

01173



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**REDISEÑO DE LA TRANSMISIÓN DEL VER
MEDIANTE QFD**

**TESIS DE POSGRADO
PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MAESTRO EN INGENIERÍA MECÁNICA
(DISEÑO MECÁNICO)
P R E S E N T A
OSCAR MILÁN GARCÍA**

DIRECTOR: M.I. ANTONIO ZEPEDA SÁNCHEZ



MÉXICO, D.F.

2004



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

4211

ESTA TESIS NO SALI
DE LA BIBLIOTECA

A mis Padres

INDICE

Introducción	1
Antecedentes	3
Capítulo I Análisis funcional de la transmisión actual	5
1.1 Objetivo del tema	6
1.2 Proceso de evaluación	6
1.2.1 Tarea	6
1.2.2 Características del vehículo eléctrico de reparto	7
1.2.3 Análisis de funciones	8
1.2.4 Medios actuales para lograr las subfunciones primarias y secundarias	10
Convertir energía	10
Transmisión. Etapa I	11
Transmisión. Etapa II	12
Transmisión. Etapa III	13
Corregir movimiento. Etapa I	14
Corregir movimiento. Etapa II	14
Transmitir energía	14
1.3 Conclusiones del análisis de funciones	15
Capítulo II Despliegue de funciones de calidad (QFD)	18
2.1 Introducción	19
2.2 Declaración del objetivo	19
2.3 Expresiones del consumidor	19
2.4 Conversión de expresiones del consumidor	27
2.5 Requerimientos del consumidor	31
2.6 Tasa de importancia	33
2.7 Requerimientos de diseño	34
2.8 Objetivos de diseño y su tipo de característica	36
2.9 Matriz de correlaciones	38
2.10 Matriz de relaciones	40
2.11 Valoración de la competencia por parte del cliente y evaluación competitiva técnica	41
2.12 Dificultad técnica	43

2.13	Importancia técnica absoluta	43
2.14	Importancia técnica relativa	44
2.15	Casa de la calidad	44
2.15.1	Conclusiones de la casa de la calidad	45
2.16	Casa de la selección del concepto	46
2.16.1	Requerimientos de diseño	47
2.16.2	Tasa de importancia	47
2.16.3	Requerimientos de la parte, su relación con los requerimientos de diseño, objetivos de diseño y tipos de característica	48
2.16.4	Matriz de correlaciones	50
2.16.5	Matriz de relaciones	51
2.16.6	Dificultad técnica	52
2.16.7	Importancia técnica absoluta	52
2.16.8	Importancia técnica relativa	52
2.16.9	Conclusiones de la casa de la selección del concepto	53
2.17	Casa de diseño asistido por computadora (CAD)	54
2.17.1	Requerimientos de la parte	55
2.17.2	Tasa de importancia	56
2.17.3	Requerimientos de CAD, se relación con los requerimientos de la parte, objetivos de diseño y tipo de característica	56
2.17.4	Matriz de correlaciones en la casa de CAD	58
2.17.5	Matriz de relaciones	59
2.17.6	Dificultad técnica	59
2.17.7	Importancia técnica absoluta	59
2.17.8	Importancia técnica relativa	60
2.17.9	Conclusiones de la casa de CAD	61
Capítulo III	Diseño conceptual	62
3.1	Objetivo	63
3.2	Proceso de rediseño	63
3.2.1	Etapa I	65
Análisis visual		65

Carcaza	65
Forma geométrica	65
Manufactura	65
Sujeciones de ensamble entre piezas	65
Sujeciones entre el sistema de transmisión y la estructura del automóvil	65
Modo de operación	66
Tapa	66
Forma geométrica	66
Manufactura	66
Sujeciones de ensamble entre piezas	66
Sujeciones entre el sistema de transmisión y la estructura del automóvil	66
Modo de operación	67
Motor eléctrico	67
Sujeciones entre el sistema de transmisión y la estructura del automóvil	67
Estructura	67
Soldadura	67
Conclusiones	67
Análisis de CAD del sistema actual (carcaza y tapa)	68
Esfuerzos	68
Deformaciones	69
Desplazamientos	70
Conclusiones	70
Análisis modal	70
Modo I	71
Modo II	72
Modo III	73
Conclusiones	74
3.2.2 Etapa II	74
Modelado en CAD (diseño conceptual)	74
Carcaza	74
Tapa	75

Sujeción del motor	75
Ensamble en CAD	77
3.2.3 Etapa III	77
Análisis en CAD del rediseño (carcaza y tapa)	77
Esfuerzos	78
Deformaciones	79
Desplazamientos	80
Conclusiones	81
Análisis modal	81
Modo I	82
Modo II	83
Modo III	84
Conclusiones	85
Análisis comparativo entre el modelo actual y el rediseño en CAD	85
Esfuerzos	85
Deformación	86
Desplazamientos	87
Análisis modal	88
Modo I	88
Modo II	89
Modo III	90
Conclusiones del tema	91
Conclusiones	92
Apéndice A	94
Referencias bibliográficas	103

INTRODUCCIÓN

El proyecto del Vehículo Eléctrico de Reparto (VER)¹, surge a partir de los resultados de un estudio realizado a los vehículos eléctricos que circulan en la zona centro de la Ciudad de México. Sin embargo, este prototipo también tiene posibilidades de mejora y desarrollo en algunos sistemas. Por lo que este trabajo de tesis tiene por objetivo el rediseño de la transmisión del VER mediante la metodología de diseño denominada “Despliegue de funciones de calidad (QFD²)”.

Este rediseño surge a causa de la insatisfacción del cliente del diseño actual (que serán explicados más adelante), entendiéndose por calidad: “la completa satisfacción de las necesidades del consumidor (cliente)”.

Este trabajo abarca la primera etapa del rediseño de la transmisión del VER, la cual denominamos “diseño conceptual” y cubre desde la definición del problema, propuesta de mejoras al diseño actual (solución teórica) y la justificación técnica de las mismas.

El trabajo consta de tres capítulos, en el capítulo I “Análisis de la transmisión actual” se describen las funciones esenciales de la transmisión actual. Es decir, se ofrece un medio para considerar las funciones esenciales y el nivel en el que el diseñador debe abordar el problema. Las funciones esenciales son aquéllas que debe satisfacer el sistema a diseñar y cómo actualmente lo logra. El nivel del problema se decide estableciendo “límites” alrededor de un subconjunto coherente de funciones, que en este caso el nivel del problema únicamente se compone por el sistema de transmisión, independientemente de los otros sistemas, como suspensión, chasis, etc.

¹ El vehículo eléctrico de reparto fue desarrollado por alumnos y profesores del Centro de Diseño y Manufactura (CDM) de la Facultad de Ingeniería, el Instituto de Ingeniería (II) y el Centro de Investigaciones de Diseño Industrial (CIDI) de la Facultad de Arquitectura, todos ellos comprendidos dentro de la Universidad Nacional Autónoma de México, en colaboración con el Consejo Nacional de la Ciencia y Tecnología (CONACYT) y la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA).

²Por sus siglas en inglés, el despliegue de funciones de calidad es QFD.

En el capítulo II “Despliegue de funciones de calidad” se aplica la metodología de QFD, tal y como se aplica en una empresa de autopartes³, hasta el rediseño conceptual de la transmisión.

En el capítulo III “Diseño conceptual en CAD⁴”, con base en los resultados obtenidos en el capítulo anterior, se proponen los cambios técnicos adecuados mediante análisis por elemento finito (FEA⁵) y se hace una comparación entre el diseño actual con el propuesto a fin de resaltar los beneficios de aplicar esta técnica.

Con este trabajo de tesis se toman decisiones importantes enfocadas a la fabricación de la nueva propuesta y así llevarla a la comercialización. Estamos concientes que para llegar a este punto se requiere de mucha dedicación humana, la cual implica tiempo, dinero, tecnología, etc. Es por esta razón que la producción masiva de productos para obtener un bien y a su vez, una utilidad, requiere de un conjunto de empresas dedicadas a un producto en específico y otra dedicada únicamente al ensamble de estas. Sabemos que este tipo de trabajos son de una manera didáctica, aplicando los conocimientos aprendidos, pero si continuamos con esta filosofía de mejora continua, no dudamos en que algún día este producto será de alto nivel.

³ Fuente: Bocar S.A de C.V, curso: “Despliegue de funciones de calidad QFD, aplicado a la industria automotriz”, 2002.

⁴ Por sus siglas en inglés, el Diseño Asistido por Computadora es CAD.

⁵ Por sus siglas en inglés, el análisis por elemento finito es FEA.

ANTECEDENTES

De acuerdo a la historia, el origen de la metodología QFD se debe a varios factores que influyeron para que un grupo de científicos japoneses crearan una herramienta que revolucionara las formas en que se diseñan los productos, a partir de las necesidades de los consumidores.

Sus orígenes se remontan a los finales de la década de los sesentas en el país oriental de Japón, empresa Mitsubishi Heavy Industries, buscando un sistema que permitiera asegurar que cada una de las fases del proceso de construcción estuviera vinculado con un requerimiento del consumidor específico.

Esta metodología es un proceso dinámico y preventivo que identifica los requerimientos del consumidor y proporciona una disciplina para asegurar que esos requerimientos estén presentes en las etapas de diseño, planeación, manufactura y comercialización.

Su uso, más que estratégico, se ha convertido en casi obligatorio para todas aquellas empresas que deseen participar con éxito en premios internacionales de calidad.

Es indispensable señalar que QFD es una metodología reconocida dentro de la filosofía del mejoramiento continuo (cuyo origen viene de la palabra japonesa Kaizen: Kai-cambio, zen-mejora; cambio para mejorar) la cual junto con otras metodologías y conceptos como control total de calidad, círculos de calidad, sistema de sugerencias, automatización, mantenimiento productivo total, justo a tiempo, cero defectos, etc., integran la filosofía Kaizen.

Lo descrito anteriormente permite ubicar a QFD dentro de la filosofía del Control de Calidad a lo Ancho de la Empresa (CWQC⁶) y lo define como “el medio para proveer productos buenos a bajo costo, compartiendo los beneficios entre los consumidores, empleados y accionistas; mientras se incrementa la calidad de vida de la Sociedad”.

⁶ Por sus siglas en inglés, el Control de Calidad a lo Ancho de la Empresa es CWQC

La filosofía Kaizen contiene al CWQC, el cual a su vez contiene en su séptima etapa a la metodología QFD. Así con esto se logra ubicar en forma general a QFD dentro del amplio lenguaje de calidad que actualmente se utiliza.

CAPÍTULO I

ANÁLISIS DE LA TRANSMISIÓN ACTUAL

1.1 Objetivo del tema.

Conocer las funciones esenciales de la transmisión actual y el nivel de los requerimientos funcionales que satisface. Esto se logrará mediante un análisis funcional del sistema de transmisión.

1.2 Proceso de evaluación.

En términos de diseño, para el análisis de la transmisión actual, se elaboró un proceso de evaluación, la idea es crear un modelo para adoptar una mejor forma de trabajo y tratar de asegurar que la evaluación del diseño actual se entienda completamente, que no se pasen por alto elementos importantes del mismo y que se identifique algún problema real.

Se sugirió una estructura básica para el proceso de evaluación, las cuales son, el análisis y síntesis como se muestra en la figura 1.1.

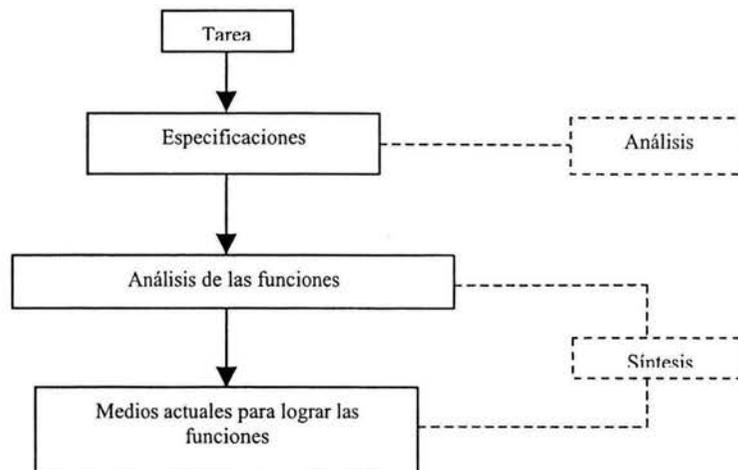


Figura 1.1 Proceso de diseño para la evaluación de la transmisión actual.

1.2.1 Tarea

Uno de los sistemas importantes en un vehículo eléctrico es la transmisión, que en el caso del Vehículo Eléctrico de Reparto (VER), es un posible parámetro de mejora, como ya se mencionó anteriormente. De este modo, la tarea a desarrollar durante el presente trabajo es analizar la transmisión actual del VER.

1.2.2 Características del Vehículo Eléctrico de Reparto⁷

De acuerdo con la tabla 1.1 y 1.2, se determinó el tipo y las capacidades de la transmisión, ya que ciertos parámetros influyen directamente en la configuración y el diseño debido a la geometría y materiales que se emplearon.

Características	Descripción	Valor	Unidades
Dimensiones:			
Ancho.....	Distancia entre los costados del vehículo.	1.6	m
Largo.....	Distancia entre la defensa delantera y trasera.	4.20	m
Altura.....	Distancia entre el piso y el techo del vehículo.	2.03	m
Tamaño de la cama.....	Área efectiva que contiene a la mercancía.	1.30 x 1.76	m ²
Distancia entre ejes.....	Distancia entre las ruedas delanteras y traseras.	2.30	m
Entre vía.....	Distancia entre las ruedas de cada eje.	1.40	m
Diámetro de las ruedas motrices.....	Define la dimensión del diámetro de las ruedas.	0.72	m

Tabla 1.1 Características del vehículo eléctrico de reparto.

Características	Descripción	Valor	Unidades
Capacidad:			
Capacidad efectiva.....	Contempla la carga máxima a desplazar.	1.5	Ton
Peso vehicular.....	Es el peso del vehículo sin carga y conductores.	1.0	Ton
Peso bruto vehicular.....	Contempla la capacidad efectiva y el peso vehicular.	2.5	Ton
Peso bruto vehicular de diseño.....	Contempla la capacidad efectiva y el peso vehicular con el que fue diseñado (factor de riesgo).	3.0	Ton
Autonomía.....	Es la distancia máxima por recorrer del vehículo con la energía contenida en un banco de baterías.	60	km
Velocidad máxima.....	Máxima velocidad que puede tomar el vehículo.	40	km/hr
Velocidad de cruceo.....	Velocidad promedio a la cual trabaja el vehículo.	20	km/hr

Tabla 1.2 Características del vehículo eléctrico de reparto.

⁷ Fuente: Hernández Morfín David. "Diseño del tren motriz para un prototipo de un vehículo eléctrico de reparto". Tesis. Centro de Diseño y Manufactura. Facultad de Ingeniería, UNAM, 2000.

1.2.3 Análisis de Funciones⁸

El análisis de funciones tiene como finalidad analizar y describir la estructura de funciones y los límites del sistema establecidos previamente en el trabajo reportado por el diseñador original.

El propósito de este método es identificar lo que el diseño actual debe lograr y cómo lo logra, en donde se convierten ciertas “entradas” en “salidas”, por lo general, las entradas y las salidas se clasifican como flujos de energía, materiales o información. La forma de expresar esto en diseño consiste en representar el dispositivo diseñado en una “caja negra”, la cual contiene a todas las funciones que son necesarias para convertir las entradas en salidas.

En la tabla 1.3, primer renglón se observa que la función esencial es transmitir y transformar la energía eléctrica a energía mecánica, y en donde la entrada es el suministro de electricidad, que al pasar por la caja negra sale convertida en movimiento radial. Con esto, se identifica claramente, dentro de todo un sistema global como vehículo, los límites del sistema a rediseñar, observando en el presente trabajo, entradas y salidas, e identificando el propósito fundamental del dispositivo como parte independiente de un todo.

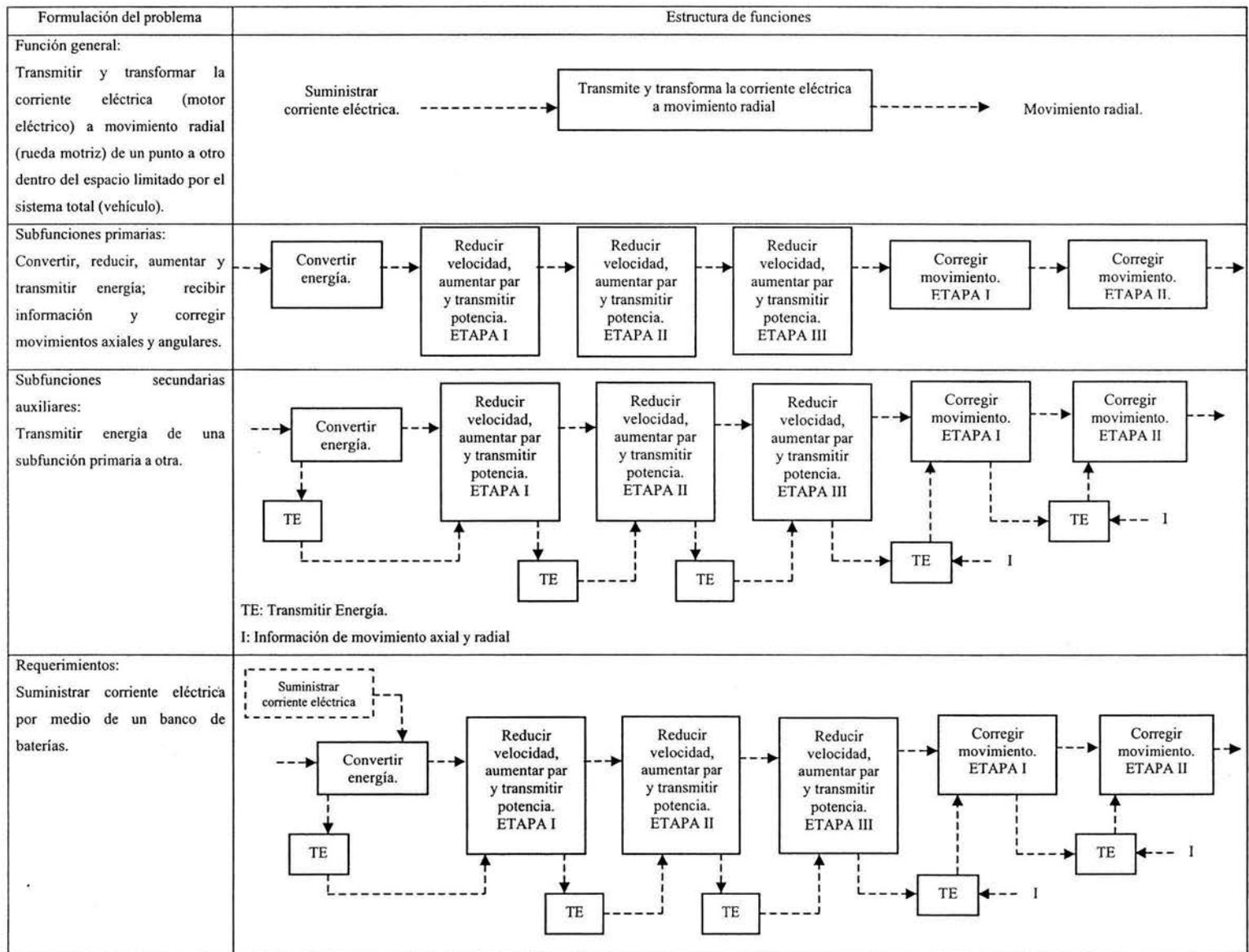
En el segundo renglón se descompone la función general en subfunciones primarias, cada subfunción primaria tiene sus entradas y sus salidas respectivamente, y forman una parte fundamental en el sistema. Cada una se plantea con un verbo y un sustantivo. Por lo tanto, se tiene seis subfunciones primarias y cada una tiene una entrada y una salida respectivamente.

En el tercer renglón, se muestran las funciones secundarias auxiliares las cuales sirven para unir una subfunción primaria a otra.

⁸ Fuente: Nigel Cross, “Métodos de diseño. Estrategias para el diseño de productos”. Editorial Limusa, Primera Edición 1999, impreso en México.

En el cuarto y quinto renglón, se analizan los requerimientos del sistema, así como los de otros sistemas que produzcan algún efecto sobre éste. Para el sistema es necesario el suministro de corriente eléctrica por medio de un banco de baterías, además va a estar sometido a cambios de sentido del giro del motor eléctrico.

En el ultimo renglón, se establece de una forma precisa los limites del sistema, obteniendo información del diseño actual para el diseñador del nuevo diseño.



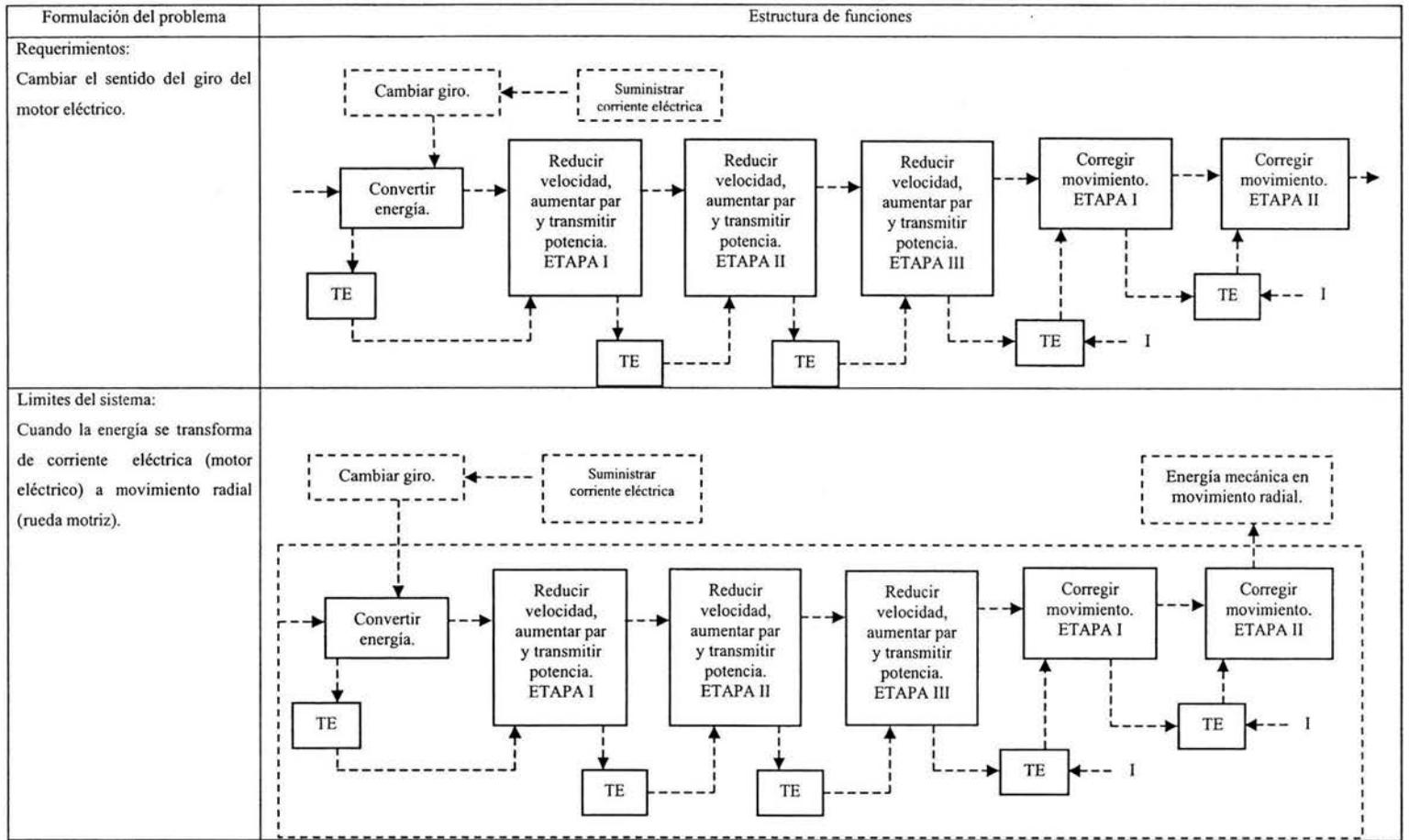


Tabla 1.3 Análisis funcional de la transmisión actual del VER.

1.2.4 Medios actuales para lograr las subfunciones primarias y secundarias⁹

Después de hacer el análisis funcional de la transmisión actual, describiremos cada subfunción primaria y subfunción secundaria auxiliar, en términos de sus parámetros y características de ingeniería.

CONVERTIR ENERGÍA.

Subfunción primaria: Convertir energía.

Medio para lograrlo: Motor eléctrico.

⁹ Fuente: Hernández Morfín David. “Diseño del tren motriz para un prototipo de un vehículo eléctrico de reparto”. Tesis. Centro de Diseño y Manufactura. Facultad de Ingeniería, UNAM, 2000.

Parámetros:

Parámetros	Valor
Máxima eficiencia	88 %
Diámetro	6.7 plg.
Longitud	15.21 plg.
Flecha principal	1.125" dia x 1.37
Cuerpo de la flecha	0.75" dia x 1.75"
Peso	82 lb / 37.27 kg
Marca	Advanced DC Motors

Tabla 1.4 Parámetros. Subfunción primaria: Convertir energía.

Características:

- Cojinetes sellados con grasa para alta temperatura.
- Construcción resistente del conmutador.
- Resistentes rectángulos de cobre amarillo del rotor.
- Resortes del rotor de acero inoxidable.
- La vida del rotor es aproximadamente de 80,000 millas.
- Reemplazo fácil del motor.
- El sellado del campo es moldeado para la alta temperatura.
- Alta eficiencia en el ventilador integrado.

TRANSMISIÓN. ETAPA I

Subfunción primaria: Reducir velocidad, aumentar par y transmitir potencia.

ETAPA I.

Medio para lograrlo: Conjunto de engranes cónicos (piñón y corona).

Relación de transmisión: 2

Parámetros:

Tipo	No. de Dientes	Diámetro (plg)		Cara (plg)	Barreno (plg)		Montaje (plg)	Maza (plg)	
		Paso	Exterior		Diámetro	Largo		Diámetro	Proyección
Corona	36	6.00	6.10	1.06	1 1/8	2 1/4	3 1/2	3 1/4	1 1/2
Piñón	18	3.00	3.42	1.06	1 1/8	1 7/8	3 55/64	2 1/2	47/64

Tabla 1.5 Parámetros. Subfunción primaria: Etapa I.

Características:

Parámetros	Valor
Material solicitado	Acero 9840 Nitrurado
Esfuerzo admisible por flexión	64,110 PSI
Esfuerzo admisible por contacto	254,500 PSI
Modulo de elasticidad	30,000,000 PSI
Dureza Brinell (3000 kg – 10 mm)	700 kg/mm ²
Coefficiente de adendum	1
Coefficiente de dedendum	1.5

Tabla 1.6 Características. Subfunción primaria: Etapa I.

TRANSMISIÓN. ETAPA II

Subfunción primaria: Reducir velocidad, aumentar par y transmitir potencia.
ETAPA II.

Medio para lograrlo: Conjunto de engranes helicoidales (piñón y engrane).

Relación de transmisión: 2.3

Parámetros:

Variables Geométricas	Sistema Internacional			Sistema Inglés		
	Piñón	Engrane	Unidades	Piñón	Engrane	Unidades
No. de Dientes	20	46	-	20	46	-
M_n o P_{dn}	2.8221	2.8222	Dientes/mm	9	9	Dientes/plg
Ang. de presión	20	20	Grados	20	20	Grados
Ang. de presión	20	20	Grados	20	20	Grados
Ang. de hélice	21	21	Grados	21	21	Grados
Diámetro primitivo	60.46	139.05	mm	2.38	5.47	plg
Ancho de cara	38.1	38.1	mm	1 1/2	1 1/2	plg
Diam. de la masa	41.275	63.5	mm	1 5/8	2 1/2	plg
Long. de la masa	19.05	19.05	mm	3/4	3/4	plg
Diám. del barrenado	28.575	33.3375	mm	1 1/8	1 5/16	plg
Cuñero (bxb)	6.35x6.35	7.9375x7.9375	mm	1/4x1/4	5/16x5/16	plg
Dist. Operativa entre centros	100		mm	3.937		plg

Tabla 1.7 Parámetros. Subfunción primaria: Etapa II.

Características:

Parámetros	Valor
Material solicitado	Acero 9840 Nitruado
Esfuerzo admisible por flexión	64,110 PSI
Esfuerzo admisible por contacto	254,500 PSI
Modulo de elasticidad	30,000,000 PSI
Dureza Brinell (3000 kg – 10 mm)	700 kg/mm ²
Coefficiente de Adendum	1
Coefficiente de Dedendum	1.25

Tabla 1.8 Características. Subfunción primaria: Etapa II.

TRANSMISIÓN. ETAPA III.

Subfunción primaria: Reducir velocidad, aumentar par y transmitir potencia.

ETAPA III.

