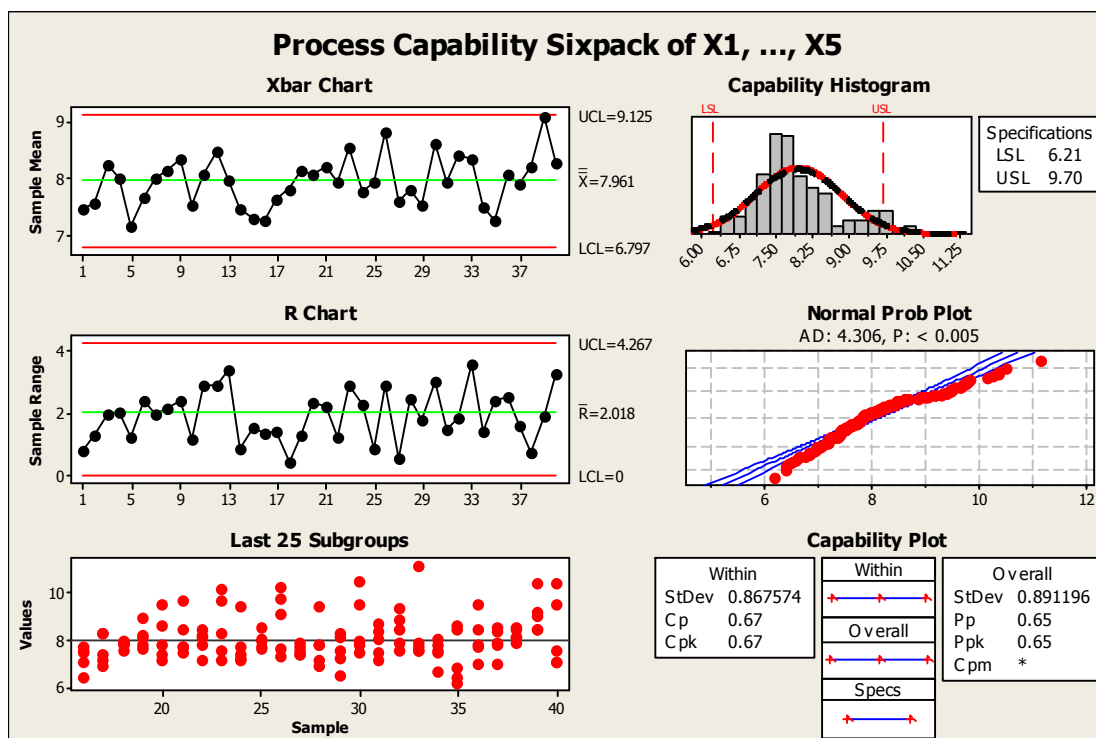


Figura 3.10 Análisis de la capacidad del proceso (sixpack).

Los límites obtenidos para el proceso con dos operarios fueron de 6,21 y 9,7. Para lo cual se observa que el proceso sigue una distribución normal que los datos están sesgados hacia la izquierda.

Después de hacer los estudios de capacidad se obtiene los siguientes datos:

La razón de capacidad cp (0,65) lo cual se encuentra en la mitad del valor óptimo que es de (1,33) y el Índice de capacidad Cpk (0,65) se encuentra de igual manera alejado del valor óptimo que es de (1,00).

El número de inconformidades por millón a corto plazo es de 50808 y a largo plazo es de 50230,89, pudiendo llegar a la conclusión que el proceso de corte con 2 operarios, no es capaz debido a que los índices de capacidades encontrados se encuentran alejados de los valores óptimos.

Una vez obtenido el análisis de capacidad con dos operarios, se puede observar claramente una capacidad del proceso menor a uno, concluyendo así, que el proceso de conformado de láminas no es “capaz”.

La metodología seis sigma claramente establece que las mejoras sobre el proceso, se deben presentar sin modificar el estado del proceso actual. Esto quiere decir que:

Una buena capacitación al personal en la medición de las láminas, un buen seteo del proceso reducirá drásticamente la varianza y lograría un C_p cercano o mejor a uno, de esta manera el proceso no sería modificado.

Debido a que la intervención “externa” sobre los procesos productivos de la fábrica KUBIEC no se puede cumplir, se adopta un pequeño experimento con el objeto de reducir la varianza del proceso actual.

Se va a realizar la medición y análisis de proceso de las láminas con tres operarios bajo las mismas condiciones (longitud de lámina, ambiente, número de muestras, etc), que se tomaron en cuenta para el análisis con dos operarios.

3.2.4.3 Análisis del proceso con respecto a 3 operarios

Siguiendo los pasos antes señalados, se obtuvieron las siguientes graficas y resultados del análisis de la capacidad de proceso de corte con 3 operarios.

