

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CIUDAD JUÁREZ
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



**EFFECTOS DE LAS ESTRATEGIAS DE REDUCCIÓN DE
COSTOS EN EL DISEÑO DEL PRODUCTO EN UNA
EMPRESA DE DISEÑO DEL RAMO AUTOMOTRIZ
MEDIANTE LA METODOLOGÍA VAVE**

TESIS

QUE PRESENTA:

GILDA FELICIA AGUIRRE BACA

**COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRA EN INGENIERÍA ADMINISTRATIVA

CD. JUÁREZ, CHIH.

OCTUBRE, 2021



Ciudad Juárez, Chihuahua, **22/noviembre/2021**

Oficio: DEPI/038

Asunto: Autorización impresión de tesis

**C. GILDA FELICIA AGUIRRE BACA
CANDIDATA AL GRADO DE MAESTRA EN
INGENIERÍA ADMINISTRATIVA
PRESENTE**

Por este conducto, tengo el agrado de comunicarle que el Comité Tutorial asignado a su trabajo de Tesis titulado **“EFECTOS DE LAS ESTRATEGIA DE REDUCCIÓN DE COSTOS EN EL DISEÑO DEL PRODUCTO EN UNA EMPRESA DE DISEÑO DEL RAMO AUTOMOTRIZ MEDIANTE LA METODOLOGÍA VA/VE”** ha informado a esta División de Estudios de Posgrado e Investigación, que está de acuerdo con el trabajo presentado. Por lo anterior se le autoriza se proceda con la **IMPRESIÓN DEFINITIVA DE SU TRABAJO DE TESIS.**

Esperando que el logro del mismo sea acorde con sus aspiraciones profesionales, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®

**C. EDUARDO RAFAÉL POBLANO OJINAGA
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**



ccp. Departamento de Servicios Escolares
División de Estudios Profesionales

ERPO/dmsp



Av. Tecnológico #1340 Fracc. El Crucero C.P.32340
Ciudad Juárez, Chihuahua. Tel. 01 (656) 688-2500
e-mail: comunicacion_y_difusion@cdjuarez.tecnm.mx
tecnm.mx | cdjuarez.tecnm.mx





**C. EDUARDO RAFAEL POBLANO OJINAGA
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
PRESENTE.**

Por medio de la presente se hace constar que la Tesis denominada **“EFECTOS DE LAS ESTRATEGIAS DE REDUCCIÓN DE COSTOS EN EL DISEÑO DEL PRODUCTO EN UNA EMPRESA DE DISEÑO DEL RAMO AUTOMOTRÍZ MEDIANTE LA METODOLOGÍA VA/VE”**, que presenta la alumna **C. GILDA FELICIA AGUIRRE BACA**, con número de control **M20110410**, para obtener el Grado de Maestra en Ingeniería Administrativa, ha sido revisada y aprobada en su forma y contenido por los suscritos, por lo que no existe ningún inconveniente para la impresión de la misma.

Se extiende la presente constancia a petición de la interesada y para los fines legales que a ella misma convengan, en Ciudad Juárez, Chihuahua, a los diecinueve días del mes de octubre del año dos mil veintiuno.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®

**C. MANUEL ALONSO RODRÍGUEZ MORACHIS
DIRECTOR**

**C. ALFONSO ALDAPE ALAMILLO
CO-DIRECTOR**

**C. LUZ ELENA TERRAZAS MATA
REVISORA**

**C. FRANCISCO ZORRILLA BRIONES
REVISOR**

ccp. Coordinación de Titulación
Alumna



CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En Ciudad, Juárez, Chihuahua, México, siendo el día 23 de noviembre del año 2021, la que suscribe, Ing. Gilda Felicia Aguirre Baca, alumna del Programa de la Maestría en Ingeniería Administrativa, con número de control M201104410, adscrita a la División de Estudios de Posgrado e Investigación, manifiesta que es la autora intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Manuel Alonso Rodríguez Morachis y cede los derechos del trabajo titulado "Efectos de las Estrategias de Costos en el Diseño del Ramo automotriz Mediante la Metodología VA/VE", al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el consentimiento expreso de la autora y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: gildafely@gmail.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Atentamente



Ing. Gilda Felicia Aguirre Baca

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por permitirme ser y estar, por brindarme la oportunidad de enmendar el camino y guiar mis pasos en todo momento.

A mis padres por siempre ser ese faro que me orienta y conforta, por vivir conmigo cada fase de la vida y sobre todo por seguir y celebrar cada sueño conmigo, a mis sobrinos Néstor y Leo que se desvelan conmigo por mis anhelos, saben que viven en mi corazón y a mis hermanas que siempre están dispuestas a apoyarme en la vida.

Al Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez por ser mi segunda casa y acogerme en mi camino a ser un mejor profesionalista, a mis profesores por su apoyo y en especial a mi querido Director el Dr. Manuel Alonso Rodríguez Morachis, por su paciencia, conocimiento y afecto, sin él; esto no hubiera sido posible.

A mi empresa y amigos, por ser parte de mis proyectos, experiencias y facilitarme el paso por la vida.

A todos ustedes, muchas gracias por crear para mi un espacio en sus vidas y permitirme ser parte de ustedes.

DEDICATORIA

A la luz de mis ojos, a mi amado hijo Sebastián, eres la fuerza que impulsa mi existencia, gracias infinitas por crear para mí una maravillosa vida, siempre tan determinado y sereno, con tu temple estabilizas cualquier tempestad.

Mi amor por ti es y será infinito como las estrellas en el cielo, gracias por siempre acompañar mi camino, por enseñarme que con amor y perseverancia todo es posible.

Simplemente gracias porque tu sola existencia da propósito a la mía, te dedico este y todos mis proyectos pues eres el núcleo de todos ellos, siempre orgullosa y agradecida de ser tu madre pues eres mi tesoro más preciado.

RESUMEN

Hoy en día los mercados son cada vez más agresivos debido a la globalización, lo que obliga a las empresas a innovarse constantemente para garantizar su subsistencia y desarrollo. La presente investigación se realiza en una empresa proveedora de la industria automotriz, cuya principal función es el diseño de cerraduras para automóvil.

Por políticas de la empresa y, con la finalidad de mantener la competitividad en el mercado, se establecen programas de reducción de costos en la fase de diseño de los componentes y se busca utilizar una metodología que ayude a lograr las metas establecidas. En resumen, esta investigación se desarrolla de la siguiente manera:

En los capítulos 1 y 2 se plantean los antecedentes de la empresa, se define el objetivo, se describe el problema que se desea solucionar, así como la hipótesis a probar. En el capítulo 3 se desarrolla la literatura revisada, que va desde el modelo de contabilidad de costos hasta las metodologías más utilizadas para la reducción de estos durante diversas fases de la vida del producto, detallando las similitudes y diferencias entre ellas.

Es entonces en el capítulo 4 que se lleva a cabo la aplicación de la metodología seleccionada paso a paso, así como la descripción de los materiales utilizados para ello, en este caso la metodología desarrollada fue VA/VE. Ya en el capítulo 5 se hace una recolección de resultados y se lleva a cabo su análisis, se pretende comprobar su efectividad para la solución del problema planteado.

Por último, en el capítulo 6 se hace la conclusión con los datos obtenidos, así como las recomendaciones pertinentes para que la solución sea sostenible. Se hace una comparación de los resultados obtenidos contra el objetivo inicial para la validación de la metodología aplicada.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	v
DEDICATORIA	vi
RESUMEN	vii
CONTENIDO	viii
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABLAS	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
2.1 Antecedentes	4
2.2 Descripción del Problema.....	9
2.3 Preguntas de Investigación	12
2.4 Hipótesis.....	12
2.5 Objetivo	12
2.6 Justificación	12
2.6.1 Supuestos.....	14
2.7 Delimitaciones	14
3. MARCO TEÓRICO	16
3.1 Costos.....	17
3.1.1 Contabilidad de Costos.....	18
3.2 Reducción de Costos.....	21
3.3 Técnicas de Gestión de Reducción de Costos.....	26
3.3.1 Costeo de Ciclo de Vida del Producto.....	27
3.3.2 Costeo por Objetivo o <i>Kaizen</i> (del Japonés, Cambio a Mejor o Mejora.....	28
3.3.3 Teoría del Valor y la Cadena de Valor.....	31
3.3.4 Justo a Tiempo.....	34
3.3.5 Costeo Basado en Actividades.....	36
3.4 Diseño del Producto.....	37

3.4.1 Reducción de Costos Durante Fase de Diseño.....	49
3.5 Metodología VA/VE, orígenes.....	52
3.5.1 Filosofía VA/VE.....	53
3.5.2 Fases de VA/VE.....	56
3.5.3 Retos a superar.....	63
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	66
4.1 Materiales.....	66
4.2 Métodos.....	67
4.2.1 Fase de Información.....	67
4.2.2 Análisis de Función.....	68
4.2.3 Fase Creativa.....	69
4.2.4 Fase de Evaluación.....	70
4.2.5 Fase de Desarrollo.....	72
4.2.6 Fase de Presentación.....	74
4.2.7 Implementación y Seguimiento.....	77
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	78
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	81
6.1 Conclusiones.....	81
6.2 Recomendaciones.....	82
BIBLIOGRAFÍA.....	84

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Línea de Producto – Cerraduras.....	5
Figura 2.2 Cronología de Cerraduras.....	6
Figura 2.3 Gráfico de Ahorros - Cierre de Año Fiscal 2019.....	11
Figura 3.1 Marco Teórico Conceptual y Referencial.....	16
Figura 3.2 Estructura de la Contabilidad de Costos.....	17
Figura 3.3 Principales Tipos de Costos.....	20
Figura 3.4 Costo en el Ciclo de Vida de un Producto, (Raúl, 2017).....	28
Figura 3.5 Ciclo <i>Kaizen</i> , (Salazar, 2020)	30
Figura 3.6 Contribución del Proceso de Diseño y Producción en el Costo del Producto, (Abate, 2016).....	32
Figura 3.7 VA/VE Integrado en la Fase de Diseño.....	33
Figura 3.8 Objetivos del JIT.....	35
Figura 3.9 Estructura del Costeo ABC.....	37
Figura 3.10 Ingeniería Secuencial vs Ingeniería Concurrente (Salazar, 2020)	43
Figura 3.11 Etapas del modelo <i>stage-gate</i>	46
Figura 3.12 Estructura de una etapa-puerta, (Cooper, 1986).....	47
Figura 3.13 Diagrama de Flujo del Plan de Trabajo VA/VE, (Andryasiak, 2009).....	57
Figura 3.14 Estructura básica del Diagrama FAST	58
Figura 3.15 Matriz Impacto – Facilidad.....	60
Figura 3.16 Áreas Requeridas por VA/VE.....	65
Figura 4.1 Metodología Propuesta Andryasiak (2009).....	67

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1 Meta Establecida vs Porcentaje Ahorrado.....	11
Tabla 3.1 Efectos del Diseño Sobre Costos de Producción.....	26
Tabla 3.2 Técnicas y Enfoques de Diseño.....	41
Tabla 3.3 Comparación de los Enfoques Filosóficos de VAVE y LSS.....	50
Tabla 3.4 Modelo de Trabajo VAVE, (Mandelbaum,2012).....	62
Tabla 4.1 <i>Cost Drivers</i> por Producto.....	69
Tabla 4.2 Ahorro Estimado por Producto.....	72
Tabla 4.3 Ahorro Cotizado por Producto.....	73
Tabla 4.4 Propuestas Presentadas por Producto.....	75
Tabla 4.5 Propuestas a Implementar en el Ciclo.....	76
Tabla 4.6 Porcentaje de Contribución de los Productos para la Meta.....	76
Tabla 5.1 Porcentaje de Ahorros Identificados con Respecto a la Meta.....	79

1. INTRODUCCIÓN

Los principales retos de las empresas son la subsistencia así como el crecimiento y la obtención de utilidades, por lo que se requiere contar con una distribución adecuada de los recursos, esto se logra a través del modelo de contabilidad de costos, sin duda alguna la reducción de estos es una parte esencial en dicho modelo, toda vez que se busca obtener un producto de calidad con la menor inversión posible, así; se ofrecen los productos a los clientes un precio razonable dentro del mercado pero se obtiene una buena rentabilidad o ingreso.

Es de interés conocer como enfrentan las empresas las épocas de crisis reduciendo costos, por ello es primordial que las empresas busquen diferentes formas de operar los mismos teniendo en cuenta tanto los recursos, así como un enfoque disciplinado y sistemático para el ahorro de costos, lo que se traduce en menores medidas drásticas de reducción, creando así una cultura de conciencia en este ámbito.

Cada vez que un nuevo automóvil sale al mercado, incorpora nuevos elementos y tecnologías sosteniendo el mismo costo o incluso menor que el anterior, un producto más eficiente en costo con más funciones y de una calidad superior son características de la metodología análisis de valor/valor de ingeniería (VA/VE, *Value Analysis/Value Engineering*, por sus siglas en inglés). Mukhopadhyaya (2009), detalla que esta definición se regularizó definiendo que análisis de valor es un término usado cuando la técnica se aplica a un producto existente y valor de ingeniería es utilizado cuando se aplica a la fase de diseño.

Hoy en día, debido a la globalización los mercados son altamente competitivos en todos sus aspectos, los clientes cuentan con múltiples opciones a su alcance y eligen aquella que más satisface sus necesidades, por lo que un producto que cumple la función para la cual fue diseñado no es suficiente y

muchas veces la decisión final es basada en factores como precio, servicio, calidad, tiempo de respuesta, disponibilidad, flexibilidad entre otras.

Las empresas modernas se enfrentan con el reto de posicionarse entre los mejores y la calidad no es el factor determinante para lograrlo, es por ello que están trabajando en diseñar métodos de administración de recursos desde tiempos de producción en masa hasta tendencias actuales como *lean manufacturing* y *six sigma*.

Mientras que *lean* agrupa flexibilidad un uso mínimo de recursos como tiempo, materiales, espacio, energía entre otros a través de la cadena de valor completa (proveedores, distribuidores, clientes) para lograr la satisfacción del cliente; *six sigma* provee herramientas para mejorar la capacidad de sus procesos, considerando que un proceso puede ser un producto o un proceso de servicio, su propósito final es incrementar el desempeño y reducir la variación, dando como resultados la reducción de defectos, eventualmente logrando la excelencia del negocio.

Ambas metodologías son altamente eficaces y son utilizadas por líderes automotrices como Toyota®, GM®, Hyundai®, Ford® con resultados sensacionales, sin embargo; estas mejoras no se transfieren a los costos finales con a velocidad que el mercado demanda, ya que el enfoque de las mismas es reducir actividades de no valor agregado, con cambios rápidos que van en la mayoría de los casos a afectar el porcentaje del costo del producto relacionado a mano de obra, el cual ronda el 10% del valor total del producto. Aunque *six sigma* puede afectar también gastos indirectos y materiales, conlleva muchos esfuerzos y el beneficio no es inmediato.

En cuanto a las cerraduras automotrices, al ser consideradas un producto de seguridad, deben cumplir requerimientos específicos regulados por estándares federales de seguridad para vehículos, como lo son: fuerza de retención (transversal y longitudinal), inercia, liberación de emergencia entre otras, así mismo se cumplen las especificaciones del cliente, que pueden ser

iguales o superiores a las federales e incluyen requerimientos adicionales como: tamaño, empaque, color, forma, materiales específicos, esfuerzos, viajes de levas, corrosión, acabados, requerimientos de validación por mencionar algunos.

Aunque la especificación técnica IATF16949® que gestiona el sistema de calidad no requiere de manera directa una estrategia de ahorro de costos, si se define claramente que su objetivo es la mejora continua, se hace énfasis en la prevención de errores y la reducción de deshechos en la fase de producción.

Debido a lo anterior, las empresas han recurrido a la reingeniería del producto como proyectos de mejora aislados, lo cual se hace en mayor medida por la necesidad del mercado y sin un método estructurado, aunque el concepto de VA/VE ha estado presente desde la segunda guerra mundial, no se ha implementado totalmente ya que al no seguirse la metodología en forma sistemática ha arrojado resultados diversos, en algunas ocasiones brindando el resultado esperado y en otras el fracaso, siendo lo anterior un efecto directo de la correcta o incorrecta administración de la metodología. Es por esto que la empresa, comprometida con la excelencia ha incluido en su manual de calidad, métricos de ahorro por sitio, por lo que la implementación de una estrategia de reducción de costos se ha convertido en una necesidad principal.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En este capítulo se describe la naturaleza del problema al que se pretende dar solución con la presente investigación, así como el objetivo y las limitaciones de esta.

2.1 Antecedentes

La empresa donde se realizó la investigación es un proveedor global de componentes y sistemas diseñados para la industria automotriz en función desde 1924. Con calidad medida en piezas rechazadas de un solo dígito por millón, entregadas a tiempo con precios competitivos. Las líneas de productos incluyen sistemas de cierre, sistemas de consolas, tableros, motores y electrónica, con más de 100 clientes, incluidos prácticamente todos los principales fabricantes mundiales y regionales de automóviles.

El objetivo principal de la compañía es investigar, diseñar y desarrollar sistemas, subsistemas y componentes a través de la innovación y el diseño, para crear una ventaja competitiva en el mercado con investigación básica, investigación aplicada y la creación de nuevas tecnologías que sean utilizadas constantemente en los productos.

Para esto, la empresa cuenta con un centro de diseño MTC (*Mexico Technical Center*, por sus siglas en inglés) y desarrollo de productos ubicado en Ciudad Juárez desde el año de 1995 donde se proporciona servicio de investigación a las diferentes empresas pertenecientes al grupo, las cuales emplean aproximadamente a 71,000 personas en todo el mundo.

La meta principal de la compañía automotriz es ser reconocidos por sus clientes como el mejor proveedor. Para lograrlo cuenta con un sistema de capacitación continua. Esta capacitación constante de personal da como

resultado innovación y mejoramiento continuo en todos los productos que desarrolla

La línea de producto de sistemas de cierre como se muestra en la figura 2.1 incluye sistemas de puertas, sistemas de cierre reguladores de ventanas y actuadores que ofrecen funcionalidad competitiva, alta tecnología, robustez y rendimiento con un peso, tamaño de paquete y costo mínimos. Las capacidades avanzadas de diseño, ingeniería y fabricación proporcionan sistemas de cierre seguros y sólidos para fabricantes de automóviles que van desde pestillos para todos los segmentos, actuadores y características de confort, hasta reguladores de ventanas livianos y sistemas completos de puertas que incorporan nuestro enfoque *InLite™* (*Lightweigh Technology*, por sus siglas en inglés) para aligeramiento junto con lo último en controles electrónicos inteligentes.



Figura 2.1 Línea de Producto – Cerraduras

La tecnología de una cerradura es un proceso caro y exacto ya que la relación de engranes, tornillos y levas forman en conjunto un sistema tal que proporcione la fuerza suficiente para cumplir con un producto considerado de seguridad en un automóvil.

Dentro del mercado automotriz existe una gran variedad de tipos de cerraduras para las distintas aplicaciones en el vehículo como pueden ser puertas laterales (*side doors*), traseras (*rear compartments*), corredizas (*sliding doors*), cajuelas (*lift gates*) y vidrios (*lift glasses*), las cuales cubren una amplia gama de regulaciones y especificaciones federales e internacionales. En la figura 2.2 se muestra una cronología de cerraduras que se han desarrollado.

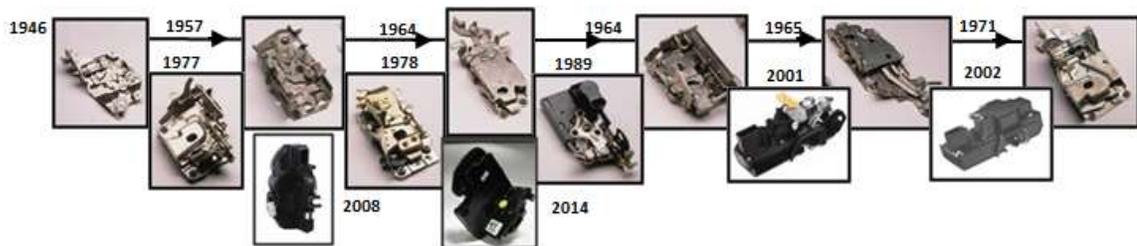


Figura 2.2 Cronología de Cerraduras

Al ser un mecanismo de seguridad para los usuarios del vehículo. Los gobiernos de los diferentes países del mundo, así como los requerimientos del cliente, rigen mediante leyes las especificaciones que deben cumplir las cerraduras, por lo mismo es extremadamente importante que el producto cumpla con los más altos estándares de calidad para poder cumplir con las especificaciones federales y de las compañías automotrices a escala internacional.

Al diseñar los mecanismos utilizados en las cerraduras de cualquier tipo, para cualquier línea de vehículos, se deben tomar en cuenta todas las especificaciones y requerimientos de funcionamiento y seguridad establecidos tanto por el cliente como por los organismos rectores correspondientes. Estos requerimientos deben ser analizados detenidamente para determinar cuáles de ellos aplican en los diversos tipos de cerraduras.

Para comprobar que se cumplen dichas especificaciones es necesario someter el producto a una serie de pruebas algunas de ellas pueden ser,

durabilidad, corrosión, intromisión de agua, viajes y esfuerzos, etc. Así mismo se cuenta con validaciones tanto de diseño como de producción.