Medio para lograrlo: Cadenas y catarinas (doble ramal)

Relación de transmisión: 2.25

Parámetros de las catarinas:

No. de dientes	Diámetro exterior	Barreno (plg)		Maza (plg)	
		Piloto	Máx. recomendado	Diámetro	Largo total
16	4.220	1	2	3	2 1/8
36	9.020	1 ¼	3	4 1/2	2 3/8

Tabla 1.9 Parámetros. Subfunción primaria: Etapa III.

Características:

Paso circular	Distancia entre centros	No. de ramales
3/4	66.4 cm (96 pasos)	2

Tabla 1.10 Características. Subfunción primaria: Etapa III.

CORREGIR MOVIMIENTO. ETAPA I.

Subfunción primaria:	Corregir movimiento. ETAPA I.
Medio para lograrlo:	Junta homocinética, tipo Trípode (articulación deslizante)
Características:	Transmite el torque y corrige movimientos axiales entre las dos flechas.

CORREGIR MOVIMIENTO. ETAPA II.

Subfunción primaria:	Corregir movimiento. ETAPA II.
Medio para lograrlo:	Junta homocinética, tipo Birfield (articulación fija)
Característica:	Transmite el torque y corrige movimientos angulares entre las dos flechas.

TRANSMITIR ENERGÍA.

Subfunción secundaria auxiliar:	Transmitir energía.
Medio para lograrlo:	Flechas y cojinetes.
Característica:	Transmitir energía de una subfunción primaria a otra.
Parámetros de las flechas del reductor:	

Establecidos	Diámetros nominales para los ejes del reductor				
	Punto C	Punto L	Punto A	Punto B	Punto R
Elemento	cm / plg	cm / plg	cm / plg	cm / plg	cm / plg
Flecha No.1	-	2.85 / 1.125	2.85 / 1.125	2.85 / 1.125	2.85 / 1.125
Flecha No.2	2.54 / 1	38.1 / 1.3125	-	38.1 / 1.3125	38.1 / 1.3125

Tabla 1.11 Parámetros de las flechas del reductor. Subfunción secundaria auxiliar: Transmitir energía.

Parámetros de los rodamientos de las flechas:

	FLECHA 1		FLECHA 2		
TIPO	CONICO		CONICO		
LADO	L / R		L / R		
DESIGNACIÓN COPA / CONO	K - 02474 / K - 02420		K - 43125 / K - 43312		
Variables	mm	plg	mm	plg	Dimensiones geométricas
d	28.575	1.125	31.75	1.25	
D	68.262	2.6875	79.375	3.125	
T	22.225	0.875	25.4	1	
B	22.225	0.875	24.074	0.9478	
C	17.462	0.6875	17.462	0.6875	
d _i	42	-	55.5	-	
d _a máx.	40	-	42	-	
d _b máx.	35	-	39.5	-	
D _a mín.	55	-	61	-	
D _a máx.	60.5	-	71.5	-	
D _b mín.	62	-	73	-	
C _a mín.	4	-	4	-	
C _b mín.	4.5	-	7.5	-	
r _a máx.	0.6	-	3	-	
r _b máx.	1	-	1	-	
Factores	[1]		[1]		
E	0.43		0.68		
Y	1.4		0.88		
Y _o	0.8		0.5		
Capacidades	N		N		Carga
C	58,300		67,100		
C _o	69,500		71,000		

Tabla 1.12 Parámetros de los rodamientos de las flechas. Subfunción secundaria auxiliar: Transmitir energía.

1.3 Conclusiones del análisis de funciones.

Con el método de “análisis de funciones” se establece un medio para considerar las funciones esenciales de la transmisión del VER (ver apéndice A), el medio en que actualmente se logran y el nivel en que el diseño va a ser abordado.

Se observan en la tabla 1.3 y en la figura 1.2 los “límites del sistema”, los cuales, son los límites conceptuales que se emplean en el siguiente capítulo para definir los requerimientos del consumidor (primero y segundo nivel) ubicados en la casa de calidad, por medio del método “árbol de objetivos” (apartado 2.5 Requerimientos del consumidor).

CAPÍTULO II

DESPLIEGUE DE FUNCIONES DE CALIDAD (QFD)

DESPLIEGUE DE FUNCIONES DE CALIDAD (QFD)¹⁰¹¹

2.1 Introducción.

Para realizar el rediseño (mejoramiento del producto) de la transmisión del Vehículo Eléctrico de Reparto (VER), se eligió el despliegue de funciones de calidad (Quality Function Deployment, QFD) como un método completo para asegurar la calidad del nuevo rediseño.

La herramienta QFD es una metodología que identifica los requerimientos del consumidor y proporciona una disciplina para asegurar que esos requerimientos estén presentes en las etapas de diseño, planificación, manufactura y comercialización, por medio de sistemas de procedimientos técnicos y administrativos requeridos para producir y entregar un producto con estándares de calidad especificados. Asimismo, la definición de calidad que se utiliza en este trabajo es la siguiente: “completa satisfacción de las necesidades del consumidor”.

Para la elaboración de este modelo, se consideraron otras herramientas o métodos analíticos, como análisis de funciones y árbol de objetivos.

2.2 Declaración del objetivo.

Rediseñar la transmisión del vehículo eléctrico de reparto (VER), a partir de las características del producto que son importantes para el consumidor. El rediseño abarcará la propuesta de mejora de la transmisión actual, sin afectar la configuración de las etapas de reducción. Sólo se basará en las especificaciones del consumidor: grado de importancia y quejas, para asegurar la filosofía del mejoramiento continuo (filosofía Kaizen).

2.3 Expresiones del consumidor.

El método comienza con la identificación de los consumidores y de sus puntos de vista de las especificaciones deseadas en el producto.

¹⁰ Fuente: Akao, Yoji, “Despliegue de funciones de calidad QFD, Integración de necesidades del cliente en el diseño del producto”. Edición en español, 1993 TGP-HOSHIN, S.L. Fernández Raimundo Villaverde, 1, Madrid 28003.

¹¹ Fuente: Bocar S.A de C.V, curso: “Despliegue de funciones de calidad QFD, aplicado a la industria automotriz”, 2002.

Esta investigación de mercado busca determinar tres aspectos fundamentales:

- a. Las necesidades de los consumidores o prospectos.
- b. ¿Cuáles son las principales quejas que plantean los consumidores, acerca del producto?.
- c. ¿Cuál es la opinión que guardan los consumidores del producto y de los competidores líderes, tomando como referencia cada una de las necesidades detectadas en el primer inciso.

Existen varias técnicas de investigación de mercado¹² que pueden utilizarse para recopilar información acerca de los requerimientos y preferencias de los consumidores, las cuales se aplican dependiendo del producto a rediseñar. Básicamente, estos métodos se enfocan en preguntas realizadas a los consumidores acerca de lo que les gusta y disgusta del producto.

Específicamente en el rediseño de la transmisión del VER, la transmisión actual esta en la fase de prototipo de investigación, por tal motivo para este vehículo en particular, se identificó y evaluó a los consumidores o personas que nos proporcionaran información acerca de sus requerimientos y preferencias.

En la figura 2.1 se muestra la clasificación que nos guiará al mejoramiento del producto. De esta forma, los mejoramientos estarán definidos por las necesidades del consumidor.

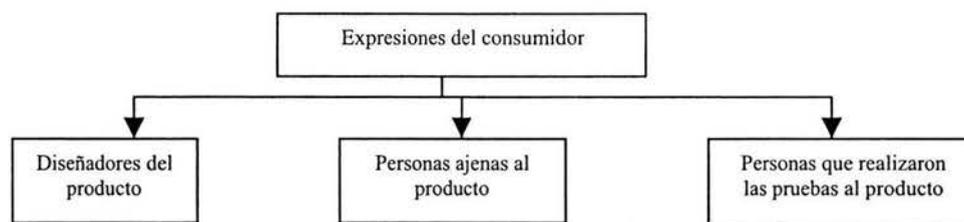


Figura 2.1 Clasificación de consumidores.

En la tabla 2.1, se observa el número de personas de acuerdo al “tipo de consumidor” y el número de preguntas que se les realizaron, así como el total de preguntas realizadas en las encuestas.

¹² Véase para mayor detalle: “Questionnaire Design, Interviewing and Attitude Measurement. New Edition” de A.N. Oppenheim, Pinter Publishers, UK.

Para diseño de preguntas en cuestionarios le sugerimos leer: “Constructing Questions for Interviews and Questionnaires” de William Foddy (1999), Cambridge University Press, UK.

Para mejores resultados es necesario trabajar con una muestra tan extensa como sea posible de comentarios de consumidores.

TIPOS DE CONSUMIDORES	NUMERO DE PERSONAS	NUMERO DE PREGUNTAS	TOTAL
Diseñadores del producto	2	12	24
Personas que realizaron las pruebas al producto	2	21	42
Personas ajenas al producto	2	17	34
TOTAL			100

Tabla 2.1 Número de personas y preguntas encuestadas.

Aunque QFD puede reflejar un alto costo para aplicar la metodología, es importante aclarar que dicho costo depende básicamente del “alcance del proyecto”, por lo que no debe entenderse que es necesariamente una metodología costosa.

En esencia, esta metodología es un proceso para escuchar cuidadosamente lo que los consumidores desean y luego asegurar que esas especificaciones deseadas estén presentes durante la planeación inicial, llevando acabo esto antes de que el concepto ya se encuentre en producción.

Los cuestionarios resueltos que se muestran en las figuras 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6 y 2.7, son los que se aplicaron a los consumidores, y se utilizarán para realizar “la conversión de expresiones del consumidor” en el apartado siguiente.

 Quality Function Deployment (QFD) EXPRESIONES DEL CONSUMIDOR	
PRODUCTO:	TREN MOTRIZ DEL VEHICULO ELECTRICO DE REPARTO (PROTOTIPO).
DIRIGIDA A:	DISEÑADORES DEL PRODUCTO.
OBJETIVO:	RECOPILAR INFORMACION ACERCA DE LOS REQUERIMIENTOS Y PREFERENCIAS DE LOS CLIENTES.
CUESTIONARIO	
1. ¿Qué dificultades se tuvieron al diseñar la transmisión?	Espacio, Interferencia con el sistema de suspensión y con el sistema de chasis
2. ¿Cuál fue el proposito de tener dos sistemas independientes, uno para cada rueda motriz?	Probar un sistema de control para implementar un diferencial electronico (investigación y desarrollo)
3. ¿Qué ventajas tiene la transmisión contra las comerciales?	Que esta diseñada para este carro en especifico
4. ¿Qué desventajas tiene la transmisión contra las comerciales?	Es cara, tiene defectos de manufactura
5. ¿Qué recomendaría para mejorar la transmisión?	rediseñarla
6. ¿Usted cree, que la transmisión se puede proponer para producirse en serie?, fundamente su respuesta.	Si es posible, despues de aplicar un rediseño enfocado a producción en serie (diseño para ensamble, manufactura, etc)
7. De acuerdo a las transmisiones existentes en el mercado, cree que la transmisión es competitiva?, fundamente su respuesta.	No, porque esta diseñada para este prototipo en especifico, solo despues de aplicar "la pregunta anterior" se podrá dar una conclusión.
8. Usted cree, que se requiere rediseñar toda la transmisión o solo algunas partes?, ¿por qué y qué partes?, fundamente su respuesta.	Se puede corregir el tren de engranes y la caja para reducir ruido
9. Si usted tuviera que rediseñar la transmisión, ¿qué rediseñaría?	Lo anterior
10. ¿Fue facil instalar el dseño?, fundamente su respuesta.	No, se requiere ensamblar la caja reductora y motor previamente al montado en la estructura.
11. ¿Se diseño para que su mantenimiento preventivo y correctivo fuera fácil?	No.
12. Comentarios y conclusiones	Se puede atacar los elementos de mayor problema: ruido, caja y engranajes.

Figura 2.2 Expresiones del consumidor. Diseñador 1 del producto.

 Quality Function Deployment (QFD) EXPRESIONES DEL CONSUMIDOR	
PRODUCTO:	TREN MOTRIZ DEL VEHICULO ELECTRICO DE REPARTO (PROTOTIPO).
DIRIGIDA A:	DISEÑADORES DEL PRODUCTO.
OBJETIVO:	RECOPILAR INFORMACION ACERCA DE LOS REQUERIMIENTOS Y PREFERENCIAS DE LOS CLIENTES.
CUESTIONARIO	
1. ¿Qué dificultades se tuvieron al diseñar la transmisión?	Restricciones de espacio y peso. Relación con otros sistemas como la suspensión y la dirección. Plataformas para sujeción.
2. ¿Cuál fue el proposito de tener dos sistemas independientes, uno para cada rueda motriz?	Sustituir el tren diferencial mecanico de la transmisión por un control electronico
3. ¿Qué ventajas tiene la transmisión contra las comerciales?	Es más eficiente en terminos de consumo de energia
4. ¿Qué desventajas tiene la transmisión contra las comerciales?	El costo es elevado y requiere más componentes que una transmisión convencional
5. ¿Qué recomendaría para mejorar la transmisión?	Redefinir las relaciones de la transmisión con el sistema de suspensión
6. ¿Usted cree, que la transmisión se puede proponer para producirse en serie?, fundamente su respuesta.	No. Considero que el concepto y principio de solución son factibles sin embargo, hace falta mucho trabajo para detallar su producción en serie.
7. De acuerdo a las transmisiones existentes en el mercado, cree que la transmisión es competitiva?, fundamente su respuesta.	No lo se, el concepto es atractivo
8. Usted cree, que se requiere rediseñar toda la transmisión o solo algunas partes?. ¿por qué y qué partes?, fundamente su respuesta.	En terminos generales, solo es diseño para producción
9. Si usted tuviera que rediseñar la transmisión, ¿qué rediseñaría?	Los engranes y la carcaza
10. ¿Fue facil instalar el dseño?, fundamente su respuesta.	No, porque se utilizaron cadenas de centros ajustados y porque se cometio un error de fabricación pero teoricamente debe ser sencillo.
11. ¿Se diseño para que su mantenimiento preventivo y correctivo fuera fácil?	Si, efectivamente aunque fue en los elementos de montaje y desmontaje donde se cometio el error.
12. Comentarios y conclusiones	

Figura 2.3 Expresiones del consumidor. Diseñador 2 del producto.

 Quality Function Deployment (QFD) EXPRESIONES DEL CONSUMIDOR	
PRODUCTO:	TREN MOTRIZ DEL VEHICULO ELECTRICO DE REPARTO (PROTOTIPO).
DIRIGIDA A:	PERSONAS QUE REALIZARON LAS PRUEBAS AL PRODUCTO
OBJETIVO:	RECOPIRAR INFORMACION ACERCA DE LOS REQUERIMIENTOS Y PREFERENCIAS DE LOS CLIENTES.
CUESTIONARIO	
1. ¿Qué problemas tuvo con la transmisión al momento de conducir el vehículo?	Se sentía muy dura y daba la apariencia que el vehículo no obedecía
2. ¿Qué problemas tuvo con la transmisión al momento de arrancar el vehículo?	Se sintió como un chicotazo
3. ¿Qué problemas tuvo con la transmisión al momento de frenar el vehículo?	Que la cadena se saltaba
4. ¿Qué problemas tuvo con la transmisión al momento de girar a la derecha y / o izquierda el vehículo?	Que la cadena se saltaba
5. ¿Qué problemas tuvo con la transmisión al momento de ir en reversa el vehículo?	Que chicoteaba y que se saltaba la cadena
6. ¿Qué problemas tuvo con la transmisión al momento de estacionar el vehículo?	Que chicoteaba y que se sentía que se saltaba la cadena
7. ¿Qué problemas tuvo con la transmisión al momento de pasar una zona empedrada?	Que se estiraba demasiado y chicoteaba al acelerar
8. ¿Qué problemas tuvo con la transmisión al momento de conducir el vehículo con lluvia?	No lo coduje en lluvia
9. ¿Qué problemas tuvo con la transmisión al momento de esquivar bruscamente un obstáculo o bache ?	Daba la impresión de que se rompería la cadena
10. ¿Es fácil su mantenimiento?, fundamente su respuesta.	si, ya que lo desarme varias veces
11. ¿Es fácil de desmontar y montar toda la transmisión?	si
12. ¿Sus partes son comerciales?	si
13. ¿A escuchado algún ruido en la transmisión?	si
14. ¿La transmisión tiene buena apariencia, qué le mejoraría?	Los sellos
15. ¿La transmisión es segura contra cualquier accidente, qué le mejoraría?	La ubicación
16. ¿A sentido alguna falla estructural en la transmisión que debido a esto, se tenga algún problema con su funcionamiento?	si
17. ¿Qué le mejoraría a la transmisión?	su diseño
18. ¿Qué ventajas tiene la transmisión contra las comerciales?	es de fácil mantenimiento y encuentras las refacciones
19. ¿Qué desventajas tiene la transmisión contra las comerciales?	las fallas en prueba
20. Usted cree, que se requiere rediseñar toda la transmisión o solo algunas partes?, ¿por qué y qué partes?, fundamente su respuesta.	si, por el ruido, apariencia y funcionamiento, toda la transmisión
21. Comentarios y conclusiones	Es un buen producto fabricado por nosotros

Figura 2.4 Expresiones del consumidor. Persona 1 que realizó pruebas al producto.

 Quality Function Deployment (QFD) EXPRESIONES DEL CONSUMIDOR	
PRODUCTO:	TREN MOTRIZ DEL VEHICULO ELECTRICO DE REPARTO (PROTOTIPO).
DIRIGIDA A:	PERSONAS QUE REALIZARON LAS PRUEBAS AL PRODUCTO
OBJETIVO:	RECOPIRAR INFORMACION ACERCA DE LOS REQUERIMIENTOS Y PREFERENCIAS DE LOS CLIENTES.
CUESTIONARIO	
1. ¿Qué problemas tuvo con la transmisión al momento de conducir el vehículo?	Los extremos de las flechas se salen de las juntas, la cadena se brinca los dientes porque el chasis se deforma al inducir el par, esto hace que la distancia entre centros disminuya y aumente con la deformación.
2. ¿Qué problemas tuvo con la transmisión al momento de arrancar el vehículo?	Solo se presentan problemas cuando se inicia y para la marcha (los que se mencionan)
3. ¿Qué problemas tuvo con la transmisión al momento de frenar el vehículo?	El mismo que se menciona
4. ¿Qué problemas tuvo con la transmisión al momento de girar a la derecha y / o izquierda el vehículo?	No detecte
5. ¿Qué problemas tuvo con la transmisión al momento de ir en reversa el vehículo?	Similar que al arrancar la marcha
6. ¿Qué problemas tuvo con la transmisión al momento de estacionar el vehículo?	Similar
7. ¿Qué problemas tuvo con la transmisión al momento de pasar una zona empedrada?	Los extremos de las flechas salen de las juntas
8. ¿Qué problemas tuvo con la transmisión al momento de conducir el vehículo con lluvia?	No detecte
9. ¿Qué problemas tuvo con la transmisión al momento de esquivar bruscamente un obstaculo o bache ?	Similar al empedrado
10. ¿Es fácil su mantenimiento?, fundamente su respuesta.	Si, el mantenimiento preventivo consiste en engrasar la cadena y mantener el nivel de aceite.
11. ¿Es fácil de desmontar y montar toda la transmisión?	No. Se requiere desmontar parte de la suspensión para bajar el semieje.
12. ¿Sus partes son comerciales?	Solo las cadenas, catarinas, rodamientos y juntas homocineticas.
13. ¿A escuchado algun ruido en la transmisión?	Si, el desgaste no uniforme de los engranes
14. ¿La transmisión tiene buena apariencia, qué le mejoraría?	La carcaza y reducir peso
15. ¿La transmisión es segura contra cualquier accidente, qué le mejoraría?	En terminos generales es segura, añadiría guardas a las cadenas.
16. ¿A sentido alguna falla estructural en la transmisión que debido a esto, se tenga algún problema con su funcionamiento?	Si, ya lo mencione
17. ¿Qué le mejoraría a la transmisión?	Ya lo mencione
18. ¿Qué ventajas tiene la transmisión contra las comerciales?	Ya lo mencione
19. ¿Qué desventajas tiene la transmisión contra las comerciales?	Ya lo mencione
20. Usted cree, que se requiere rediseñar toda la transmisión o solo algunas partes?, ¿por qué y qué partes?, fundamente su respuesta.	Ya lo mencione
21. Comentarios y conclusiones	

Figura 2.5 Expresiones del consumidor. Persona 2 que realizó pruebas al producto.

 Quality Function Deployment (QFD) EXPRESIONES DEL CONSUMIDOR	
PRODUCTO:	TREN MOTRIZ DEL VEHICULO ELECTRICO DE REPARTO (PROTOTIPO).
DIRIGIDA A:	PERSONAS AJENAS AL PRODUCTO
OBJETIVO:	RECOPIRAR INFORMACION ACERCA DE LOS REQUERIMIENTOS Y PREFERENCIAS DE LOS CLIENTES.
CUESTIONARIO	
1.- ¿Qué opinas de la investigación en la UNAM?	Es importante siempre y cuando se tenga a la gente y recursos adecuados
2.- ¿Sabes cuál es la función de una transmisión motriz en un vehículo eléctrico?, explica	Transmitir movimiento, en base a un motor eléctrico y una transmisión
3.- ¿Qué impresión te da la transmisión?	Falta ingeniería en el diseño
4.- ¿Crees que sería fácil su mantenimiento, qué le mejorarías?, fundamenta tu respuesta	No, falta tener fácil acceso a los componentes
5.- ¿Crees que cumple con los requerimientos de seguridad necesarios para su manipulación, qué le mejorarías?, fundamenta tu respuesta	no, falta protección de cadenas, motor, etc.
6.- ¿Te gusta su apariencia, qué le mejorarías?, fundamenta tu respuesta	No, porque no se hace una transmisión con cadena
7.- ¿Crees que es adecuada su configuración desde el punto de vista de funcionalidad, qué le mejorarías?, fundamenta tu respuesta	Si se ve desde el punto de vista de funcionalidad es válida ya que se mueve
8.- Si fueras a comprar un vehículo eléctrico, al ver esta transmisión, ¿qué dudas tendrías?	Las posibles fallas y adquirir los componentes.
9.- ¿Cómo un cliente potencial, ¿qué te gustaría que tuviera esta transmisión?	No generar ruido y vibraciones
10.- ¿Cómo un cliente potencial, ¿qué te disgustaría de esta transmisión?	Las pérdidas de energía
11.- ¿Crees que esta transmisión sea segura para cualquier tipo de terreno y clima?, fundamenta tu respuesta	No, por los componentes y materiales utilizados.
12.- Supongamos que a media noche se descompone esta transmisión, ¿crees que sería fácil arreglarla, y cómo lo mejorarías?, fundamenta tu respuesta	No, por los componentes usados.
13.- ¿Qué le mejorarías a la transmisión y por qué?	Los acoplamientos, quitaría la cadena
14.- ¿Qué esperarías de una transmisión, en cuanto a funcionalidad, mantenimiento, apariencia, costo, fiabilidad, tecnología, etc...?, fundamenta tu respuesta	Bajo costo, bajo ruido, alta eficiencia, pequeño tamaño, alta confiabilidad y fácil mantenimiento.
15.- ¿Crees que se ensucie muy rápido?, ¿por qué y qué harías para evitarlo?	Si, porque no hay guardas o protecciones
16.- ¿Crees que este tipo de información sea útil para rediseñar algún producto?, fundamenta tu respuesta.	Si, siempre y cuando se pueda hacer uso correcto de la información
17.- Comentarios y conclusiones.	Creo que este estudio se debió haber realizado antes de la construcción y no ahora. Pero en general está bien. Faltan preguntas del motor.

Figura 2.6 Expresiones del consumidor. Persona 1 que realizó las pruebas al producto.

 Quality Function Deployment (QFD) EXPRESIONES DEL CONSUMIDOR	
PRODUCTO:	TREN MOTRIZ DEL VEHICULO ELECTRICO DE REPARTO (PROTOTIPO).
DIRIGIDA A:	PERSONAS AJENAS AL PRODUCTO
OBJETIVO:	RECOPIRAR INFORMACION ACERCA DE LOS REQUERIMIENTOS Y PREFERENCIAS DE LOS CLIENTES.
CUESTIONARIO	
1.-	¿Qué opinas de la investigación en la UNAM?
2.-	¿Sabes cuál es la función de una transmisión motriz en un vehículo eléctrico?, explica Dar propulsión
3.-	¿Qué impresión te da la transmisión? Me parece no recomendable tener dos motores en paralelo
4.-	¿Crees que sería fácil su mantenimiento, qué le mejorarías?, fundamenta tu respuesta Su mantenimiento menor, si
5.-	¿Crees que cumple con los requerimientos de seguridad necesarios para su manipulación, qué le mejorarías?, fundamenta tu respuesta Salvo mejoras en la rigidez y calidad algunas soldaduras
6.-	¿Te gusta su apariencia, qué le mejorarías?, fundamenta tu respuesta Considero que no hay problema
7.-	¿Crees que es adecuada su configuración desde el punto de vista de funcionalidad, qué le mejorarías?, fundamenta tu respuesta Pondría un solo motor y diferencial
8.-	Si fueras a comprar un vehículo eléctrico, al ver esta transmisión, ¿qué dudas tendrías? El aprovechamiento de carga de las baterías es eficiente, considerando los motores en paralelo o sería mejor con uno solo
9.-	¿Cómo un cliente potencial, ¿qué te gustaría que tuviera esta transmisión?
10.-	¿Cómo un cliente potencial, ¿qué te disgustaría de esta transmisión?
11.-	¿Crees que esta transmisión sea segura para cualquier tipo de terreno y clima?, fundamenta tu respuesta Considero que presentaría graves problemas en terrenos con baches y lodo. En terreno citadino podría presentarse menos problemas
12.-	Supongamos que a media noche se descompone esta transmisión, ¿crees que sería fácil arreglarla, y cómo lo mejorarías?, fundamenta tu respuesta
13.-	¿Qué le mejorarías a la transmisión y por qué? Que sea menos ruidosa, disminuiría su tamaño y su volumen
14.-	¿Qué esperarías de una transmisión, en cuanto a funcionalidad, mantenimiento, apariencia, costo, fiabilidad, tecnología, etc...?, fundamenta tu respuesta Que compita con las características comerciales actuales.
15.-	¿Crees que se ensucie muy rápido?, ¿por qué y qué harías para evitarlo? La cadena tiende a ensuciarse muy rápido, le haría una guarda.
16.-	¿Crees que este tipo de información sea útil para rediseñar algún producto?, fundamenta tu respuesta.
17.-	Comentarios y conclusiones

Figura 2.7 Expresiones del consumidor. Persona 2 que realizó las pruebas al producto.

2.4 Conversión de expresiones del consumidor.

La investigación de mercado sirvió para recabar información acerca de lo que el consumidor desea y luego asegurar que esas características deseadas estén presentes durante el rediseño de la transmisión.

No es fácil conseguir los requerimientos “hablados y no hablados” del consumidor y luego convertirlos en datos útiles y precisos. La información del consumidor proviene de una gran variedad de fuentes, algunas fueron solicitadas y otras no; algunas son cuantitativas y otras son cualitativas; algunas son obtenidas en forma estructurada y otras son obtenidas en forma aleatoria.

Se analizó sistemáticamente la información de los consumidores respecto a las demandas que desean en la transmisión, usando un sistema lógico para determinar el nivel de satisfacción de sus necesidades, realizando una conversión de expresiones del consumidor en datos reformulados, es decir, convertir información en bruto de los consumidores del producto en información que pueda utilizarse.

En las tablas 2.2, 2.3 y 2.4 se muestra la conversión de las expresiones de nuestros consumidor en datos reformulados, analizando cada demanda de los usuarios.

Diseñadores del producto			
No.	Requerimientos del consumidor	Datos reformulados	Medios y observaciones
1	Espacio, Interferencia con el sistema de suspensión y con el sistema de chasis. Restricciones de espacio y peso. Relación con otros sistemas como la suspensión y la dirección. Plataformas para sujeción.	Espacio. Bajo peso. Sujeciones adecuadas.	Analizar el espacio disponible y las plataformas de sujeción actuales, para obtener un mínimo de vibraciones.
2	Probar un sistema de control para implementar un diferencial electrónico (investigación y desarrollo). Sustituir el tren diferencial mecánico de la transmisión por un control electrónico.	Estabilidad y seguridad al conducir el vehículo.	Diferencial electrónico que controle dos motores eléctricos independientes, que iguale y mejore las características de un diferencial mecánico.
3	Que esta diseñada para este carro en específico Es más eficiente en términos de consumo de energía	Eficiente en consumo de energía.	Fue diseñado para desarrollar alternativas tecnológicas (prototipo de investigación).
4	El costo es elevado y requiere más componentes que una transmisión convencional Es cara, tiene defectos de manufactura	Elevado costo. Menor número de componentes. Defectos de manufactura.	Falta experiencia de manufactura.
5	Redefinir las relaciones de la transmisión con el sistema de suspensión Rediseñarla	Análisis entre el sistema de suspensión y la transmisión.	Se sale de posición la junta homocinética trípode.
6	Si es posible, después de aplicar un rediseño enfocado a producción en serie (diseño para ensamble, manufactura, etc) No. Considero que el concepto y principio de solución son factibles sin embargo, hace falta mucho trabajo para detallar su producción en serie.	-	Rediseño enfocado a la comercialización
7	No, porque esta diseñada para este prototipo en específico, solo después de aplicar "la pregunta anterior" se podrá dar una conclusión. No lo se, el concepto es atractivo	-	La transmisión actual esta en la etapa de prototipo en investigación.
8	Se puede corregir el de tren de engranes y la caja para reducir ruido En términos generales, solo es diseño para producción	Elevado ruido en engranes y carcaza.	-
9	Los engranes y la carcaza. Lo anterior.		Tiene defectos de manufactura, ensamble y sujeciones, lo que produce un elevado ruido.
10	No, se requiere ensamblar la caja reductora y motor previamente al montaje en la estructura. No, porque se utilizaron cadenas de centros ajustados y porque se cometió un error de fabricación pero teóricamente debe ser sencillo.	Defectos de manufactura y ensamble entre engranes, carcaza, catarinas y juntas.	-
11	No. Sí, efectivamente aunque fue en los elementos de montaje y desmontaje donde se cometió el error.	Defectos de ensamble.	-
Comentarios y conclusiones			Se puede atacar los elementos de mayor problema: ruido, caja y engranajes.

