



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROCESO DE DISEÑO DE UN ROBOT MÓVIL COMO  
PRODUCTO MECATRÓNICO**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERA MECATRÓNICA**

**PRESENTA:  
EVELYN ROXANA MEJÍA GUTIÉRREZ**

**DIRECTOR DE TESIS:  
DR. JESÚS MANUEL DORADOR GONZÁLEZ**



**MÉXICO D.F.**

**ABRIL 2012**



# Índice

INTRODUCCIÓN.....	5
OBJETIVO Y ALCANCES .....	6
<b>CAPÍTULO I. ANTECEDENTES</b>	
I.I Mecatrónica y producto mecatrónico .....	7
Mecatrónica.....	7
Noción básica de producto .....	10
Producto mecatrónico .....	11
I.II Metodología para el diseño de productos mecatrónicos .....	12
Metodología tradicional para el diseño de productos .....	12
Introducción a la metodología para el diseño mecatrónico .....	16
Metodología para el diseño mecatrónico: Identificación de la necesidad .....	18
Metodología para el diseño mecatrónico: Diseño conceptual .....	18
I.III Robot móvil como producto mecatrónico .....	21
Definición de robot .....	21
Nuevas necesidades, nuevos robots .....	24
Robótica y mecatrónica .....	27
Robot móvil .....	28
I.IV Diseño estético del producto .....	29
Diseño integral del producto .....	30
La estética del producto .....	30
Estética en el diseño industrial .....	32
I.V La asignatura diseño del producto .....	38
Panorama general de la asignatura .....	38
<b>CAPÍTULO II. PROCESO DE DISEÑO DE UN ROBOT MÓVIL: IDENTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD</b>	
II. Identificación de la necesidad .....	40
II.II Requerimientos del producto .....	42
II.III Especificaciones .....	43



### CAPÍTULO III. PROCESO DE DISEÑO DE UN ROBOT MÓVIL: DISEÑO CONCEPTUAL

III.I	Conclusiones del estudio de mercado.....	46
III.II	Función principal vehículo recolector de matatenas.....	47
III.IV	Descomposición en subfunciones.....	47
	Subfunciones concepto 1: Vehículo que almacena matatenas.....	47
	Subfunciones concepto 2: Vehículo que reúne matatenas.....	49
	Subfunciones con múltiples retroalimentaciones.....	50
III.V	Descomposición en subsistemas.....	51
	Subsistemas: Subfunción desplazarse.....	51
	Subsistemas: Subfunción captar matatenas.....	52
	Subsistemas: Subfunción almacenar matatenas.....	53
	Subsistemas: Subfunción reunir matatenas.....	54
III.VI	Módulos, partes y componentes de los subsistemas.....	55
	Decisiones preliminares de diseño.....	55
	Módulos, partes y componentes: Subsistemas de la subfunción desplazarse.....	56
	Módulos, partes y componentes: Subsistemas de la subfunción captar matatenas..	58
	Módulos, partes y componentes: Subsistemas de la subfunción almacenar.....	60
	matatenas.	
	Resumen de las características de diseño.....	61
III.VII	Alternativas de diseño para los subsistemas del vehículo recolector de matatenas....	61
	Alternativas de diseño generales del estudio de mercado.....	62
	Alternativas de diseño: Subsistema de desplazamiento.....	62
	Alternativas de diseño: Subsistema de captación.....	65
	Alternativas de diseño: Subsistemas de relación dinámica.....	69
III.VIII	Conceptos de producto.....	69
	Concepto 1.....	70
	Concepto 2.....	75
	Concepto 3.....	77
	Concepto 4.....	81
	Concepto 5.....	83
	Concepto 6.....	85



III. IX Diseño estético en el vehículo recolector de matatenas.....	87
Apariencia Concepto 1.....	87
Apariencia Concepto 2.....	89
Apariencia Concepto 3.....	90
Apariencia Concepto 5.....	91
Apariencia Concepto 6.....	92

#### **CAPÍTULO IV. PROCESO DE DISEÑO DE UN ROBOT MÓVIL: SELECCIÓN DEL CONCEPTO Y PROPUESTAS DE MEJORA**

IV.I Implementación de prototipos.....	93
Prototipos, Concepto 1.....	93
Prototipos, Concepto 2.....	95
Prototipos, Concepto 3.....	96
Prototipos, Concepto 5.....	97
Prototipos, Concepto 6.....	99
Prototipos, Concepto 7.....	100
IV.II Resultados de las pruebas.....	102
Seguimiento de trayectorias.....	103
Recolección de matatenas.....	104
IV.III Selección del concepto.....	108
Dos tipos de producto.....	108
Sistema de desplazamiento.....	110
IV.IV Propuestas de mejora.....	112
Descripción del funcionamiento.....	115
Sistema de sensado.....	115
Nivel de batería bajo.....	116
Tarea de recolección finalizada.....	117
Sentido de desplazamiento.....	118
Sistema de captación.....	118
Diagrama de funcionamiento.....	119
RESULTADOS .....	121
CONCLUSIONES.....	123
BIBLIOGRAFÍA.....	125



## *Introducción*

Hoy en día nos encontramos rodeados de una infinidad de productos, que nos proporcionan usos y funciones distintas. Cada uno de esos productos para ser lo que son y cubrir las necesidades de los distintos usuarios tuvo que ser sometido a un proceso de diseño, dicho proceso fue llevado a cabo mediante el seguimiento de una metodología de diseño, cada uno de estos productos fue diseñado considerando diferentes principios de diseño, de acuerdo al tipo de producto que se trate, producto mecánico, informático, electrónico etc. Pero actualmente nos encontramos frente a una nueva generación de productos, los productos mecatrónicos; dichos productos, de igual forma que el resto de productos requiere del seguimiento de un proceso de diseño.

Resulta difícil pensar que la aplicación por separado de los principios de diseño en cada una de las áreas que integra la mecatrónica, mecánica, electrónica e informática sea lo más adecuado; desde luego que así se ha venido haciendo pero para aplicarlos es necesario realizar diversas adaptaciones, de acuerdo a las necesidades y demandas propias del diseño de productos mecatrónicos. Dicha situación fue identificada por el Mtro. en Ingeniería Ulises Peñuelas Rivas, profesor de tiempo completo de la Facultad de Ingeniería UNAM, mismo que en su tesis de maestría 2007 generó una metodología especializada en el diseño mecatrónico.

A raíz de la generación de dicha metodología surge la necesidad de comprobar la viabilidad del seguimiento de la misma, lo que da origen al presente trabajo; de esta forma el lector hallará en las siguientes páginas el seguimiento y aplicación de la metodología propuesta por Peñuelas, en un caso práctico de diseño, lo cual cobra relevancia ya que por una parte se pretende confirmar que es posible la aplicación de una metodología especializada para el diseño mecatrónico, y por otra parte se proporciona una guía para el seguimiento de la misma.



## *Objetivo y Alcances*

El presente trabajo tiene como objetivo el seguimiento de la Metodología para el diseño mecatrónico, propuesta por Peñuelas. Para realizar dicho objetivo, se emplea información generada en la asignatura Diseño del producto, impartida por la Facultad de Ingeniería UNAM en conjunto con la licenciatura en diseño industrial de la Facultad de Arquitectura de la UNAM; la información que se retoma para el seguimiento de la metodología se origina de un proyecto, cuyo objetivo es el diseño de un robot recolector de matatenas, dicho diseño fue realizado de forma independiente por siete equipos multidisciplinarios de la asignatura mencionada.

Este trabajo se encuentra fundamentado en la hipótesis de que es posible el seguimiento de la metodología de Peñuelas, especializada en el diseño de productos mecatrónicos, tomando un solo producto durante todo el proceso de diseño, en este caso para el robot recolector de matatenas. Como resultado de este trabajo se pretende comprobar que la metodología propuesta es una alternativa viable para el diseño de productos mecatrónicos y establecer una guía para el seguimiento de la misma.

En cuanto a los alcances, es necesario mencionar que a pesar que el diseño de un producto involucra inclusive la etapa de producción del mismo, y la metodología propuesta por Peñuelas culmina con la obtención de un modelo funcional, del cual se han obtenido planos de su estructura completa; el presente trabajo abarca solamente hasta la obtención del diseño conceptual del vehículo recolector de matatenas, ya que el diseño conceptual de un producto es la parte del proceso de diseño que tiene mayor peso sobre el éxito final de un producto.



## II. *Antecedentes*

### I.1 MECATRÓNICA Y PRODUCTO MECATRÓNICO

El presente apartado tiene como objetivo introducir al lector en las nociones básicas sobre el producto mecatrónico; para lograr dicho objetivo, primero es necesario definir mecatrónica y hablar sobre sus antecedentes; posteriormente se presentan las nociones sobre producto, mismas que en conjunto con la definición de mecatrónica ayudan a comprender lo que es considerado como un producto mecatrónico. La comprensión de lo que será llamado como producto mecatrónico, es necesaria para los apartados posteriores en los que es ampliamente mencionado este concepto.

#### MECATRÓNICA

Cuando se habla de los orígenes de la mecatrónica no es posible pensar que se inventó o creó por decreto, ya que se habla de esta ésta como resultado de una evolución tecnológica, y surge como respuesta a la necesidad de mecanismos controlados por medio de la electrónica, como las máquinas de control numérico computarizado [13]. Lo que sí es posible es remontarse a los orígenes de la palabra en sí misma, la cual fue probablemente empleada por primera vez en 1969, por el ingeniero japonés Tetsura Mori de la compañía Yakasawa Electric, misma que definió mecatrónica de la siguiente forma: La palabra mecatrónica es compuesta por “meca” de mecanismo y “tronica” de electrónica.

“La mecatrónica es la combinación sinérgica de la mecánica de precisión, la electrónica de control y los sistemas de información computacionales aplicados al desarrollo de productos y de procesos inteligentes...” [13], debido a tal combinación sinérgica de estas tres disciplinas resulta prácticamente imposible decir cuando comienza una y cuando termina la otra [3], las disciplinas que integran la mecatrónica son mostradas en la fig. 1.1.1 Una generalización de las áreas que la integran se muestra en los siguientes puntos:

- Sistemas mecánicos: Elementos mecánicos, maquinaria, mecánica de precisión
- Sistemas electrónicos: Microelectrónica, electrónica de potencia, tecnología de sensores y actuadores.
- Tecnología de la información: Teoría de sistemas, control y automatización, ingeniería de software, inteligencia artificial.

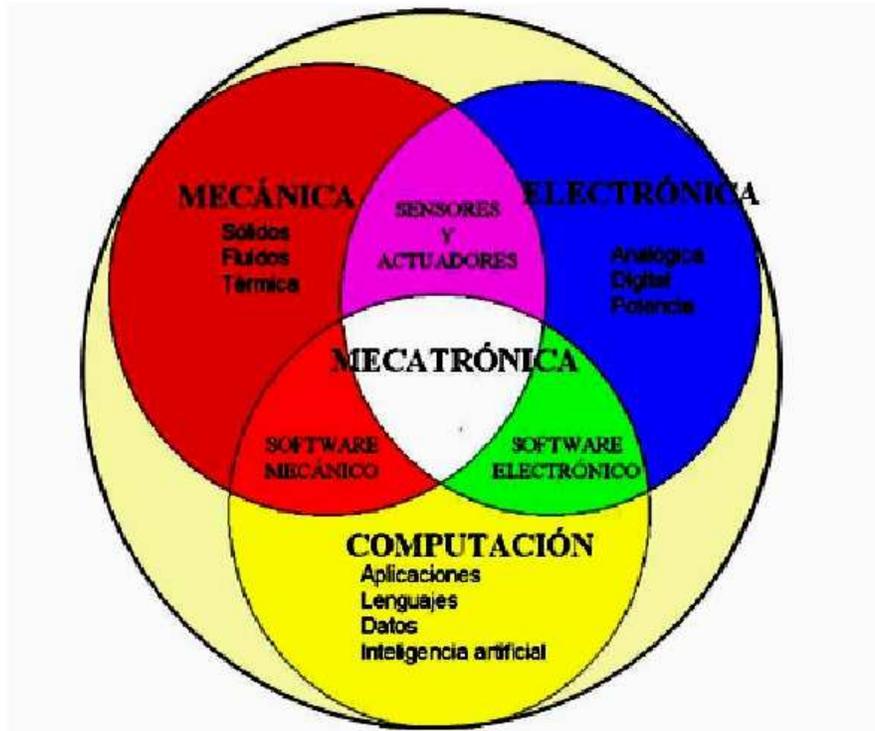


Figura 1.1.1 Disciplinas que integran la mecatrónica [13]

Se ha hablado de la mecatrónica como resultado de una evolución tecnológica, así de acuerdo a Peñuelas [6], los antecedentes de nacimiento de la mecatrónica se ubican en el surgimiento de los dispositivos lógicos programables: el *flip-flop*, la memoria, el microprocesador, el microcontrolador, etc. Todo esto generó una revolución tecnológica, de la cual nacieron nuevos conceptos como software, las máquinas integran sistemas que les permiten toma de decisiones. Entonces el nacimiento de la mecatrónica se encuentra ligado a la evolución de la electrónica y al nacimiento de nuevas áreas de conocimiento como la computación e informática. Tal evolución tecnológica es mostrada en la Figura 1.1.2

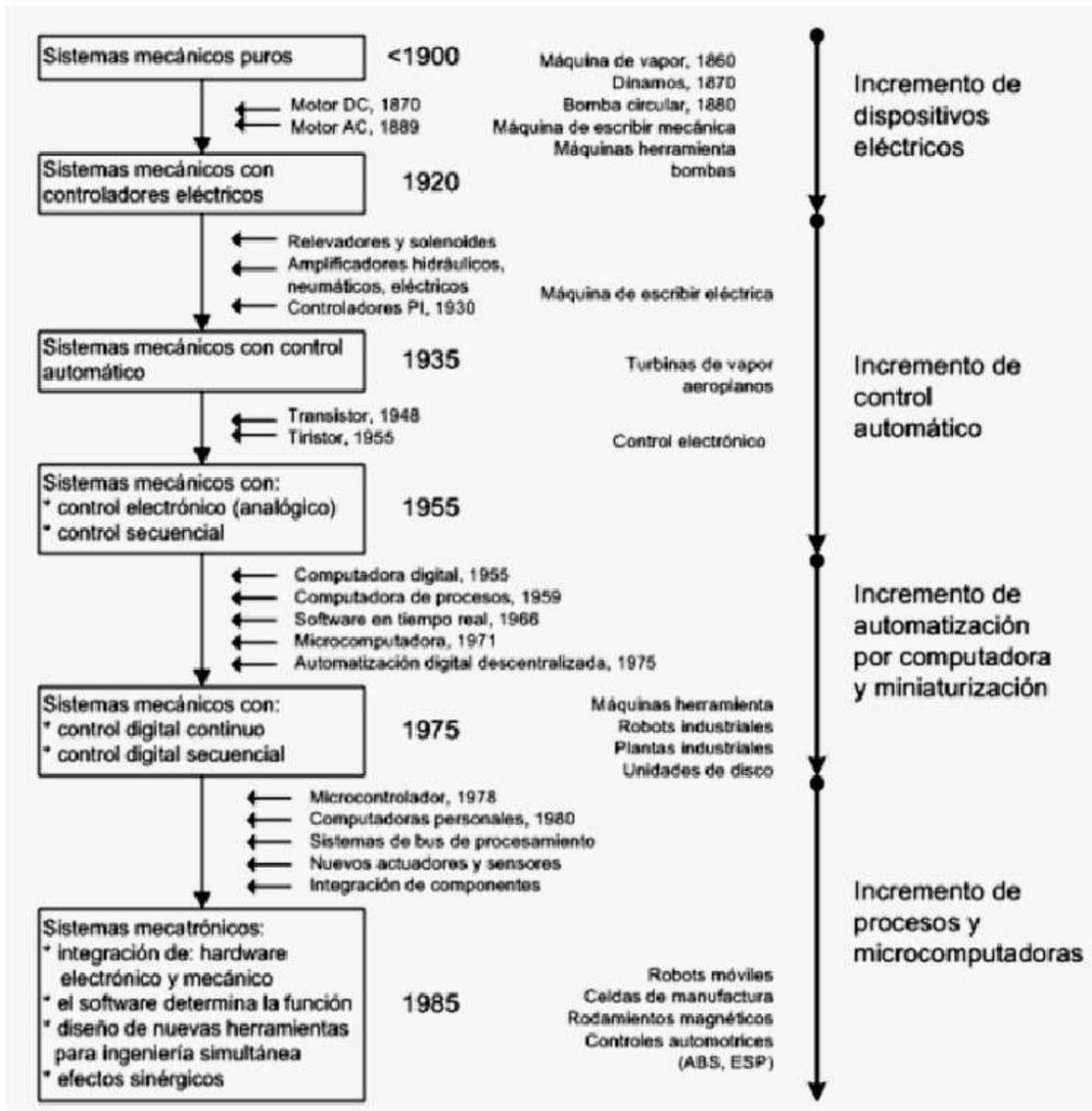


Figura 1.1.2 Evolución tecnológica hacia la mecatrónica [6]

De acuerdo a Peñuelas [6] la aplicación de la mecatrónica es posible en diversas áreas, por lo cual esta cuenta con varios significados; para un ingeniero de procesos, será la implementación de un sistema de manufactura flexible; para un diseñador de videograbadoras, la mecatrónica se verá reflejada como un sistema altamente electrónico con una mínima implicación de la mecánica. Lo anterior brinda un campo completo, permitiendo la integración de la mecatrónica en prácticamente todas las áreas de tecnología; y desde luego una de esas áreas de integración es la robótica, en la que se integran todos los elementos mencionados.



## NOCIÓN BÁSICA DE PRODUCTO

Para hablar de un producto mecatrónico primero es necesario tener la noción sobre lo que es un producto. Entonces, si nos detenemos un momento a observar nuestro entorno podremos darnos cuenta que nos encontramos rodeados por un sinnúmero de productos, y sin duda, muchos de ellos forman parte de nuestras actividades cotidianas; y si pensamos más a fondo la mayoría, si no es que todos ellos, fueron especialmente diseñados para la actividad que son usados o inclusive para la persona por la que son empleados. Pero aquí surge una pregunta importante ¿Qué es realmente un producto?, algunas definiciones que podemos encontrar en fuentes especializadas en diseño de productos son las siguientes:

- “Un producto es algo vendido por una empresa a sus clientes” [5].
- “Los productos son artefactos concebidos, producidos, comercializados y usados por la gente, por las propiedades y funciones que pueden desempeñar” [1].

En la primera definición podemos notar que el elemento empresarial tiene una fuerte connotación, mientras que en la segunda se incorporan elementos como propiedades y funciones, finalmente ambas definiciones resultan complementarias, toda vez que para que una empresa pueda colocar su producto en el mercado y obtener ganancias del mismo, primero es necesario plasmar ciertas características o atributos en él, mismas que lo harán atractivo hacia los clientes y de este modo se estarán satisfaciendo algunas de sus necesidades; y desde luego no es posible pensar en dotar a un producto de ciertas características sin primero tener estructurado un plan de negocios.

Aquí encontramos conceptos muy interesantes que dan pie a profundizar un poco más en la definición del producto. Es necesario mencionar que un producto puede ser concebido de diferentes formas de acuerdo al ámbito de estudio desde el cual lo definamos; un producto puede tener connotaciones psicológicas, estéticas, sociales, económicas, mercadológicas, técnicas, etc. Así de esta forma se procede a mostrar un la definición de producto desde distintas percepciones [1]:

- Los consumidores consideran un producto como algo que debe ser comprado y usado.
- Para el ingeniero de diseño un producto es un sistema técnico - físico que debe funcionar eficiente y confiablemente.
- Un diseñador industrial considera al producto como un objeto cuyas funciones y sentido psicológico encarnan valores culturales.

Lo anterior brinda un panorama mucho más detallado sobre el producto y muestra que un producto finalmente es un objeto material que tiene como finalidad satisfacer diversas necesidades. De acuerdo al grado en que el producto sea capaz de satisfacer tales necesidades, será el éxito del mismo. “El éxito económico de casi todas las empresas depende de su capacidad para identificar las necesidades de los clientes y rápidamente crear productos que satisfagan esas necesidades y se puedan producir a bajo costo. [5]”.



## PRODUCTO MECATRÓNICO

“Una gran cantidad de productos que se utilizan cotidianamente son mecatrónicos, ya que cuentan con sistemas mecánicos de precisión, electrónica de control y son programados por medio de sistemas computacionales. Algunos ejemplos comunes son los teléfonos celulares, las computadoras personales, equipos en hospitales y automóviles [13].”

Debido a la naturaleza de estos productos no es posible tratar cada una de sus partes por separado, y mucho menos intentar diseñar un producto mecatrónico tratando cada área en lo individual; cuando hablamos de un producto mecatrónico debemos comprender que cada uno de sus sistemas fue planeado y diseñado considerando al resto, cada uno de ellos trabaja en perfecta armonía y comunicación con los demás.

En 1970 fue propuesta por la sociedad japonesa para la promoción de maquinaria industrial (JSPMI), una clasificación para los productos mecatrónicos, la cual los divide en cuatro categorías [3].

