



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

“ESTUDIO COMPARATIVO DE SISTEMAS DE ESCAPE DE
CAMIONES DE CARGA”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

LICENCIATURA EN INGENIERÍA
(MECÁNICA Y MECATRÓNICA)

P R E S E N T A:

ANA KAREN ZACARIAS BORJA
ALAN HERNANDEZ LOPEZ

DIRECTOR DE TESIS: DR. VICENTE BORJA RAMIREZ

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México, y la Facultad de, por darme la oportunidad de cursar los estudios de Licenciatura.

Al Dr. VICENTE BORJA RAMIREZ por darnos la oportunidad de participar en un proyecto tan interesante, y por su apoyo para concluir con éxito este trabajo de investigación.

A todos los involucrados en el proyecto de parte de la UNAM tanto profesores como compañeros sin su aportación el proyecto no hubiese llegado a un resultado satisfactorio.

A Ricardo Lozada y a todo el equipo de Engine Systems por darnos la oportunidad de participar activamente a su lado ayudarnos en el proyecto y por introducirnos en el área laboral.

Dedicatorias

ANA

A mi madre, mis logros son tus logros yo conseguí terminar mi licenciatura gracias a ti espero llegara a ser una mujer como tú en mi futuro ya que tengo un gran ejemplo tu eres ingeniera, medico, cocinera, arquitecta, abogada y todas las profesiones del mundo ya que no existe nada que no puedas hacer pero sobre todo eres una gran madre la mejor.

A mi hermana eres la parte mas feliz de mi vida, aunque tu eres una persona muy especial enseñas mas de lo que sabes, tu ayuda y ejemplo es un pilara en mi vida.

A mi familia aunque yo no creo que me parezca mucho a mi familia es lo que hay, espero ser un ejemplo para todos mis sobrinos.

A oscar, desde antes que decidiéramos neutras profesiones tu creíste en mi, cuando llego el momento y supimos lo que haríamos de nuestras vida tu siempre creíste que yo lo lograría y estuviste a mi lado desde el inicio hasta el final aunque en el final no físicamente si en mi, nunca voy a olvidar los días que pasamos juntos y gracias a hecho hoy estoy en este punto de mi vida, tu nunca olvides que en cada paso de mi vida estarás ay en mi corazón gracias.

A todas las personas que tuve el gusto de conocer en la facultad y sobre todo que se volvieron amigos míos, desde el primer semestre todo el grupo se quedo en mi corazón, y con el tiempo conocí aun mas amigos que se quedaran en mi vida, tuve muchas etapas de amistad pero todos están en mi y espero quedarme yo en su vida.

A mis amigos Marisela aprender a integrar y tus regaños en electrónica, Kari comer dulces juntas y reír , Karina las clases de termo y el café con mantecadas , Andi verte manejar, Rocio la vida desde el cch a tu lado, Carlangas platicar de mi altura, Kevin correr con ustedes, Walter nuestro ultimo proyecto, mi compadre Cory mis lentes rojos a lado de Zage, con ustedes compartí mas que clases les dejo una parte de mi vida y espero que ustedes me regalen a cambio una parte de la suya, se muy bien que ya no podremos tirarnos a los pastos a esperar clases pero espero tengamos tiempo de continuar con esta amistad.

Contenido

Resumen.....	1
Introducción.....	2
Capítulo.....	1
Estudio general de los sistemas de escape	4
1.1 Descripción del método	4
1.2 Definición del sistema de estudio	20
Capítulo 2.....	2
2 Definición del problema	30
2.1 Objetivos y alcances	30
2.2 Proceso (actividades).....	30
Capítulo3.....	32
3 Aplicación del método QFD1. Identificación de requerimiento.....	32
3.1 Identificación de usuarios	32
3.2 Realización de entrevistas y trabajo de campo	37
3.3 Identificación de las necesidades del cliente	38
3.4 Requerimientos	38
3.5 Interpretación de los requerimientos	39
Capítulo 4	40
4 Aplicación del método QFD 1. Definición de especificaciones.....	40
4.1 Estudio de documentación	40
4.2 Jerarquización de especificaciones	41
4.3 Matriz de correlación y Matriz de relación	42

Capítulo 5	44
5 Estudio comparativo de sistemas de escape	44
5.1 Introducción de un estudio comparativo	44
5.2 Caso de estudio.....	44
5.3 Análisis comparativo.....	45
5.3.1 Definición del propósito del análisis	45
5.3.2 Identificación de usuarios del producto y competencia.....	45
5.3.3 Obtención de información y generación de requerimientos del producto.....	47
5.3.4 Definición de los criterios de comparación.....	45
5.4 Evaluación de los productos y generación de resultados.....	47
Capítulo 6	48
6 Conclusiones y trabajo futuro	48
Referencias Bibliográficas.....	50
Glosario	
Abreviaturas.....	
Apéndice A.....	

Lista de Figuras

Figura 1.1 Estructura completa del método QFD.....	5
Figura 1.2 Configuración de la Matriz QFD I o HOQ.....	6
Figura 1.3 Ubicación de los requerimientos procesados en la matriz HOQ.....	8
Figura 1.4 Configuración opcional de los datos de voz del cliente en la matriz.....	8
Figura 1.5 Ubicación de la columna que contiene los valores de importancia.....	9
Figura 1.6 Ubicación de la columna que contiene la evaluación competitiva.....	10
Figura 1.7 Porción de la matriz HOQ que muestra la columna de la evaluación competitiva (derecha).....	10
Figura 1.8 Establecimiento de los objetivos estratégicos, representados con una estrella.....	11
Figura 1.9 Esquema que muestra la zona de la matriz HOQ que contiene información del cliente (horizontal) y la que contiene información técnica (vertical).....	12
Figura 1.10 Ubicación de las especificaciones técnicas en la casa de la calidad.....	14
Figura 1.11 Ejemplo de llenado de la matriz de relaciones (centro).....	15
Figura 1.12 Ubicación de la evaluación técnica de la competencia y de los valores objetivos en la Casa de la calidad.....	16
Figura 1.13 Ejemplo de evaluación técnica de la competencia.....	17
Figura 1.14 Porción de la Casa de la calidad que muestra de manera conjunta la relación entre un requerimiento y una especificación	17
Figura 1.15 Ubicación de la matriz de correlaciones en la Casa de la calidad.....	18
Figura 1.16 Ejemplo de correlaciones para tres especificaciones.....	19
Figura 1.17 Ejemplo de múltiple de escape para un modelo Diésel estudiado.....	21
Figura 1.18 Convertidor catalítico de uno de los modelos tipo Gasolina estudiados.....	22
Figura 1.19 Ejemplo de tubo flexible encontrado en un modelo Diésel.	23
Figura 1.20 Unión de tubo y mofle.....	23
Figura 1.21 Comparativa de los distintos formatos de sujeción.....	24
Figura 1.22 Comparativa de distintos tipos de gomas presentes en sistemas de escape.....	25
Figura 1.23 Ejemplos de uniones encontradas en las unidades.....	26
Figura 1.24 Tubos de salida.....	27
Figura 1.25 Escudos de calor.	29
Figura 3.1 Flotilla de camiones de carga.....	33
Figura 3.3 Ejemplo de un carrozado especial para unidades de rescate.....	34

Figura 3.1 Imagen capturada en la parte interior trasera de una ambulancia que muestra el alargamiento de chasis como una de las modificaciones realizadas.....	35
Figura 4.1 Flujo de obtención de información para construir las especificaciones técnicas.....	40
Figura 4.2 Representación tabular de la matriz de relaciones.....	42
Figura 4.3 Representación tabular de la matriz de correlaciones.....	43

Lista de Tablas

Tabla 1.1 Ejemplo de traducción de información sin procesar de un vaso para bebidas calientes.....	7
Tabla 3.1 Lista de usuarios identificados a lo largo del Ciclo de vida del SE	32
Tabla 3.2 Lista de actividades realizadas para la obtención de información del cliente.....	37
Tabla 3.3 Porción de la tabla de requerimientos final que muestra la información sin procesar, el requerimiento interpretado y su respectiva evaluación.....	38
Tabla 3.4 Porción de la tabla de requerimientos interpretados a especificaciones técnicas.....	39
Tabla 4.1 Ejemplo Especificaciones con las que está relacionada la especificación 1 de acuerdo a su relación de mejora o empeora.....	41
Tabla 5.1 Ejemplo de la tabla comparativa Marca VS Competencia	45
Tabla 5.2 Lista de entrevistas a usuarios.....	46

Lista de Anexos

Anexo 1 Lista de Entrevistas	
Anexo 2 Reportes de visitas de campo	
Anexo 3 Modelos Estudiados	
Anexo 4 Tabla comparativa marca vs. Competencia.	
Anexo 5 Requerimientos por tipo.	
Anexo 6 Importancia relativa aprobatoria.	
Anexo 7 Estudio comparativo	
Anexo 8 Casa de la calidad	

Resumen

Este escrito contiene un estudio general de los sistemas de escape como parte de un proyecto desarrollado entre el departamento de diseño del posgrado de ingeniería y una empresa automotriz.

Se aborda el caso de estudio de sistemas de escape de camiones de carga con el fin de conocer los requerimientos de los mismos. Para esto, se consideraron los sistemas de escape como un producto en evolución, se identificaron los principales competidores de la unidad vehicular principal y se sometieron a un estudio utilizando la metodología de la casa de la calidad.

Los pasos de la casa de la calidad que fueron abordados fueron aquellos en los que no se presentaron los impedimentos de los recursos. En general, de acuerdo a la metodología de la casa de la calidad, se realizó la búsqueda de la información relativa a los sistemas de escape. Se analizó el ciclo de vida del producto y se identificaron los usuarios del mismo. Posteriormente se realizaron las actividades de la búsqueda de la información relativa a la documentación de las necesidades del cliente y se generó una lista de los requerimientos del producto. Posteriormente se generaron las especificaciones técnicas del producto utilizando información interna de la compañía con lo cual se detallaron los parámetros existentes que deben ser modificados para satisfacer los requerimientos antes mencionados. Una vez que se obtuvieron los requerimientos del producto y las especificaciones técnicas del mismo, se realizaron las tablas respectivas a la evaluación de las relaciones entre los mismos, mismas que servirán como criterio para proponer valores objetivos futuros. También, como caso de ejemplo, se realizó un análisis competitivo con la información recabada de los sistemas de la competencia del sistema de escape de la compañía y se realizó un estudio comparativo de los mismos.

Introducción

En el presente escrito se desarrollan cuatro de las actividades que comprenden el desarrollo de la Casa de la Calidad, una de las etapas de la metodología Despliegue de la Función de Calidad (QFD por las siglas en inglés de Quality Function Deployment). Como caso de estudio se utilizan los sistemas de escape de camiones de carga cuyas capacidades son iguales o similares a las tres y media toneladas. El proyecto referido a los sistemas de escape se originó por el interés de los académicos del Posgrado de la Facultad de Ingeniería y el personal del área de desarrollo del producto de una compañía automotriz. Originalmente, se planteó utilizar metodologías de diseño con el fin de aplicar los conocimientos de generación de nuevos conceptos con la característica específica de la modularidad. Para el proyecto se formaron dos grupos de trabajo que se dedicaron a abordar el tema en diversos enfoques. El primer equipo se enfocó en abordar una investigación basada en los tipos de uniones de tubo existentes y el segundo equipo realizó un estudio abordando a los sistemas de escape como producto. En éste escrito se aborda el análisis del sistema de escape como un producto y se utiliza el método de análisis de la Casa de la Calidad para generar los requerimientos del producto, esto es, los requerimientos del cliente en los sistemas de escape de camiones de carga.

El método conocido como la Casa de la Calidad, es un estudio formal al que recurren las empresas para realizar el diseño de productos. El método conocido como Despliegue de la Función de Calidad consiste en la realización de tres gráficos referidos a diversas etapas del desarrollo de productos y la Casa de la Calidad es el primero de ellos. El método de QFD se originó en Japón por los profesores Shigeru Mizuno y Yoji Akao en la década de los 60's, a la par que se generaban métodos de control de calidad en ese país. El objetivo de estos autores era desarrollar un método de calidad que buscara la satisfacción de los clientes antes de que los productos fueran manufacturados, debido a que usualmente los métodos anteriores mostraban problemas en el procedimiento que tenían que ser arreglados durante o después de la manufactura de productos. La primera aplicación a gran escala de la metodología QFD se dio en 1966 en la compañía Bridgestone Tire, en Japón. Después en 1972, se utilizó en la Mitsubishi Heavy Industry. Eventualmente, con la ayuda de otras ideas, QFD se convirtió en un sistema de diseño calidad de importancia para la industria debido a que se basa en la interacción con los usuarios y su opinión para formar los criterios de diseño.

Al considerar a los sistemas de escape como un producto en evolución, en éste escrito se desarrollan los primeros pasos de la Casa de la Calidad para este caso de estudio. Este documento se encuentra organizado de acuerdo a las diversas etapas de desarrollo de este método. Primeramente se aborda la metodología de la casa de la calidad detallando cada uno de sus pasos. La primera de las actividades del método se basa en la identificación de los usuarios del producto lo cual se logra realizando un estudio del ciclo de vida del producto. Al tratarse de sistemas de escape, los usuarios o personas involucradas con el producto, derivadas del ciclo de vida, no son únicamente las personas que adquieren el producto, si no todas las personas que se relacionan con el mismo cómo son diseñadores, proveedores, ensambladores, mecánicos etc.

Una vez identificados los usuarios, se procede a realizar las actividades correspondientes de la búsqueda de la información proveniente de los mismos. La particularidad de la casa de la calidad se encuentra en que los objetivos futuros de diseño estarán enfocados en la satisfacción de los deseos del cliente que se obtienen obteniendo ésta información. Este proceso de búsqueda de información suele llamarse obtención de *información sin procesar* que se obtiene principalmente con entrevistas a los clientes u observaciones de los mismos mientras hacen uso de los productos. La información sin procesar es la información más importante durante el desarrollo de la casa de la calidad debido a que, una vez procesada, se obtienen los llamados *requerimientos del producto*. Estos requerimientos se obtienen mediante métodos recomendados de procesamiento de la información sin procesar y de las observaciones y representan los deseos del cliente relativos al producto. Los requerimientos del producto representan el primer conjunto de datos que se tomaran en cuenta como los criterios más importantes de futuros diseños. Debido a que en el método de la Casa de la Calidad se consideran a los productos competentes dentro del análisis, el paso posterior a la obtención de los requerimientos del cliente consiste en una serie de experimentos en donde se busca la participación de usuarios con todos los productos y se obtiene su punto de vista de la satisfacción que tiene cada uno de los productos de los competidores respecto a los

requerimientos obtenidos. Ésta etapa consiste en la primera evaluación de la competencia dentro de la casa de la calidad y también con ella se concluye la participación de los usuarios.

Los siguientes pasos en la casa de la calidad consisten en tomar toda la información obtenida de los usuarios y transformarla en información técnica de utilidad. Para ello, se obtiene otro conjunto de datos de utilidad referentes a las *especificaciones técnicas* del producto. Estas especificaciones técnicas se refieren a la obtención de parámetros medibles para cada uno de los requerimientos del producto. Posteriormente, se realiza una actividad que mide el tipo de relación (fuerte, mediana o débil) existente entre requerimientos y especificaciones con el fin de conocer que parámetros servirán para satisfacer los requerimientos del producto. También se busca relacionar, mediante el uso de una matriz triangular, las especificaciones entre sí lo cual sirve para saber el efecto que tendrá modificar un parámetro del producto sobre los demás. Posteriormente se realiza una evaluación de la competencia similar a la realizada por los usuarios, pero enfocada en los parámetros técnicos y realizada por el equipo involucrado en el proyecto. Finalmente, se establecen los llamados *Valores Objetivo* que hacen referencia a una propuesta de cambio de los valores de los parámetros del producto que llevarían a la satisfacción de los requerimientos del producto.

Todo el conjunto de datos obtenidos en la casa de la calidad se organizan y se colocan convenientemente de manera gráfica en un conjunto de matrices cuya forma asimila, precisamente, a la estructura de una casa. Se colocan los requerimientos del producto de forma vertical y las especificaciones de forma horizontal. La evaluación de la competencia realizada por los usuarios se coloca en la parte derecha y la realizada por el equipo de trabajo que realiza el proyecto, se coloca en la parte inferior. En el centro se colocan las relaciones entre requerimientos y especificación y como techo se coloca la matriz de relaciones entre especificaciones técnicas. La configuración de la casa de la calidad resulta ser un recurso invaluable que ayuda a las compañías a posicionar los diversos productos en el mercado y a conocer la percepción que tienen los usuarios de su propio producto y, sobre todo, representa un banco de información que sirve como directriz para realizar cambios en el diseño del producto en donde se tiene como objetivo la satisfacción de las demandas de los usuarios.

El caso de estudio de los sistemas de escape se encontraba limitado en recursos y tiempo. Por ello, la casa de la calidad se abordó en sus etapas de definición de requerimientos definición de especificaciones del producto y realización de uno de los estudios comparativos propuestos en el método. Con la información obtenida, también se realizaron las matrices de relación entre especificaciones y requerimientos, todo con el fin de identificar oportunidades de mejoras que sirvan como punto de partida en trabajos futuros.