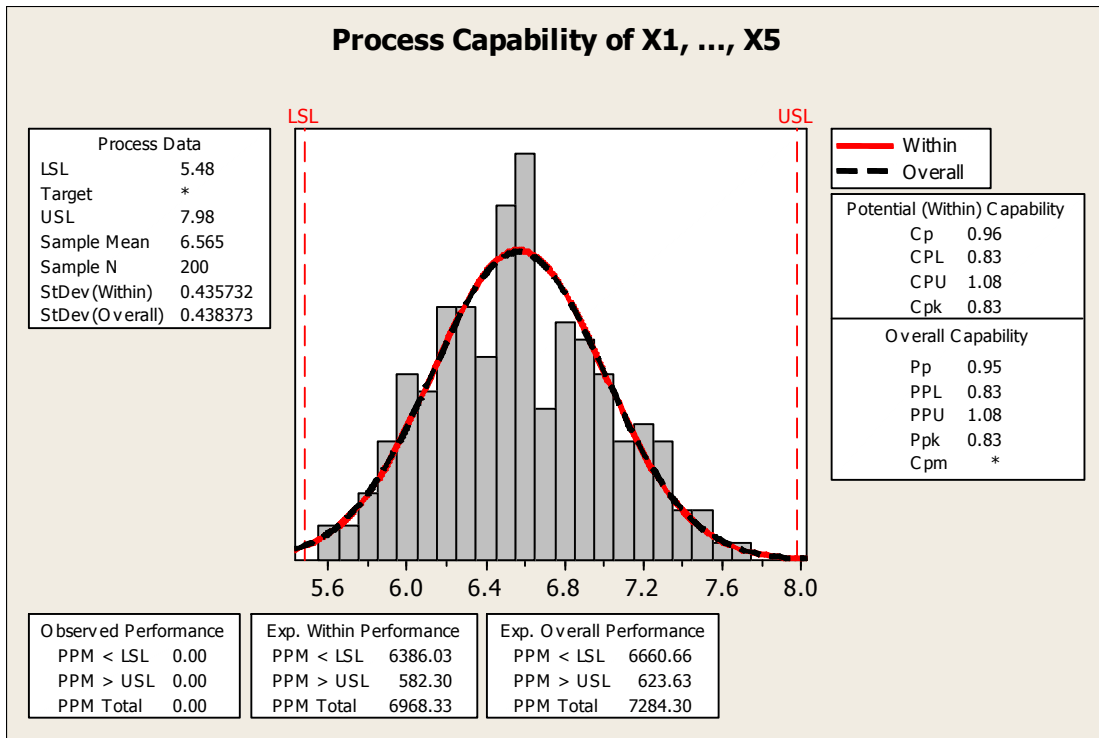


Figura 3.11 Análisis del proceso con respecto a tres operarios.

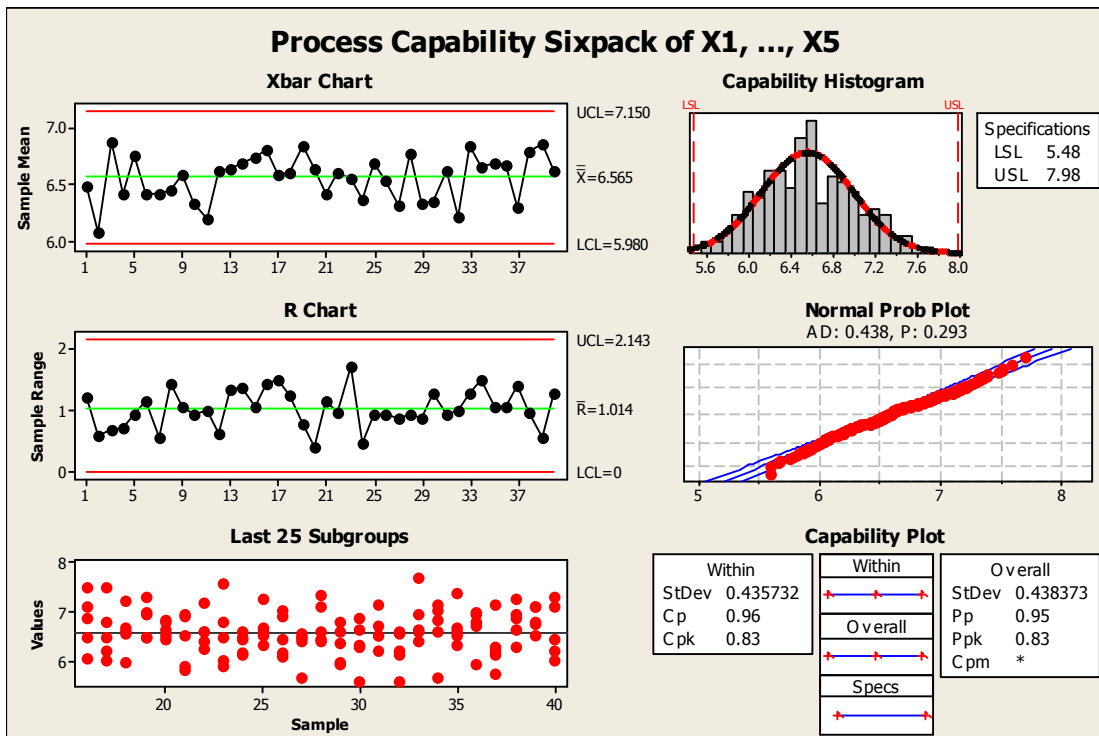


Figura 3.12 Análisis capacidad del proceso con tres operarios (sixpack).

En el análisis con 3 operarios se puede observar que los límites obtenidos fueron de 5,48 y 7,98. Con estos índices obtenidos la capacidad Cp es de 0,95 observándose una aproximación mayor al valor ideal, comparado con el proceso productivo con 2 operarios. Y el Cpk. es de 0,95 siendo así este un valor muy cercano a la unidad, que es el valor ideal. Se puede concluir que el proceso productivo de techos con 3 operarios es más eficiente.

También se puede observar notablemente que los defectos a corto plazo son mucho menores que en el proceso productivo con 2 operarios.

3.2.5 Plan de Control Inicial

El objetivo de un plan de control inicial en este proceso es el de estandarizar tiempos dentro de los procesos para poder ver las capacidades de acuerdo a los siguientes parámetros.

3.2.5.1 Determinación del Plan Inicial

En el proceso de producción de techos dentro de la empresa se revisaron los documentos sobre los controles antes establecidos por la empresa, encontrando falencias dentro de estos, por lo cual se ha procedido a estandarizar nuevos parámetros dentro del proceso teniendo en cuenta que se hace el estudio de los dos procesos de 2 y 3 operarios por separado para conformidad del estudio.

- a) En el proceso de corte con dos operarios se establecerá un límite de $8 \pm 1,7$ seg.
- b) En lo que respecta al proceso de manejo de material no se realizará ningún ajuste de especificaciones.
- c) En el proceso de corte con tres operarios se establecerá un límite de $6,7 \pm 1,25$

VARIABLES CLAVES DEL PROCESO DE TECHOS							
HOJA DEL ESTADO DE CAPACIDAD INICIAL							
CORTE	Técnica de Medición	Limite Inferior	Target	Limite Superior	Cp	Cpk	Ppm
2 OPERARIOS	Cronometro	6,21	-	9,7	0,65	0,65	50231
3 OPERARIOS	Cronometro	5,48	-	7,98	0,95	0,94	49450

Tabla 3.14 Índices de capacidad inicial del proceso.