- Clase I: Productos principalmente mecánicos con electrónica incorporada para mejorar su funcionalidad. Por ejemplo máquinas de control numérico y controladores de variación de aceleración en máquinas de manufactura.
- Clase II: Sistemas mecánicos tradicionales con una parte significativa de dispositivos electrónicos adicionados. Las interfaces externas con el usuario no son modificadas. Por ejemplo la máquina de coser y sistemas de manufactura automatizados.
- Clase III: Sistemas que mantienen la funcionalidad del sistema mecánico tradicional, pero los mecanismos internos son reemplazados por electrónica. Por ejemplo los esterilizadores para instrumental médico.
- Clase IV: Productos diseñados con tecnologías mecánicas y electrónicas a través de una integración sinérgica. Por ejemplo fotocopiadoras, lavadoras y secadoras inteligentes y hornos automáticos.

En las clasificaciones anteriores es posible identificar las formas en que puede ser hallada la mecatrónica, pero se requiere cautela para poder identificar cuándo se trata de un producto mecatrónico realmente, ya que de acuerdo a Peñuelas [6], algunos productos pueden ser ubicados en la frontera para ser considerados como mecatrónicos, ejemplo de ello son las electromáquinas u otros dispositivos que incluyen accesorios que les permite confundirse. Así mismo dicho autor menciona la existencia de dos líneas en el desarrollo de productos y procesos mecatrónicos; por un lado se menciona la automatización, en la cual se pretende que los productos y procesos que en inicio tenían un funcionamiento puramente mecánico funcionen de manera automática, es decir que requieran de una intervención mínima del usuario; por otro lado se menciona el diseño mecatrónico, cuyo objetivo es desarrollar un producto mecatrónico desde el inicio.



El producto que se toma como caso de estudio para el presente trabajo es un robot móvil, el cual es conceptualizado desde un inicio como un producto mecatrónico, razón por la cual es válida la aplicación de la “Metodología para el diseño mecatrónico”, propuesta por Peñuelas en [6]. Sin embargo en los siguientes apartados se justificará la aplicación de esta metodología a un robot móvil.

## I.II METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE PRODUCTOS MECATRÓNICOS

El objetivo central de este apartado es presentar la “Metodología para el diseño mecatrónico”, establecida por Peñuelas [6], la cual es aplicable al producto mecatrónico de estudio en el presente trabajo. Para ello es necesario presentar la metodología tradicional para el diseño de productos, ya que la “Metodología para el diseño mecatrónico” se encuentra fundamentada en las metodologías tradicionales, pero considerando la naturaleza multidisciplinaria de un producto mecatrónico.

### METODOLOGÍA TRADICIONAL PARA EL DISEÑO DE PRODUCTOS

El desarrollo de un producto es un proceso, “Un proceso de desarrollo del producto es la secuencia de pasos o actividades que una empresa utiliza para concebir, diseñar y comercializar un producto” [5]. Además del éxito económico que implica la implementación de un proceso de desarrollo del producto, existen factores que es necesario mencionar para comprender la importancia del mismo, un proceso bien definido de desarrollo es útil por las siguientes razones [5]:

- **Aseguramiento de calidad:** Durante el proceso de desarrollo se establecen puntos de inspección, lo cual asegura la calidad del producto.
- **Coordinación:** Un proceso bien definido y estructurado permite la distribución de actividades y responsabilidades durante el desarrollo del producto, lo cual es clave para el éxito de cada una de las etapas de desarrollo.
- **Planeación:** El establecimiento de plazos y tiempos para finalizar cada etapa del proceso de desarrollo resulta de vital importancia para el programa general de desarrollo.
- **Administración:** Se requiere de la evaluación continua del trabajo de desarrollo, a fin de identificar posibles áreas problemáticas.
- **Mejora:** La documentación del proceso de desarrollo ayuda a identificar oportunidades de mejora.

Para poder participar en el proceso de desarrollo de un producto se requiere conocer al menos cada una de sus fases, ya que es un proceso en muchas ocasiones complejo, e inclusive se sabe que en ocasiones llevar a término cada una de las etapas de este proceso se requiere al menos de un año. Este proceso se encuentra compuesto por 6 fases, mostradas en la fig. 1.2.1



## APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO MECATRÓNICO

Área de desarrollo	Fase 0: Planeación	Fase 1: Desarrollo del concepto	Fase 2: Diseño a nivel sistema	Fase 3: Diseño a detalle	Fase 4: Pruebas y refinamiento	Fase 5: Inicio de producción
<b>Mercadotecnia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Articular oportunidad de mercado</li> <li>Definir segmentos de mercado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recabar necesidades del cliente.</li> <li>Identificar usuarios líderes</li> <li>Identificar productos competitivos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollar plan para opciones de productos y familia extendida de productos</li> <li>Establecer objetivos para precios de venta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollar plan de mercadotecnia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollar promoción y lanzar materiales.</li> <li>Facilitar pruebas de campo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Poner la primera producción a disposición de clientes clave.</li> </ul>
<b>Diseño</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Considerar plataforma y arquitectura del producto</li> <li>Evaluar nuevas tecnologías</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investigar factibilidad de conceptos de producto</li> <li>Desarrollar conceptos de diseño industrial</li> <li>Construir y probar prototipos experimentales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Generar arquitecturas alternativa de producto</li> <li>Definir subsistemas e interfaces principales.</li> <li>Refinar diseño industrial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definir geometría de piezas</li> <li>Seleccionar materiales</li> <li>Asignar tolerancias</li> <li>Completar documentación de control de diseño industrial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Probar confiabilidad</li> <li>Probar vida útil</li> <li>Probar desempeño</li> <li>Obtener aprobaciones legales</li> <li>Implementar cambios de diseño</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evaluar los resultados de la primera producción</li> </ul>
<b>Manufactura</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar restricciones de producción</li> <li>Establecer estrategia para cadena de suministro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estimar costo de manufactura</li> <li>Evaluar factibilidad de producción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar proveedores para componentes clave</li> <li>Efectuar análisis de fabricar contra comprar</li> <li>Definir esquema final de ensamble</li> <li>Establecer costos objetivo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definir proceso de producción de piezas</li> <li>Diseñar herramental</li> <li>Definir procesos de aseguramiento de la calidad</li> <li>Iniciar adquisición de herramental para la fabricación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Facilitar inicio de producción de los proveedores</li> <li>Refinar procesos de fabricación y ensamble</li> <li>Capacitar personal</li> <li>Refinar procesos de aseguramiento de la calidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Iniciar operación de todo el sistema de producción.</li> </ul>
<b>Otras funciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investigación: demostrar tecnologías disponibles</li> <li>Finanzas: Identificar metas de planeación.</li> <li>Dirección general: asignar recursos al proyecto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Finanzas: facilitar análisis económico</li> <li>Legal: Investigar cuestiones de patentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Finanzas: facilitar análisis de fabricar contra comprar</li> <li>Servicio: Identificar cuestiones de servicio</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Ventas: Desarrollar plan de ventas</li> </ul>	
Área de desarrollo	Fase 0: Planeación	Fase 1: Desarrollo del concepto	Fase 2: Diseño a nivel sistema	Fase 3: Diseño a detalle	Fase 4: Pruebas y refinamiento	Fase 5: Inicio de producción
<b>Mercadotecnia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Articular oportunidad de mercado</li> <li>Definir segmentos de mercado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recabar necesidades del cliente.</li> <li>Identificar usuarios líderes</li> <li>Identificar productos competitivos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollar plan para opciones de productos y familia extendida de productos</li> <li>Establecer objetivos para precios de venta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollar plan de mercadotecnia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollar promoción y lanzar materiales.</li> <li>Facilitar pruebas de campo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Poner la primera producción a disposición de clientes clave.</li> </ul>



Área de desarrollo	Fase 0: Planeación	Fase 1: Desarrollo del concepto	Fase 2: Diseño a nivel sistema	Fase 3: Diseño a detalle	Fase 4: Pruebas y refinamiento	Fase 5: Inicio de producción
<b>Diseño</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Considerar plataforma y</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investigar factibilidad de</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Generar arquitecturas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definir geometría de</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Probar confiabilidad</li> <li>Probar vida útil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evaluar los resultados de</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>arquitectura del producto</li> <li>Evaluar nuevas tecnologías</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>conceptos de producto</li> <li>Desarrollar conceptos de diseño industrial</li> <li>Construir y probar prototipos experimentales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>alternativa de producto</li> <li>Definir subsistemas e interfaces principales.</li> <li>Refinar diseño industrial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>piezas</li> <li>Seleccionar materiales</li> <li>Asignar tolerancias</li> <li>Completar documentación de control de diseño industrial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Probar desempeño</li> <li>Obtener aprobaciones legales</li> <li>Implementar cambios de diseño</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>la primera producción</li> </ul>
<b>Manufactura</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar restricciones de producción</li> <li>Establecer estrategia para cadena de suministro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estimar costo de manufactura</li> <li>Evaluar factibilidad de producción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar proveedores para componentes clave</li> <li>Efectuar análisis de fabricar contra comprar</li> <li>Definir esquema final de ensamble</li> <li>Establecer costos objetivo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definir proceso de producción de piezas</li> <li>Diseñar herramental</li> <li>Definir procesos de aseguramiento de la calidad</li> <li>Iniciar adquisición de herramental para la fabricación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Facilitar inicio de producción de los proveedores</li> <li>Refinar procesos de fabricación y ensamble</li> <li>Capacitar personal</li> <li>Refinar procesos de aseguramiento de la calidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Iniciar operación de todo el sistema de producción.</li> </ul>
<b>Otras funciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investigación: demostrar tecnologías disponibles</li> <li>Finanzas: Identificar metas de planeación.</li> <li>Dirección general: asignar recursos al proyecto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Finanzas: facilitar análisis económico</li> <li>Legal: Investigar cuestiones de patentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Finanzas: facilitar análisis de fabricar contra comprar</li> <li>Servicio: Identificar cuestiones de servicio</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Ventas: Desarrollar plan de ventas</li> </ul>	

Figura 1.2.1 Proceso genérico de desarrollo del producto. Se muestran seis fases, incluyendo las tareas y responsabilidades de las funciones clave de la organización para cada fase. [5]

Con la finalidad de detallar y clarificar un poco más cada una de las fases de este proceso de desarrollo, se muestra una breve descripción de las mismas [5]:

- Planeación:** El proceso de planeación del producto tiene lugar antes de que el proceso de desarrollo del producto se apruebe de manera formal, tiene como finalidad identificar la cartera de productos a desarrollar por la organización y la coordinación en tiempos para su introducción al mercado. Esta actividad garantiza que los proyectos de desarrollo del producto apoyen la estrategia general de negocios de la compañía. Básicamente tiene



como finalidad declarar la misión para el grupo de desarrollo de productos; en esta etapa se genera información muy valiosa, tal como segmentos de mercado que deben ser considerados al diseñar el producto y desarrollar sus funciones, qué nuevas tecnologías (si las hay) deben incorporarse en el nuevo producto, cuáles son los objetivos y restricciones de manufactura y servicio, cuáles son los objetivos financieros para el proyecto y finalmente cuál es el presupuesto y marco de tiempo para el proyecto.

- **Desarrollo del concepto:** En esta fase se busca identificar necesidades del mercado objetivo, generar y evaluar conceptos alternativos de producto, y uno o más conceptos se seleccionan para el desarrollo y pruebas adicionales. Un concepto es una descripción de la forma, función y características del producto, y por lo general está acompañado por un conjunto de especificaciones, un análisis de productos de la competencia y una justificación económica del proyecto.
- **Diseño a nivel sistema:** La fase de diseño a nivel sistema incluye la definición de la arquitectura del producto y la descomposición del producto en subsistemas y componentes. El esquema de ensamble final para el sistema de producción suele definirse también durante esta fase final. El producto de esta etapa es el diseño geométrico del producto, una especificación funcional de cada uno de los subsistemas de los productos y un diagrama de flujo preliminar del proceso para el ensamble final.
- **Diseño a detalle:** La fase de diseño a detalle incluye la especificación completa de la geometría, materiales y tolerancias de todas las partes únicas del producto y la identificación de todas las partes estándar a ser adquiridas de proveedores. El producto de esta etapa es la *documentación de control* del producto, es decir, los dibujos o archivos de computadora que describen la geometría de cada una de las piezas y su herramental de producción, las especificaciones de las piezas compradas, y los planes de proceso de fabricación y ensamble de producto.
- **Pruebas y refinamiento:** Esta fase consiste principalmente en la elaboración de prototipos. Generalmente se manejan dos tipos de prototipos, los primeros, prototipos *alfa* tienen como objetivo determinar si el producto funcionará como está diseñado y si el producto satisface las necesidades claves del cliente; para la elaboración de estos prototipos se emplean piezas de la misma geometría y propiedades de material con las que fueron planeadas originalmente, pero no necesariamente son fabricadas con los procesos reales de producción a emplearse. Los siguientes prototipos, llamados prototipos *beta* dan información sobre la operación y confiabilidad para identificar cambios de ingeniería en el producto final, tales prototipos son evaluados de forma interna por la empresa y también probados por clientes en su propio ambiente de uso. Los prototipos *beta* son fabricados con la geometría, materiales y procesos de producción seleccionados para el producto real, pero no es empleado el proceso de ensamble seleccionado.
- **Inicio de producción:** En esta fase el producto se hace usando el sistema de producción pretendido. El propósito del inicio es capacitar al personal y resolver cualquier problema en los procesos de producción. Los productos producidos durante el inicio se proporcionan a clientes preferidos y son cuidadosamente evaluados para identificar cualquier falla. La transición de inicio de producción a producción en curso suele ser gradual. En algún punto de esta transición, el producto es lanzado y queda disponible para su distribución generalizada.



Lo anterior constituye la metodología básica para el desarrollo del producto, y es importante considerarla, puesto que un robot móvil es un producto y cumple con las características y condiciones para ser llamado de tal modo; pero resulta necesario aplicar algún tipo de metodología específica, que contemple más amplia e integralmente los factores involucrados en este tipo de producto, un producto mecatrónico.

### INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO MECATRÓNICO

En los apartados anteriores se describió brevemente una metodología general para el desarrollo de productos, esta se encuentra compuesta de múltiples fases, cada una con procedimientos y técnicas muy específicas que permiten el éxito de un producto en general. Ahora se procede a presentar una metodología generada a partir de las metodologías tradicionales de diseño, que permitirá la generación exitosa de un producto mecatrónico. El siguiente párrafo resulta clave para justificar lo anterior:

“...Cuando se habla de una metodología para el diseño mecatrónico, se intenta establecer una guía que ayudará a que un producto mecatrónico, desde las primeras etapas de su diseño, sea considerado en toda su ámbito multidisciplinario, esto es que el producto y las partes que lo componen sean diseñados a partir de un punto de vista más adecuado y congruente, y se agregue como un factor de toma de decisión de concepto al control que enlazará a los sistemas que lo componen...” [6].

Analizando lo anterior se puede vislumbrar claramente que el objetivo del planteamiento de una metodología para el diseño mecatrónico es nuevamente respetar la naturaleza imperante en un producto mecatrónico, la sinergia entre las tres disciplinas mencionadas. Pero esta situación también representa un reto ya que de acuerdo a Peñuelas [6], en muchos de los productos modernos son adicionados elementos electrónicos y de programación a los elementos mecánicos clásicos, de tal forma que resulta difícil ubicar las fronteras que los separan; así este hecho se convierte, de acuerdo al mismo autor, en una exigencia adicional para los ingenieros.

Como consecuencia de lo anterior “El ciclo de diseño convencional o clásico se modifica a partir de la introducción de aspectos electrónicos y de computación para el diseño mecatrónico...” [6], pero no hay que perder de vista que “La metodología para el diseño mecatrónico requiere de apoyo de las metodologías de diseño existentes probadas, y adaptadas a este diseño, todo con el fin que en su estructura se introduzca en el momento preciso las actividades que componen al producto mecatrónico” [6]. En la figura 1.2.2 se muestra la metodología propuesta por Peñuelas [6] para el diseño mecatrónico, la cual fue generada a partir de las consideraciones y condiciones mencionadas.

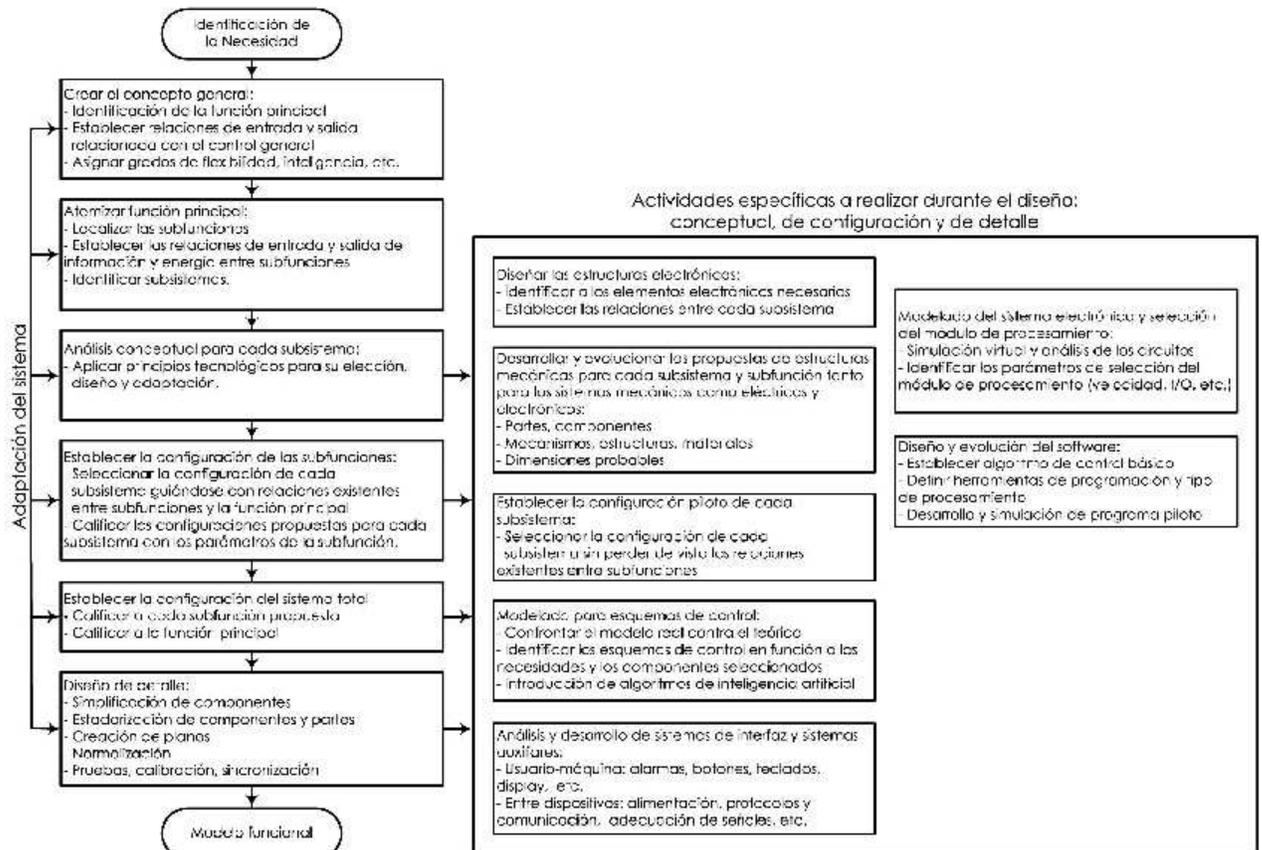


Figura 1.2.2 Metodología para el diseño mecatrónico [6].

Una vez presentada la “Metodología para el diseño mecatrónico” propuesta por Peñuelas en [6], se procede a describir las fases de la metodología que serán aplicadas en el presente trabajo, tales fases son: Identificación de la necesidad y Diseño conceptual. Es importante mencionar que dicha metodología continua hasta la fase de Diseño a detalle, pero los alcances de este trabajo no cubren esta última fase, ya que el Diseño conceptual del producto es considerado como el más importante de todo el proceso de diseño.



Ulrich menciona lo siguiente respecto a la fase de diseño conceptual [5]: “El grado en un producto satisface a clientes y puede ser comercializado con éxito depende en gran medida de la calidad del concepto fundamental. A veces, un buen concepto se pone en práctica de manera deficiente en fases subsiguientes al desarrollo, pero un mal concepto casi nunca puede ser manipulado para alcanzar el éxito comercial.”; también sobre el diseño conceptual, Peñuelas [6] menciona en lo que respecta a la metodología propuesta, haber mayores modificaciones en la etapa de diseño conceptual, y la denomina como la etapa más crítica del proceso de diseño, ya que de esta depende el resultado final del proceso de diseño.

Así a continuación se presentan dos breves resúmenes sobre la Identificación de la necesidad y el diseño conceptual de la metodología propuesta por Peñuelas[6], los cuales serán empleados para comprender los apartados posteriores en los que se presenta el proceso de diseño de un robot móvil, basado en la “Metodología para el diseño mecatrónico”. Para efectos de apoyo del desarrollo de la metodología, el los Apéndices I, II y III se presenta información complementaria a los aspectos de Identificación de la necesidad y Diseño conceptual, extraída de las metodologías tradicionales para el diseño y desarrollo de productos de Ulrich [5].

### METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO MECATRÓNICO: IDENTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD

En el diseño mecatrónico se localizan necesidades del cliente o el usuario y se traducen a requerimientos, los requerimientos deben reflejar no sólo también las propiedades mecánicas sino también las propiedades electrónicas, informáticas y de control, por ejemplo, que el dispositivo tenga un botón que realice alguna función en específico, que se llegue a cierta posición con determinadas características de velocidad, que se pueda decidir entre varias opciones, o que se maneje determinado protocolo de comunicación, necesidades que en requerimientos pueden brindar información importante en la selección de componentes, tipo de señales a manejar, esquemas de control y algoritmos de programación, entre otros.