Al ser una compañía innovadora tanto en métodos de prueba como en diseño, se ha posicionado como uno de los líderes mundiales en la producción de pestillos para puertas, produciendo más de 65 millones de pestillos al año. Eso es casi 180,000 por día, desde cerraduras de puertas hasta cerraduras de compartimentos y componentes como huelguistas que son contraparte de la cerradura; se localizan en el marco de la puerta y ejecutan el cierre en conjunto con la cerradura, cuenta con 30 corporaciones en tres continentes lo que ha sido la clave para competir en un mercado mundial con la mejor tecnología, los estándares más altos de calidad y confiabilidad dando como resultado una notable ventaja sobre sus competidores.

Las ventajas competitivas son las diferencias entre compañías que son valoradas por el cliente ya sea como productos o rendimientos de inversión superiores a los del mercado. Dentro de estas ventajas se cuenta con el máximo aprovechamiento de los recursos ya que estos son finitos, Andryasiak (2009) expone que es justo aquí donde las estrategias consideran toda generación de valor, competencias y capacidades para la empresa. El conocer el modelo de costos en la empresa es fundamental para la planeación y presupuesto de la producción en un periodo de tiempo y para cualquier tipo de empresa, industria o servicio, es de vital importancia para la toma de decisiones gerenciales, en busca del mejoramiento de la rentabilidad del negocio, al conocer el comportamiento de cada uno de los elementos que conforman los costos en la producción del producto o servicio

La reducción de costos es uno de los temas más abordados en las empresas. Es un proceso permanente y se ejecuta durante todo el periodo, esto se debe a que siempre se busca mejorar la rentabilidad de la empresa y, en consecuencia, la productividad. Es decir, tratar de hacer más con menos, que es

producir más con lo que se tiene o producir lo mismo con menores gastos. En ambos casos el objetivo es reducir costos.

Se sabe que una empresa debe reducir costos por muchas razones: baja de las ventas, por falta de liquidez, por no tener acceso al crédito, por gastos de expansión, por contratos, etc. Cuando esto sucede, Botero (2013) menciona que el recorte de gastos se da en las áreas de recursos humanos con el despido de personal, la reestructuración de los procesos de compra, cambios de proveedores, entre otras medidas, pero el 75% del costo del producto está influenciado por los costos de materia prima incluidos o seleccionados durante la fase de diseño, que es la principal fuente de ahorro en el modelo de costos.

El concepto VA/VE ha estado presente durante mucho tiempo en la industria, Singh (2013) menciona que lamentablemente la gran mayoría de las empresas no lo han adoptado en su totalidad como una forma de operar día a día, durante todo el ciclo del producto, sino que, basándose en excusas, se han limitado a seguir la metodología parcialmente como una respuesta reactiva ante el desarrollo de la competencia.

Esta metodología puede ser utilizada para potenciar la ventaja competitiva al entregar el valor necesario al cliente con mejores características del producto o reduciendo desperdicios de dichas funciones.

Utilizando como herramienta la metodología VA/VE se puede incrementar el valor de nuestro producto, ya sea reduciendo costos o incrementando la funcionalidad de este, Priest y Quingley (2013) mencionan que el objetivo general de la técnica de Lawrence D. Miles (VA/VE) es producir un producto funcional sin comprometer su calidad. Se busca primordialmente reducir costos sin arriesgar la calidad del producto o incluso incrementando su valor.

En la etapa del diseño se realiza un análisis funcional donde se asignan funciones y se garantiza que se enumeren todos los componentes necesarios, se trata de evitar la sobre – ingeniería en esta etapa es donde se pretende introducir la metodología VA/VE toda vez que se pruebe su eficacia. Sin dejar de

lado que esta metodología puede aplicarse a lo largo de la cadena de suministros ya que tiene un enfoque tanto técnico como económico.

Esta metodología pretende incrementar el valor de los productos por medio de la calidad y operatividad de sus funciones manteniendo los costos constantes o incluso reduciéndolos, esta se puede aplicar tantas veces sea necesario para continuar mejorando el valor del producto.

2.2 Descripción del Problema

Erróneamente la reducción de costos generalmente se lleva a cabo por las empresas de forma elemental, cuando no se obtiene una rentabilidad satisfactoria, donde el proceso de reducción de costos tiene un enfoque de corto plazo, limitado, que se traduce en recortes de gastos superfluos, lo que usualmente representa una reducción de costos diluida.

No se requiere reducir costos simplemente por cuestiones relacionadas con las utilidades (enfoque interno), sino debido a factores relacionados con la competencia (enfoque externo), es sabido que una empresa puede competir ya sea teniendo costos bajos u ofreciendo productos de mayor calidad. Puede darse la necesidad de reducir costos porque los competidores trabajan con costos menores o los precios han sido impuestos por la competencia.

Aunque dicha empresa ha recurrido en el pasado a la reducción de costos de manera general, atacando los diversos componentes del costo, material, mano de obra, herramental, logística, desperdicio, manufactura entre otros, los resultados no han sido siempre los esperados, se han invertido esfuerzos, tiempo y recursos en cambios que, en algunas ocasiones, han generado ahorros por debajo de lo esperado.

Es por ello que se pretende implementar la metodología VAVE por disposición de la empresa, con el propósito de maximizar el valor del producto identificando y eliminando los costos innecesarios, Mukhopadhyaya (2009), los define como todo costo que no proporciona calidad, función, apariencia o

características requeridas por el cliente. Esta disciplina no debe considerarse como una crítica al diseño original, sino más bien; se debe percibir como segundo enfoque clave para la toma de decisiones.

El éxito de la metodología de valor depende de la actitud de las partes involucradas, la continua presencia de conflictos interdisciplinarios puede representar un reto para la aplicación de la metodología, sin embargo; esta disciplina puede contribuir a la superación de las barreras tradicionales en la búsqueda de proyectos que ofrezcan el mejor valor al dinero invertido. Uno de los objetivos es crear un mayor valor con el cliente para tener una ventaja competitiva, ya sea por un menor costo o la diferenciación de características del producto como pueden ser, función, empaque, innovación en el diseño, certeza en la distribución, etc.

La teoría del valor se fundamenta en la percepción del consumidor al comprar cierto artículo, el valor se incrementa al satisfacer las necesidades mejor que la competencia, a un precio que no rebase el costo meta del cliente, el análisis de la cadena de valor proporciona funciones o cualidades a un producto a un menor costo sin sacrificar el desempeño de este, y así crear valor al consumidor. Younker (2003) expone que la razón principal por la que esta metodología es diferente a cualquier otra reducción de costo es debido a que está enfocada en las funciones, de enfocarse en elementos como costo, tiempo, actitudes, es probable que ni siquiera se alcance el potencial real de mejorar el valor.

La meta fijada por la compañía para este año fiscal corresponde a una reducción de al menos 2.5% del material controlable o directo, el requerimiento es que cualquier costo no necesario que impacte el listado de materiales (material, logística, mano de obra, desperdicio, amortización de herramental, etc.), sea reducido o eliminado, sin decrementar la calidad del producto, el ahorro es medido como una combinación de los esfuerzos por parte del departamento de compras e ingeniería.

La tabla 2.1 representa el ahorro requerido para cada planta de cerraduras este año y el porcentaje ahorrado hasta ahora.

Tabla 2.1 Meta Establecida vs Porcentaje Ahorrado

FY20 - YTD Totals & Project Count								
All Plants (LATCHES)	Planta 1 México	Planta 2 Rumania	Planta 3 Francia	Planta 4 India	Planta 5 China	Planta 6 China	Planta 7 Japón	Total
Target (DS + SCM)	\$668,333	\$1,378,020	\$481,195	\$99,967	\$3,282,219	\$497,211	\$276,100	\$6,683,045
% To Target	12.93%	62.87%	-47.26%	9.66%	107.77%	36.77%	138.65%	72.39%

Se implementó la metodología del valor primero en la planta de cerraduras de México para mejorar los esfuerzos de ahorros, ya que en los últimos 3 años a pesar de haber implementado ahorros, no se ha cumplido con las metas establecidas, en el año fiscal FY2019 (FY, *fiscal year*, por sus siglas en inglés) se alcanzó solo el 64.8% del ahorro establecido, en el FY2018 se logró solo el 71% de la meta y en el FY2017 solo se ahorró el 61% de lo establecido, en la figura 2.3 se muestra el gráfico de cierre de año del FY2019. Una vez concluida la presente investigación, la empresa extenderá o no, la implementación de la metodología a otras plantas y líneas de producto conforme a los resultados que se obtengan de la misma.

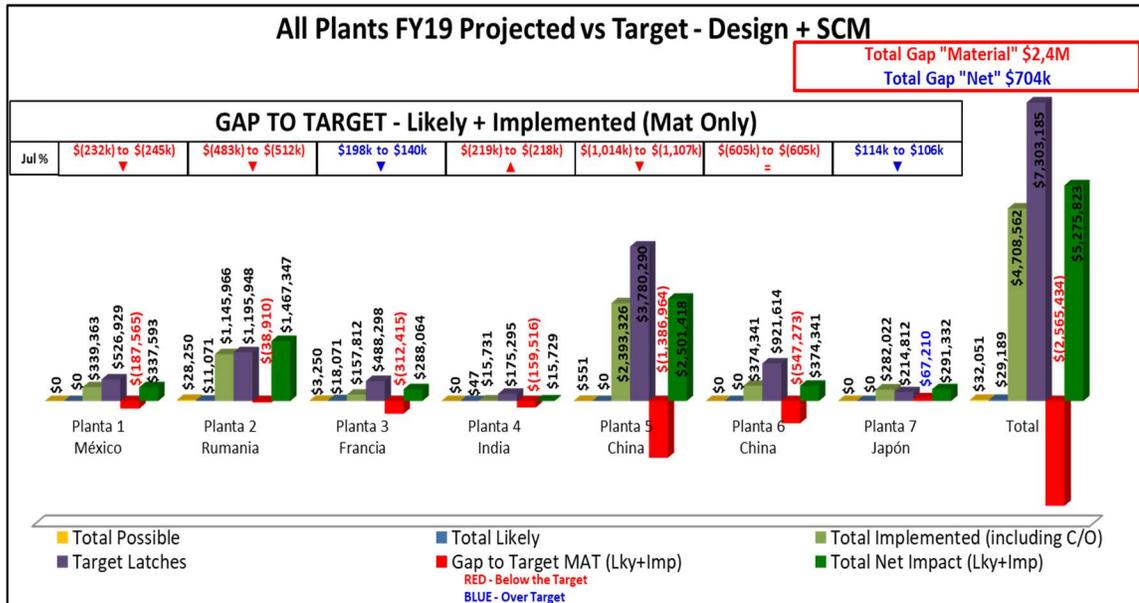


Figura 2.3 Gráfico de Ahorros - Cierre de Año Fiscal 2019

Finalmente, se pretende ofrecer soluciones elegantes a los clientes proporcionando las funciones deseadas de la manera más sencilla y efectiva posible, sin sacrificar la calidad o las funciones del producto.

2.3 Preguntas de Investigación

¿De qué manera los procedimientos de costeo, establecidos actualmente en la cadena de valor de la empresa, pueden integrarse como un modelo de reducción de costos y facilitar a la empresa a desarrollar estrategias competitivas para la toma de decisiones?

2.4 Hipótesis

La finalidad es analizar y evaluar el efecto de la metodología propuesta en la organización por lo que la hipótesis de este estudio se expresa de la siguiente manera:

Ho: Mediante la aplicación de metodologías como herramienta para la reducción de costos, se obtendrán mejoras significativas, facilitando el desarrollo de estrategias competitivas en la toma de decisiones.

2.5 Objetivo

Este estudio propone identificar y evaluar el efecto de las estrategias actuales usadas en la reducción de costos en el producto para proponer e implementar una metodología más eficaz y eficiente.

2.6 Justificación

Se requiere implementar una metodología para asegurar la calidad de las funciones esenciales a su mayor valor de ingeniería con un beneficio en costos, así como poder aplicar la reducción de los mismos en cualquier fase del diseño sin poner en riesgo la calidad del producto.

La reducción de costos demandando ciertos precios a los proveedores da lugar a cierto éxito, pero puede generar relaciones no saludables que no permitirán optimizar la cadena de suministro, la calidad del producto y finalmente la salud financiera de la empresa.

Es necesario obtener reducciones en el costo del producto final sin decrementar la rentabilidad o calidad del mismo, Singh (2013) expone que la metodología VAVE ofrece una mejor competitividad en el mercado derivado de los costos del producto y las funciones de este.

Actualmente la empresa bajo investigación no ha implementado ni llevado a cabo una metodología de reducción de costos, sino que ha trabajado de manera informal en la obtención de ahorros por años, con diversos resultados; algunos años han sido excelentes mientras que en otros, no se ha alcanzado el objetivo anual establecido, es por ello que se desea implementar una estrategia de ahorros que ayude a planificar, medir y controlar los costos en cualquier fase del diseño, para mejorar la toma de decisiones que pueden incrementar la rentabilidad de la empresa, el interés por la metodología surge de su capacidad para analizar los costos por funciones, manteniendo el valor de las mismas como objetivo principal, esto es vital ya que la empresa está comprometida con la calidad y la mejora continua, sin embargo; en el pasado se enfrentaron retos derivados de reducciones de costos que impactaron la calidad del producto, por lo que se requiere una metodología que no solo presente opciones de reducción sino que observe y mejore las actividades que añaden valor y diferenciación al producto.

La empresa busca llevar el compromiso ahorro de costos a un nivel más elevado, se sabe que el éxito no depende solamente de los tecnicismos, sino también de factores motivacionales, grupales y el apoyo de la dirección, se pretende con esta metodología mejorar el trabajo en equipo de las diversas áreas funcionales, lo que deberá reflejarse en mejores ahorros y por ende un impacto positivo en la imagen de la empresa a nivel de ventas.

Suponemos que la variación en los ahorros implementados a través del tiempo es debido a la falta de la ejecución de una metodología que pueda ser aplicada en cualquier fase del diseño del producto, por lo que se implementará la metodología VA/VE y se evaluará su efecto en los ahorros de la empresa.

2.6.1 Supuestos

1. Los datos obtenidos para realizar la investigación son reales y confiables.
2. Las áreas de diseño donde se realiza la investigación están definidas.
3. Se cuenta con los requerimientos, especificaciones y herramientas para el diseño de las cerraduras a investigar.

2.7 Delimitaciones

La presente investigación se llevó a cabo en el centro técnico de una compañía de giro automotriz, donde se controla el diseño de las cerraduras automotrices y se da soporte técnico a las diferentes plantas de producción de cerraduras a nivel global, la verificación de los efectos de la metodología se encuentra sujeta a la aplicación de la misma y la valoración de los resultados obtenidos.

Si bien el concepto de la metodología VA/VE abarca diferentes tipos de industrias (manufactura, diseño y servicios), la presente investigación se enfoca en lo concerniente a la aplicación de la metodología en el centro técnico donde se controla y actualiza el diseño del producto, para esta investigación; se seleccionaron tres familias de cerraduras producidas en México para ser analizadas con esta metodología, las cuales representan diferentes retos por la fase en que se encuentran, las características de las mismas y su volumen de producción, el programa A, es una cerradura lateral que está en fase de lanzamiento, por lo que aún se están efectuando cambios de ingeniería preproducción, el programa B corresponde a una cerradura lateral cuyo diseño

fue vendido al cliente, por lo que no se tiene control total del mismo, *built to print* (por sus siglas en inglés), finalmente el programa C, es una cerradura posterior o de cajuela la cual tiene en producción cerca de doce años, ha sido objeto de múltiples cambios y contiene pocos componentes, se pretende verificar el efecto de la metodología citada bajo circunstancias diferentes y así evaluar su efectividad antes de introducirla en otras regiones y líneas de producto.

3. MARCO TEÓRICO

En la actualidad las empresas están presionadas por subsistir en el mercado, mostrar su flexibilidad en cuanto a diseños y costos, ya que buscan generar mayores utilidades, a pesar de que las empresas cuentan con sus propios sistemas para lograr los objetivos planteados, parten de diversas técnicas y estrategias ya conocidas para lograrlo.

En este capítulo realizó una revisión de la literatura de metodologías de reducción de costos, en la figura 3.1 se realiza una revisión del marco teórico conceptual y referencial.

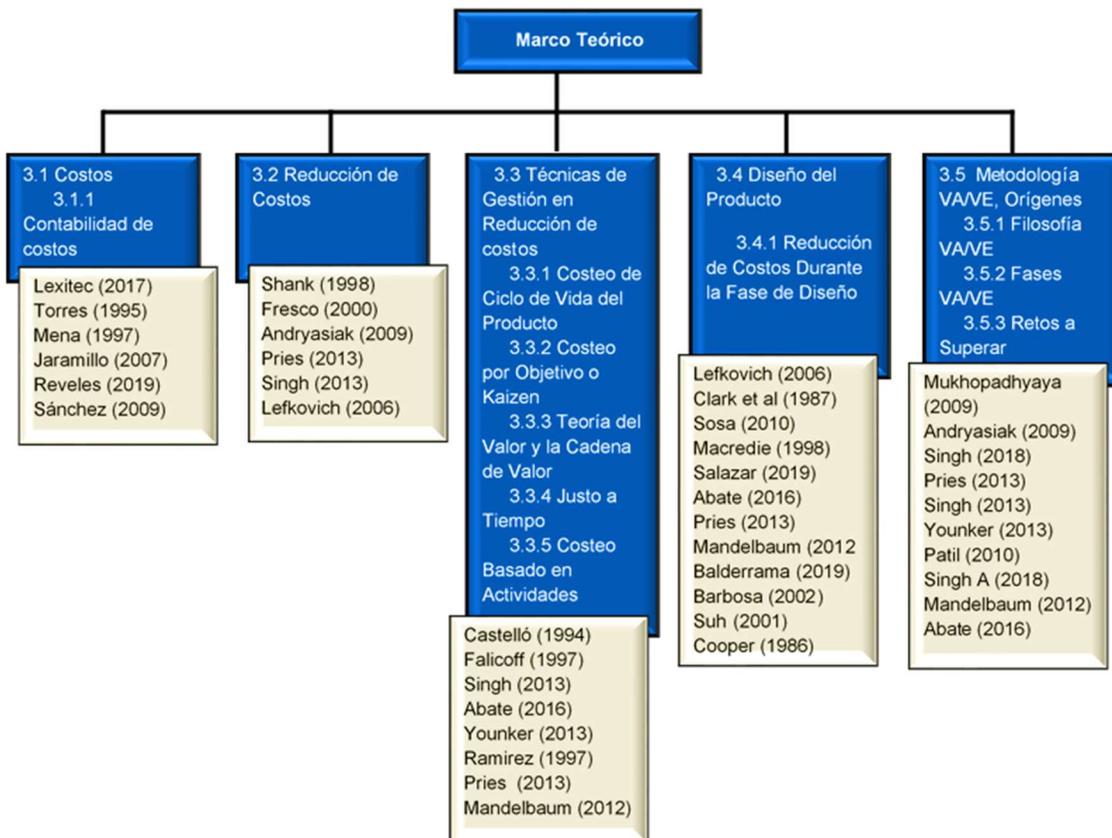


Figura 3.1 Marco Teórico Conceptual y Referencial

3.1 Costos

No tiene el mismo impacto la reducción de costos que el recorte de gastos, algunas empresas tienden a recortar gastos en épocas de crisis, lo que acarrea consecuencias para la plantilla de empleados como lo son: trabajar con menos recursos, dar soporte a la demanda y servicio afectando tiempos de entrega o calidad, o incluso un desgaste mental, entonces se recurre a la evaluación de procesos para que consuman menos recursos, este es un enfoque de reducción de costos ya que estos se vinculan con el uso que se da a los recursos, el principio bien pudiera ser identificar los procesos o funciones que agregan valor, determinando ¿dónde se consumen recursos innecesarios? Para reforzar aquellas funciones o procesos que realmente sean importantes, las empresas utilizan diversas metodologías, herramientas y estrategias para lograr sus metas (Lexitec, 2017). La contabilidad de costos es un área de la contabilidad que se ocupa de la planeación, clasificación, acumulación, control y asignación de costos. Se conoce también como contabilidad analítica y conforma, junto a la contabilidad administrativa y a la contabilidad financiera, la estructura contable de la organización Torres (1995). La figura 3.2 muestra de manera general cuál es el propósito de la contabilidad de costos y su estructura.



Figura 3.2 Estructura de la Contabilidad de Costos

3.1.1 Contabilidad de Costos

Es una técnica contable que tiene como finalidad crear un sistema de datos que permita conocer el costo de los productos manufacturados a lo largo de la cadena de suministros, algunas de sus principales características son las siguientes:

a. Emplea documentos especiales para recoger la información. Ejemplos de estos documentos son: órdenes de compra y solicitudes de compra, requisiciones, informes de consumo de materias primas, tarjetas de tiempo, planillas de pago y hojas de costos.

b. Utiliza cuentas y procedimientos de registro muy propios. Algunos ejemplos de estas cuentas son: materias primas, productos en proceso, productos terminados, costo de ventas, costos indirectos y nómina de fábrica.

c. Los informes que suministra, estados de costos, se elaboran para conocer en detalle las erogaciones y cargos realizados para producir los bienes.

d. Proporciona inventarios permanentes de los materiales o materias primas, productos en proceso y productos terminados con sus respectivas valuaciones, por lo cual proporciona mucha ayuda en la administración de los inventarios.

e. Contribuye con la presentación oportuna y objetiva de las estadísticas, la información contable y la información operativa que se deriva de las actividades asociadas a la producción.

f. Facilita el establecimiento de controles relacionados con la adquisición, conservación y disposición o uso de los elementos que concurren en la elaboración de los productos y sobre los productos mismos.

g. Es el pilar del sistema de inventarios permanentes, cuyos aportes permiten efectuar valuaciones objetivas y oportunas y, adicionalmente, reforzar los controles sobre los productos.

h. Permite la determinación de los costos unitarios, que entre otras cosas sirven para planear y controlar los volúmenes de producción, los costos de los productos y fomentar políticas de ventas y de precios.

i. Provee la información contable y operativa con el grado de detalle y los requerimientos de los usuarios.

j. Contribuye con la formulación, presentación y controles presupuestarios y facilita la planificación de las utilidades.