Capítulo 1

1.1 Descripción del método QFD I

Quality Function Deployment, o QFD, es un sistema detallado utilizado en la industria cuyo objetivo primordial es traducir los deseos y necesidades del cliente en requerimientos de diseño que serán aplicados a productos o servicios. El cliente, también llamado usuario o involucrado, es la principal fuente de información y su experiencia adquirida con el uso de un producto es la que puede revelar factores de diseño que no se han tomado en cuenta y que pueden estar causando problemas en los consumidores. El producto en el que se centra el estudio podría ser una parte o incluso un sistema funcional completo al cual el análisis pueda estar dirigido.

El método QFD fue originalmente desarrollado por Yoji Akao y su intención es la de guiar al equipo de diseño en la búsqueda adecuada de información. Desde cierto enfoque, QFD puede ser visto como un proceso en el que se aprende de la experiencia que ha desarrollado el cliente con el producto y encontrar un equilibrio entre lo que exige el cliente y lo que razonablemente se puede llegar a construir. Esta herramienta pretende reestablecer el vínculo productor-consumidor que se fue perdiendo a medida que las empresas crecían a lo largo de los años, para esto, QFD involucra diversas etapas para asegurar la calidad a través del proceso de desarrollo del producto en las cuales se llegan a incluir el proceso de manufactura y de sistemas de control, y en algunos casos el empaquetamiento, envío y soporte si se pretende desarrollar un producto de clase mundial. Entre los beneficios futuros que cuenta el uso de QFD se destacan:

- Reducción del tiempo de desarrollo de un producto
- Reducción del número de cambios de diseño e ingeniería
- Evita el desvío de recursos destinado a cubrir posibles problemas de inicio
- Facilita la comunicación y cooperación entre varias funciones en una organización
- Mejora la manufactura de un producto
- Sirve como una referencia para proyectos futuros

El método QFD I representa la primera etapa del estudio y se le conoce con el nombre de Casa de la Calidad. La figura 1.1 muestra todas las fases del proceso QFD para el desarrollo de productos, iniciando desde la voz del cliente, pasando por los procesos de manufactura, hasta terminar en los requerimientos finales de producción en la fase 4.

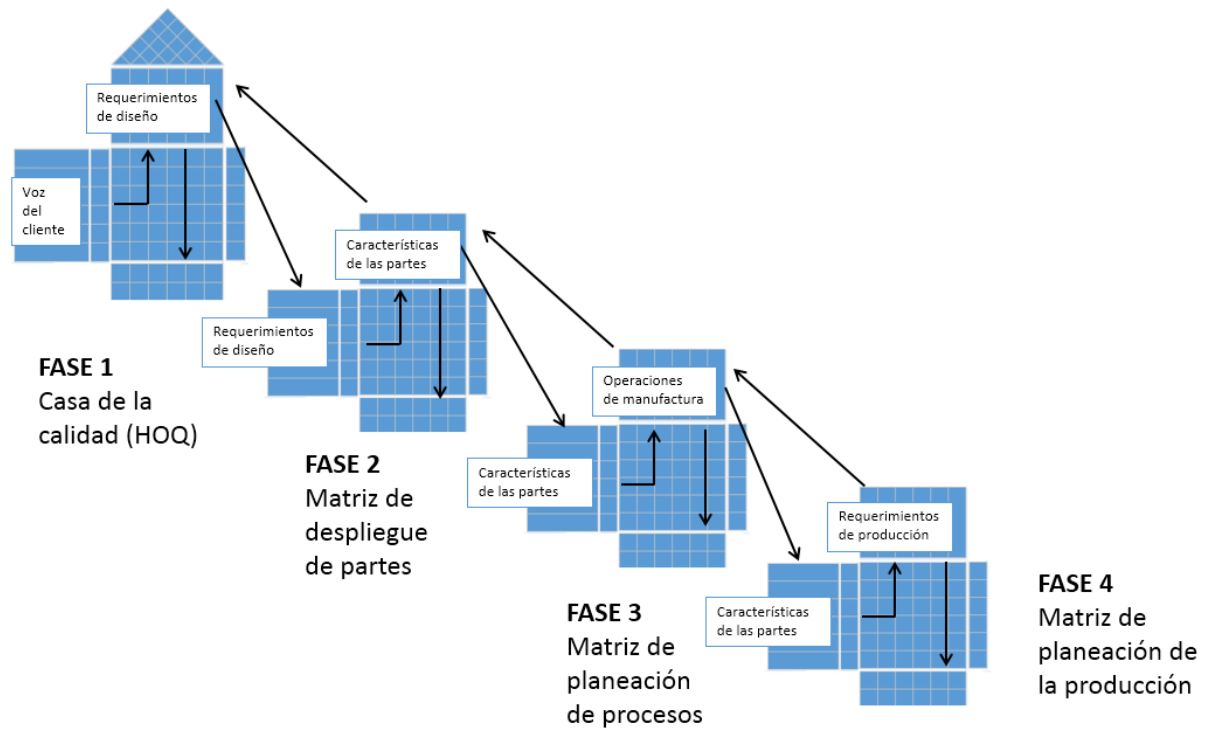


Figura 1.1 Estructura completa del método QFD

A la fase 1 de QFD se le conoce también como la matriz House of Quality por sus siglas en inglés HOQ, y su estructura se sustenta en los deseos del cliente. Para llegar a resultados sustanciales a partir de tales deseos, se sigue una metodología que consiste en una serie de pasos que permiten dar forma a la matriz HOQ (Figura 1.2) los cuales se listan a continuación:

Selección de proyecto

Puede no formar parte del desarrollo de la matriz HOQ, pero es sin duda el paso fundamental con el que se justifica la aplicación del método QFD. En grandes empresas, la importancia de la selección del proyecto radica en que será una actividad en la que se van a involucrar recursos importantes como tiempo y dinero. Por otro lado, en esta etapa es indispensable la organización general del proyecto, por lo que es indispensable definir el alcance que tendrá, el plan que se va a seguir y el equipo que será el encargado de desarrollarlo.

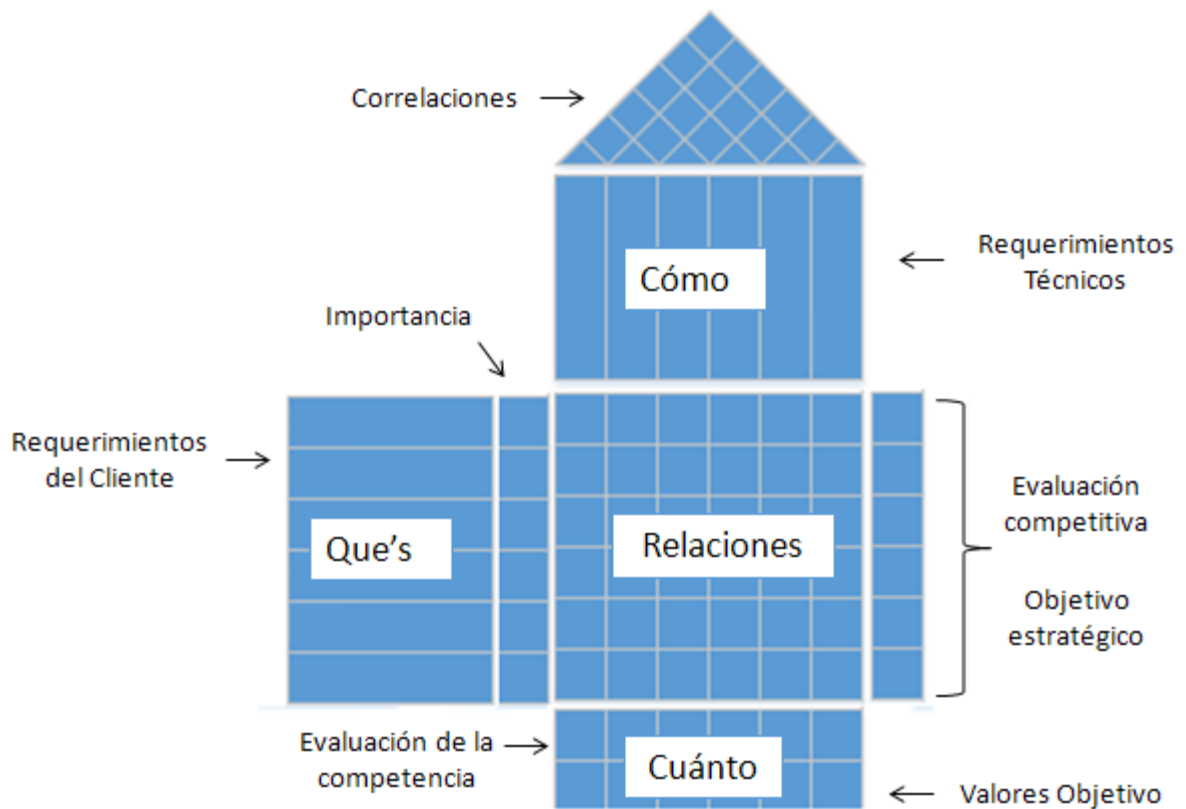


Figura 1.2 Configuración de la Matriz QFD I o HOQ

Identificación de los clientes o usuarios

En este paso, el equipo de trabajo se encarga de realizar la identificación de aquellos clientes o usuarios de los que puede obtenerse información representativa y de importancia. Para esto, los clientes o usuarios pueden ser aquellos encargados de comprar el producto o servicio que busca mejorarse (estos clientes se consideran los más importantes debido a su importancia económica) o pueden ser aquellos que estén relacionados en alguna parte del ciclo de vida del mismo. Otros tipos de clientes podrían ser:

- Personal encargadas del diseño del producto
- Personal encargadas de la producción de las partes del producto
- Personal encargadas de la manufactura del producto
- Personal encargadas del embalaje del producto
- Personal encargadas del reciclaje del producto
- Etcétera

La necesidad de definir otro tipo de usuarios, más allá de aquellos cuya importancia es la aportación económica que hacen a la empresa, se debe al objetivo de generar productos que no generen problemas o contradicciones en ninguna de las etapas del ciclo de vida del producto.

Obtención de los requerimientos del cliente

Los “deseos del cliente”, llamados también necesidades o requerimientos del cliente, se obtienen por medio del método VOC (*Voice of the customer* o Voz del cliente) en el cual se interactúa con los clientes del producto y capturan su percepción, sus opiniones, deseos y observaciones del mismo. El estudio de las necesidades del cliente se lleva a cabo de diversas formas, entre las cuales se destacan la realización de entrevistas exhaustivas individuales, observación del uso del producto en

la vida real, entrevistas en línea, entre otros. La actividad más importante, debido al tipo de interacción con el cliente y la cantidad de formas posibles de obtener información útil, es la realización de entrevistas individuales a los usuarios del producto en la cual se pueden seguir cuestionarios desarrollados detalladamente, documentar observaciones durante las entrevistas, improvisar e incluso profundizar acerca de algún aspecto de importancia.

Posteriormente a la captura de la información de entrevistas (o *Raw Data*, información sin procesar), se procede a *traducir* dicha información en sentencias concretas que sean más claras y fáciles de asimilar. Cada frase u observación puede ser traducida en cualquier número de necesidades del cliente. Un ejemplo de traducción de datos recopilados se encuentra en la metodología de Ulrich y Eppinger (2009)¹ cuyas directrices son las siguientes:

- Exprese la necesidad en términos de lo que el producto tiene que hacer, no en términos de cómo puede hacerlo.
- Exprese la necesidad tan específicamente como la información sin procesar.
- Use enunciados positivos, no negativos.
- Exprese la necesidad como atributo del producto.
- Evite las palabras *debe* y *debería*.

Otros autores sugieren utilizar frases que comiencen con palabras como “Quiero que mi producto...” haciendo referencia a los deseos representados del cliente. La tabla 1 muestra un ejemplo de Voz del cliente aplicado a vasos para bebidas calientes.

Tabla 1.1 Ejemplo de traducción de información sin procesar de un vaso para bebidas calientes

INFORMACIÓN SIN PROCESAR	REQUERIMIENTO DEL CLIENTE (traducción)
No me gusta que el vaso me quemé la mano	La temperatura externa del vaso es cómoda para el usuario
El vaso se me resbala fácilmente	La textura exterior del vaso es suficientemente rugosa
La bebida se sale con movimientos en el automóvil	El contenido permanece dentro del vaso aun con movimientos bruscos
Quisiera poder reutilizar los vasos de cartón	El material del vaso permite que sea lavable y reutilizable

La información procesada se vacía en la parte izquierda de la matriz HOQ (Figura 1.3). Algunos autores sugieren colocar los requerimientos en grupos que ubican cada uno de los requerimientos por clasificación (Figura 1.4).

¹ *Product Design and Development* by Karl T. Ulrich and Steven D. Eppinger (McGraw-Hill 2009)

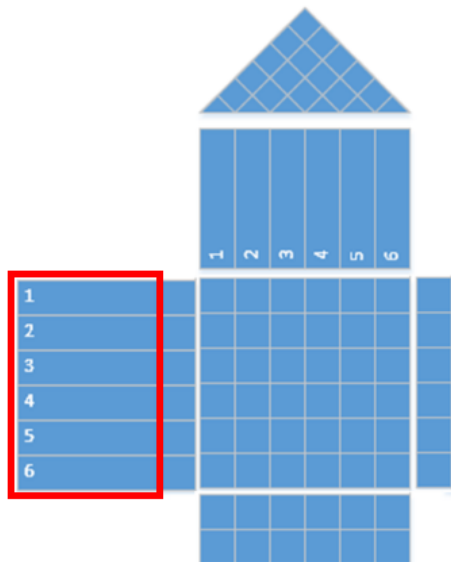


Figura 1.3 Ubicación de los requerimientos procesados en la matriz HOQ

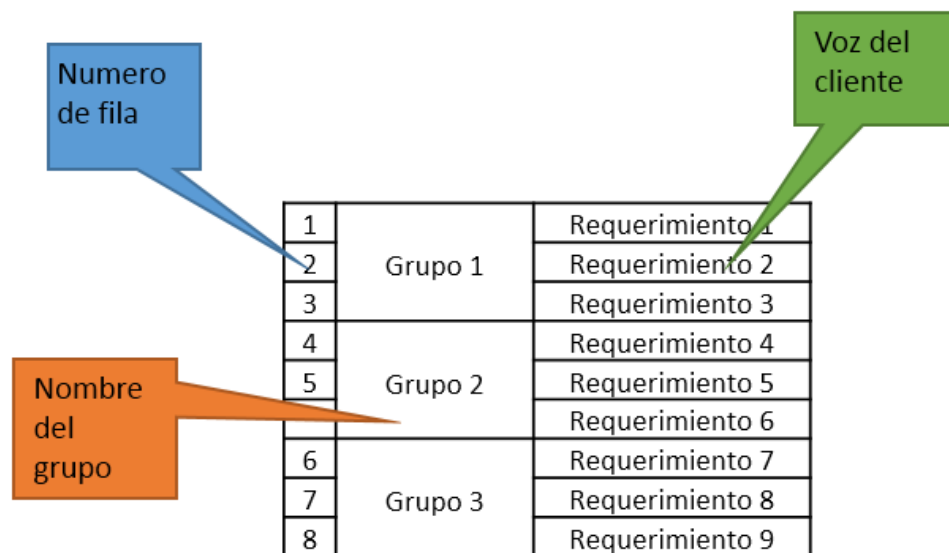


Figura 1.4 Configuración opcional de los datos de voz del cliente en la matriz

Importancia

La importancia (Figura 1.5) es una de las columnas de la matriz de la Casa de la Calidad en donde se coloca un valor que indica la relevancia del requerimiento del cliente en el renglón dado. Colocar un valor de importancia o relevancia en cada uno de los requerimientos traducidos de la voz del cliente ayuda, en pasos posteriores del método, a saber si es necesario realizar una acción correctiva al diseño para satisfacer dicha necesidad, es decir, si se sabe que el diseño del producto no satisface un requerimiento en específico y que además el requerimiento tiene un grado alto de importancia y, si se cuenta con la información, se sabe que los productos de la competencia son mejores en ese aspecto en particular, entonces la satisfacción de dicha importancia deberá formar parte de los objetivos estratégicos del estudio.