Con este estudio podemos ver claramente como los índices cambian con respecto a su situación actual solo estableciendo límites. El proceso de corte con 2 operarios se transforma de un proceso completamente capaz a un proceso ineficiente que conforma una insatisfacción al proceso y al cliente, por lo cual se buscara establecer una mejora dentro del proceso para poder estandarizarlo.

3.3 Análisis del Proceso

En el paso de analizar se busca recoger todos los datos y tablas que se obtuvieron en la fase de medir, para así poder observar paso a paso las causas por las cuales se producen defectos, variaciones, atrasos y muchas otras dentro del proceso.

3.3.1 Determinación de Entradas Críticas Potenciales

En esta parte lo que se busca es determinar razones por las cuales se producen las fallas dentro del proceso, para esto hay varias herramientas tales como Diagrama de Ishikawa, Árbol de Causa y Efecto y muchos mas, los cuales buscan que el equipo vaya resolviendo paso a paso las causales por las cuales se producen las variaciones dentro de las graficas de dispersión.

En este caso lo mas optimo es utilizar el diagrama de causa y efecto para el análisis de falla del proceso en donde a continuación se va a señalar los punto a considerar para realizar el mismo.

3.3.2 Procedimiento para realizar el Diagrama de Causa y Efecto.

Para la realización de este Diagrama usamos como base el grafico del SIPOC detallado para así poder buscar las causas de falla dentro del todo el proceso, para lo cual en cada sub proceso vamos a realizar las siguientes actividades.

- a) Determinar las etapas del proceso que se consideren causa de falla.
- b) Señalar el o los efectos negativos en cada etapa.
- c) Realizar preguntas tales como ¿Qué causo este efecto? ¿Por qué lo causo?
- d) Ir creando el árbol de causa-efecto a partir de las respuestas como ramificaciones organizando de acuerdo a relación causa-efecto.
- e) Terminar de construir el árbol y señalar las causas primarias que causan los errores.

En cada una de las etapas señaladas en el SIPOC se obtuvo las siguientes fallas en relación causas-efecto.

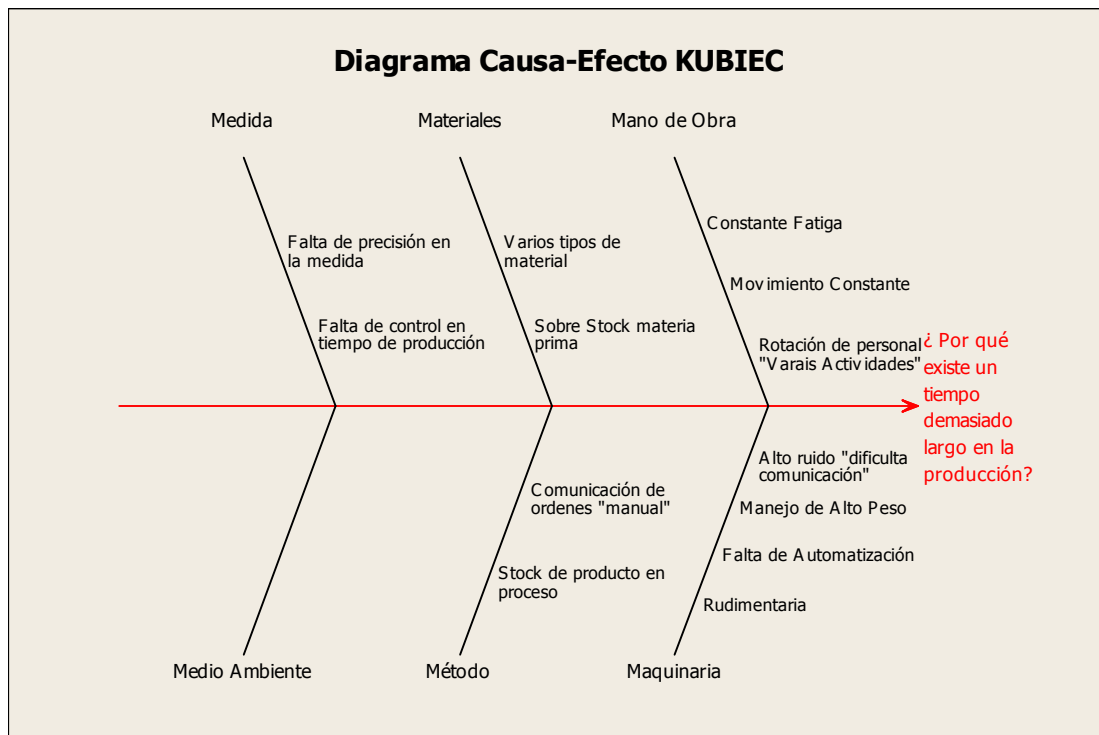


Figura 3.13 Diagrama Causa-efecto situación actual Kubiec.

Una vez completado el diagrama de causa efecto se procede a una mejora del VSM actual de la empresa utilizando las causas principales encontradas que influyen en el aumento del tiempo de producción de techos.

3.4 Mejora del Proceso

El mapeo de valor de flujo (VSM) es una herramienta muy útil de Lean, sin embargo es necesario acudir a otro tipo de herramientas para lograr un cambio definitivo en la velocidad del proceso. En esta fase se utiliza los datos estadísticos previamente obtenidos.

3.4.1 Estudio del Efecto en la Variable de Salida

Para el estudio del efecto de la variable que influye en el tiempo de producción de techos se procede a realizar un estudio de varianza al proceso con respecto a la cantidad de operarios dentro de la línea.

3.4.2 Estudio de la Varianza (ANOVA)

Para el estudio de varianza se van a seguir los siguientes pasos:

- a) Prepara 50 muestras de tamaño 4 cada muestra sobre tiempos de corte con respecto a 3 y 2 operarios.
- b) Tomar las muestras con 10 min. de separación para incluir todos los datos necesarios y se cumpla el funcionamiento de un muestreo aleatorio.
- c) Analizar los datos recogidos del muestreo y realizar pruebas estadísticas en un software estadístico para su conclusión.
- d) Registrar la conclusión final del experimento.

Después de obtener los datos señalados en el paso a, se acude a la ayuda del Software Minitab, para la realización de experimentos sobre los datos recolectados.