De acuerdo con Mena (1997) y Jaramillo (2007), el costo es el valor de adquisición o producción para un producto o servicio y se clasifica en función de las siguientes características:

El área dónde se genera el costo: Incluye a los costos de producción que surgen del proceso de transformar materia prima en un producto final, se componen de la suma de los valores de los artículos terminados, mano de obra y servicios. Los costos de distribución o mercadotecnia que vienen dados por el costo de llevar el producto final hasta el consumidor, estos incluyen empaque, almacenamiento, transporte, control de inventarios y finalmente los costos de administración, que son todos aquellos generados en el área administrativa de la empresa, costos que no están enfocados a la producción directa del producto.

Según su identificación con el objeto del costo: Estos son los costos directos que van directamente incluidos en la fabricación del producto o servicio, como lo son la mano de obra o materiales y, los costos indirectos que se incluyen en el monto global de la empresa, no se asocian directamente con la manufactura del producto o servicio brindado.

Conforme a su comportamiento frente a cambios de volumen: Estos son los costos fijos que permanecen constantes durante un tiempo determinado sin importar volumen de producción incluyendo pero sin limitarse a costo de renta, luz, agua, mientras que los costos variables se ven impactados por el volumen de producción, es decir si la producción se agota no existen y si se producen

más unidades, estos costos se incrementan, entre ellos se encuentran los costos de materia prima, salario, envíos comisiones, etc.

Toda empresa, sea industrial o comercial, necesita conocer y monitorear constantemente como es su estructura de costos y la reducción de los mismos forma parte clave en la preparación del modelo de costos (Reveles, 2019). En la figura 3.3 se muestran los principales factores que conforman el costo de fabricación de un producto. Se considera que un costo directo es variable y a su vez los costos indirectos son fijos. No todos los negocios tienen el mismo nivel de precios fijos o variables, los negocios puramente en línea, tales como compañías que vendan software descargables, tienen costos fijos bajos, solo costos relacionados al mantenimiento del sitio *web* (página de internet). Compañías con grandes cantidades de equipos o fábricas tienen costos fijos más significativos. Un fabricante de automóviles, por ejemplo, puede tener costos fijos enormes debido al espacio, equipo y almacenamiento del inventario.

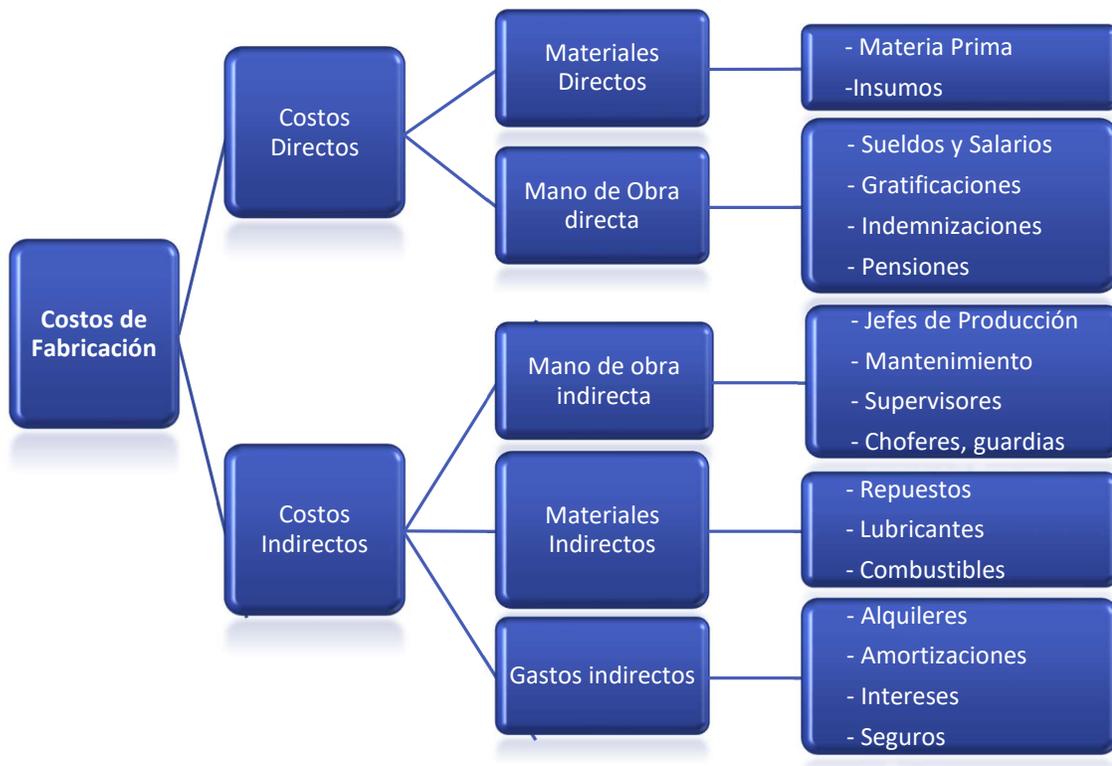


Figura 3.3 Principales Tipos de Costos

El análisis de costos puede variar según la forma de competir que haya seleccionado la empresa en su planeación estratégica, esta puede buscar posicionamiento por medio del liderazgo de costos, manteniendo costos bajos en el mercado o bien a través de la diferenciación de productos (Shank, 1998), ofreciendo mejor calidad y funciones a un costo adecuado.

El bajo costo implica reducir los precios de en las fases productivas, generando mayor producción con un gasto constante, usualmente esto minimiza costos en áreas de investigación y desarrollo para competir con mejores precios, la diferenciación consiste en ofrecer al público un producto distinto a los similares que hay en el mercado, no solo en calidad sino también en funciones o utilidad que se pretende satisfacer (Sánchez, 2009).

La rentabilidad sigue siendo un factor motivante para quienes invierten capital en una empresa, por lo que conocer los factores que la determinan es de vital importancia para mantener finanzas sanas, por otra parte la reducción de costos obedece tanto a causas internas como lo es maximizar utilidades como externas, cuando los precios están controlados por la competencia o simplemente mejorar la competitividad de la compañía, existen diversas técnicas para reducción de costos y la creación de valor, que contribuyen a mejorar la rentabilidad que no es otra cosa que la comparación entre las utilidades netas y las ventas, así pues el principal propósito de una compañía es el de sostener o mejorar sus utilidades, pues con esto se obtiene un buen posicionamiento en el mercado y por ende se asegura la subsistencia.

3.2 Reducción de Costos

Las empresas no solo requieren reducir costos por cuestiones internas relacionadas a utilidades, sino también por los requerimientos del mercado y las estrategias de la competencia, la estrategia de reducción apunta entonces a la maximización de utilidades, supervivencia y crecimiento.

Cuando el margen de utilidades se da de manera constante, es decir proviene de ingresos de difícil incremento o de precios liderados por la competencia, la disminución de costos se hace inminente, pues esta es también un contribuyente en la mejora de la rentabilidad dentro del modelo de costos de una organización, en el pasado las estrategias de reducción de costos se llevaban a cabo de manera interna, aprovechando al máximo la capacidad instalada para disminuir los costos unitarios, el pensamiento giraba en torno a costos fijos frente a los variables, esto tuvo un cambio con el análisis del modelo de costos-volumen-utilidad, actualmente y debido a los avances en tecnología que han causado grandes diferenciaciones de productos con ciclos de vida cortos pero mayores exigencias de calidad, se hace complejo el proceso de reducción de costos atendiendo solo los costos fijos.

En relación a las causales de costos, la gerencia estratégica de costos acepta que los costos son debidos a diversos factores que se relacionan de forma compleja, entonces; pensar que el comportamiento del costo se debe solo a volumen puede ser peligroso, es por ello que las empresas buscan manipular el conjunto de las causales de costos de forma amplia, como lo son: Calidad, diseño del producto que tiene cerca del 80% de contribución en el costo de un producto, relaciones con proveedores y clientes, líneas de productos, desperdicios, optimización de recursos en el proceso de producción, una manufactura adecuada, entre otros, con este enfoque se tienen muchas más probabilidades de recuperar la rentabilidad que aquellas empresas que se enfocan solo en el uso eficiente de la planta (Shank, 1998).

Lamentablemente las prácticas de reducción de costos se realizan únicamente cuando la empresa no obtiene la rentabilidad deseada, es cuando se terminan haciendo recortes de gastos superfluos e innecesarios, para Fresco (2000), la reducción de costos se puede hacer mediante la detección prevención y eliminación sistemática del uso excesivo de recursos, usualmente el proceso de reducción de costos viene de un análisis de corto plazo con un enfoque

limitado, lo que genera resistencia y da como resultado una reducción de costos diluida pues no cuenta con un seguimiento oportuno, la reducción debe establecerse como una estrategia del negocio de forma permanente con visión a corto, mediano y largo plazo.

Una empresa necesita reducir costos simplemente porque sus competidores trabajan con costos menores con lo que están liderando los precios o, la empresa puede requerir crear mayor valor a sus clientes con el mismo costo que la competencia, o incluso crear valor con un costo inferior, siempre se busca la ventaja competitiva, la generación de valor no significa un mayor costo sino una mayor satisfacción del cliente lo que se logra con la diferenciación de las características o funciones del producto, como lo son: empaque, rapidez de atención, certeza en la distribución, un mejor diseño del producto, mayor calidad en el mismo entre otros. El hecho de tener un producto con mayor valor (calidad), asegura a la empresa su estabilidad en el mercado, incrementa sus ingresos y por ende su rentabilidad, el valor generado debe superar los costos para realizarlo. De acuerdo con Andryasiak (2009), no existe una estrategia de reducción de costos que pueda utilizarse de forma generalizada, pues el tipo de industria o servicios así como la cultura de la organización son factor determinante en la gestión de los costos por la alta gerencia, en la administración de costos se busca identificar actividades, innecesarias para disminuir costos producidos por ineficiencias e incrementar a su vez la calidad, tanto en las actividades de producción como de comercialización.

Para una reducción de costos sostenida se deben realizar al mismo tiempo por lo menos siete actividades según Fresco (2000), las cuales son:

- a. Mejoramiento de calidad: proceso esencial en reducción de costos porque tiende a la mejora continua de los procesos en la empresa, al trabajar con calidad, se tiene una disminución en los errores, defectos en los productos y se elimina el desperdicio y retrabajo, disminuye el tiempo de ciclo y el consumo

de recursos, lo que resulta en una reducción de costos de operación. La calidad es el punto principal de la lista porque a mayor calidad mayor satisfacción de los clientes, mayores ventas y por ende las ganancias, el aumento de valor en el producto es otro de los contribuidores del mejoramiento de la calidad.

b. Mejora en productividad: con este punto se incrementa la capacidad de producción de volumen con la misma cantidad de insumos, maquinaria, equipo instalaciones, materias primas, mano de obra entre otros. Siempre se fija un objetivo meta para poder cuantificar la productividad de ahí se parte para generar las estrategias para su logro, finalmente se debe llevar control de los resultados. Pries (2013) difiere con relación al riesgo de generar sobre producción, menciona que se debe tener especial cuidado en no violar la famosa regla *just in time* (del inglés, justo a tiempo), la sobre producción debe ser cuidada, ya que esta genera altos costos en inventario, tanto de producto terminado como de material en bruto, incrementando la dificultad de detectar errores a tiempo.

c. Reducción de inventarios: Como menciona Pries (2013), el problema de mantener un inventario alto es que ocupa espacio, prolonga tiempo de espera de la producción, genera necesidades especiales de transporte y almacenamiento, lo que retiene activos financieros, los trabajos en proceso y productos terminados que ocupan espacio en las instalaciones de la planta, no generan ningún valor, pero si costos.

d. Optimización en las líneas de producción: Líneas largas requieren mayores recursos, más técnicos, mayores procesos, maquinaria, equipo y recursos del edificio, como gas, agua, luz lo que deja un tiempo de producción largo con posibles riesgos en el desempeño de la calidad.

e. Reducción de tiempo muerto: Maquinaria en reparación o en espera por una planeación deficiente da como resultado, incumplimiento en tiempos de entrega o incluso partes defectuosas, un mantenimiento adecuado y a tiempo puede incluso reducir gastos de retrabajos. La falta de confianza en el

equipo de producción lleva a generar un stock de seguridad del cual echar mano en caso de anomalías en las partes debido a interrupciones de maquinaria o funcionamiento deficiente de las mismas.

f. Reducción de espacio utilizado: Fresco (2000) hace hincapié en que el acortamiento de líneas de producción la incorporación de celdas de trabajo independientes dentro de la línea principal reduce inventario y disminuye necesidades de transporte, con lo que se utilizan los espacios para nuevas líneas reduciendo costos por transporte.

g. Reducción del tiempo total del ciclo: Este comienza al pagar las materias e insumos y termina cuando se recibe el pago del producto terminado, un tiempo de espera corto conlleva un mejor uso y rotación de los recursos, mayor flexibilidad y satisfacción de las necesidades del cliente con lo que se tiene un menor costo de operaciones.

Sin embargo, Singh (2013) expone que los costos de manufactura, así como los de garantías se ven afectados en gran medida por el diseño del producto, mientras que Andryasiak (2009) completa el punto anterior mencionando que General Electric®, durante la segunda guerra mundial, encontró que el 75% de los costos de manufactura los determinaba el diseño lo cual se ha podido comprobar a lo largo del tiempo en otras empresas en proporciones similares.

Lo antes expuesto deja en evidencia que es totalmente factible lograr una reducción de costos importante si se presta atención a la fase del diseño, las decisiones primordiales se dan durante esta etapa con influencia dominante en los costos del producto, como lo son las especificaciones, el tiempo requerido, materiales, manufactura, entre otras, ya una vez lanzado el producto a producción los costos de cambios en el diseño pueden ser altos. Los cambios para simplificar el diseño conllevan a mejoras en costos y calidad del producto, pues incluso afecta la manufactura y ensamble, por ejemplo, cuando se reduce el número de componentes se están reduciendo también los costos de materia

prima, inventarios, número de proveedores, se acorta el tiempo de producción e incluso almacenes muestra una mejora también, se ha determinado que el tiempo y costo de ensamble son proporcionales al número de piezas del ensamble. El diseño se debe coordinar con la manufactura para producir artículos de calidad con reducción de desperdicios, son muchos los puntos en los que el diseño puede afectar la facilidad de fabricación.

De acuerdo con Lefkovich (2006), simples cambios en el diseño pueden tener repercusiones positivas en la inversión para la fabricación, los efectos del diseño sobre los costos de producción se muestran en la tabla 3.1, las decisiones operativas tales como el diseño del proceso de manufactura, no deben esperar hasta que se terminen las especificaciones del producto, pues las mismas deben hacerse al mismo tiempo en que se diseña el producto.

Tabla 3.1 Efectos del Diseño Sobre Costos de Producción

Costo del Producto	Porcentaje respectivo	Efecto Sobre la Producción	Porcentaje Respectivo
Diseño	5%	Diseño	70%
Materiales	50%	Materiales	20%
Mano de obra	15%	Mano de obra	5%
Gastos generales	30%	Gastos generales	5%

3.3 Técnicas de Gestión de Costos

Existen diversas técnicas y procedimientos que las empresas siguen o combinan para la gestión de la reducción de costos y la optimización de los recursos, pueden utilizarlas de manera permanente o solo durante ciertos periodos de la vida del producto o servicio, estas practicas forman parte de los diferentes sistemas contabilidad de costos, que se han desarrollado por las empresas cuya complejidad y crecimiento lo demandan. Las más comunes son las siguientes:

3.3.1 Costeo de Ciclo de Vida del Producto

Esta metodología busca que los costos de los productos se influencien a partir de un diseño adecuado, en esta técnica se colecta la información de los costos en las diferentes etapas de la vida del producto comenzando por la investigación y desarrollo y terminando con la comercialización del mismo, con esta práctica se pueden tomar acciones de reducción de costos desde los inicios de la vida del producto, concepción del diseño, validación, con esto se busca abatir costos en las etapas de fabricación, distribución, marketing, y postventa.

Esta metodología da soporte a la fase de diseño para que los productos sean de un menor costo, una vez iniciada la etapa de producción es difícil y requerirá de mayor inversión el proceso de disminuir costos, para poder lograr el objetivo se tienen que conocer los costos involucrados en la vida del mismo para aplicar diseños de productos y procesos que reduzcan costos de manufactura, logística y consumo, se identifican las relaciones entre ellos a fin de entender la repercusión que tendrán otras etapas al reducir costos en determinada fase de la vida, por ejemplo, si se reducen costos en la etapa de venta final del producto, esto aumentará los costos de manufactura. Es necesario centrar la atención en la reducción continuada de los costos del ciclo de vida para apoyar el proceso de mejora continua y alcanzar las estrategias de objetivos prefijados, el costo objetivo es un punto clave en este modelo, pues establece una cuota en el mercado que se desea alcanzar y el precio estimado, este costo objetivo se establece para el total de la vida del producto y sirve de guía para el equipo de diseño para el momento de establecer las características del producto y del proceso (Castelló, 1994).

En la figura 3.4 se muestran los costos durante el ciclo de vida del producto, donde es visible que en las etapas tempranas del diseño se involucran decisiones de la mayor parte de inversión, pero las oportunidades de ahorro van disminuyendo exponencialmente con el tiempo.



Figura 3.4 Costo en el Ciclo de Vida de un Producto, (Valle, 2017).

Durante el desarrollo de productos y procesos se escoge entre muchas alternativas de producción, como el tipo de materia prima a utilizar, el tipo de ubicación de maquinaria y equipo, las especificaciones del diseño del producto determinan la mayoría de los costos incurridos, cuando se ha gastado el 5% de la inversión en las fases tempranas del diseño ya está determinado el 70% del costo del producto, en la búsqueda del liderazgo en costos a través de una reducción de los mismos, se comprueba que es útil ejecutar las estrategias de reducción de costos tomando en cuenta el ciclo de vida del producto, es decir el tiempo que este exista, desde su nacimiento hasta su abandono.

3.3.2 Costeo por Objetivo o *Kaizen* (del Japonés, Cambio a Mejor o Mejora)

Esta técnica consiste en ofrecer un producto de calidad que cumpla las necesidades del cliente y además ofrecer un precio que le asegure la demanda,

para esto se parte de un precio meta y una utilidad calculada, que van a servir de guía para los costos en los que debe incurrir la empresa para la elaboración del producto o servicio, con esta metodología queda determinado el costo máximo que la empresa puede soportar in perder su utilidad o beneficio este modelo considera el ciclo de vida del producto, concepción del producto, se elabora un plan de beneficios para que ingeniería no se aleje de este, está técnica también recurre al *benchmarking* (del inglés, evaluación comparativa de mercados), para utilizarlos como referencia y calcular el costo meta y el proceso de manufactura del nuevo producto (Falicoff, 1997).

Este modelo es un proceso regresivo de costos, donde se parte del costo final menos la utilidad deseada y de ahí se distribuyen los costos al resto de los elementos del costo final, es bueno recordar que la diferencia entre costo y precio es que el primero contiene los insumos o inversión necesaria para producir un producto o servicio mientras que el segundo, incluye el margen de rentabilidad que la empresa desea obtener, el costo meta siempre se está comprando con el costo estimado si éste es mayor que el costo meta, entonces se recurre a con cambio en el diseño del producto, del proceso o logística para reducir los costos, por otro lado se pueden optar por utilidades más bajas o en caso de que no se logre un ajuste adecuado aún con todas las variables, se opta por la no elaboración del producto.

En esta técnica se recurre a la ingeniería de valor para establecer el costo objetivo, la cual se basa en la calidad de las funciones o servicios deseados, en función del valor se evalúa la relación con los costos incurridos por la empresa, esta tiene sus mejores resultados en las fases de investigación y desarrollo, motiva nuevas formas de reducción de costos (Singh, 2013).

El costeo *kaizen* a diferencia del costo por objetivos proporciona un mejoramiento continuo y la reducción de costos en la fase de producción, se incluyen actividades en cada etapa del departamento para así lograr una reducción en cualquier etapa de la vida del producto.

kaizen proyecta un costo con base en las mejoras futuras en lugar de las prácticas actuales, para poder cumplir este presupuesto se deben llevar a cabo esas mejoras, las mejoras pueden proceder de cualquier empleado de acuerdo con Falicoff (1997) estas pueden aplicarse a procesos, prácticas, tiempos de ciclo, instalación de maquinaria y equipo, así como de limpieza. El presupuesto *kaizen* calcula el impacto de los cambios y además incluye un costo para su implantación, la meta de esta metodología es reducir los costos por debajo del estándar de manera que centra su enfoque en el cumplimiento de las mejoras mediante la investigación siempre que no se logren las cantidades *kaizen* presupuestadas. La figura 3.5 muestra el ciclo de un evento *kaizen*, enfocado a la mejora constante.