Lo más importante en esta fase para el diseño mecatrónico es poder ubicar las necesidades, sin importar que se trate de un producto ya existente, y analizar su función principal, pues al estar en este punto de partida se puede elegir cualquier camino para llegar a resolver el problema de diseño, se puede aplicar cualquier cantidad de ideas e innovaciones tecnológicas, entregando a la salida un producto nuevo, el cual no se automatizó, se diseñó.

### METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO MECATRÓNICO: DISEÑO CONCEPTUAL

En la esencia real de la mecatrónica, el diseño de sistemas con componentes múltiples mezclados requerirá de consideraciones simultáneas e integración, y diseño de todos sus componentes. Para formar un buen concepto de diseño, el diseñador debe poder sugerir varias alternativas combinando los principios tecnológicos. Por lo tanto cada diseñador, o grupo de diseño deberá tener un amplio conocimiento en diferentes áreas de tecnología.

Cuando se trabaja en un producto mecatrónico lo más conveniente es dividirlo en subsistemas. Cada módulo resolverá una función particular sin perder de vista las relaciones que deberá tener con otros subsistemas, lo conveniente es plantear la función principal pues esta representa al

sistema total (el producto), mientras que cada subfunción puede estar integrada por uno o varios subsistemas, por lo que habrá que atomizarlas hasta encontrar los subsistemas básicos.

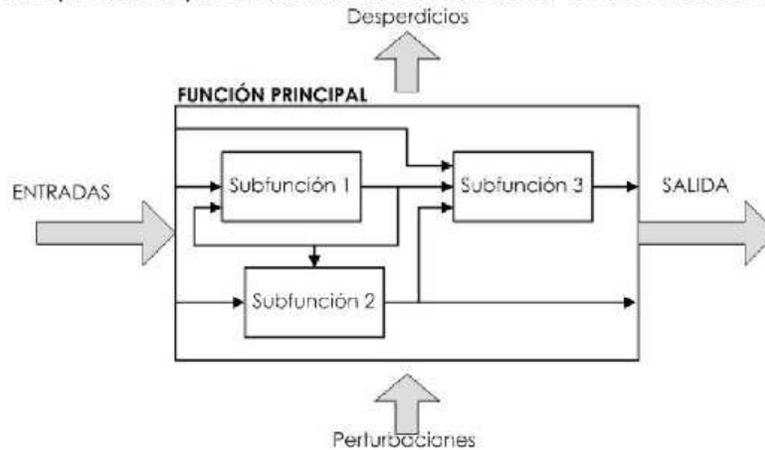


Figura 1.2.3 Función principal para un sistema mecatrónico [6].

En la figura 1.2.3 se muestra el esquema general de la función principal para un sistema mecatrónico. Por el lado izquierdo se tienen las entradas, aquí se introducen datos, materia y energía a ser transformados; por el lado derecho se tiene la salida, el efecto deseado. Las flechas de la parte superior e inferior indican la presencia de características indeseables con las que hay que lidiar (estas siempre existirán); es denominado como término desperdicio y se aplica a todos los factores no deseados que salen del sistema como pueden ser: calor, ruido, radiación, entre otros; los factores no deseados que entran se conocen como disturbios o perturbaciones y muchos de estos tienen que ver con el medio ambiente de trabajo.

Las líneas delgadas que interconectan a las subfunciones son las relaciones de entrada y/o salidas que deberán existir entre ellas para poder cumplir con la función principal; en un sistema mecatrónico estas son de distinta naturaleza, pueden ser datos, señales, energía, potencia, acciones, activaciones, mecanismos que llegan a una posición o comparaciones exitosas. También se puede apreciar que en algunos casos la línea que se encuentra a la salida de una subfunción retroalimenta al mismo bloque o a otra subfunción y que no necesariamente debe existir desde un inicio ni afecta inicialmente a otros bloques; esto se debe hacer para poder controlar al sistema, éste en un inicio se deberá cargar con una prealimentación y posteriormente la salida genera la retroalimentación y así se cierra el lazo de control.

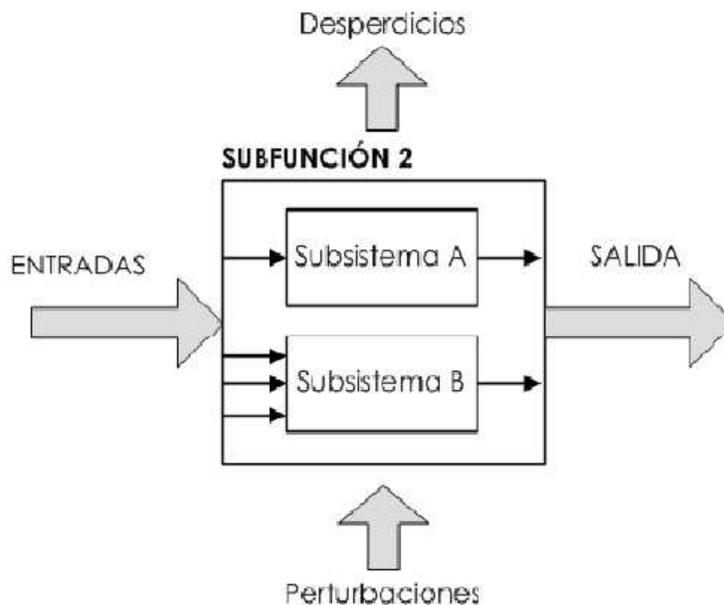


Figura 1.2.4 Atomización de subfunciones en subsistemas [6].

Como se mencionó anteriormente es necesario descomponer las subfunciones en subsistemas sencillos, en la figura 1.2.4 se ejemplifica esta descomposición. Una subfunción realiza una función importante dentro de la función principal, y esta es lograda gracias a los subsistemas que sustenta; si se compara el diagrama en la figura 1.2.3 con el de la figura 1.2.4, se observa una gran simplificación, ya que las interacciones entre subfunciones pasan a ser simples entradas y salidas en este nuevo esquema.

Así queda claro que el producto se divide en subfunciones y luego en subsistemas, a cada uno de estos subsistemas es necesario realizarle un análisis conceptual, estudiar los requerimientos demandados y obtener las especificaciones a la salida que compartirá con las otras subfunciones. Es la única parte de la metodología en la que se deberá considerar a este ente por separado, aunque no hay que olvidar que las relaciones existentes entre subfunciones fueron establecidas de antemano y estas relaciones solamente podrán ser modificadas si a la salida del subsistema se obtiene información que no cubre los requerimientos propios ni las necesidades de otras subfunciones, por lo que la comunicación de las relaciones entre los diseños conceptuales de las subfunciones es sumamente dinámica y evolutiva.

Para cada subsistema conceptual, habrá que enlistar las alternativas de diseños disponibles y posibles, que pueden ser llamadas opciones de subsistemas. Este paso básicamente incluye la generación del concepto con la ayuda de conceptos similares disponibles en la industria, buscando en internet y en catálogos, consultando con expertos, revisando manuales y otras fuentes de información.



En el diseño conceptual es necesario asumir que cualquiera de las subfunciones, ya sea de trabajo o de control puede ser realizada con cualquiera de las tres tecnologías: mecánica, electrónica y software.

En general se puede mencionar que ninguna metodología para el diseño de productos es posible que sea seguida de forma lineal, ya que el proceso de diseño es por naturaleza iterativo, nuevas necesidades pueden ser identificadas a lo largo del proceso, son ubicadas nuevas soluciones a los subsistemas o simplemente se modifican sus interacciones etc. Así lo anterior solamente establece una guía basada en la “Metodología para el diseño mecatrónico”, mencionada anteriormente y dependerá de cada equipo de trabajo la adaptación de la misma, a las situaciones que se vayan desarrollando en el proceso de diseño, retomando pasos anteriores de la metodología o haciendo uso de algunos elementos propuestos en las metodologías tradicionales de diseño.

### **I.III ROBOT MÓVIL COMO PRODUCTO MECATRÓNICO.**

El objetivo de este capítulo es justificar la aplicación de la metodología para el diseño mecatrónico en un robot móvil. Primeramente es necesario plantear lo que se entiende por “robot”, por lo cual se presenta una serie de definiciones que cuentan con diferentes grados de aceptación internacional; posteriormente para respaldar la inclusión de nuevas áreas en la robótica, es necesario proporcionar el panorama general sobre los antecedentes y evolución de los robots; también para justificar el manejo de un robot móvil como producto mecatrónico, resulta de vital importancia delimitar las áreas de influencia tanto de la mecatrónica como de la robótica; finalmente se proporciona una breve introducción a los robots móviles con la finalidad de comprender perfectamente los apartados posteriores.

#### **DEFINICIÓN DE ROBOT**

Definir qué es exactamente un robot, no es tarea sencilla; esta definición ha variado a través de los años, y lo que se entienda o no por robot cambia de una cultura a otra. Bajo estas premisas, en los párrafos siguientes se presentan diferentes definiciones de robot móvil, con la finalidad de generar un panorama amplio sobre este concepto.

La definición más aceptada es la propuesta por el Instituto de Robótica de América (RIA), la cual versa de la siguiente manera: “Un robot industrial es un manipulador multifuncional reprogramable diseñado para desplazar materiales, partes, herramientas o dispositivos especializados a través de movimientos programados para la ejecución de una variedad de tareas”. Esta definición que data de 1980, refleja el estado actual de la tecnología en robótica. [7]

La definición anterior, ligeramente modificada, ha sido adoptada por la Organización Internacional de Estándares (ISO) que define robot de la siguiente forma: “Manipulador multipropósito reprogramable y controlado automáticamente en tres o más ejes”. [7]



La diferencia más notoria entre las dos definiciones anteriores es el indicar que el robot cuenta con varios grados de libertad.

Una siguiente definición, más completa, es la establecida por la Asociación Francesa de Normalización (AFNOR), que define primero el manipulador, y a partir de ello define robot. [9]

- Manipulador: mecanismo formado generalmente por elementos en serie, articulados entre sí, destinado al agarre y desplazamiento de objetos. Es multifuncional y puede ser gobernado directamente por un operador humano o mediante un dispositivo lógico.
- Robot: manipulador automático servo-controlado, reprogramable, polivalente, capaz de posicionar y orientar piezas, útiles o dispositivos especiales, siguiendo trayectorias variables reprogramables, para la ejecución de tareas variadas. Normalmente tiene la forma de uno o varios brazos terminados en muñeca. Su unidad de control incluye un dispositivo de memoria y ocasionalmente de percepción de entorno. Normalmente su uso es el de realizar tareas de manera cíclica, pudiéndose adaptar a otra sin cambios permanentes en su material.

Finalmente, la Federación internacional de Robótica (IFR) distingue entre robot industrial de manipulación y otros robots: “Por robot industrial de manipulación se entiende una máquina de manipulación automática, reprogramable y multifuncional con tres o más ejes que pueden posicionar y orientar materias, piezas, herramientas o dispositivos especiales para la ejecución de trabajos diversos en las diferentes etapas de la producción industrial, ya sea en una posición fija o en movimiento” [9].

Todas las definiciones anteriores coinciden en relacionar un robot con un manipulador, sin embargo una definición mucho más incluyente es la establecida por la Asociación Japonesa de Robótica Industrial (JIRA): “Los robots son dispositivos capaces de moverse de modo flexible análogo al que poseen los organismos vivos, con o sin funciones intelectuales, permitiendo respuestas a las órdenes humanas” [10].

Una de las ventajas de la definición anterior es que muchos de los dispositivos automáticos cotidianos son considerados robots, como resultado de ello en Japón la sociedad se encuentra más familiarizada con los robots, formando parte estos de su vida cotidiana [10].

Dadas las definiciones anteriores, es claro que existe polémica en qué es un robot y qué no lo es; otra muestra de esto es la definición que establece la Real Academia Española para la palabra robot: “(Del Ingl. *Robot*, y este del checo *robot*, trabajo, prestación personal) máquina o ingenio electrónico programable, capaz de manipular objetos y realizar operaciones antes reservadas solo a las personas”.

En realidad tal polémica se trata de un problema de evolución tecnológica y de los robots con ella, es claro que las necesidades cotidianas han cambiado o se han creado nuevas necesidades conjuntamente con el avance tecnológico, los robots simplemente han evolucionado y se han adaptado a estos nuevos requerimientos. A la par de esto han surgido nuevas áreas en la robótica,



lo cual hace necesario expandir el concepto que se tiene sobre robot, sin caer en el absurdo de considerar como tal a cualquier máquina que sustituya alguna función antes solamente realizada por el ser humano.

De acuerdo a lo anterior se podría poner en discusión si algunos productos son o no robots, por ejemplo si una lavadora moderna puede ser considerada como un robot o no. Se sabe que encaja en la definición, ya que sustituyó una actividad que era realizada manualmente por el ser humano; además cuentan con distintas funciones preprogramadas, las cuales puede elegir el usuario en función del grado de suciedad o del tipo de prenda que se trate, también es posible elegir manualmente entre diferentes variables como duración del lavado y centrifugado, temperatura, nivel de agua etc. Y más aún algunos tipos de lavadoras son capaces de medir el nivel de agua que requieren, de acuerdo al volumen de la carga de ropa, así como la cantidad de detergente y suavizante. Así algunas definiciones de robot deben ser tomadas con cautela, ya que como se menciona más adelante es necesario diferenciar entre producto mecatrónico y producto robótico.

Se observa que no existe una definición que satisfaga a todos, e incluso muchas personas tienen su propia definición. Por ejemplo, Joseph Engelberger, un pionero en la robótica industrial, una vez dijo: “No puedo definir un robot, pero lo sé reconocer cuándo lo veo” [11]. Pero a pesar de esto es necesario dar respuesta a una interrogante, ¿Qué definición será empleada entonces para el presente trabajo?, esta es resuelta a continuación:

Tanto la definición japonesa como la definición de la Real Academia Española RAE tienen la desventaja que para conceptualizar una máquina como un robot no se establece como condición la programabilidad. Por una parte en la definición japonesa se menciona que pueden o no existir funciones intelectuales, lo cual implicaría cierto grado de programación; por otra parte la RAE también establece como opcional que sea programable. Es necesario tomar con cautela tales definiciones, ya que dentro de ellas podrían ser fácilmente ubicados productos con características puramente mecánicas, como ejemplo de ello lo siguiente:

La silla de ruedas en sus orígenes tenía un funcionamiento solamente mecánico, es un hecho que ha evolucionado tecnológicamente, actualmente es posible encontrar algunas controladas por palancas, voz, señales mioeléctricas etc., e inclusive algunas de ellas son capaces de desplazarse a través de escalones o diferentes tipos de terrenos. Sin embargo a pesar de esta gran evolución, actualmente existen personas que por diferentes causas continúan empleando una silla de ruedas tradicional. Este producto en su versión completamente mecánica, de acuerdo la definición de la JIRA y la RAE podría ser considerado como un robot por los siguientes motivos:

- La silla de ruedas es capaz de moverse de modo flexible.
- El desplazamiento de la silla de ruedas se encuentra sujeto a la voluntad de usuario.
- La silla de ruedas realiza la manipulación de un objeto, desplaza al usuario hacia diferentes puntos.



- Realiza una operación antes reservada solo a las personas, las sillas de ruedas en sus orígenes no tenían la posibilidad de ser autopropulsadas como lo son actualmente, esta dependía necesariamente de un cortesano o sirviente para ser empujada.

Así en mi particular consideración, es necesario establecer la programabilidad como condición básica para un robot, tomando esta premisa y en base a las definiciones previamente presentadas se genera la siguiente definición:

*Los robots son dispositivos programables capaces de moverse de modo flexible, diseñados para realizar una variedad de funciones sin requerir de grandes modificaciones en su estructura física, capaz de responder a ordenes humanas y con distintos grados de capacidad intelectual.*

En la definición anterior tienen cabida los distintos tipos de robots, manipuladores, móviles, humanoides, capaces de funcionar de modo automático o controlado por un operador; siempre con la condición de ser programables y multifuncionales. Así una lavadora moderna, no tendría cabida para ser considerada como un robot, ya que no podría realizar otra función más que lavar, aunque se realizaran modificaciones en su sistema de control. En esta definición tampoco se incluirían dispositivos exclusivamente mecánicos. En cuanto a los distintos grados de capacidad intelectual, es posible mencionar como ejemplo un robot móvil con ruedas, este puede ser controlado por control remoto, respondiendo solamente a las órdenes del usuario; o mediante la inclusión de un sistema de control más complejo, puede ser capaz de seleccionar la ruta óptima por sí mismo.

#### NUEVAS NECESIDADES, NUEVOS ROBOTS.

A continuación se presenta un breve resumen basado en los libros de Ollero y Asada [8] y [12], dicho resumen habla sobre las necesidades a las que se han enfrentado los robots durante su evolución y con ello la generación de nuevas áreas y líneas de investigación en robótica. Se respalda la hipótesis de que a pesar de no existir una definición internacionalmente aceptada, en la cual tengan cabida diferentes tipos de robots, como los robots móviles, es evidente que estos han surgido para satisfacer nuevas necesidades, como la exploración espacial, por lo cual ha sido necesario ampliar los horizontes de la robótica más allá de la robótica industrial.

Los robots industriales surgen de la convergencia de tecnologías de control automático, y en particular del control de máquinas herramientas, de los manipuladores teleoperados, y de la aplicación de computadores en tiempo real.

Los teleoperadores se desarrollaron en los años cuarenta para manejar materiales radioactivos. El primero de ellos desarrollado en 1948 por R.C. Goertz del Argonne National Laboratory consistían en un par de pinzas “maestra” y “esclava” acopladas por mecanismos que permitían que la pinza “esclava”, en contacto con el material peligroso, reprodujera los movimientos de la pinza “maestra”, accionada por un operador detrás del muro protector con ventanas apropiadas para observar la operación, esto se esquematiza en la fig. 1.3.1, su control era puramente mecánico,

pero en 1954 Goertz reemplazó el control mecánico por electrónico con la inclusión de servocontroladores.

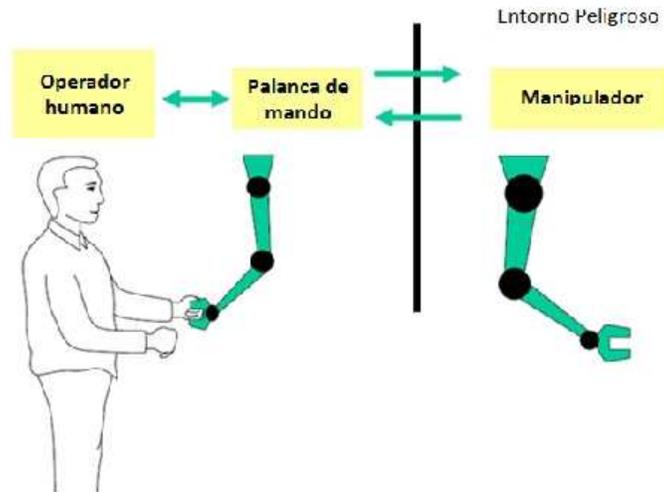


Figura 1.3.1 Esquema del manipulador teleoperado con control puramente mecánico. Adaptado de [12].

El robot industrial actual tiene sus orígenes en el patentado en 1954 por el ingeniero americano George Devol, el cual combinaba la articulación de un teleoperador con el eje servocontrolado de una máquina de control numérico; incluía un *dispositivo de transferencia programada articulada* (según su propia definición) un brazo primitivo que se podía programar para realizar tareas específicas. Así el operador es eliminado del sistema de control, estableciendo las bases del robot industrial moderno.

El operador y el manipulador maestro son reemplazados por un controlador autónomo. Cuando el operador es eliminado del sistema de control, toda la planeación y comandos de control deben ser generados por la máquina por sí misma. En adición el robot debe ser capaz de controlar completamente su propio movimiento, con la finalidad de adaptarse a perturbaciones y cambios inesperados en el entorno de trabajo; así el robot necesita una variedad de sensores, para obtener información del entorno (usando sensores externos como cámaras) y sobre sí mismo (usando sensores internos como encoders en juntas).

Los robots actuales han requerido también mayor funcionalidad locomotora, es decir el robot requiere moverse libremente en todo el entorno, en contraste con muchos de los robots industriales. Así la necesidad de navegación y locomoción se han incrementado notoriamente, lo cual ha desarrollado nuevas áreas en robótica. Se han requerido nuevos mecanismos para permitir a los robots moverse a través de áreas concurridas, terrenos irregulares, canales estrechos e inclusive en escaleras. Varios tipos de robots con patas han sido estudiados, ya que a diferencia de las ruedas estándar, las patas se adaptan a suelos irregulares. Los robots bípedos han sido estudiados extensamente, resultando en el desarrollo de humanoides figura 1.3.2 La combinación de ruedas con mecanismos de patas ha desencadenado un mejor desempeño tanto en flexibilidad como en eficiencia, ejemplo de ello es el prototipo explorador de Marte mostrado en la fig. 1.3.3.