Con la ayuda del programa se determina la varianza que existe en el proceso dependiendo de los factores por medio de la prueba de variación o ANOVA.

Los resultados que se obtuvieron del estudio son los siguientes:

One-way ANOVA: 3 OPERARIOS; 2 OPERARIOS

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	151,155	151,155	252,13	0,000
Error	398	238,604	0,600		
Total	399	389,759			

S = 0,7743 R-Sq = 38,78% R-Sq(adj) = 38,63%

Individual 95% CIs For Mean Based on

Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
3 OPERARIOS	200	6,7320	0,6362	(-***)
2 OPERARIOS	200	7,9614	0,8912	(--***)

-----+-----+-----+-----+-----
 6,80 7,20 7,60 8,00

Pooled StDev = 0,7743

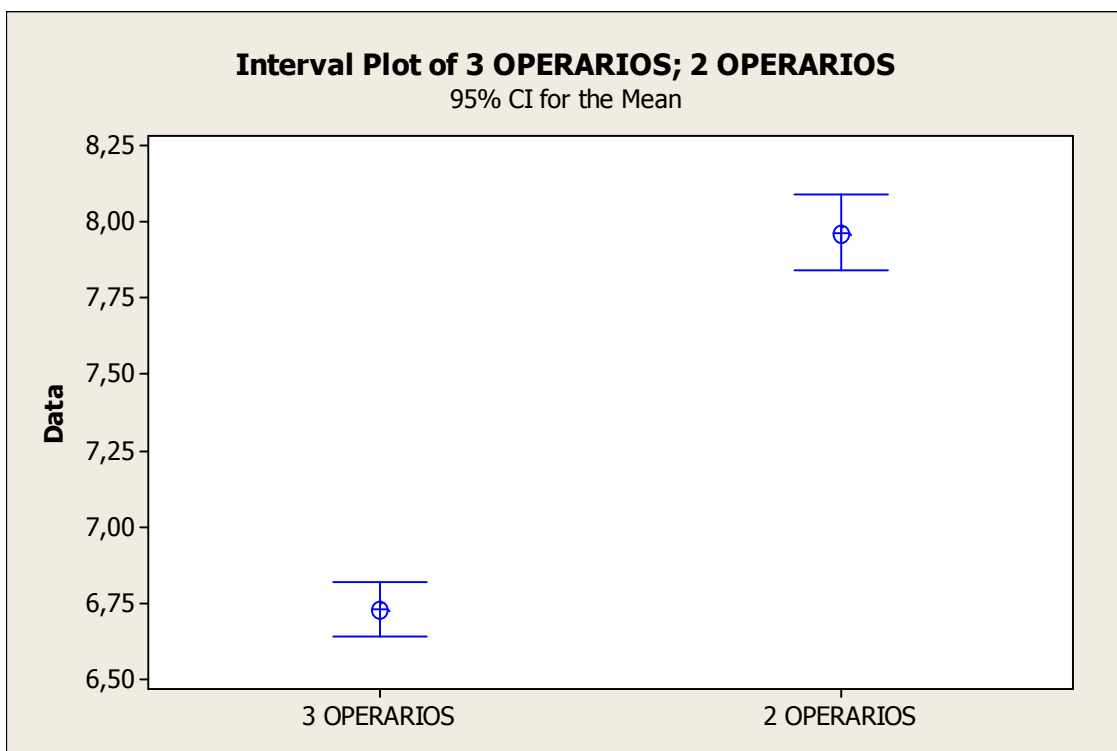


Figura 3.14 Gráfico de intervalos de Varianzas.

Por medio de los resultados señalados, aplicando la prueba ANOVA, se observa claramente como varia la desviación estándar, con respecto a cada variable, además de un decrecimiento considerable del tiempo medio del proceso con 2 y 3 operarios.

Con estos resultados de la prueba de varianza, se procede a realizar un diagrama de VSM de la situación futura, con los tiempos mejorados, obteniendo así el

tiempo total del proceso mejorado, y determinar la disminución en una visión macro de la producción.

3.4.3 Plan e Implementación de mejora

Una vez finalizadas la fase de análisis de datos, se obtiene una visión mas clara del comportamiento del proceso y de la variable de mayor impacto sobre su variación.

El siguiente paso es generar soluciones para las variables ya antes mencionadas.

Las soluciones seleccionadas deberán ser analizadas minuciosamente, para ser implementadas. La herramienta utilizada en esta fase es el diagrama de árbol de objetivos.

3.4.4 Diagrama de Árbol de Objetivos y Recursos

El objetivo de este diagrama es unir los objetivos trazados con los recursos a utilizar mediante los procesos involucrados. Los pasos a seguir para el diagrama son los siguientes:

- a) Establecer el objetivo primario
- b) Generar los objetivos secundarios
- c) Generar los medios y tareas
- d) Conjuntar el diagrama y,
- e) Revisar el diagrama

En el proceso de producción de techos se plantea como objetivo primario reducir el tiempo de producción, obteniéndose así la siguiente figura:

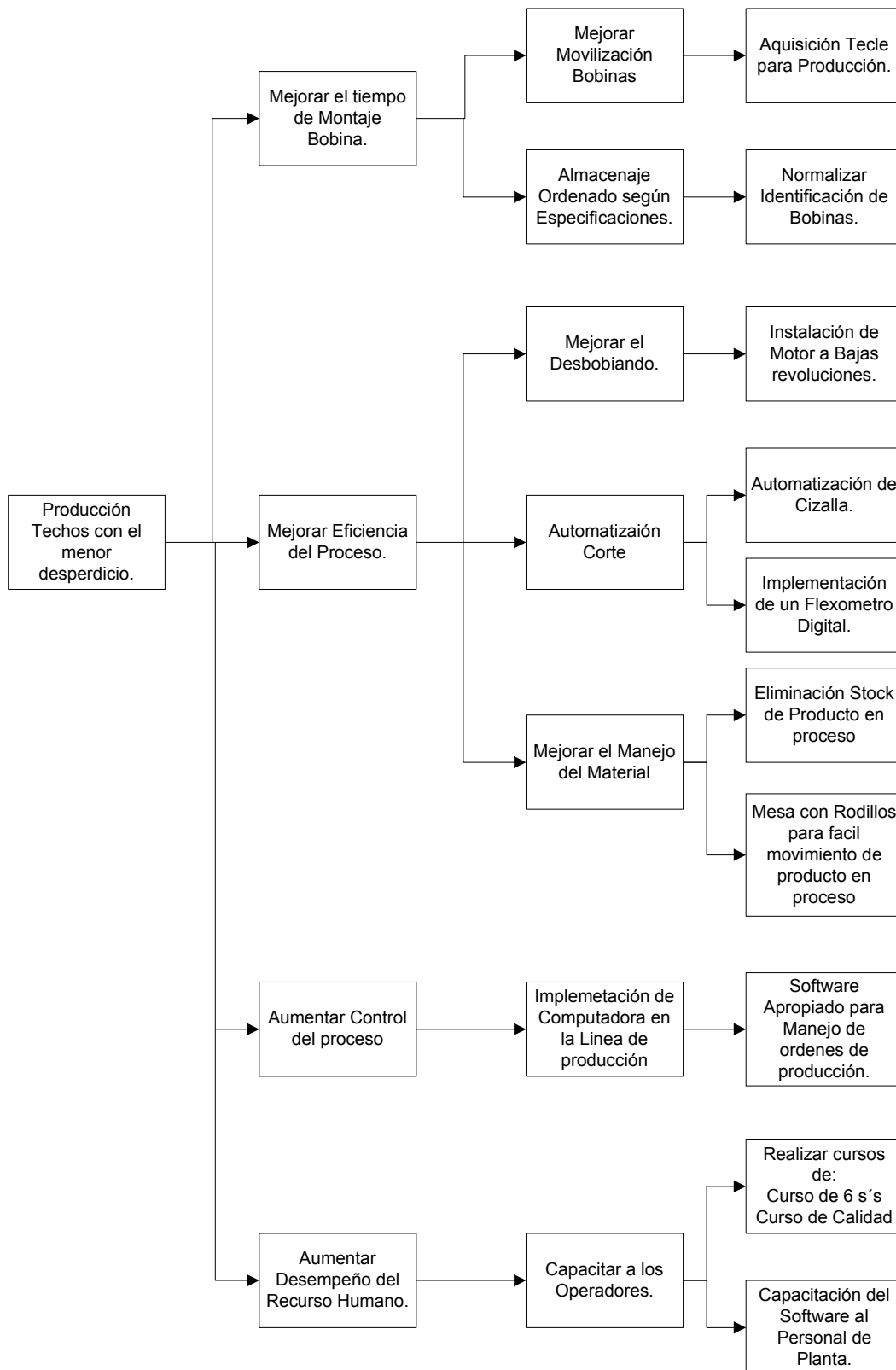


Figura 3.15 Diagrama de árbol de objetivos.

3.4.5 VSM de la Situación Futura

Anteriormente se determinó las causas principales para incrementar la producción.

En la figura 3.15 se puede observar claramente, un estallido Kaizen en cada proceso productivo mejorado así se tiene:

1. Desbobinado: Reducción de montaje de bobina de 15 min a 5min
2. Corte: Reducción del tiempo de corte para 78 láminas de 10,3 min a 8,8min
3. Inventario 3: Reducción de inventario de producto en proceso 2 a 4 hrs a 5,5 seg.

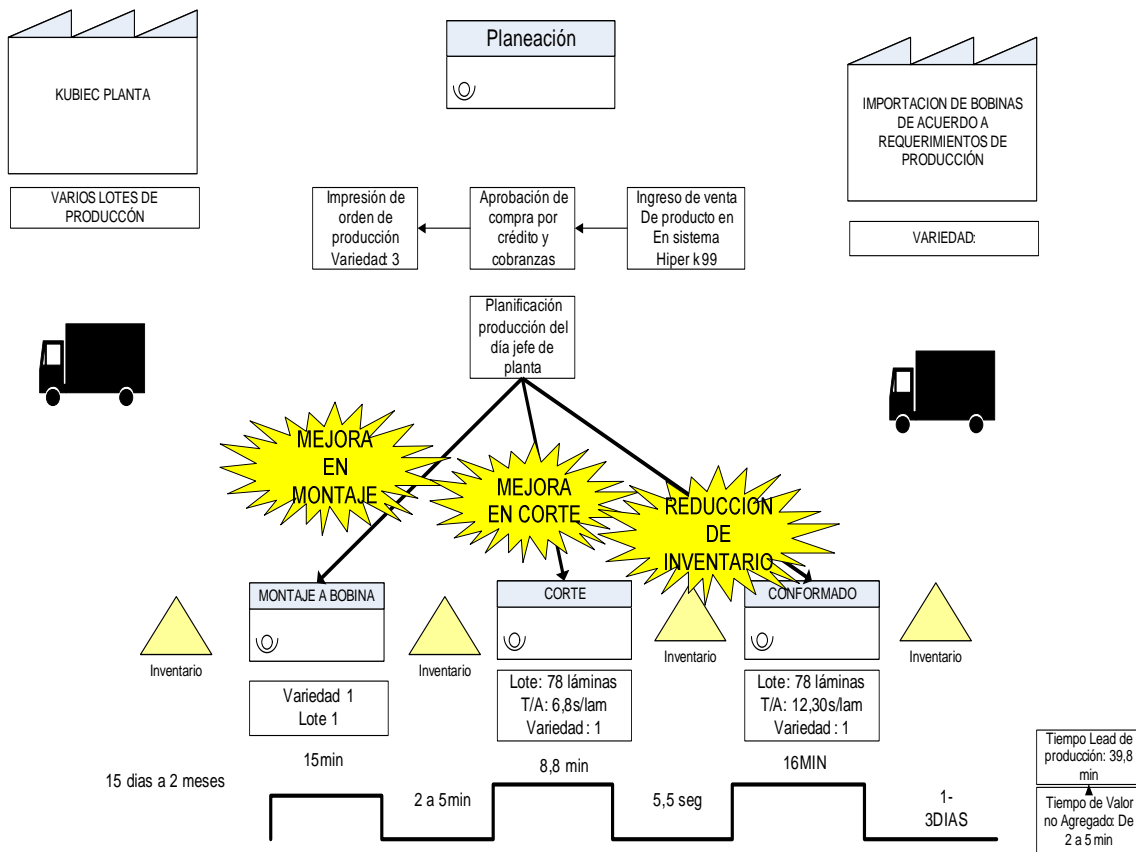


Figura 3.16 Gráfico VSM de la situación Futura.