EL sistema *kaizen* trabaja en la mejora continua aplicada a la reducción de costos en la fase de manufactura de un producto o servicio, mejora la eficiencia del proceso de producción utilizando su transformación y, ayuda a detectar dónde está la mayor posibilidad de reducción de costos. La estimación de costos es el medio para evaluar si las alternativas alcanzarán el objetivo.



Figura 3.5 Ciclo *Kaizen*, (Salazar, 2020).

3.3.3 Teoría del Valor y la Cadena de Valor

Esta se basa en la percepción de los consumidores al adquirir un producto o servicio, el valor se incrementa al satisfacer las necesidades del cliente mejor que la competencia, pero a un precio que no sobrepase la disponibilidad del cliente, el análisis de valor proporciona funciones y cualidades del producto a un menor costo pero sin sacrificar la calidad o desempeño del mismo con esto; se crea valor para el cliente, el objetivo es conocer y descomponer cada una de las fases del proceso productivo e identificar aquellas que le generan valor al consumidor, que elementos son determinantes del costo y, trabajar en ellos para reducirlos y controlarlos.

Es decir se deben identificar los generadores de costo y reducirlos así como los que brindan valor y mejorarlos, si es posible incluso mejor que la competencia, las estrategias para crear ventaja competitiva se sustentan en un programa de reducción de costos que permitan ofrecer los productos que se demandan a un mejor precio, por otra parte hacer una diferenciación de valor lo que se define como: Hacer algo diferente y mejor de como lo hace la competencia, con esta diferencia; se consigue que el cliente esté dispuesto a pagar incluso más (Singh, 2013).

De acuerdo con Abate (2016), todo inicia y termina con la voz del cliente, quien espera siempre el mejor producto al mejor precio, enfocarse en como el cliente percibe el valor es la esencia de VA/VE, VM (*value management*, por sus siglas en inglés), sus objetivos y metodología son los mismos, por lo que estos términos pueden intercambiarse, para diferenciarlos se define que VA es usado para productos existentes donde ya se tiene retroalimentación del cliente y VE para nuevos productos. Esta metodología es mucho más efectiva si se aplica antes de que el producto llegue al proceso productivo, Abate (2016), Younker (2003) y otros autores, coinciden en que la fase que representa más ahorros para la aplicación de esta metodología es cuando el concepto del diseño tiene un progreso de 35% y 65%, si bien es efectiva en otras fases también, los

cambios de rediseño pueden generar altos costos, principalmente en herramental, lo que podría mermar los ahorros potenciales iniciales.

El diseño determina el 70% del costo total de un producto, por lo que una mejora aplicada directamente en esta fase puede tener un gran impacto en el costo, en la figura 3.6 se muestran los costos adjudicados al diseño y la manufactura, así como su contribución en el precio final del producto. El análisis de valor es manejado a tipo de corrección, cuando el diseño ya está terminado mientras que el valor de ingeniería es aplicado en la fase del diseño antes de la producción del producto como una prevención.

Siempre que se habla de costos, hay una oportunidad para VAVE, se debe evaluar el valor de la gestión de costos en lugar de la reducción de costos, ya que esta última es solo una solución a corto plazo mientras que la gestión de costos implica una mejora permanente y a largo plazo.

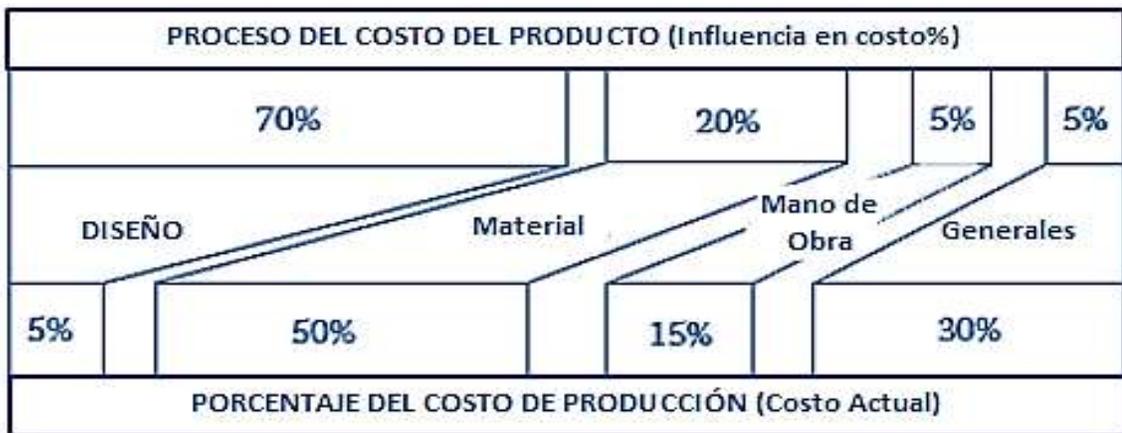


Figura 3.6 Contribución del Proceso de Diseño y Producción en el Costo del Producto, (Abate, 2016).

La cadena de valor se define desde las materias primas hasta la entrega al cliente final, para ellos se manejan diferentes actividades por procesos o etapas desde el desarrollo del producto hasta el servicio al cliente, en esos procesos se observa cómo se incrementa el valor a los clientes sin afectar el

costo involucrado, es necesario considerar las actividades de soporte llevadas a cabo por equipos de servicio, una vez identificados los generadores de costo en las actividades se identifican los generadores de valor, que son todos aquellos por los cuales el cliente adquiere el producto, en este punto Ramírez (1997) menciona que ambos generadores se expresan en términos monetarios y la empresa estaría lista para implantar el programa de reducción de costos, se busca controlar y minimizar los generadores de costos y mejorar o acentuar los de valor, las empresas enfrentan una constante competencia donde deben ofrecer un producto diferente y mejor al resto, de tal forma que el cliente esté dispuesto incluso a pagar más.

En la figura 3.7 se muestra cómo se puede integrar una sesión VA/VE durante la fase del diseño del producto, de esta forma desde el desarrollo o la concepción del diseño que incluyen técnicas de reducción de costo e incremento de valor.

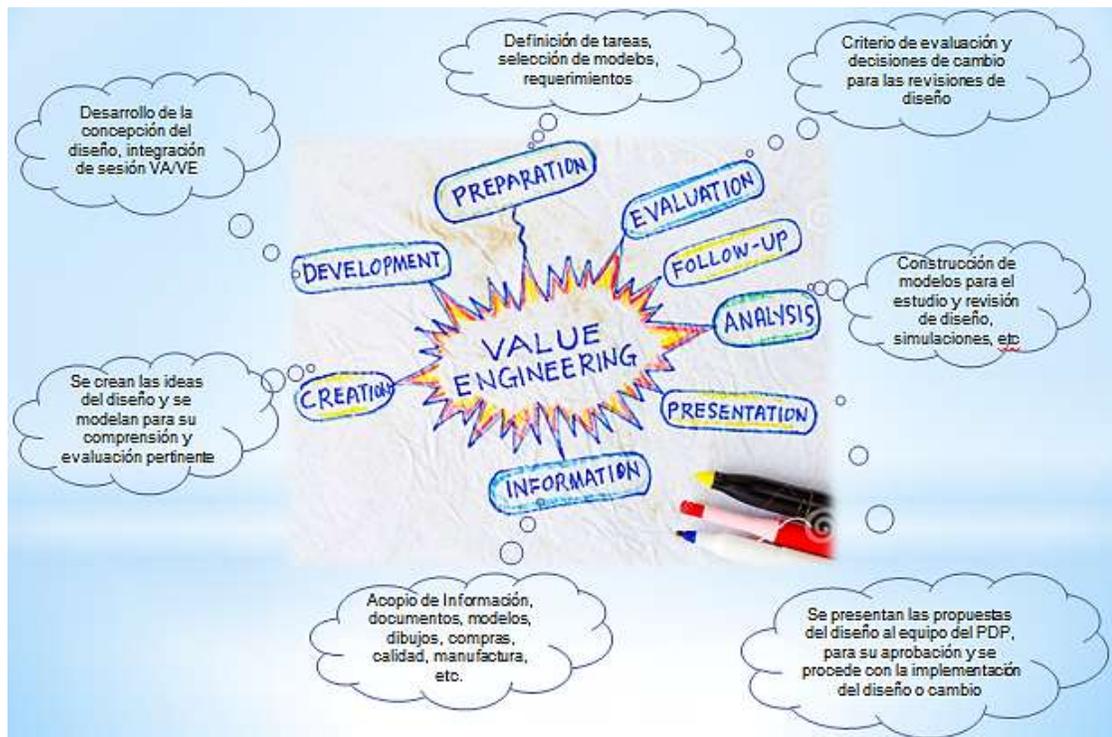


Figura 3.7 VA/VE Integrado en la Fase de Diseño

3.3.4 Justo a Tiempo

Se puede tener un cambio favorable en costos cuando se implementa el criterio basado en el JIT (*Just in time*, por sus siglas en inglés), en general es considerado un conjunto de procedimientos que ayudan a manejar a reducción de los tiempos totales del proceso de manufactura, erróneamente suele relacionarse con el abastecimiento de materiales, pero en realidad se puede aplicar a todo el proceso productivo, su principal propósito es lograr un procesamiento ininterrumpido de la producción para optimizar el tiempo necesario, desde el inicio de la producción hasta la cobranza del producto, esta filosofía consiste en producir cuando se necesite en las cantidades requeridas por el cliente, ya sean consumidores finales o procesos productivos posteriores al analizado, se parte desde la llamada del cliente para la orden de compra y se trata de que todo se produzca en las cantidades necesarias, aquí no existen grandes inventarios.

Mientras que Pries y Quigley (2013) dan soporte a esta filosofía ya que mencionan que la sobreproducción es uno de los 7 desperdicios clásicos, sobre producir inhibe el flujo suave de material y actividades disminuyendo la calidad y productividad, esta tendencia estimula tiempos de entrega excesivos por lo que genera altos costos de almacenamiento, tanto de materias primas como de producto terminado, la solución ofrecida por el JIT es producir solo lo que puede ser inmediatamente fabricado, vendido y enviado.

Por otra parte Ramírez (1997) explica que con esta técnica no solo se reducen costos de inventario sino que se incrementa la flexibilidad y calidad en la entrega de los pedidos, el tiempo total de producción es dividido en: tiempo de procesamiento, consumido por transformación de materia prima y tiempo que no añade valor al producto, consumido principalmente en tiempos de espera, mientras las partes semiprocesadas se encuentran en alguna etapa esperando su siguiente proceso, el tiempo de ajuste del equipo también interviene entre otros como el de inspección, tanto en el abastecimiento como en la producción

el JIT trata de eliminar todas aquellas actividades que no incrementan valor al producto. Su criterio es más amplio ya que se relaciona todo el proceso de abastecimientos hasta el proceso de embarque de productos terminados.

En este método también representa ventajas en la acumulación de costos ya que no se mantienen cuentas de productos en procesos, se contabilizan en cuentas de control la mano de obra directa, los costos indirectos y los cancelan cuando el producto es terminado, en el JIT se acelera el proceso no se hacen registros de compra o consumos de materia prima, se evitan actividades contables al no añadir valor al producto, algunas empresas no pueden adoptar completamente esta técnica por la naturaleza de sus productos pero pueden incorporar algunos de sus puntos, se pueden eficientar ciertos procesos ya que como bien mencionan Mandelbaum et al. (2012), el principio del JIT es asegurar que las entradas de cada proceso lleguen solo cuando sea necesario y en la cantidad adecuada para obtener una reducción de costos. En la figura 3.8 se muestra los principales objetivos de la metodología JIT.



Figura 3.8 Objetivos del JIT

3.3.5 Costeo Basado en Actividades

Este costeo fue desarrollado para facilitar el análisis de costos relacionados con las actividades que más consumen recursos en una empresa, este método acumula los costos para cada actividad y luego los aplica a los objetos de los costos, para el mejoramiento continuo no basta con calcular el costo de cada una de las actividades llevadas a cabo dentro de la cadena de valor, (Ramírez, 1997), el ABC (*Activity Based Costing*, por sus siglas en inglés) aporta una valorización de las actividades las analiza para lograr su reducción, se asignan costos a las actividades y a los productos elaborados, se analizan ciertos factores que pueden generar costos pero no se considera la estructura global de una organización sino que aporta datos de las razones por las cuales se realiza una actividad y los recursos que se consumieron para realizarla.

Su principal propósito es incrementar el valor agregado a los clientes y a la vez incrementar las utilidades de la empresa, pero para lograr esto debe identificar las necesidades de los clientes para poder satisfacerlas a un costo óptimo. Según los datos presentados por Ramírez (1997), esto se logra mediante:

- a. La reducción o eliminación de las actividades que no agregan valor al producto, es decir aquellas que no son apreciadas por el cliente o no son esenciales para el funcionamiento de la organización.
- b. Se reduce el tiempo y esfuerzos para desempeñar las actividades
- c. La renacionalización de las actividades costosas, se idean mejores formas de llevar a cabo las actividades.
- d. Se analizan las actividades significativas que proporcionen oportunidad de agregar valor.
- e. Se comparan las actividades con las de otras compañías o de otras áreas de la empresa, aun cuando existan algunas actividades que agregan valor no significa que incrementen calidad o que estas sean eficientes.

Finalmente, la empresa decide el destino de los recursos que se utilizaban en las actividades reducidas o eliminadas, se dirigen a otras actividades más redituables, como la fabricación de nuevos productos.

Este método es muy particular y calcula los costos más exactos y oportunos, como su nombre lo dice está basado en un análisis de todas las actividades que se realizan en todas las áreas de la organización. En la figura 3.9 se muestra la estructura del sistema de costeo ABC.

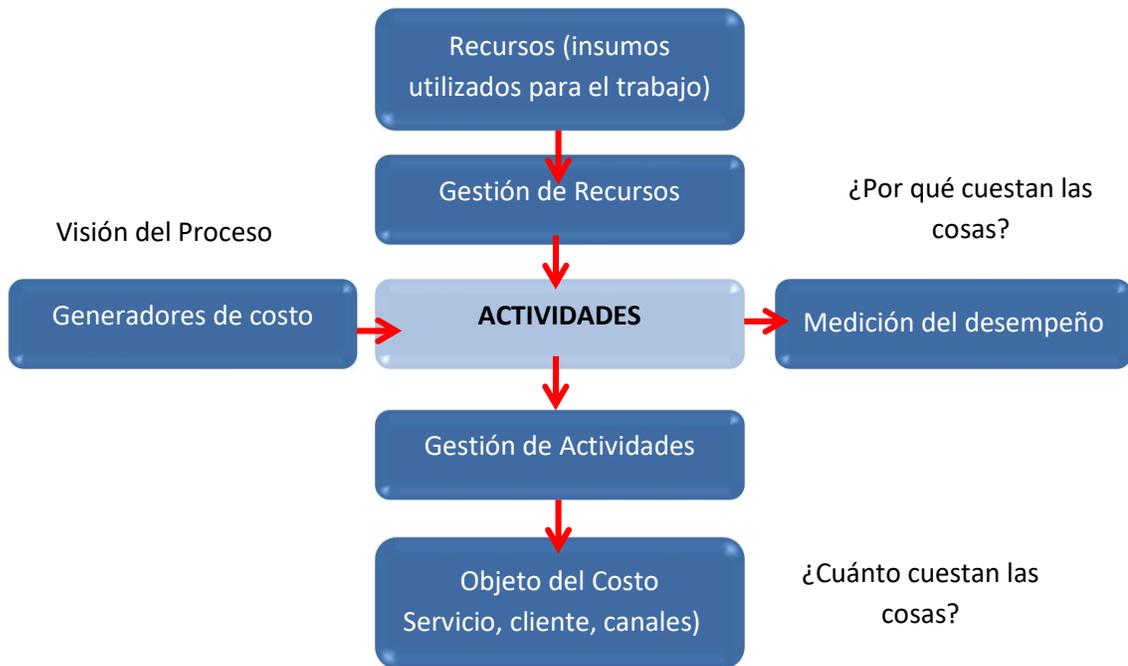


Figura 3.9 Estructura del Costeo ABC

3.4 Diseño del Producto

El desarrollo o diseño de un producto se lleva a cabo a través de una secuencia de procesos donde se concibe, diseña, valida y comercializa un producto, Levcovich (2006) menciona que tanto la innovación como el diseño de nuevos productos es vital para la subsistencia de las organizaciones en el mercado, donde la rápida introducción de nuevos productos se ha convertido en

una forma de vida, por lo que se han desarrollado diversos enfoques para presentar dichos productos.

Las decisiones tomadas durante la etapa del diseño tienen una influencia dominante en los costos de manufactura del producto, por lo que es posible reducir estos costos si se presta mayor atención al diseño.

Si bien cada uno de los modelos de diseño tiene sus diferencias Clark et al. (1987) identifican cinco fases sucesivas pero coincidentes en las metodologías del desarrollo de nuevos productos de la siguiente manera:

a. Generación del Concepto: Se establece el alcance del proyecto y la planeación de este.

b. Aprobación del Concepto del Negocio: Se prepara un diseño detallado y específico, incluidas las especificaciones técnicas y se prepara el plan de calidad.

c. Ingeniería de Producto: Se prepara, valida y libera el diseño, se obtienen las aprobaciones de este y se elabora el proceso de manufactura.

d. Ingeniería de Proceso: Se libera el proceso de manufactura y se hace la validación para producción, se evalúan los proveedores y se preparan equipos y herramientas.

e. Proceso de Producción: Se hace la transferencia de operaciones a mejora continua, se aprueba producción por parte del cliente, la producción debe ser estable.

Barbosa et al. (2002) detallan que tanto en la industria como en cualquier entorno creativo se recurre a metodologías objetivas para poder hacer una selección de las mejores alternativas propuestas por los diseñadores, una herramienta poderosa para ello es el diseño axiomático ya que, como Balderrama et al. (2019) mencionan, su meta fundamenta es establecer una base científica para diseñar y mejorar las actividades de diseño pues ofrece a los diseñadores un fundamento teórico basado en un pensamiento lógico y racional.

De acuerdo con Suh (2001), esta metodología de diseño permite mejorar la creatividad ya que demanda un conocimiento claro de los objetivos del diseño mediante la definición de los requerimientos funcionales y sus restricciones, este tipo de diseño proporciona criterios para la toma de decisiones sobre un buen y un mal diseño, lo que ayuda a segregar las malas ideas prontamente, para trabajar solo en las prometedoras, ayuda también a formalizar el proceso para llevar un flujo sistemático desde la creación del concepto hasta el desarrollo de diseños detallados. La teoría del diseño axiomático establece que todos los buenos diseños deben cumplir con dos axiomas de lo contrario se considera un mal diseño (Suh, 2001).

a. Axioma de Independencia: Los componentes de un diseño robusto deben mantener su independencia en todos los requerimientos funcionales, es posible satisfacer un requerimiento mediante el cambio de un parámetro de diseño y no se presentarán cambios en los requerimientos derivados de modificaciones en los parámetros (Barbosa et al. 2002).

b. Axioma de información: Minimizar a información en el contenido del diseño, para mantener una entropía mínima, representa la medida mínima del conocimiento requerido para satisfacer un requerimiento funcional dado o la capacidad tecnológica para lograrlo.

La teoría del diseño axiomático ha sido estudiada para el diseño de productos, procesos, *software* y, empresas de servicios, se fundamenta en cuatro dominios en el mundo del diseño (Balderrama et al. 2019).

a. Dominio del usuario: Atributos o necesidades que el cliente busca en los productos, procesos, sistemas o materiales, escuchar las necesidades y entenderlas, se colecta información relevante y datos históricos.

b. Dominio funcional: Las necesidades del cliente son expresadas en términos de requerimientos funcionales y restricciones, en este punto para cada requerimiento funcional se tiene el parámetro de diseño que soluciona el mismo.

c. Dominio físico: Parámetros de diseño que serán definidos.

d. Dominio del proceso: Variables de proceso para el desarrollo del diseño.

Barbosa et al. (2002) concluyen que mediante la utilización de metodologías que soporten el desarrollo del producto, se refuerza la idea de la generación de productos en los que además de cumplir con el factor creativo del diseño se controlan las variables en su productibilidad para garantizar desde todos los puntos de vista posibles que, no se están dejando componentes al azar y que, por consiguiente han sido contemplados, diseñados y controlados todos ellos, por lo que se puede confiar en que no fallarán en su operación o desempeño por el tiempo de vida establecido.

El diseño axiomático es una herramienta de gran utilidad para la preservación de un diseño robusto, así como la función en los procesos de manufactura, por medio de este se puede optimizar el rendimiento de los activos necesarios para la fabricación de productos. Esta metodología de diseño puede ser utilizado dentro de los requerimientos funcionales para maximizar la confiabilidad y la efectividad del equipo, así como minimizar los tiempos de reparación, costos de mantenimiento y los accidentes (Suh, 2001).

Por su parte Sosa (2010) presenta una comparativa sobre los métodos y técnicas más representativos que son usados en el diseño de un producto, proceso o servicio. En la tabla 3.2 se muestran las técnicas más comunes en su forma general, sus principales ventajas y desventajas, así como su principio o idea central.