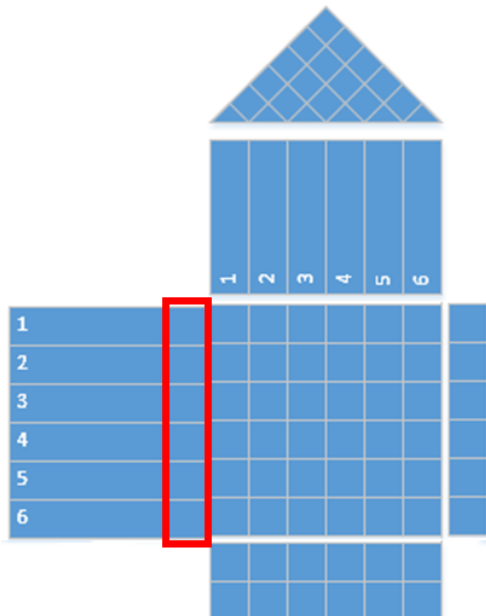
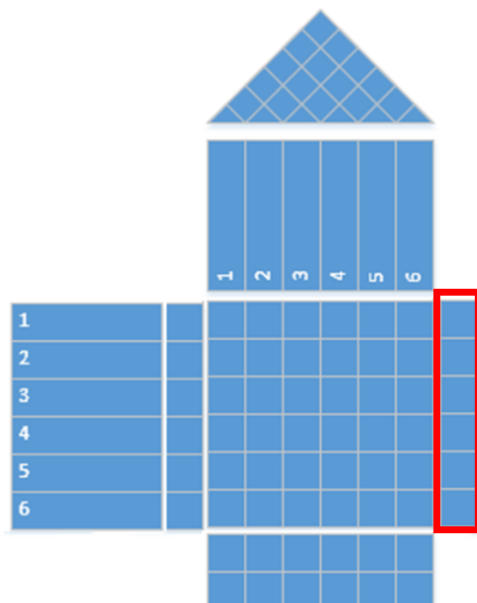


Figura 1.5 Ubicación de la columna que contiene los valores de importancia

La designación de los valores de importancia es flexible. Pueden colocarse letras, por ejemplo A, B y C indicando la primera una importancia alta, la segunda una importancia media y la tercera una importancia baja o nula. Otros autores² sugieren utilizar números del 1 al 5, siendo el número 1 el que indica la menor importancia y el número 5 el de mayor, dejando tres números disponibles para evaluar la importancia intermedia en caso de existir discrepancias al momento de la evaluación.

Evaluación competitiva del cliente

En la columna de la evaluación competitiva (figura 1.6) se coloca el nivel de satisfacción del producto de la empresa y el de sus competidores en relación a cada uno de los requerimientos del cliente.



² *Product Design and Development* by Karl T. Ulrich and Steven D. Eppinger (McGraw-Hill 1995, 2000, 2004, 2008)

Figura 1.6 Ubicación de la columna que contiene la evaluación competitiva

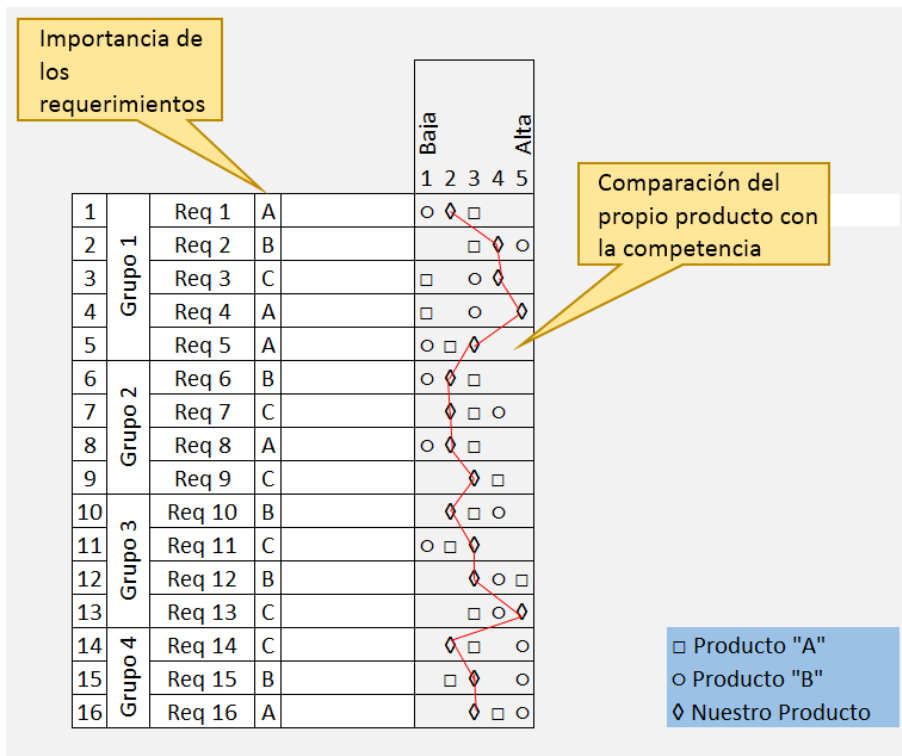


Figura 1.7 Porción de la matriz HOQ que muestra la columna de la evaluación competitiva (derecha)

La evaluación competitiva del cliente puede ser vista como “La percepción que tiene el cliente sobre la calidad de diversos productos y la manera en que satisfacen cada uno de los requerimientos”. Documentar esta percepción sirve como un enfoque distinto acerca de los productos de la competencia, además está en contra de los prejuicios y tendencias que se pueda tener respecto a los mismos. La manera de llevar esto a cabo puede ser asignando figuras representativas a cada uno de los productos (figura 1.7), incluyendo el propio. Posteriormente, dichas figuras se colocan en la escala de satisfacción del requerimiento, dos figuras pueden pertenecer a la misma evaluación. Finalmente se establecen los “Objetivos estratégicos”, que se refiere al lugar en el que se desearía que estuviera el propio producto dentro de la escala de evaluación, para cada uno de los requerimientos (figura 1.8).

				Baja					Alta				
				1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	Grupo 1	Req 1	A	○	◇	□	★						
2		Req 2	B			□	★	○					
3		Req 3	C		□	★	○	◇					
4		Req 4	A		□		○		★				
5		Req 5	A		○	□	◇	★					
6	Grupo 2	Req 6	B	○	◇	★							
7		Req 7	C	★	◇	□	○						
8		Req 8	A	○	◇	□		★					
9		Req 9	C		○	★	□						
10	Grupo 3	Req 10	B		◇	★	○						
11		Req 11	C	○	□	★							
12		Req 12	B			◇	★	□					
13		Req 13	C			□	★	◇					
14	Grupo 4	Req 14	C	★	□		○						
15		Req 15	B		□	◇	★	○					
16		Req 16	A			◇	□	★					

Figura 1.8 Establecimiento de los objetivos estratégicos, representados con una estrella.

El establecimiento de los objetivos hace uso de la importancia de los requerimientos y la evaluación competitiva del cliente. Primordialmente, si un requerimiento es de alta importancia y además la evaluación del producto con los competidores es negativa, puede decidirse mejorar los parámetros que ayuden a que la percepción del cliente mejore. Por otro lado, si la importancia de un requerimiento es mínima y la comparación del producto en relación con la competencia es positiva, puede considerarse una reducción de esfuerzo en ese aspecto en particular debido a la poca importancia que tiene dicho requerimiento, lo cual puede verse reflejado en costos por mejoras mínimas. Los objetivos estratégicos se refieren al conjunto de valor que se desean obtener para mantener satisfecho al cliente, es decir, en cómo se desea que el producto este evaluado en la columna de objetivos estratégicos, y puede expresarse con símbolos sobrepuestos en dicha columna, como estrellas (figura 1.8). El establecimiento de estos objetivos puede variar dependiendo del producto, de la compañía, entre otras características, pero en general se busca la “mejora” de los parámetros referentes a los requerimientos más importantes dados por el cliente y no “maximizar” cada uno de ellos.

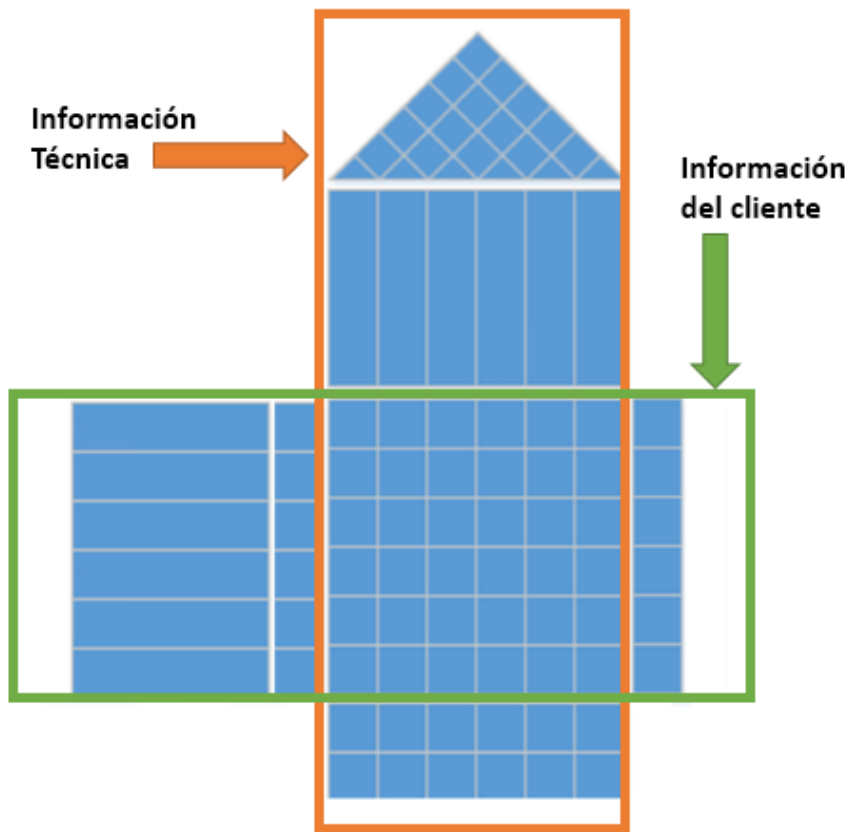


Figura 1.9 Esquema que muestra la zona de la matriz HOQ que contiene información del cliente (horizontal) y la que contiene información técnica (vertical).

Con el establecimiento de los objetivos estratégicos queda completa la zona horizontal de la matriz de la casa de la calidad, la cual corresponde a la información extraída del cliente (figura 1.9). Después de haber realizado todo el análisis concerniente al cliente para obtener los requerimientos del producto, se desarrollan una serie de pasos similares enfocados ahora en las zonas de la parte vertical de la matriz, que está designada para toda la información técnica del proyecto. Proyectar los requerimientos del cliente en información técnica es una manera de formalizar todos los datos que se tienen recabados y documentados en un formato que contenga parámetros y medidas con los que la empresa puede trabajar, esto es, se establecerán parámetros con valores numéricos que serán modificados como parte de una estrategia de solución para generar un nuevo concepto de producto y así satisfacer las necesidades del cliente previamente procesadas.

Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas (también conocidas como *características ingenieriles*, *requisitos del producto* o *especificaciones del producto*) son el primer paso para formalizar toda la información analizada y documentada del cliente. Debido a que pueden llegar a existir requerimientos tales como “El producto es confiable” o “El producto es fácil de usar”, que son de importancia debido a que expresan de manera clara las expectativas del cliente, no sugieren de una manera específica la manera en que debe ser diseñado un producto debido a que dejan demasiado margen para interpretación subjetiva. Por esta razón, el grupo de desarrollo por lo general construye un conjunto de especificaciones que representan detalladamente lo que el producto tiene que hacer y/o tener. De esta manera es que se busca eliminar la ambigüedad de algunos requerimientos que tienen que ver con expresiones como facilidad de uso, apariencia, adaptabilidad, molestia por uso, esfuerzo requerido, etc. Dichas especificaciones son parámetros mesurables y para la matriz de la casa de la calidad se busca obtener al menos un parámetro para cada uno de los requerimientos del cliente. Cada uno de los parámetros consiste en una *métrica* y un *valor*. Para ejemplificar lo anterior, “tiempo de ensamble” es una métrica mientras “50 segundos” es su respectivo valor. La manera de denotar

el valor es variable, puede llegar a ser un número, un rango o una desigualdad. También se incluyen dentro de la matriz HOQ las unidades respectivas a cada una de las métricas, por lo que cada uno de los valores siempre se marca con unidades apropiadas (por ejemplo segundos, gramos, kilowatts). Juntos la métrica y el valor forman una especificación.

Ulrich y Eppinger (2009),³ en su libro *Diseño y desarrollo de productos*, proponen considerar las especificaciones técnicas como un conjunto de sentencias que denotan la descripción precisa de lo que el producto tiene que ser. La manera en que proponen formar las especificaciones consiste en un proceso de retroalimentación y continua revisión que se da a lo largo del desarrollo del proyecto y que esta dividido en dos pasos que son la definición de *especificaciones objetivo* y la definición de *especificaciones finales*. La serie de pasos que señalan es la siguiente:

- Identificación de los requerimientos del cliente.
- Establecimiento de las especificaciones objetivo.
- Generación de conceptos del producto.
- Selección del concepto del producto.
- Prueba del concepto del producto.
- Establecimiento de las especificaciones finales.
- Planeación del desarrollo de la etapa final.

Las especificaciones objetivo son aquellas especificaciones que describen un producto el cual el equipo de diseño piensa que tendría éxito en el mercado. Este tipo de especificaciones preliminares son las metas del grupo de desarrollo que estarán sujetas a cambios en pasos posteriores del proyecto cuando se defina un concepto nuevo del producto. El proceso que proponen Ulrich y Eppinger (2009) para establecer las especificaciones objetivo consiste de cuatro pasos:

1. Elaborar la lista de métricas.
2. Recabar información de comparaciones con la competencia.
3. Establecer valores objetivo ideales y marginalmente aceptables.
4. Reflexión acerca de los resultados obtenidos.

La elaboración de la lista de métricas se realiza considerando cada uno de los requerimientos del producto, al igual que cual característica mensurable reflejara el grado en que el producto satisface al cliente. Idealmente, solo una métrica corresponde a una necesidad pero en la realidad podría no ser así. En general deben de ser prácticas y fáciles de medir, que incluyan información de interés para los clientes, es decir que se centren en lo que el cliente siempre se interesa y, en caso de ser subjetivas o imposibles de medir, señalarlo en la matriz. La figura 1.10 muestra la ubicación de las especificaciones.

³ *Product Design and Development* by Karl T. Ulrich and Steven D. Eppinger (McGraw-Hill 2009)

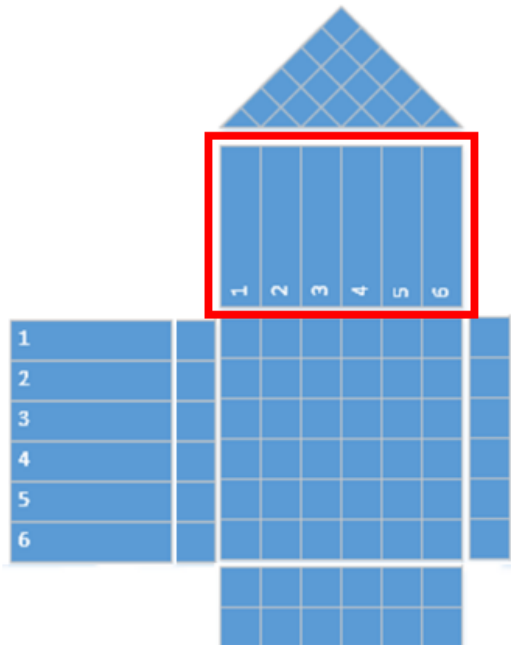



Figura 1.10 Ubicación de las especificaciones técnicas en la casa de la calidad.

Es importante indicar que las especificaciones no deben de ser una solución (por ejemplo, al satisfacer una necesidad referida al material del producto, no colocar en la especificación el nuevo material a utilizar), además de que puedan medirse previamente durante el desarrollo. También se sugiere evadir más especificaciones de las necesarias y evadir también aquellas que solo pueden medirse posteriormente el proceso de manufactura o posterior a la venta del producto.

La matriz de relaciones

La figura 1.11 muestra la ubicación de la matriz de relaciones. Al cruzar ambas zonas de la casa de la calidad, horizontal y vertical, en la matriz de relaciones es la parte donde se ubica el tipo de relaciones que tienen los requerimientos del cliente con las especificaciones técnicas. En otras palabras, es una forma de visualizar en que especificación enfocarse con el fin de satisfacer algún requerimiento o necesidad en específico. En una forma más abierta, al trabajar en la matriz de relaciones, el equipo de desarrollo puede preguntarse “Si se logra alcanzar esta especificación en el nivel correcto ¿Causara que un requerimiento del cliente en específico sea satisfecho?”, si es así se coloca en la celda un símbolo que represente el tipo de relación entre ambos, de lo contrario se deja la celda en blanco.

	Especif 1	Especif 2	Especif 3	Especif 4	Especif 5	...
Req 1						
Req 2						
Req 3						
Req 4						
Req 5						
...						



● Fuerte
○ Media
▲ Débil

Figura 1.11 Ejemplo de llenado de la matriz de relaciones (centro).

Como lo muestra la figura 1.11, el tipo de relaciones entre requerimientos y especificaciones puede lograrse por medio de figuras que representen si la relación entre ambos es fuerte, media o débil, lo cual es de utilidad para saber que especificación es más conveniente cambiar para satisfacer un requerimiento si la relación es fuerte, de lo contrario, si la relación es débil, puede trabajarse poco en ello o ignorarse. No hay reglas para llenar la matriz de relaciones. Se trata de una decisión utilizando el mejor criterio del equipo de trabajo, sin llegar a convertirse en una votación sino en una decisión técnica basada en sus conocimientos. En general, para saber el tipo de relación al que pertenece cada celda, puede considerarse lo siguiente.