3.4.6 Plan de Mejora del Proceso

En la tabla 3.16 se describe un posible plan de mejora para Kubiec tomando en cuenta los parámetros determinados en el árbol de objetivos

Número	Tareas	Responsable de tarea	Acciones preventivas o alternativas	Responsables de acciones	Fecha	Información y Recursos
1	Adquisición Teclé	Compras y Producción Ingeniería	Cálculo de carga máxima a manejar	Jefe de Producción	1 de marzo de 2008	Computador, teléfono, fax, internet
			Contactar empresa proveedora			
			Optimización del espacio físico			
			Presentar análisis de beneficios a Dirección			
2	Normalizar Identificación bobinas	Producción	Verificar identificación de bobina almacenado	Jefe de Producción	1 de febrero de 2008	Computador, Impresora, Registro Papel, Estándares de producto
			Capacitar al personal sobre nuevos estándares			
			Verificar identificación de bobina producción			
3	Adquisición e instalación motor	Compras Producción Mantenimiento Ingeniería	Cálculo de velocidad óptima de motor	Dueño proceso Compras Jefe de Producción	1 de marzo de 2008	Computador, teléfono, fax, internet
			Contactar empresa proveedora			
			Optimización del espacio físico			
			Realizar DOE	Dirección de la empresa		
			Presentar análisis de beneficios a Dirección			
			Revisión Gerencial			
4	Automatización Cizalla	Producción Ingeniería	Contactar empresa proveedora	Jefe de Producción	1 de marzo de 2008	Teléfono, Internet, Computador Fax
			Optimización del espacio físico			
			Realizar DOE			
			Revisión Gerencial	Dirección de la empresa		
5	Adquisición equipo de medición	Compras y Producción	Contactar empresa proveedora	Dueño proceso Compras Jefe de Producción	1 de enero de 2008	Computador, Impresora, Registro Papel
			Buscar alternativas en proveedores de servicio			
			Realizar mediciones con equipos alternos			
			Presentar análisis de beneficios a Dirección			
			Revisión Gerencial	Dirección de la empresa		
6	Eliminación stock de producto en proceso	Producción	Realizar supervisión periódica del proceso	Jefe de Producción	1 de mayo de 2008	Computador, Registro de Compras Especificación de producto
			Capacitar al personal sobre nueva línea de producción			
7	Software apropiado para manejo de producción	Producción	Gestionar compra de programa	Jefe de Producción	1 de enero de 2008	Computador, software
			Capacitar al personal sobre uso del nuevo sistema			
8	Realizar curso de capacitación específico	Producción	Disponer de tiempo extra para capacitación	Jefe de Producción	1 de enero de 2008	Computador, infocus, sala Materiales
			Capacitar por grupos de personal			
			Incentivar el trabajo en equipo			
			Presentar plan de capacitación a dirección			

Figura 3.15 Plan de Mejora.

3.5 Control de Proceso

El objetivo de esta fase es diseñar un conjunto de pasos a revisar, en base al proceso, para medir el grado de eficiencia con respecto a su estado original; permitiendo tomar decisiones a tiempo para corregir las variaciones.

3.5.1 Plan de Control Inicial

Con este paso se finaliza el proyecto considerando que los objetivos trazados se cumplan de una forma adecuada.

Los objetivos que se desea cumplir con las estrategias planteadas en mejora son los siguientes:

- a) Minimizar los tiempos máximos de duración de cada proceso, por medio de automatización de la línea de producción y consiguiendo la disminución de la varianza entre cada producto.
- b) Reducir el porcentaje de desperdicios que se creaban en cada lote de producción por causa de errores humanos en la medición.
- c) Reducir el impedimento de uso del espacio físico debido a la necesidad del montacargas reduciendo a la vez el constante peligro de accidentes.
- d) Estandarizar una sucesión de pasos mediante la tabla 3.16 que se deben de realizar trimestral y realizar los controles requeridos.

PROCESO	PASOS DEL PROCESO	ENTRADA	SALIDA	VARIABLE	REVISIÓN FECHA	TÉCNICAS DE MEDICION	TAMAÑO DE LA MUESTRA	FRECUENCIA	CONTROL ESTADÍSTICO
Producción de Techos	Desbobinado	Bobina de Materia Prima	Plancha de Acero Lisa	Tiempo	Trimestral	Cronómetro	5	1 x hora	Análisis De Varianza
	Corte	Planchas de Acero	Láminas	Tiempo	Trimestral	Cronómetro	5	1 x hora	Capacidad del Proceso
	Corte	Planchas de Acero	Láminas	Longitud	Trimestral	Flexómetro	5	1 x hora	Análisis de Varianza

Tabla 3.16 Plan de Control.

Se recomienda a la empresa realizar los siguientes pasos para el control del proceso futuro para evitar así variaciones no deseadas, los pasos son:

- a) Realizar un análisis de estabilidad del proceso ya mejorado.
- b) Realizar un análisis de capacidad del proceso ya mejorado.
- c) Realizar un cuadro comparativo de la situación actual y la pasada.
- d) Realizar un estudio de mejora del Nivel de producción a comparación de situación pasada.
- e) Realizar un estudio del porcentaje de reducción de producto no conforme.
- f) Realizar un estudio del porcentaje de reducción de los tiempos de para de la maquinaria.

Estos controles se deben realizar cada tres meses para así poder diagnosticar las causas por las cuales puede estar el proceso variando de su estado optimo.

Uno de los elementos principales en esta etapa es proveer al dueño del proceso herramientas necesarias para monitorear el desempeño del proceso, asi de esta manera el dueño del proceso sabes cuando algo varia fuera de los parámetros.