Tabla 2.2 Conversión de expresiones del consumidor. Diseñadores del producto.

Para dichas tablas, la columna “Requerimientos del consumidor “, muestra las respuestas a las preguntas encuestadas en las figuras 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6 y 2.7; La siguiente columna “datos reformulados”, es la conversión de dichas respuestas en información útil para el desarrollo de nuestro producto, y la última columna, “medios y observaciones” muestra el método específico mediante el cual el usuario desea tener la capacidad de realizar lo que le gustaría y /o alguna expresión verbal durante el estudio de mercado.

Estos “datos reformulados” servirán para realizar “los requerimientos del consumidor” en el apartado siguiente.

Personas que realizaron las pruebas al producto			
No.	Requerimientos del consumidor	Datos reformulados	Medios y observaciones
1	Los extremos de las flechas se salen de las juntas, la cadena se brinca los dientes porque el chasis se deforma al inducir el par, esto hace que la distancia entre centros disminuya y aumente con la deformación. Se sentía muy dura y daba la apariencia que el vehículo no obedecía.	Se salen de posición flechas y juntas. Defectos de ensamble (catarinas).	Análisis entre el sistema de suspensión y la transmisión.
2	Solo se presentan problemas cuando se inicia y para la marcha (los que se mencionan) Se sintió como un chicotazo	Arranque brusco del motor.	-
3	Que la cadena se saltaba El mismo que se menciona	Defectos de ensamble. Sujeciones inadecuadas.	-
4	No detecte Que la cadena se saltaba	Defectos de ensamble. Sujeciones inadecuadas.	-
5	Similar que al arrancar la marcha Que chicoteaba y que se saltaba la cadena	Arranque brusco del motor. Defectos de ensamble.	-
6	Que chicoteaba y que se sentía que se saltaba la cadena Similar	Arranque brusco del motor. Defectos de ensamble.	-
7	Que se estiraba demasiado y chicoteaba al acelerar Los extremos de las flechas salen de las juntas	Defectos de ensamble. Arranque brusco del motor. Las flechas de salen de las juntas.	-
8	No detecte No lo conduje en lluvia	-	-
9	Daba la impresión de que se rompería la cadena Similar al empedrado	-	-
10	Si, ya que lo desarme varias veces Si, el mantenimiento preventivo consiste en engrasar la cadena y mantener el nivel de aceite.	-	-
11	No. Se requiere desmontar parte de la suspensión para bajar el semieje. Si	Defectos de ensamble.	-
12	Solo las cadenas, Catarinas, rodamientos y juntas homocinéticas. Si	-	-
13	Si, el desgaste no uniforme de los engranes si	Desgaste no uniforme de engranes.	-
14	La carcaza y reducir peso Los sellos	Defectos de manufactura entre carcaza y engranes. Bajo peso.	-
15	En términos generales es segura, añadiría guardas a las cadenas. La ubicación	Guardas a las cadenas.	-
16	Si Si, ya lo mencione	-	-
17	Su diseño Ya lo mencione	-	-
18	Es de fácil mantenimiento y encuentras las refacciones Ya lo mencione	-	-
19	Las fallas en prueba Ya lo mencione	-	-
20	Si, por el ruido, apariencia y funcionamiento, toda la transmisión Ya lo mencione	Elevado ruido.	-
Comentarios y conclusiones			Es un buen producto fabricado por nosotros.

Tabla 2.3 Conversión de expresiones del consumidor. Personas que realizaron las pruebas al producto.

Personas ajenas al producto			
No.	Requerimientos del consumidor	Datos reformulados	Medios y observaciones
1	Es importante siempre y cuando se tenga a la gente y recursos adecuados	-	-
2	Transmitir movimiento, en base a un motor eléctrico y una transmisión. Dar propulsión	-	-
3	Falta ingeniería en el diseño. Me parece no recomendable tener dos motores en paralelo.	-	-
4	No, falta tener fácil acceso a los componentes Su mantenimiento menor, si	Espacio.	-
5	No, falta protección de cadenas, motor, etc. Salvo mejoras en la rigidez y calidad algunas soldaduras	Guardas a las cadenas. Sujeciones inadecuadas.	-
6	No, porque no se hace una transmisión sin cadena Considero que no hay problema	-	-
7	Si se ve desde el punto de vista de funcionalidad es valida ya que se mueve. Pondría un solo motor y diferencial.	-	-
8	Las posibles fallas y adquirir los componentes. El aprovechamiento de carga de las baterías es eficiente, considerando los motores en paralelo o sería mejor con uno solo	Eficiente consumo de energía.	-
9	No generar ruido y vibraciones	Elevado ruido. Sujeciones inadecuadas.	-
10	Las pérdidas de energía	Eficiente consumo de energía.	-
11	No, por los componentes y materiales utilizados. Considero que presentaría graves problemas en terrenos con baches y lodo. En terreno citadino podría presentarse menos problemas	-	-
12	No, por los componentes usados.	-	-
13	Los acoplamientos, quitaría la cadena Que sea menos ruidosa, disminuiría su tamaño y su volumen	Elevado ruido. Espacio. Bajo peso.	-
14	Bajo costo, bajo ruido, alta eficiencia, pequeño tamaño, alta confiabilidad y fácil mantenimiento. Que compita con las características comerciales actuales.	Bajo costo. Mínimo ruido. Alta eficiencia. Mínimo de piezas. Alta confiabilidad. Fácil mantenimiento. Máxima competitividad comercial.	-
15	Si, porque no hay guardas o protecciones La cadena tiende a ensuciarse muy rápido, le haría una guarda.	Guardas a las cadenas.	-
16	Si, siempre y cuando se pueda hacer uso correcto de la información	-	-
Comentarios y conclusiones			Creo que este estudio se debió haber realizado antes de la construcción y no ahora. Pero en general esta bien. Faltan preguntas del motor.

Tabla 2.4 Conversión de expresiones del consumidor. Personas ajenas al producto.

2.5 Requerimientos del consumidor.

Los requerimientos del consumidor, conocidos también como los “que’s”, se ubican en la casa de la calidad, en el lado izquierdo y de forma vertical, clasificándolos en primero, segundo y tercer nivel, como se ilustra en la figura 2.8.

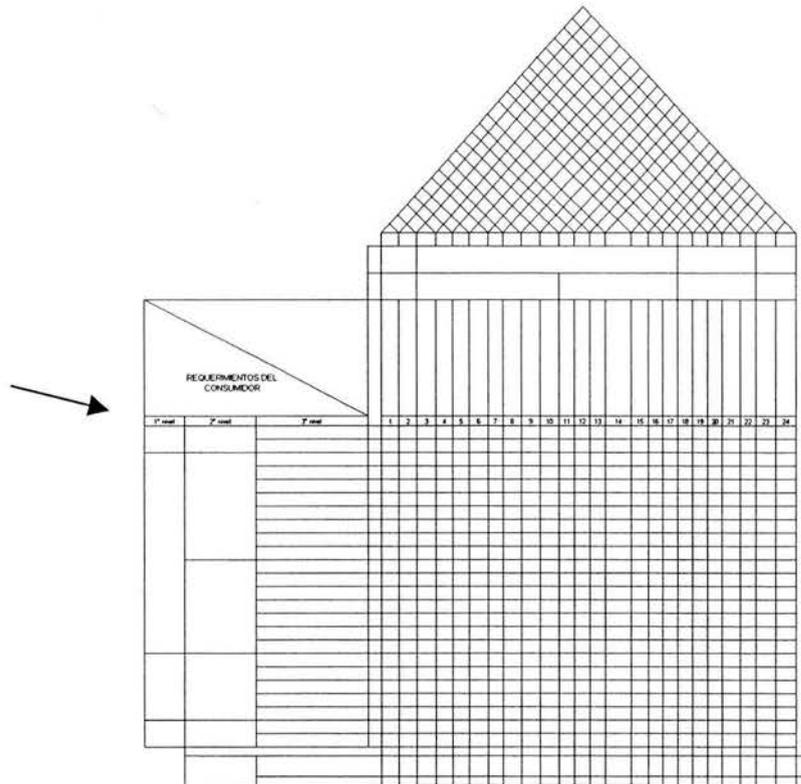


Figura 2.8 Ubicación de los requerimientos del consumidor en la casa de calidad.

Para realizar los requerimientos del consumidor, se utilizó el método, “Árbol de objetivos¹³”, el cual, relaciona las seis subfunciones primarias del análisis funcional de la transmisión del VER, realizadas en el capítulo 1 (tabla 1.3), con los datos reformulados y así, se analizó y clarificó las necesidades reales de los consumidores y sus principales quejas con las partes del sistema de transmisión, ordenando las subfunciones primarias en el primer nivel, los medios para lograr esas subfunciones en el segundo nivel y los datos reformulados en elementos de primer nivel (ver figuras 2.9 a 2.12).

¹³ Nigel Cross. “Métodos de diseño. Estrategias para el diseño de productos”. Editorial Limusa, Primera Edición 1999, Impreso en México.

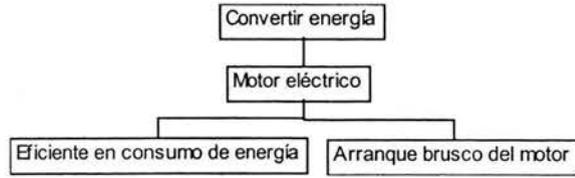


Figura 2.9 Árbol de objetivos. Convertir energía.

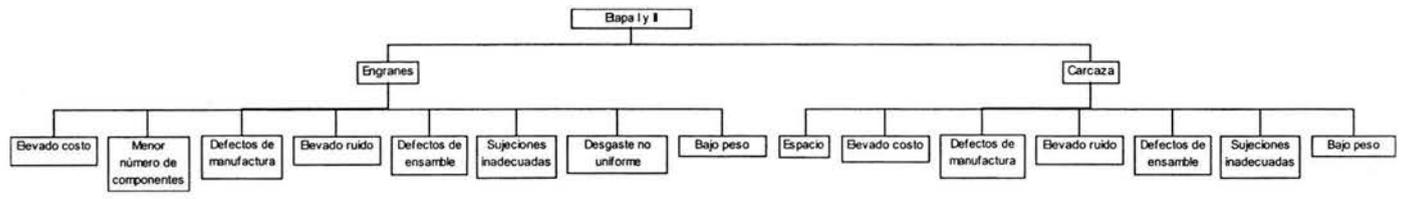


Figura 2.10 Árbol de objetivos. Etapa I y II. Reducir velocidad, aumentar par y transmitir energía.

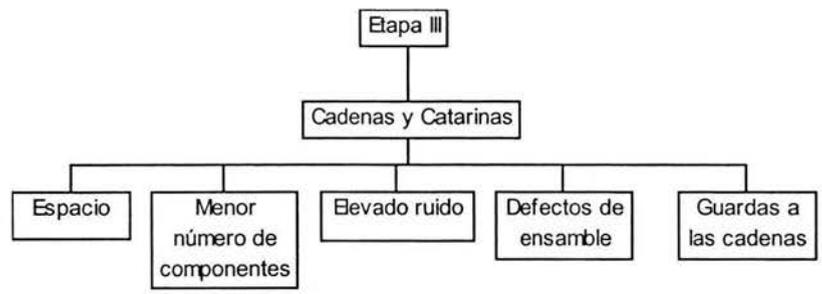


Figura 2.11 Árbol de objetivos. Etapa III. Reducir velocidad, aumentar par y transmitir energía.



Figura 2.12 Árbol de objetivos. Etapa I y II. Corregir movimiento.

Después de este análisis se construye la zona de “requerimientos del consumidor” en la casa de la calidad, transcribiendo los resultados obtenidos (ver figura 2.13).

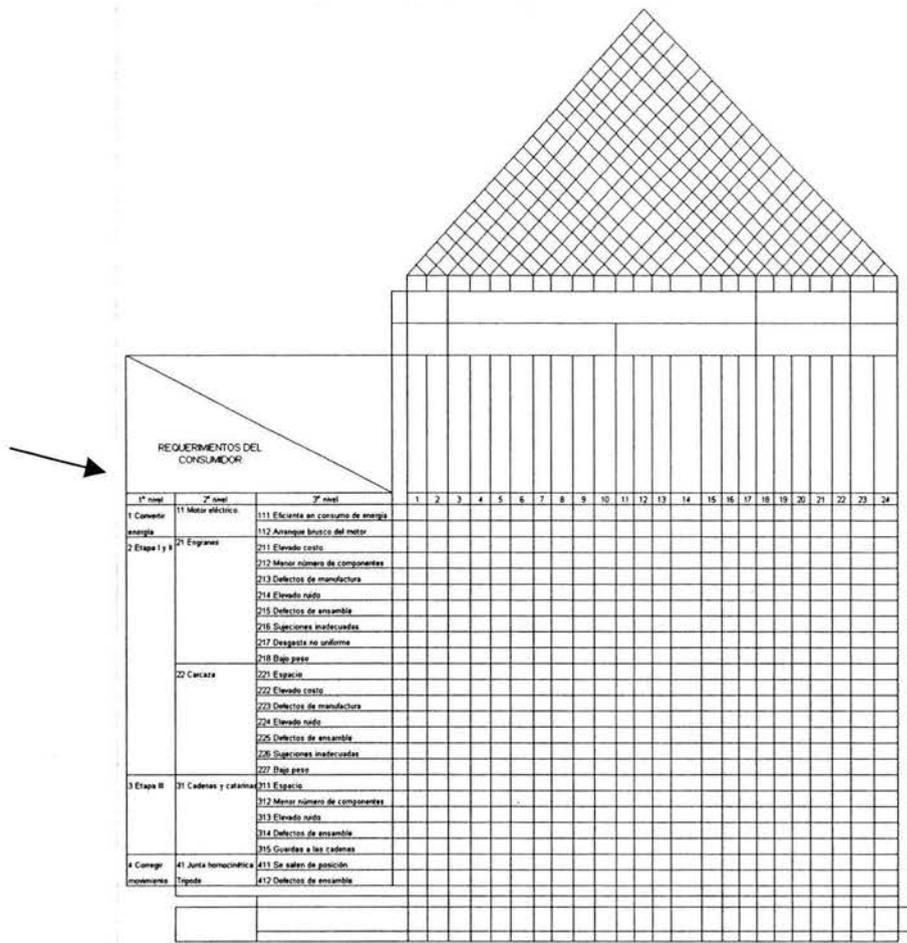


Figura 2.13 Requerimientos del consumidor, desglosados en los tres niveles, en la casa de calidad.

2.6 Tasa de importancia.

Son valores asignados de la escala del 1 al 5, a cada uno de los requerimientos del consumidor y que indican su importancia relativa. Aunque todos los requerimientos de los consumidores probablemente son importantes, QFD brinda un enfoque sistemático para jerarquizar su importancia.

La tasa de importancia se localiza entre los requerimientos de los consumidores y la parte central de la casa de calidad (ver figura 2.14).

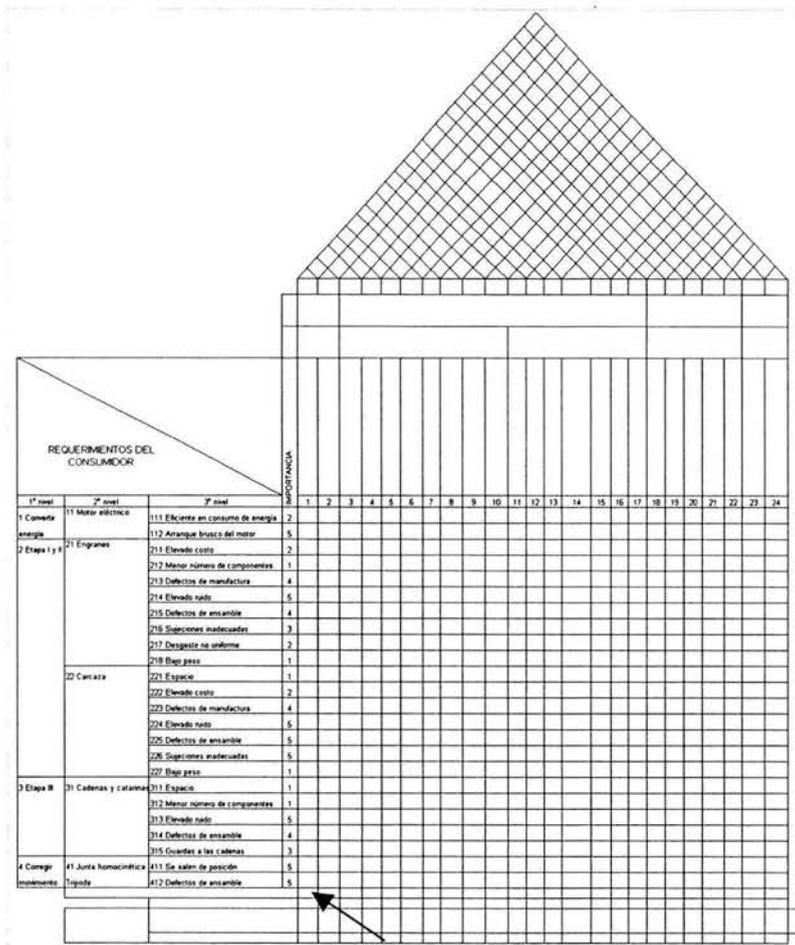


Figura 2.14 Ubicación de la tasa de importancia.

2.7 Requerimientos de diseño.

Los requerimientos de diseño, también denominados comúnmente “como’s”, son básicamente los medios que utilizamos para satisfacer las necesidades de los consumidores, en otras palabras, son los medios para lograr los fines.

Los requerimientos de diseño se ubican en la casa de la calidad en el lado superior y de forma horizontal, clasificándolos en primero y segundo nivel, de la misma forma que los requerimientos del consumidor, esto es, son las mismas subfunciones primarias y medios para lograrlas utilizadas en el árbol de objetivos, tal y como se ilustra en la figura 2.15.

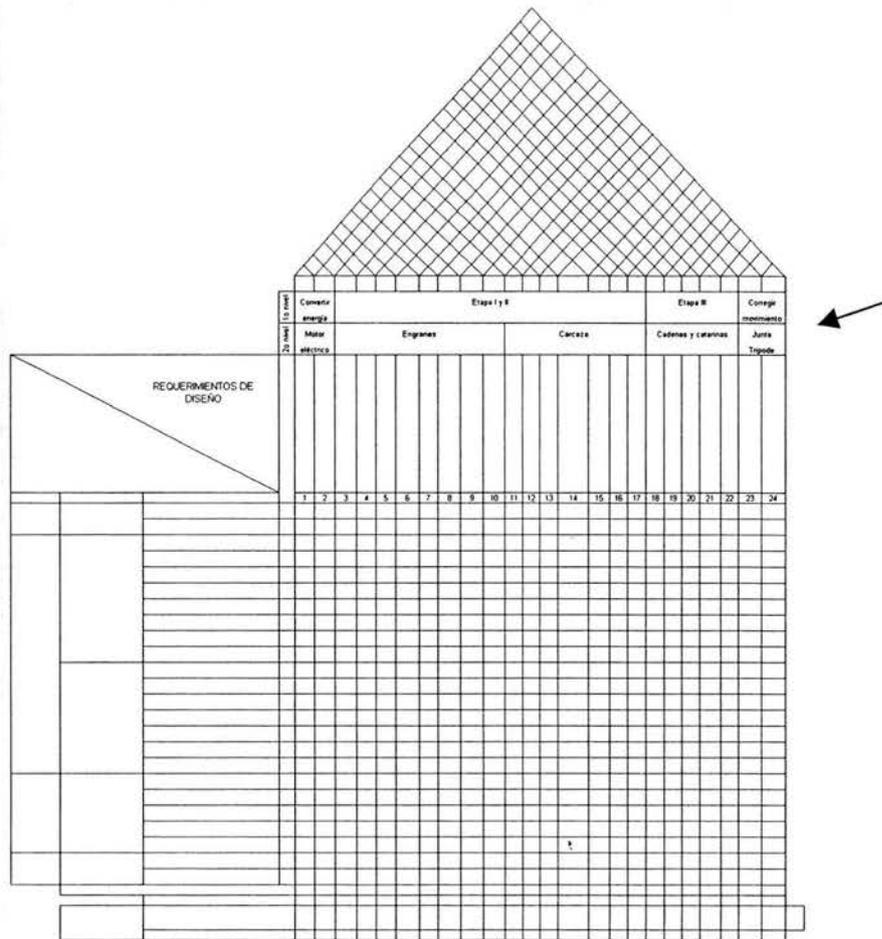


Figura 2.15 Ubicación de los requerimientos de diseño, primero y segundo nivel.

Los “como’s” consisten en procesos, facilidades, métodos, gente, departamentos y funciones en el proyecto. Esta parte de QFD usa el conocimiento colectivo y aquí es extremadamente importante la multidisciplinariedad del equipo de trabajo, para resolver problemas con diferentes ideas y ópticas. Virtualmente cualquier idea que ayuda a resolver el problema se le puede considerar una característica de diseño.

Para construir los requerimientos de diseño, se extrajo y listo los requerimientos del consumidor del tercer nivel. Se le analizo sus requerimientos de diseño para cada elemento demandado y se clasifico su relación existente entre cada una, de la siguiente manera: fuerte ●, mediana ○ y débil Δ (ver tabla 2.5).

1er. NIVEL	2do. NIVEL	ELEMENTOS DEMANDADOS 3er. NIVEL	REL	REQUERIMIENTOS DE DISEÑO		
Convertir energía	Motor eléctrico	Eficiente en consumo de energía	◆	Eficiencia del motor		
		Arranque brusco del motor	○	Ajuste del mecanismo mecánico-eléctrico de aceleración		
Etapa I y II	Engranajes	Elevado costo	○	Material y método de manufactura		
		Menor número de componentes	△	Número de piezas óptimas		
		Defectos de manufactura	○	Precisión de maquinados		
		Elevado ruido	◆	Ajuste de ensambles		
		Defectos de ensamble	◆	Aplicar rediseño para manufactura		
		Sujeciones inadecuadas	○	Rediseño de soportes de ejes y método de manufactura		
		Desgaste no uniforme	○	Alineación de trenes de engranes		
		Bajo peso	△	Materiales seleccionados		
	Carcaza	Espacio	△	Volúmen disponible		
		Elevado costo	◆	Material y método de manufactura		
		Defectos de manufactura	◆	Precisión de maquinados		
		Elevado ruido	◆	Rediseño de carcaza		
		Defectos de ensamble	◆	Alineación de carcaza con la tapa		
		Sujeciones inadecuadas	◆	Rediseño de soportes de carcaza		
Etapa III	Cadenas y Catarinas	Bajo peso	△	Materiales seleccionados		
		Espacio	△	Volúmen disponible		
		Menor número de componentes	△	Número de piezas óptimas		
		Elevado ruido	◆	Selección de las cadenas		
		Defectos de ensamble	◆	Rediseño de soportes de ejes de las catarinas		
Corregir movimiento	Junta homocinética Trípode	Guardas a las cadenas	△	Diseño de protecciones de seguridad		
		Se salen de posición	◆	Rediseño mecanismo de suspensión		
		Defectos de ensamble	○	Alineación de ejes de rueda con eje de catarina		

Tabla 2.5 Obtención de los requerimientos de diseño.

Se buscó crear aquellas características de diseño que impacten simultáneamente a varias necesidades del cliente. Esto nos dio como resultado, proponer pocos medios para satisfacer una buena cantidad de fines, entonces se reduce considerablemente el costo.

2.8 Objetivos de diseño y su tipo de característica.

Son indicadores que se desean incrementar o disminuir de un “como” o colocar un valor meta para ello. A estos objetivos también se les llama “cuanto´s”.

Una vez que se tuvo la lista de requerimientos de diseño se identifico a los mejores, como sucedió con los requerimientos del cliente. Estos “como´s” deben medirse de alguna forma por lo que los objetivos de diseño fueron una manera de filtrar a aquellos que no fueron cuantificables.

Asimismo, el tipo de característica de diseño indica si un “como” puede incrementarse o reducirse de alguna manera, o lograr un valor nominal.

A cada elemento demandado se le analizó su objetivo de diseño y su tipo de característica respectivamente, y se ubican en tabla 2.5 en las dos ultimas columnas (ver tabla 2.6).

2do. NIVEL	ELEMENTOS DEMANDADOS 3er. NIVEL	REL	REQUERIMIENTOS DE DISEÑO	UNIDADES DE MEDIDA	○ ↓ ↑
Motor eléctrico	Eficiente en consumo de energía	◆	Eficiencia del motor	% η	↑
	Arranque brusco del motor	○	Ajuste del mecanismo mecánico-eléctrico de aceleración	Pruebas de funcionamiento	○
Engranajes	Elevado costo	○	Material y método de manufactura	\$ pesos	↓
	Menor número de componentes	△	Número de piezas óptimas	# de piezas	↓
	Defectos de manufactura	○	Precisión de maquinados	mm	↑
	Elevado ruido	◆	Ajuste de ensambles	db	↓
	Defectos de ensamble	◆	Aplicar rediseño para manufactura	mm	↓
	Sujeciones inadecuadas	○	Rediseño de soportes de ejes y método de manufactura	mm	↓
	Desgaste no uniforme	○	Alineación de trenes de engranes	paralelismo	○
	Bajo peso	△	Materiales seleccionados		○
Carcaza	Espacio	△	Volúmen disponible	mm ³	↓
	Elevado costo	◆	Material y método de manufactura	\$ pesos	↓
	Defectos de manufactura	◆	Precisión de maquinados	mm	↑
	Elevado ruido	◆	Rediseño de carcaza	db	↓
	Defectos de ensamble	◆	Alineación de carcaza con la tapa	paralelismo	○
	Sujeciones inadecuadas	◆	Rediseño de soportes de carcaza		○
	Bajo peso	△	Materiales seleccionados		○
Cadenas y Catarinas	Espacio	△	Volúmen disponible	mm ³	↓
	Menor número de componentes	△	Número de piezas óptimas	# de piezas	↓
	Elevado ruido	◆	Selección de las cadenas	db	↓
	Defectos de ensamble	◆	Rediseño de soportes de ejes de las catarinas	mm	↓
	Guardas a las cadenas	△	Diseño de protecciones de seguridad		○
Junta homocinética Trípode	Se salen de posición	◆	Rediseño mecanismo de suspensión	mm	↓
	Defectos de ensamble	○	Alineación de ejes de rueda con eje de catarina	mm	↓

RELACIONES	
RELACION FUERTE	◆
RELACION MEDIANA	○
RELACION DEBIL	△

TIPO DE CARACTERISTICA	
MAXIMA	↑
MINIMA	↓
OBJETIVA	○

Tabla 2.6 Objetivos de diseño y su tipo de característica.

Después de este análisis se construye la zona de “requerimientos de diseño”, transcribiendo los resultados obtenidos de la tabla 2.6, en la casa de la calidad, tal y como se muestra en la figura 2.16.