- La relación es fuerte si el cambio o mejora de dicho especificación conduce a la satisfacción del requerimiento.
- La relación es media si la especificación claramente tiene influencia sobre el requerimiento, pero su cambio o mejora no el principal conductor a la satisfacción de dicho requerimiento.
- La relación es débil cuando la especificación podría tener algún grado de influencia, pero no relevante.
- La celda se deja en blanco cuando no hay influencia o relación alguna.

Cada renglón debería contener al menos una relación fuerte debido a que se tiene por lo menos una forma de satisfacer el requerimiento de dicho renglón, al igual que cada columna debería de tener al menos una relación fuerte de lo contrario la especificación de dicha columna podría no ser necesitada. La matriz de relaciones permite visualizar de una forma más sencilla relaciones más complejas, al igual que, en caso de encontrarse renglones o columnas en blanco, permite saber si la traducción de requerimientos en especificaciones se hizo de forma correcta.

Además de que Ulrich y Eppinger proponen recabar información de los productos de la competencia en su método de desarrollo de especificaciones, es también una práctica importante cuando se trabaja específicamente con la Casa de la calidad y dicha comparación técnica con la competencia constituye uno de los “cuartos” de la misma, ubicándose en la parte inferior de la matriz (figura 1.12).

Si las especificaciones han sido correctamente establecidas, se debería tener también la posibilidad de medirlas en productos competidores también. La evaluación técnica de la competencia es una manera mucho más formal de ubicar al producto entre otros sistemas competentes pues es una guía que sirve para saber el nivel de desempeño que requiere el producto para ser “mejor” que los sistemas competentes, además de servir como una fuente de ideas que ayuda a resolver problemas en base a la manera en que otros productos lo han resuelto.

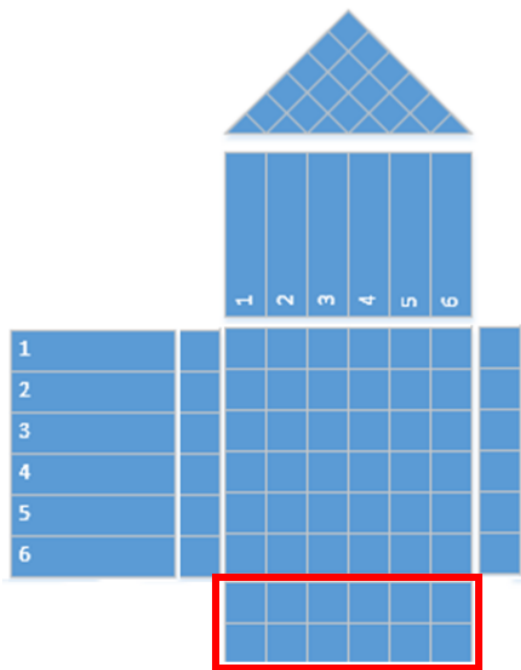


Figura 1.12 Ubicación de la *evaluación técnica de la competencia* y de los *valores objetivos* en la Casa de la calidad.

Como se muestra en la figura 1.14, podría presentarse una situación en la que la percepción que tiene el cliente de la calidad del propio producto no sea la esperada y que técnicamente la especificación técnica para el respectivo requerimiento en realidad sea la mejor en relación con los competidores lo cual debería someterse a discusión al momento de establecer los valores objetivo finales.

Valores objetivo

Como se mencionó previamente, los valores objetivos son valores exactos correspondientes a cada especificación técnica y que se establecen como el objetivo que deben lograrse con tal de satisfacer cada uno de los requerimientos del cliente. La figura 1.13 indica la zona en donde se sitúan los valores objetivos en la Casa de la calidad. La manera de establecer los valores objetivo puede variar de acuerdo a la situación específica de la compañía o del entorno en donde se esté desarrollando el nuevo concepto del producto. Una forma de conocer los valores objetivo sería tomando en cuenta los siguientes factores:

- Evaluación técnica de la competencia: Esta información que ha sido previamente sirve para saber si un sistema competente es mejor que el propio y la manera en que satisface los requerimientos.
- Información del cliente: Es posible obtener información del cliente que indique los valores de una especificación en los cuales se sienta satisfecho o insatisfecho.
- Información Corporativa: La información interna de la compañía podría ayudar a delimitar los valores indicando las posibles consecuencias o estudios relacionados con el cambio de los valores actuales.

Matriz de Correlaciones

La figura 1.15 indica la posición de la matriz de correlaciones o “techo” de la casa de la calidad.

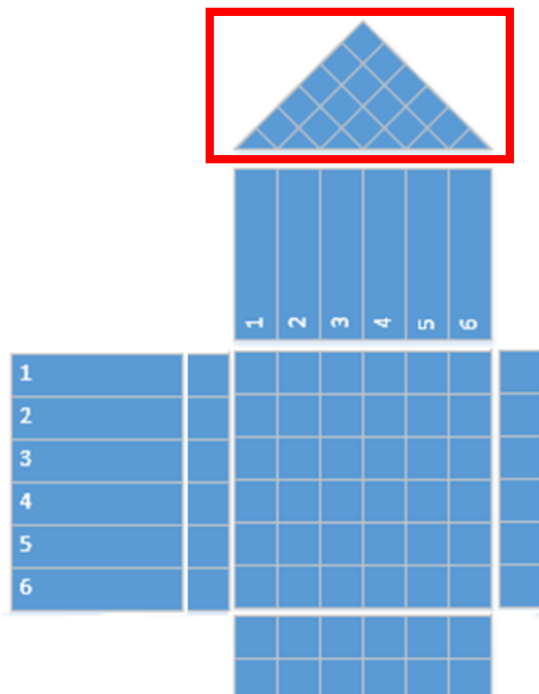


Figura 1.15 Ubicación de la matriz de correlaciones en la Casa de la calidad.

En la matriz de correlaciones se establece una simbología que relaciona a las especificaciones técnicas entre sí. En general, indica relación directa u opuesta. En otras palabras describe si al aumentar el valor de una especificación, el valor de otra especificación involucrada se aumenta o se reduce. La figura 1.16 muestra un ejemplo de la correlación entre tres especificaciones técnicas. Al aumentar el valor relacionado con la especificación 1 el símbolo de correlación negativo indica que

el valor de la especificación 2 disminuye y el símbolo positivo que relaciona la especificación 1 y 3, indica que el valor relacionado con la especificación 3 aumenta también. La importancia de la matriz de correlaciones es que sirve de guía visual que permite identificar de manera rápida conflictos entre los cambios de valores que se efectuaran para cada especificación.

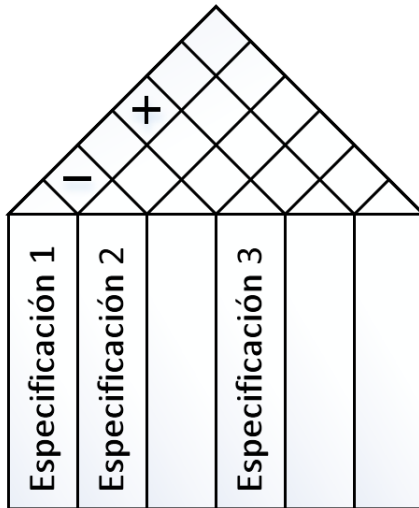


Figura 1.16 Ejemplo de correlaciones para tres especificaciones.

Análisis general de la Casa de la calidad

Un análisis posterior a la unión de toda la información en la matriz de la Casa de la calidad puede ser de ayuda para la identificación de aspectos importantes relativos al desarrollo de la misma. Pueden ser considerados los siguientes:

- Encontrar renglones en blanco: Esto podría significar que los requerimientos del cliente tienen una relación débil o nula con las especificaciones y es necesario replantear si es realmente necesario cumplir esa necesidad para volver a identificar una especificación apropiada.
- Encontrar columnas en blanco: Esto podría significar que algunas de las especificaciones están de más por no tener relación directa con la voz del cliente o simplemente son necesarias en etapas posteriores de diseño. Se recomienda en general removerlas y dejarlas pendientes para su posterior uso en caso de ser necesario.
- Conflictos entre evaluación del cliente y evaluación técnica: El objetivo en ésta situación es eliminar el conflicto. En general, si el cliente evalúa al producto como “bueno” pero la evaluación técnica no es así entonces se podría enfrentar algunos problemas comunes como el no saber lo que el cliente en realidad quiere o esta evaluando, un probable error en la evaluación técnica o simplemente no hay relación fuerte entre lo que el cliente quiere y lo que la compañía mide.
- Oportunidades de inspiración en otros diseños: Algunas veces los clientes se sienten mas satisfechos con las soluciones de otros productos y eso se ve reflejado en la evaluación que brindan sobre los productos de la competencia. Es aquí donde se presenta una oportunidad de copiar las soluciones dadas en otros productos, ya que es más barato que la investigación y el desarrollo.
- Correlaciones negativas: Se debe invertir en investigación y desarrollo para reducir los conflictos. También pueden ajustarse los valores objetivo para arreglar dos especificaciones negativamente correlacionados.

- Establecimiento de objetivos finales: Es importante enfocarse en aquellos valores objetivo de las especificaciones que aseguran que el programa sea un éxito.

La etapa siguiente del proyecto, una vez completado el análisis de la Casa de la calidad, suele ser el desarrollo del concepto del producto en donde, en general, se siguen distintas metodologías para la generación de ideas y soluciones. Posteriormente podría seguirse un proceso de selección del concepto que representaría un criterio formal para escoger la mejor idea entre un conjunto de posibles soluciones generadas.

1.2 Definición del sistema de estudio

El objetivo primordial de definir el sistema es el de plantear el tipo de sistema sobre el que se desarrolla la investigación, definir las partes que se consideran dentro del sistema y describir brevemente cada una de dichas partes, además de señalar gráficamente lo que fue encontrado. Para aplicar el método de la Casa de la calidad pueden considerarse un producto, un sistema o incluso una forma de servicio. En el presente proyecto se plantea un sistema de escape (SE) para camiones de carga, como el elemento que estará sujeto a dicho método con el fin de conocerlo desde una perspectiva distinta de análisis. Para esto, la totalidad de este tipo de sistemas esta compuesta de un conjunto de elementos distintos que, unidos entre si, desempeñan una función importante en las unidades vehiculares. Con el propósito de homologar y simplificar el estudio, se propone una lista de elementos básicos que contiene un SE y que puede ser considerada como base en el presente documento. Por tanto todo SED o SEG, contiene total o parcialmente los siguientes elementos:

- Tubo del múltiple de escape.
- Convertidor Catalítico.
- Tubos Flexibles.
- Tubos de unión de partes.
- Soportes.
- Gomas aislantes.
- Uniones de tubo.
- Mofle.
- Resonador.
- Silenciador.
- Tubo de salida.
- Escudos de calor.

Por la experiencia obtenida durante la realización de los estudios de campo, se observó que existía una marcada diferencia entre los elementos de los SEG y los SED pues las unidades Diesel, por lo general, se componen de un número menor de partes comparadas con las unidades de gasolina. Sin embargo, ambos sistemas pueden ser considerados dentro de la lista definida previamente. Se estudiaron en total siete sistemas distintos incluyendo el de la unidad vehicular propia, entre los cuales se encuentran tres modelos de Gasolina (Denotados por las siglas MG de "Modelo Gasolina" y seguido por un número del 1 al 3) y cuatro unidades Diesel (Denotados por las siglas MD de "Modelo Diesel" y seguido por un número del 1 al 4). La importancia de diferenciar los modelos cuyo tipo de combustible es Diesel o Gasolina se centra en los cambios que puedan tener los sistemas de escape al ser uno o el otro caso. Estos cambios pueden impactar en el número o tipo de partes que un SE de un automóvil pueda llegar a tener.

Descripción de partes

Múltiple de escape: El múltiple de escape es una parte de un SE que se encarga de combinar los gases de escape provenientes de todas las salidas del motor en un solo ducto. Para los camiones en estudio, frecuentemente se encontró que dicho tubo dirigía directamente los gases de salida a un catalizador (dos catalizadores, para algunos camiones tipo Gas) como primer componente y posteriormente a un mofle. La figura 1.17 muestra un ejemplo de múltiple de escape del modelo MD1 estudiado con un SED. El múltiple de escape se presenta en un recuadro, con una flecha se muestra la dirección del flujo de gases con fin de dar referencia a la imagen y un par de cuadros

muestran la cercanía de este tipo de SE con otros elementos del SE como el chasis y la estructura del tren motriz. En el trabajo de campo realizado, la ubicación del múltiple de escape de los diversos camiones era variable, en algunos camiones tipo Chasis-Cabina era necesario colocarse debajo del cofre del camión para poder visualizar de forma clara la parte del motor que alojaba el múltiple de escape y en otro tipo de unidades, el múltiple era totalmente visible desde la parte posterior con el chasis expuesto.

Convertidor Catalítico: El convertidor catalítico es una de las partes fundamentales de un SE, pues es el elemento encargado de realizar la reducción de componentes tóxicos en los gases de escape. La figura 1.18 muestra el convertidor catalítico del modelo MG1 en estudio. Este es un ejemplo de SEG con dos convertidores catalíticos, nótese la importancia de diseñar su configuración debido a que el calor que producen pueda dañar otros componentes, por lo cual su cantidad, posición y orientación son factores de gran importancia.

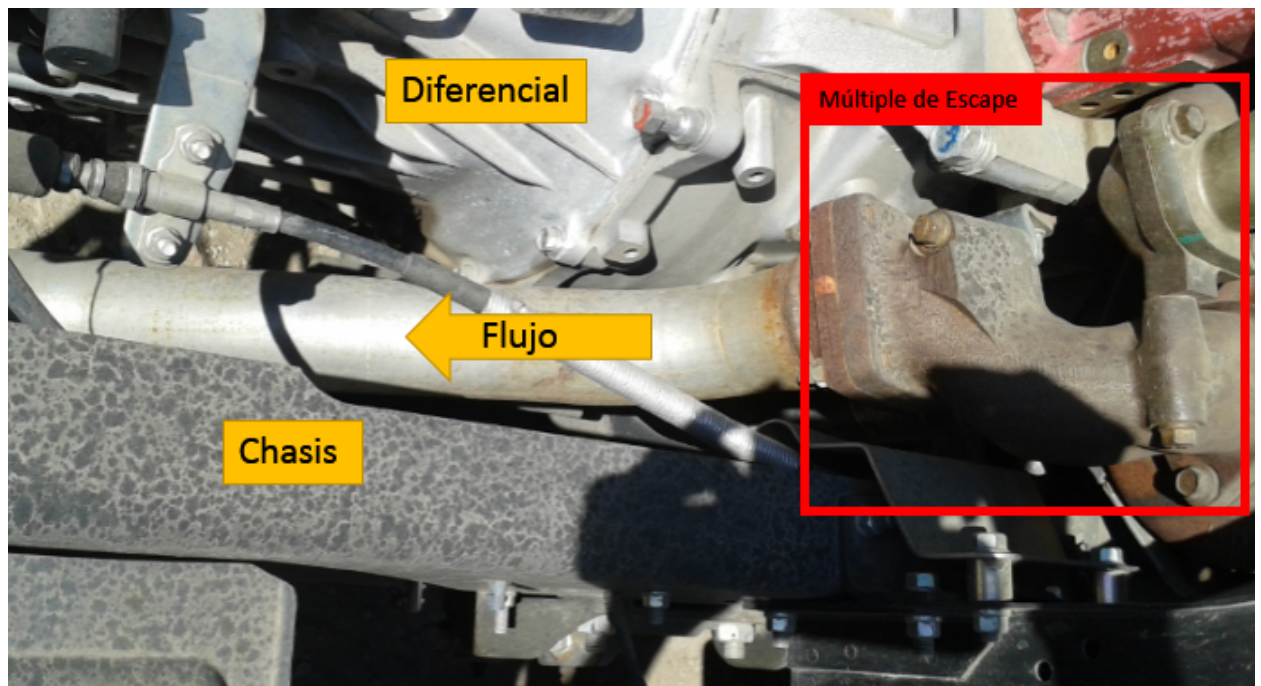


Figura 1.17 Ejemplo de múltiple de escape para un modelo Diésel estudiado.