Tabla 3.2 Técnicas y Enfoques de Diseño

Método	Idea Principal	Ventajas	Desventajas
QFD	Centra el diseño del producto en la respuesta a las necesidades del cliente	Transmite atributos de calidad esperados por el cliente	Requiere herramientas que complementen el estudio de los clientes
TRIZ	Sigue principios universales de invención para las innovaciones creativas	Sus bases propician la innovación sistemática valiéndose de los parámetros de contradicción e innovación	Se enfoca en contradicciones físicas y técnicas, deja de lado los atributos cualitativos y expresivos del objeto
Generación Escenarios	Pensamiento prospectivo	Orienta las estrategias a escenarios futuros, analiza tendencias	Es bastante subjetivo y da aproximaciones de la realidad futura
DFX	Conjunto de técnicas que consideran las primeras fases del proceso de diseño, entorno del proyecto de producción	Se atacan las áreas de oportunidad de cada producto	Si se dirige el producto a uno o pocos factores, se puede fallar en las soluciones integrales
Mapa Mental	Visualizan la exploración de un problema	Organiza ideas propiciando conexiones y relaciones a estudiar	A mayor complejidad mayor dificultad para plasmarlo, las conexiones se hacen confusas
Análisis Comparativo	Se estudia la competencia, se conocen los aspectos esperados del producto	Se detectan áreas de oportunidad y se ofrecen ventajas competitivas en los productos	Se basa en análisis hechos por la competencia, la evaluación se hace subjetiva
Secuencia de uso	Se llevan a cabo acciones implícitas del uso del producto	Se generan ideas a través de problemas de uso, tiene enfoque antropológico	Se basa en el usuario y su experiencia, se puede proponer algo que ya se ofrezca por otros, demanda habilidades de observación
Ingeniería Inversa	Se descompone un producto de acceso público, para determinar su función, materiales y método de fabricación	Resulta útil para proponer mejoras a productos existentes	Se debe cuidar de no imitar lo analizado y violar los derechos de autor
Ingeniería Concurrente	Es un esfuerzo sistemático para un diseño integrado concurrente del producto y de su proceso de fabricación y servicio	Se busca que los desarrolladores desde el inicio tengan en cuenta todos los elementos del ciclo de vida del producto, desde el diseño conceptual hasta su disponibilidad	Precisa del trabajo coordinado y simultáneo de los diversos departamentos de la empresa

Introducir un nuevo producto resulta poco eficiente siguiendo los métodos tradicionales, para eliminar los detalles que se pueden presentar como falta de comunicación, áreas que no se analizan entre otros, es que se utiliza la ingeniería concurrente la cuál es definida por Macredie et al. (1998) como un método utilizado para mejorar la eficiencia y complementar otros desarrollos en la industria como la calidad total y JIT, en esta metodología se involucran todas las áreas funcionales de la organización para el diseño de un nuevo producto o la mejora de uno ya existente, desde compras y diseño hasta finanzas y altos ejecutivos, en los métodos tradicionales de diseño estas funciones no tienen mucha integración, con la ingeniería concurrente pueden actuar en conjunto por medio de sistemas automatizados, donde la información fluye constantemente.

Con esta metodología las empresas globales pueden trabajar de sol a sol, transfiriendo actividades parcialmente completas de oficina a oficina, esto les brinda una ventaja competitiva a través de la reducción de tiempo en la ejecución de proyectos largos y complejos.

Debido a que la ingeniería convencional utiliza el desarrollo de producto conocido como comunicación sobre la pared, donde cada área transfiere su resultado al siguiente sector después de ejecutar su parte Salazar (2019) menciona que indudablemente quien recibe esta tarea va a encontrar fallas según su propia especialidad y devolverá el proceso al sector de origen para los ajustes correspondientes. Lefcovich (2006) coincide en que cuando se maneja el desarrollo del producto de manera secuencial y no concurrente, se tiene muy poca información entre la salida de un departamento y la entrada al siguiente área o muro, seguramente se generarán múltiples revisiones hasta lograr un diseño adecuado, esto se debe principalmente a que mientras un departamento identifica una idea, otro la desarrolla y crea prototipos, hasta este punto es que se piden presupuestos y finalmente manufactura produce las unidades, pero estos departamentos no ven los detalles del proyecto o procesos anteriores o subsecuentes, hasta que llega su turno de desarrollar las actividades

relacionadas con su área de trabajo. La figura 3.10 se muestra como fluyen las actividades en la ingeniería convencional en comparación a la ingeniería concurrente.

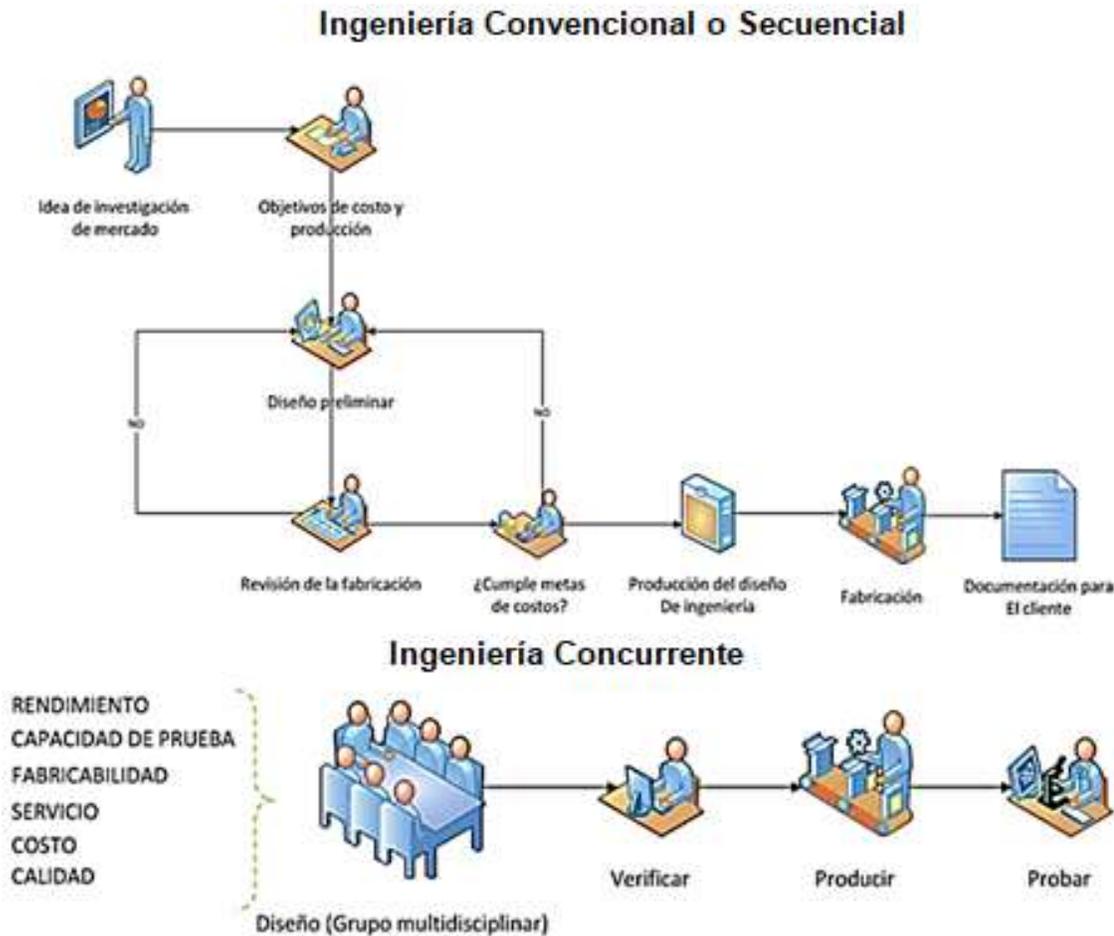


Figura 3.10 Ingeniería Secuencial vs Ingeniería Concurrente, (Salazar, 2020).

Salazar (2019) y Lefcovich (2006) coinciden nuevamente al manifestar que la ingeniería concurrente se basa en trabajo convergente, se llevan las diferentes etapas en paralelo, esto demanda que se invierta tiempo en la definición detallada del producto y en su planificación, de esta manera los cambios se llevan a cabo mucho antes de que se hagan inversiones en prototipos o muestras de producción, lo que genera una reducción considerable

de costo, en las primeras etapas el tiempo se eleva pero el tiempo total del ciclo de diseño se reduce sustancialmente.

Este modelo se sustenta en cuatro fundamentos y Salazar (2019) los define como:

a. Ciclo de vida: Conjunto de etapas que recorre un producto desde que se inicia su creación hasta que finaliza su vida, este contiene 5 etapas principales, diseño preliminar, diseño de detalle y desarrollo, producción, uso del producto y fin de vida por lo tanto retiro de este.

b. Modelos de diseño del producto: Existen múltiples modelos de diseño que se pueden adaptar a la ingeniería concurrente, sin embargo los dos modelos que más se usan con esta son: el modelo por etapas que incluye el análisis, síntesis, simulación y evaluación, así como el modelo por etapas o puertas conocido como *stage – gate* (del inglés, etapa-puerta) el cuál es un modelo integral de desarrollo de productos que parte de la premisa de generar valor y gestionar el riesgo de la innovación, este modelo ayuda a que una empresa transforme de manera rentable y rápida sus mejores ideas en productos exitosos. Sus etapas son: Ideación o alcance, desarrollo conceptual, desarrollo avanzado o pruebas y lanzamiento.

c. Arquitectura del producto: Se establecen las reglas de diseño, se definen as interfaces y plataformas.

d. Flujo de información en el proceso: Las necesidades vienen de todos los miembros involucrados en el proyecto o producto y se deben cumplir todas ellas, se conocen como necesidades de clientes y son el punto de partida del proceso en cuestión.

Esta forma de diseño supone entonces, mejoras en el proceso, unifica tanto el proyecto como a los miembros de este, mejoras en la calidad y reduce tanto la duración como el costo del diseño del producto (Lefcovich, 2006).

Esta filosofía se es mayormente usada por empresas multinacionales en conjunto con otras metodologías para asegurar diseños robustos, en el menor

tiempo y costo posible, Abate (2016) complementa a otros autores cuando menciona que VA/VE es una metodología que va de la mano con este tipo de ingeniería, ya que ambas tienen un pensamiento paralelo, que dan como resultado mejoras simultáneas en el rendimiento y la confiabilidad, eliminando costos innecesarios para los productos tanto en la fase de diseño como en los sistemas en operación.

Cooper (1986) afirma que el desarrollo de un nuevo producto debe ser estructurado y organizado, se puede definir como la secuencia de pasos o actividades para diseñar y comercializar un producto, comenzando con la visualización de una oportunidad de mercado y concluyendo con la entrega final del mismo al cliente final, para ello creó un modelo integral para el desarrollo nuevos productos por medio del cual se crea valor partiendo de las mejores ideas y convirtiéndolas en productos llamado *Stage-gate* (por sus siglas en inglés), este modelo crea valor y gestiona el riesgo de la innovación a través de la disciplina en el proceso del diseño.

Demanda una revisión sistemática y periódica de los proyectos en múltiples puntos durante el ciclo de desarrollo; validándolo en cada etapa, define características acordes a las necesidades del cliente, revisa el estado del arte implicado en el desarrollo del producto e incorpora la política de calidad y misión empresarial. Logra un producto exitoso y además mejora la capacidad estratégica de la organización. Esta metodología es un modelo de cinco fases principales y el cierre del proceso de diseño mostradas en la figura 3.11. Cada etapa es precedida por una puerta o punto de decisión, avanzar-Continuar-Contener-Reciclar, donde la gerencia se involucra y toma decisiones.

Las etapas son actividades paralelas y multifuncionales que debe ser completadas antes de obtener la aprobación para continuar a la siguiente fase, todas las actividades están diseñadas para reunir información necesaria y disminuir la incertidumbre progresivamente, ya que los resultados en una etapa son la entrada para las decisiones en la siguiente etapa o puerta.



Figura 3.11 Etapas del modelo *Stage-Gate*

Por su parte las puertas representan mecanismos de control, en ellas se deciden prioridades con base en la calidad, sirven para evaluar la justificación del negocio, asegurar la calidad de ejecución y aprobar el plan de proyecto, Cooper (1986) define que estas funcionan de manera rigurosa y deben ser robustas, es decir las personas encargadas de llevar a cabo el proceso deben tener la capacidad de toma de decisiones que determinen cuando el proyecto debe modificarse cancelarse o continuar. Cada compuerta tiene un propósito distinto, la primera puerta es un filtro suave de nuevas ideas, mientras que la compuerta tres tiene un estándar a cumplir más alto. Si bien los criterios de control son diferentes, las Compuertas se estructuran de forma similar y funcionan como un embudo, en la figura 3.12 se muestra la estructura típica de una etapa-puerta. Un proceso típico Stage - Gate contempla seis criterios probados: Ajuste estratégico, producto y ventaja competitiva, atractivo del mercado, factibilidad técnica, sinergias /competencias básicas y recompensa financiera /riesgos.

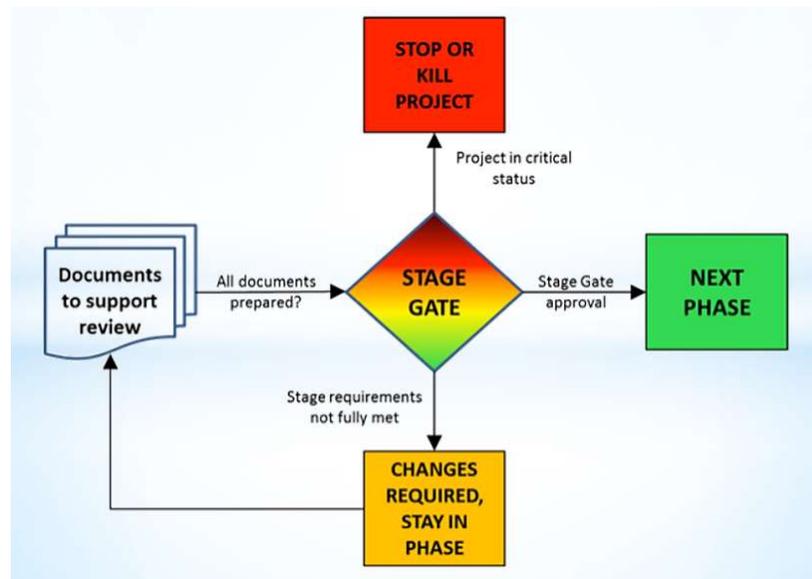


Figura 3.12 Estructura de una etapa-puerta, (Cooper, 1986).

La salida es la decisión tomada, al aprobarse se establece una fecha y las entregas de la siguiente etapa mientras en paralelo se ejecuta el proceso de coordinación de cambios, este debe continuar al mismo ritmo que las puertas restantes.

Cooper (1986) afirma que el modelo funciona como un embudo, en el cual muchos proyectos pueden ingresar, pero pocos pueden salir, los que lo logran terminan fortalecidos y estudiados, este modelo contrasta todo el tiempo las necesidades del cliente con las posibilidades tecnológicas de la organización. La implementación de este modelo involucra a un equipo multidisciplinario (desarrollo tecnológico, producción, ventas, *marketing*, finanzas, etc.), los líderes de los equipos deben ser talentosos y responsables, así como contar con la capacidad de gestionar proyectos complejos en cortos periodos de tiempo. La dirección por su parte gestiona la remoción de obstáculos del proyecto.

En cada compuerta se designan guardianes, que son las personas más capacitadas en el negocio, poseen los recursos necesarios para integrar la información e impulsar que el proceso avance. Este modelo demanda que desde un inicio se fijen los objetivos y criterios de validación.

Hay algunas reglas que este modelo no permite pasar por alto, tal como lo menciona Cooper en diversas obras las más críticas son:

- a. Todos los proyectos deben pasar las fases o gates.
- b. Si el equipo desarrollador del producto no tiene listos los entregables, la reunión debe ser pospuesta y reagendada, pero se debe de dar noticia de esto con tiempo.
- c. Si un responsable del portal no puede asistir a la reunión, podrá designar a alguien que vote y actúe en su nombre con empoderamiento para uso de recursos. Los responsables del portal pueden asistir a las reuniones de manera electrónica.
- d. Los responsables del portal no deben reunirse previo a la reunión oficial, está prohibido prejuzgar un proyecto.
- e. Las decisiones deben basarse en hechos, no en emociones ni en intuición, las decisiones se basan en la información presentada y utilizando los criterios de calificación establecidos.
- f. Es necesario tomar una decisión el día de la reunión e informar al equipo de esta en tiempo real y con las razones por las cuales se tomó esa decisión.
- g. Cuando los responsables del portal comprometen recursos (humanos, económicos, de tiempo), es necesario que estos compromisos se mantengan.
- h. Los responsables del portal deben aceptar y apegarse a estas Reglas.

Entre los múltiples beneficios del modelo se destaca que optimiza el proceso y mejora los tiempos de desarrollo, minimiza los errores, acelera el tiempo de lanzamiento, incrementa la tasa de éxito en el lanzamiento del producto, reduce los cambios a último momento o no deseados, se aprovechan los recursos de manera más eficiente, sobre todo ayuda a tener un control en el

portafolio de proyectos, pero la mejor de todas es que mejora la integración y el trabajo en equipo.

Es una metodología robusta que a través de los años plantea la diversidad de opciones y permite el impulso a la innovación (Cooper, 1986).

3.4.1 Reducción de Costos Durante la Fase de Diseño

Diseñar un producto que cumpla con los requerimientos del cliente utilizando nuevos diseños o tecnologías, a la vez que respete las regulaciones gubernamentales es sin duda un reto, si en adición la organización busca reducir el costo o imponerse como líderes en la diferenciación del producto, entonces se requiere de métodos robustos y un equipo de trabajo experimentado.

Las organizaciones han tomado varias posturas en relación a la reducción de costos que van desde la implementación de programas de reducción como de austeridad, pero estos enfoques no siempre arrojan los resultados deseados, Abate (2016) agrega que un enfoque desequilibrado en la reducción de costos, elimina la innovación y reduce drásticamente la calidad de un producto, el costo al ser un parámetro de diseño debe ser manejado adecuadamente, una reducción de costos es solo una solución a corto plazo, mientras que la correcta gestión del costo es una solución a largo plazo, es aquí; donde surge una oportunidad para VA/VE, ya lo ideal es adoptar un pensamiento *lean* que ayude a eliminar desperdicios y optimice el uso de recursos, pero que a la vez mejore la calidad reduciendo el costo de las operaciones.

La metodología VA/VE fue creada por Lawrence D. Miles en General Electric® y se introdujo en Japón en 1955, Pries y Quingley (2013) consideran que el uso de ésta, le permitió a Japón incrementar su competitividad con relación a mercados Europeos y Occidentales, algunas de las técnicas de diseño y control de calidad y costos han tenido sus orígenes de la metodología del valor, entre ellas se encuentran: Análisis de Modos y Efectos de Fallas de Diseño DFMEA (Design Failure Mode and Effect Analysis, por sus siglas en inglés),

Despliegue de la Función de Calidad QFD (Quality Function Deployment, por sus siglas en inglés), Análisis FTA (Fault Tree Analysis, por sus siglas en inglés), el énfasis principal de esta técnica radica en comprender, identificar y clasificar el producto a través de sus funciones, una vez definidas se busca la innovación de las mismas, en los mercados modernos, es esencial que los productos cuenten con una diferencia ya sea por sus funciones, o por el costo con el que se produce, esto genera una ventaja competitiva para las organizaciones.

Por otra parte, Mandelbaum et al. (2012) exponen que una metodología de reducción de costos como VA/VE o mejora de calidad como LSS (*lean six sigma*, por sus siglas en inglés), no necesariamente se excluyen, incluso pueden llegar a complementarse. En la tabla 3.13 se muestran las principales diferencias entre algunas metodologías de reducción de costos, reducción de desperdicios o mejoras de calidad.

Tabla 3.3 Comparación de los Enfoques Filosóficos de VA/VE y LSS

	VE	Lean	Six Sigma	TOC
Meta	Costo de ciclo de vida bajo, mejora el retorno de la inversión	Elimina desperdicio	Reduce variación y mejora procesos	Elimina cuellos de botella
Enfoque	Análisis de funciones y función de valor	Empresas, procesos y personas	Todas las fuentes de variación	Rendimiento
Alcance	Empresa	Flujo de valor empresarial	Empresa	Empresa
Proceso de cambio	Mejora incremental de productos y procesos	Evolutivo y sistemático	Proceso específico, continuo	Continuo
Modelo de Negocio	Incrementa el valor para las partes interesadas	Entrega valor a las partes interesadas	Minimiza desperdicio, incrementa la satisfacción del cliente	Incrementa el desempeño financiero de la empresa

La ingeniería de valor no se enfoca simplemente en reducir el costo, sino que se concentra en gastar solamente lo que es necesario para cumplir los requerimientos, su atención está en lo que se hace, los requerimientos por funciones, mientras LSS se enfoca en cómo se hace con el mínimo desperdicio.

Cuando se incurre en la sobre-ingeniería, no necesariamente se proporciona un producto que el cliente valore altamente, esto muchas veces representa una discordancia entre costo – valor, es aquí donde el análisis de valor permite cubrir los retos de los requerimientos del cliente asegurando que las áreas de mayor relevancia reciben la atención necesaria a través del pensamiento crítico de la innovación, esto no siempre pasa cuando se reduce la variación de un proceso, el desperdicio o incluso cuando se mejora el rendimiento, VA/VE provee beneficios a través de todas las fases de la vida de un producto.