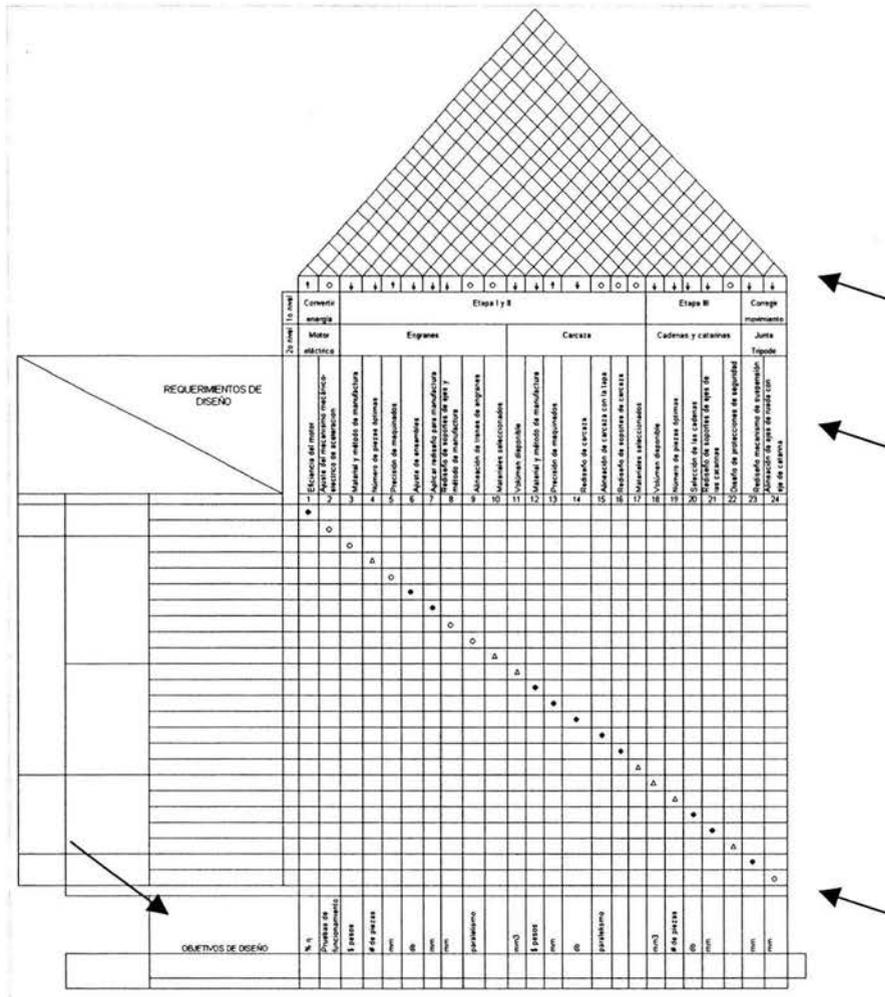


Figura 2.16 Ubicación de los requerimientos de diseño, sus relaciones, sus objetivos de diseño y su tipo de característica.

2.9 Matriz de correlaciones.

La tabla 2.7 es una matriz que muestra las correlaciones positivas y negativas de cada uno de los requerimientos de diseño.

Para explicar técnicamente lo que significa la matriz de correlaciones, puede decirse que existe correlación negativa cuando sucede que mientras un requerimiento de diseño aumenta, el otro automáticamente disminuye, o sea, son inversamente proporcionales. Por otro lado, se tiene correlación positiva entre dos requerimientos de diseño si sucede que mientras una aumenta, entonces el otro aumentará automáticamente y viceversa, es decir, son directamente proporcionales.

REQUERIMIENTOS DE DISEÑO	REQUERIMIENTOS DE DISEÑO	Eficiencia del motor	Ajuste del mecanismo mecánico-eléctrico de aceleración	Material y método de manufactura	Número de piezas óptimas	Precisión de maquinados	Ajuste de ensamblajes	Aplicar rediseño para manufactura	Rediseño de soportes de ejes y método de manufactura	Alineación de trenes de engranes	Materiales seleccionados	Volúmen disponible	Rediseño de carcaza	Alineación de carcaza con la tapa	Rediseño de soportes de carcaza	Selección de las cadenas	Rediseño de soportes de ejes de las catarinas	Diseño de protecciones de seguridad	Rediseño mecanismo de suspensión	Alineación de ejes de rueda con eje de catarina	
Eficiencia del motor		●					●	○		●			○	●	○	●	●		●		●
Ajuste del mecanismo mecánico-eléctrico de aceleración							●		○					○	○		○				○
Material y método de manufactura				⊗	⊗		●	⊗	⊗	●	⊗		⊗	●	⊗	●	⊗	⊗			
Número de piezas óptimas									⊗			●			⊗	●			●		
Precisión de maquinados							●	●			●		●	●	●	●	●				
Ajuste de ensamblajes							●	●					●	●	●	●	●				○
Aplicar rediseño para manufactura								●		●			●	●	●	●	●				○
Rediseño de soportes de ejes y método de manufactura									●	●		⊗	●	●	●	●	●				
Alineación de trenes de engranes													●	●	○		●				●
Materiales seleccionados													●		●		●	●			
Volúmen disponible													○		⊗		⊗	⊗	○		○
Rediseño de carcaza														●	●	○	●				
Alineación de carcaza con la tapa															●	○					
Rediseño de soportes de carcaza																	○				
Selección de las cadenas																	●				○
Rediseño de soportes de ejes de las catarinas																					●
Diseño de protecciones de seguridad																					
Rediseño mecanismo de suspensión																					●
Alineación de ejes de rueda con eje de catarina																					

CORRELACIONES	
FUERTEMENTE NEGATIVAS	⊗
NEGATIVAS	⊗
FUERTEMENTE POSITIVAS	●
POSITIVAS	○

Tabla 2.7 Matriz de correlaciones.

Después de este análisis se construye la zona de “matriz de correlaciones”, transcribiendo los resultados obtenidos de la tabla 2.7, en la casa de la calidad, tal y como se muestra en la figura 2.17.

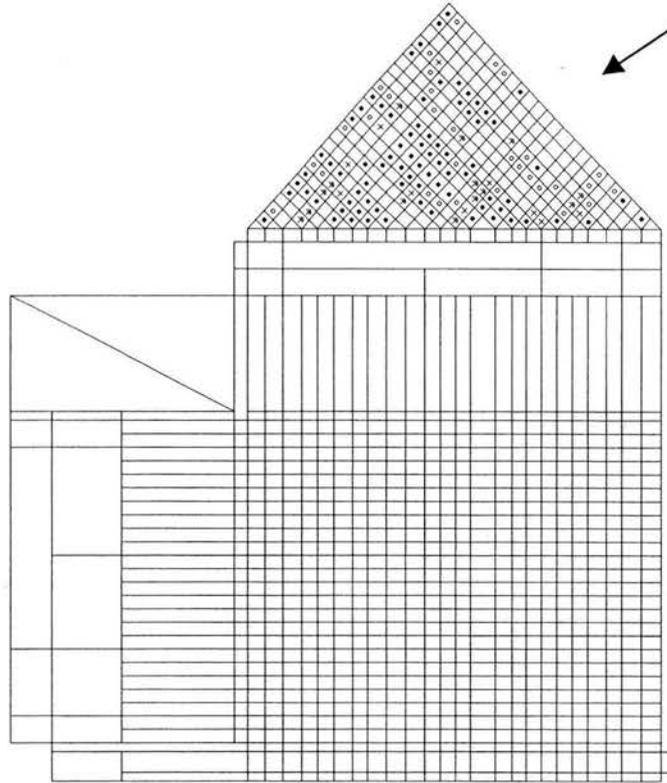


Figura 2.17 La matriz de correlaciones, conforma el techo de la casa de calidad.

2.10 Matriz de relaciones.

Consiste en un medio estructurado para identificar el grado en que cada uno de los requerimientos de diseño impactan a uno o más requerimientos del consumidor. En otras palabras, esta matriz sirve para analizar las relaciones que existen entre los “que” y los “como”, a fin de determinar si los “como’s” ayudan realmente a conseguir esos “que’s”.

La matriz de relaciones se localiza en la parte central de la grafica de calidad (ver figura 2.18) y permite detectar cuales “como’s” son los que más impactan las expectativas de los consumidores.

El tamaño de la matriz depende de la cantidad de requerimientos del consumidor y de requerimientos de diseño.

El llenado de la matriz de relaciones es renglón por renglón a fin de analizar cada requerimiento del consumidor por separado.

Los símbolos ●, ○ y Δ, se colocaron en cada una de las celdas de la matriz de relaciones y lo ideal en cualquier diseño, es que un determinado requerimiento de diseño tenga una relación fuerte con todos los requerimientos de los consumidores, para lo cual se requirió soluciones muy ingeniosas.

Por ejemplo, el requerimiento del consumidor del 3er. Nivel, “111 Eficiente en consumo de energía”, tiene una relación fuerte con el requerimiento de diseño de 3er. nivel, “Eficiencia del motor”, pero tiene una relación débil con el requerimiento de diseño de 3er. Nivel, “Selección de las cadenas”.

The diagram is a matrix titled 'MATRIZ DE RELACIONES' (Relationship Matrix). It is structured as follows:

- Vertical Axis (Left):** 'REQUERIMIENTOS DEL CONSUMIDOR' (Consumer Requirements), categorized into:
 - 1er nivel (1st level)
 - 2o nivel (2nd level)
 - 3o nivel (3rd level)
 - 4o nivel (4th level)
- Horizontal Axis (Top):** 'REQUERIMIENTOS DE DISEÑO' (Design Requirements), categorized into:
 - Etapa I (Stage I)
 - Etapa II (Stage II)
 - Etapa III (Stage III)
 - Etapa IV (Stage IV)
- Grid:** A grid of 24 columns and 24 rows. The columns are numbered 1 to 24. The rows are labeled with codes like 111, 112, 211, 212, etc. Symbols (●, ○, Δ) are placed in the cells to indicate relationship strength.
- Triangle:** A large triangle is drawn above the grid, with its base at the top and its apex at the bottom left.
- Arrow:** A horizontal arrow points to the right from the bottom right corner of the grid.

Figura 2.18 Matriz de relaciones.

2.11 Valoración de la competencia por parte del cliente y evaluación competitiva técnica.

La valoración de la competencia por parte del consumidor se le conoce como “evaluación competitiva”, y consiste en un análisis comparativo de los productos o servicios de la competencia con el producto o servicio que se está diseñando o rediseñando.

La evaluación competitiva técnica consiste en las especificaciones de ingeniería para cada uno de los “como´s”, así como especificaciones técnicas de los competidores.

En la evaluación competitiva los consumidores aportan los datos y en el caso de la evaluación técnica son los ingenieros y el personal técnico quienes investigan y desarrollan esta información.

Esta información permite identificar nuestras fuerzas y debilidades con respecto a la competencia, a fin de consolidar y acrecentar las primeras y reducir las segundas.

Debido a que la transmisión actual esta en la fase de prototipo de investigación, no se realizó la “evaluación competitiva”. No se pueden comparar porque no se encuentran en la misma etapa de diseño y su objetivo es diferente.

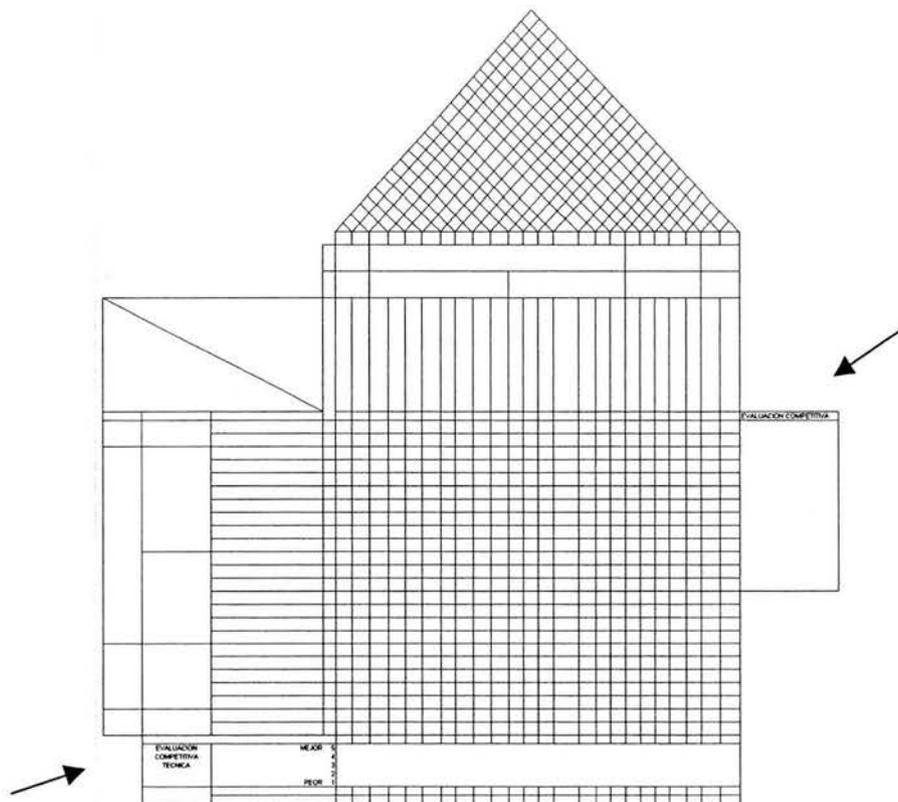


Figura 2.19 Ubicación de la evaluación competitiva y la evaluación competitiva técnica.

En la figura 2.19, se muestra la ubicación en la casa de la calidad de la evaluación competitiva (parte derecha) y la evaluación competitiva técnica (parte inferior). Estas dos zonas no se mostraran en la casa de la calidad por lo antes mencionado.

2.12 Dificultad técnica.

Consistió en asignar un valor de la escala puntual de 1 al 5 a cada uno de los “como’s”, y estos valores significan el grado de dificultad que representa el implementar cada uno de los requerimientos de diseño.

Estos valores se les conoce también como factores de probabilidad, esto es, si se tiene un factor de probabilidad bajo, puede indicar que una solución no va a ser competitiva, así como también puede indicar si se necesita desarrollar nueva tecnología, sistemas o métodos de trabajo.

Por lo tanto, se asigno un 5 cuando es una alta probabilidad y un 1 a una baja probabilidad.

La dificultad técnica se ubica en la parte inferior de la casa de la calidad, en el cuarto renglón de abajo hacia arriba (ver figura 2.20).

2.13 Importancia técnica absoluta.

Son valores que se calculan al multiplicar las tasas de importancia de cada uno de los “que’s” con los correspondientes factores de cada una de las columnas de la matriz de relaciones.

Por ejemplo, para el requerimiento del consumidor: 111 Eficiente en consumo de energía y el requerimiento de diseño: Eficiencia del motor, se tiene una relación fuerte con valor de 9 y una importancia relativa de 2, por lo que $9 \times 2 = 18$, de igual manera para el requerimiento del consumidor 112 Arranque brusco del motor y el mismo requerimiento de diseño, se tiene una relación fuerte con valor de 9 y una importancia relativa de 5, por lo que $9 \times 5 = 45$.

Sumando $18 + 45 = 63$, la cual es la importancia técnica absoluta de ese requerimiento del consumidor o “como”.

La importancia técnica absoluta se ubica en la parte inferior de la casa de la calidad, en el segundo renglón de abajo hacia arriba (ver figura 2.20).

2.14 Importancia técnica relativa.

Básicamente consiste, en normalizar los datos encontrados en el paso anterior, esto es, la importancia técnica relativa es igual a la importancia técnica absoluta dividido por la suma de todas las importancia técnica absolutas, multiplicado por 100 (ver figura 2.20).

En términos del consumidor, la importancia técnica relativa muestra cuantitativamente el impacto que tiene cada uno de los requerimientos de diseño en las necesidades del cliente.

La importancia técnica relativa se ubica en la parte inferior de la casa de la calidad, en el primer renglón de abajo hacia arriba (ver figura 2.20).

2.15 Casa de la calidad.

Una vez investigado lo anterior, se colocan en la casa de calidad los nueve elementos siguientes, como lo muestra la figura 2.20.

- a. Requerimiento del consumidor.
- b. Requerimientos de diseño.
- c. Tasa de importancia.
- d. Objetivos de diseño y tipo de característica.
- e. Matriz de correlaciones.
- f. Matriz de relaciones.
- g. Dificultad técnica.
- h. Importancia técnica absoluta.
- i. Importancia técnica relativa.

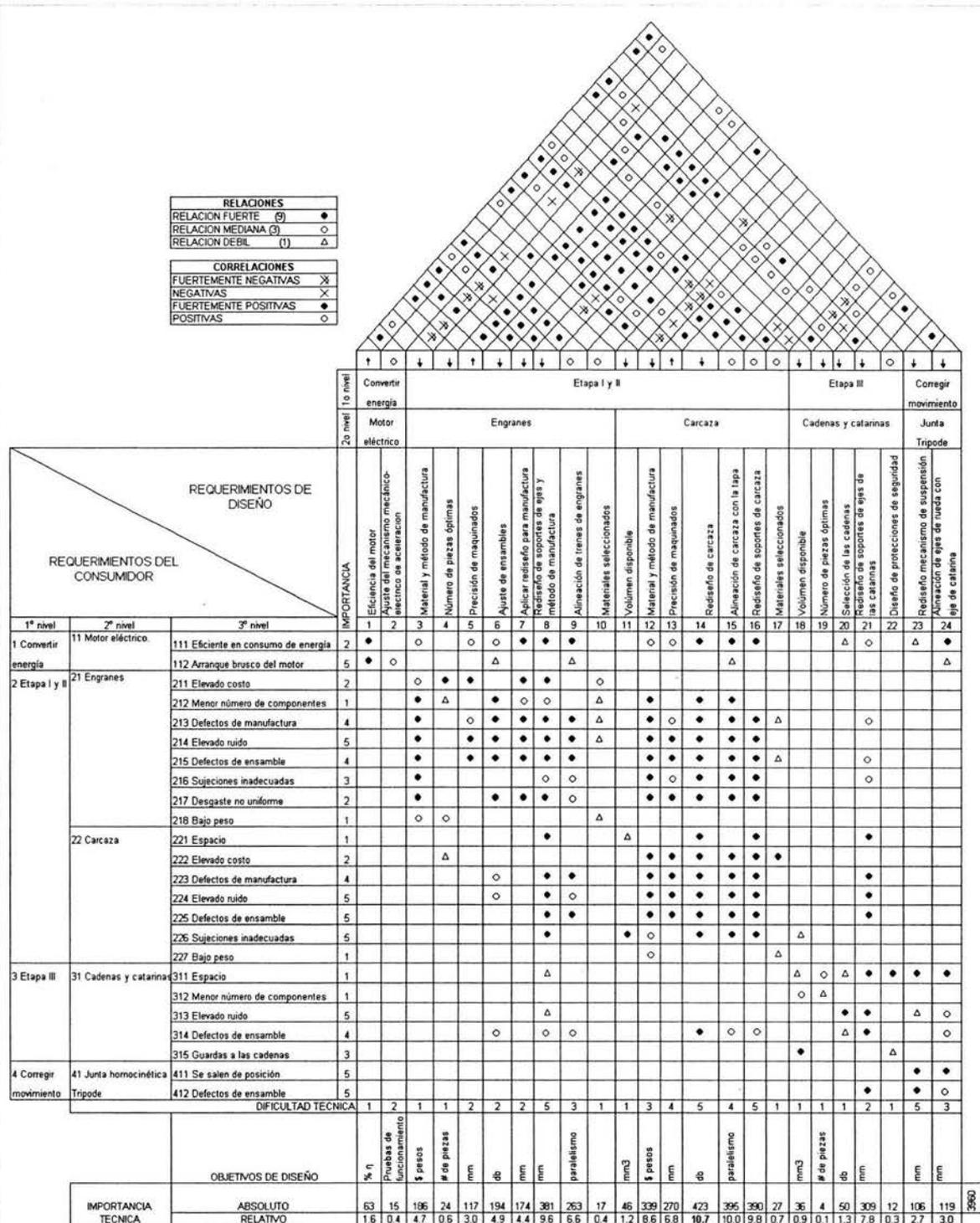


Figura 2.20 Casa de la calidad.

2.15.1 Conclusiones de la casa de la calidad.

De la figura 2.20, en la parte inferior, ultimo renglón, la importancia técnica relativa que muestra los valores de mayor numero son los mostrados en la siguiente tabla:

REQUERIMIENTO DE DISEÑO	IMPORTANCIA TÉCNICA RELATIVA	1er. NIVEL	2do. NIVEL
Rediseño de carcaza	10.7	Etapa II	Carcaza
Alineación de carcaza con la tapa	10.0	Etapa II	Carcaza
Rediseño de soportes de carcaza	9.8	Etapa II	Carcaza
Rediseño de soportes de ejes y método de manufactura	9.6	Etapa I	Engranés

Tabla 2.8 Requerimientos de diseño con mayor importancia técnica relativa.

De la tabla 2.8, se tomarán solamente los requerimientos de mayor importancia técnica relativa, etapa II, carcaza; esto es debido a que el “rediseño de soportes de ejes y método de manufactura” se relaciona y correlaciona con las otras de una manera fuerte (ver figura 2.20), por lo que la parte que pasará a la siguiente casa será la carcaza.

2.16 Casa de la selección del concepto

La casa de la selección del concepto, se construye basándose en la información de la primera casa. Sin embargo, los elementos adicionales de esta casa serán los mismos, aunque la información considerada sea diferente cada vez.

A continuación se explican los nueve elementos que se colocan en la casa de la selección del concepto, como lo muestra la figura 2.27.

- a. Requerimientos de diseño.
- b. Requerimientos de la parte.
- c. Tasa de importancia.
- d. Objetivos de diseño y tipos de característica.
- e. Matriz de correlaciones.
- f. Matriz de relaciones.
- g. Dificultad técnica.
- h. Importancia técnica absoluta.
- i. Importancia técnica relativa.

2.16.1 Requerimientos de diseño.

La casa de la selección del concepto se conforma de los requerimientos de diseño de la carcaza, mostrados en el apartado 2.16 (tabla 2.8), y se ubican en el lado izquierdo de la casa y de forma vertical, continuando con la clasificación de primero, segundo y tercer nivel, como se ilustra en la figura 2.21.

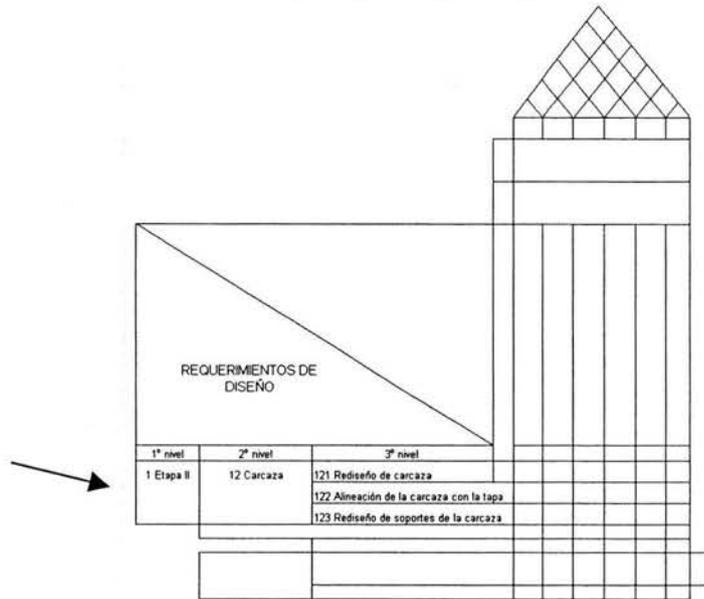


Figura 2.21 Ubicación de los requerimientos de diseño en la casa de la selección del concepto.

2.16.2 Tasa de importancia.

De la misma forma que el apartado 2.6, la tasa de importancia indica la importancia relativa de los requerimientos de diseño (ver figura 2.22).

Se asignó un valor de 5 al rediseño de la carcaza debido a que es la parte principal e independiente con respecto a las otras, un valor de 4 al rediseño de la tapa, la cual, será alineada al nuevo diseño de la carcaza y se considera un requerimiento de diseño dependiente del rediseño de la carcaza y por último, un valor de 4 al rediseño de los soportes del nuevo diseño de la carcaza y de la tapa, también se considera un requerimiento de diseño dependiente de las otras dos.

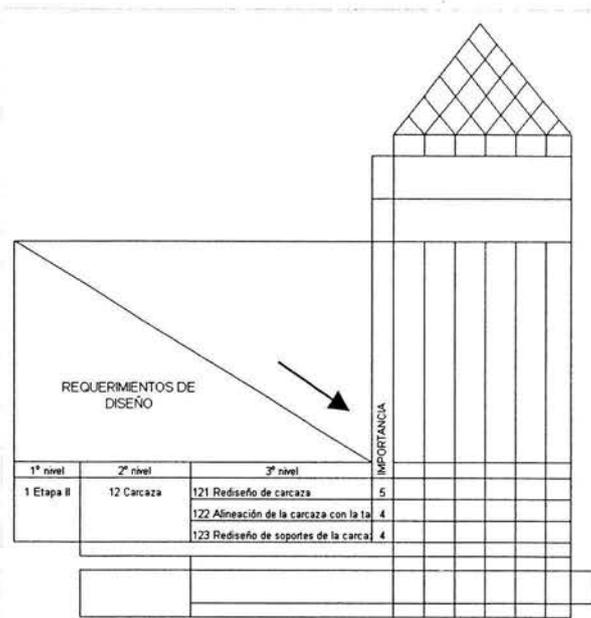


Figura 2.22 Ubicación de la tasa de importancia en la casa de la selección del concepto.

2.16.3 Requerimientos de la parte, su relación con los requerimientos de diseño, objetivos de diseño y tipos de característica.

Los requerimientos de la parte, son los medios que utilizamos para satisfacer los requerimientos de diseño y se ubican en la casa del lado superior y de forma horizontal, siguiendo la clasificación de primero y segundo nivel (ver figura 2.23).

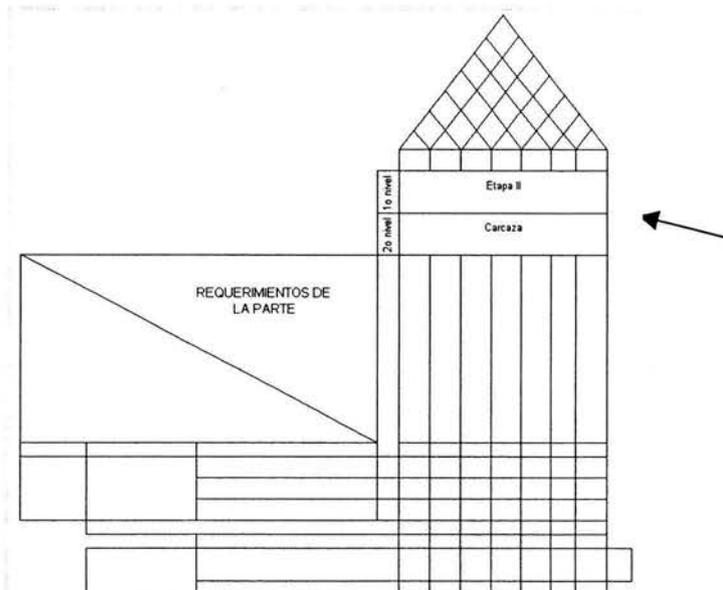


Figura 2.23 Ubicación de los requerimientos de la parte, primero y segundo nivel.

Para la construcción de los requerimientos de la parte, su relación con los requerimientos de diseño, objetivos de diseño y tipos de característica, se siguió con el mismo procedimiento realizados en los apartados 2.7 y 2.8, concluyendo lo mostrado en la tabla 2.9.

2do. NIVEL	REQUERIMIENTOS DE DISEÑO 3er. NIVEL	REL	REQUERIMIENTOS DE LA PARTE	UNIDADES DE MEDIDA	○ ↓ ↑
Carcaza	Rediseño de carcaza	●	Cambiar forma	mm3	↓
		●	Agregar nervios a la carcaza para aumentar frecuencia natural	# de nervios.	↓
		●	Agregar ceja a la boca de la carcaza	mm	↓
	Alineación de la carcaza con la tapa	●	Quitar sujeciones de la tapa con la estructura	mm3	↓
		●	Colocar soporte al motor	mm3	↓
	Rediseño de soportes de carcaza.	●	Colocar sujeción horizontal con la estructura	mm3	↓

RELACIONES	
RELACION FUERTE	●
RELACION MEDIANA	○
RELACION DEBIL	△

TIPO DE CARACTERISTICA	
MAXIMA	↑
MINIMA	↓
OBJETIVA	○

Tabla 2.9 Obtención de los requerimientos de la parte, su relación con los requerimientos de diseño, objetivos de diseño y tipos de característica.

Después de este análisis se construye la zona “requerimientos de la parte”, transcribiendo los resultados obtenidos de la tabla 2.9, en la casa de la selección del concepto, como se muestra en la figura 2.24.

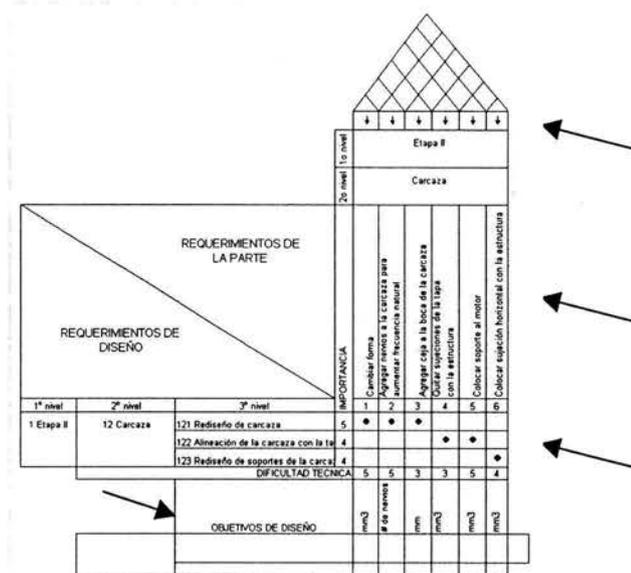


Figura 2.24 Ubicación de los requerimientos de la parte, sus relaciones con los requerimientos de diseño, sus objetivos de diseño y su tipo de característica.