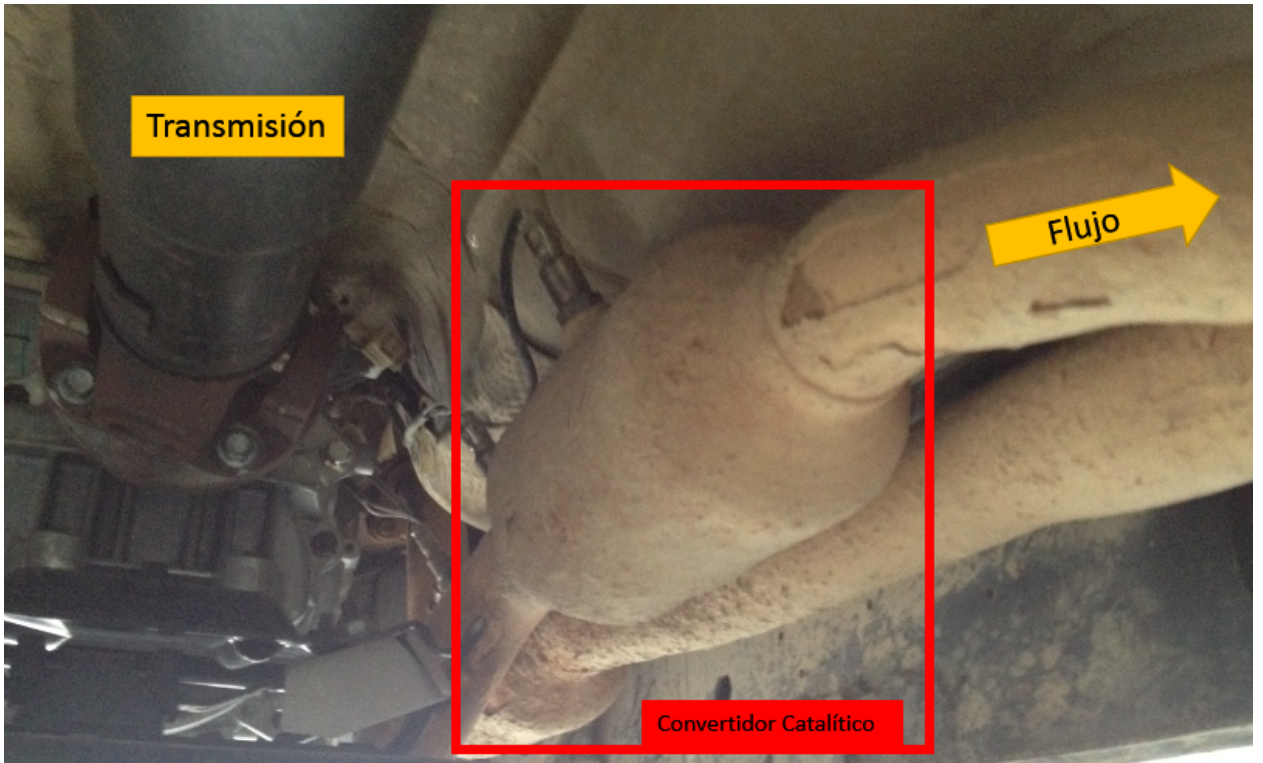


Figura 1.18 Convertidor catalítico de uno de los modelos tipo Gasolina estudiados.

Tubo Flexible: Debido a que una de las características necesarias en un sistema de escape es que no sea totalmente rígido, algunas opciones, además de colgantes con elementos elásticos, es la utilización de tubos flexibles que cumplen con su función principal de conducir los gases de escape permitiendo también un movimiento con libertad que evita el daño de los componentes al amortiguar las vibraciones originadas en el sistema. La 1.19 muestra un tubo flexible presente en el MD1.

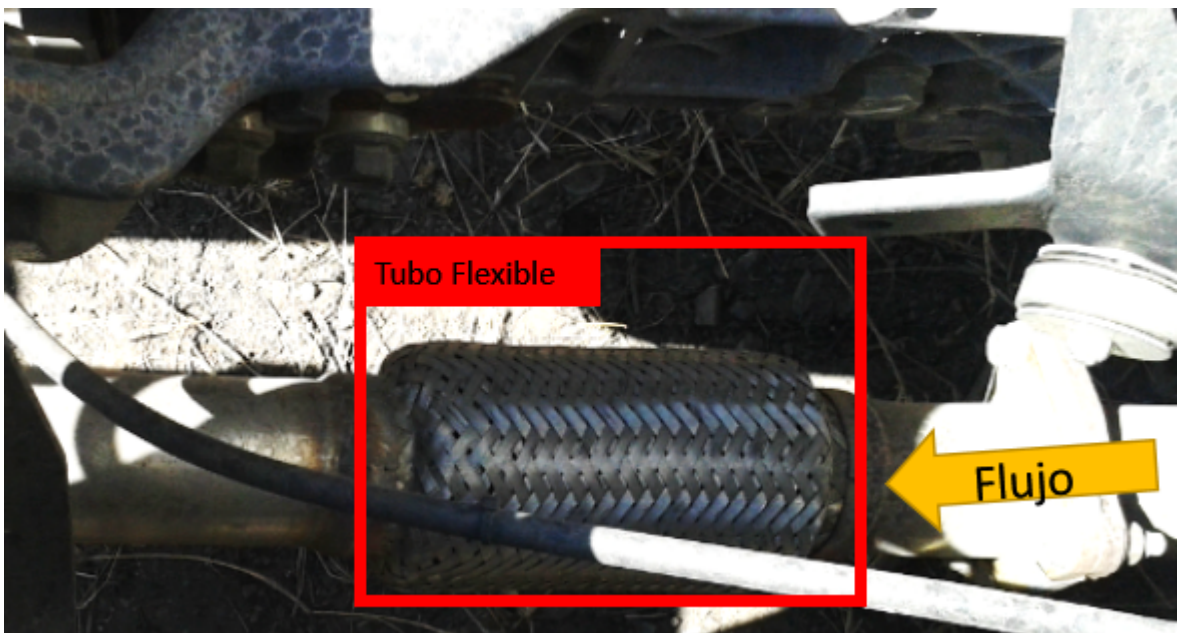


Figura 1.19 Ejemplo de tubo flexible encontrado en un modelo Diésel.

Tubo de unión de partes: Se trata de aquellos fragmentos de tubos que no son el múltiple de escape o el tubo de salida del SE, si no aquellos que se encuentran entre partes como convertidores catalíticos y mofles. Es en estos tubos donde se presentan los elementos de unión, tales como las bridas o las uniones tipo U-Clamp. La figura 1.20 muestra la manera en que interactúa un tubo de unión de partes del MG2 con el tubo de otro componente.

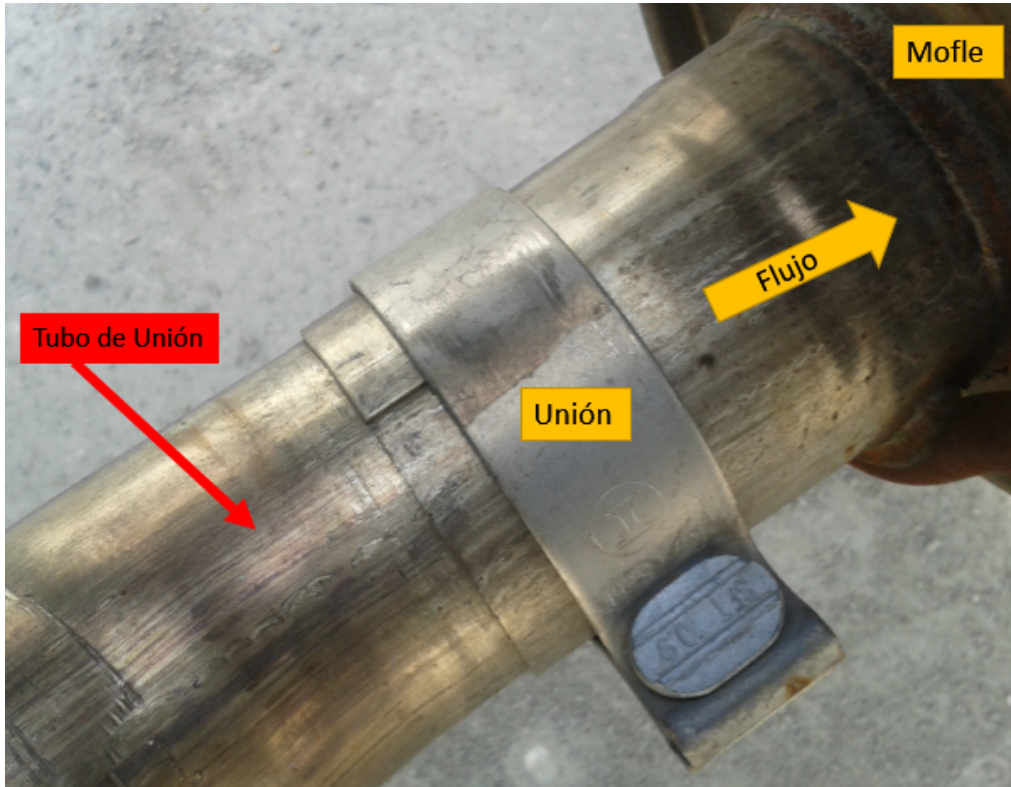


Figura 1.20 Unión de tubo y mofle.

Elementos de sujeción: Los soportes son aquellos elementos que, junto con las gomas aislantes, cumplen con la función de sujetar el SE en algunos puntos específicos. Dicha función es primordial para el SE y tanto la localización de los elementos de sujeción, como la configuración varía de modelo en modelo. Dicha variación puede ser desde una colocación distinta de los elementos a lo largo del SE, hasta la utilización de diversos tipos de soporte como se muestra en la comparación de la figura 1.21. Como se aprecia en la figura, la configuración para solucionar el problema del soporte se aborda de formas distintas para cada uno de los modelos mostrados



Figura 1.21 Comparativa de los distintos formatos de sujeción.

Gomas aislantes: Las gomas aislantes forman parte de los elementos de sujeción. Se tratan de partes intermedias entre dichos elementos y el tubo o parte del SE en donde se encuentra el punto de sujeción. Esta posición intermedia es la que realiza la función de aislamiento de la vibración que se transmite del chasis hacia el SE. La [figura 1.22](#) muestra la localización de gomas en distintos sistemas de sujeción. Como se aprecia claramente, la configuración, incluso el material de las comas puede cambiar y depende del enfoque que tenga cada modelo de camión.



Figura 1.22 Comparativa de distintos tipos de gomas presentes en sistemas de escape.

Uniones: Se refieren al tipo de unión encontrado entre tubos y partes. La figura 1.23 muestra algunos de los tipos de uniones encontrados en los modelos estudiados. Los tipos de uniones pueden ser muchos y muy variados. Entre los observados se encuentran:

- Brida: Pieza metálica que sirve para ensamblar vigas o tubos metálicos fijándola con clavos o tornillos.
- Junta esférica: Junta que permite la rotación angular sobre los tres ejes coordenados (tres grados de libertad)
- Soldadura: La soldadura es un proceso de fabricación en donde se realiza la unión de dos materiales.
- Clamp: Banda que se enrolla para constituir una superficie cilíndrica destinada a ceñir elementos de conexión.
- Cincho: Aro de hierro con que se aseguran las tablas de los toneles, los maderos ensamblados y cosas semejantes.⁴

⁴ Diccionario-Técnico-Automotriz-Etg_



Figura 1.23 Ejemplos de uniones encontradas en las unidades.

Elementos Silenciadores: Se refiere a las partes del SE encargadas de resolver el problema del ruido que acompaña a los gases de escape. Estas partes pueden ser Mofles, Silenciadores o Resonadores (Figura 1.24).

El silenciador: Este elemento tiene el objetivo de amortiguar el ruido que se produciría si la onda mecánica de choque generada cuando se abre la válvula de escape llegase directamente al exterior. El silenciador tampoco es imprescindible, pero pueden imaginarse una vía de tráfico intenso si todos los automóviles produjeran ruido intenso, por eso, en la mayoría de los países es de uso obligatorio este dispositivo.

El resonador no es más que otro dispositivo con un funcionamiento análogo al silenciador, y que refuerza el trabajo de eliminación de ruidos para obtener un escape más silencioso. No todos los vehículos tienen el resonador, más bien está reservado para los automóviles más caros y silenciosos.

Mofle tiene dos significados atenuador o silenciador.

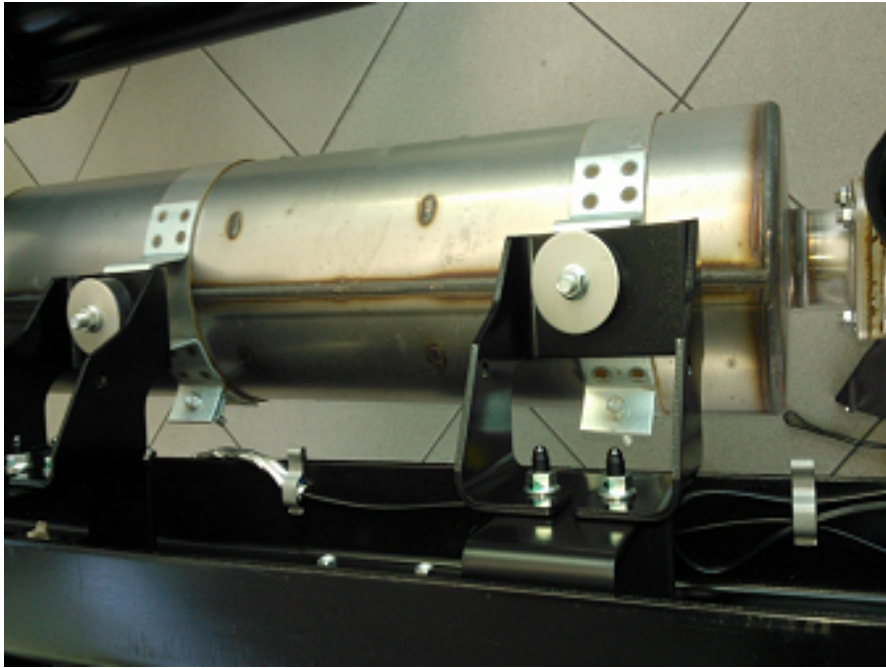


Figura 1.24 Ejemplo de mofle.

Tubo de salida: El tubo de salida es el último elemento del SE. En algunos casos su configuración es de extrema importancia cuando se tratan de lograr objetivos estéticos, como es el caso de los automóviles de lujo o deportivos, o cuando se tratan de seguir normas gubernamentales de posición del mismo. La figura 1.25 muestra cuatro ejemplos de tubos de salida de camión.



Figura 1.25 Tubos de salida.

Escudos de calor: Los aislantes de calor son elementos que se incorporan a algunos SE con el objetivo de mantener con altas temperaturas a los gases de escape con el fin de que el convertidor catalítico funcione con mayor eficiencia y además se cumple también con el requerimiento de evitar la transferencia de calor entre el SE y otros componentes, como la cabina o la caja en la parte trasera de la unidad o algunos otros componentes sensibles.

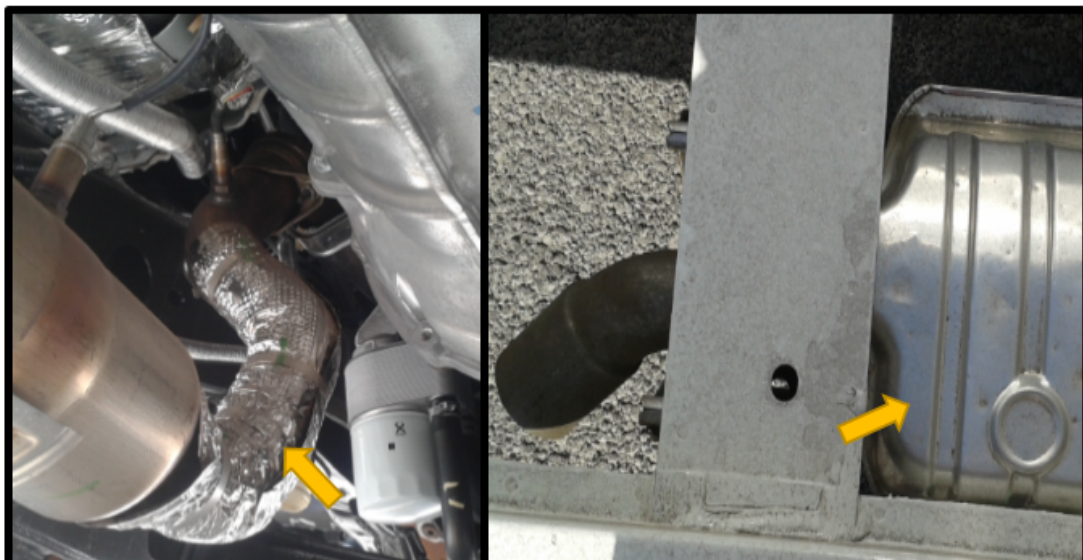


Figura 1.25 Escudos de calor.

Un SE con los componentes mencionados anteriormente es el tipo de sistema que se tomara en cuenta para el estudio aplicando el método de la casa de la calidad (HOQ).

Capítulo 2

Definición del problema

2.1 Objetivos y Alcances

En éste escrito se pretende abordar el método de la función despliegue de la calidad (QFD) en su etapa de la *Casa de la Calidad* utilizando como caso de estudio el análisis de *sistemas de escape* de camiones de carga como producto en análisis .Hasta la primera esta de QFD como entregable final. El interés surge entre un grupo de académicos de la universidad y el personal de una compañía automotriz como un proyecto que muestre, mediante la aplicación de éste método, la posición de su producto (SE o sistema de escape) en el mercado, en relación a los productos competidores. Debido a que este estudio se llevó a cabo bajo ciertas condiciones limitantes, esto es recursos escasos de tiempo y dinero, se realizan solamente aquellos pasos del método de la Casa de la Calidad en donde pueda utilizarse efectivamente la información recabada, así mismo se piensa hacer un método comparativo propio con esta información . Entre éstos pasos se encuentran la recopilación de información de los usuarios del producto, documentación, generación de requerimientos del producto, búsqueda de especificaciones técnicas del producto y realización de relaciones entre los mismos. También se aborda un ejemplo de estudio comparativo derivado de uno de los pasos del método de QFD llega a un estudio comparativo se busca indagar más en el escudo comparativo para ver cual es el mejor SE en el mercado actualmente.