Muchos con los aspectos en los que el diseño de producto afecta negativamente desde la facilidad de fabricación, además de la calidad, simples detalles de diseño pueden alterar los niveles de inversión necesarios para la producción, el desarrollo de nuevos productos tiene un gran impacto en operaciones y estas pueden limitar desarrollos de diseño, es por ello que decisiones operativas, como el diseño del procesos no deben esperar a terminar las especificaciones del producto, pues las mismas se hacen al mismo tiempo en que se diseña el producto. Sistemas como tecnologías de grupo, análisis de valor, análisis de causa y efecto, ingeniería simultánea, diseño para manufactura entre otros convergen en un solo objetivo, diseñar para la simplicidad. Lefcovich (2006) sostiene que cuando se logra la simplicidad del diseño, la reducción de partes o el uso de partes estándar, se obtienen ahorros en el costo de la producción, tiempos de entrega, inventarios, mantenimiento, flujo de insumos y componentes, así como una mejora en la calidad, un mejor seguimiento de actividades entre otros, es por ello, que la reducción de costos desde la etapa de diseño es primordial para las organizaciones y su productividad.

3.5 Metodología VA/VE, Orígenes

La metodología de análisis de valor o valor de ingeniería comenzó en General Electric Co.[®] ya que debido a la segunda guerra mundial se suscitó escases de materiales y mano de obra certificada, entonces; Lawrence Miles ingeniero de compras, buscó la manera de conseguir sustitutos aceptables principalmente para materiales, él notó que estos reemplazos frecuentemente daban como resultado una reducción de costos, mejoras en el producto y en algunos casos ambas, su pensamiento principal era, si no puedo conseguir el producto, puedo obtener la función (Mukhopadhyaya, 2009).

Andryasiak (2009) refiere que la práctica de mejorar el valor ha tenido múltiples nombres, como, análisis de valor, valor de ingeniería, metodología de valor entre otros y, que ha sido utilizada exitosamente en cientos de organizaciones alrededor del mundo siendo efectiva en diversos campos de negocios e industrias, se estima que esta metodología aplicada sistemáticamente puede generar reducciones desde el 5% en productos que ya se encuentran en producción hasta el 25% o más cuando es aplicada en reducciones de costo para nuevos diseños, siempre preservando o mejorando la funcionalidad.

Las principales características que un producto robusto debe tener son: funcionabilidad donde el producto debe cumplir la función para la que fue diseñado y evaluar como la función se comporta respecto al costo, confiabilidad representa la garantía de que el producto se va desempeñar propiamente por un periodo de tiempo designado y, productividad donde se produce un producto con cierta calidad y cantidad a un costo definido y factible, como señala Singh (2018) ante la escasez de material en la segunda guerra mundial, las preguntas a resolver por ingeniería eran: ¿por qué no cambiar el diseño?, ¿por qué no cambiar el proceso? y, ¿por qué no cambiar el material?, se puede mantener el mismo valor o incluso mejorarlo, si se analiza el valor de las funciones que se necesitan y, así surgió VA/VE.

3.5.1 Filosofía VA/VE

La metodología VA/VE es una disciplina basada en el conocimiento y manejo de datos en donde un equipo multidisciplinario facilita un proceso creativo para generar una funcionalidad mejorada y reducir los costos en un sistema definido, aplicada consistentemente puede generar entre 5% y 25% de ahorro en un producto, dependiendo la fase en la que se aplique, VA/VE es única en su profundidad y amplitud analizando funciones en un plano equivalente con su costo, no solo ayuda a evitar comprometer la funcionalidad del producto si no que fomenta el paso a la innovación y creatividad, que se pierden en el enfoque de un simple recorte de costos. Es una disciplina integral y minuciosa que ofrece claras ventajas (Andryasiak, 2009).

Por otra parte, Mukhopadhyaya (2009) la define como el camino para identificar los costos innecesarios en un producto, proceso y sistema, VA/VE es un sistema, un set completo de técnicas que se enlazan para un solo propósito, identificar de manera eficiente el costo innecesario, antes, durante o después del desarrollo de un producto, estos costos no proveen ningún valor a la calidad, función, apariencia o los requerimientos del cliente. Un costo se considera necesario hasta que se consigue otro medio para mantener el rendimiento de un producto sin ellos. La metodología es definida como una aplicación sistemática de diversas técnicas que se lleva a cabo por grupos multidisciplinarios, que identifica las funciones de un producto, procesos, servicios o sistemas, establece el valor de las funciones, genera alternativas mediante el uso de pensamiento creativo y proporciona las funciones necesarias de manera confiable en el costo total más bajo.

Pries y Quingley (2013) exponen que durante las fases de crecimiento y madurez del producto el equipo de desarrollo puede revisar de nuevo el producto y verlo desde el punto de vista de costo, a esa fase de análisis se le llama, análisis de valor, mientras que la fase de diseño se denomina valor de ingeniería, estas técnicas pueden aplicarse en cualquier fase del ciclo de vida

del producto, ayudando con ello a extender incluso la vida del mismo, ya que a medida que se mejora la propuesta de valor, se reduce cualquier barrera de costo para el cliente.

El concepto de valor ha sido controversial pero el enfoque principal es: ¿qué se está haciendo realmente con la ingeniería de valor?, una mejora en el valor representa una mejora en el margen neto o margen bruto, se mejora el costo mientras se mantiene el precio estable. Esto se representa con las fórmulas del valor.

$$\text{Valor} = \frac{(\text{Desempeño} + \text{Capacidad})}{\text{Costo}} = \frac{\text{Función}}{\text{Costo}} \quad (3.1)$$

$$\text{Valor del Tiempo} = \frac{(\text{Desempeño de la Función})}{\text{Costo}} \quad (3.2)$$

Estas expresiones matemáticas conservan una relación que se puede manifestar como:

- a. El desempeño o función es mejorado, pero el costo se mantiene igual
- b. El desempeño o función permanece igual, pero el costo se reduce
- c. El desempeño de la función es mejorado y el costo también se reduce
- d. El desempeño de la función mejora en un grado mayor que el incremento en costo

VA/VE es una metodología sistemática que descompone el producto o sistema en componentes y entonces se analizan las funciones de cada uno de los componentes, este es el enfoque de valor según Singh (2018), en el que menciona que el concepto básico de esta filosofía es que el valor se mantiene igual o incluso se mejora, mientras el costo se reduce, VA/VE es un estudio organizado de las funciones para satisfacer las necesidades del cliente con un

producto de calidad al costo más bajo posible, a través de la aplicación de la creatividad, siempre se mantiene en cuenta si: ¿se pueden combinar varias funciones?, ¿se pueden eliminar funciones?, ¿se puede modificar el diseño y mantener el desempeño?, el desempeño nunca debe deteriorarse. No debe confundirse VAVE con los siguientes procesos que pueden llegar a ser confusos, pero son técnicas y manejan aspectos diferentes:

a. Recorte de Costos: No es un simple recorte de costo ya que el desempeño y calidad del producto debe asegurarse en todo momento, incluso en algunos casos al aplicar la ingeniería de valor el costo puede incrementarse, pero siempre en un menor grado que el desempeño o calidad del producto e incluso se puede incrementar el costo de una función, pero el costo general del proyecto puede disminuir cuando se compara con el valor que se ha agregado.

b. Revisión del Diseño: Se pueden hacer revisiones de diseño sin tomar en cuenta el enfoque del costo del producto, por esto; este proceso es totalmente diferente, analiza las funciones del diseño desde el punto de vista técnico y de costo también.

c. Reducción de Calidad: Nunca se debe obtener al aplicar esta metodología un decremento en la calidad, ya que esto no representa las bases de VAVE.

Singh (2013) concluye que VAVE es un análisis de materiales, procesos y productos en los que las funciones se relacionan al costo y de las cuales se puede hacer una selección para alcanzar el nivel deseado de la función al costo más bajo sin sacrificar desempeño, es una técnica creativa, organizada, que busca analizar el costo y las funciones del producto cuyo propósito es mejorarlo sin afectar, calidad, desempeño y eficiencia. La fórmula matemática que él define es:

$$\text{Valor (max)} = \frac{\text{Desempeño (max)}}{\text{Costo (min)}} \quad (3.3)$$

Younker (2013) coincide con otros autores con la definición de la metodología como un proceso que se da en un equipo multifuncional que identifica altos costos, funciones y mejora el potencial del producto, donde se establece el valor óptimo de las funciones y el costo más económico para ellas, se agrega que esta metodología puede ser usada para resolver problemas en el producto, reducir costos, mejorar calidad y mejorar desempeño. Estas técnicas se pueden usar para cualquier valor, producto, sistema o servicio, esta metodología se usa principalmente para obtener los siguientes beneficios:

- a. Incrementar la ganancia general
- b. Resolver problemas
- c. Usar los recursos efectivamente
- d. Mejorar costos
- e. Reducir tiempo
- f. Mejorar calidad
- g. Incrementar potencial para mejorar el retorno de la inversión

Los proyectos que usan esta técnica en las fases conceptuales son más exitosos, su habilidad para encontrar áreas con ahorros potenciales es casi ilimitada, tiene capacidad de reaccionar en tiempo y forma, con flexibilidad ya que se puede aplicar a programas existentes o nuevos en cualquier fase del proyecto, además de mejorar la eficiencia y calidad, fomenta las relaciones para el trabajo en equipo, básicamente se puede esperar una reducción en costo de entre el 5% y el 40% (Patil, 2010).

3.5.2 Fases de VAVE

Un plan estructurado para el desarrollo de esta técnica es altamente requerido, este es llamado plan de trabajo y la mayoría de los autores coinciden en que se divide en seis etapas principales y dos complementarias, (Andryasiak, 2009) las define como se muestran en la figura 3.13.

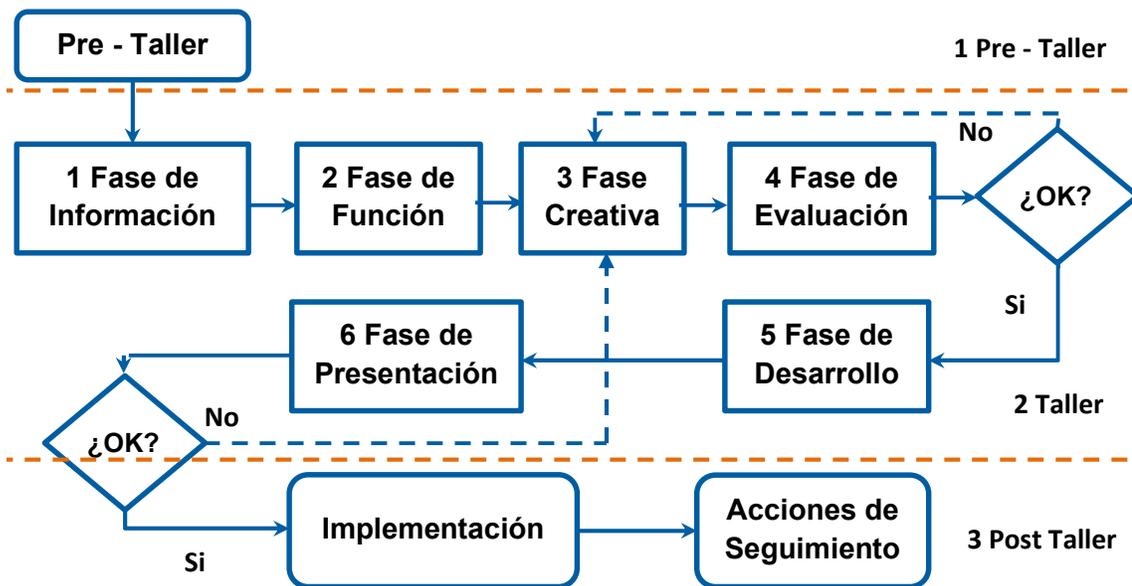


Figura 3.13 Diagrama de Flujo del Plan de Trabajo VAVE (Andryasiak, 2009)

Las fases se describen de forma muy similar por diversos autores, Younker (2013) y Singh A (2018) las exponen de la siguiente manera:

a. Pre – taller: Antes de que el taller comience se establece una relación entre los participantes y el soporte de gerencia para asegurar una participación efectiva, en esta fase se selecciona el proyecto, se determina al equipo que va a participar, se definen los componentes principales a estudiar, se debe asegurar que todos los involucrados sean notificados de los resultados que se esperan.

b. Fase de información: El primer paso es determinar las necesidades del usuario, se identifica el problema, se colecta la información, se tabulan los datos o se preparan gráficos, Andryasiak (2009) menciona que en esta etapa se determinan los objetivos, metas y se evalúa el estado actual del producto.

c. Fase de función: Es una de las partes más benéficas para el estudio, la disciplina usa este análisis de función para distinguir el valor de otros métodos de mejora, una función es definida como el propósito principal para el que fue diseñado el producto, servicio o proceso, la pregunta principal en esta

fase es: ¿qué hace? Y, ¿cómo se puede reducir el costo de esta función?, se deben definir las funciones en dos palabras, un verbo y un sustantivo, con esto se evita combinar funciones, facilita la comparación, se simplifica el problema a su elemento menor (Mandelbaum, 2012). En esta etapa se desarrolla el diagrama de Técnica del Sistema de Análisis de Funciones FAST (*Function Analysis system Technique*, por sus siglas en inglés), en la figura 3.14 se muestra la estructura básica de este diagrama, donde se encuentran las rutas críticas y menores para las funciones, así como funciones dependientes y de soporte.

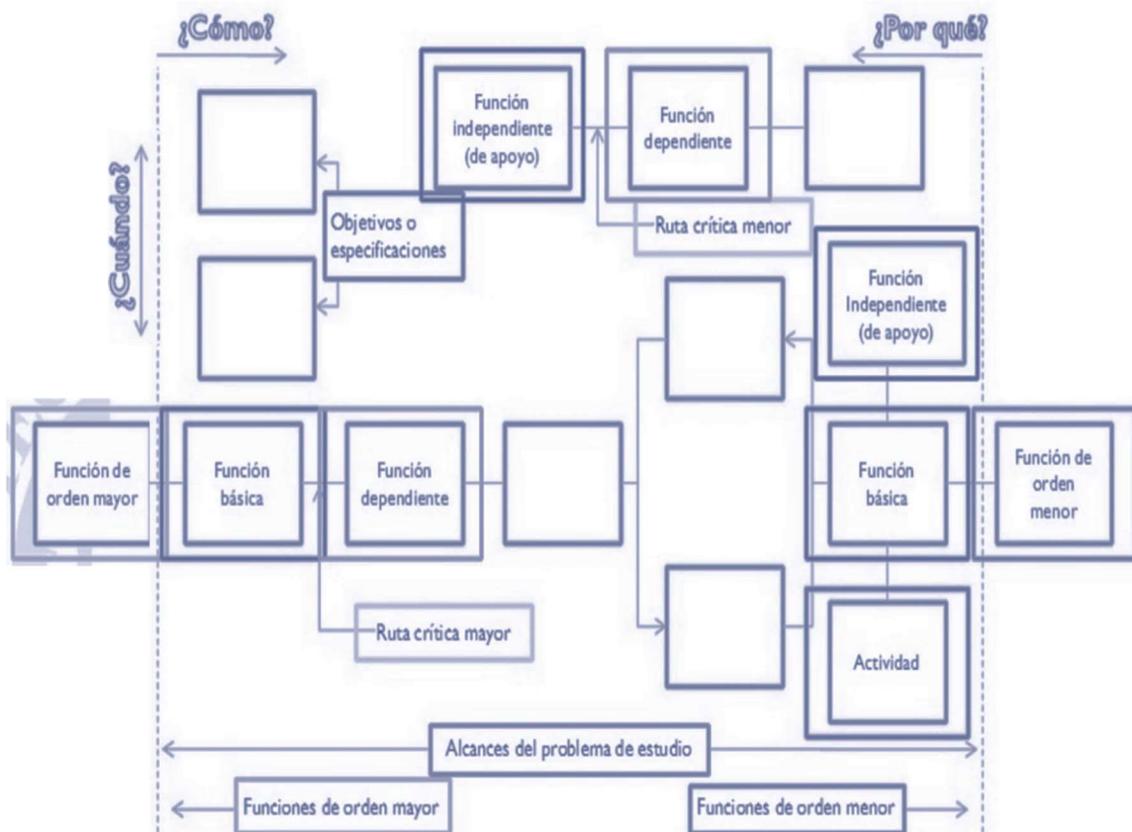


Figura 3.14 Estructura Básica del Diagrama FAST

Hay diversos modelos para desarrollar el diagrama FAST, Abate (2016) los clasifica en cuatro, el más común es el modelo clásico que se compone de verbos y sustantivos, es una herramienta gráfica que muestra la relación entre

funciones, siguiendo una lógica como-porque, el segundo es el modelo por jerarquía donde se sigue una jerarquía vertical para las funciones, otra variación es el modelo técnico, en esta versión se clasifican las funciones que se requieren todo el tiempo, una sola vez o de manera simultánea y la cuarta variable es el modelo orientado al cliente, en esta variación el diagrama se desarrolla para reflejar las funciones que tienen valor para el cliente y funciones de soporte para atraer nuevos clientes.

d. Fase Creativa: Esta etapa es el núcleo del taller, aquí es donde fluyen las ideas creativas, el equipo se debe encontrar enfocado y el facilitador del taller debe promover la participación, reforzando los principios de la metodología, Singh A (2018) comenta que al llegar a esta etapa, ya se ha olvidado que producto se está estudiando, el equipo se encontrará centrado en las funciones, después del crear el diagrama FAST, buscando soluciones alternativas para generar la misma función a menor costo o incluso mejorar la función, Mandelbaum (2012) enfatiza que no se debe utilizar un enfoque analítico, pues este ofrece una solución para un problema, sino que se debe utilizar un enfoque totalmente creativo, donde se obtendrán varias soluciones para un problema, algunas mejores que otras, utilizando la experiencia y conocimientos del equipo multidisciplinario se llegará a un mayor número de posibilidades, esta fase también es llamada de especulación.

e. Fase de evaluación: El propósito es producir una lista de ideas que el equipo en consenso evaluará para seleccionar las mejores, dependiendo de las circunstancias se generan más de cien ideas en una sesión de lluvia de ideas, esta etapa es el primer corte para las ideas, se pueden evaluar por votación, agrupándolas por categoría, clasificando por tonalidades para indicar las que valen la pena o no, entre otros métodos, Andryasiak (2009) utiliza una técnica popular que se basa de una matriz de impacto – facilidad, la cual evalúa las ideas considerando dos criterios principales, facilidad para implementar y el impacto en el costo, una vez definidos los puntos de partida para estos dos

conceptos, el avance es relativamente rápido para la evaluación de las iniciativas, en la figura 3.15 se muestra la matriz mencionada.

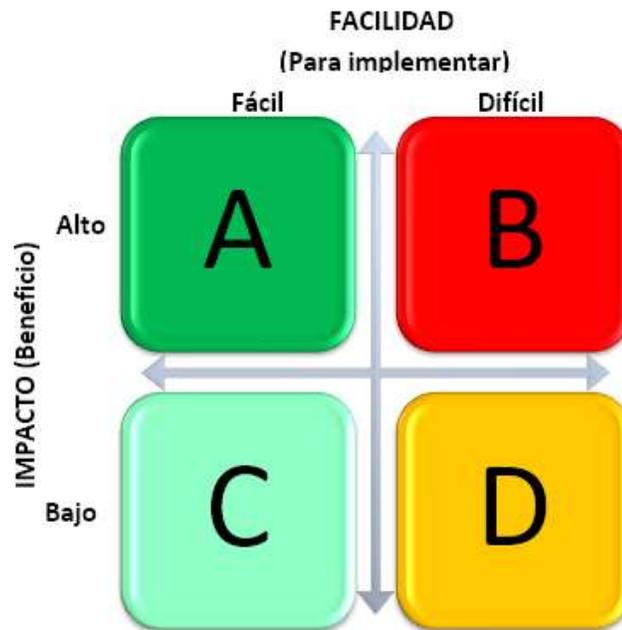


Figura 3.15 Matriz Impacto – Facilidad

f. Fase de Desarrollo: En esta etapa se continúa con el análisis para transformar las ideas generadas en propuestas de ahorro, en este punto se formalizan las propuestas estimando el costo de cada idea, se definen cuáles ideas pueden funcionar o no, se hacen listas de ventajas-desventajas para las ideas, en esta etapa Younker (2013) expone que se pueden combinar las ideas, o refinarlas, es aquí donde se cuantifican las diferencias entre el diseño actual y las propuestas de valor, se preparan bocetos de las propuestas para comparar con el modelo actual, en esta fase la mayor parte del trabajo del taller finaliza y solo restará la presentación a gerencia, cada propuesta formulada debe contener, cálculos detallados, análisis del costo, bocetos, dibujos, fotos entre otros, diversos formatos pueden utilizarse para ello, o la empresa puede diseñar uno de su agrado, Andryasiak (2009) sugiere el uso de los gráficos “T”.

g. Fase de presentación: El propósito de esta etapa es conseguir la aprobación y dirección de la gerencia para tomar acciones de iniciar con el desarrollo e implementación de las alternativas propuestas, esta etapa es la finalización del taller y suele ser el primer paso en el proceso de aprobación, Mandelbaum (2012) agrega que en esta etapa se responden preguntas de seguimiento, se puede requerir o no recopilar más información, se revisa la información de soporte y alguna otra actividad que esté involucrada para la toma de decisiones. Se elabora una presentación oral para gerencia que no deberá durar más de veinte minutos, donde las ideas se deben exponer breve pero claramente, todo el equipo de trabajo debe estar presente para responder dudas.

h. Fase de implementación: Ya forma parte de las actividades posteriores al taller, Pries y Quingley (2013) puntualizan que se debe tener la participación de la alta gerencia para que se garantice la implementación de las propuestas, así como el apoyo continuo de los medios mandos. Ya que, para cumplir con esta etapa, se pueden requerir fondos, de manera parcial o total, definir un equipo responsable, una calendarización de acciones a seguir, con fechas clave y requerir un seguimiento del progreso.

i. Acciones de Seguimiento: La información del taller debe ser compilada por el facilitador del mismo, Andryasiak (2009) recomienda que se prepare un reporte con los resultados del taller tan pronto como sea posible terminando el mismo, el reporte usualmente incluye el resumen del taller y conclusiones generales de cada fase del taller, debe ser claro y breve, típicamente incluye una descripción general del alcance del taller, objetivos, lista de participantes, análisis de costos, análisis funcional, la lista de la lluvia de ideas, clasificada y filtrada, finalmente una propuesta para el seguimiento de las iniciativas generadas en el taller. El modelo de trabajo que presenta Mandelbaum (2012) para la implantación y desarrollo de la metodología VA/VE es muy similar al expuesto y se muestra a manera general en la Tabla 3.16.