2.16.4 Matriz de correlaciones.

La tabla 2.10 es una matriz que muestra las correlaciones positivas y negativas de cada uno de los requerimientos de la parte.

REQUERIMIENTOS DE LA PARTE	Cambiar forma	Agregar nervios a la carcaza para aumentar frecuencia natural	Agregar ceja a la boca de la carcaza	Quitar sujeciones de la tapa con la estructura	Colocar soporte al motor	Colocar sujecion horizontal con la estructura
Cambiar forma	●	●				●
Agregar nervios a la carcaza para aumentar frecuencia natural			●			
Agregar ceja a la boca de la carcaza				●	●	●
Quitar sujeciones de la tapa con la estructura					●	●
Colocar soporte al motor						○
Colocar sujecion horizontal con la estructura						

CORRELACIONES	
FUERTEMENTE NEGATIVAS	⊗
NEGATIVAS	×
FUERTEMENTE POSITIVAS	●
POSITIVAS	○

Tabla 2.10 Matriz de correlaciones de los requerimientos de la parte.

Después de este análisis se construye la zona “matriz de correlaciones”, transcribiendo los resultados obtenidos de la tabla 2.10, en la *casa de la selección del concepto*, como se muestra en la figura 2.25.

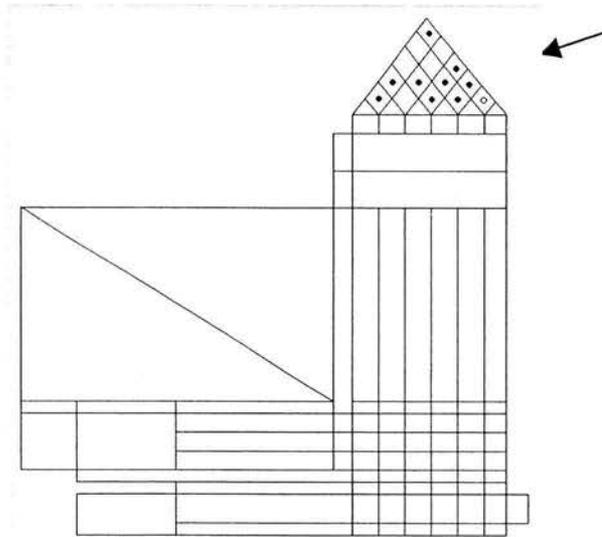


Figura 2.25 Matriz de correlaciones de los requerimientos de la parte en la *casa de la selección del concepto*.

2.16.5 Matriz de relaciones.

El llenado de la matriz de relaciones para la *casa de la selección del concepto* es similar al apartado 2.10, analizando las relaciones entre los requerimientos de diseño y los de la parte (ver figura 2.26).

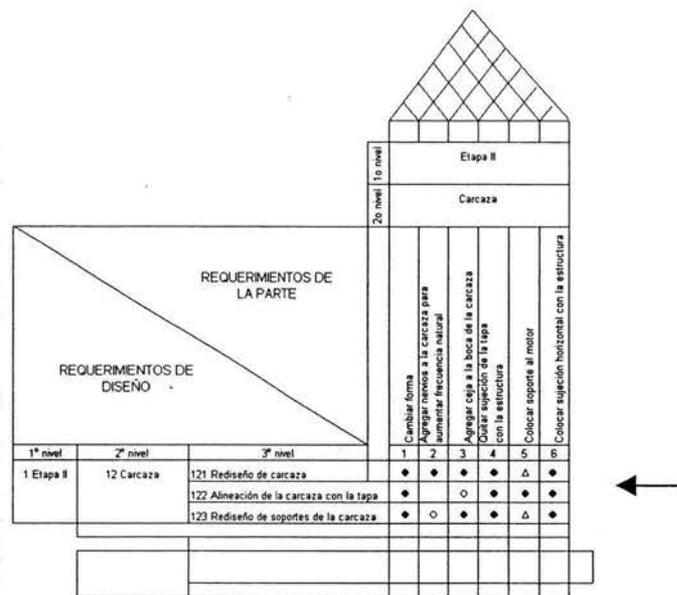


Figura 2.26 Matriz de relaciones en la *casa de la selección del concepto*.

2.16.6 Dificultad técnica.

La dificultad técnica indica el grado de dificultad que representa el implementar cada uno de los requerimientos de la parte, así como también, es un factor de probabilidad de los alcances tecnológicos que tenemos para realizarlos, por lo cual, se les asigno valores de 5 a los requerimientos de la parte que requieren un análisis más profundo en CAD (diseño asistido por computadora), y así sucesivamente hasta un valor 2 que corresponde básicamente a un resultado de un valor 5 con un análisis básico de modelado.

De igual manera que en el apartado 2.12, la dificultad técnica se ubica en la parte inferior de la casa de la selección del concepto, en el cuarto renglón de abajo hacia arriba (ver figura 2.27).

2.16.7 Importancia técnica absoluta.

La importancia técnica absoluta muestra el resultado numérico de los análisis existentes entre la “matriz de relaciones” con la “importancia” de cada requerimiento de diseño.

De la misma forma que en el apartado 2.13, se ubica en la parte inferior de la *casa de la selección del concepto*, en el tercer renglón de abajo hacia arriba (ver figura 2.27)

2.16.8 Importancia técnica relativa.

La importancia técnica relativa muestra cuantitativamente el impacto que tiene cada uno de los requerimientos de la parte en las necesidades de diseño.

De la misma forma que en el apartado 2.14, la importancia técnica relativa se ubica en la parte inferior de la *casa de la selección del concepto*, en el primer renglón de abajo hacia arriba (ver figura 2.27)

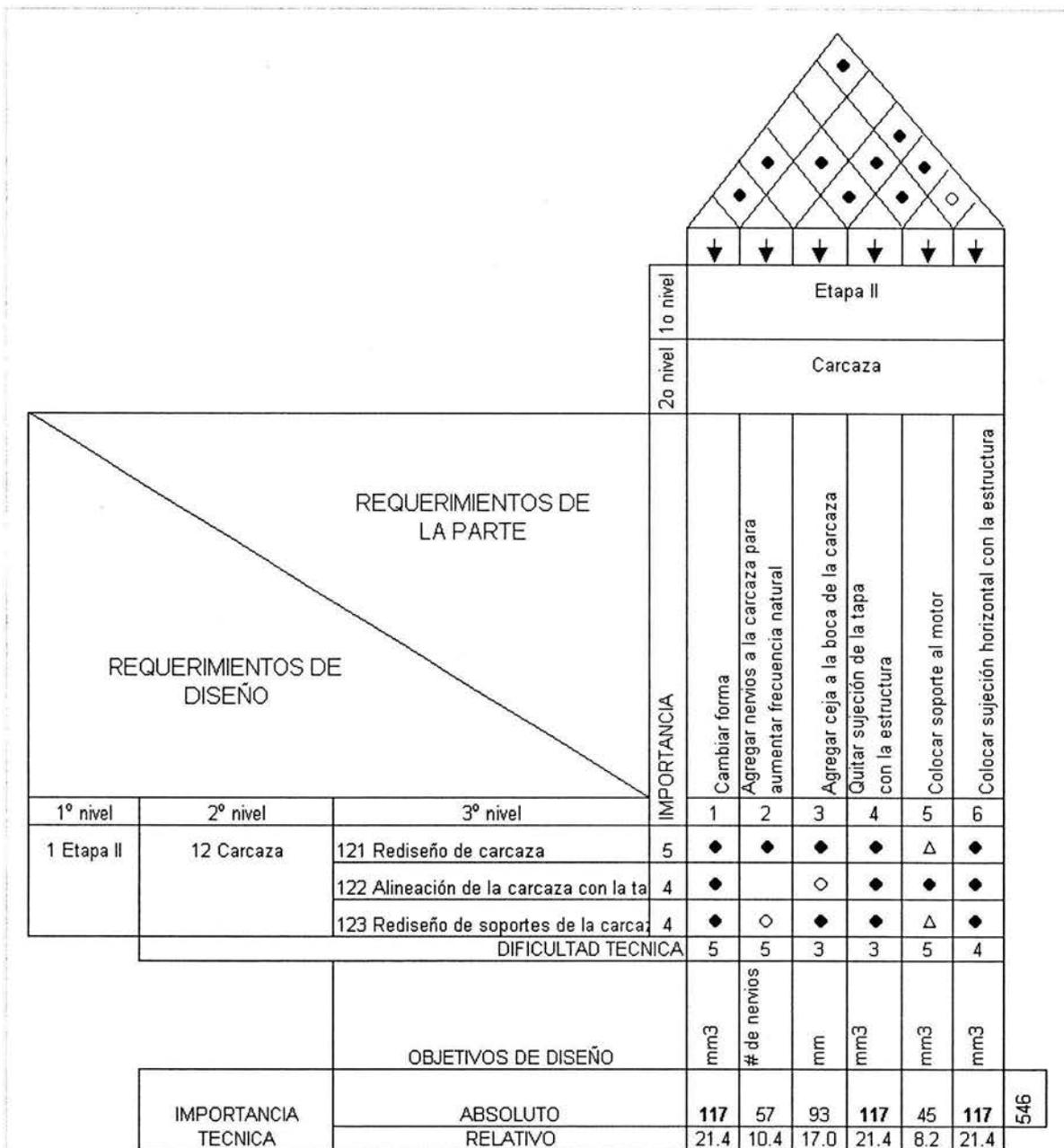


Figura 2.27 Casa de la selección del concepto.

2.16.9 Conclusiones de la casa de la selección del concepto.

De la figura 2.27, último renglón, la importancia técnica absoluta que muestra los valores de mayor número al menor y que pasan a la siguiente casa de desarrollo asistido por computadora, son los mostrados en la siguiente tabla:

REQUERIMIENTOS DE LA PARTE	IMPORTANCIA TÉCNICA RELATIVA	1er NIVEL	2do NIVEL
Cambiar forma.	117	Etapa II	Carcaza
Quitar sujeción de la tapa con la estructura.	117	Etapa II	Carcaza
Colocar sujeción horizontal con la estructura.	117	Etapa II	Carcaza
Agregar ceja a la boca de la carcaza.	93	Etapa II	Carcaza
Agregar nervios a la carcaza para aumentar frecuencia natural.	57	Etapa II	Carcaza
Colocar soporte al motor.	45	Etapa II	Carcaza

Tabla 2.11 Requerimientos de la parte con mayor importancia técnica relativa.

2.17 Casa de diseño asistido por computadora (CAD).

La *casa de diseño asistido por computadora (CAD)*, se construye basándose en la información mostrada en la tabla 2.11

De la misma forma que en las dos casas anteriores, se explica a continuación los nueve elementos que se colocaron en la *casa de CAD*, como lo muestra la figura 2.33.

2.17.1 Requerimientos de la parte.

La *casa de CAD* se conforma de los requerimientos de la parte de la carcaza, mostrados en el apartado 2.17.9 (tabla 2.11), y se ubican en el lado izquierdo de la casa y de forma vertical, continuando con la clasificación de primero, segundo y tercer nivel, como se ilustra en la figura 2.28.

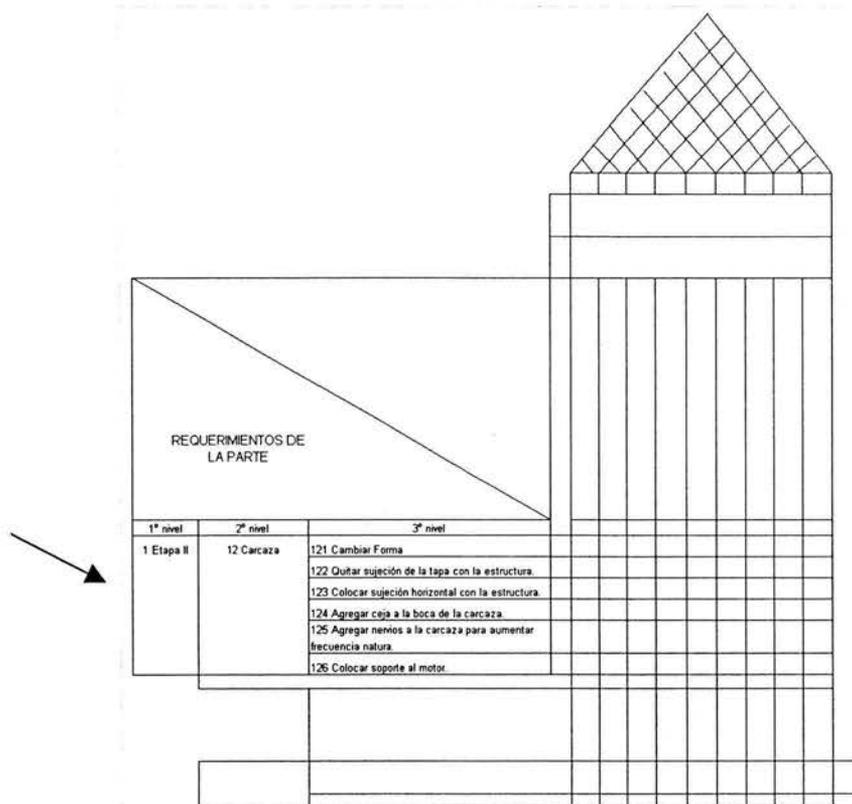


Figura 2.28 Ubicación de los requerimientos de la parte en la *casa de CAD*.

2.17.2 Tasa de importancia.

De la misma forma que el apartado 2.6 y 2.17.2, la tasa de importancia indica la importancia relativa de los requerimientos de la parte. Se asigno un valor de 5 a los tres requerimientos de la parte, debido a que son diseños independientes que afectan considerablemente el ensamble total de la carcasa, esto es, su buen diseño individual afecta directamente al ensamble (ver figura 2.29).

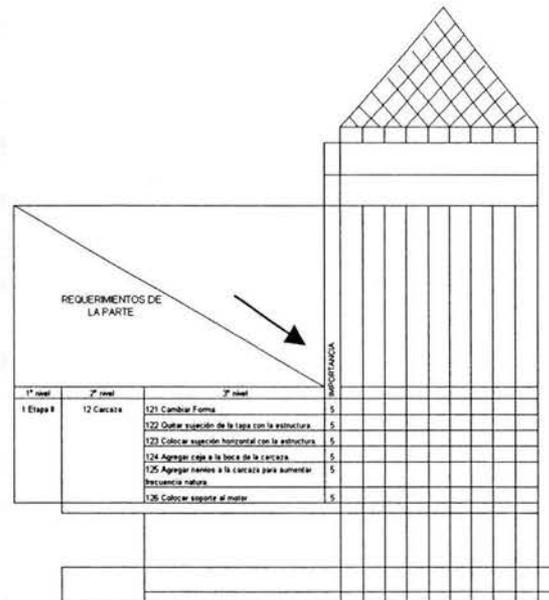


Figura 2.29 Ubicación de La tasa de importancia en la casa de CAD.

2.17.3 Requerimientos de CAD, su relación con los requerimientos de la parte, objetivos de diseño y tipos de característica.

Para la construcción de los requerimientos de CAD, su relación con los requerimientos de la parte, objetivos de diseño y tipos de característica, se siguió con el mismo procedimiento realizado en los apartados 2.7, 2.8 y 2.17.3, concluyendo lo mostrado en la tabla 2.12.

2do. NIVEL	REQUERIMIENTOS DE LA PARTE 3er. NIVEL	REL	REQUERIMIENTOS DE CAD	UNIDADES DE MEDIDA	○ ↓ ↑
Carcaza	Cambiar forma	●	Modelado de carcaza.	mm ³	↓
		●	Análisis de elemento finito, esfuerzos, deformaciones y desplazamientos	σ, ϵ, mm	↓
		●	Análisis estático para modos de frecuencia	Hz	↓
	Colocar sujeción horizontal con la estructura	●	Modelado de sujeción horizontal de la carcaza	mm ³	↓
	Agregar ceja a la boca de la carcaza.	●	Modelado de la ceja a la boca de la carcaza	mm ³	
	Agregar nervios a la carcaza para aumentar frecuencia natural.	●	Modelado de nervios en la carcaza	mm ³	↓
Colocar soporte al motor	●	Modelado de soporte del motor	mm ³	↓	
	Quitar sujeción de la tapa con la estructura	●	Modelar tapa sin sujeciones	mm ³	↓
		●	Ensamble de tapa y carcaza	mm	↓
		●	Análisis de elemento finito, esfuerzos, deformaciones y desplazamientos	σ, ϵ, mm	↓
		●	Análisis estático para modos de frecuencia	Hz	↓

RELACIONES	
RELACION FUERTE	●
RELACION MEDIANA	○
RELACION DEBIL	△

TIPO DE CARACTERISTICA	
MAXIMA	↑
MINIMA	↓
OBJETIVA	○

Tabla 2.12 Obtención de los requerimientos de CAD, su relación con los requerimientos de diseño, objetivos de diseño y tipos de característica.

Después de este análisis se construye la zona “requerimientos de CAD”, transcribiendo los resultados obtenidos de la tabla 2.12, en la casa de CAD, como se muestra en la figura 2.30.

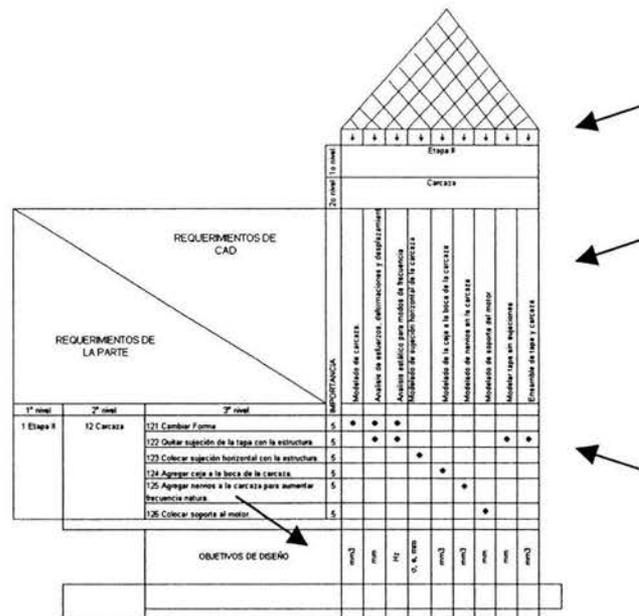


Figura 2.30 Ubicación de los requerimientos de CAD, sus relaciones con los requerimientos de la parte, sus objetivos de diseño y su tipo de característica en la casa de CAD.

2.17.4 Matriz de correlaciones en la casa de CAD.

La tabla 2.13 es una matriz que nos muestra las correlaciones positivas y negativas de cada uno de los requerimientos de CAD.

REQUERIMIENTOS DE CAD	REQUERIMIENTOS DE CAD	Modelado de carcasa.																			
		Modelado de carcasa.	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Analisis de esfuerzos, deformaciones y desplazamientos		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Analisis estático para modos de frecuencia			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Modelado de sujeción horizontal de la carcasa				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Modelado de la ceja a la boca de la carcasa							●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Modelado de nervios en la carcasa											●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Modelado de soporte del mortor																		●	●
		Modelar tapa sin sujeciones																			●
		Ensamble de tapa y carcasa																			●

CORRELACIONES	
FUERTEMENTE NEGATIVAS	⊗
NEGATIVAS	×
FUERTEMENTE POSITIVAS	●
POSITIVAS	○

Tabla 2.13 Matriz de correlaciones de los requerimientos de CAD.

Después de este análisis se construye la zona “matriz de correlaciones”, transcribiendo los resultados obtenidos de la tabla 2.13, en la casa de CAD, como se muestra en la figura 2.31.

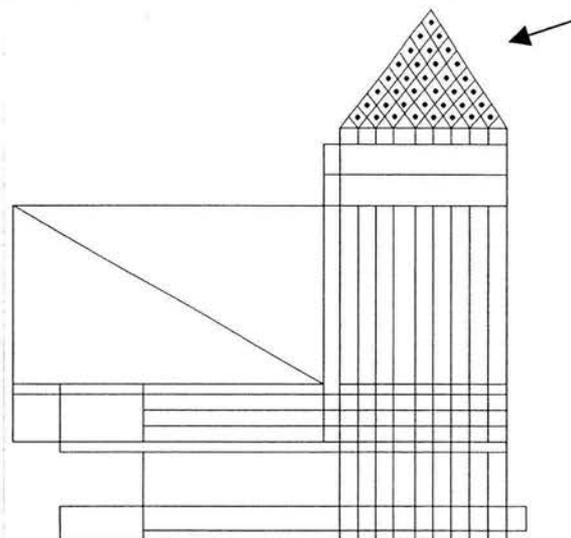


Figura 2.31 Matriz de correlaciones de los requerimientos de CAD.

2.17.5 Matriz de relaciones.

El llenado de la matriz de relaciones para la *casa de CAD* es similar al apartado 2.10 Y 2.17.5, analizando las relaciones entre los requerimientos de la parte y los de CAD (ver figura 2.32).

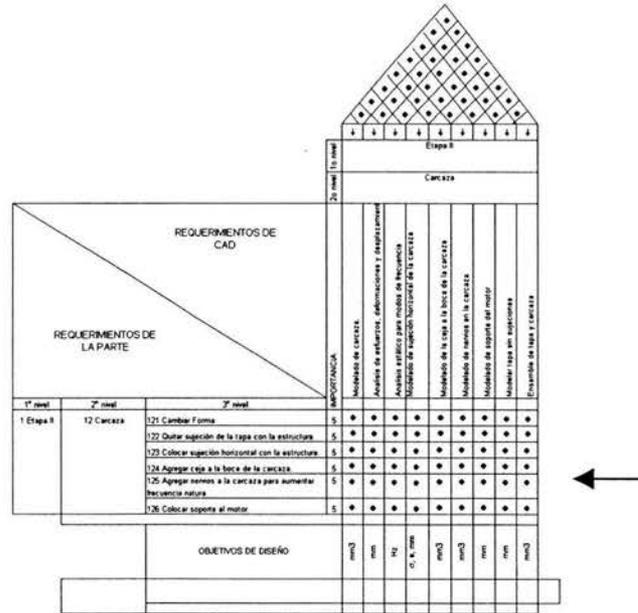


Figura 2.32 Matriz de relaciones en la *casa de CAD*.

2.17.6 Dificultad técnica.

De igual manera que en el apartado 2.12 y 2.17.6, en la dificultad técnica de la *casa de CAD*, se les asigno valores de 5 a los requerimientos de CAD que requieren un mayor análisis en CAD, y un valor de 4 a un análisis básico de modelado (ver figura 2.33).

2.17.7 Importancia técnica absoluta.

De la misma forma que en el apartado 2.13 y 2.17.7, la importancia técnica absoluta nos muestra el resultado numérico de los análisis existentes entre la “matriz de relaciones” con la “importancia” de cada requerimiento de diseño (ver figura 2.33).

2.17.8 Importancia técnica relativa.

De la misma forma que en el apartado 2.14 y 2.17.8, la importancia técnica relativa muestra cuantitativamente el impacto que tiene cada uno de los requerimientos de CAD en las necesidades de diseño (ver figura 2.33).

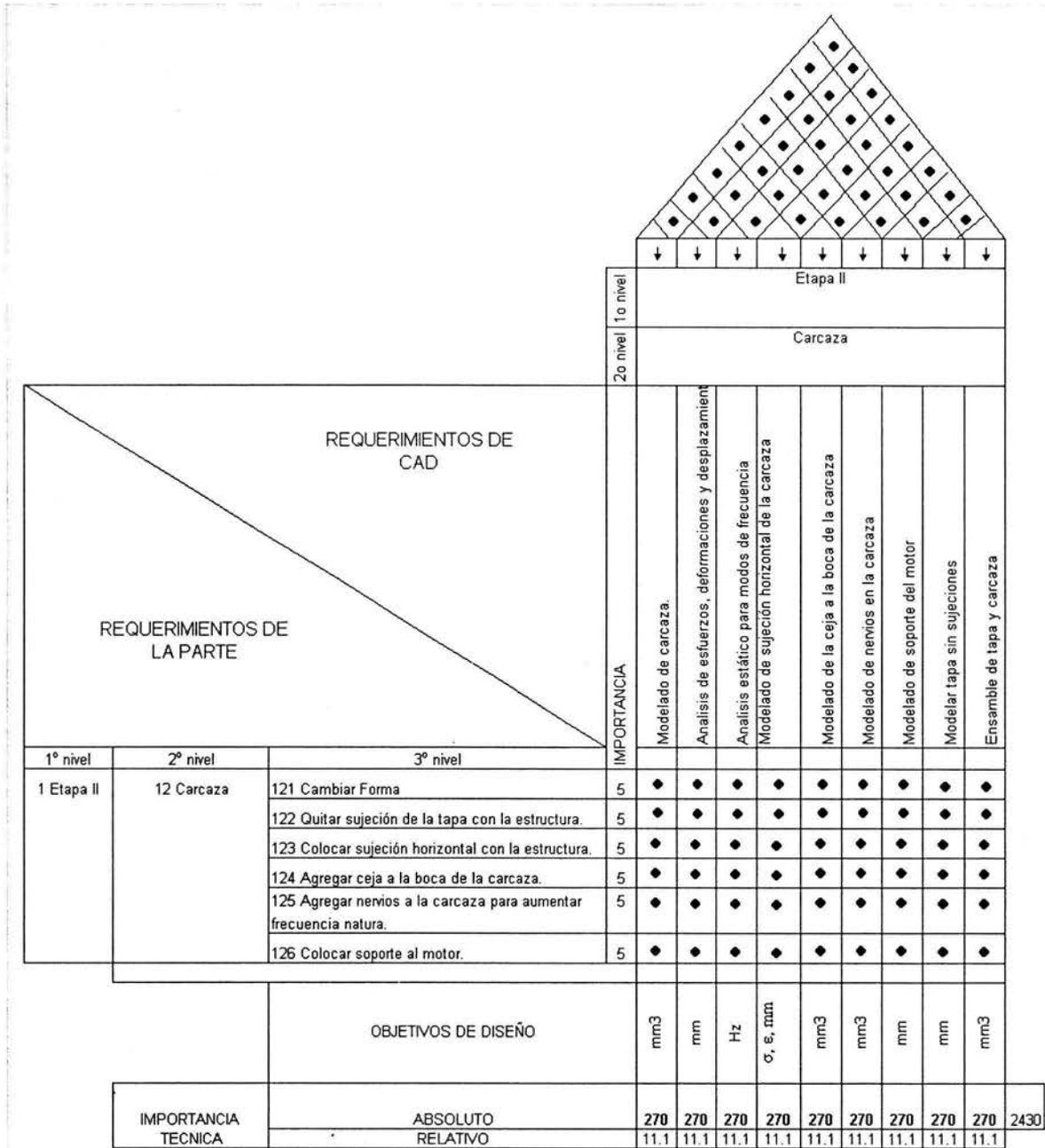


Figura 2.33 Casa de CAD.

2.17.9 Conclusiones de la casa de CAD.

De la figura 2.33, último renglón, la importancia técnica relativa es la misma para todos los requerimientos de CAD, esto es debido a que existen relaciones fuertes para todos los requerimientos de la parte con los requerimientos de CAD.

De la misma figura, las correlaciones son fuertemente positivas para todos los requerimientos de CAD, esto significa que, cualquier cambio en cualquiera de ellos, afecta a los demás positivamente.

La casa de CAD, nos indica que todos los requerimientos de CAD, deben ser realizados con el mismo nivel de importancia, para que el rediseño de la carcasa sea satisfactoriamente de calidad.

En el siguiente capítulo se llevarán a efecto estas conclusiones mediante el modelado y el análisis por elemento finito.