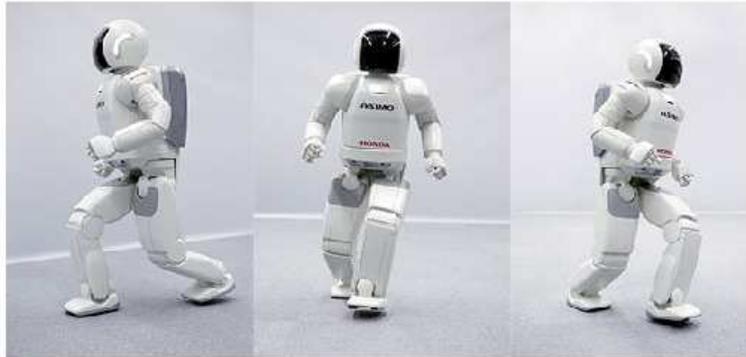


Figura 1.3.2 Robot humanoide ASIMO de Honda. [F1]



Figura 1.3.3 Mars Rover [F2]

La navegación es otra función requerida en los robots móviles. Estos robots son equipados con sensores de distancia y sistemas de visión, y son capaces de interpretar estos datos con la finalidad de ubicarse a sí mismos; frecuentemente este robot tiene un mapa del entorno que se utiliza para estimar su ubicación, y más aún basado en datos en tiempo real, el robot es capaz de actualizar el mapa.

Otro sector de importancia creciente es el de los robots de servicio, entre los cuales se incluyen los robots domésticos, robots de ayuda a los discapacitados, y robots asistentes en general.



Del resumen anterior es posible extraer las siguientes conclusiones:

Los orígenes del robot recaen básicamente en los robots industriales, sin embargo es claro que se ha requerido extender el campo de aplicación de la robótica, restringido inicialmente al alcance de una estructura mecánica anclada en uno de sus extremos; de esta manera se ha dado el desarrollo del robot móvil y se han producido nuevas áreas en la robótica antes limitada solamente a la robótica industrial, entre ellas la robótica móvil.

En los siglos XX y XXI el desarrollo de máquinas ha estado fuertemente influido por el progreso tecnológico; de esta forma se pasa de máquinas que tienen como objetivo exclusivo la amplificación de potencia muscular del hombre, sustituyéndolo en su trabajo físico, a máquinas o instrumentos que son también capaces de procesar información, complementando o incluso sustituyendo, al hombre en algunas actividades intelectuales.

### ROBÓTICA Y MECATRÓNICA

Para poder comprender por qué un robot, y más aún un robot móvil (el cual es el caso de estudio que aquí se presenta), pueden ser considerado un producto mecatrónico, es necesario tener claro y delimitar el campo de acción de la mecatrónica y la robótica. La información presentada a continuación fue extraída del primer capítulo del libro de Reyes [7].

“Se sabe que los robots son máquinas en las que se integran componentes mecánicos, eléctricos, electrónicos y de comunicaciones, y dotadas de un sistema informático para su control en tiempo real, percepción del entorno y programación. Así la naturaleza multidisciplinaria de la robótica permite involucrar gran cantidad de áreas de conocimiento tales como matemáticas, física, electrónica, computación, visión e inteligencia artificial entre otras. Es claro, que la mecatrónica también cuenta con la misma naturaleza multidisciplinaria de la robótica, pero los ámbitos de estudio de ambas difieren.

La robótica estudia y analiza una clase particular de sistemas mecánicos llamados robots manipuladores, y la multifuncionalidad es la característica básica que distingue a un robot manipulador de un sistema mecatrónico. Generalmente los sistemas mecatrónicos realizan solo una función como en los casos de lavadoras electrónicas, despachadoras de café, aspiradoras, cortadores de papel etc. Es decir, la estructura mecánica de un sistema mecatrónico no está diseñada para realizar multifunciones. En contraste, en el caso de un robot manipulador su estructura mecánica le permite realizar una amplia variedad de aplicaciones, cambiando únicamente la herramienta que depende de la aplicación y por supuesto llevando a cabo la reprogramación correspondiente. Mecatrónica es un concepto surgido de la industria japonesa en 1969, e integra la mecánica con la electrónica y sistemas computacionales para realizar una tarea específica. En este contexto un robot es parte de la mecatrónica. Sin embargo un sistema mecatrónico no necesariamente pertenece a la clase particular de sistemas mecánicos denominados robots manipuladores.

Es válido considerar a un robot un producto mecatrónico, pero no todo producto mecatrónico encaja en el contexto de robótica. Por ejemplo un robot móvil con ruedas puede seguir cierta



trayectoria, esquivar obstáculos o resolver un laberinto, todo ello solamente modificando aspectos de programación; este robot es considerado un producto mecatrónico, sin embargo, una máquina despachadora de café automática, no puede ser considerada un robot ya que desde un inicio la función para la cual fue diseñada es despachar esta bebida, y sería muy difícil que despachara otro tipo de productos sin sufrir modificaciones significativas en su estructura.”

### ROBÓT MÓVIL

Actualmente existe una gran variedad de robots con diversas estructuras geométricas y mecánicas que definen su funcionalidad y aplicación. Sin embargo, de manera general pueden ser clasificados como se muestra en la tabla 3.1.

CLASIFICACIÓN DE ROBOTS		
<b>Móviles</b>	Terrestres: ruedas, patas, orugas.	
	Submarinos, aéreo - espaciales	
<b>Humanoides</b>	Diseños complejos	
<b>Industriales</b>	Brazos mecánicos	Robots manipuladores

Tabla 3.1 Clasificación general de los robots. [7]

Los robots móviles se utilizan en el hogar para limpiar y recolectar basura; en hospitales se emplean para trasladar instrumental de quirófano a área de desinfectado; en investigación científica del espacio (en la luna o en planetas) se ocupan para analizar y enviar información de piedras, arenas y atmósfera; en arqueología son empleados para enviar señales de video del interior de cavernas, túneles, pirámides, etc. Existen diversos tipos de robots móviles, dependiendo de la aplicación es el tipo de estructura mecánica, ruedas o patas.

Los robots móviles pueden ser clasificados de acuerdo con el medio en que se desplacen: terrestres, marinos y aéreos. Los terrestres generalmente se desplazan mediante ruedas o patas; tienen aplicación en rastreo y traslado de objetos, evasión de obstáculos, traslado de instrumental quirúrgico en hospitales, limpieza del área del hogar, ambientes cooperativos, y en la industria donde se emplean para el análisis e inspección de fisuras en gasoductos y contenedores de petróleo, por ejemplo. Otra clase de robots móviles como el AIBO de Sony son los tipo mascota (robots perros y gatos) diseñados para ser versátiles en sus movimientos fig.1.3.4.



Figura 1.3.4 Robot AIBO Sony tercera generación. [F3]

Los robots móviles marinos son robots submarinos equipados con sensores especiales para navegación dentro del agua como sonar, radar, visión, telescópica, giroscopio, además poseen sistemas electrónicos complejos que les permiten sumergirse y/o elevarse. Los robots aéreos son aeronaves no tripuladas como helicópteros o pequeños aviones operados a control remoto, pueden proporcionar imágenes aéreas para reconocimiento de terreno y superficie, y son muy útiles en problemas de análisis de tráfico e inspección de edificios.

Se confirma entonces que la metodología para el diseño del producto mecatrónico puede ser empleada en el diseño de un robot móvil, ya que este cumple con las características de un producto mecatrónico, es decir, en su estructura integra sinérgicamente elementos mecánicos, electrónicos y de software.

#### **I.VI DISEÑO ESTÉTICO DEL PRODUCTO**

El objetivo del presente apartado es presentar la apariencia estética de cada uno de los conceptos, ya que como se recordará, en los equipos de trabajo también participaron alumnos de Diseño Industrial. De esta forma, antes de presentar la apariencia o configuración estética en cada uno de los conceptos, es necesario presentar un panorama sobre el diseño de la apariencia estética. Así primeramente se muestran las razones por las que es necesario considerar al producto en su forma integral y no solamente en el aspecto funcional; después se aborda un panorama general sobre la estética del producto y las razones que llevan a la generación de productos estéticos, con los que el usuario puede identificarse incluso a un nivel emocional; posteriormente se profundiza mayormente en el ámbito de la estética, pero desde el enfoque del diseño industrial, se definen algunas características del producto, las cuales mediante configuraciones distintas pueden llegar a influir en el usuario de formas distintas. Finalmente son presentados los diseños estéticos para cada concepto, y un breve análisis de los mismos.



## DISEÑO INTEGRAL DEL PRODUCTO

Diseñar un producto no significa solamente centrarse en el diseño de la parte funcional, un hecho que respalda esta aseveración son los siguientes fragmentos extraídos de “La psicología de los objetos cotidianos por Donald Norman” [14].

*“Para entender cosas así habría que ser ingeniero del MIT” me dijo alguien una vez meneando la cabeza porque no sabía manejar su nuevo reloj digital. Bien yo tengo un título en ingeniería por el MIT (Kennet Olsen tiene dos y no sabe cómo manejar un microondas). Si me dejan unas horas puedo arreglármelas con el reloj. Pero ¿Por qué hacen falta unas horas? He hablado con mucha gente que es capaz de usar todos los elementos de sus lavadoras o de sus cámaras de fotos que no saben cómo manejar una máquina de coser o una grabadora de video, o que a menudo encienden el quemador equivocado de la cocina.*

*¿Por qué aceptamos las frustraciones de los objetos cotidianos, objetos que no sabemos utilizar, esos paquetes tan bien envueltos en plástico que parecen imposibles de abrir, esas puertas que dejan a la gente atrapada, esas lavadoras y secadoras que resultan demasiado complicadas de utilizar, esos sistemas de audio- estéreo- televisión que según los anuncios lo hacen todo, pero que en la práctica hacen que resulte imposible hacer nada?*

*El cerebro humano está exquisitamente adaptado para interpretar el mundo. Basta con que reciba la más mínima pista y se lanza, aportando explicaciones, racionalizaciones y entendimiento. Los objetos bien diseñados son fáciles de interpretar y comprender. Contienen pistas visibles acerca de su funcionamiento. Los objetos mal diseñados pueden resultar difíciles de utilizar y frustrantes. Por desgracia lo que predomina es el mal diseño. El resultado es un mundo lleno de frustraciones, de objetos que no se pueden comprender, con mecanismos que inducen al error.*

*Veamos la puerta. Con una puerta no se pueden hacer demasiadas cosas: Se puede abrir o cerrar. Supongamos que está uno en un edificio de oficinas, pasando por un pasillo. Se encuentra uno con una puerta. ¿En qué sentido se abre? ¿Hay que tirar o empujar, a la izquierda o a la derecha? A lo mejor la puerta es corredora. En tal caso ¿En qué sentido? He visto puertas que corren hacia arriba. Una puerta plantea únicamente dos cuestiones esenciales: ¿En qué sentido se desplazará? ¿De qué lado puede uno tocarla? Las respuestas las debe dar el diseño, sin necesidad de palabras ni de símbolos, y desde luego sin necesidad de hacer pruebas para ver cómo funciona.*

Lo expuesto anteriormente es revelador, muchas veces durante el proceso de diseño de un producto se olvida por completo la relación usuario- producto, centrándonos solamente en cómo funciona dicho producto y si satisface o no las necesidades del usuario, pero desde un punto de vista netamente funcional. De acuerdo a lo anterior el diseño de un producto es una actividad mucho más integral, en la cual se considera al usuario como un ser integral.

## LA ESTÉTICA DEL PRODUCTO

Actualmente cuando nos enfrentamos a la necesidad de adquirir un teléfono móvil, también nos enfrentamos a la difícil tarea de elegir entre distintas características: precios, tamaño, forma, materiales, texturas, compañía etc. fig. 1.4.1. Esa diversidad de características responde a que la mayoría de los usuarios actuales ya no se conforman con resolver solamente la necesidad de comunicación, sino la necesidad de pertenencia a un grupo social y más aún la necesidad de una relación de intimidad–afectividad entre usuario–producto. De este modo, la tarea del diseñador es



responder a una problemática, a través de un producto funcional y estético que cumpla con ciertos requerimientos determinados a través de un análisis riguroso del usuario, factores ergonómicos, aspectos de marketing, contexto de uso y producción entre otros. [15]



Figura 1.4.1 Diversidad en teléfonos móviles.

Dentro de los aspectos anteriores se ha mencionado la estética, lo cual sin duda alguna es percibido a través de la apariencia del producto. Lo siguiente muestra la importancia de considerar este elemento en el diseño de los productos:

Investigadores Japoneses e Israelíes probaron que la apariencia estética nos hace creer que los objetos funcionan mejor. Estos investigadores evaluaron diferentes diseños de cajero automático con usuarios reales, todos los cajeros tenían las mismas funciones, pero algunos de ellos tenían diseños más cuidados en la estructura, la ordenación de los botones y el aspecto de la pantalla. La mayoría de los usuarios consideraron que los cajeros más atractivos funcionaban mejor que los menos atractivos [16].

Ha quedado clara la importancia de la connotación estética del producto, sin embargo resulta necesario profundizar más en la estética del producto, ya que “Desde los Presocráticos hasta Kant, el hombre se ha planteado cual es el concepto de belleza (o estética como suele hoy denominarse) y su relación con las proporciones. En el campo de diseño del producto surge la problemática de ofrecer objetos que sean considerados bellos, pues está comprobado que un producto estéticamente aceptado como bueno dispondrá de una mejor venta. Ante ello los diseñadores, especialistas en marketing e ingenieros se ven en la encrucijada de ofrecer productos que cuenten con una estética aceptable” [17]. Por este motivo surge la necesidad de profundizar en la estética del producto, particularmente en el área de diseño.



## ESTÉTICA EN EL DISEÑO INDUSTRIAL

Debido a la necesidad planteada anteriormente, es necesario recurrir a fuentes formales sobre la estética en el diseño industrial, con la finalidad de comprender como se manifiesta la estética en este ámbito y de que factores depende la generación de un producto estético. Así la siguiente información, se encuentra principalmente basada en *Estética del diseño industrial* [18].

Al principio se definió el diseño industrial como un proceso de adaptación de los productos de uso susceptibles de fabricación industrial a las necesidades físicas y psíquicas del usuario. Considerando que al diseñador industrial le compete primariamente en este proceso la fijación de las funciones estéticas y simbólicas de los productos, mediante las que se cubren las necesidades psíquicas del usuario, la estética del diseño industrial adquiere una especial importancia.

El concepto estética proviene de la palabra griega “aisthesis” y significa tanto como percepción sensorial. Sin embargo, con ello solamente se considera un aspecto de la estética. Más amplia es la definición: *estética es la ciencia de las apariencias perceptibles por los sentidos*.

Dentro del diseño industrial se manejan los siguientes conceptos que versan sobre la estética:

- Estética del objeto: Se describen señales y características del objeto.
- Estética del valor: Se expresa en la importancia para el usuario de los objetos estéticos en relación con los conceptos subjetivos de valores y con los sistemas de normas socioculturales.
- Estética empírica: Se centra en la investigación de las ideas sobre valores estéticos en grupos escogidos de personas, la cual aporta conocimientos aplicables por el diseñador industrial en el proceso de diseño sobre las preferencias estéticas de usuario.
- Estética de la información y de la percepción estética: Es la expresión verbal sobre los objetos estéticos y su importancia sobre los observadores, se hacen afirmaciones sobre el proceso de consumo visual de los objetos estéticos.
- Estética generativa: Se manifiesta como el empleo de la teoría estética, en el proceso de diseño.

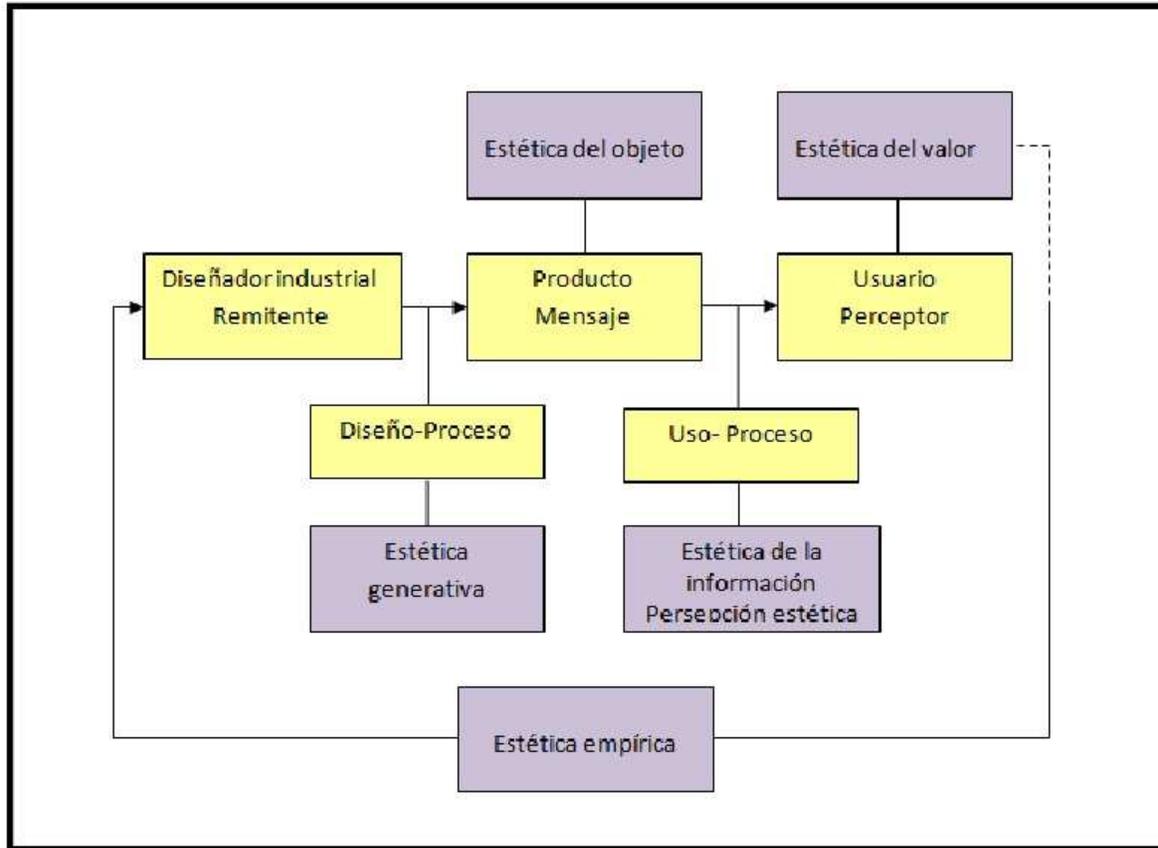


Figura 1.4.2 Proceso de comunicación estética. [18]

Las interrelaciones representadas en la figura 1.4.2 muestran un proceso que puede denominarse comunicación estética. El diseñador industrial es por ello el remitente del mensaje en forma de producto industrial. Esa parte de la cadena de comunicación se designa como producción estética o como proceso de diseño.

El usuario del producto industrial es el receptor del mensaje contenido en el producto industrial. Esta parte de la cadena de comunicación puede designarse como consumo estético o proceso de uso. A través de las investigaciones empíricas, el diseñador industrial obtiene información sobre las preferencias estéticas de los usuarios, que influyen como factores determinantes del producto. Con ello la cadena de comunicación se cierra en un circuito regulador de la comunicación estética.

### ESTÉTICA DEL OBJETO

La estética del objeto es la faceta en la que se busca el aspecto del objeto realmente estético, en relación a la posible percepción del observador. Así, cuando todos los aspectos estéticos del producto se conocen y pueden enumerarse, es posible que surja un producto que atienda a los valores fijados en el proceso de diseño y que corresponda a las necesidades estéticas del usuario. Algunos aspectos de la estética del objeto son mencionados a continuación [18]:



## ELEMENTOS CONFIGURACIONALES

Las características estéticas del aspecto de un producto industrial están determinadas por los elementos configuracionales. Estos elementos pueden distinguirse en *macroelementos* y *microelementos*.

- **Macroelementos:** Son aquellos que normalmente se perciben conscientemente en el proceso de percepción, como forma, material, superficie, color, etc., a través de las cuales se determina esencialmente la configuración.
- **Microelementos:** Son aquellos que en el proceso de percepción no forman parte de la apariencia inmediata pero que también participan en producir la impresión general de la configuración. En un producto industrial hay por ejemplo pequeños tornillos, juntas de separación, cabezas de remaches, etc.
- 

Los elementos configuracionales pueden describirse como portadores de información estética de un producto. De su elección y combinación por el diseñador, depende la postura que el futuro usuario adoptará frente al producto.

El diseñador industrial debe poner en claro a través de la experimentación los efectos que se pueden obtener con el arreglo de los elementos configuracionales, pues sólo en base a tales experiencias es posible alcanzar los efectos deseados. De esto se desprende que un estudiante de diseño industrial no se convierte en un diseñador capacitado únicamente por la asimilación de conocimientos, sino que debe tener la oportunidad de realizar ensayos de configuración para estudiar los efectos alcanzables de acuerdo a los elementos configuracionales que se manejen.