Tabla 3.4 Modelo de Trabajo VA/VE, (Mandelbaum,2012)

Implementación	Presentación	Desarrollo	Evaluación	Creativa	Análisis de Función	Información	Orientación
¿Recibió fondos la propuesta, quién implementará, siguientes pasos?	¿Cuál es la recomendación, quién aprobará, cuánto ahorrará, cuánto cuesta?	¿Qué satisface la necesidad del usuario, qué se necesita implementar?	¿Cuáles son las mejores oportunidades para agregar valor?	¿Qué más podría realizar la función?	¿Qué hace, cuáles son las oportunidades de estudio?	¿Cuáles son los hechos?	¿Cuál es el problema?
Hacer el reporte del taller			Eliminar las ideas de bajo potencial	No fomentar inhibidores de la creatividad	Determinar las funciones	Establecer reglas	Identificar Problemas
Mejorar la oportunidad aprobación	Presentación breve para aprobación	Hacer el análisis del costo del ciclo de vida	Agrupar ideas similares	Establecer reglas	Clasificar las funciones	Finalizar problemas y hechos	Evaluar ganancias
Monitorear progreso		Determinar mejores alternativas	Asignar Responsable	Generar ideas alternativas	Definir su relación	Redefinir el alcance	Priorizar problemas
Acelerar la implementación		Desarrollar plan de implementación	Lista de ventajas y desventajas		Estimar costos		Definir alcance y objetivo
Seguimiento			Ideas por rango		Determinar mejores oportunidades		Establecer factores de evaluación
			Seleccionar ideas para desarrollarse		Refinar el alcance		Determinar el equipo de trabajo
							Recolectar información

Andryasiak (2009) recomienda que durante la fase de seguimiento el líder del programa de ahorro de costos mantenga un histórico para propósitos internos, lecciones aprendidas entre otros para poder mejorar el proceso de los talleres continuamente, usualmente se pueden hacer encuestas para los participantes y finalmente se pudieran programar juntas de seguimiento donde el objetivo principal es motivar al equipo para trabajar en la implementación de las propuestas, asegurarse que haya progreso y mantener a la alta gerencia al día con las actividades que puedan requerir su soporte.

3.5.3 Retos a Superar

La metodología VA/VE se interrelaciona con el proceso de diseño de producto para mejorar la calidad y reducir los costos, existen algunos retos que se deben vencer para su correcta aplicación, entre los más relevantes Mukhopadhyaya (2009) numera los siguientes:

- a. Falta de Información: La información es vital para la ingeniería, entre más y más recientes sean los datos es mejor, pues se evita caer en suposiciones.
- b. Creencias Equivocadas: Malas interpretaciones, predisposiciones y un inadecuado manejo de la tecnología generan creencias que no se apegan a la realidad.
- c. Pensamiento Habitual: Se tiende a mantener el estatus Quo, copiar diseños anteriores, copiar de otras empresas lo que puede causar un atraso tecnológico, es común tener miedo al cambio, pero esto puede inhibir a las personas a brindar su máximo potencial,
- d. Temor a Pedir Ayuda: Es normal en el ser humano, se tiende a pensar que lo que se sabe en el momento es suficiente, se debe vencer el ego y los temores a ser subestimado o juzgado, el celo profesional juega un papel importante en este reto a vencer.

e. Falta de Tiempo: Proyectos mal estimados causan que el equipo trabaje a marcha forzada, muchas veces se diseña para rediseñar después ya que los tiempos proporcionados por el cliente son cortos, entonces el ingeniero no tiene tiempo de añadir nada más, esto puede generar un valor pobre.

f. Actitudes Negativas: Esto juega un papel muy importante en el éxito de la aplicación de la metodología, toda negatividad debe ser erradicada, se debe recordar que lo que es imposible hoy, será posible mañana.

g. Avance Tecnológico: Día a día hay nuevos materiales y procesos para los desarrollos nuevos, por lo que, si se está usando tecnología pasada, seguramente existe un valor pobre en el producto.

h. Nula Flexibilidad: El ambiente es dinámico por lo que necesita cambios, lo que se necesitaba ayer ya no es requerido hoy en día, lo que era lujo hoy puede ser una necesidad, por lo que una adherencia estricta a diseños pasados puede generar productos con un valor pobre.

i. Relaciones Humanas Pobres: Este es el principal motivo de obtener un producto con un valor pobre, esta metodología exige una interrelación sana entre todos los miembros del equipo, por lo que cualquier problema entre ellos puede impedir llegar a las mejores soluciones. En la figura 3.17 se muestra la relación típica entre las áreas funcionales dentro de una organización, para el diseño de un producto, Andryasiak (2009) sugiere contar con un representante de cada área funcional en el taller para la correcta aplicación de la metodología VAVE. De preferencia se sugiere trabajar por grupos multifuncionales, en cada equipo debe haber representantes de cada área para facilitar la dinámica del taller y asegurar que los expertos de cada tema se encuentren distribuidos en cada equipo de trabajo.

De no contar con suficientes participantes, aquellos de áreas de servicio deberán interactuar en todos los equipos del taller para dudas de los integrantes de éste.

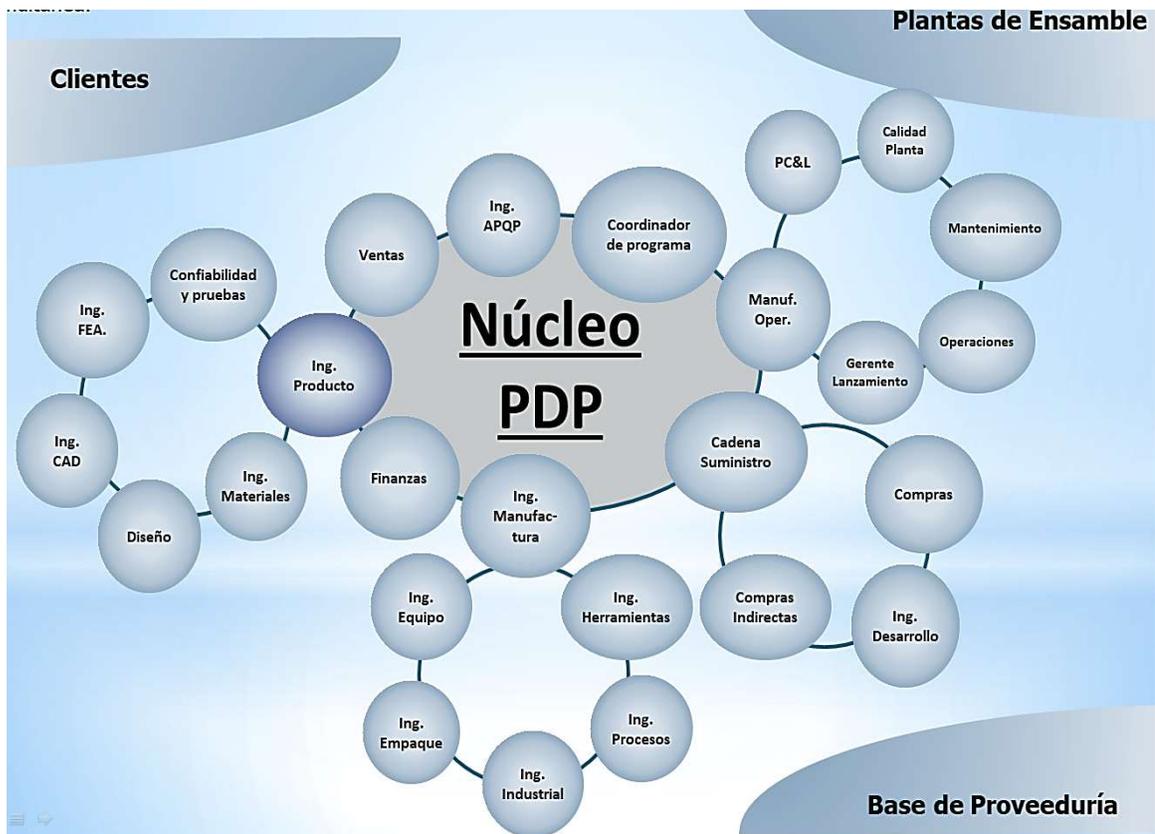


Figura 3.16 Áreas Requeridas por VAVE

4. MATERIALES Y MÉTODOS

En este capítulo se hace uso de la herramienta de análisis de valor / valor de ingeniería VA/VE, descrita en el capítulo anterior, el tipo de investigación se considera aplicada ya que parte de un problema real y se pretende utilizar sus resultados para tratar el problema existente.

4.1 Materiales

Los materiales utilizados para la presente investigación son los siguientes:

- a. Computadora Dell® *Precision 7510 windows 10*®
- b. *Microsoft office 365*®
- c. Sistema de Rendimiento de Costos de Materiales MCPS (*material cost performance system*, por sus siglas en inglés).
- d. Piezas físicas, ensambles y componentes
- e. Dibujos a nivel ensamble y componente
- f. Modelos matemáticos
- g. Cotizaciones firmes, así como estimaciones de costos
- h. BOMs (*bill of materials*, por sus siglas en inglés)
- i. Listado de costos y volúmenes históricos (2015 al 2019)
- j. Listado de costos y volúmenes actuales y esperados (2020-2021)
- k. *PLEXUS the manufacturing cloud system*
- l. Materiales diversos de oficina
- m. Formatos para registrar los resultados obtenidos
- n. Sitio Compartido de la Gestión de la Cadena de Suministro SCM *sharepoint (Supply Chain Management*, por sus siglas en inglés)
- o. Sitio compartido interno, para control y seguimiento de datos
- p. Metas de ahorro de costos

4.2 Métodos

Se desarrolló la metodología de análisis de valor creada por Lawrence D. conforme Andryasiak (2009) y Singh (2013) la exponen, la cual consta de las etapas mostradas en la figura 4.1.

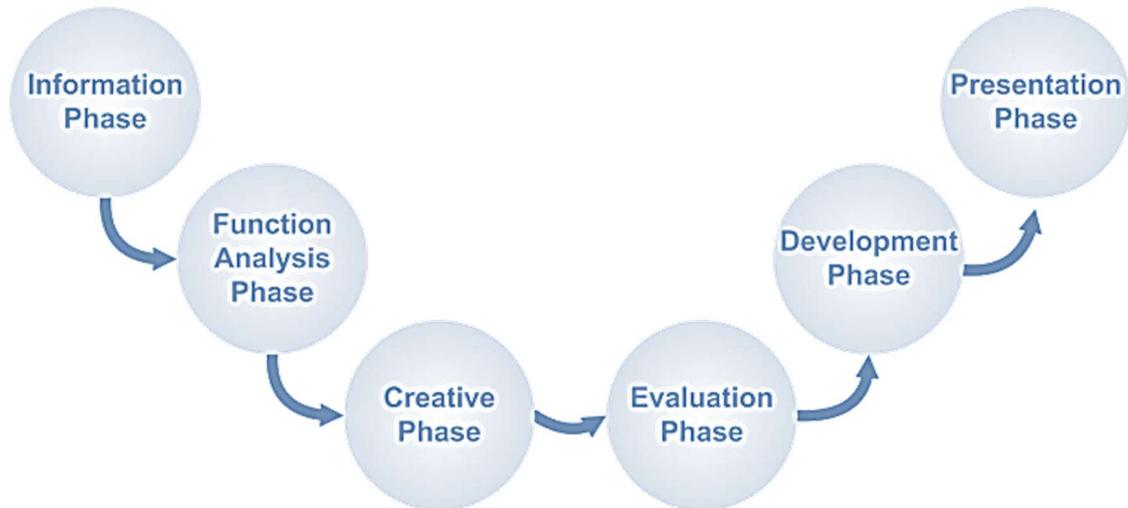


Figura 4.1 Metodología Propuesta Andryasiak (2009).

Se llevó a cabo la aplicación de la metodología en seis etapas principales las cuales se pueden resumir de la siguiente manera:

4.2.1 Fase de Información

Se establecen los tres programas para ser analizados en el taller, el programa A, es una cerradura lateral que está en fase de lanzamiento, el programa B corresponde a una cerradura lateral cuyo diseño fue vendido al cliente, finalmente el programa C, es una cerradura posterior o de cajuela la cual tiene en producción cerca de doce años, estos productos son evaluados en el año modelo 2020-2021, con un volumen total pronosticado de 2.4M, 1.3M y 1.6M respectivamente, la meta en ahorro de costos para el ciclo se establece en \$668,333k dólares americanos, para la planta de México.

Para el taller se definen los grupos multidisciplinarios formados por participantes de diversos departamentos, como lo son ingeniería de producto, manufactura, empaque, validación, materiales, compras, especialistas por funciones, manejadores del programa, industriales, coordinadores de ahorro de costos entre otros, esto con la finalidad de obtener la mayor generación de ideas así como variedad en las mismas, evitando en todo momento descartarlas por prejuicios o el sesgo cognitivo de un grupo reducido de participantes.

4.2.2 Análisis de Función

Se reunió el equipo multidisciplinario antes mencionado y se realizó el diagrama FAST, después de la presentación técnica de los diferentes productos a cargo de ingeniería de producto, dónde se encontraron las rutas críticas y menores para las funciones, funciones dependientes y de soporte, en base a estas funciones elementales de la cerradura y los costos tanto actuales como históricos, se obtienen las funciones cuyos costos son los principales contribuidores al costo final del producto, se clasificaron los componentes que las integran y que a su vez son controladores de costos, los cuales se puede decir que fueron consistentes en los tres productos, integrando cerca de un 81% del costo total de manufactura del ensamble.

En la tabla 4.2 se muestra el listado de estos, así como su porcentaje de contribución para cada uno de los productos. En todos ellos, estos componentes forman parte de las funciones principales de la cerradura por lo que no se puede prescindir de ellos, pero al ser identificados como los *cost drivers*, se decide como lo marca la metodología comenzar con ellos para la creación y evaluación de potenciales ideas de ahorros.

Con este diagrama se mantuvieron presentes las funciones que no deben demeritarse o reducirse en cuanto a calidad, pero si analizar en su costo, lo que facilitó al equipo para trabajar en la siguiente fase de la metodología aplicada.

Tabla 4.1 – Cost Drivers por Producto

PRODUCTO A		PRODUCTO B		PRODUCTO C	
<i>Actuator Housing</i>	19%	<i>Motor Lock</i>	12%	<i>Frame</i>	37%
<i>Motor Assembly</i>	11%	<i>Micro Switch</i>	11%	<i>Forkbolt</i>	13%
<i>Frame - Base Latch</i>	10%	<i>ECC S/A</i>	8%	<i>Backplate</i>	11%
<i>Forkbolt</i>	7%	<i>Frame</i>	7%	<i>Switch</i>	10%
<i>Actuator Cover</i>	7%	<i>Forkbolt</i>	7%	<i>Cable</i>	9%
<i>Housing Latch</i>	7%	<i>Housing</i>	7%		
<i>Micro Switch</i>	4%	<i>Cover</i>	5%		
<i>Cable Asm</i>	4%	<i>Inside Release lever</i>	5%		
<i>Detent</i>	2%	<i>Actuator Housing</i>	5%		
<i>Backplate - Base</i>	2%	<i>Cable Asm</i>	4%		
<i>Unlatching lever</i>	2%	<i>Backplate</i>	3%		
<i>Connector</i>	2%	<i>Outside handle lever</i>	3%		
<i>Screw (Machined)</i>	1%	<i>Detent</i>	2%		
<i>Inside release lever</i>	1%	<i>Grease</i>	1%		
<i>Gear - Spur</i>	1%	<i>Cam</i>	1%		
% of Contributions	80.63%		81.67%		80.82%

4.2.3 Fase Creativa

En esta etapa el equipo multidisciplinario trabajó en la creación de ideas de ahorro, en este punto el equipo ya no estuvo enfocado en el producto sino en sus funciones como lo delimita la metodología, así mismo el facilitador enfatizo en todo momento no ser analítico en esta fase, pues el enfoque es totalmente creativo, durante la lluvia de ideas, los ingenieros tuvieron a su alcance a los expertos en diversos temas, como maquinaria, equipo, proceso, materiales entre otros, quienes dieron soporte facilitando la creación de iniciativas de reducción de costos, se trabajó en periodos de tres horas para cada producto,

completando un total de seis horas de lluvia de ideas para cada uno de ellos, en total esta fase condujo a un total de 571 iniciativas para el programa A, 211 iniciativas para el producto B y 59 para el producto C.

Se observó una participación dinámica por parte de los participantes, para la lluvia de ideas se dividió a los mismos en 3 equipos multidisciplinarios para dar cabida a las discusiones sobre los potenciales cambios, pero cada uno de los equipos trabajó al mismo tiempo en cada programa, esto para fomentar el enfoque de todo el grupo en cada uno de los productos.

Se instruyó a los participantes, sobre todo a los de mayor jerarquía o antigüedad a fomentar la participación de los integrantes más jóvenes del equipo, para asegurar que las ideas vinieran de la innovación y creatividad en lugar del compromiso, se trabajó con respeto y en un ambiente relajado, lo que se considera que es la causa principal de la gran cantidad de iniciativas para cada producto, se esperaba un menor número de ideas para el producto C, dada la antigüedad de este en el mercado, pero gracias a la inclusión del nuevo talento y la experiencia de los especialistas se logró el objetivo de esta fase.

4.2.4 Fase de Evaluación

La evaluación es el primer filtro para las ideas generadas en la fase creativa, el propósito establecido fue producir una lista en consenso con las mejores ideas, después de revisar la lista y descartar las iniciativas repetidas, se utilizó la matriz de impacto sugerida por Andryasiak (2009), en la que las ideas se evaluaron en función de dos criterios principales, la facilidad para implementar y el impacto en el costo. Con esta matriz mostrada en la figura 3.15 se tienen cuatro posibles escenarios:

- a. Fácil implementación / Alto impacto en ahorro
- b. Difícil implementación / Alto impacto en ahorro
- c. Fácil implementación / Bajo impacto en ahorro
- d. Difícil implementación / Bajo impacto en ahorro

El parámetro para determinar la fácil – difícil implementación se estableció en ocho meses, todo aquel cambio que se pudiera implementar dentro de este periodo se clasificó como fácil, todo aquel cambio que se estimara más allá de este periodo se clasificó como difícil.

El parámetro para determinar el impacto alto-bajo en ahorro se estableció por el equipo multidisciplinario como \$0.03 dólares americanos, todo aquel cambio estimado por arriba de este ahorro por pieza se clasificó como alto impacto, así mismo, todo aquel cambio estimado por debajo de este ahorro se categorizó como bajo impacto en ahorro.

Estos parámetros se establecieron en función de la experiencia del equipo multidisciplinario, el cliente, el tiempo que lleva usualmente la implementación de cambios, dada la validación requerida, el tipo de análisis y el tiempo de respuesta debida a la capacidad actual de recursos.

De esta evaluación, el equipo llegó a un consenso de continuar la siguiente fase para las siguientes iniciativas:

- a. Fácil implementación / Alto impacto en ahorro – Primera Opción
- b. Difícil implementación / Alto impacto en ahorro – Tercera Opción
- c. Fácil implementación / Bajo impacto en ahorro – Segunda Opción

Bajo estos criterios se seleccionaron en este filtro 45 iniciativas para el producto A, 36 iniciativas para el producto B y 17 iniciativas para el producto C, a las cuales se les dará prioridad en la fase de desarrollo debido a su factibilidad de implementación y el impacto que pudieran representar ya que los ahorros estimados que se obtienen de esta fase ascienden a \$1.3M de dólares americanos, estos ahorros estimados son en base a la experiencia de los participantes, lo que ya sugiere que la aplicación de la metodología tiene un impacto positivo en los ahorros. Pues incluso dos de las propuestas son una mejora al diseño actual, lo que incrementará el valor de la función para el cliente en cuestión.

Estas potenciales ideas están sujetas a la aprobación de gerencia y cliente (si aplica) para su implementación y comprobación de los ahorros, en la tabla 4.3 se muestra el ahorro estimado por pieza en función del volumen del producto y del impacto estimado por ingeniería para las iniciativas propuestas.

Tabla 4.2 – Ahorro Estimado por Producto

PRODUCTO	Cantidad Ideas Evaluadas	Ahorro Estimado por Cerradura (USD)	% Ahorro Estimado por Cerradura
PRODUCTO A	45	\$0.17	4%
PRODUCTO B	36	\$0.30	5%
PRODUCTO C	17	\$0.35	6%

4.2.5 Fase de Desarrollo

En la fase de desarrollo se pidieron cotizaciones formales para las iniciativas seleccionadas con mayor factibilidad técnica para verificar los ahorros estimados y corregir números en base a las cotizaciones de los proveedores de producción o los seleccionados en aquellas donde implica un cambio de proveedor.