CAPÍTULO III

DISEÑO CONCEPTUAL

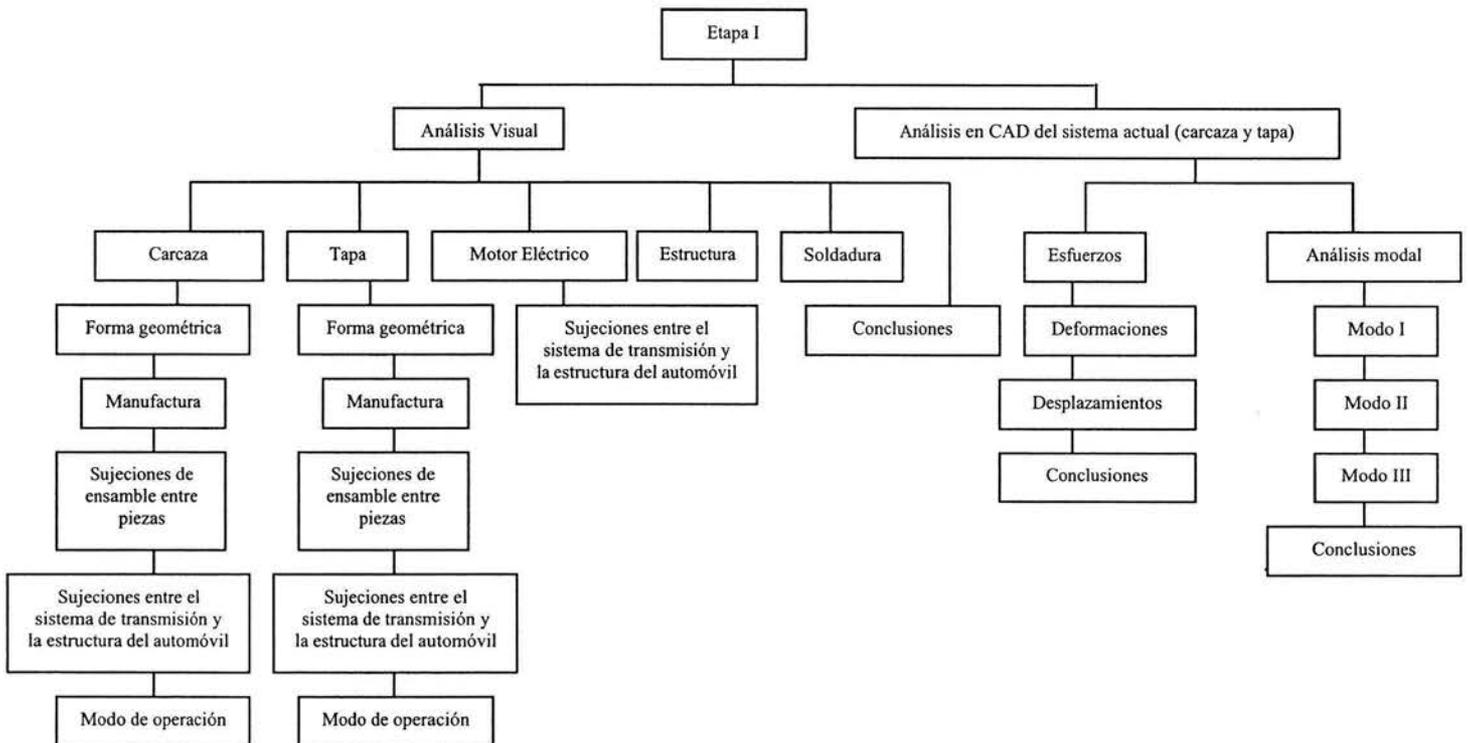
3.1 Objetivo.

Realizar el rediseño conceptual de la carcaza, tapa y sujeciones basados en los resultados obtenidos en la casa de CAD (ver figura 2.33).

3.2 Proceso de rediseño.

Para el rediseño de las partes, se realizó un proceso de rediseño. Este modelo describe la forma de trabajo orientado a alcanzar el objetivo.

Se sugirió una estructura básica para el proceso de rediseño, las cuales se dividen en tres etapas, la primera es de análisis del modelo actual del ensamble entre carcaza, tapa y sujeciones, la segunda es modelado y ensamble de piezas rediseñadas y la tercera es un comparativo entre el modelo actual y el rediseño, entre las etapas hay retroalimentación con los resultados obtenidos antes y después (ver figura 3.1).



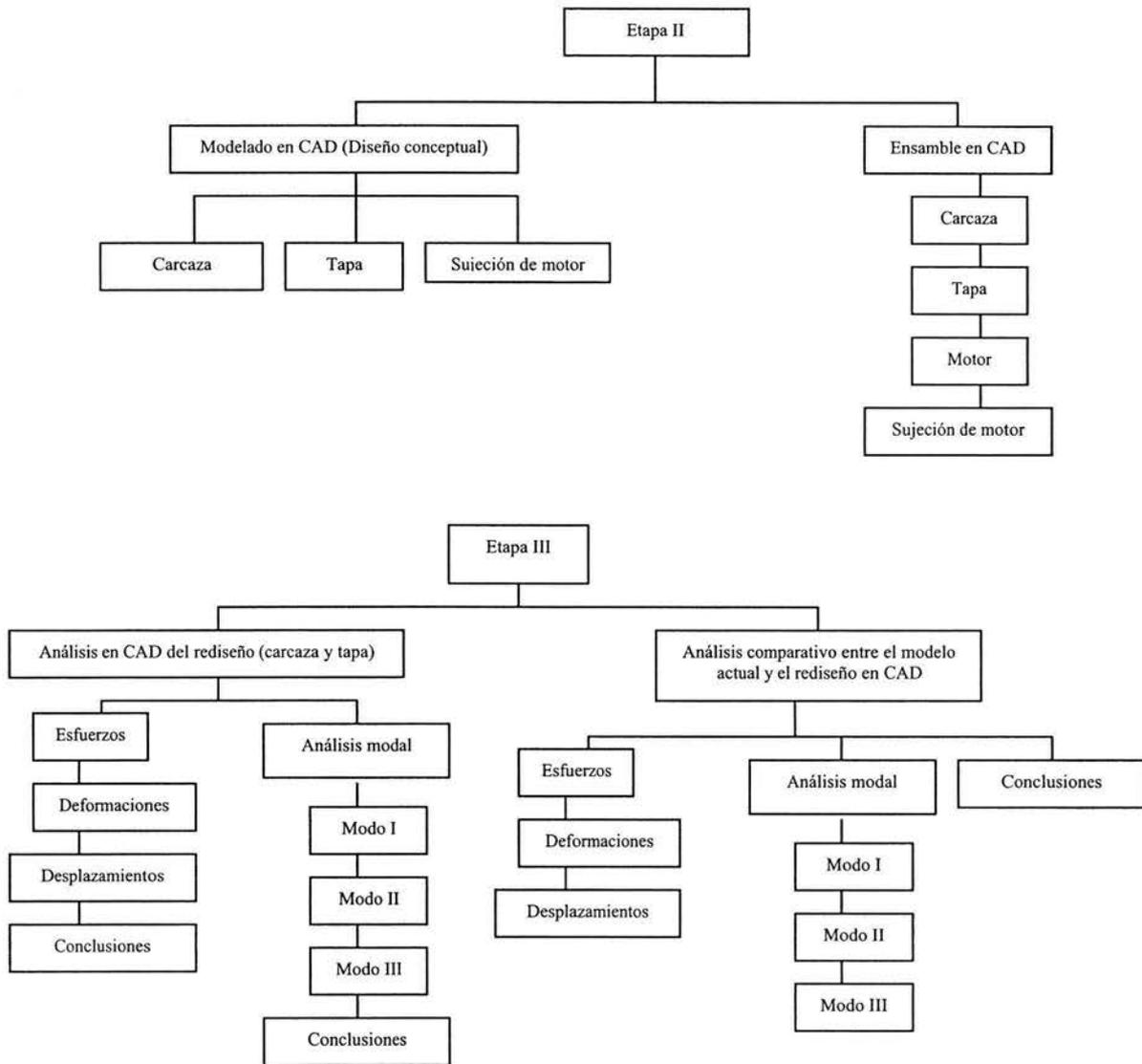


Figura 3.1 Proceso de rediseño para cumplir con el objetivo.

3.2.1 Etapa I.

ANÁLISIS VISUAL¹⁴.

El análisis visual se basa en la forma geométrica de la pieza, manufactura, sujeciones de ensamble entre piezas, sujeciones entre el sistema de transmisión y la estructura del automóvil y modo de operación.

Carcaza.

Forma Geométrica.

La geometría de la carcaza es toda “lisa”, esto es, no presenta reforzamientos. En las caras donde van colocados los rodamientos, presenta un espesor de 25.4 mm y en las demás caras de 6 mm aproximadamente.

Manufactura.

Debido a su forma geométrica y la maquinaria disponible, su manufactura es simple, reduciendo costos, aumentando imprecisión y funcionamiento.

Sujeciones de ensamble entre piezas.

Solamente presenta sujeción con la tapa en la parte de la brida con 14 tornillos, permaneciendo en voladizo.

Sujeciones entre el sistema de transmisión y la estructura del automóvil.

No presenta sujeción con la estructura del automóvil.

¹⁴ El análisis visual se realizó en base al análisis funcional realizado en el capítulo 1 del presente trabajo.

Modo de operación.

Su mayor carga se encuentra en la parte del rodamiento donde va la catarina, moviendo 3 toneladas aproximadamente cuando el vehículo se encuentra en su estado de reposo.

Tapa.

Forma Geométrica.

Su forma tiene como función soportar el ensamble de los componentes que van adentro de la carcasa y contener el lubricante. Además, soportar todo el peso del motor eléctrico y la carcasa, así como las fuerzas actuantes en el funcionamiento.

Manufactura.

Debido a su forma geométrica y la maquinaria disponible, su manufactura es simple, reduciendo costos, pero aumentando imprecisión.

Sujeciones de ensamble entre piezas.

La sujeción de la tapa con la carcasa se presenta en los 14 tornillos, además de tener 4 tornillos que sujetan el motor eléctrico.

Sujeciones entre el sistema de transmisión y la estructura del automóvil.

La carcasa y el motor eléctrico están empotrados a la tapa. La tapa tiene 3 puntos donde se sujeta a la estructura, la cual no es simétrica en su forma de sujeción a la estructura.

Modo de operación.

Su mayor carga se encuentra en la parte donde no tiene sujeción con la estructura del automóvil.

Motor Eléctrico.

Sujeciones entre el sistema de transmisión y la estructura del automóvil.

El motor eléctrico se encuentra sujeto por 4 tornillos a la tapa de la carcasa, permaneciendo en voladizo.

Estructura.

La estructura ubicada en la zona de la transmisión, no fue realizada para el modo de operación de esta.

Soldadura.

La soldadura no está aplicada correctamente.

Conclusiones.

La carcasa y el motor eléctrico están en voladizo soportados únicamente a la tapa, la cual, está sujeta en tres puntos a la estructura del vehículo. El punto donde debe soportar más carga el sistema (carcasa, tapa y motor eléctrico), no tiene sujeción a la estructura del vehículo. La estructura donde se soporta la tapa no fue diseñada para la carga que va a ser sometida, además de una soldadura eléctrica mal aplicada.

Se pueden observar áreas de oportunidad para mejorar el diseño de la carcasa, tapa y sujeciones actuales, así como un análisis estructural (el cual no es del interés de esta tesis).

ANÁLISIS EN CAD DEL SISTEMA ACTUAL (CARCAZA Y TAPA).

El análisis de esfuerzo, deformación, desplazamientos y modal (modos de frecuencia) solo se realizaran de forma cualitativa y no cuantitativa, debido a que para realizar una análisis cuantitativo de la transmisión actual se requiere de un estudio más profundo basado en el análisis experimental de mecánica de sólidos.

Los análisis cualitativos nos dan una idea muy aproximada a la realidad de lo que esta ocurriendo cuando nuestro sistema (carcaza, tapa y sujeciones) se encuentra en la situación más critica de funcionamiento.

Por convención del software utilizado se muestra una tabla de colores y su significado:

COLOR	SIGNIFICADO
AZUL FUERTE	MINIMO
AZUL CLARO	MEDIO-MINIMO
VERDE	MEDIO
AMARILLO	MEDIO-MAXIMO
ROJO	MÁXIMO

Tabla 3.1 Convención de colores.

Esfuerzos.

Como se observa en la figura 3.2, los esfuerzos se concentran en la tapa y donde se produce la fuerza ejercida por la catarina. Estas zonas son donde se ubican las cargas más grandes, esto es debido a que la carcaza y el motor eléctrico se encuentran sujetos únicamente a la tapa



Figura 3.2 Esfuerzos. Modelo actual.

Deformaciones.

Como se observa en la figura 3.3, la carcasa tiende a deformarse en donde se esta aplicando la mayor carga (catarina) y además se deforma en la parte superior de la carcasa, así como también, en la zona de la tapa donde se estan ejerciendo fuerzas debido al peso del motor eléctrico.. Toda la carcasa tiende a colgarse desde la brida hacia abajo.



Figura 3.3 Deformaciones. Modelo actual.

Desplazamientos.

Como se observa en la figura 3.4, las zonas tienen desplazamientos debido a que la carcasa y el motor eléctrico están sujetos únicamente a la tapa (se encuentran en voladizo) y las cargas a las que son sometidos son grandes.

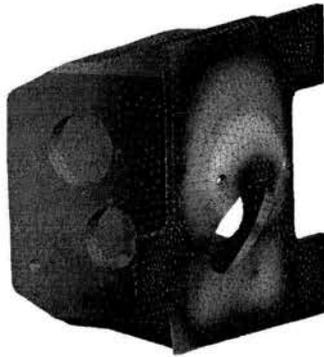


Figura 3.4 Desplazamientos. Modelo actual.

Conclusiones.

La carcasa y el motor eléctrico deben tener un apoyo en su base y esta a su vez, debe apoyarse en toda la estructura, ya que con el funcionamiento del vehículo, la falta de refuerzos en la carcasa, una buena sujeción y de una estructura sólida provoca que choquen los engranes entre si y provoque ruido.

Análisis modal.

El análisis modal es un análisis de frecuencia dependiente del material, la forma geométrica y las sujeciones.

En la siguiente tabla se presentan los 3 modos de frecuencia que se utilizarán:

MODO DE FRECUENCIA	HZ
I	1902
II	2163
III	2368

Tabla 3.2 Modos de frecuencia.

Modo I.

Como se observa en la figura 3.4 y 3.6, el modo I se desplaza de un lado hacia el otro (como lo indican las flechas). La zona más crítica es la zona en rojo, la cual esta ubicada en la parte de atrás de la carcasa. Esto es debido a que no tiene sujeciones en la parte de abajo y tampoco “venas” que refuercen la parte trasera de esta

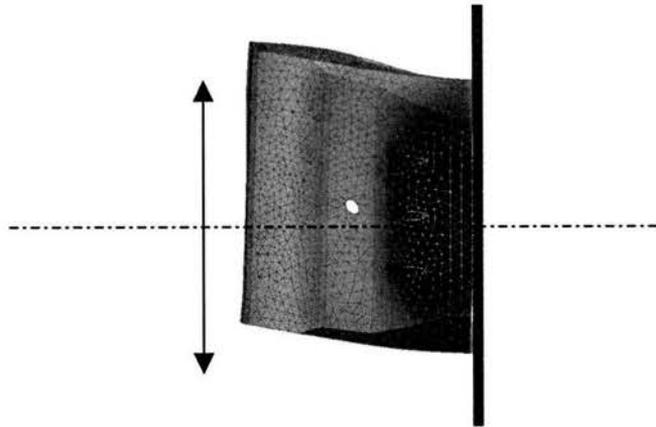


Figura 3.5 Modo I (vista 1).

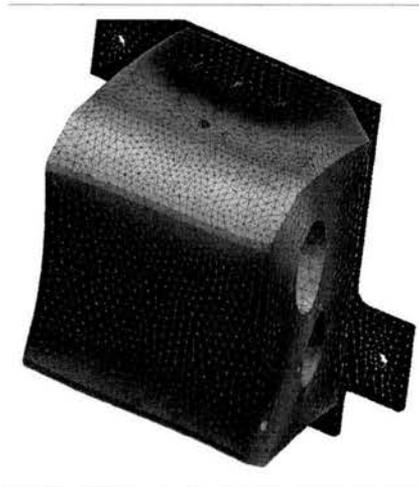


Figura 3.6 Modo I (vista 2).

Modo II.

Como se observa en la figura 3.7, el modo II se desplaza de la parte de atrás de la carcasa hacia la parte delantera (como lo indican las flechas). La zona más crítica es la zona en rojo, la cual esta ubicada en la parte de atrás de la carcasa, así como también, la parte superior de esta. Esto es debido a que no tiene “venas” que refuercen la parte trasera y la parte superior de esta.

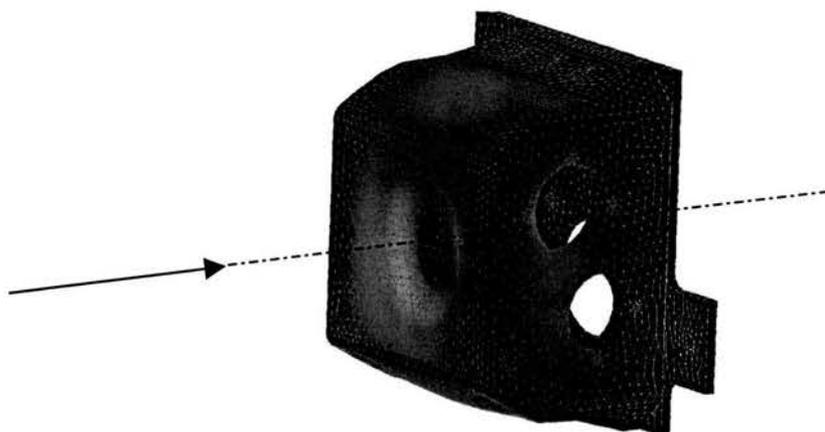


Figura 3.7 Modo II.

Modo III.

Como se observa en la figura 3.8 y 3.9, el modo III se desplaza de la parte de abajo de la carcaza hacia la parte de arriba (como lo indican las flechas). La zona más crítica es la zona en rojo, la cual esta ubicada en la parte de arriba de la carcaza, asi como también, toda la carcaza presenta zonas criticas. Esto es debido a que no tiene sujeciones en la parte de abajo y tampoco “venas” que refuercen la parte trasera y superior de esta.

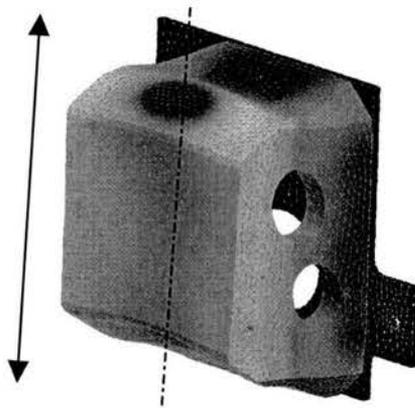


Figura 3.8 Modo III (vista 1).

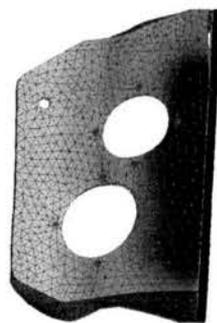


Figura 3.9 Modo III (vista 2).

Conclusiones.

La carcaza debe tener apoyo horizontal para evitar que en el modo I (figura 3.5 y 3.6) se desplace libremente. Además de contar con refuerzos en la parte posterior para evitar que en el modo II exista una concentración en esa parte (figura 3.7). Se observa en el modo III (figura 3.8 y 3.9) que debido a este tipo movimiento, la carcaza requiere de un apoyo horizontal en la parte inferior y refuerzos en la parte superior.

3.2.2 Etapa II.

MODELADO EN CAD (DISEÑO CONCEPTUAL).

Carcaza.

Como se muestra en la figura 3.10 y 3.11, se diseño un nuevo concepto de la carcaza abarcando las áreas de oportunidad mencionadas anteriormente.

Se muestra que en la parte superior de la carcaza, se colocaron refuerzos para evitar el pandeo y /o la deformación que se presentaba.

Las sujeciones de la carcaza se ubican en la brida y en la parte inferior, asegurando la estabilidad del sistema.

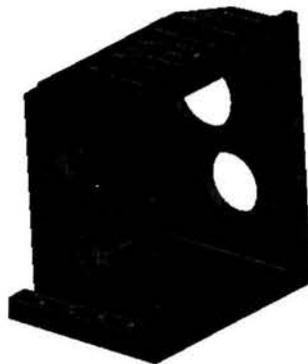


Figura 3.10 Carcaza (vista 1).

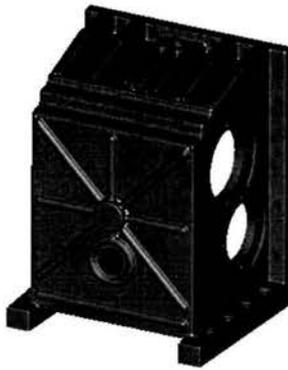


Figura 3.11 Carcaza (vista 2).

Tapa.

Como se muestra en la figura 3.12, la nueva propuesta de la tapa, no requiere de sujeciones a la estructura del vehículo, debido a que la carcaza y el motor eléctrico se encuentran soportados en si mismos y no en la tapa, provocando que la tapa cumpla con la función de alineación entre los diferentes componentes y de contener el lubricante.

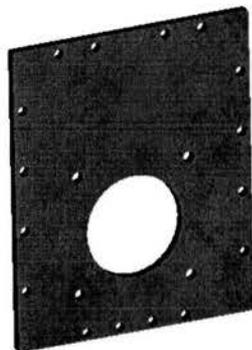


Figura 3.12 Tapa. Propuesta.

Sujeción del motor.

Como se muestra en las figuras 3.13, 3.14 y 3.15, la sujeción del motor es un componente adicional en el sistema de transmisión y consta de una parte inferior y otra superior.

Esta sujeción fue diseñada con el propósito de cumplir con los siguientes objetivos:

1. Apoyo total del motor en la estructura del vehículo.
2. El motor ya no se encuentre en voladizo evitando concentración de esfuerzos en la tapa.
3. Alineación más eficiente entre los diferentes componentes, dando mayor agarre y estabilidad a todo el sistema de transmisión.

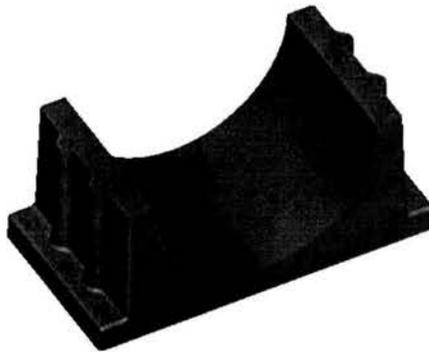


Figura 3.13 Sujeción parte inferior.



Figura 3.14 Sujeción parte superior.



Figura 3.15 Sujeción ensamble de la parte inferior con la superior.

Ensamble en CAD.

La figura 3.16 muestra el ensamble completo del diseño conceptual con las piezas modeladas en CAD.

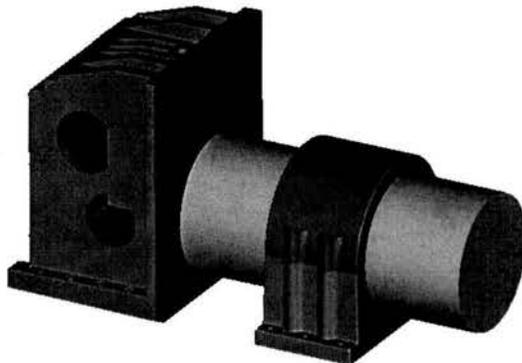


Figura 3.16 Ensamble diseño conceptual.

3.2.3 Etapa III.

ANÁLISIS EN CAD DEL REDISEÑO (CARCAZA Y TAPA).

Como se mencionó en el apartado 3.3.2, los análisis de CAD solo se realizaron de forma cualitativa, debido a la inconsistencia de los programas utilizados.

Para realizar un análisis más exacto (valores cuantitativos) nos deberíamos enfocar a la mecánica experimental, la cual queda afuera de los alcances de este trabajo.

Por otro lado, los análisis que se realizaron nos dan una idea aproximada del comportamiento actual de nuestro sistema (carcaza, tapa y sujeciones) y de esta forma, rediseñar el nuevo concepto.

Por convención del software utilizado nos basaremos en la tabla 3.1.

Esfuerzos.

Como se observa en las figuras 3.17 y 3.18, en este nuevo rediseño los esfuerzos se distribuyen en toda la carcaza de un nivel medio, medio-mínimo y mínimo y ya no se concentran en la tapa,

Ya no tenemos una concentración de esfuerzos, sino obtenemos una distribución en todo el cuerpo, logrando con esto que la carcaza este trabajando, pero cuidando que no pase su punto de fluencia

Como se observa la carcaza y el motor eléctrico ya no se encuentran sujetos a la tapa, por lo que ya no existe concentración de esfuerzos en estas zonas.

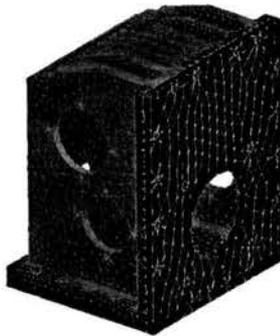


Figura 3.17 Esfuerzos. Modelo rediseño (vista 1).



Figura 3.18 Esfuerzos. Modelo rediseño (vista 2).

Deformaciones.

Como se observa en las figuras 3.19 y 3.20, toda la carcasa se encuentra deformada en forma distribuida por debajo de su punto de fluencia. Además, la tapa ya no esta sometida a deformación debido a que ya no esta soportando la carcasa y el motor eléctrico.

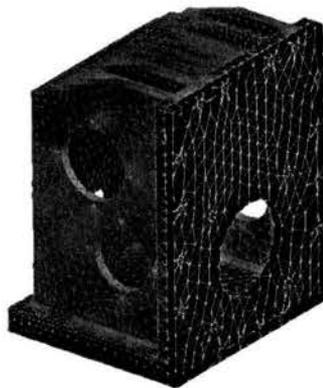


Figura 3.19 Deformaciones. Modelo rediseño (vista 1).



Figura 3.20 Deformaciones. Modelo rediseño (vista 2).

Desplazamientos.

Como se observa en las figuras 3.21 y 3.22, la zona más crítica de desplazamiento es la zona en rojo, pero su valor es aproximadamente de céntimas de milímetro. De igual manera, toda la carcaza se encuentra sometida a un desplazamiento distribuido del orden de milésimas de milímetro. En la zona de la tapa y la parte baja de la carcaza no se encuentran desplazamientos.

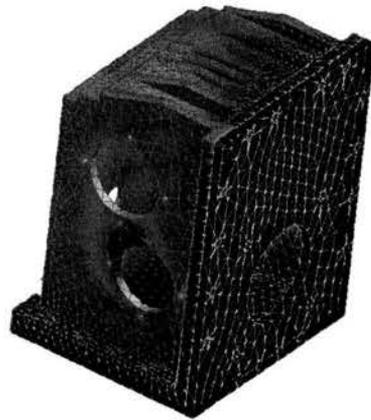


Figura 3.21 Desplazamientos. Modelo rediseño (vista 1).



Figura 3.22 Desplazamientos. Modelo rediseño (vista 2).

Conclusiones.

Debido a que la carcasa y el motor eléctrico se soportan por si solos, la tapa ya no tiene ningún tipo de desplazamientos, deformaciones y/o esfuerzos, al igual que la parte baja de la carcasa donde se encuentra su apoyo con la estructura.

Los refuerzos colocados en la parte posterior y superior de la carcasa logran distribuir los desplazamientos, deformaciones y/o esfuerzos, además de bajar su intensidad, minimizar zonas críticas y optimizar el trabajo realizado por la carcasa, cuidando que no se rebase su punto de fluencia del material.

Análisis modal.

El análisis modal del nuevo diseño depende de igual manera del material, de la geometría de la pieza y de las sujeciones.

En la siguiente tabla se presentan los 3 modos de frecuencia que se utilizaran:

MODO DE FRECUENCIA	HZ
I	1749
II	2456
III	2738

Tabla 3.2 Modos de frecuencia.

Modo I.

Como se observa en la figura 3.23 y 3.24, el modo I se desplaza de igual manera que en la figura 3.5. La zona más crítica es la zona en rojo, la cual esta ubicada en los costados de la carcaza, donde se suman las cargas más críticas.

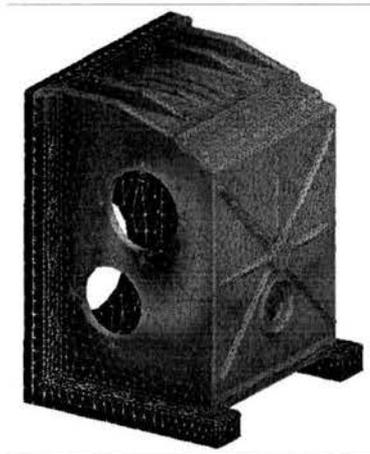


Figura 3.23 Modo I (vista 1).



Figura 3.24 Modo I (vista 2).

Modo II.

Como se observa en la figura 3.25, el modo II se desplaza de igual manera que en la figura 3.7. La zona más crítica es la zona en rojo, la cual esta ubicada en la parte de atrás de la carcaza, donde se encuentra reforzado.

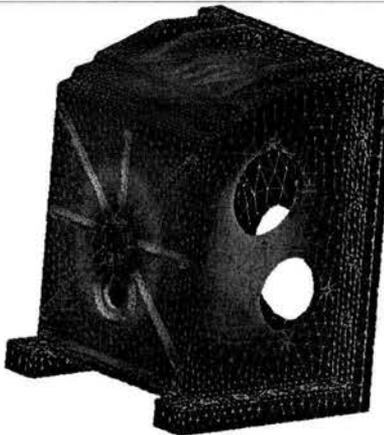


Figura 3.25 Modo II (vista 1).

Modo III.

Como se observa en la figura 3.26 y 3.27, el modo III se desplaza de igual manera que en la figura 3.8. La zona más crítica es la zona en rojo, la cual esta ubicada en la parte de arriba de la carcasa, pero se encuentra ubicada donde estan los refuerzos.