Algunas de las etapas de la Casa de la Calidad requieren actividades relacionadas con adquisición de productos y comparación mediante la participación directa de los consumidores, y debido a su demanda de recursos no fueron realizadas. Tras éstas premisas, el estudio se enfoca en la obtención de información de los productos bajo las etapas principales de la Casa de la Calidad de generación de requerimientos del producto y especificaciones de ingeniería y un conjunto de tablas de relación y comparación con lo cual se busca dar forma a un primer estudio de la casa de la calidad en sistemas de escape automotrices.

2.2 Proceso

Se genero un equipo de trabajo para poder abarcar un mayor campo, el cual se dividió en dos sub. equipos en los cuales se plantearon metas a corto plazo, una equipo desarrollo una búsqueda de patentes del SE para poder saber cuales son los avances tecnológicos actuales del SE. Mientras que el otro equipo se centro en el desarrollo de la esta una de QFD.

Se procederá a desglosar las actividades realizadas por los dos equipos:

Equipo 1

- ❖ Búsqueda de patentes
- ❖ Filtrar todas las patentes
- ❖ Enfocarlo a una parte del SE (uniones)
- ❖ Calificar las patentes para obtener una importancia relativa
- ❖ Muestra de resultados

Equipo 2

- ❖ Especificación de caso de estudio SE
- ❖ Identificación de usuarios
- ❖ Creación de cuestionarios para cada usuario
- ❖ Realización de entrevistas y visitas de campo
- ❖ Obtención de los requerimientos del producto
- ❖ Búsqueda de especificaciones técnicas
- ❖ Filtrar la información recabada
- ❖ Vaciarla en la casa de la calidad
- ❖ Obtención de resultados de la casa de la calidad

Para este proyecto se abarco no solo un despliegue de la casa de la calidad si no también una investigación de patentes que aunque no es abunda en el escrito es importante destacar el trabajo del otro equipo involucrado, ya que es un proyecto afín y posteriormente se puede usar la información recabada por el otro equipo para correlacionarla con esta parte del proyecto, esa parte se queda con un trabajo futuro. A la par, se realizó un ejemplo de estudio comparativo derivado de una de las etapas del método de la Casa de la Calidad. Finalmente se analizó la información obtenida y se definió el trabajo futuro.

Capítulo 3

Aplicación del método QDF 1, de identificación de requerimientos.

3.1 Identificación de usuarios

El objetivo de la actividad de identificación de los usuarios fue encontrar a las personas involucradas en la vida útil de un SE (sistema de escape) de un camión de carga de tres y media toneladas (o afín) y seleccionar aquellos de los que podría obtenerse información adicional además de la que podría obtenerse de los usuarios que se encargan de comprar y conducir la unidad. Se analizaron todos los posibles pasos del ciclo de vida del SE con el fin de conocer que personas intervienen en su vida útil y poder así considerarlos como involucrados o usuarios del producto. Como se menciona en el capítulo 1, un SE está compuesto por elementos como son tubo de salida, mofle, catalizador etc. Al analizar el proceso de fabricación de este producto, se acordó que podría derivarse un usuario por cada una de las etapas del proceso. Esto es, además del usuario común (es decir, dueño de una unidad, de más de una unidad o dueño de flotillas), también puede considerarse como usuario aquel que tiene contacto con el producto, directa o indirectamente, en sus etapas de diseño, manufactura, traslado, ensamble, montaje, ventas, reciclaje, entre otros. La tabla 3.1 muestra la lista de usuarios que fueron identificados y que se consideraron los más importantes.

Usuario	Importancia relativa al SE
Ingeniero	Diseño conceptual
Proveedor	Manufactura y diseño
Ensamblador	Manipulación de partes y montaje final
Compradores minoritas y Flotilleros	Clientes primordiales que compran las unidades
Carrocero	Hacen modificaciones al SE
Taller de agencia	Reparan el SE
Centro de análisis de partes	Verifican y analizan las fallas ocurridas en el SE
Moflero	Reparan el SE
Deshuesadero	Recopilan los desechos del SE

Tabla 3.1 Lista de usuarios identificados a lo largo del Ciclo de vida del SE

A continuación, se analiza a cada uno de los usuarios para tener una idea generalizada de su labor e importancia relativa al ciclo de vida del SE, así como la forma en que su experiencia podría ser útil al momento de definir una lista de necesidades del producto:

Ingeniero

El ingeniero es el encargado de realizar, como se muestra en la importancia relativa al SE de la tabla 3.1, el diseño conceptual del SE. Dentro de la empresa, se valen de software especializado y diversos tipos de normativas y especificaciones para concebir el diseño del SE que posteriormente se comparte con los proveedores ([Véase Anexo 2 reportes de visitas de campo y Anexo 1 para conocer la forma en que fueron abordados para conocer su trabajo](#)). Además, los ingenieros forman parte de una etapa fundamental del desarrollo del método HOQ el cual es la declaración de especificaciones técnicas del producto.

Proveedor

El proveedor se refiere a la organización que recibe el diseño conceptual de la empresa y quien posteriormente se encarga de manufacturar las piezas requeridas como una forma de vender su servicio. Existe retroalimentación entre ingenieros (empresa) y proveedores, relativa al producto. Entre las actividades fundamentales de los proveedores está la construcción de partes (como los catalizadores, tubos, mofles) y el ensamble de piezas prefabricadas (es decir, pueden vender un conjunto de varias piezas pre-ensambladas que van directo a planta), además de realizar, en caso de ser necesario, cambios menores a los modelos CAD para asegurar que las piezas puedan ser construidas.

Ensamblador

El ensamblador es parte del personal de una planta ensambladora. Es aquella persona que se encuentra en la línea de ensamblaje. Para este estudio, se hace referencia particularmente en el punto donde se monta el SE de una unidad y dicha persona tiene la experiencia referente al proceso, como los aspectos referentes a los tiempos de montaje, el herramental utilizado, las complicaciones de montaje, etc. En este estudio también se consideró la experiencia de un ensamblador de camiones de prueba (Véase anexo 2).

Compradores minoristas y flotilleros

Se refieren a los usuarios que adquieren las unidades para uso personal y que, por ende, representan a los usuarios más importantes debido a su impacto económico en la empresa. Los minoristas son aquellas personas que compran unidades por menudeo, el uso que les dan a las mismas puede ser variado, mientras que los flotilleros, aquellos consumidores que adquieren cantidades significativas de unidades, suelen realizar modificaciones de las mismas debido a que se tratan de camiones de carga tipo chasis-cabina y que cuya aplicación es específica. La figura 3.1 ejemplifica una flotilla de camiones tipo pick-up en proceso de "carrozado" cuya aplicación final será constar como herramienta en el montaje de líneas telefónicas.



Figura 3.1 Flotilla de camiones de carga.

Carrocero

Se refiere a aquel usuario que se encarga de hacer modificaciones a las unidades con tal de cumplir condiciones para realizar tareas específicas. Se puede realizar una modificación o carrozado a cualquier unidad. La figura 3.2, por ejemplo, muestra el carrozado de una camioneta que cumplirá las características de una unidad especializada de rescate en terrenos peligrosos. Las modificaciones que realizan los carroceros a los camiones de carga suelen depender de la aplicación, pueden ser redilas o cajas secas para carga, pipas para transporte, grúas eléctricas o plataformas, entre otras, y estas modificaciones pueden requerir otro tipo de modificaciones mayores (Figura 3.3) como alargamiento de tubos de escape o corte y alargamiento de chasis.



Figura 3.3 Ejemplo de un carrozado especial para unidades de rescate.



Figura 3.1 Imagen capturada en la parte interior trasera de una ambulancia que muestra el alargamiento de chasis como una de las modificaciones realizadas

El carrocerero es considerado un usuario de importancia debido a que se ha identificado que una de las necesidades que tiene, es la de tener la posibilidad de modificar la unidad y, por ende, alguno de los subsistemas de la misma, como lo son el chasis o el SE.

Taller de agencia

Si una unidad ha tenido una falla y su garantía es vigente, las unidades pueden ser reparadas en los talleres mecánicos de las agencias automotrices. Se consideran como usuarios a los técnicos de dichos talleres pues de acuerdo a su experiencia, son las personas que saben cuáles son los problemas más comunes en un SE y, si cuentan con un registro, la frecuencia con la que dichos problemas se presentan son conocidos y en algunos casos documentados.

Centro de análisis de partes

La importancia del centro de análisis de partes de la compañía radica en que el personal que se encuentra ahí está en contacto directo con las partes que presentaron fallas y que son recibidas de las agencias con el fin de hacer válido el trámite de reemplazo de las partes. Por la experiencia adquirida en el trabajo de campo, se sabe que muchas de las partes de una unidad, debido al buen control de calidad y al adecuado diseño, presentan pocas fallas pero sin embargo esas fallas pueden ser tomadas como muestras significativas de posibles fallos donde puede implementarse una mejora.

Moflero

Se refiere a mecánicos que realizan reparaciones y que operan de forma independiente a una compañía. La importancia de este tipo de usuarios radica en que son los conocedores de las fallas más comunes una vez terminado el periodo de tiempo en que se garantiza que un SE funcionará correctamente. Como comúnmente se sabe, una unidad (camión) no se desecha una vez terminado el periodo de garantía y dicha unidad sigue estando en constante uso. El moflero, al ser el intermediario entre el conductor y la unidad, es el usuario que tiene la experiencia en aquellas fallas en las que incurre el sistema por lo que su experiencia es de vital importancia en el momento en que se desea analizar las complicaciones que tiene el SE a lo largo del tiempo.

Deshuesadero

Se refiere al personal que labora en aquellos lugares en los que las piezas del SE, una vez desechadas, son procesadas para su posterior reciclaje o destrucción. Esta etapa del proceso de vida del SE puede ser considerada relevante si se piensa como un producto completo, incluso reciclable. Si durante la concepción de un producto, el SE por ejemplo, se consideraran aspectos como protección del medio ambiente, protección del usuario, reciclaje, destrucción, contaminación, entre otros, podría considerarse como *buena práctica* diseñar considerando la seguridad de aquellos usuarios que se encargan, por ejemplo, del desarme de tubos o la destrucción de piezas como los convertidores catalíticos.

3.2 Realización de entrevistas y trabajo de campo

La actividad posterior a la identificación de los usuarios del producto que fueran de importancia debido a la información que proporcionarían al proyecto, fue encontrar la forma más útil de obtener información de los mismos. Como se menciona en el capítulo 1, algunas de las actividades sugeridas pueden ser la realización de encuestas en línea, trabajar en un ambiente significativo donde puedan observarse a los clientes interactuar con el producto o la realización de entrevistas. Las entrevistas son la actividad más recomendada debido a que se tiene una interacción mucho más cercana con el cliente. Durante una entrevista pueden observarse sus reacciones y opiniones sobre el producto y, si se pueden realizar en el ámbito usual donde interactúan con el producto como fue el caso del SE, pueden saltar a la vista observaciones indirectas que pueden tomarse en cuenta y que el usuario no menciona al momento de la misma, como puede ser la manipulación y uso del producto, el conocimiento del mismo, comparaciones con otros productos, sugerencias, entre otros. Debido a la variedad del tipo de usuarios y acceso a los mismos, en algunos casos se realizaron entrevistas y en otros casos se realizaron observaciones o visitas de campo. La tabla 3.2 resume el número de actividades que se lograron realizar respectivamente para cada usuario y en algunos casos no se tuvo acceso a su información.

El carrocerero es considerado un usuario de importancia debido a que se ha identificado que una de las necesidades que tiene, es la de tener la posibilidad de modificar la unidad y, por ende, alguno de los subsistemas de la misma, como lo son el chasis o el SE.

Taller de agencia

Si una unidad ha tenido una falla y su garantía es vigente, las unidades pueden ser reparadas en los talleres mecánicos de las agencias automotrices. Se consideran como usuarios a los técnicos de dichos talleres pues de acuerdo a su experiencia, son las personas que saben cuáles son los problemas más comunes en un SE y, si cuentan con un registro, la frecuencia con la que dichos problemas se presentan son conocidos y en algunos casos documentados.

Centro de análisis de partes

La importancia del centro de análisis de partes de la compañía radica en que el personal que se encuentra ahí está en contacto directo con las partes que presentaron fallas y que son recibidas de las agencias con el fin de hacer válido el trámite de reemplazo de las partes. Por la experiencia adquirida en el trabajo de campo, se sabe que muchas de las partes de una unidad, debido al buen control de calidad y al adecuado diseño, presentan pocas fallas pero sin embargo esas fallas pueden ser tomadas como muestras significativas de posibles fallos donde puede implementarse una mejora.

Moflero

Se refiere a mecánicos que realizan reparaciones y que operan de forma independiente a una compañía. La importancia de este tipo de usuarios radica en que son los conocedores de las fallas más comunes una vez terminado el periodo de tiempo en que se garantiza que un SE funcionará correctamente. Como comúnmente se sabe, una unidad (camión) no se desecha una vez terminado

el periodo de garantía y dicha unidad sigue estando en constante uso. El moflero, al ser el intermediario entre el conductor y la unidad, es el usuario que tiene la experiencia en aquellas fallas en las que incurre el sistema por lo que su experiencia es de vital importancia en el momento en que se desea analizar las complicaciones que tiene el SE a lo largo del tiempo.

Deshuesadero

Se refiere al personal que labora en aquellos lugares en los que las piezas del SE, una vez desechadas, son procesadas para su posterior reciclaje o destrucción. Esta etapa del proceso de vida del SE puede ser considerada relevante si se piensa como un producto completo, incluso reciclable. Si durante la concepción de un producto, el SE por ejemplo, se consideraran aspectos como protección del medio ambiente, protección del usuario, reciclaje, destrucción, contaminación, entre otros, podría considerarse como *buena práctica* diseñar considerando la seguridad de aquellos usuarios que se encargan, por ejemplo, del desarme de tubos o la destrucción de piezas como los convertidores catalíticos.

3.2 Realización de entrevistas y trabajo de campo

La actividad posterior a la identificación de los usuarios del producto que fueran de importancia debido a la información que proporcionarían al proyecto, fue encontrar la forma más útil de obtener información de los mismos. Como se menciona en el capítulo 1, algunas de las actividades sugeridas pueden ser la realización de encuestas online, trabajar en un ambiente significativo donde puedan observarse a los clientes interactuar con el producto o la realización de entrevistas. Las entrevistas son la actividad más recomendada debido a que se tiene una interacción mucho más cercana con el cliente. Durante una entrevista pueden observarse sus reacciones y opiniones sobre el producto y, si se pueden realizar en el ámbito usual donde interactúan con el producto como fue el caso del SE, pueden saltar a la vista observaciones indirectas que pueden tomarse en cuenta y que el usuario no menciona al momento de la misma, como puede ser la manipulación y uso del producto, el conocimiento del mismo, comparaciones con otros productos, sugerencias, entre otros. Debido a la variedad del tipo de usuarios y acceso a los mismos, en algunos casos se realizaron entrevistas y en otros casos se realizaron observaciones o visitas de campo. La tabla 3.2 resume el número de actividades que se lograron realizar respectivamente para cada usuario y en algunos casos no se tuvo acceso a su información.

Usuario	Observaciones/Visitas de Campo	Entrevistas
Ingeniero	0	4
Proveedor	2	2
Ensamblador de "Mula"	4	1
Ensamblador en Planta	2	2
Personal de Agencias	5	0
Centro de análisis de partes	1	1
Mecánico de agencia	Datos del sistema	0
Carrocero	8	8
Flotilleros	0	0
Minoristas	0	10
Moflero	0	20
Deshuesadero	0	0

Tabla 3.2 Lista de actividades realizadas para la obtención de información del cliente.

Las entrevistas fueron preparadas con anticipación por los miembros del equipo y durante su realización se solicitaba a los clientes a profundizar en aspectos en particular. Las observaciones o visitas de campo consistían en actividades externas, como visita a planta de ensamblaje o a instalaciones de los proveedores de la empresa, de las cuales podía obtenerse información relevante.

3.3 Identificación de las necesidades del cliente

Como lo señala la metodología de la Casa de la calidad, el proceso de la realización de las entrevistas consistió en el primer paso para la obtención posterior de los requerimientos del cliente.

En este primer paso es donde se obtuvo la "información sin procesar" del cliente, en donde fue documentada toda la información posible de los "deseos que tiene el cliente" del producto en sus

propias palabras, además de las observaciones pertinentes de los miembros que realizaban las actividades. Un ejemplo de observaciones dadas por los clientes, que son tomados como “información sin procesar”, se enlistan a continuación:

- Los tubos se oxidan y se pican.
- Los empaques se queman muy fácilmente.
- Algunos tornillos se estropean debido al calor.
- Para ensamblar un sistema de escape se requieren varias herramientas.
- Etcétera.

Por medio de las entrevistas se logró obtener un total de 51 enunciados que expresaban la necesidad de los clientes y observaciones.