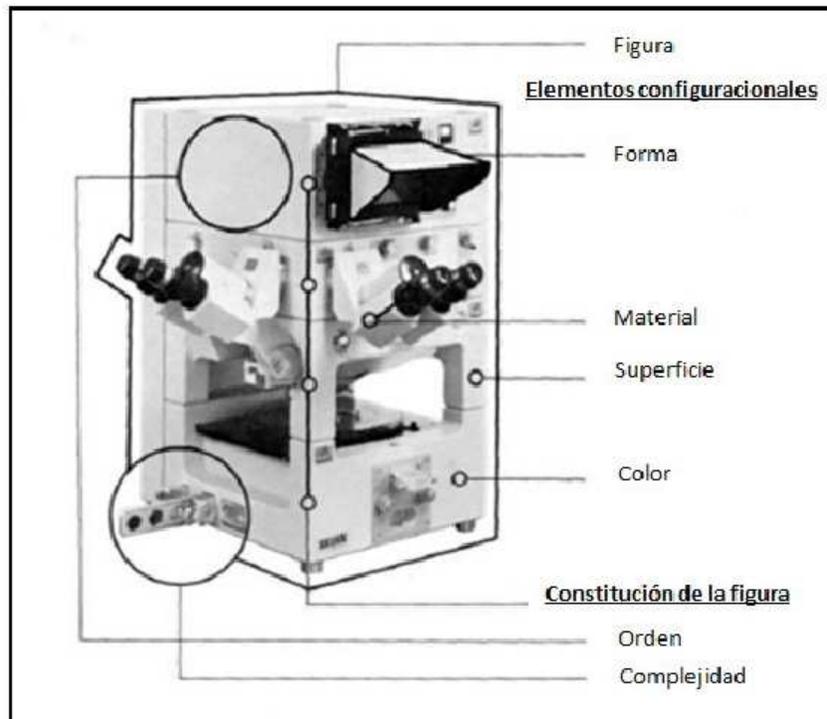


Figura 1.4.3 Elementos configuracionales, constitución de la figura en microscopio. [18]

Se conocen muchos elementos configuracionales distintos, pero los más esenciales son presentados en la fig. 1.4.3. A continuación se procede a la descripción de los elementos configuracionales básicos [18].

## FORMA

El elemento más esencial de la figura es la forma, de la que pueden distinguirse dos tipos, forma espacial y forma plana; Forma espacial es la forma tridimensional de un producto, esta forma varía al girar el producto y produce efectos distintos al ser observada desde ángulos distintos; Forma plana es la forma obtenida por la proyección de un producto sobre un plano y está determinada por el contorno, esta forma permanece constante incluso variando la posición del punto de observación, de este modo la forma plana como ilustración bidimensional, es un medio para grabar la impresión deseada sobre la forma espacial del producto. La forma más dominante la constituye el contorno o borde exterior general de una entidad visual, algunas de las formas básicas se muestran en la fig. 1.4.4

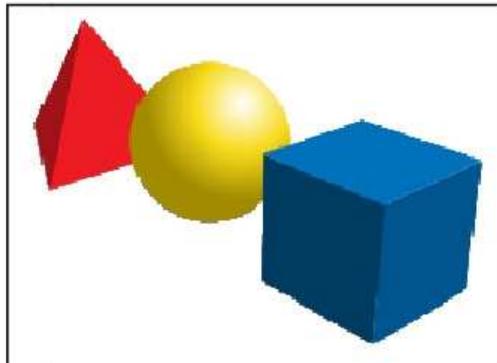


Figura 1.4.4 Formas básicas. [F24]

#### MATERIAL

En el aspecto de un producto industrial no influye solamente el propósito estético del diseñador en relación a los posibles usuarios, sino también, y en grado elevado, el empleo de materiales y procesos de fabricación económicos. Uno de los criterios principales de la producción industrial es el empleo económico de los materiales más adecuados. Así la elección del material más idóneo para el producto, además de constituir un problema estético, depende principalmente de puntos de vista económicos. Por ejemplo si un material determinado conviene para incrementar los beneficios económicos o ganancias del producto, entonces, el diseñador industrial tendrá la tarea de desarrollar ideas de productos en cuya realización se utilice dicho material.

#### SUPERFICIE

La naturaleza de la superficie de los productos industriales tiene una gran influencia sobre su eficacia visual, y la mayoría de las veces depende de la elección de los materiales. La superficie de materiales diversos, y sus combinaciones, producen en el usuario del producto importantes asociaciones de ideas, como limpieza, calor, frío, frescor, etc. Mediante los más diversos materiales, las características de su superficie (brillante, mate, pulida, rugosa) y su forma (cóncava, plana, convexa), se aspira a alcanzar los efectos correspondientes. La superficie pulida, reluciente, inmaculada, de muchos productos industriales les confiere características de limpieza, perfección y orden. Sin lugar a dudas este criterio está muy altamente valorado en nuestra sociedad. La superficie perfecta, sin fallos, de los productos industriales sugiere una perfección en lo tocante a sus características de uso que no siempre es real. Tal perfeccionamiento de las superficies de los productos (el automóvil es un buen ejemplo de ello) provoca a veces en el usuario una marcada conducta de cuidados que muy acertadamente puede denominarse fetichismo de las superficies. Este ejemplo muestra como los productos, a través de la configuración correspondiente, son capaces de influir profundamente en el comportamiento humano.



## COLOR

Un elemento esencial de la figura es el color. El color es especialmente apto para agradar a la psique del usuario del producto. Uno de los principios del colorido del producto es el empleo de colores vivos e intensos. Las empresas industriales pueden utilizarlo en ocasiones para provocar la compra, dirigiendo la atención de los posibles compradores desde los colores neutros de los competidores hacia los propios. Los productos configurados con colores intensos ofrecen al usuario la ventaja de destacarse en la mayoría de los casos de entorno en que se usan. Esto puede ser útil para poner un cierto acento en un entorno monótono (por ejemplo, colores vivos en utensilios de jardinería para que destaquen del verde predominante); en otros casos puede ocurrir que el empleo de colores intensos actúe como estimulante de la atención o como símbolo de un posible peligro. El otro principio de colorido en los productos industriales es el empleo de colores neutros, pasivos; los productos industriales neutros se caracterizan por pasar inadvertidos en el entorno. Hoy en día los productos de uso más frecuentes se ofrecen por lo común, simultáneamente en coloridos neutros y en diversos colores intensos fig. 1.4.5. El diseñador industria, más allá del empleo de coloridos pálidos o intensos, puede emplear el color para una configuración diferenciada del producto; el color es apropiado especialmente para la creación de contrastes.



Figura 1.4.5 Diversidad de colorido en un producto. [F25]

Ciertos colores causan en el observador una sensación de peso, en cambio los tonos de color blanco producen una sensación de ligereza. Un ejemplo de la aplicación del color en productos comerciales, el mostrado en la fig. 1.4.6. El color azul representa la forma más pura del blanco, por lo que sugiere limpieza y se suele utilizar como color dominante en los envases de detergentes ; el azul representa también el agua, con lo cual se enfatiza la idea de limpieza, por lo que se suele utilizar en los productos cosméticos de limpieza facial; Socialmente tiene una connotación claramente masculina, por lo que se suele utilizar en vestuario y productos cosméticos para varones; El azul se considera un color “seguro”, por lo que muchas entidades financieras y bancos lo emplean [19].



Figura 1.4.6 Ejemplo de manejo del color en productos comerciales. [F26, F27, F28]

Con el empleo de estos conocimientos puede influirse en el aspecto del producto, desde luego, es necesario saber qué efectos debe alcanzarse con el colorido.

En general, es necesario reafirmar, que vivimos en una época en la que la mayoría de los productos de uso son tan maduros técnicamente, que el éxito en el mercado depende en gran medida de que los productos gusten al usuario. Puesto que la aceptación o rechazo de un producto son fruto principalmente del tipo de configuración, los conocimientos del valor estético y de la estética empírica que tiene cada vez más importancia en el diseño industrial.

## I.V LA ASIGNATURA DISEÑO DEL PRODUCTO

### PANORAMA GENERAL DE LA ASIGNATURA

La asignatura Diseño del producto de la Facultad de Ingeniería UNAM, constituye en cierta forma para los ingenieros, un primer acercamiento formal a la metodología de diseño de productos, aunque ya se hayan tenido experiencias anteriores en cuanto a diseño mecánico o conceptual. Esta asignatura permite a los alumnos de ingeniería integrar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, con los nuevos conocimientos sobre el diseño de productos; trabajar en equipos multidisciplinarios, donde se integran alumnos de diferentes ingenierías y alumnos de diseño industrial. Resulta de utilidad mencionar las competencias en las que se basa este curso:

1. Capacidad de desarrollar tolerancia a otras personalidades y capacidad de negociación.
2. Capacidad de entender el contexto o las circunstancias un problema de diseño y enmarcarlas de una manera relevante.
3. Capacidad de trabajar en un nivel de abstracción apropiado a la situación presente.
4. Capacidad de modelar y visualizar soluciones incluso con la información imperfecta.
5. Un acercamiento a la solución de problemas que implica la creación y la evaluación simultánea de alternativas múltiples.
6. Capacidad de agregar o de mantener valor en cuanto las piezas se integran en un todo.



7. Capacidad de establecer relaciones útiles entre elementos de una solución, la solución y su contexto.
8. Capacidad de materializar las ideas y saber comunicar su valor.

Las competencias mencionadas forman parte de las situaciones reales que se presentan dentro de un equipo multidisciplinario de diseño y representan muchas de las habilidades requeridas para realizar este trabajo. Esto desde luego que es aplicable cuando se habla del diseño de un producto mecatrónico, ya que como se sabe la mecatrónica integra tres tipos diferentes de tecnología pero no está especializada en un área particular; ahora si se imagina a un ingeniero mecatrónico trabajando en un diseño conjuntamente con ingenieros en otras disciplinas, diseñadores e inclusive con especialistas en algún tipo de ciencia, la situación se complica y requiere no sólo de una metodología específica y clara de diseño mecatrónico, sino también de aptitudes y habilidades de trabajo en equipo, creatividad y capacidad de análisis. Tales elementos son adquiridos solamente mediante la práctica y ejercicio de la actividad de diseño propiamente, uno de los objetivos de la asignatura mencionada.



## II. *Proceso de diseño de un robot móvil: Identificación de la necesidad.*

El objetivo en los siguientes tres apartados es presentar los elementos básicos del proceso de diseño de un robot móvil, dicho proceso se encuentra fundamentado en la “Metodología para el diseño mecatrónico” de Peñuelas [6], pero también son tomados algunos elementos auxiliares de las metodologías tradicionales. El producto a analizar, como se ha mencionado anteriormente, es un robot móvil, el cual formó parte del proyecto de la asignatura “Diseño del producto” durante el semestre 2012-2; en el grupo se conformaron ocho equipos de trabajo, mismos que generaron información valiosa que es empleada en el presente trabajo.

Así este proceso se encuentra dividido en cuatro secciones, primeramente se plantea la identificación de la necesidad, en el cual es dilucidada la identidad que deberá tener el producto a diseñar; en segundo término es desarrollada la etapa de diseño conceptual, en donde se presentan las ocho alternativas de diseño diferentes que fueron generadas por los equipos de la asignatura mencionada; posteriormente en base a las pruebas realizadas a los prototipos fabricados por los mismos equipos de trabajo, se realiza la selección de concepto de producto; finalmente se presentan algunas propuestas de mejora al diseño seleccionado.

### II.1 IDENTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD

La identificación de la necesidad marca el inicio tanto de las metodologías tradicionales como de la metodología para el diseño mecatrónico. Para efectos de identificar la necesidad, es necesario partir en primer lugar del problema que se ha planteado en la asignatura Diseño del producto, el cual se presenta a continuación.

Planteamiento del problema: Diseñar un vehículo auxiliar para recoger objetos pequeños del piso del cuarto de los niños. Los objetos que deben ser ubicados y reunidos en una zona son matatenas. El área de trabajo será un pedazo de alfombra de uso rudo de 2m x 2m, el área dónde deberán quedar reunidos los objetos es de 10x10 cm. El tiempo límite para realizar el trabajo de recolección será de 5 minutos. El vehículo será autónomo.

El planteamiento del problema arroja muchos datos interesantes que deben ser tomados necesariamente para el diseño del producto solicitado; sin embargo, es necesario profundizar en un mayor grado sobre las descripción exacta que deberá tener el producto, de esta forma es necesario ampliar la información, mediante el análisis y elaboración de la lista de necesidades fundamentales que deberá cubrir este producto. Para realizar lo anterior existen diversos métodos, los cuales pueden ser consultados en el Apéndice I, en general los equipos de diseño



generaron varias ideas al respecto, sobre las que se encuentra basada la que se muestra a continuación.

Lista de necesidades básicas, que el usuario puede esperar del vehículo recolector de matatenas:

- Que el vehículo sea fácil de operar.
- Que el vehículo sea fácil de transportar.
- Que el vehículo sea de fácil mantenimiento.
- Que el vehículo pueda operar varias veces.
- Que el vehículo sea seguro.
- Que el vehículo recolecte todas las matatenas.
- Que el vehículo sea resistente.
- Que el vehículo sea barato.

Estas necesidades son muy generales, y con la finalidad de comprenderlas plenamente es posible traducirlas en requerimientos y posteriormente en especificaciones, pero antes de ello resulta necesario distinguir entre las necesidades y las restricciones que impone el problema, toda vez que las restricciones iniciales son inamovibles, estas restricciones son las siguientes:

- Los objetos a recolectar son matatenas. Por tanto el dispositivo debe estar diseñado considerando esta restricción, lo cual implica tomar en cuenta las dimensiones y características en general de las matatenas.
- Para realizar la tarea de recolectar matatenas es posible diseñar múltiples dispositivos, sin embargo en el problema se especifica claramente que el dispositivo debe ser un vehículo y no es posible cambiar esa restricción.
- El área de trabajo es una alfombra de uso rudo de 2m x 2m. Esta condición tampoco puede ser modificada, pueden existir diferentes tipos de alfombras y de múltiples dimensiones, pero aquí se especifica claramente del tipo de alfombra del que se trata, así todas las soluciones de diseño que puedan ser planteadas deberán cumplir con esta restricción.
- El área dónde deberán quedar los objetos reunidos es de 10cm x 10cm. Así se entiende que no importa dónde o cómo se recolecten las matatenas, siempre y cuando sean reunidas dentro del área especificada.
- El tiempo límite de recolección es de 5 minutos. Así se entiende que un tiempo arriba del establecido no cumplirá con esta restricción inicial.
- El vehículo debe ser autónomo. La palabra *autónomo* en este caso tiene la función de adjetivo y de acuerdo a la Real Academia de la lengua Española, autónomo como adjetivo significa que tiene autonomía, mientras que autonomía tiene la siguiente definición “condición de quien, para ciertas cosas, no depende de nadie”. Dadas estas definiciones se entiende que el vehículo debe realizar la tarea de recolección sin depender de algún elemento externo para realizarla además de la instrucción de inicio, y esto constituye desde luego una restricción más de diseño.



De las restricciones mencionadas anteriormente es posible identificar algunas consecuencias, en primer lugar el hecho de que sea autónomo implica en primer lugar que el vehículo no dependerá de algún cable conectado a la toma eléctrica para realizar sus funciones, por tanto se deberá pensar en que su operación se llevará a cabo empleando alguna fuente de alimentación móvil; en segundo lugar se infiere que la intervención que el usuario tendrá en la operación del vehículo será mínima.

Independientemente de las restricciones identificadas, se tiene un campo bastante amplio para plantear soluciones de diseño, basadas en las necesidades del cliente y que cumplan con las restricciones planteadas.

## II.II REQUERIMIENTOS DEL PRODUCTO

El siguiente paso es la traducción de las necesidades del cliente en requerimientos, en la metodología de diseño de productos mecatrónicos se establece que "...los requerimientos deben reflejar no solo las propiedades mecánicas sino también las electrónicas, informáticas y de control..." [6]. En base a esto se plantea la siguiente traducción de las necesidades generales en requerimientos específicos.

NECESIDAD	REQUERIMIENTOS	DESCRIPCIÓN
Que el vehículo sea fácil de operar.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Que tenga botón de accionamiento</li><li>• El botón de accionamiento es visible.</li></ul>	Cuando el usuario oprima el botón de accionamiento el vehículo iniciará la tarea de recolección automáticamente.
Que el vehículo sea fácil de transportar.	<ul style="list-style-type: none"><li>• El vehículo se puede sujetar con una mano</li><li>• El vehículo es ligero</li><li>• El vehículo tiene dimensiones pequeñas</li><li>• Mantenimiento con herramientas comunes.</li></ul>	El usuario puede llevar al vehículo de un lugar a otro de una forma cómoda y sin que ello implique gran esfuerzo. Sin necesidad de cargar con herramientas especiales.
Que el vehículo sea de fácil mantenimiento.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Procedimientos de mantenimiento sencillos</li><li>• Operar varias veces sin que se agote la fuente de energía.</li></ul>	El mantenimiento en general del vehículo se puede realizar con elementos que el usuario puede obtener fácilmente. No es necesario reemplazar la fuente de energía constantemente.
Que el vehículo sea seguro	<ul style="list-style-type: none"><li>• Elementos sin filo.</li><li>• Elementos de máquina sin contacto con el usuario</li><li>• Cableado y circuitos sin contacto con el usuario.</li></ul>	Los elementos y materiales que constituyen al vehículo no lesionan al usuario
Que el vehículo pueda operar varias veces.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Operar varias veces sin que se agote la fuente de energía.</li><li>• El vehículo es ligero, se requiere poca energía para que funcione.</li></ul>	Es deseable que el vehículo pueda operar el mayor tiempo o el mayor número de veces posible antes de que se agote la fuente de energía.
Que el vehículo recolecte las matatenas	<ul style="list-style-type: none"><li>• El vehículo recolecta las matatenas eficientemente.</li><li>• Tiempo de operación constante.</li></ul>	Es la tarea para la que se diseñará el vehículo, por tanto el usuario espera que sea realizada eficientemente. La tarea de recolección no se interrumpe por falta de



		energía.
<b>Que el vehículo sea resistente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El vehículo es capaz de resistir pequeños impactos.</li> <li>• Puede resistir caídas desde alturas pequeñas.</li> </ul>	El usuario espera que el vehículo no sea frágil.
<b>Que el vehículo sea barato</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que el vehículo tiene un precio adecuado en relación a la función que realiza.</li> <li>• Mantenimiento con herramientas comunes.</li> </ul>	El usuario esperará pagar un precio adecuado por la función que realizará el objeto. El mantenimiento con herramientas comunes evita gastos adicionales en herramientas especiales.

Es necesario destacar que los requerimientos definidos constituyen la base general para la generación de los diseños, estos conforman los objetivos que tendrá que considerar cada equipo de diseño en mayor o menor medida, el grado de consideración de tales características se puede establecer asignando un valor numérico a cada aspecto. También es necesario mencionar que los requerimientos solamente nos proporcionan una descripción general del producto, y es necesario detallarlos con mayor profundidad traduciéndolos a especificaciones técnicas.

Una herramienta útil para la asignación del valor numérico de los requerimientos es la elaboración de encuestas, como se menciona en el apéndice I; en el apéndice IV se muestra el modelo de encuesta elaborado, así como el análisis estadístico de la misma.

## ESPECIFICACIONES

Las especificaciones son la traducción de los requerimientos en algo mucho más concreto, también son llamadas parámetros técnicos. La mayoría de los parámetros es posible expresarlos por medio de una magnitud física, sin embargo también se incluyen elementos no medibles o que no se expresan mediante alguna magnitud física, pero pueden dar información importante para el proceso de diseño. Cabe destacar que la lista de métricas no solamente incluye aspectos mecánicos o físicos, también se consideran aspectos electrónicos y de control, de acuerdo con lo establecido en la metodología de diseño de productos mecatrónicos en [6]. Los parámetros técnicos básicos para el vehículo recolector de matatenas se observan en la tabla 5.4.1.

LISTA DE PARÁMETROS TÉCNICOS INICIALES	
Parámetro	Unidades
Peso del vehículo	Kg
Dimensiones totales del vehículo	cm x cm x cm
Área de sujeción requerida	cm x cm
Altura desde la que resiste caer el objeto	m
Porcentaje de matatenas a recolectar.	%
Tiempo de operación constante sin que se agote la fuente de energía.	s
Dimensiones del botón de accionamiento	mm x mm x mm
Costo máximo	\$
Fácil mantenimiento	
Elementos externos sin filo	
El cableado y circuitos no están en contacto con el usuario	

Tabla 5.4.1 Lista de parámetros técnicos para el vehículo recolector de matatenas.



Como ya se ha mencionado, los parámetros de la tabla 5.4.1 son elementos medibles y se encuentran relacionados con las necesidades que se han identificado para el vehículo recolector de matatenas; resulta útil expresar esta relación por medio de una matriz como mostrada en la figura 5.4.1, en dónde se muestran las intersecciones entre las filas de necesidades y las columnas de parámetros. De esta forma el objetivo será cumplir en el mayor grado posible con esta lista de parámetros y de esta forma satisfacer las necesidades planteadas para este producto.

		Parámetro										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Necesidad		Peso del vehículo	Dimensiones totales del vehículo	Área de sujeción requerida	Altura desde la que resiste caer el objeto	Porcentaje de matatenas a recolectar	Tiempo de operación constante	Dimensiones del botón de accionamiento	Costo máximo	Procedimientos de mantenimiento sencillos	Elementos externos sin filo	Cableado y circuitos sin contacto con el usuario
1	El vehículo es fácil de operar							*				
2	El vehículo es fácil de transportar	*	*	*								
3	El vehículo es de fácil mantenimiento						*			*		
4	El vehículo es seguro										*	*
5	El vehículo puede operar varias veces	*					*					
6	El vehículo recolecta las matatenas					*	*					
7	El vehículo es resistente				*							
8	El vehículo es barato							*				

Figura 5.4.1 Matriz de necesidades – parámetros del vehículo recolector de matatenas.

Se mencionado que se deben cumplir los parámetros establecidos, pero es necesario determinar un rango aproximado de valores que se considerarán aceptables para los diseños posibles del vehículo recolector de matatenas, esto también permite tener un marco para la evaluación y comparación de los distintos diseños entre sí. En la tabla 5.4.2 se muestran los rangos para los parámetros técnicos de vehículo recolector de matatenas, dichos valores han sido determinados a partir de la encuesta ubicada en el apéndice IV mediante métodos estadísticos que se detallan en el mismo apéndice.