Figura 3.26 Modo III (vista 1).

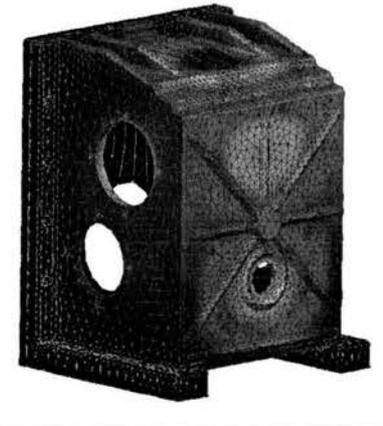


Figura 3.27 Modo III (vista 2).

Conclusiones.

Se observa en el modo I (figura 3.23 y 3.24), que la concentración ya no es crítica, además de que esta distribuida en todo el cuerpo de la carcaza, además de que absorbe todo el movimiento del modo I.

De acuerdo con la figura 3.25, observamos que la concentración crítica es menor en el modo II debido a los refuerzos colocados en la parte posterior y a la sujeción horizontal con la estructura, además de presentarse de manera distribuida en todo el cuerpo de la carcaza.

En las figuras 3.26 y 3.27, se observa el modo III, en el cual las zonas de mejora son la parte superior de la carcaza, la cual se reforzó, y la sujeción horizontal. Este tipo de mejoras distribuyen los desplazamientos en todo el cuerpo de la carcaza, eliminando zonas puntuales críticas y provocando que la carcaza trabaje.

Se nota en los tres modos de frecuencia que se liberó la tapa de la carcaza, debido a que ya no soporta en voladizo a la carcaza y al motor eléctrico.

ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL MODELO ACTUAL Y EL REDISEÑO EN CAD.

Esfuerzos

Como se observa en la figura 3.28, el modelo actual (lado izquierdo) presenta esfuerzos en la tapa, debido a que la carcaza y el motor eléctrico están empotrados en esta. La carcaza se encuentra muy sobrada lo que implican pocos esfuerzos en los costados y en la parte superior.

En el rediseño (lado derecho), observamos que los esfuerzos ya no se presentan en la tapa, debido a que se liberó el empotramiento de la carcaza y del motor eléctrico a la tapa. Los esfuerzos se presentan distribuidamente en toda la carcaza, logrando con esto que únicamente trabaje esta por debajo de su punto de fluencia.

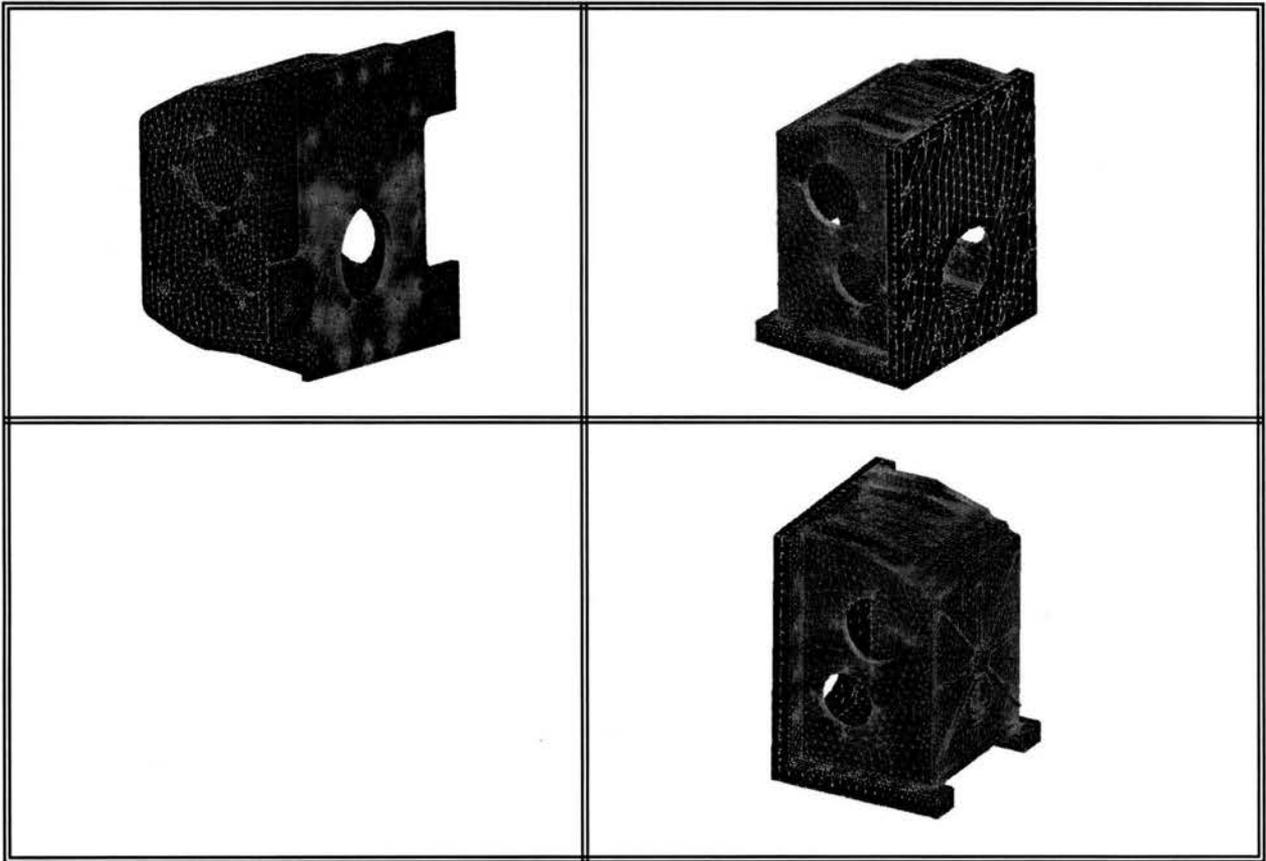


Figura 3.28 Esfuerzos. Comparativo modelo actual vs rediseño.

Deformación.

Como se observa en la figura 3.29, el modelo actual (lado izquierdo) presenta deformaciones en la tapa y en la carcaza de una forma no distribuida, presentando hundimientos en la parte superior, posterior y en los costados de la carcaza

En el rediseño (lado derecho), observamos que las deformaciones ya no se presentan en la tapa.

Las deformaciones se presentan distribuidamente en toda la carcaza, logrando con esto que trabaje en su zona elástica.

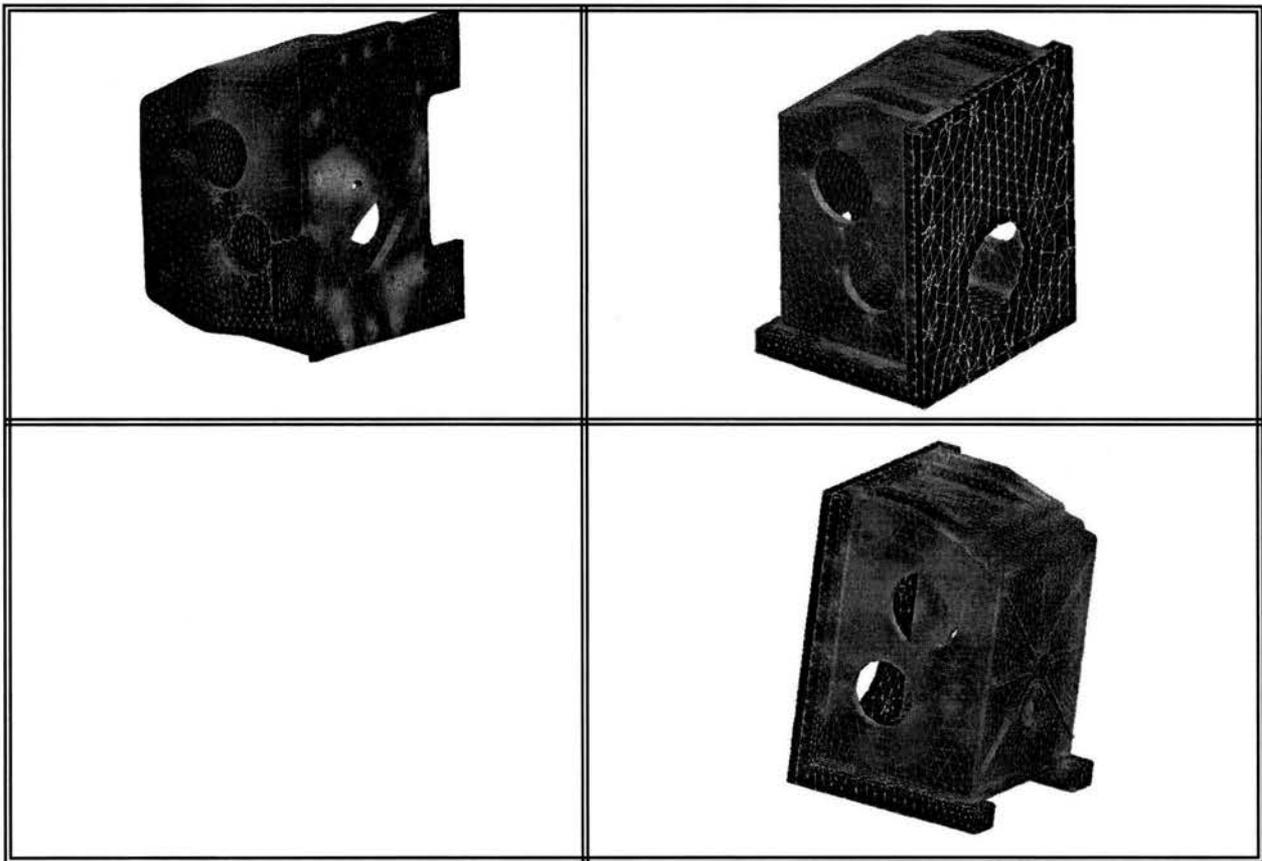


Figura 3.29 Deformación. Comparativo modelo actual vs rediseño.

Desplazamientos

Como se observa en la figura 3.30, el modelo actual (lado izquierdo) presenta desplazamientos en la tapa y en la carcaza

En el rediseño (lado derecho), observamos que los desplazamientos ya no se presentan en la tapa.

Los desplazamientos se presentan distribuidamente en toda la carcaza. La zona más crítica de desplazamiento es la zona en rojo, pero su valor es bajo al igual que en toda la carcaza.

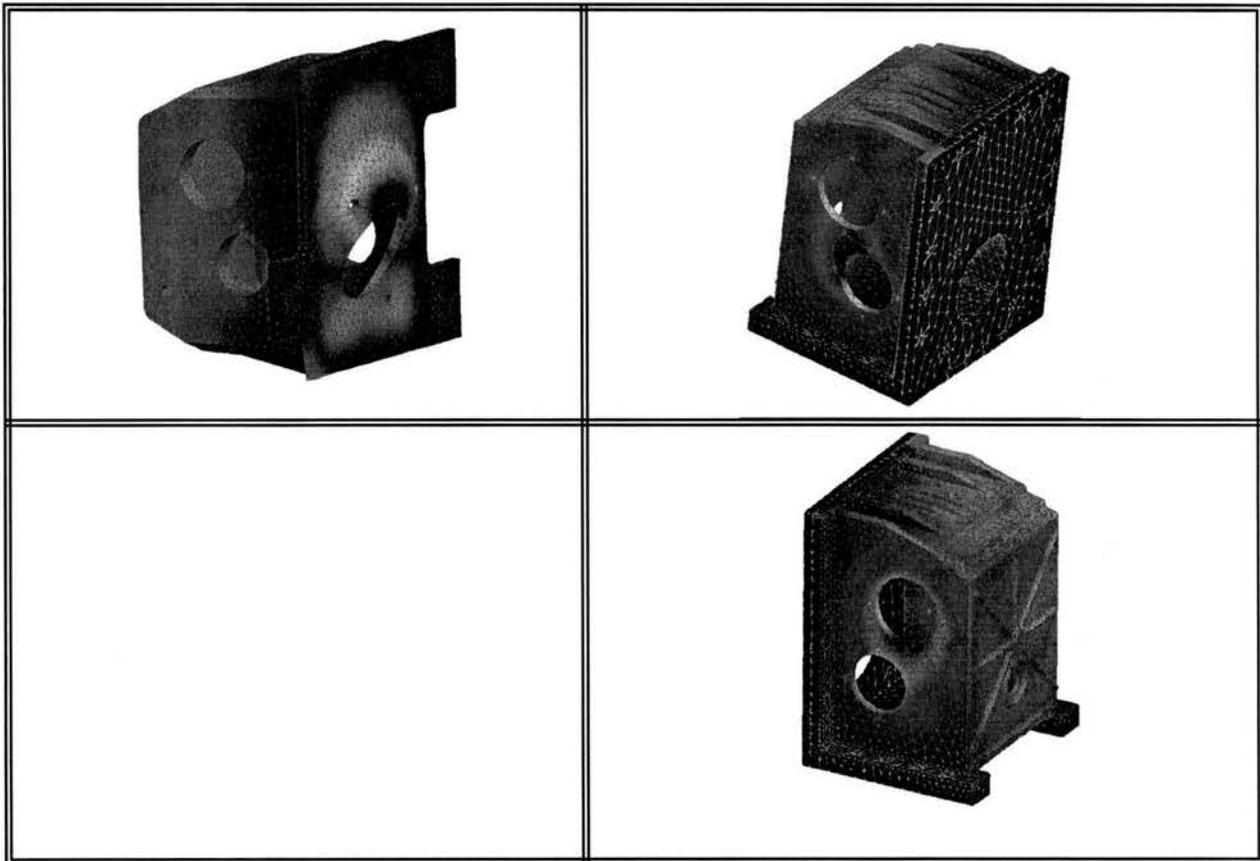


Figura 3.30 Desplazamientos. Comparativo modelo actual vs rediseño.

Análisis modal.

Modo I

Como se observa en la figura 3.31, el modelo actual (lado izquierdo) presenta zonas críticas en toda la parte de la carcasa, acentuándose en la parte posterior.

En el rediseño (lado derecho), observamos que la única zona crítica es entre los barrenos de las flechas, además de disminuir las zonas críticas.

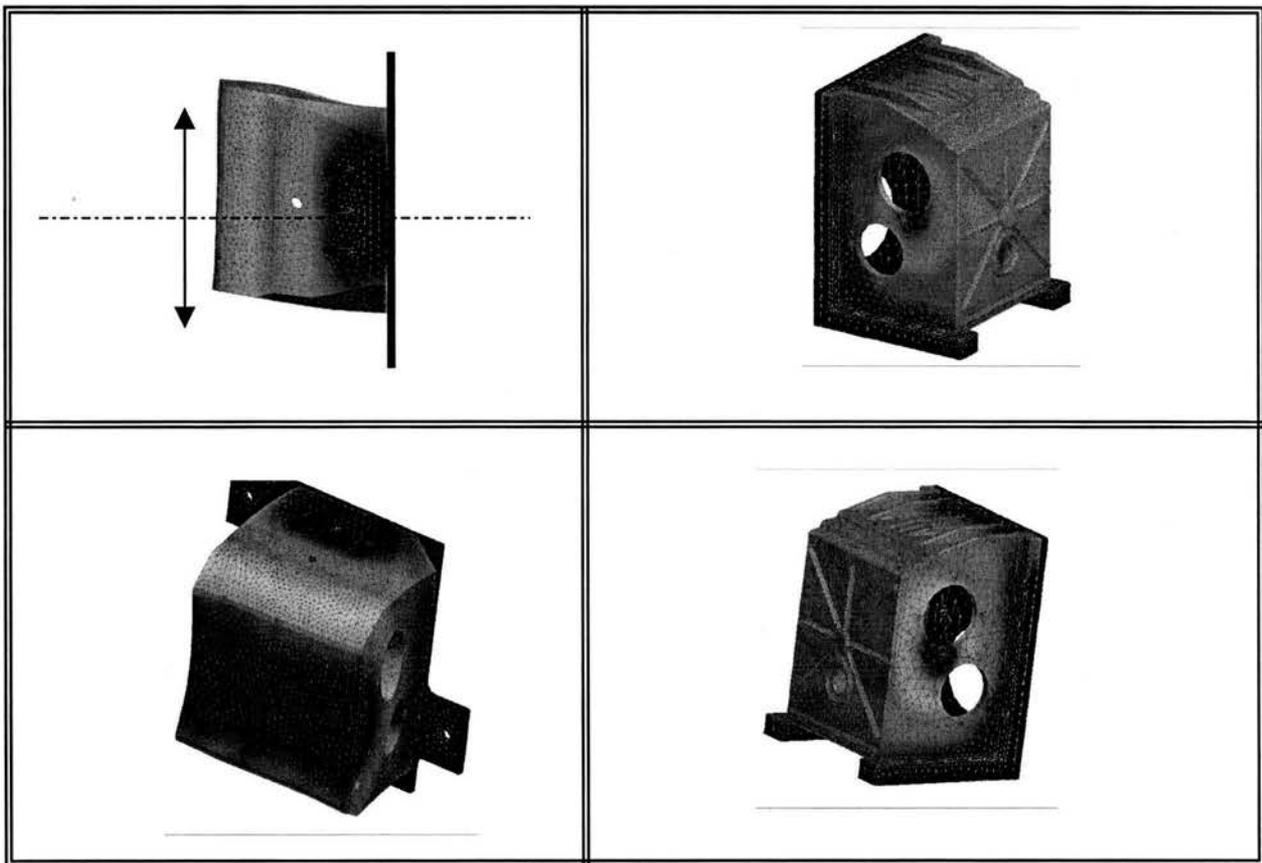


Figura 3.31 Modo I. Comparativo modelo actual vs rediseño.

Modo II

Como se observa en la figura 3.32, el modelo actual (lado izquierdo) presenta zonas críticas en toda la parte posterior de la carcasa y en la parte superior e inferior.

En el rediseño (lado derecho), observamos, de igual manera, que la carcasa presenta una zona crítica en la parte posterior de la carcasa, superior e inferior, pero estas zonas son las que se reforzaron.

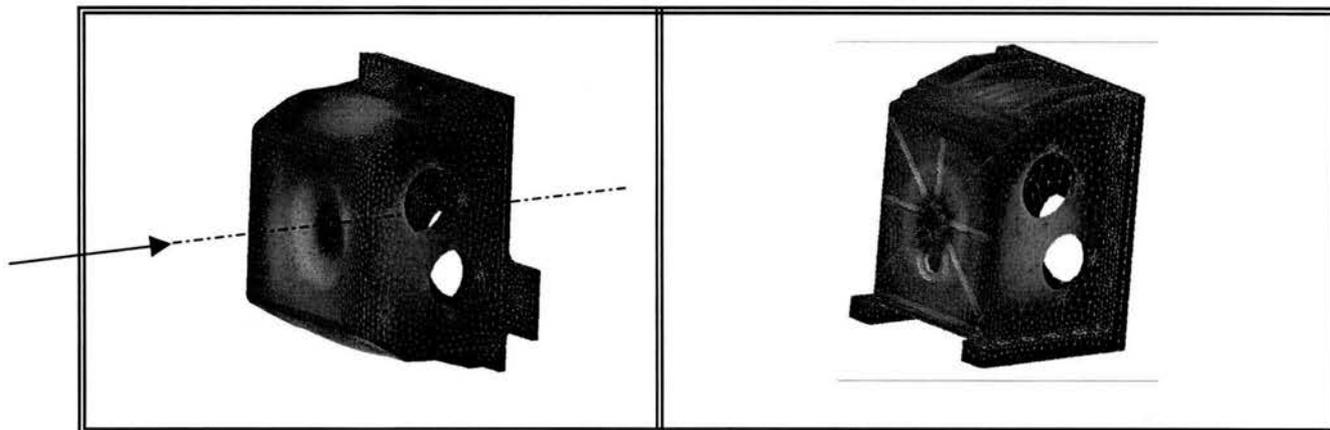


Figura 3.32 Modo II. Comparativo modelo actual vs rediseño.

Modo III

Como se observa en la figura 3.33, el modelo actual (lado izquierdo) presenta zonas críticas en toda la parte posterior de la carcasa y en la parte superior e inferior .

En el rediseño (lado derecho), observamos, de igual manera, que la carcasa presenta una zona crítica en la parte posterior de la carcasa y superior, pero estas zonas son las que se reforzaron, minimizando los efectos críticos.

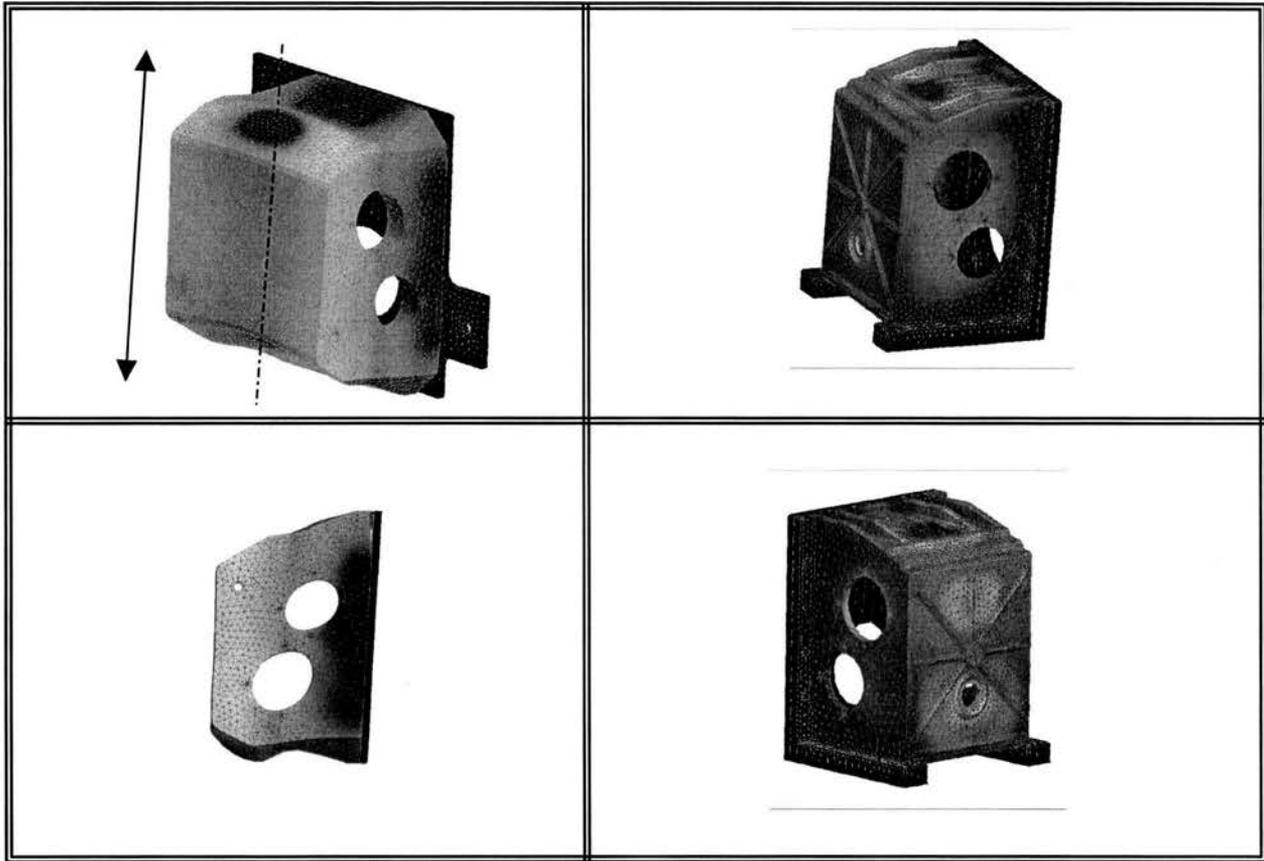


Figura 3.33 Modo III. Comparativo modelo actual vs rediseño.

Conclusiones del tema

Los resultados de los análisis por elemento finito (esfuerzo, deformación, desplazamientos y los tres modos de frecuencia) permitieron realizar el modelo del nuevo diseño con ventajas sobre el diseño actual, observando las zonas críticas de éste e implementando mejoras en el nuevo concepto.

CONCLUSIONES

El objetivo principal de este trabajo de tesis fue el rediseño de la transmisión del VER mediante la aplicación de la metodología de diseño QFD, complementándose con el análisis funcional y el árbol de objetivos, logrando una mejora considerable mostrada en el apartado 3.2.3 (etapa III), cumpliendo con los requerimientos o expectativas del cliente que se generaron en el apartado 2.5 (requerimientos del consumidor).

En el capítulo I, se llevó a cabo el análisis de la transmisión actual del VER aplicando la metodología de “análisis de funciones”, la cual nos dio un enfoque preciso de los límites y el nivel requerido en que el diseñador podía realizar el rediseño.

El diseñador, al aplicar el análisis de funciones, logra conocer a detalle las características actuales de la transmisión, tanto su función general (caja negra), como las subfunciones dentro de ésta y sus características técnicas en las que fue diseñada. En otras palabras, se adentra al pensamiento del diseñador original para entender la lógica en la cual esta realizada y vislumbrar, si es posible, alguna mejora.

El poder analizar los límites del sistema y el nivel requerido, ofreció una herramienta importante para clarificar el problema y sus alcances. El nivel fue muy claro, no se requería de hacer una transformación radical de la transmisión actual, tampoco realizar grandes cambios que costaran mucho tiempo, dinero o se requiriera cambiar más del 50% de lo que está actualmente. Por lo que, el nivel en el que se iba a trabajar era siguiendo la filosofía Kaizen en el sistema de transmisión, esto es, realizar un cambio significativo, en el que el 80% de los requerimientos del consumidor quedaran absorbidos en la nueva propuesta.

Para realizar una mejora continua de la transmisión actual del VER, basados en términos de calidad del producto, se utilizó la metodología de QFD. Esta metodología es completa para diseñar productos ya que no crea necesidades sino las busca por medio del consumidor o

cliente potencial en un entorno de calidad e interactuando con todas las áreas del desarrollo del producto.

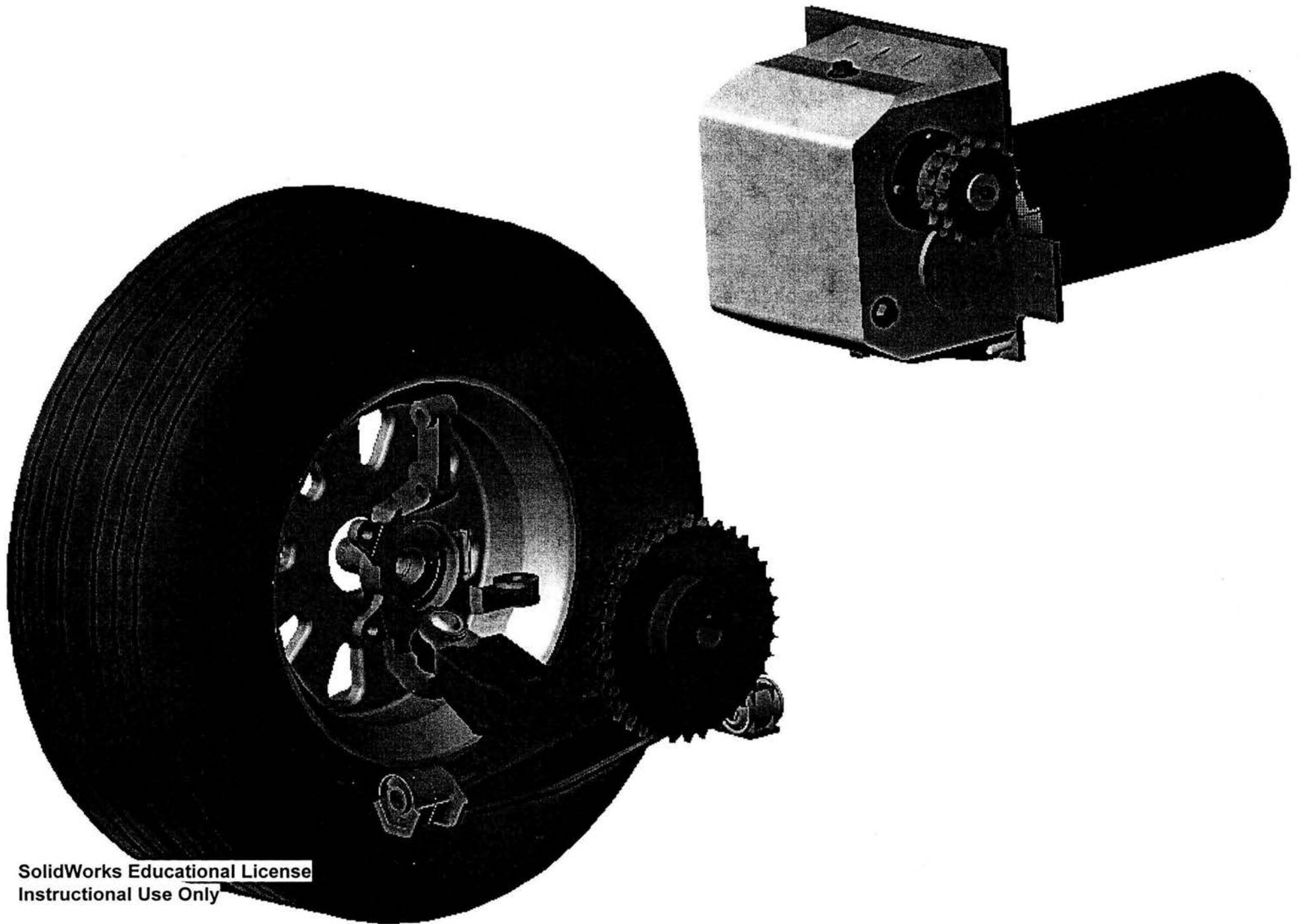
En particular, es necesario entender exactamente qué desean los consumidores en términos de atributos del producto y asegurar que éstos se traduzcan cuidadosamente en especificaciones apropiadas de las características de ingeniería, y se refleja en una creciente concentración en la calidad del producto, ya que el diseño que tiene siempre en mente la calidad se reconoce como un factor principal en la determinación del éxito comercial del producto.