3.4 Requerimientos

Se trata de la parte más importante de la matriz HOQ y la primera que debe ser completada. Es una lista estructurada de los requerimientos del cliente referidos a un producto y dicha lista se encuentra descrita en sus propias palabras (Voz del cliente). El proceso llevado a cabo para la identificación de los requerimientos del cliente fue primeramente ordenar la información sin procesar obtenida previamente con las entrevistas y enlistar todos los enunciados posibles. Posteriormente, se interpretó cada uno de ellos utilizando las reglas recomendadas para la obtención de requerimientos, que son:

- Exprese la necesidad en términos de lo que el producto tiene que hacer, no en términos de cómo puede hacerlo.
- Exprese la necesidad tan específicamente como la información sin procesar.
- Use enunciados positivos, no negativos.
- Exprese la necesidad como atributo del producto.
- Evite las palabras *debe* y *debería*.

La tabla 3.3 muestra una porción de la tabla completa de requerimientos obtenidos en el proceso. En ésta actividad, con el fin de generación de posibles ideas útiles para la interpretación adecuada de los requerimientos, se involucraron los miembros del grupo de trabajo.

Grupo	Información sin procesar	Requerimiento interpretado	Importancia
Tubos	Los tubos se oxidan y se pican	Los tubos mantienen su apariencia y función durante su periodo de vida	5
	Para separar dos tubos tengo que cortar	Los tubos del sistema de escape (SE) se separan sin cortar	5
	La muesca de unión no permite mantener los tubos firmes durante el ensamblaje antes de fijarlo totalmente.	Los tubos del SE se ensamblan fácilmente	5
Carrozado	El SE no tiene la facilidad de modificarse de acuerdo al carrozado	El SE no interviene en condiciones de carrozado	3
		El SE puede modificarse fácilmente para cumplir las condiciones de carrozado	3
Ubicación	Es necesario remover varias piezas para realizar servicio a la unidad	El SE puede recibir servicio sin la necesidad de remover otras piezas	4
Partes	Es difícil cambiar los empaques	Es fácil cambiar los empaques del SE	3

Tabla 3.3 Porción de la tabla de requerimientos final que muestra la información sin procesar, el requerimiento interpretado y su respectiva evaluación.

Como se muestra en la tabla 3.3, el aspecto fundamental de la interpretación de los requerimientos del cliente consiste en que de esta manera una lista de enunciados más claros y objetivos y, en algunos casos, una observación o necesidad sin procesar, puede originar dos o más requerimientos interpretados de importancia. También se muestra como se siguió un ordenamiento de los requerimientos por grupos que permitan localizar tópicos de una forma más ordenada dado el número de enunciados obtenidos.

El siguiente paso del método de la Casa de la calidad mencionado en el capítulo 1, es la evaluación de cada uno de los requerimientos interpretados. Dicha evaluación permite generar una estrategia de posibles objetivos a seguir utilizando la información comparativa con la competencia. La tabla 3.3 muestra la manera de abordar la evaluación de los requerimientos en donde se utiliza un rango de números enteros del 1 al 5, donde el número 1 representa poca o nula importancia y el 5 representa una importancia alta.

Para llevar a cabo la actividad, se utilizó ayuda adicional de la experiencia del área de ingeniería de la empresa que podría aportar su criterio sobre los requerimientos que podrían considerarse de importancia, además del registro de la frecuencia con que los requerimientos se repetían, esto es, si en las entrevistas un requerimiento en específico era muy frecuente se consideraba parte de la evaluación de la importancia en la tabla de requerimientos.

El anexo 1 contiene la tabla completa de los requerimientos del cliente.

3.5 Interpretación de los requerimientos

Posteriormente al encontrar la voz del cliente ¿Qué dijo el usuario?, Se obtuvieron 60 requerimientos de los cuales se llegaron a 52 requerimientos finales, ya que la interpretación de los requerimientos se volvió como un filtro muchos requerimientos se reinterpretaban de la misma forma por lo que se descartaron ocho .

Finalmente con los 52 requerimientos se reinterpretaban de nuevo para convertirlos en especificaciones técnicas, llevarlo a un punto mas técnico ayuda en el posterior diseño ya que es mas fácil generar parámetros técnicos y seguirlos que desde el punto de la voz del cliente.

Requerimientos Interpretados	Especificaciones
Los tubos de entrada (inlet pipe) del SE se acoplan en el múltiple.	Parámetros correspondientes a la prueba de fuga
El tubo del SE no se rompe en donde se une con otros componentes	Resistencia a la corrosión de la unión
El tubo del SE se mantiene en posición o libre de contacto en cualquier condición de lastre.	Tolerancia de posición
El SE es resistente a impactos.	Resistencia al impacto de los componentes y uniones del SE
Los tubos del SE se posicionan antes de apretar.	Alineación (Concentricidad)
Los empaques resisten altas temperaturas sin quemarse.	Parámetros correspondientes a mejores practicas de material para empaques
El modelo CAD del SE es fácil de manufacturar.	Numero de operaciones de manufactura Requeridas

Tabla 3.4 Porción de la tabla de requerimientos interpretados a especificaciones técnicas.

Capítulo 4

Aplicación del método QFD 1, Definición de especificaciones

4.1 Estudio de documentación

La forma en la que el equipo de trabajo obtuvo información relevante para la construcción de la lista de especificaciones técnicas fue basándose en información propia de la compañía relativa al manejo de problemas con el SE. Esta información fue obtenida de documentos tipo DFMEA (*Design Failure Mode and Effect Analysis*) relativos al diseño y solución de problemas del SE, DVPR (*Design Verification Plan and Report*) relativo al conjunto de pruebas que se realizan al SE y finalmente las Mejores Prácticas (*Best Practices*) que indican métodos o técnicas de diseño que constantemente han mostrado mejores resultados a los largo del tiempo y que se toman como guía para futuros cambios.

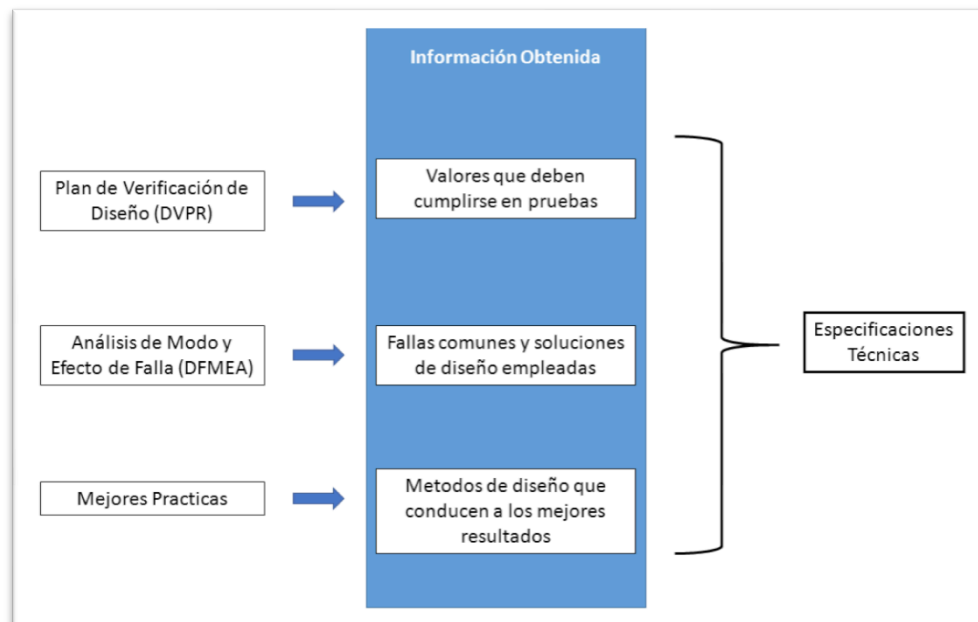


Figura 4.1 Flujo de obtención de información para construir las especificaciones técnicas.

La figura 4.1 muestra el origen de la información que se utilizara para la definición de las especificaciones técnicas y el tipo de información de cada una de las fuentes. En general, el tipo de información obtenida se trata de un banco con información técnica muy específica relativa a las pruebas vehiculares que se realizan, los métodos y las soluciones de diseño empleadas en la práctica. Utilizar información interna de la compañía acerca de estándares internos permitió obtener una serie de especificaciones entre las cuales escoger para poder relacionarlas con los requerimientos de los clientes, lo cual es de utilidad en caso de no contar con experiencia propia para la generación de especificaciones técnicas en un área tan específica como lo son los sistemas automotrices. Esto enriqueció aun más el proceso para definir las especificaciones técnicas del

producto debido a que surgieron un gran número de parámetros y estándares relativos al SE que podrían no estarse contemplando al momento de realizar ésta etapa del estudio.

Cada una de las especificaciones obtenidas fue documentada de forma tabular. Para poder obtener la especificación hubo que representarla con una métrica (un parámetro medible), un valor o rango, una tolerancia y sus unidades respectivas (Tabla 4.1), tal como se describe en el capítulo 1.

No.	Métrica	Valor	Tolerancia	Unidades
1	Emisión de ruido	Valor 1	Tol 1	dB
2	Movimiento del sustrato dentro del catalizador	Valor 2	Tol 2	mm
3	Años sin presentar corrosión	Valor 3	Tol 3	años
4	Fuga permitida en ensamblajes	Valor 4	Tol 4	L/s

Tabla 4.1 Ejemplo de métricas de ingeniería o especificaciones técnicas para un sistema de escape (Los valores no se muestran para proteger metodologías internas).

Algunos de los requerimientos de ingeniería internos, además de basarse en los estándares internos de la compañía, están también basados en pruebas SAE y ASTM, algunas de cuales se tomaron también en cuenta para la elaboración de especificaciones de algunas partes que son puestos a prueba de una manera diferente, como los materiales de goma o los escudos acústicos y térmicos. Las especificaciones obtenidas finales de todos los documentos analizados fueron trecientas cuarenta y cuatro.

4.2 Jerarquización de Especificaciones.

La jerarquización de las especificaciones no fue una ponderación de unos valores calificando a las especificaciones ya que como se tomaron directamente de la base de datos de la empresa para la cual se hizo el trabajo, todas las especificaciones tendrían la misma calificación y orden de importancia ya que se aplican directamente como especificaciones de diseño, lo que nos llevó a jerarquizar las especificaciones como una dirección de mejora, se obtuvieron 344 especificaciones de las cuales se descartaron 112 en un inicio al llevarlas a la casa de la calidad ya que se repetían las mismas especificaciones solo con una diferencia de parámetros que al calificarlas dentro de la casa de la calidad darían el mismo resultado, para no ser iterativos solo se calificaron 232 con dirección de mejora.

La dirección de mejora se pensó para resaltar a las especificaciones que pueden maximizar o minimizar una especificación, si la especificación es un dato directo no puede variar por lo que se descarta dentro de la casa de la calidad se simbolizo de este modo; Minimizar (▼), Maximizar (▲), o sin cambios (x).

Las especificaciones a Minimizar (▼) fueron 91, siempre se busca minimizar muchos parámetros pero los más representativos fueron: minimizar las emisiones de ruido, gases contaminantes, temperatura de salida de los gases o fugas de todo tipo en el sistema. Mientras que las especificaciones a Maximizar (▲) fueron 26, se pretende maximizar el tiempo de servicio del SE así como el tiempo en que la apariencia externa continua sin corrosión, grietas o desgaste visible, las especificaciones sin cambios (x) fueron 115 todas estas especificaciones son medidas determinadas sin un cambio aparente más que de diseño o pruebas determinadas.

4.3 Matriz de correlación y matriz de relación

Debido a que se obtuvieron una gran cantidad de requerimientos del cliente y especificaciones técnicas, surgió la necesidad de establecer una forma de documentarlas de una forma conveniente para continuar con los procesos evaluativos. Dichos procesos evaluativos, como la metodología QFD lo señala, consiste en realizar un análisis entre los requerimientos del producto y las especificaciones. Este análisis consiste en colocar dentro de las matrices respectivas de la casa de

la calidad una serie de símbolos, letras o caracteres que representen un grado de relación entre las listas antes mencionadas. A menudo, en los estudios realizados en empresas surgen también una gran cantidad de requerimientos y especificaciones técnicas del producto y se opta por situarlos en las configuraciones tradicionales de la matriz triangular (el techo de la casa de la calidad que representa la *matriz de correlaciones*) y la matriz rectangular (que representa la *matriz de relaciones*) y se colocan en grandes planos que tienen una gran ventaja debido a que se interactúa con la información de una manera gráfica. La forma conveniente con la que se propone documentar la información de estas etapas en este escrito es utilizando una configuración tabular para cada una de las matrices. La figura 4.2 muestra la representación tabular utilizada y que representa a la matriz de relaciones.

	Tipo de Relación	Especificaciones Relacionadas				
		1	10	15	4	...
Requerimiento 1	F	1	10	15	4	...
	M	5	12	9	6	...
	D	8	21	50	17	...
Requerimiento 2						
Requerimiento 3						
...						

Especificaciones con las que está relacionado cada requerimiento de acuerdo a su tipo de relación.

Figura 4.2 Representación tabular de la matriz de relaciones. Para cada requerimiento se enlista el conjunto de especificaciones de acuerdo a su Fuerte, Mediana o Débil relación.

Por fines prácticos en la figura 4.2 se muestra la representación tabular de la matriz de relaciones que fue utilizada. Como se señala en el capítulo 1, en la matriz de relaciones se busca desarrollar una actividad que consiste en fijar una determinada relación entre los requerimientos del producto y las especificaciones técnicas. Esta relación consiste en colocar símbolos o letras que indiquen una relación fuerte, mediana o débil y representa el grado en que un conjunto de especificaciones satisfacen una necesidad en particular.

La matriz de correlaciones (el techo de la casa de la calidad), en cambio, utiliza un método similar para relacionar las especificaciones técnicas entre sí. Utiliza los símbolos positivo y negativo e indica si una especificación mejora o empeora al cambiar los valores de otra especificación dada. Se trata de una forma de visualizar de forma rápida que valores conviene ser modificados con el propósito de alcanzar los *valores objetivos establecidos*. La figura 4.3 muestra la manera tabular utilizada para representar la matriz de correlaciones de la casa de la calidad.

En esta matriz los rubros fueron llenados de la siguiente forma por la parte de requerimientos se obtuvieron 52 requerimientos mientras que las especificaciones fueron 232 los tipos de relación fueron muy semejantes para todos los rubros ya que al contar con demasiadas especificaciones los requerimientos se empataban con una calificación muy baja.

	Tipo de Relación	Especificaciones Relacionadas				
Especificación 1	+	1	9	16	3	...
	-	8	12	11	6	...
Especificación 2						
Especificación 3						
...						

Especificaciones con las que está relacionada la especificación 1 de acuerdo a su relación de mejora o empeora.

Figura 4.3 Representación tabular de la matriz de correlaciones. Para cada especificación se enlista el conjunto de especificaciones de acuerdo a su tipo de relación de mejoramiento o empeoramiento.

Las listas completas representativas de las matrices de relación y correlación se encuentran en los apartados de anexos. (Véase Anexo 7 Tabla Casa de la Calidad)

La parte superior de la casa de la calidad cuenta de 232 especificaciones por 232 especificaciones genera 53,824 correlaciones para evaluar y como se ve es un gran número por lo que se pensó dejar a trabajo futuro, ya que para este escrito la parte superior de la casa no nos genera un interés importante si se procede con un trabajo futuro una forma de llenar la parte sugerir es jerarquizar las especificaciones por grupos de interés y disminuir las correlaciones existentes.

Capítulo 5

Estudio comparativo de sistemas de escape

5.1 Introducción de estudio comparativo

El método comparativo suele ayudar para un estudio de la evaluación de un campo de investigación, se estudian sistemas que pertenecen a un mismo grupo pero que difieren en algunos aspectos estas diferencias son el foco de la investigación lo que se busca es saber cuáles son las diferencias en los sistemas, para comparar la estructura de los sistemas las cuales generan las diferencias entre los sistemas.

Para las empresas actuales la mejora de sus productos es indispensable mejor la calidad continuamente es un tema que le compete a las empresas, cuando se busca hacer una mejora en algún sistema se puede hacer con varios métodos uno de los cuales es hacer un estudio comparativo, el cual involucra a la competencia directa del sistema a mejorar, las marcas líderes en el mercado son las que se analizan (por qué) se encuentran en esa posición cuál es su innovación de dicho sistema o que partes comparte con los otros sistemas del mercado, adicionalmente es una forma fácil de hacer mejoras en un producto de una manera muy simple.

5.2 Caso de estudio

En la década de los 60's surgió un interés común por controlar las emisiones en automóviles debido al creciente uso de los mismos y en la actualidad el control de emisiones esta normalizado por las leyes de los países, en México la normatividad encargada de regular estas emisiones es la NOM 076. Para realizar el control de emisiones, un sistema de escape en general se encarga de conducir los gases de escape a través de una serie de componentes que se encargan de reducir los contaminantes y ruido.