Se pidieron análisis de resistencia de materiales, esfuerzos y envejecimiento proyectado por el uso, así mismo; se procedió a pedir partes prototipo o de intento de producción en los casos que así era posible, para la construcción de partes y la validación del diseño propuesto. Con esto se formalizaron las iniciativas en propuestas de ahorro de costos, así mismo se definió cuáles eran factibles técnicamente y cuáles no, este es el segundo filtro de las ideas generadas en la lluvia de ideas.

En esta etapa se verifican las iniciativas contra los requerimientos del cliente y el análisis financiero, ahorros firmes contra el volumen del producto, es importante verificar también el tiempo de recuperación del capital invertido para

todos aquellos cambios propuestos que requieran por ejemplo inversión en herramental, equipo de ensamble o escantillones.

El Equipo del Desarrollo del Producto PDT (*Product Development Team*, por sus siglas en inglés), fue el encargado de preparar el plan de trabajo para cada propuesta evaluada, tiempo de implementación, actividades clave, ventajas y desventajas, así como los problemas potenciales que pudieran requerir soporte de la gerencia, se hicieron bocetos de los principales cambios, que generan un impacto positivo en ahorros.

En la tabla 4.4 se muestran los ahorros cotizados de manera formal con los proveedores a través del equipo y el proceso oficial de compras, estos incluyen impacto en el material, así como la ganancia generada en aquellos cambios donde se ofrece una mejora a las funciones del producto.

Tabla 4.3 – Ahorro Cotizado por Producto

PRODUCTO	Cantidad Ideas Evaluadas	Ahorro Cotizado por Cerradura (USD)	% Ahorro Cotizado por Cerradura
PRODUCTO A	45	\$0.54	12%
PRODUCTO B	36	\$0.87	15%
PRODUCTO C	17	\$1.13	19%

Se observó una mejora sustancial en los ahorros de lo estimado por el equipo en la fase de evaluación contra lo que realmente cotizó el equipo de compras, estos porcentajes son aproximados a los reportados por los creadores de la metodología los cuales rondan entre un 6% hasta un 25% del costo final de un producto. Estos ahorros cotizados representan un total de \$4.2M de dólares, de ahorro anual, de ser implementados paralelamente, de lo contrario estos ahorros se amortizan con el tiempo, no se incluyen los costos de inversión de capital, ya que esa inversión se puede negociar con el cliente, ya sea que la absorba el mismo cliente o se amortice en el costo de la pieza.

4.2.6 Fase de Presentación

En la fase de presentación se muestran los resultados del taller a gerencia, se mostró el desarrollo y resumen de las propuestas de ahorro de costos, así como un plan para las que lucen más fructíferas, esto; con el propósito de obtener la aprobación para su posterior implementación.

Se exhibió un plan de acción para las propuestas, que incluye los clientes y proveedores afectados, análisis requeridos, validaciones, inversión proyectada, factibilidad del proyecto, obstáculos potenciales entre otros, esta presentación se consideró el cierre del taller, para dar paso a las actividades de implementación y seguimiento de este, como resumen, las propuestas se presentaron en vivo a la gerencia, con todo el grupo de participantes presente, se presentaron, los tiempos de implementación, el análisis financiero y el caso de negocio de cada iniciativa. En la tabla 4.5 se muestra un resumen de las propuestas que llegaron finalmente a la presentación a gerencia con sus ahorros cotizados.

En esta etapa, gerencia pidió al equipo que agregaran el estimado en tiempo para la recuperación de la inversión de los ahorros presentados, esto para definir a cuáles propuestas se les dará aprobación para su implementación inmediata y cuales van a requerir un análisis detallado de su estado financiero, tanto gerencia como el equipo multidisciplinario se mostraron motivados e interesados en darle continuidad a la metodología desarrollada en el taller.

La alta gerencia solicitó revisiones en las reuniones del PDT donde se dará seguimiento al progreso y problemas potenciales que pudieran requerir soporte de la gerencia. Se autorizó a la continuidad de los cambios propuestos previa revisión de la disponibilidad de los recursos necesarios.

Tabla 4.4 – Propuestas Presentadas por Producto

PRODUCT A	
<i>Material change for plastic parts</i>	\$349,981
<i>Material change for stamped parts</i>	\$310,914
<i>Switching Part Supplier from Expendable to Returnable Packaging</i>	\$263,321
<i>Forkbolt and Detent overmold resin change</i>	\$159,679
<i>Grease points weight optimization</i>	\$48,000
<i>PP material supplier change</i>	\$168,105
Total Saving Identified for Product A	\$1,300,000
PRODUCT B	
<i>Housing Actuator Resin change</i>	\$541,000
<i>Foam seal band from curved to straight</i>	\$94,268
<i>Remove dunnage from cover packaging</i>	\$92,000
<i>Latch housing supplier change</i>	\$64,314
<i>Forkbolt and Detent overmold resin change</i>	\$58,578
<i>Change actual lube specification</i>	\$94,268
<i>Resource Spring to a local supplier</i>	\$45,629
<i>Replace Zn+Ni finish by Zn Plate for stamping components</i>	\$54,232
<i>Change cover resin and supplier</i>	\$92,821
Total Saving Identified for Product B	\$1,137,110
PRODUCT C	
<i>Frame finish change from ZnNi to E-Coat</i>	\$180,000
<i>Cable improvements</i>	\$1,600,000
<i>Spring Redesign - Low output</i>	\$23,000
Total Saving Identified for Product C	\$1,803,000

De las iniciativas identificadas y presentadas se seleccionaron algunas que por complejidad o las condiciones actuales del mercado, se deberán implementar hasta el siguiente ciclo, la tabla 4.6 muestra las iniciativas con las cuales se decidió trabajar de inmediato en el FY20 por producto, se continuará trabajando con el resto de ellas, pero con prioridad secundaria para el siguiente año.

Tabla 4.5 – Propuestas a Implementar en el Ciclo

PRODUCT A	
<i>Forkbolt and Detent overmold resin change</i>	\$159,679
<i>Grease points weight optimization</i>	\$48,000
Total Saving Identified for Product A	\$207,679
PRODUCT B	
<i>Latch housing supplier change</i>	\$64,314
<i>Forkbolt and Detent overmold resin change</i>	\$58,578
<i>Replace Zn+Ni finish by Zn Plate for stamping components</i>	\$54,232
<i>Change cover resin and supplier</i>	\$92,821
Total Saving Identified for Product B	\$269,945
PRODUCT C	
<i>Frame finish change from ZnNi to E-Coat</i>	\$180,000
<i>Cable improvements</i>	\$1,600,000
Total Saving Identified for Product C	\$1,780,000

Con los proyectos identificados para implementarse en el FY20, se cumple la meta establecida, en la tabla 4.7 se muestra el porcentaje de contribución que se requiere de cada programa para cumplir los ahorros anuales, de donde se desprende que se excede la meta fijada por los tres productos evaluados con la metodología VA/VE por un valor cercano a \$1.5M, debido a que uno de los cambios no solo fue un ahorro de costos sino que incluyó mejoras al diseño que produjeron una ganancia derivada de la mejora de las funciones en el producto.

Tabla 4.6 – Porcentaje de Contribución de los Productos para la Meta

Producto	% De Contribución	Meta FY20 / Producto	Delta Ahorro - Meta
PRODUCTO A	14%	\$90,735	\$116,944
PRODUCTO B	36%	\$237,489	\$32,456
PRODUCTO C	27%	\$183,491	\$1,596,509
Otras Cerraduras	23%	\$156,618	(\$156,618)
Total	100%	\$668,333	\$1,589,291

4.2.7 Fase de Implementación y Seguimiento

Como fases posteriores al taller se asignó al coordinador global de ahorro de costos para que diera seguimiento al progreso en las propuestas de ahorro con cada PDT, este equipo es quien dará continuidad al desarrollo de los cambios y las aprobaciones pertinentes tanto por parte de alta gerencia como por el cliente. Como seguimiento se pidió al coordinador de ahorros reportar el avance en las juntas ejecutivas mensuales, así como mostrar los potenciales obstáculos y elevarlos para su solución inmediata. Se compiló y almacenó la información del taller, así como los materiales presentados para su revisión futura en caso de ser necesario, se activó el uso de un *sharepoint* interno para que los equipos funcionales lleven el seguimiento de sus iniciativas ahí, dónde el coordinador de ahorros tomará la información para ser actualizada en el sistema global MCPS.

5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En el presente capítulo se muestran y analizan los resultados obtenidos en cuanto a la reducción de costos durante el periodo, estos fueron alcanzados mediante la aplicación de la metodología VA/VE. Se parte de una meta de ahorros que representa el 2.5% del material controlable o directo, el cuál se deriva de un pronóstico de costos y volúmenes que se prepara de manera actual y se actualiza de manera mensual, este pronóstico contiene datos reales conforme pasan los meses y el pronóstico de los meses restantes, para la planta localizada en México, esta meta fue de \$668,333 para el año fiscal 2020.

Durante la ejecución de la metodología, ésta permitió que el equipo multidisciplinario definiera las funciones indispensables para el producto, así como las secundarias y los costos de ambas, con ello; se priorizaron aquellos componentes que estuvieran contribuyendo en mayor proporción al costo del producto, los cuales se muestran en la tabla 4.2 y son causantes de aproximadamente el 80% del costo de cada cerradura. Se encontró que estos componentes son consistentes en los tres tipos de cerraduras analizadas.

De la clasificación que la metodología propone para establecer la prioridad en la implementación de los proyectos, se priorizaron el 30% de las iniciativas para el producto A, el 44% para el producto B y el 67% para el producto C dejando el desarrollo de las restantes para el siguiente ciclo. Esto representa en los ahorros propuestos, una reducción de costos de un 16%, 24% y 99% respectivamente del total las iniciativas creadas en el taller para cada producto. En las tablas 4.5 y 4.6 se muestran los ahorros cotizados para las iniciativas propuestas y las que se establecieron como prioritarias para ser implementadas durante el ciclo debido a sus tiempos de desarrollo y validación.

En la tabla 5.1 se muestra el porcentaje de mejora en el costo anual del producto con respecto a la meta establecida para los proyectos seleccionados a ser implementados en el año fiscal 2020.

Tabla 5.1 – Porcentaje de Ahorros Identificados con Respecto a la Meta

Producto	% De Contribución	Meta FY20 / Producto	Delta Ahorro - Meta	% Ahorro vs Meta
PRODUCTO A	14%	\$90,735	\$116,944	129%
PRODUCTO B	36%	\$237,489	\$32,456	14%
PRODUCTO C	27%	\$183,491	\$1,596,509	870%
Otras Cerraduras	23%	\$156,618	N/A	N/A
Total	100%	\$668,333	\$1,589,291	238%

Para el producto A, que se encuentra en fase de lanzamiento, se identificaron ahorros superiores a la meta anual establecida para esta cerradura, se tiene un porcentaje de mejora de 129%, afectando los componentes de mayor contribución en el costo sin sacrificar función o calidad, el equipo reporta que por la fase en que se encuentra el producto se tuvo un ahorro en inversión de herramental y equipo pues se diseñó en función de los cambios propuestos si necesidad de modificarlo después de su lanzamiento.

Para el producto B, donde el diseño es propiedad del cliente se identificó una mejora del 14% sobre la meta establecida, aunque este ahorro está sujeto a la aprobación del cliente, presentó un beneficio también por los términos acordados por contrato para la reducción de costos a tres años.

Para el producto C, que es una cerradura cuyo tiempo en producción excede los 10 años, tal como lo menciona la metodología, se mejoró el costo del producto no solamente a través de una reducción directa en el costo, se identificó una mejora a las funciones del producto, la cual fue de alto impacto y beneficio para el cliente y proveedor, incrementando considerablemente la ganancia en esta cerradura, el cambio representó un incremento en el costo de materiales de \$540,000 dólares al año pero proporcionó un beneficio anual de \$1,596,509.

En los tres productos se observa una mejora del costo con respecto al desempeño en años anteriores ya que no solo se alcanzó la meta de ahorro, sino que fue excedida, sin importar la etapa en que se encuentra cada programa, logrando un ahorro total de \$1,589,291 dólares durante el periodo de implementación de la metodología VAVE.

Con la aplicación de la metodología se fomentó la innovación, creatividad y el trabajo en equipo. Se obtuvo conocimiento detallado de las funciones prioritarias de estas cerraduras y su contribución en el costo, se mejoró el costo y la calidad de los productos evaluados.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se abordan las conclusiones y algunas recomendaciones para la empresa productora de cerraduras automotrices donde se aplicó la metodología de reducción de costos VA/VE.

6.1 Conclusiones

A través de la aplicación de la metodología VA/VE es posible identificar mejoras al producto en cuanto a su función, calidad y costo, lo que representa un beneficio no solo para el proveedor de las cerraduras sino también para el cliente final.

Se eligió la metodología VA/VE principalmente por su enfoque ya que a diferencia de otras metodologías está orientada tanto a la mejora del diseño como a la reducción de costos, mientras que otras se centran solo en mejoras para el diseño y proceso productivo, además de representar beneficios en cualquier etapa del proceso productivo y del tiempo de vida del proyecto.

Mediante esta metodología se identificaron áreas de oportunidad para la reducción de costos manteniendo o incluso incrementando la calidad o funciones del producto, siendo estos significativos, pues cumplieron y superaron las metas establecidas por la compañía para los ahorros anuales. Los tres productos analizados se beneficiaron de una reducción de costos de acuerdo con lo esperado por la metodología, lo que representa entre un 5% y un 23% del costo de manufactura del producto.

Se concluyó que la metodología de valor puede ser utilizada como una herramienta estratégica en la reducción de costos, ya que centra sus esfuerzos en mejorar los costos sin deterioro de las funciones o calidad en el producto. Dado que esta metodología es versátil y puede ser aplicada en cualquier fase del ciclo productivo de las cerraduras desde su concepción en el diseño hasta que se encuentran como partes de reemplazo, no hay una razón para no

incluirlo de manera permanente en los proyectos y obtener así un beneficio de esta a largo plazo. Se puede tener un mayor beneficio al aplicarse en las fases iniciales del diseño ya que minimiza el riesgo y se pueden implantar cambios sin costos de cambios en herramental.

La aplicación de la metodología permitió una reducción del costo total de los productos evaluados, así como el incremento de su calidad y por ende la satisfacción del cliente, lo que se alinea con los objetivos de la organización, favorece la eficiencia y competitividad lo que la constituye como un eficaz instrumento en la toma de decisiones.

La hipótesis planteada en el capítulo 2 fue:

Mediante la aplicación de metodologías como herramienta para la reducción de costos, se obtendrán mejoras significativas, facilitando el desarrollo de estrategias competitivas en la toma de decisiones.

De acuerdo con lo desarrollado en los capítulos 4 y 5, se puede concluir que se acepta la hipótesis inicialmente propuesta en esta investigación, ya que mediante la aplicación de la metodología se obtuvieron resultados positivos, lo que facilitó la toma de decisiones.

6.2 Recomendaciones

Con base a los resultados obtenidos, se recomienda extender la aplicación de la metodología tanto a las cerraduras automotrices en otras regiones de la compañía como a las otras líneas de producto que son parte de la organización, la metodología debe llevarse a cabo de manera continua para obtener resultados constantes a largo plazo, no se sugiere utilizarla únicamente como método emergente de reducción de costos sino como un proceso más en la organización, que debe ser llevado en paralelo desde el desarrollo del concepto del producto, hasta su salida del proceso productivo. Asimismo, se

recomienda la aplicación de la metodología VA/VE en otras empresas como alternativa en los proyectos de reducción de costos que cada día son más demandantes para la permanencia en los mercados.

Se recomienda asignar un equipo responsable que planee, ejecute y facilite al equipo multidisciplinario las técnicas para el seguimiento adecuado de la metodología así mismo, que lleve un seguimiento de los resultados.

BIBLIOGRAFÍA

- Abate, K. (2016). *Value analysis and Engineering Reengineered*. Taylor & Francis Group. Boca Raton, FL, USA.
- Andryasiak, G. (2009). *Value analysis value engineering module I manual*. Cost innovations LLC. MI, USA.
- Balderrama, C., García, J., Maldonado, A., y Pedrozo, E. (2019). *Diseño Axiomático, Libro de Fundamentos y Aplicaciones*. Universidad de la Rioja, La Rioja, España.
- Barbosa, H., Cortes, C., Espinoza y H., Vallejo B.. (2002). *Aplicación de la Metodología de Diseño Axiomático en el Desarrollo de Productos de Liberación Modificada*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Botero, M. (2013). Ingeniería de Valor. Virtual Pro, Procesos Industriales. Colombia. No 142. 3.
- Castelló, E. (1994). Los costes del ciclo de vida del producto, marco conceptual en la nueva contabilidad de gestión. Revista Española de Financiación y Contabilidad. Madrid, España. Vol. XXIV, N.81.929-955.
- Clark, K., Chew, W., Fujimoto, T., Meyer, J., y Scherer, F. (1987). Product Development in the World Auto Industry. Brookings Papers on Economic Activity, vol. 1987, no. 3, 1987, pp. 729–781.
- Cooper, R. (1986). *Winning at New Products: Creating Value Through Innovation*. Addison-Wesley Publishing Company, Inc. Massachusetts, USA.
- Falicoff, S. y R. Argento. (1997). *Estrategias de Reducción de Costos*. V Congreso Internacional de Costos: Costos, productividad y rentabilidad. México.
- Fresco, J. (2000). *Efectividad Gerencial*. Prentice Hall. Buenos Aires, Argentina
- info@lexitec.net "Lexitec". (Blog empresarial). Obtenido en: Octubre 2020. Recuperado de: <http://lexitec.net/recortar-gastos-o-reducir-costos> 9 de Mayo del 2017

- Jaramillo, J. Tipos de Costos. Obtenido en: Octubre 2020. Recuperado de: www.elprisma.com/apuntes/economia/tiposdecostos/default2.asp
Mayo 2007
- Lefcovich, M. "El diseño del producto y su efecto en los costes". Obtenido en: Octubre 2020. Recuperado de: <https://www.gestiopolis.com/disenode-productos-efecto-en-los-costes>
18 Abril 2006
- Macredie, P., Anketell, P., Lehaney, E. y Warwick, E. (1998). *Modelling for Added Value*. Springer-Verlag London. Uxbridge, UK
- Mandelbaum, J., Hermes, A., Parker, D. y Williams, Heather. (2012). *Value engineering synergies with lean six Sigma*. CRC Press. Boca Ratón, FL.
- Mena, K. Glosario de Comunicación. Obtenido en: Octubre 2020. Recuperado de: www.monografias.com/trabajos16/diccionario-comunicacion/diccionario-comunicacion.shtml#BIBLIO
Marzo 1997
- Mukhopadhyaya, A.K. (2009). *Value engineering mastermind*. Vivek Mehra for SAGE publications. New Delhi, India.
- Patil, A. (2010). *Cost Reduction of a Product through Value Analysis and Value Engineering*. Quality Engineering and Software Technologies. Mahadevpura, Bangalore, India.
- Pries, K.H y Quingley, J.M. (2013). *Reducing process costs with lean, six sigma, and value engineering techniques*. Taylor & Francis Group. Boca Raton, FL, USA.
- Ramírez, D. (1997). *Contabilidad Administrativa*. McGraw Hill. México.
- Revels, R. (2019). *Cómo entender los costos elementales sin ser contador*. Instituto Mexicano de Contadores Públicos, A.C.
- Salazar, B. "Ingeniería Industrial". Obtenido en: Noviembre 2020. Recuperado de: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/procesos-industriales>
11 Septiembre 2019
- Sánchez, E. (2009). *Teoría General del Costo. Guía de clases-Costos para la gestión*. España

- Shank, J. y Govindarajan, V. (1998). *Gerencia Estratégica de Costos*. La nueva herramienta para desarrollar ventajas competitivas. Editorial Norma. Colombia.
- Singh, A. (2018). "Value Engineering Methodology". Obtenido en: Noviembre 2020. Recuperado de: <http://www.infocobuild.com/education/audio-video-courses/mechanical-engineering/ProductDesignManufacturing-IIT-Kanpur/>
- Singh, I. (2013). Ingeniería de Valor. Virtual Pro, Procesos Industriales. Colombia. No 142. 7.
- _____, (2018). "Product Design and Development". Obtenido en: Noviembre 2020. Recuperado de: <http://www.infocobuild.com/education/audio-video-courses/mechanical-engineering/ProductDesignDevelopment-IIT-Roorkee/>.
- Sosa, L. (2010). Métodos y Técnicas de Diseño. Universidad Autónoma de Nuevo León. Nuevo León, México.
- SUH, N. (2001), *Axiomatic Design. Advances and Applications*, Editorial Oxford. University Press. New York
- Tanel, T. (2009). *Cost reduction strategies: Focus and Techniques*. CATTAN Services Group, Inc.
- Torres, A. (1995). Contabilidad de Costos. Análisis para la Toma de Decisiones, McGraw-Hill Interamericana de México, Primera edición, México
- Valle, R. "Visión Industrial". Obtenido en: Diciembre 2020. Recuperado de: <https://visionindustrial.com.mx/industria/operacion-industrial>
5 Septiembre 2017
- Yunker, D.L. (2003). *Value engineering analysis and methodology*. Marcek Dekker, Inc. Winter springs, FI, USA.