Al realizar la metodología de QFD, se enfocó en el diseño conceptual en CAD de la nueva propuesta, realizando una solución teórica y justificada técnicamente, sin tener que hacer la construcción física del nuevo diseño, logrando con esto, ahorro de tiempo, dinero, mano de obra, etc.

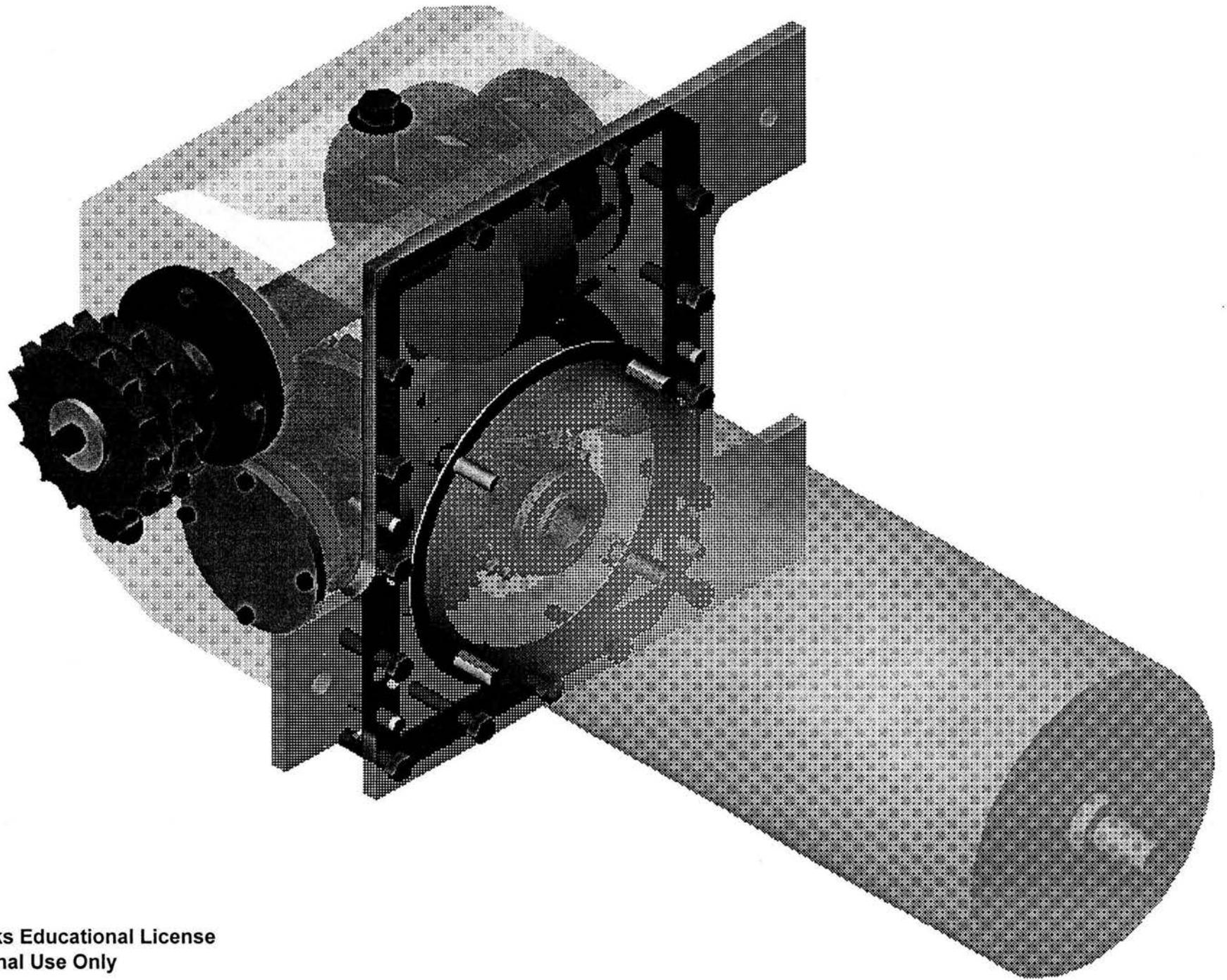
El nuevo diseño de la carcasa, tapa y sujeción del motor eléctrico, cumple con el propósito de asegurar que los engranes no choquen entre ellos, lo cual, provocaba que el cliente escuchara un ruido molesto en la zona de la transmisión del VER.

Este nuevo diseño se respalda por los análisis en CAD, el cual únicamente llega a su etapa de “diseño conceptual”, ya que si se requiere hacer una producción en serie, se evaluaría los alcances disponibles del proyecto, como son costo, maquinaria, fabricación etc, después se tendrían que realizar análisis más profundos, planos de producción, método de fundición óptimo, manufactura CNC y manufactura ensamble, así como el control, en todas sus etapas, de calidad.

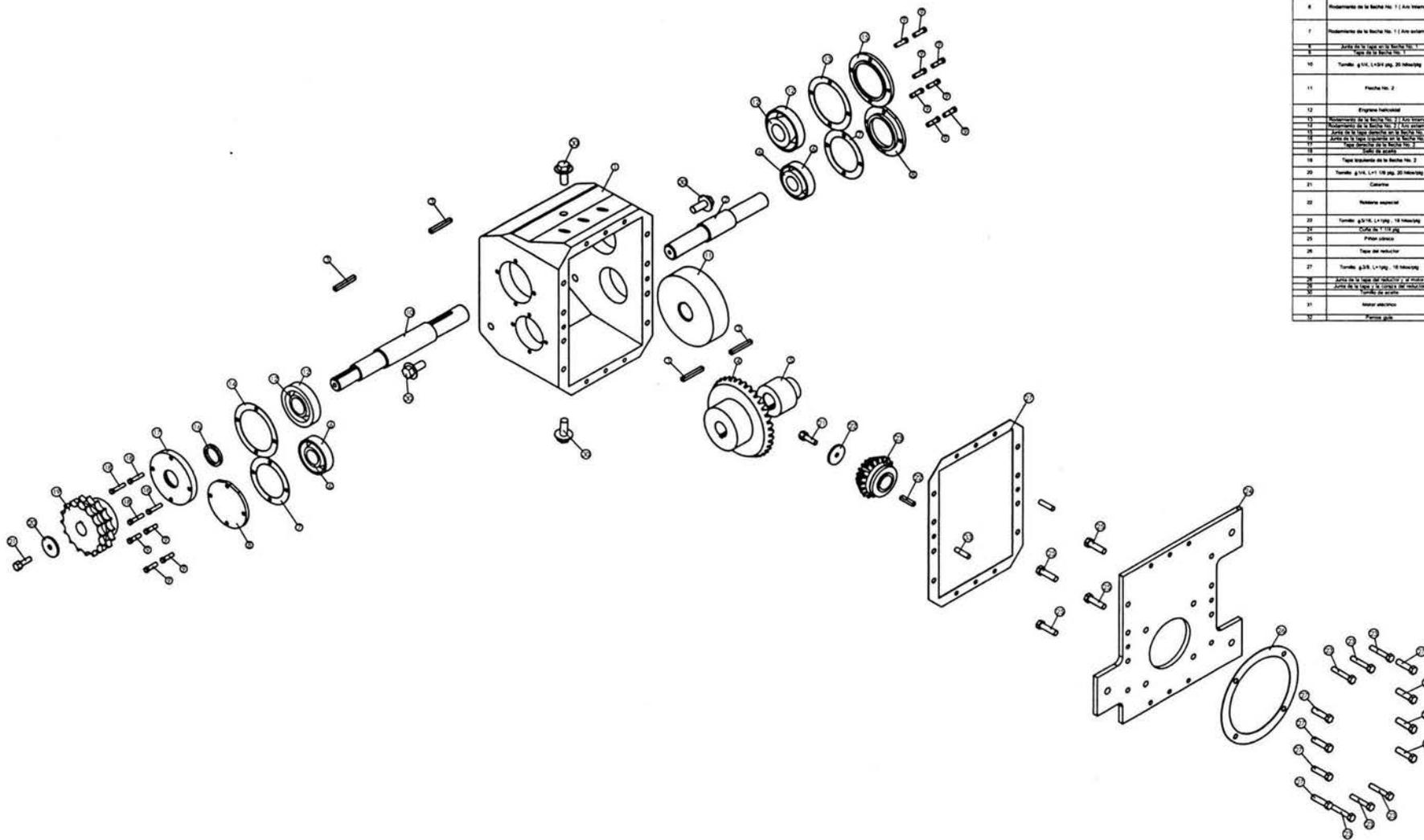
A P É N D I C E A



SolidWorks Educational License
Instructional Use Only



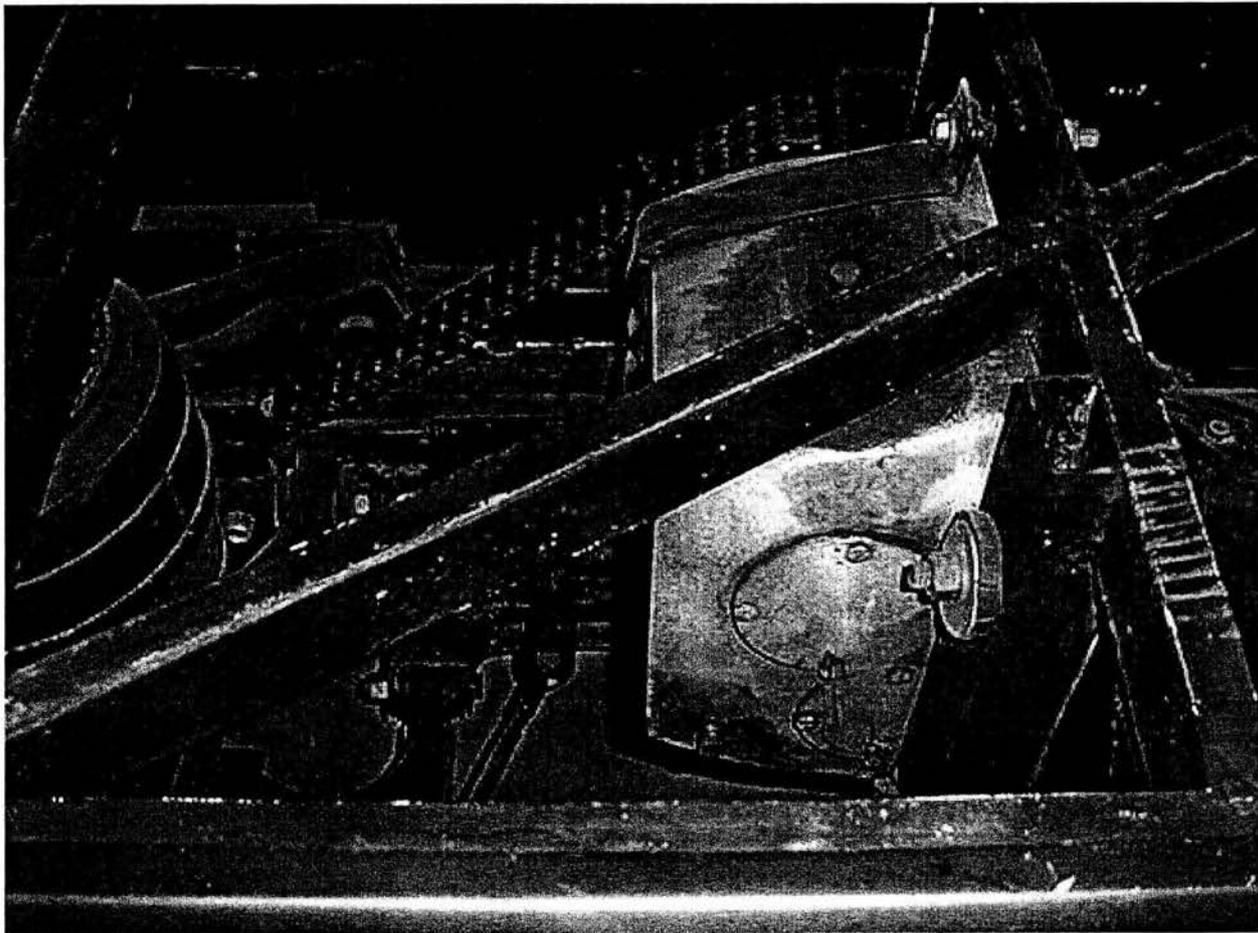
SolidWorks Educational License
Instructional Use Only

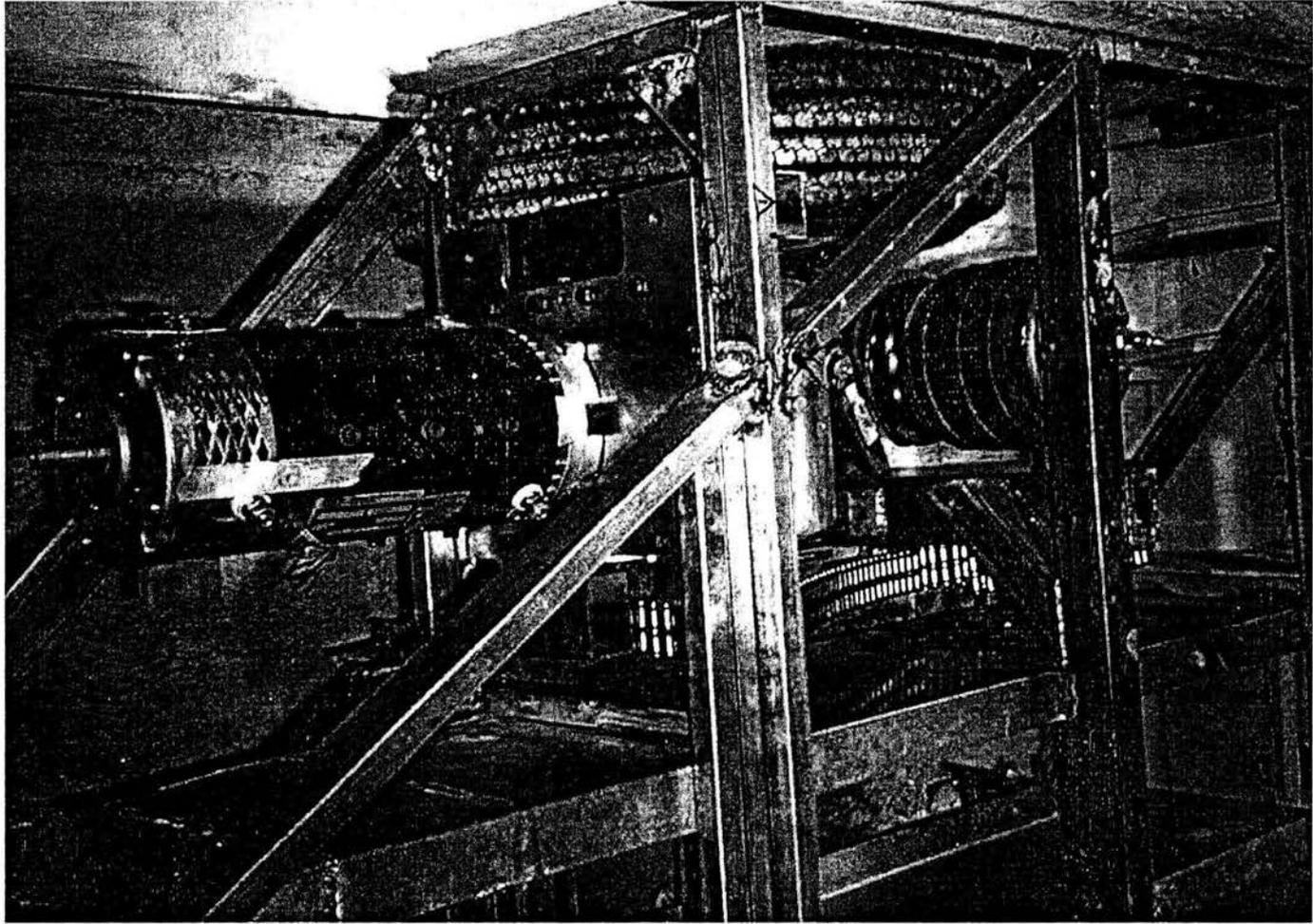


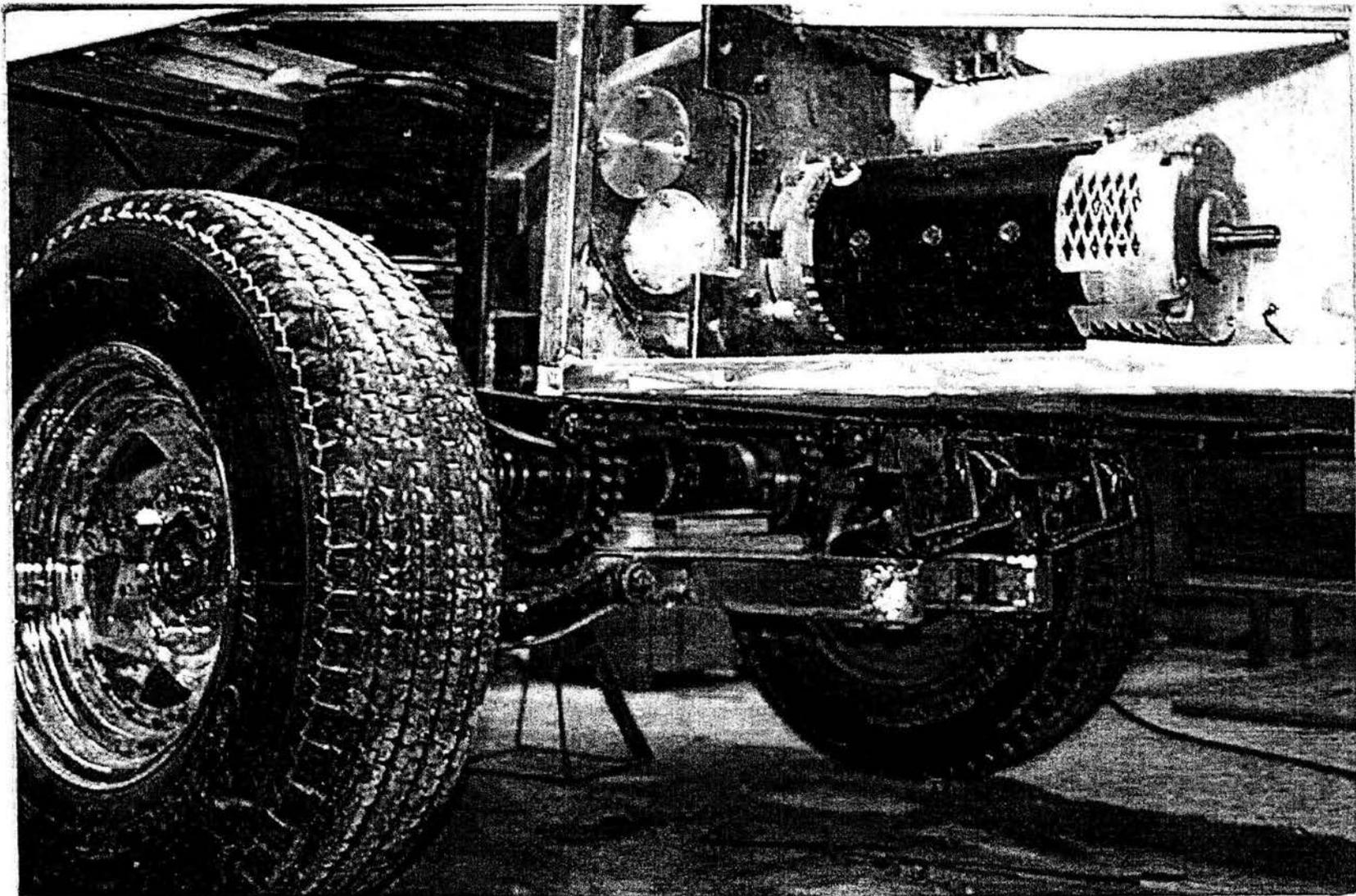
№. DE PARTE	DESCRIPCIÓN DE LA PARTE	CANTIDAD	REF. DISEÑO	REF. FABRICA	REF. COMPR.
1	Carcasa del reductor	1	VER 79-01	VER 79-01	VER 79-01
2	Placa No. 1	1	VER 79-02	VER 79-02	VER 79-02
3	Cuñal de 2 psg.	4	VER 79-03	VER 79-03	VER 79-03
4	Engranaje cilíndrico	1	VER 79-04	VER 79-04	VER 79-04
5	Pinón helicoidal	1	VER 79-05	VER 79-05	VER 79-05
6	Resorte de la brida No. 1 (Aro interno)	2	VER 79-06	VER 79-06	VER 79-06
7	Resorte de la brida No. 1 (Aro externo)	2	VER 79-07	VER 79-07	VER 79-07
8	Junta de la tapa del reductor No. 1	1	VER 79-08	VER 79-08	VER 79-08
9	Junta de la brida No. 1	2	VER 79-09	VER 79-09	VER 79-09
10	Tornillo $\phi 14$, L=31 psg. 20 hexapsg.	12	VER 79-10	VER 79-10	VER 79-10
11	Placa No. 2	1	VER 79-11	VER 79-11	VER 79-11
12	Engranaje helicoidal	1	VER 79-12	VER 79-12	VER 79-12
13	Resorte de la brida No. 2 (Aro interno)	2	VER 79-13	VER 79-13	VER 79-13
14	Resorte de la brida No. 2 (Aro externo)	2	VER 79-14	VER 79-14	VER 79-14
15	Junta de la tapa del reductor No. 2	1	VER 79-15	VER 79-15	VER 79-15
16	Junta de la brida No. 2	2	VER 79-16	VER 79-16	VER 79-16
17	Junta de la brida No. 2	2	VER 79-17	VER 79-17	VER 79-17
18	Tapa del reductor	1	VER 79-18	VER 79-18	VER 79-18
19	Tornillo $\phi 14$, L=110 psg. 20 hexapsg.	4	VER 79-19	VER 79-19	VER 79-19
20	Tornillo $\phi 14$, L=110 psg. 20 hexapsg.	4	VER 79-19	VER 79-19	VER 79-19
21	Cable	1	VER 79-20	VER 79-20	VER 79-20
22	Resorte especial	2	VER 79-21	VER 79-21	VER 79-21
23	Tornillo $\phi 14$, L=110 psg. 18 hexapsg.	2	VER 79-22	VER 79-22	VER 79-22
24	Cuñal de 1 psg.	1	VER 79-23	VER 79-23	VER 79-23
25	Pinón cilíndrico	1	VER 79-24	VER 79-24	VER 79-24
26	Tapa del reductor	1	VER 79-25	VER 79-25	VER 79-25
27	Tornillo $\phi 3.8$, L=110 psg. 18 hexapsg.	16	VER 79-26	VER 79-26	VER 79-26
28	Junta de la tapa del reductor No. 2	1	VER 79-27	VER 79-27	VER 79-27
29	Junta de la brida No. 2	2	VER 79-28	VER 79-28	VER 79-28
30	Motor eléctrico	1	VER 79-29	VER 79-29	VER 79-29
31	Parón gas	4	VER 79-30	VER 79-30	VER 79-30

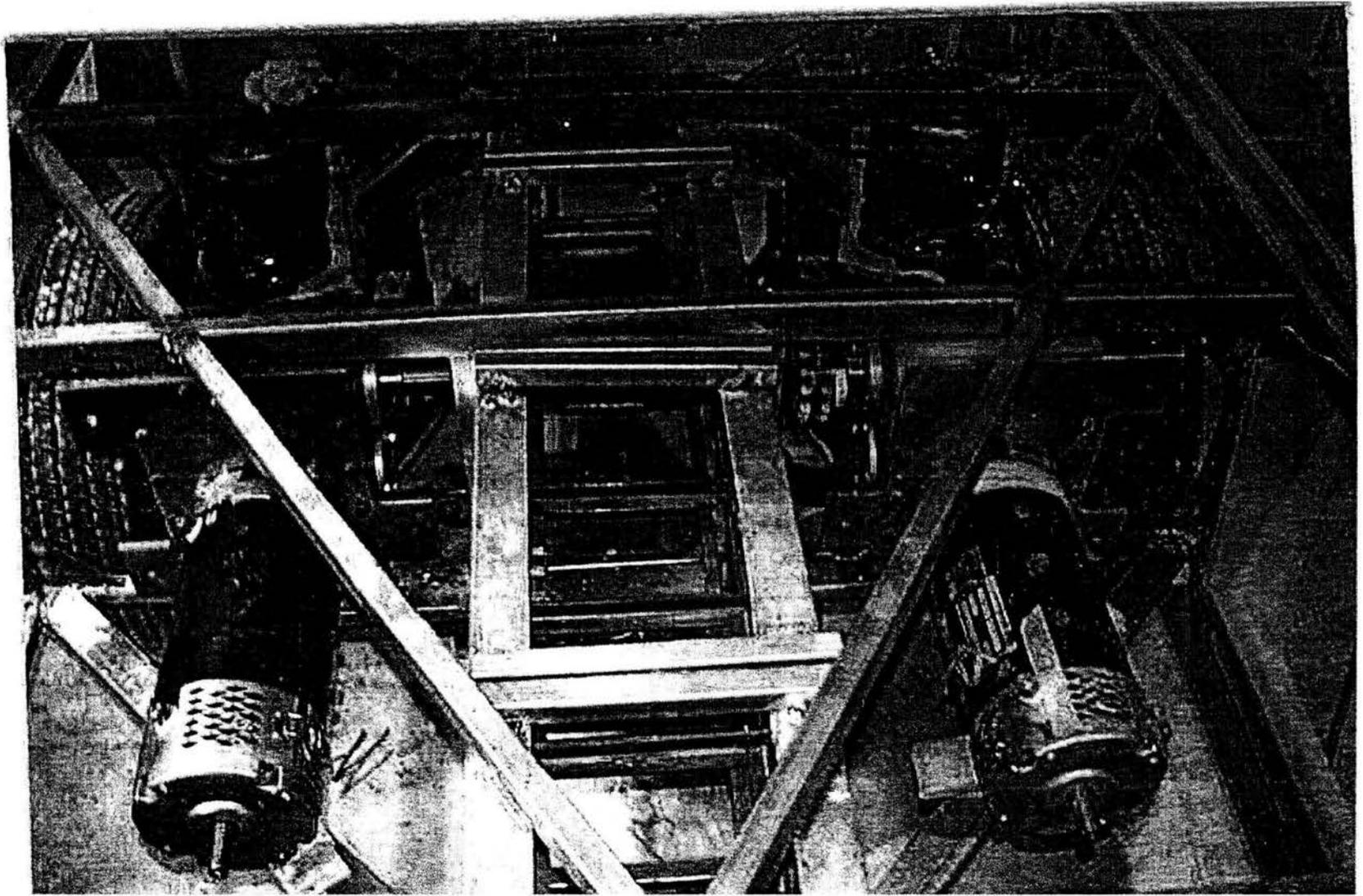
SolidWorks Educational License
Instructional Use Only

<p>CENTRO DE DISEÑO TECNOLOGÍA</p>	<p>Reservados en su totalidad los derechos de propiedad intelectual.</p>
<p>Fecha: 15/05/2016 Hora: 10:00:00 Usuario: E.C.R. Nombre de usuario: E.C.R. Número de licencia: A.2.5</p>	<p>Evento: 7.23 Versión de producto: 16.0.0.117 Producto descrito: ECUADOR País: ECUADOR Código de país: ECU</p>









REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Hernández Morfin David. "Diseño del tren motriz para un prototipo de un vehículo eléctrico de reparto". Tesis. Centro de Diseño y Manufactura. Facultad de Ingeniería, UNAM, 2000.
2. Nigel Cross. "Métodos de diseño. Estrategias para el diseño de productos". Editorial Limusa, Primera Edición 1999, Impreso en México.
3. Akao, Yoji. "Despliegue de funciones de calidad QFD, Integración de necesidades del cliente en el diseño del producto". Edición en español, 1993 TGP-HOSHIN, S.L. Fernández Raimundo Villaverde, 1, Madrid 28003.
4. Bocar S.A de C.V., curso: "Despliegue de funciones de calidad QFD, aplicado a la industria automotriz", 2002.