Actualmente se analizan un sistema de escape de una marca conocida que busca saber la posición de su producto con respecto a la del mercado sin hacer una gran inversión en el estudio y poder obtener información de forma simple sobre los componentes de otras marcas para solucionar un sistema de escape, el estudio comparativo se basó en saber todas las configuraciones de los sistemas cuantas eran sus partes y de qué forma de acomodaban si contaban con sujeciones y de qué tipo, si contaban con catalizadores y la configuración de los mismos o bien con aislantes para amortiguar la vibración, en algunas publicaciones se marcan formas de hacer un estudio comparativo la nuestra fue propia y se implementó directamente con los recursos totales de la empresa.

5.3 Análisis comparativo

Existen algunos métodos de análisis de productos los cuales abordan una etapa de comparación. Uno de estos métodos es la función de despliegue de calidad (Quality Function Deployment) en una de cuyas etapas se aborda un ejercicio de comparación de productos. En este estudio se utiliza la voz del cliente como fuente de información para definir requerimientos. En este tipo de comparación se califica el nivel de satisfacción de los productos de acuerdo a la opinión de los propios clientes, además de evaluar las características del mismo producto.

En el estudio comparativo realizado se propuso un método ya que se realizó en un lapso de tiempo relativamente corto y se utilizaron el mínimo de los recursos, la secuencia a seguir fue la siguiente:

5.3.1 Definición del propósito del análisis.

El propósito del análisis es hacer una comparación actual de los SE existentes en el mercado y de los componentes que se encuentran en el mismo para analizar sus geometrías y configuraciones, para esto se nos proporciona una tabla con los interés geométricos y de configuración que requería saber de la competencia la marca para la cual se hizo el estudio comparativo.

Características del S.E.	Marca							
	Gasolina			Diesel				
	Marca 1	Marca 2	Marca 3	Marca 4	Marca 5	Marca 6	Marca 7	Marca 8
Longitud de escape [cm]	4591.81mm	213cm	384cm	270cm	174cm	190cm	174cm	174cm
Diámetro de tubos [cm]	85.3mm interior, 88.9 exterior	7.5, 8.7	8.9	6.0, 8.0	6.9, 7.6	8.7	6.9, 8	5.9
Espesor de paredes en tubos de escape [mm]	3.6 mm	0.25	0.25	0.35	0.25	0.25	0.2	0.3
Número de Sensores de Oxígeno [Unidades]	4	4	4	1	0	1	1	0

Tabla 5.1 Ejemplo de la tabla comparativa Marca VS Competencia

Se obtuvo una tabla comparativa con la marca propia y la competencia (Véase Anexo 3 Tabla Comparativa Marca VS Competencia).

5.3.2 Identificación de usuarios del producto y competencia.

La etapa de identificación de usuario del producto se aborda en el Capítulo 3 (Aplicación del método QFD I. Identificación de requerimientos) en el apartado 3.1 Identificación de usuarios.

La identificación de la competencia se basó en la capacidad de carga de la marca propia con las marcas que cuentan con la misma capacidad de carga, esto hace que el estudio no solo se limite a camiones de un tipo de combustible sino también a camiones que cuente con otro tipo de combustibles, como lo es el diésel el camión a analizar cuenta con un suministro de gasolina y solo dos en la competencia también son suministrados de gasolina este ocasionaba que si se cerrara a este parámetro solo se analizarían tres productos sabiendo que en el mercado existen más unidades, estas unidades son de carga, en el mercado se utiliza más el diésel ya que da una mejor aprovechamiento de combustible y por el tipo de servicio las unidades se utilizan para transporte de mercancía, las unidades diésel analizadas fueron cinco.

Esta comparación es posible ya que este estudio comparativo no está basado en el funcionamiento como tal del sistema de escape sino más bien está basado en la configuración de cada sistema, piezas, geometría, asimismo todos los sistemas son aceptables sin importar con qué tipo de combustibles cuente la unidad.

Otro parámetro de identificación de la competencia fue el análisis del mercado cuales son las marcas comerciales más conocidas y ¿por qué?, en el mercado existe un aproximado de quince o más camiones que ofrecen este tipo de tonelaje a la industria, para el presente estudio se consideraron ocho marcas distintas de las cuales tres son de gasolina y el resto son unidades diésel. Las unidades no contempladas en el estudio fueron aproximadamente siete filtradas por la accesibilidad de las marcas en México con esto no se dice que no sean marcas líderes en otros países sino más bien que se contemplaron las marcas más comerciales en este país.

5.3.3 Obtención de información y generación de requerimientos del producto.

Esta parte se abunda en el capítulo 3 sección 3.4.

Para recopilar la información que nos dan pauta al estudio comparativo se necesitó hacer entrevistas a cada usuario para saber cómo se encontraba la competencia con respecto a la marca propia, todas las formas de recopilación de datos fueron por medio de entrevistas, vistas a plantas, y la revisión de base de datos del sistema de quejas internas y documentos internos.

Usuario	Visitas de Campo	Entrevistas
Ingeniero	0	4
Proveedor	2	2
Ensamblador de "Mula"	4	1
Ensamblador en Planta	2	2
Personal de Agencias	5	0
Centro de análisis de partes	1	1
Mecánico de agencia	1	0
Carrocero	8	8
Minoristas	0	10
Técnicos (Moflero)	0	20

Tabla 5.2 Lista de entrevistas a usuarios

La información fue documentada y analizada con lo cual se obtuvieron los requerimientos del producto, siguiendo la metodología de la voz del cliente. Al final se obtuvieron 52 requerimientos una vez procesada toda la información recabada. Posteriormente se evaluó la importancia de los mismos, asignándoles un número respectivo en una escala del 1 al 5. Para este caso de estudio se tomaron aquellos que tuvieran las calificaciones más altas (Véase Anexo 4 Tabla Requerimientos 2. Por Tipo)

Para cada marca se llenó un cuestionario que nos indicaba las medidas de todas las partes que contiene el sistema de escape y medidas entre los componentes como por ejemplo; (distancia entre los sensores de oxígeno, distancia del múltiple al primer sensor de oxígeno) esto nos indicó la longitud total de todas las marcas, la longitud de cada uno de sus componentes, el número de piezas con el que cuenta el SE, la posición de las piezas. (Véase Anexo 3 Tabla Comparativa Marca VS Competencia).

Nos importa la longitud y la configuración del SE, para poder ver directamente las partes del sistema y saber cuáles son las diferencias de los demás sistemas con el propio esto nos indica que partes son indispensables para la competencia y cuáles no, que materiales usan y cuál es su configuración.

La información arrojada se concretó en tablas de medidas y especificaciones propias de cada marca con esto se siguió el método de QFD en sus primeras etapas y se ampliaron en un estudio comparativo.

5.3.4 Definición de los criterios de comparación

De forma similar al método de la función despliegue de la calidad (QFD), se tomaron los requerimientos del producto obtenidos con el método de *la voz del cliente* y se consideraron como los criterios utilizados para evaluar cada uno de los productos. Previamente a los requerimientos se les asignó una importancia relativa del uno al cinco y se generaron dos tablas una con los requerimientos que contaban con una importancia relativa aprobatoria que en el caso serían los que obtenía una calificación de cinco y cuatro, esta tabla refleja la comparación de la competencia con los requerimientos de mayor importancia relativa (Véase Anexo 5 Tabla Importancia Relativa Aprobatoria). Posteriormente se realizó una segunda tabla con todos los requerimientos para no excluir a los requerimientos que no contaban con una calificación aprobatoria ya que todos se obtuvieron de *la voz de cliente* y esto nos refleja una importancia directa (Véase Anexo 6 Tabla Estudio Comparativo).

5.4 Evaluación de los productos y generación de resultados

Para evaluar a cada uno de los productos se construyó dos tablas en las que se colocaron los criterios de evaluación (verticalmente) y las etiquetas respectivas de los productos (horizontalmente). La actividad consistió en llenar las celdas con una respectiva calificación que representa el nivel de satisfacción de cada producto respecto a cada uno de los requerimientos. Se utilizó una escala numérica del 1 al 3, sin fracciones o decimales y que representaban cada uno baja, mediana o alta satisfacción (o cumplimiento).

Al final se obtiene una tabla (Véase Anexo 5 Tabla Importancia Relativa Aprobatoria) en donde pueden encontrarse las calificaciones de cada uno de los productos respecto a los requerimientos con importancia relativa. Al final de la tabla se muestra el puntaje que obtuvo cada uno de los productos evaluados. Debido al tipo de evaluación y a que se contaba con 28 criterios de evaluación (requerimientos del producto con importancia relativa), el rango de puntajes variaba entre 28 como mínimo y 84 como el máximo. Se clasificó a los productos en función de su puntaje y se obtuvieron dos grupos, uno de altos puntajes y otro con los más bajos puntajes. Entre los productos de más altos puntajes se encuentran cuatro camiones tipo Diésel con los valores 70, 71, 73 y 74 como puntaje. Los de mas bajo puntaje son otro grupo de 4 camiones, 3 de los cuales son camiones de gasolina (y uno de ellos, en particular, es el producto de la compañía participe) y tienen los valores 63, 63, 63 y 67.

Mientras que para la tabla (Véase Anexo 6 Tabla Estudio Comparativo) debido a que se contaba con 52 criterios de evaluación (requerimientos) el rango de puntajes variaba entre 52 como mínimo y 156 como el máximo. Se clasificó a los productos en función de su puntaje y se obtuvieron tres grupos, uno de altos puntajes, mediano puntaje y otro con los más bajos puntajes. Entre los productos de más altos puntajes se encuentran un camión tipo Diésel con valor de 127 como puntaje, este grupo solo cuenta con un camión debido a que fue el que más sobresalió y se despejó mucho de los otros competidores como para poderlo incluir en alguno de los otros dos grupos. Los de mediano puntaje se encuentran cuatro camiones tipo Diésel con los valores 120, 119, 117, 116 como puntaje. Los de mas bajo puntaje son otro grupo de tres camiones, de gasolina (y uno de ellos, en particular, es el producto de la compañía participe) y tienen los valores 108, 108, 108.

En la tabla que se emplearon todos los requerimientos se encontraron tres grupos debido a que los requerimientos que no contaban con una importancia relativa aprobatoria marco una diferencia entre la competencia de los productos, lo que nos indica que aunque estos requerimientos no tienen una gran importancia si ay marcas que cumplen con hechos y por lo tanto los grupos varían.

Capítulo 6

Conclusiones

6. Conclusiones y Trabajo Futuro

En la aplicación del método QDF 1 se identificaron los usuarios y con este método se nos permitió hacer un filtro de cuales fueron los usuarios con una importancia relativa dentro de la vida útil del SE y así mismo poder descartar a los usuarios que aunque contaban con una interacción con el SE no aportaban información relativa para el estudio.

Se concluyo con doce usuarios de los cuales tres no fueron usuarios con importancia relativa, del resto de los usuarios se recabaron los requerimientos del cliente, por medio de entrevistas y visitas de campo, como resultado de la identificación de requerimientos y necesidades del cliente se obtuvieron cincuenta y dos requerimientos finales a los cuales se les jerarquizo con el fin de introducirlos en la casa de la calidad 1, el peso relativo mayor fue de 2.7 este puntaje lo obtuvieron 19 requerimientos debido a su importancia relativa mientras que el peso relativo menor fue de 0.5 este se le asigno a 6 requerimientos.

Para la definición de especificaciones se analizo documentos internos de la empresa los cuales ya son especificaciones de diseño que actualmente se ocupan en el mejoramiento de problemas del SE, estas especificaciones vienen de tres documentos Plan de Verificación de Diseño (DVPR), Análisis de Modo y Efecto de Falla (DFMEA) y Mejores Practicas la información obtenida se clasifico en tres parámetros, Valores que deben cumplir en pruebas, Fallas comunes y soluciones de diseño empleadas y Métodos de diseño que conducen a los mejores resultados finalmente se convirtieron en especificaciones técnicas.

Como resultado se obtuvieron 344 especificaciones técnicas estas mismas fueron filtradas por ultima vez para entrar en la casa de la calidad con un numero final de 232 especificaciones técnicas, la razón por el cual hubo un ultimo filtro fue que de las 344 especificaciones 112 repetían el mismo concepto y como se busca que en la casa de la calidad casar las especificaciones con los requerimientos los resultados serian los mismo para cierto numero de especificaciones esto nos daría un resultado repetitivo y poco representativo en comparación a solo introducir a QFD 1 las especificaciones filtradas.

Las conclusiones obtenidas de las 232 especificaciones que se analizaron para QFD 1 fueron, una importancia de 181.6 para 16 columnas como máximo y 56.2 como minima para 12 columnas lo que nos indica que la mayor relación entre requerimientos del cliente y especificaciones técnicas la obtuvieron 16 columnas con esto se destaca los problemas y los puntos de mejora de diseño.

En el presente estudio se propuso un método comparativo de producto el cual se aplico en un caso de estudio específico de sistema de escape automotriz, el método propuesto se baso en un método comparativo previamente propuesto y se modifico para ajustarlo a las restricciones existentes de recursos y tiempo limitado.

El método propuesto se utilizo debido a que es capaz de presentar resultados relevantes con una cantidad limitada de tiempo e información, otro de los aspectos importantes radica en la forma en la que la información gráfica puede ser de utilidad al momento de involucrar la

geometría en los criterios de comparación. La ventaja del método presentado en éste escrito se debe a la facilidad de realizar un análisis comparativo basado en puntuaciones, utilizando criterios de comparación que pueden ser evaluados utilizando una mínima cantidad de recursos.

Como resultados se identificaron las oportunidades de mejora para cada una de las marcas competidoras. Esta información sirve como punto de partida de futuros proyectos que la compañía participante pudiera llevar a cabo, como puede ser someter los productos a prueba o iniciar una investigación aplicando la metodología QFD. Como trabajo futuro del análisis mostrado en el caso de estudio se considera proseguir con un método de comparación más detallado y cuantitativo. El objetivo del segundo estudio consistiría en brindar información técnica y precisa, partiendo de los resultados obtenidos en este primer estudio.

Este proyecto fue éxito no solo para la UNAM si no también para la empresa ya que los resultados fueron presentados a directivos de la empresa de México y de EEUU, y se consideraron exitosos lo que genero que el proyecto tenga un seguimiento y se creen nuevos proyectos con la empresa y la universidad, como universitarios es lo que buscamos dejar un buen impacto en las empresas que se acerca a la UNAM.

Por otra parte en específico esta empresa no tenía ningún proyecto interdisciplinario con una universidad mexicana, lo que destaca la importancia del trabajo ya que se genero un nuevo enlace con otra empresa internacional de parte de la universidad, y se crea una área de oportunidad de ingeniería en México, este estudio nos permite hacer mejoras del producto desde un punto de vista muy universitario que es un enfoque muy diferente al que las empresas están consagradas.

Como trabajo futuro se busca completar la parte superior de la casa de la calidad la cual relaciona las especificaciones técnicas con las mismas especificaciones técnicas pero para este caso de estudio no fue relevante, así mismo con los resultados obtenidos del resto de la casa de la calidad poder mejorar el SE de la empresa y crear un diseño basado en los resultados del mismo estudio y método propuesto en este escrito.

Como trabajo futuro de parte de la empresa, es el implementar los resultados obtenidos en este análisis y poder acoplarlo a su base de datos para que se vuelva una referencia como los documentos de los cuales se obtuvo información para este escrito, poder ampliar la interacción con universidades Mexicanas y generar lazos entre las universidades y las empresa.

Referencias Bibliográficas

Product Design and Development by Karl T. Ulrich and Steven D. Eppinger (McGraw-Hill 1995, 2000, 2004, 2008)

Terninko J. The QFD, TRIZ and Taguchi Connection: Customer-Driven Robust Vanegas L.V. Labib A.W. A fuzzy Quality Function Deployment –FQFD_ model for deriving optimum targets. International Journal of production Research. Vol 39, No.1

Xie Min & Ngee Goh Thong. Advanced QFD applications. ASQ Quality Press. 2003 USA.

Yoji Akao Quality Function Deployment: integrating Customer Requirements into Product Design

Bossert J.L. Quality function deployment. ASQC Quality Press 1991

Cohen. L. Quality Function Deployment: How to make QFD works for you. Prentice Hall 1995 Englewood Cliffs NJ USA.

Hauser J.R. & Clausing D. The House of Quality. Harvard Business Review. 2009 USA Olaya E.S., Cortes C.J. & Duarte O.G. QFD Apoyado mediante lógica difusa para requerimientos de diseño de prótesis mioeléctrica de mano. 2003 http://www.postmat.unal.edu.co/protesis_mioelectrica_mano.PDF

Madu Christian N. House of Quality in a minute. Chi Publishers. 2006. CT, USA

Mazur G.H. QFD for Service Industries: From Voice of Customer to Task Deployment, the

Symposium on Quality Function Deployment 1993 Michigan USA.

ReVelle J.B., Moran J.W. & Cox C.A. The QFD Handbook. John Wiley & Sons, Inc. 1998. N.Y. USA.

Selove M. & Hauser J. The Strategic Importance of Accuracy in the Relative Quality of Conjoint

Tapke J., Muller A., Johnson G. & Sleck J. House of quality. Steps in Understanding the House of

Zaidi A. QFD: Despliegue de la función de la calidad. Ediciones Díaz de Santos.1993. Madrid España.