La herramienta más común para la solución de este problema es el control del proceso estadístico (Statistical Process Control SPC)

**CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES**

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se detalla las conclusiones sobre el alcance del proyecto, así como algunas recomendaciones sobre la implementación de la metodología seis sigma en KUBIEC.

4.1 Conclusiones

1. La identificación de los procesos claves en Kubiec, fueron necesarios para una implementación correcta de la metodología obteniendo así resultados positivos en la mejora de los procesos.
2. El VSM es una herramienta muy útil, que nos permite visualizar de manera mas clara como se encuentra el proceso, las posibles mejoras en reducción de tiempos de producción.
3. La estructura DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve y Control), permite seguir un orden muy detallado con el fin de identificar, medir y analizar estadísticamente los datos obtenidos.
4. La aplicación de varios métodos y herramientas en cada etapa del proyecto son utilizados con el objetivo de reducir la variabilidad en el parámetros relevantes para la satisfacción del cliente, por lo que las acciones están orientadas a la reducción de los defectos.
5. La capacitación de los operarios es necesaria para reducir la falta de precisión en la medición de la longitud de las planchas para la fabricación de techos.
6. El GAGE R&R es una herramienta que permite descartar cualquier tipo de error entre el operario y el instrumento de medición. Esta herramienta fue muy útil en el proyecto debido a que se descartó de manera inmediata este tipo de errores.

7. El estudio realizado en el corte con tres operarios permite obtener una idea muy clara sobre la mejora de la capacidad del proceso. A futuro el tercer operario va a ser sustituido por un motor con una velocidad muy baja que permita un desbobinado continuo.
8. El alcance del proyecto fueron dentro de las tres primeras etapas, debido a para las etapas subsiguientes se requiere de una mejora drástica del proceso productivo motivo por el cual, la empresa no se encuentra actualmente en un posición económica favorable.

4.2 Recomendaciones

1. El seis sigma promueve la mejora de los procesos; siempre y cuando en dichos procesos se encuentre la participación de la dirección, es por esto que la Dirección de Kubicec deberá analizar los procesos críticos y de mayor impacto con el fin de optimizar los recursos de la organización.
2. El sistema de gestión de calidad ISO 9001:2000 de Kubicec, debe ser un complemento para la implementación de la estrategia seis sigma, es por esto que el manual existente en la empresa servirá de apoyo dentro de los proyectos de mejora.
3. Informar al personal sobre nuevos proyectos de mejora, para que tengan participación directa en los mismos y con la ayuda del dueño de cada proceso, lograr identificar posibles soluciones a problemas.
4. Identificar las herramientas adecuadas del seis sigma para la mejora del proyecto, es indispensable, también una correcta utilización de las mismas para obtener los resultados esperados.

5. Utilizar programas como: Process Modeler, este programa va a facilitar la simulación del proceso con el fin de identificar posibles cuellos de botella, reducción de pasos innecesarios, etc. Una vez definidos correctamente los procesos es necesario el uso de herramientas estadísticas para tomar decisiones correctas a partir de los resultados obtenidos.

6. El sistema de control implementado es muy importante debido a que mediante este sistema se puede realizar reajustes sobre el proceso productivo, en lugar de modificar todo el proceso ya mejorado. Es por esto que se recomienda realizar evaluaciones periódicas del sistema de control.

7. Identificar las posibilidades que ofrece la fábrica o el servicio para la implementación de todas las fases del seis sigma

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LIBROS

1. GEORGE ECKES, "El six sigma para todos", Grupo Ed. Norma, 2004
2. MICHAEL GEORGE, "Lean Six Sigma: Combining six sigma quality with lean speed", Performance improvement organization structure, McGraw-Hill, 2002.
3. Victor Pumisacho y Santiago Quevedo, "Implementación de la metodología seis sigma en el sistema productivo de la FMSB, Julio 2005.
4. KUME, H., "Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad", Grupo Editorial Norma, Bogotá, Colombia, 2002.
5. J.M. JURAN., "Quality Control Handbook", McGraw-Hill, 2002.
6. ACHESON J. DUNCAN, "Quality control and industrial statistics", Richard Irwin, inc, 1974.

MANUALES

1. MINITAB Inc., *Meet Minitab*, Versión 15 para Windows, 2003.
2. KUBIEC, Manual de calidad ISO 9001:2000, 2006.

DIRECCIONES INTERNET

1. www.isixsigma.com
2. www.minitab.com.
3. www.seis-sigma.com

ANEXOS

ANEXO 1
EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN

Anexo1.1 Estudio de exactitud (Longitud de planchas)

OPERARIO 1	OPERARIO 2	MEDICION REAL
4202	4201	4203
4199	4200	4200
4199	4198	4198
4200	4199	4199
4199	4200	4203
4199	4201	4209
4204	4203	4202
4206	4205	4202
4205	4204	4206
4205	4202	4203
4205	4204	4205
4207	4202	42012
4207	4205	4203
4206	4205	4207
4205	4205	4205

Anexo 1.2. Datos para elaboración de VSM situación actual (2 operarios)

Muestra	Tamaño de la Muestra				
	1,00	2,00	3,00		
1	7,12	7,94	6,81		
2	8,28	7,35	8,25		
3	7,41	9,29	7,41	Tiempo Total	
4	8,06	7,85	7,41	616,68	seg.
5	6,59	7,68	8,10	10,28	min.
6	6,75	7,78	6,40	Tiempo promedio	
7	8,09	7,35	8,32	Lámina	
8	8,03	7,81	7,88	7,91	seg.
9	8,12	9,75	8,09		
10	7,50	7,53	9,50		
11	7,75	9,65	7,75		
12	8,19	7,19	9,46		
13	7,53	8,31	7,19		
14	9,43	7,38	7,85		
15	7,69	8,00	7,56		
16	9,12	7,38	6,92		
17	7,44	7,44	8,66		
18	9,70	7,93	9,53		
19	7,25	8,34	8,90		
20	7,59	8,85	7,20		
21	6,56	7,69	7,25		
22	7,50	7,97	7,08		
23	7,19	8,95	7,40		
24	7,91	7,40	9,77		
25	7,66	8,44	7,40		
26	8,60	6,50	7,78		