RANGOS DE LOS PARÁMETROS TÉCNICOS INICIALES			
Parámetro		Unidades	Rango
Peso del vehículo		Kg	1.4– 2.1
Dimensiones del vehículo	Largo	cm	26.3-36.5
	Ancho	cm	23.4-35.2
	Altura	cm	19.8-35.2
Tiempo de operación constante sin que se agote la fuente de energía.		min	15-75
Porcentaje de matatenas a recolectar.		%	76-88
Botón de accionamiento			
Sujeción con una sola mano			
Fácil mantenimiento			
El vehículo tiene elementos externos sin			
El cableado y circuitos no están en contacto con el usuario			

Tabla 5.4.2 Rangos de valores para los parámetros técnicos

Como es posible observar, no todos los aspectos considerados en los parámetros técnicos cuentan con unidades. Con la finalidad de determinar la importancia de estos aspectos en el diseño, dentro de la misma encuesta del apéndice IV se solicita que se asigne un valor de acuerdo al grado de importancia de la necesidad, dónde cinco es el grado de importancia mayor y uno es el grado de importancia menor, el valor numérico asignado a través de la encuesta para dichas necesidades se presenta en la tabla 5.4.3.

NECESIDAD	VALOR
Botón de accionamiento	5
Sujeción con una sola mano	3-4
Vehículo ligero	4
Fácil mantenimiento	5
Elementos externos sin filo	5
Circuitos y cableado sin contacto con el usuario	5
Tiempo de operación constante largo	3

Tabla 5.4.3 Valor numérico de importancia de las necesidades del usuario.

Algunos de los aspectos anteriores fueron precisados en los parámetros técnicos en un rango de valores, sin embargo la tabla anterior proporciona información importante sobre las prioridades a seguir en el proceso de diseño.

En conclusión el proceso de diseño partirá tomando en cuenta las restricciones del problema, la jerarquización de los requerimientos y los rangos para las especificaciones determinadas. Lo primero serán características inamovibles con las que deberá cumplir el vehículo a diseñar, lo segundo indicará los aspectos principales en los que deberá centrarse el diseño y lo tercero provee aspectos técnicos claros que se deberán considerar para la generación de soluciones al problema planteado. En este punto ya se cuenta con la comprensión y desglose de lo que debe ser el producto a diseñar, con el panorama completo de las características y objetivos que debe cumplir el vehículo recolector de matatenas.



### III. *Proceso de diseño de un robot móvil: Diseño conceptual.*

Este capítulo abarca la parte más importante de cualquier metodología de diseño, en el cual el lector encontrará seccionadas diversas tareas a realizar en esta fase del proceso de diseño de un producto mecatrónico, en este caso, como ya ha sido mencionado, el vehículo recolector de matatenas. En primer lugar se presentan las conclusiones del estudio de mercado realizado para este robot móvil, en segundo término es presentada la función principal para este producto, posteriormente se encuentra ubicada la descomposición en subfunciones, seguida por la descomposición en subsistemas.

En las teorías tradicionales de diseño del producto se menciona que el diseño conceptual es una descripción aproximada de la tecnología, principios de trabajo y forma del producto. Es una descripción concisa de la forma en que el producto va a satisfacer las necesidades del cliente. Este proceso empieza con el conjunto de necesidades del cliente y las especificaciones objetivo [5].

#### III.I CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE MERCADO

Para el vehículo recolector de matatenas se cuenta con una lista de necesidades que ha sido evaluada anteriormente, así como las especificaciones objetivo generales y rangos de valores para las mismas; esta información permite generar diferentes propuestas de diseño. Para realizar esta tarea también resulta útil contar con un estudio del mercado, sobre productos que cumplan con funciones similares al vehículo recolector de matatenas, ya que permite visualizar cómo la competencia ha resuelto diferentes aspectos del producto. Así en el apéndice V se muestra un estudio de mercado, del cual se obtiene lo siguiente:

Todos los productos mostrados tienen las siguientes funciones en común:

- Desplazarse de manera autónoma: La mayoría de ellos emplea baterías y se desplaza libremente a través de toda el área de trabajo.
- Recolectar material de la superficie de trabajo: Ya sea nieve, polvo, hojas, microorganismos o partículas de cualquier tipo de material; todos los productos están diseñados para llevar a cabo la tarea de recolección.
- Almacenar el material recolectado: La mayoría de los productos cuentan con un recolector de material interno, en algunos casos al saturarse este se vacía por sí solo; en el caso del limpiador de nieve, el material es simplemente acumulado en algún sector del piso.

Las tres funciones enunciadas anteriormente son funciones con las que también debe cumplir el vehículo recolector de matatenas; debe desplazarse, recolectar el material (matatenas) y posiblemente almacenarlo o reunirlo en algún área de la superficie de trabajo. Así este análisis da



paso al planteamiento formal de acuerdo a la metodología de Peñuelas [6], de la función principal y subfunciones del vehículo recolector de matatenas.

### III.II FUNCIÓN PRINCIPAL: VEHÍCULO RECOLECTOR DE MATATENAS

La función principal de cualquier producto es la tarea principal para la que se encuentra diseñado, entonces del planteamiento del problema se deduce que la función principal para la que estará diseñado el producto es la “recolección de matatenas de la alfombra”. En la asignatura de diseño del producto se han generado dos vertientes distintas de producto: El vehículo que almacenará las matatenas en su interior y el vehículo que las reunirá en la alfombra (esto también coincide con estudio de mercado realizado), ambos tipos de soluciones son válidas y pueden satisfacer en la misma dimensión las necesidades iniciales; sin embargo ambos productos tendrán distintos subsistemas y subfunciones, aunque cumplirán con la misma función principal.

### III.III DESCOMPOSICIÓN EN SUBFUNCIONES

Una vez que se ha identificado la función principal que deberá desempeñar el vehículo recolector de matatenas, es necesario identificar la serie de tareas intermedias a cumplir, en la búsqueda del objetivo principal de diseño; por este motivo en este apartado se presenta la descomposición en subfunciones de la función principal ya mencionada, el análisis es presentado en dos partes, primeramente para el vehículo que almacena matatenas y posteriormente para el vehículo que reúne matatenas.

#### SUBFUNCIONES: CONCEPTO 1 VEHÍCULO QUE ALMACENA MATATENAS

De acuerdo a la “Metodología para el diseño mecatrónico” [6], las subfunciones del vehículo que almacena matatenas son el conjunto de actividades que deberán ser realizadas para lograr el objetivo principal, recolectar las matatenas de la alfombra. Así en la figura 3.1.1 se observan las subfunciones, entradas, salidas, perturbaciones y desperdicios de la función principal recolectar matatenas en la alfombra, en los siguientes puntos se explica detalladamente cada componente:

- **Subfunciones:** Las subfunciones que componen la función principal “recolectar matatenas de la alfombra” son desplazarse, captar matatenas y almacenar matatenas. Para cumplir con la función principal y considerando que se trata de un vehículo, el dispositivo deberá en primer lugar desplazarse, posteriormente iniciar la tarea de captar de alguna forma las matatenas dispersas en la alfombra, para finalmente almacenarlas en el área indicada como restricción.
- **Entradas:** Las entradas requeridas para llevar a cabo la función principal son la señal de accionamiento que puede ser un botón o interruptor que ponga en marcha al vehículo, la energía necesaria para que funcionen tanto los componentes electrónicos como elementos mecánicos y las matatenas, que es la materia con la que interactúa el sistema.
- **Perturbaciones:** Las perturbaciones son elementos del entorno que pueden afectar el desempeño de cada una de las subfunciones y por ende a la función principal. Algunos de



los elementos que se han contemplado son las vibraciones mecánicas, mismas que puede afectar el desplazamiento y por tanto control del vehículo; también es posible que las matatenas actúen como elementos de perturbación, impidiendo el desplazamiento de vehículo, impidiendo la labor de captación y de almacenamiento. Estas perturbaciones son elementos que se deben considerar en el diseño del vehículo y la mayoría de las veces existe más de un camino para reducir su efecto negativo sobre el desempeño del sistema.

- **Salida:** La salida que se espera de este sistema es que las matatenas sean recolectadas. Cada una de las subfunciones debe ser efectuada individualmente y relacionarse eficientemente con el resto de subfunciones a fin de obtener la salida deseada.
- **Desperdicios:** Estos son factores no deseados que salen del sistema [6]. En este caso son el calor generado por componentes electrónicos de potencia el ruido generado por los elementos mecánicos o mecanismos y las matatenas no recolectadas por el vehículo.

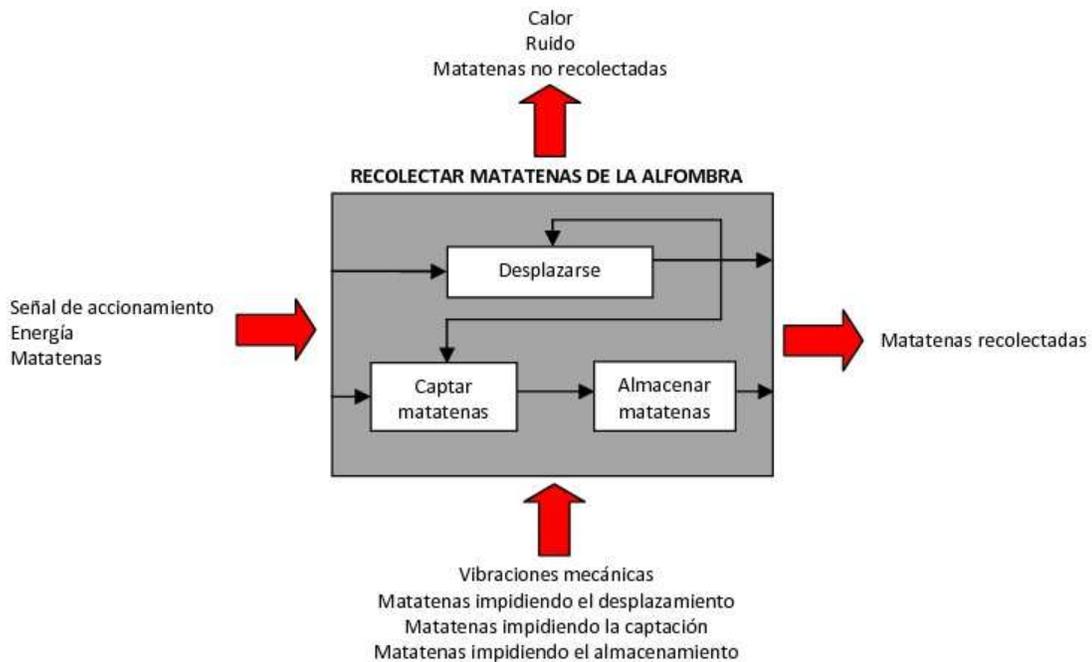


Figura 3.3.1 Función principal recolectar matatenas de la alfombra, vehículo que almacena matatenas.



### SUBFUNCIONES: CONCEPTO 2 VEHÍCULO QUE RECOLECTA MATATENAS

Se han descrito las subfunciones para el vehículo que almacena matatenas, es un tipo de solución que cumple con la función principal “recolectar matatenas”, ahora se procederá a describir al vehículo que reúne matatenas, otro tipo de solución para la función principal.

En la figura 3.3.2 se observan las subfunciones, entradas, salidas, perturbaciones y desperdicios de la función principal recolectar matatenas en la alfombra. La diferencia con el diagrama para el vehículo que almacena matatenas es la subfunción reunir matatenas, que sustituye a la función almacenar matatenas; a pesar de que este tipo de vehículo también considera la función captar matatenas, los elementos y su forma de operar será diferente al vehículo que almacena matatenas. El resto de los elementos que componen al diagrama de función principal son los mismos; entradas, perturbaciones, desperdicios y se tiene claro que ya sea que el vehículo opere para almacenar las matatenas o reunir las matatenas la consecuencia será la misma la recolección de las matatenas de la alfombra de uso rudo; también se observa que existen una retroalimentación en la subfunción desplazarse, lo cual ocurre si deseamos controlar el desplazamiento del vehículo teniendo un sistema de control de lazo cerrado, se compararía la posición en que se encuentra el vehículo con cierta referencia.

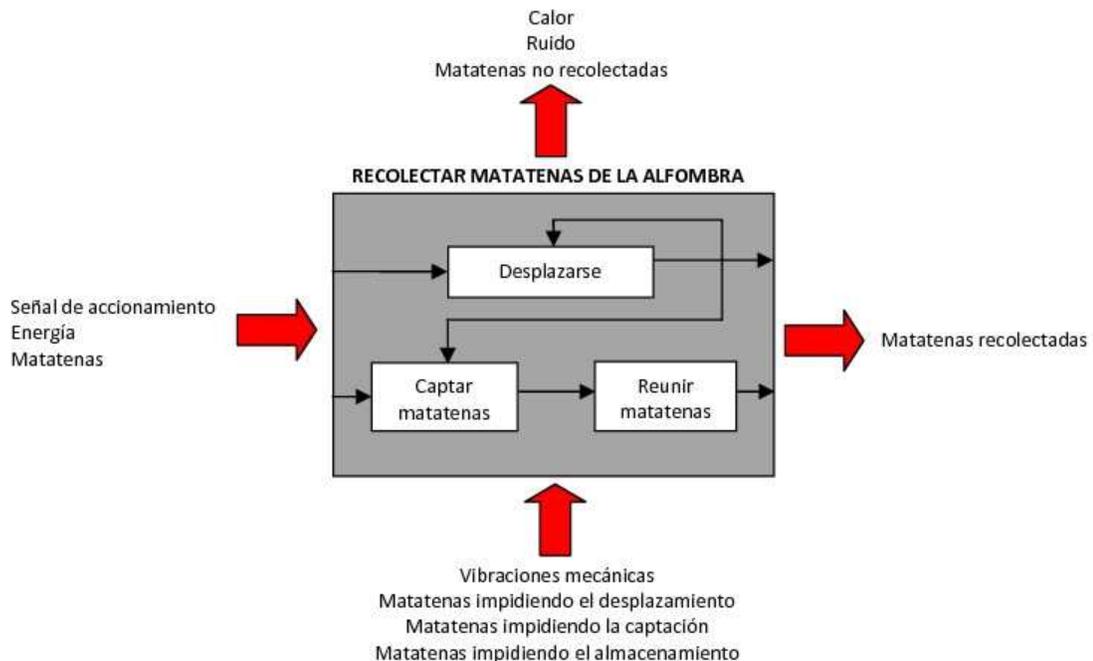


Figura 3.3.2 Función principal recolectar matatenas de la alfombra, vehículo que reúne matatenas.



### SUBFUNCIONES CON MÚLTIPLES RETROALIMENTACIONES

La relación entre las subfunciones para el vehículo recolector de matatenas puede ser tan compleja como se desee, a modo de ejemplo se puede pensar en un sistema como el de la figura 3.3.3 Este diagrama de funciones a diferencia de los anteriores tiene un mayor grado de complejidad por las múltiples retroalimentaciones entre subfunciones. Se observa la adición de la subfunción “ubicar matatenas”, así el vehículo tendría primeramente que ubicar las matatenas a recolectar; comunicarse con la subfunción desplazamiento, que a su vez tiene una retroalimentación para llegar a alguna posición deseada; posteriormente ejecutar la subfunción captar matatenas; pasar a la función almacenar, donde se podría comparar el número total de matatenas a recolectar con el número de matatenas que han sido almacenadas, si no se ha tenido una comparación exitosa se pasaría a la función ubicar matatenas nuevamente. Este esquema constituiría un sistema de lazo cerrado.

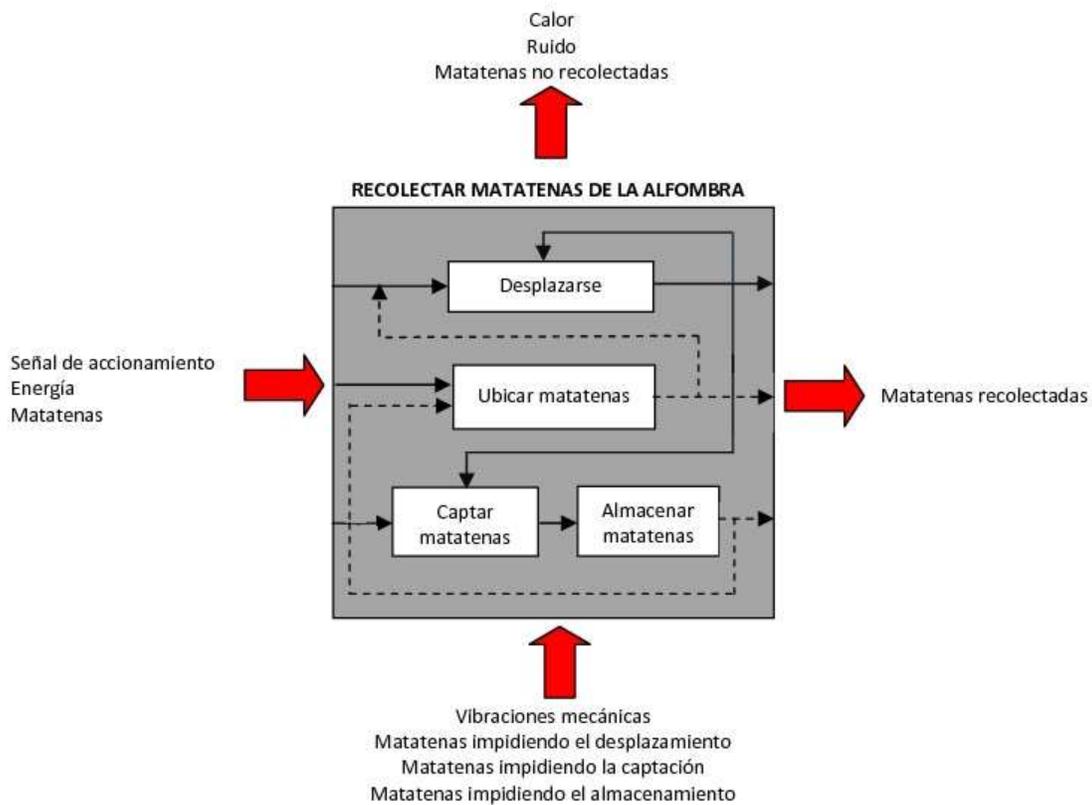


Figura 3.3.3 Vehículo recolector de matatenas con múltiples retroalimentaciones.

Nuevamente, es posible plantear un esquema tan complejo como se pueda pensar o un esquema sumamente sencillo, pero ello no garantiza que el esquema en su totalidad sea capaz de resolver



la función principal, lo que resulta importante es que cada una de las subfunciones cumpla con su objetivo particular y que además se establezca la adecuada comunicación y relación entre ellas, es decir, todo debe ser capaz de interactuar en conjunto. “...Hay que crear relaciones funcionales y de control de manera dinámica para cumplir con la función principal” [6].

### III.IV DESCOMPOSICIÓN EN SUBSISTEMAS

Ya ha realizado el desglose de la función principal del vehículo recolector de matatenas, el cual se ha presentado para dos conceptos diferentes; ahora se procede a realizar la descomposición en subsistemas para las subfunciones de ambos conceptos, de acuerdo a la metodología de Peñuelas [6].

#### SUBSISTEMAS: SUBFUNCIÓN DESPLAZARSE

En la figura 3.4.1 se muestra el esquema para la subfunción desplazamiento. A continuación se presenta la descripción de los elementos que componen al esquema de la subfunción desplazarse para el vehículo recolector de matatenas.

- **Subsistemas:** Los subsistemas que componen a la subfunción desplazarse son el subsistema de desplazamiento y el subsistema de posicionamiento. Los componentes particulares de cada subsistema se describirán más adelante.
- **Entradas:** Ya se ha hablado anteriormente de las entradas de la función principal, sin embargo tales entradas pueden ser divididas para cada una de las subfunciones, en este caso las entradas correspondientes a la subfunción analizada son la señal de accionamiento y la energía para poner en accionamiento a cada uno de los subsistemas.
- **Perturbaciones:** De la misma forma que las entradas, también las perturbaciones generales se dividen para cada subfunción; en este caso se tiene que las perturbaciones que actúan sobre la subfunción desplazamiento son las vibraciones mecánicas y las matatenas que pudieran impedir el desplazamiento.
- **Salida:** La salida correspondiente para esta subfunción es el desplazamiento del vehículo recolector de matatenas.
- **Desperdicios:** Los desperdicios relacionados con la subfunción desplazarse son el calor emitido principalmente por los componentes electrónicos y el ruido generado por los elementos mecánicos.