Anexo 1.3. Datos para elaboración de VSM mejorado

Muestra	Tamaño de la Muestra				
	1,00	2,00	3,00		
1	8,85	7,81	6,31		
2	9,04	8,25	6,06		
3	7,09	7,21	6,59		
4	8,87	6,31	6,81		
5	7,37	6,44	6,62		
6	6,12	7,19	6,06		
7	6,75	6,22	6,19		
8	7,31	6,00	6,18		
9	6,50	6,50	6,25		
10	6,47	6,03	6,16		
11	6,87	5,97	5,87		
12	7,47	7,63	6,28		
13	7,25	7,89	6,75		
14	6,75	7,47	6,09		
15	7,13	7,00	6,22		
16	6,63	6,94	6,41		
17	7,12	6,50	5,68		
18	6,81	6,47	6,41		
19	7,47	7,22	5,45		
20	7,29	7,50	6,32		
21	6,82	6,78	6,47		
22	6,90	6,54	6,43		
23	8,82	7,20	6,81		
24	6,81	7,59	6,87		
25	6,44	6,15	6,19		
26	6,53	6,62	6,09		
				Tiempo Total	
				530,48	seg.
				8,84	min.
				Tiempo por Lámina	
				6,80	seg.

ANEXO 2

DATOS PARA EL ESTUDIO DE CAPACIDADES DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE TECHOS

Anexo 2.1 Datos de tiempo de corte 2 operarios longitud de la muestra 6500mm

MEDICION DE TIEMPO DE CORTE 2 OPERARIOS					
Muestra	1	2	3	4	5
1	7,12	7,94	7,85	7,35	7,15
2	8,28	7,35	6,97	7,91	7,4
3	7,41	9,29	7,72	9,38	7,41
4	8,06	7,85	9	6,97	8,18
5	6,59	7,68	6,81	6,98	7,81
6	6,75	7,78	9,16	7,35	7,38
7	8,09	7,35	7,78	9,31	7,5
8	8,03	7,81	7,72	9,66	7,5
9	8,12	9,75	7,31	8,47	8,15
10	7,5	7,53	7,5	8,2	7,03
11	7,79	9,72	6,81	7,44	8,66
12	8,2	6,82	8,25	9,7	9,53
13	6,43	9,82	7,41	7,25	8,9
14	8,05	7,16	7,41	7,59	7,2
15	7,18	7,4	8,1	6,56	7,25
16	7,75	7,59	6,4	7,5	7,08
17	8,31	6,91	8,32	7,19	7,4
18	7,56	7,81	7,88	7,91	7,97
19	7,82	8,2	8,09	7,66	8,95
20	7,15	7,8	9,5	8,6	7,4
21	7,75	9,65	7,75	7,44	8,44
22	8,19	7,19	8,41	7,78	8,12
23	7,53	8,31	10,12	7,19	9,63
24	9,43	7,38	7,68	7,16	7,22
25	7,69	8	7,97	8,5	7,63
26	9,12	9,77	10,25	7,35	7,62
27	7,38	7,4	7,59	7,75	7,91
28	6,92	7,78	9,41	7,18	7,81
29	7,57	6,5	8,16	7,22	8,28
30	9,46	7,93	10,5	7,44	7,81
31	7,19	8,34	7,44	8	8,68
32	7,85	8,85	8,43	9,37	7,53
33	7,56	7,69	11,13	7,57	7,84
34	7,59	7,78	6,63	7,5	8,03
35	6,4	6,85	8,6	8,41	6,16
36	7,82	6,96	9,5	7,72	8,47
37	8,37	7,81	6,97	7,84	8,55
38	8,56	7,84	8,1	8,16	8,44
39	10,34	8,47	8,44	9,03	9,16
40	7,06	7,06	9,47	7,54	10,35

Anexo 2.2 Datos de tiempo de corte 2 operarios longitud de la muestra 7000mm

MEDICION DE TIEMPO DE CORTE 3 OPERARIOS					
Muestra	1	2	3	4	5
1	8,85	7,81	6,31	6,69	7,03
2	9,04	8,25	6,06	6,37	6,19
3	7,09	7,21	6,59	6,53	6,97
4	8,87	6,31	6,81	6,32	6,1
5	7,37	6,44	6,62	6,56	6,85
6	6,12	7,19	6,06	6,66	6,03
7	6,75	6,22	6,19	6,72	6,25
8	7,31	6	6,18	6,91	5,87
9	6,5	6,5	6,25	7,32	6,41
10	6,47	6,03	6,16	6,97	6,03
11	6,87	5,97	5,87	6,06	6,25
12	7,47	7,63	6,28	6,91	6,56
13	7,25	7,89	6,75	6,82	6,47
14	6,75	7,47	6,09	6,94	6,25
15	7,13	7	6,22	7,22	6,16
16	7,12	6,5	6,88	7,5	6,07
17	6,81	6,47	6	7,5	6,2
18	7,47	7,22	6,58	6,68	5,98
19	6,97	6,5	6,98	7,29	7,5
20	6,64	6,43	6,54	6,82	6,78
21	6,97	7,66	8,22	6,9	6,54
22	6,41	6,25	8,21	8,82	7,2
23	6,03	6,5	8,34	6,81	7,59
24	6,5	6,16	8,13	6,44	6,15
25	6,34	6,68	7,28	6,53	6,62
26	6,91	7,03	6,46	6,19	6,09
27	6,56	6,41	6,47	5,68	6,47
28	6,59	7,12	7,35	6,41	6,43
29	6,37	5,99	8,32	5,45	6,81
30	6,65	6,31	7,56	6,32	6,87
31	7,16	6,22	6,53	6,7	6,53
32	7,56	6,13	7,6	6,2	6,56
33	7,69	6,63	6,94	6,41	6,6
34	7,03	6,85	7,16	5,45	5,66
35	7,38	6,52	6,68	6,32	5,47
36	6,81	7	6,97	6,7	5,94
37	6,13	5,75	7,15	6,2	6,28
38	6,94	6,63	6,87	7,25	6,28
39	7,1	6,53	6,75	7,09	6,81
40	7,31	6,22	7,09	6,44	6,03

ANEXO 3
PLAN DE MEJORA