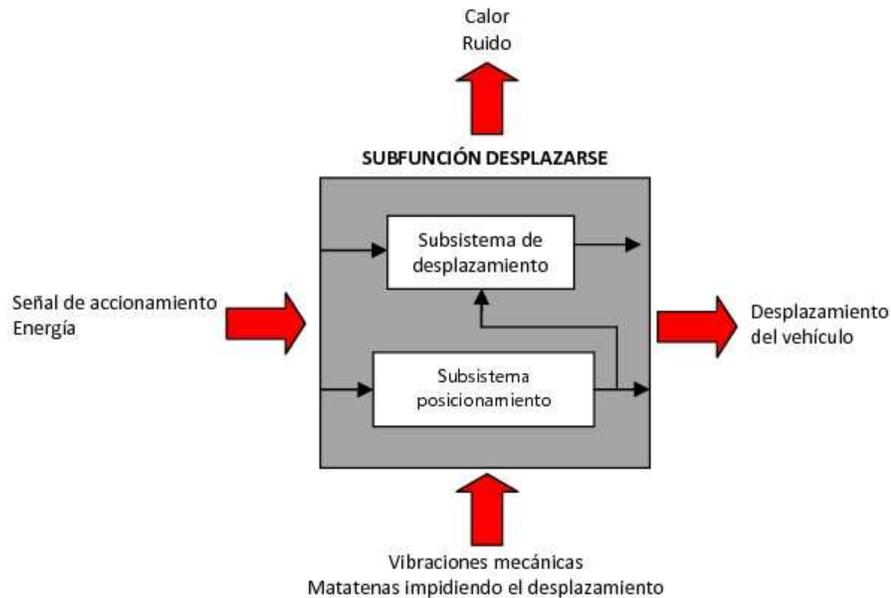


Figura 3.4.1 Atomización de la subfunción desplazarse en subsistemas

### SUBSISTEMAS: SUBFUNCIÓN CAPTAR MATATENAS

En la figura 3.4.2 se muestra el esquema para la subfunción captar matatenas. A continuación se presenta la descripción de los elementos que componen al esquema de la subfunción captar matatenas para el vehículo recolector de matatenas.

- **Subsistemas:** Los subsistemas que componen a la subfunción captar matatenas son el subsistema de captación y el subsistema de operación de captación. Los componentes particulares de cada subsistema se describirán más adelante.
- **Entradas:** En este caso las entradas correspondientes a la subfunción analizada son la señal de accionamiento, la energía para poner en accionamiento a cada uno de los subsistemas y las matatenas a recolectar.
- **Perturbaciones:** Se tiene que las perturbaciones que actúan sobre la subfunción captar matatenas son las vibraciones mecánicas y las matatenas que pudieran impedir la tarea de captación.
- **Salida:** La salida correspondiente para esta subfunción son las matatenas captadas.
- **Desperdicios:** Los desperdicios relacionados con la subfunción captar matatenas son el calor emitido principalmente por los componentes electrónicos y el ruido generado por los elementos mecánicos y las matatenas que no ha sido posible captar.

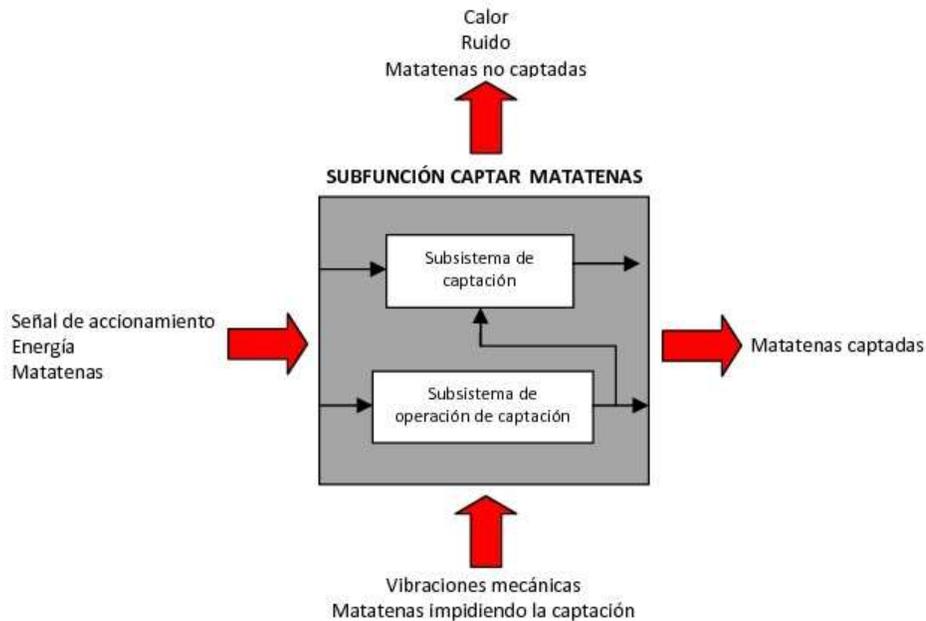


Figura 3.4.2 Atomización de la subfunción captar matatenas en subsistemas.

### SUBSISTEMAS: SUBFUNCIÓN ALMACENAR MATATENAS

En la figura 3.4.3 se muestra el esquema para la subfunción almacenar matatenas. A continuación se presenta la descripción de los elementos que componen al esquema de la subfunción captar matatenas para el vehículo recolector de matatenas.

- **Subsistemas:** Los subsistemas que componen a la subfunción captar matatenas son el subsistema de almacenamiento y el subsistema de extracción. Los componentes particulares de cada subsistema se describirán más adelante.
- **Entradas:** En este caso las entradas correspondientes a la subfunción analizada son las matatenas captadas y que tendrán que almacenarse.
- **Perturbaciones:** Se tiene que la perturbación que actúan sobre la subfunción almacenar matatenas es las matatenas que pudieran impedir la tarea de almacenamiento.
- **Salida:** La salida correspondiente para esta subfunción son las matatenas almacenadas disponibles para la extracción.
- **Desperdicios:** El desperdicio para esta subfunción puede ser el ruido generado por la tarea de almacenamiento de matatenas.

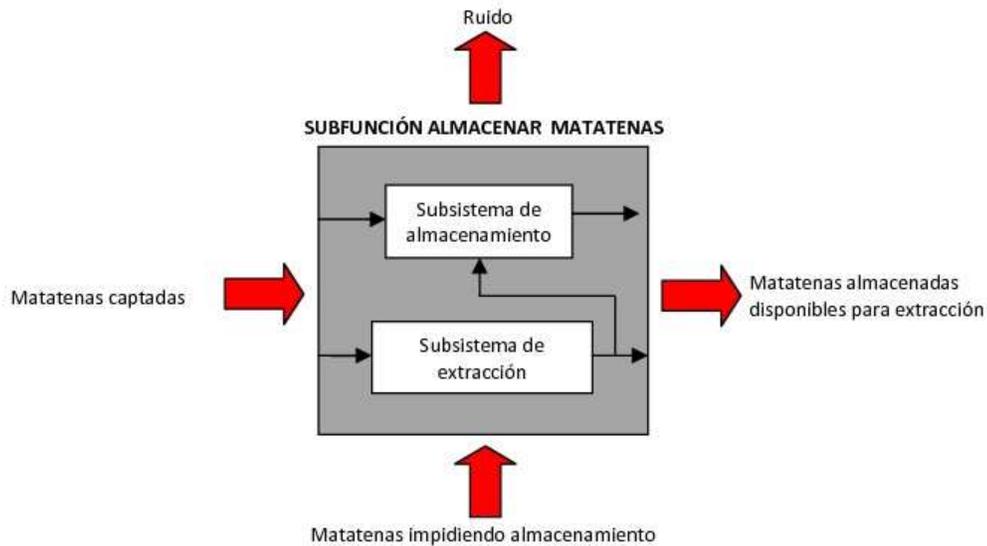


Figura 3.4.3 Atomización de la subfunción almacenar matatenas en subsistemas.

#### SUBSISTEMAS: SUBFUNCIÓN REUNIR MATATENAS

En la figura 3.4.4 se muestra el esquema para la subfunción reunir matatenas, el cual consta de un solo subsistema.

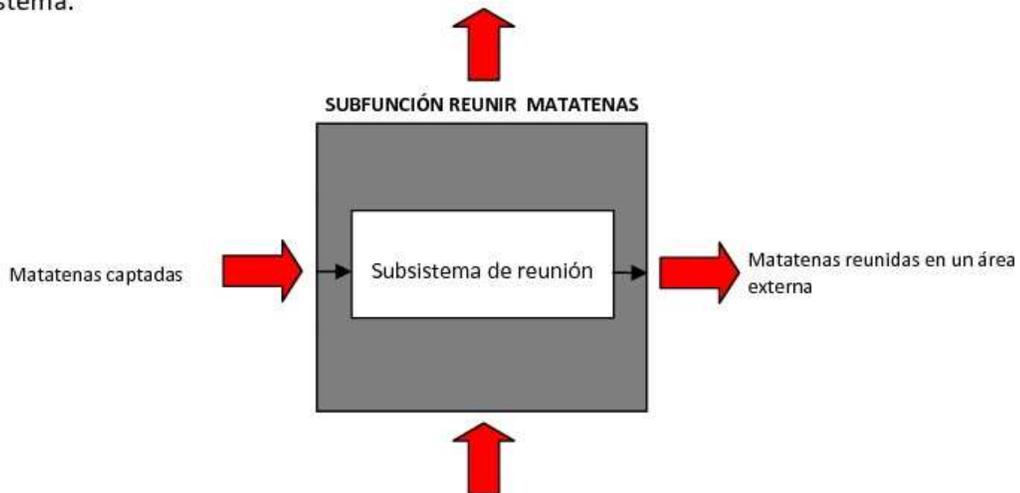


Figura 3.4.4 Atomización de la subfunción reunir matatenas en subsistemas.

#### III.V MÓDULOS, PARTES Y COMPONENTES DE LOS SUBSISTEMAS

Una vez identificados los subsistemas para cada subfunción del vehículo recolector de matatenas, “para cada subsistema de cada subfunción habrá que enlistar alternativas de diseños disponibles y posibles, que pueden ser llamadas opciones de subsistemas” [6]. Así en este apartado son presentados de manera esquemática los elementos que componen cada uno de los subsistemas



presentados anteriormente; ubicar tales elementos permite dilucidar muchos de los aspectos de toma de decisión para el diseño y de selección de tecnología, así como *características de diseño*, tal concepto será aclarado con las decisiones preliminares de diseño.

### DECISIONES PRELIMINARES DE DISEÑO

En el apartado sobre retroalimentación entre subfunciones se ha hablado de la subfunción ubicar matatenas, en este caso no se ha hecho el desglose en subsistemas ya que la solución a esta parte ha sido común en los ocho diseños desarrollados por los alumnos de la clase de “Diseño del producto”. Así, se puede es posible decir que la finalidad de la función ubicar matatenas es guiar al vehículo hacia las mismas; como solución a ello, es posible plantear algún tipo de sistema de visión artificial, sin embargo este mismo efecto se ha logrado con el desplazamiento del vehículo sobre la alfombra, es decir, el vehículo recolectará las matatenas que se encuentren a su paso. A solicitud de los alumnos, y para simplificar el diseño del sistema de control, se tomó la decisión de delimitar el área de recolección de matatenas con algún elemento físico que pudiera ser detectado por el vehículo, se decidió utilizar un marco de cinta reflejante en el contorno de la alfombra. Esta decisión tiene varias implicaciones y genera nuevos objetivos a cumplir.

También se mencionaron anteriormente las especificaciones que debe cumplir el vehículo recolector de matatenas, tales especificaciones son la traducción a elementos técnicos de la mayoría de las necesidades del cliente; sin embargo del apéndice II sobre las especificaciones del producto se sabe que existen dos etapas diferentes de generación de especificaciones, la segunda fase precede a la selección del concepto. Con la finalidad de tener mucho más claridad en la diferencia que existe entre las dos fases se ha optado por llamar al producto de esta segunda fase *características de diseño*, finalmente el hecho de que el vehículo se desplace a través de la alfombra para recolectar las matatenas es una solución de diseño para la subfunción ubicar matatenas, a raíz de esta solución surge la siguiente característica de diseño para el vehículo que se desplaza sobre la alfombra:

- El vehículo tendrá que desplazarse en la alfombra sin interferencias; tales interferencias pueden ser las matatenas, bordes en la alfombra, fricción entre el vehículo y la alfombra etc.

La característica anterior afectará directamente a la selección de las ruedas del vehículo, en cuanto al material y diámetro, estas deberán garantizar el desplazamiento adecuado sobre la alfombra; esto también tiene efecto sobre la elección de los motores, en la potencia que tendrán que desarrollar y se deberán incluir algún tipo de elementos de protección en las ruedas del vehículo para evitar que las matatenas interfieran en el desplazamiento.

Queda claro que el vehículo se desplazará en la alfombra y recolectará las matatenas a su paso, y ya se ha considerado que el vehículo se desplace sin interferencias, pero otra característica importante que surge es que se debe garantizar que se recolecte el mayor número de matatenas posibles, así que será necesario cumplir la siguiente característica:



- El vehículo recorrerá toda el área de la alfombra.

La solución común que se ha dado para este aspecto es establecer algún tipo de trayectoria del vehículo, que permita hacer un barrido por toda el área de la alfombra y garantizar que todas las matatenas tendrán la posibilidad de ser captadas.

### MÓDULOS, PARTES Y COMPONENTES: SUBSISTEMAS DE LA SUBFUNCIÓN DESPLAZARSE

Considerando la información anterior, en la figura 3.5.1 se muestran los módulos, partes y componentes que integran a los subsistemas de la subfunción desplazarse; el subsistema desplazamiento se encuentra compuesto principalmente por partes mecánicas del vehículo, mientras que en el subsistema de posicionamiento se ubican componentes electrónicos y señales; ambos subsistemas se relacionan dinámicamente a través de los módulos de procesamiento y de control.

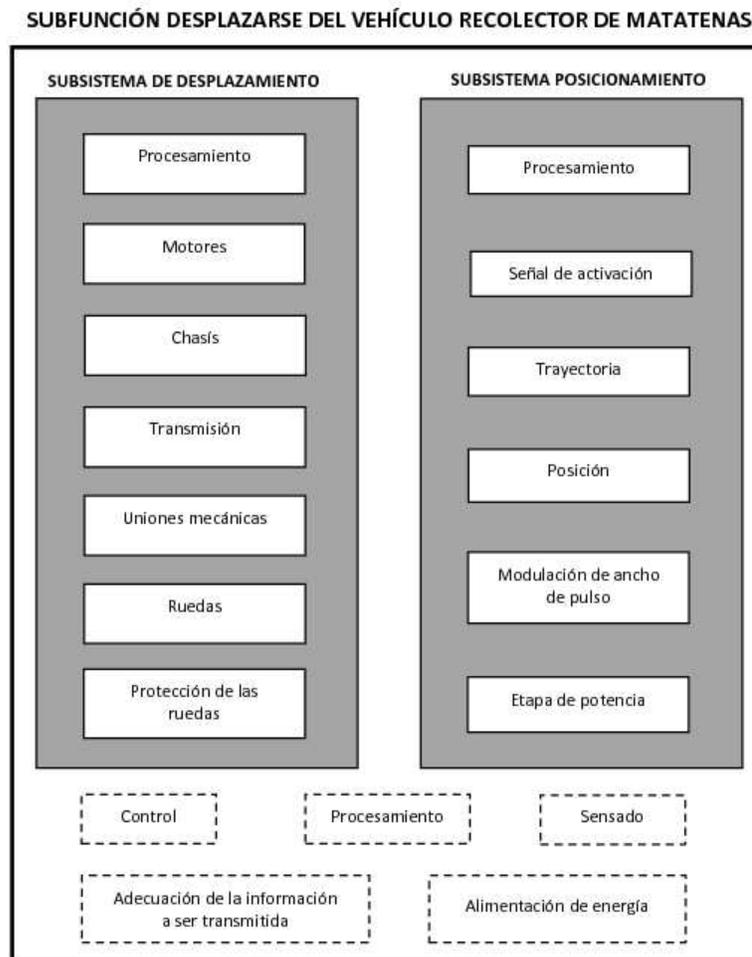


Figura 3.5.1 Elementos que constituyen a los subsistemas de la subfunción desplazarse.



Retomando el hecho de que se ha dispuesto una cinta ultra brillante para enmarcar el área de desplazamiento del vehículo en la alfombra, la decisión a tomar será emplearla o no para posicionar al vehículo; si se decide usarla se deberá determinar el tipo y cantidad de sensores a emplear, manejo que se le dará a la señal que generará y de ser el caso, elementos adicionales para su implementación; en caso contrario se tendrá que determinar otra forma para conocer la posición del vehículo.

De nuevo de la figura 3.5.1 surge otra característica de diseño:

- Se deberá evitar el juego en las uniones mecánicas entre los motores y las ruedas.

Tomando en cuenta todo lo anterior algunas de las decisiones de diseño y aspectos de selección de tecnología para el vehículo recolector de matatenas en la parte de desplazamiento son las siguientes:

1. Tipo y número de motores
2. Tipo y número de ruedas
3. Material y diámetro aproximado de las ruedas
4. Elementos de protección de las ruedas
5. Tipo de acoplamiento de los motores con las ruedas (sistema de transmisión)
6. Tipo de uniones mecánicas
7. Tipo o forma de chasis
8. Trayectoria
9. Elementos de potencia
10. Elementos de procesamiento
11. Elementos de control
12. Tipo de sensores
13. Cantidad de sensores
14. Elementos para la adecuación de la información a ser transmitida (acondicionamiento de señal)
15. Fuente de alimentación de energía

#### **MÓDULOS, PARTES Y COMPONENTES: SUBSISTEMAS DE LA SUBFUNCIÓN CAPTAR MATATENAS**

En la figura 3.5.2 se establecen las partes, componentes y módulos para los subsistemas de la subfunción captar matatenas; el subsistema de captación tiene como partes a los acoplamientos mecánicos y como componentes a los motores y mecanismos; el subsistema de operación de captación tiene componentes ubicados en la etapa de potencia; ambos subsistemas se relacionan dinámicamente a través de los módulos de control y de procesamiento.

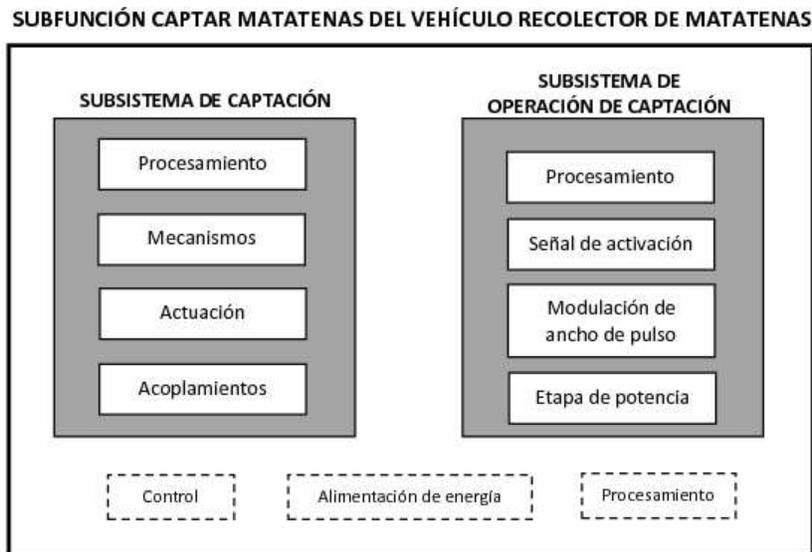


Figura 3.5.2 Elementos que constituyen a los subsistemas de la subfunción captar matatenas.

Algunas de las decisiones de diseño y aspectos de selección tecnología para el vehículo recolector de matatenas en la parte de captación son las siguientes:

1. Tipo de mecanismo para la captación
2. Tipo de y número de motores
3. Tipo de acoplamientos mecánicos de los mecanismos con los motores
4. Elementos de potencia
5. Elementos de procesamiento
6. Elementos de control

Respecto a lo anterior las alternativas para el mecanismo de captación pueden ser básicamente mecanismos móviles y mecanismos fijos. Ambos cumplen con la función de captar las matatenas, pero los mecanismos móviles se encuentran diseñados para el vehículo que almacena matatenas, toda vez que mediante el movimiento de rotación de los elementos del mecanismo las matatenas son enviadas a un contenedor dentro del mismo vehículo; mientras que los mecanismos fijos están diseñados para el vehículo que recolecta matatenas.

Estos mecanismos deben de considerar ciertas características de diseño que se originan de las perturbaciones ubicadas en la figura 3.4.2 para la subfunción captar matatenas:

- Los mecanismos deben de ser accionados con la suficiente potencia para lograr introducir las matatenas en el contenedor.
- Los mecanismos deben de estar diseñados para evitar que las matatenas se atoren mientras son captadas.



- Los mecanismos fijos deben estar diseñados para evitar que la fricción con la alfombra frene al vehículo.
- Se deberá evitar el juego en las uniones mecánicas entre los mecanismos y los actuadores.

Las características de diseño anteriores serán consideradas para determinar dimensiones, materiales y velocidad de giro de los mecanismos, así como la potencia de activación requerida.

A continuación se procede al análisis de la subfunción almacenar matatenas. Las características de diseño a considerar en el diseño de estos subsistemas son las siguientes:

- El vehículo almacenará las matatenas en su interior, lo cual implica que deberá tener un contenedor de matatenas.
- El contenedor de matatenas estará diseñado considerando el número máximo de matatenas a almacenar.
- Se debe considerar que las matatenas no se atoren en la entrada del contenedor.
- Se debe considerar que la extracción de matatenas se realice de forma sencilla para el usuario.

### MÓDULOS, PARTES Y COMPONENTES: SUBSISTEMAS DE LA SUBFUNCIÓN ALMACENAR MATATENAS

De acuerdo a lo anterior, en la figura 3.5.3 se muestran las partes que componen a los subsistemas, en este caso el elemento que relaciona a ambos subsistemas son las matatenas.

SUBFUNCIÓN ALMACENAR MATATENAS DEL VEHÍCULO RECOLECTOR DE MATATENAS

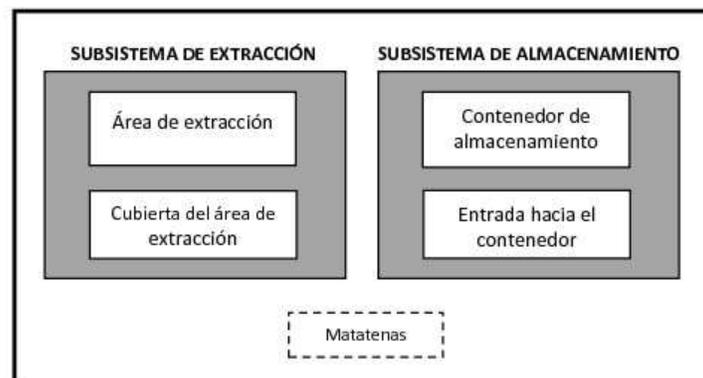


Figura 3.5.3 Elementos que constituyen a los subsistemas de la subfunción almacenar matatenas.

Para estos subsistemas, algunas de las decisiones de diseño son las siguientes:



1. Ubicación del contenedor de matatenas
2. Forma del contenedor
3. Dimensiones del contenedor
4. Forma de extracción

Finalmente la subfunción reunir matatenas no requiere demasiado análisis, el único elemento implicado en este caso es el mecanismo de reunión de matatenas, que deberá considerar la siguiente característica de diseño:

- El mecanismo de reunión deberá estar colocado de forma que la fricción con la alfombra no frene al vehículo.

### RESÚMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO

La tabla 3.5.1 resume las características de diseño para el vehículo recolector de matatenas, que serán consideradas en conjunto con las restricciones, especificaciones y soluciones de diseño, para la generación de alternativas de solución para los diferentes aspectos del vehículo recolector de matatenas.

#### CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO

Subfunción desplazarse	Subfunción captar matatenas	Subfunción almacenar matatenas	Subfunción reunir matatenas
<b>Desplazarse sin interferencias</b>	Suficiente potencia para introducir matatenas en el contenedor	Contenedor de matatenas en el interior del vehículo	La fricción del mecanismo con la alfombra no deberá frenar al vehículo
<b>Recorrer toda el área de la alfombra</b>	Evitar que las matatenas se atoren mientras son captadas	Considerar número máximo de matatenas a almacenar	
<b>Seguimiento de trayectoria</b>	Evitar fricción entre los mecanismos y la alfombra	Evitar que las matatenas se atoren en la entrada al contenedor	
<b>Evitar juego en uniones mecánicas</b>	Evitar juego en uniones mecánicas	Extracción de matatenas de forma sencilla	

Tabla 3.5.1 Resumen de las características de diseño para el vehículo recolector de matatenas.



### III.VI ALTERNATIVAS DE DISEÑO PARA LOS SUBSISTEMAS DEL VEHÍCULO RECOLECTOR DE MATATENAS.

La finalidad de la atomización de la función principal en subsistemas es facilitar el diseño, teniendo la posibilidad de enfocarse en la solución o posibles soluciones para cada subsistema, sin perder de vista las relaciones dinámicas entre ellos. Así en este apartado son presentadas en primer lugar las alternativas de solución generales, que es posible obtener del estudio de mercado presentado en el apéndice V; posteriormente se muestran las alternativas de diseño para cada subsistema, generadas por los ocho equipos multidisciplinares de la asignatura “Diseño del producto”.

#### ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN GENERALES DEL ESTUDIO DE MERCADO

Analizando el estudio de mercado es posible visualizar alternativas de solución para algunos subsistemas, las cuales se muestran en la tabla 3.6.1

ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN DEL ESTUDIO DE MERCADO	
<b>Fuente de energía</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Solar</li><li>• Batería recargable</li></ul>
<b>Subsistema de desplazamiento</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Motorreductores</li><li>• Ruedas de alto agarre</li></ul>
<b>Procesamiento y control</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Microcontrolador</li></ul>
<b>Subsistema de captación</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mecanismo tipo pala</li><li>• Rodillos rotatorios de espuma</li><li>• Rodillos rotatorios de goma</li><li>• Escobillas rotatorias</li><li>• Aspiración</li></ul>
<b>Subsistema de almacenamiento</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Saco de recolección</li></ul>
<b>Subsistema de extracción</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Saco removible</li></ul>

Tabla 3.6.1 Alternativas de solución que surgen del estudio de mercado

Las alternativas de solución enlistadas son útiles y brindan un punto de partida para la generación de más ideas o la posibilidad de adaptar las mismas al problema de estudio. En el caso del vehículo recolector de matatenas, en la clase de diseño del producto fueron generadas varias alternativas de solución para cada subsistema.

#### ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN: SUBSISTEMA DE DESPLAZAMIENTO

En la tabla 3.6.2 se presenta el análisis de las alternativas de solución para el subsistema de desplazamiento, descripción, ventajas y desventajas. Para mayor claridad se presentan las trayectorias básicas de desplazamiento en la figura 3.6.1



ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN SUBSISTEMA DE DESPLAZAMIENTO				
ASPECTO DE DISEÑO	SOLUCIONES PROPUESTAS	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Trayectoria de desplazamiento	Aleatoria	Es desplazamiento del vehículo no sigue algún patrón específico	Contribuye al carácter lúdico del dispositivo.  Los movimientos del dispositivo son poco predecibles.	Es necesario garantizar que la trayectoria a pesar de ser de carácter aleatorio, permitirá que el vehículo recorra toda el área de trabajo completamente
	Zig – Zag cuadrado	El vehículo parte de alguna esquina de la alfombra y avanza en línea recta hacia uno de los extremos del área de trabajo; posteriormente el vehículo gira 180°, para continuar avanzando en línea recta hasta encontrar el siguiente límite de la alfombra; el siguiente giro es realizado en sentido contrario al anterior. La secuencia descrita se repita hasta ver cubierta toda el área de trabajo.	Barrido completo de toda la zona de trabajo. Posibilidad de emplear la cinta reflejante para el posicionamiento del vehículo.	
	Espiral cuadrado	El vehículo comienza a desplazarse desde alguna esquina de la alfombra, moviéndose por las cuatro esquinas de la alfombra hacia el centro de la misma	Barrido completo de toda la zona de trabajo.	
Tipo de arreglo de las ruedas	Diferencial tipo triángulo	Dos ruedas en un eje común, cada rueda se controla independientemente. Adicionalmente se coloca una rueda o elemento de apoyo para mantener el balance.	Pocos elementos para su implementación	Se requiere que las dos ruedas vayan a la misma velocidad, para garantizar el seguimiento de líneas rectas
Protección de las ruedas	Desviadores	Los desviadores son elementos fijos que cumplen con la función de evitar que las matatenas obstaculicen el desplazamiento del vehículo en la alfombra.	Los desviadores pueden actuar también como elementos de canalización de las matatenas hacia el mecanismo de captación.	La inadecuada colocación de los desviadores puede provocar que el vehículo sea frenado por la fricción entre estos y la alfombra.

Tabla 3.6.1 Alternativas de solución para el subsistema de desplazamiento.



ASPECTO DE DISEÑO	SOLUCIONES PROPUESTAS	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<b>Posicionamiento</b>	Por tiempo	Se conoce experimentalmente el tiempo de recorrido para cada tramo de trayectoria.	No se requiere implementación de un sistema de censado del medio exterior.	Sistema de lazo abierto, falta de retroalimentación hacia el sistema de control. Las perturbaciones externas pueden afectar el tiempo de recorrido, por lo que los cambios de tramo de trayectoria pueden ser realizados antes de lo establecido.
	Sensado cinta reflejante	Detección de la cinta reflejante como elemento auxiliar para el seguimiento de la trayectoria.	Sistema de control de lazo cerrado, el sistema tiene una referencia externa para efectuar cada segmento de la trayectoria.	Sensibilidad a las variaciones de iluminación ambiental, y a cantidad de luz reflejada por la superficie de desplazamiento
	Conteo de pulso	Es posible determinar la distancia recorrida por el vehículo dentro de la alfombra, con ayuda de un encoder incremental.	Sistema de lazo cerrado, el sistema debe cumplir con el número de pulsos requeridos para el cambio de segmento de trayectoria.	Cada una de las ruedas puede enviar un número diferente de pulsos, debido a las variaciones de velocidad en cada llanta.
<b>Actuadores</b>	Motorreductor	Motor de CD con un sistema de engranaje interno.	Proveen un excelente torque. Poco peso agregado	No proporcionan elevada exactitud en el posicionamiento, en comparación con otro tipo de motores.
<b>Acoplamiento mecánicos</b>	Motor acoplado directamente a la rueda	La potencia es tomada directamente desde el motor sin alguna reducción, como engranes, poleas etc.	Mayor eficiencia, la potencia no es desperdiciada en fricción. Reducción de ruido. Reducción de juego entre los acoplamientos.	Necesidad de incrementar el tamaño del actuador para obtener la potencia requerida.

Tabla 3.6.1 Alternativas de solución para el subsistema de desplazamiento.

ASPECTO DE DISEÑO	SOLUCIONES PROPUESTAS	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Etapa de potencia	Circuito integrado.	Puente H de transistores bipolares.	Proporcionan dos puentes H completos, permiten el control de sentido de giro, frenado y velocidad.	Posibilidad de pérdida de velocidad y fuerza del motor, debida a la caída de voltaje entre el colector y el emisor de los transistores bipolares.
	Transistor.	En general es posible el uso transistores bipolares tipo NPN o PNP como interruptores.	Con un solo componente se puede controlar el encendido y apagado de un motor de C.D.	Con un solo transistor no hay posibilidad de cambio de giro.

Tabla 3.6.1 Alternativas de solución para el subsistema de desplazamiento.

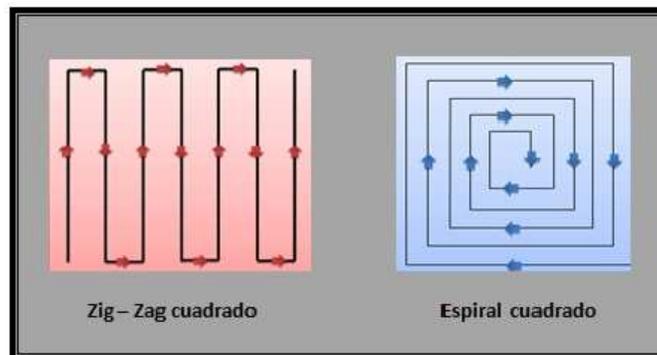


Figura 3.6.1 Trayectorias de desplazamiento del vehículo recolector de matatenas

**ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN: SUBSISTEMA DE CAPTACIÓN**

En la tabla 3.6.2 se presenta el análisis de las alternativas de solución para el subsistema de captación, cada una de las soluciones cuenta con ciertas ventajas y desventajas, así como diferentes retos y aspectos a considerar en su implementación.



ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN SUBSISTEMA DE CAPTACIÓN				
ASPECTO DE DISEÑO	SOLUCIONES PROPUESTAS	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<b>Mecanismo de captación</b>	Aspas giratorias	La rotación horizontal de las aspas introduce a las matatenas al interior del vehículo	No hay fricción entre el mecanismo y la alfombra	Las matatenas se pueden atascar entre las aspas y el piso del chasis
	Cepillo giratorio	La rotación horizontal del cepillo introduce las matatenas al interior del vehículo	No hay fricción entre el mecanismo y la alfombra	Se incluyen elementos móviles
	Pala fija o recogedor fijo	Las matatenas son acarreadas con el avance del vehículo	No se requieren elementos móviles para la captación	La fricción de la pala con la alfombra puede frenar al vehículo
	Barredoras o escobillas girando verticalmente en sentidos opuestos	El giro en sentidos opuestos de las barredoras introduce las matatenas al interior del vehículo	No hay fricción entre el mecanismo y la alfombra	Las matatenas pueden ser rechazadas por la rotación de las escobillas Se requiere un actuador diferente para cada escobilla
	Red giratoria	La rotación horizontal de la red introduce a las matatenas al interior del vehículo	Poco peso agregado	Las matatenas se pueden atorar en la red
	Elásticos rotatorios	La rotación horizontal del arreglo de elásticos introduce las matatenas al interior	Poco peso agregado	Los resortes al perder sus propiedades elásticas (K)
	Cuatro barras	Un elemento rígido es acoplado a uno de las articulaciones del mecanismo que con su movimiento describe un arco; este movimiento introduce las matatenas al interior del vehículo.	No hay posibilidad de que las matatenas se atoren con el mecanismo	Peso agregado al vehículo.  Se requiere actuador independiente o un sistema de transmisión para dar movimiento al mecanismo.

Tabla 3.6.2 Alternativas de solución para el subsistema de captación.



ASPECTO DE DISEÑO	SOLUCIONES PROPUESTAS	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Actuación de elementos móviles	Uso de actuador independiente	Los elementos móviles son acoplados a un actuador exclusivo para su accionamiento.	Control del mecanismo independiente al movimiento del vehículo.	Se requiere energía extra para su activación. Se adiciona peso al vehículo.
	Uso de actuador del subsistema de desplazamiento	Los elementos móviles son acoplados a los actuadores empleados para el desplazamiento del vehículo.	Se realizan dos tareas con un mismo actuador. No se adiciona peso al vehículo.	Movimiento dependiente del desplazamiento del vehículo.
Acoplamientos mecánicos	Directos	El acoplamiento del mecanismo se hace de forma directa a los actuadores, empleando para ello coples de distintos materiales.	Mayor eficiencia, la potencia no es desperdiciada en fricción. Reducción de ruido. Reducción de juego entre los acoplamientos.	Necesidad de incrementar el tamaño del actuador para obtener la potencia requerida.
	Banda- Polea		Poca emisión de ruido. No se requiere ubicar al actuador necesariamente en el eje de giro del mecanismo. Puede ser empleado como fusible mecánico.	Pérdidas de potencia por fricción. Límite de la vida útil de la banda, lo que hará necesario su cambio.

Tabla 3.6.2 Alternativas de solución para el subsistema de captación.



Se tienen siete alternativas de solución para el mecanismo del subsistema de captación y se muestran en la figura 3.6.2.



Figura 3.6.2 Alternativas de solución para el mecanismo de captación.

Todos los elementos mostrados son soluciones para el mecanismo de captación; este mecanismo tiene inferencia directa en la efectividad de captación de matatenas, por lo tanto la decisión de qué tipo de mecanismo emplear es una de las decisiones fundamentales de diseño. Por otra parte es necesario analizar las ventajas y desventajas de los dos sistemas de actuación propuestos, así como de los tipos de acoplamientos mecánicos al sistema de actuación, considerando aspectos de manufactura y recursos disponibles.



### ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN: SUBSISTEMAS DE RELACIÓN DINÁMICA

En la tabla 3.6.3 se presenta el análisis de las alternativas de solución para los subsistemas que relacionan dinámicamente a los elementos de cada subsistema y a los subsistemas entre sí.

SUBSISTEMAS DE RELACIÓN DINÁMICA		
SUBSISTEMA	SOLUCIONES PROPUESTAS	DESCRIPCIÓN
<b>Fuente de alimentación</b>	Fuentes de alimentación común. Arreglo de baterías recargables.	Se emplea una sola batería recargable para alimentar los motores y componentes electrónicos; es necesario el uso de un regulador de voltaje a 5 V, para la alimentación lógica de los circuitos integrados.
	Fuentes de alimentación separadas. Arreglo de baterías recargables.	Se emplea una batería recargable encargada de alimentar a los motores, que deberá ser capaz de soportar la demanda de corriente de los motores; y otra encargada de alimentar a los componentes electrónicos.
<b>Procesamiento/control</b>	Microcontrolador	Independientemente del que se use, todos tendrán que realizar las mismas funciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adquisición de información del sistema de sensado.</li> <li>• Comparación de la señal de referencia con la señal emitida por el sistema de sensado.</li> <li>• Generación de las señales de control de los actuadores para el seguimiento de la trayectoria.</li> <li>• Generación de las señales de control de los actuadores del mecanismo de captación.</li> <li>• Discretización de la trayectoria en caso de ser manejada por tiempo.</li> </ul>
	GALg22v10, Timer 555	Propuesta para almacenar la secuencia de movimientos del vehículo y discretizar la trayectoria.
<b>Sensado</b>	Sensores optoreflexivos infrarrojos	Permiten la detección de la cinta reflejante colocada en el contorno de la alfombra; ya que este tipo de sensores miden la radiación electromagnética infrarroja de los cuerpos en su campo de visión, esto se ve reflejado en un nivel de tensión eléctrica diferente para cada cuerpo.

Tabla 3.6.3 Alternativas de solución para los subsistemas de relación dinámica

### III.VII CONCEPTOS DE PRODUCTO

Mediante la unión de diferentes alternativas de solución, es posible la generación de diversos conceptos de producto. En el proceso de generación de conceptos resulta útil la elaboración de bocetos e inclusive modelos tridimensionales, con la finalidad de mostrar la configuración



preliminar del subsistema o subsistemas en diseño. Los conceptos finales generados en el grupo de la asignatura diseño de producto se muestran a continuación.

### CONCEPTO 1

El primer concepto es mostrado esquemáticamente en la figura 5.7.2, en la misma figura se ubica el boceto preliminar y el modelo tridimensional final. A continuación se presenta la descripción del concepto:

Se trata de un robot móvil con dos ruedas de movimiento independiente; la pala para la captación de matatenas sirve como apoyo para el desplazamiento a través de la alfombra, cuya superficie lisa permite el libre desplazamiento evitando que la fricción frene al vehículo. El sistema de captación formado por una pala fija, cuya función es desplazar las matatenas y reunir las sobre la alfombra, debe encontrarse a una altura adecuada, de modo que sea posible realizar el arrastre de las matatenas sin que estas se atoren entre el mecanismo y la alfombra.

En el modelo tridimensional mostrado en el esquema del concepto final es notorio que las dimensiones de las ruedas son proporcionales al tamaño del vehículo, lo cual proporciona estabilidad en el movimiento; el acoplamiento mecánico entre las ruedas y los motorreductores es realizado mediante acoplamientos mecánicos rígidos, y el control de movimiento es efectuado por medio de un microcontrolador, hecho que proporciona gran flexibilidad al diseño, ya que es posible realizar pruebas de diferentes trayectorias y movimientos del vehículo solamente modificando la programación del dispositivo, sin necesidad de reemplazar componentes electrónicos como resistores o condensadores. La etapa de potencia del dispositivo se encuentra compuesta por un circuito integrado, el cual permite el control del sentido de giro de ambos motorreductores, y la trayectoria a seguir para la recolección es de tipo aleatoria.

Para el posicionamiento del vehículo es empleada la cinta reflejante ubicada en el contorno de la alfombra, por lo cual se requiere la implementación de un sistema de sensado, para el cual es propuesto el uso de dos sensores infrarrojos, trabajando directamente en el microcontrolador con su señal analógica. Por otra parte el uso de la cinta reflejante proporciona una retroalimentación al sistema de control, lo cual lo hace inmune a perturbaciones o variaciones en la fuente de alimentación, velocidad de giro de motores, luz ambiental etc., pero la desventaja es que requieren de calibración para distintos tipos de colores de alfombra, situación que limita el desempeño del vehículo. En cuanto a la fuente de alimentación, destaca el hecho de que son usadas dos fuentes independientes, la primera encargada de la alimentación de los actuadores, y la segunda encargada de la alimentación de los componentes electrónicos, se incluye un regulador de voltaje para la alimentación lógica de los mismos.

Otra característica relevante de este concepto es que el mecanismo de captación de matatenas actúa a la vez como protección del sistema de desplazamiento, impidiendo que alguna de las matatenas se interponga con el giro de las ruedas.

Las relaciones dinámicas entre los sistemas son efectuadas de la siguiente forma:



El desplazamiento del robot móvil “vehículo recolector de matatenas” inicia con una señal de activación, generada por un botón pulsado por el usuario, iniciando con un desplazamiento en línea recta; para realizar este desplazamiento es necesaria la generación de cuatro bits de control, dos bits por cada motorreductor, los cuales son introducidos en el circuito integrado del sistema de potencia, para realizar el desplazamiento en línea recta ambos todos los bits de control deben colocarse en un nivel de voltaje lógico alto.

Dicho desplazamiento es interrumpido cuando uno de los sensores detectan la cinta reflejante, entonces es realizado el cambio de dirección, modificando los bits de control, considerando que el giro del vehículo es realizado tomando como pivote una de las ruedas es necesario detener completamente un motor mediante una señal de control enviada directamente al “enable” del circuito integrado Puente H, así una señal de “enable” en nivel lógico alto activa al motor, mientras que una señal lógica en bajo lo frena completamente.

En la tabla 3.7.1 se resumen las relaciones dinámicas para este concepto. La función se refiere a la actividad que realizará la señal; en la columna inmediata posterior se especifica de qué tipo de señal se trata, entrada o salida, analógica o digital; la siguiente columna menciona el número de señales requeridas para realizar dicha actividad; posteriormente se menciona el elemento o sistema encargado de emitir la o las señales; en seguida se menciona el intermediario, es decir el sistema que conecta al sistema o elemento que genera la señal, con el sistema o elemento que recibe la señal; en la última columna de la tabla se presenta una descripción más detallada del proceso.



FUNCIÓN	TIPO DE SEÑAL	CANTIDAD REQUERIDA	GENERADOR	INTEMEDARIO	DESCRIPCIÓN
Control de activación y desactivación.	Lógica/entrada	Una señal de activación.	Botón/ Interruptor	Microcontrolador	Activa y desactiva la operación del sistema, la tarea de recolección inicia con esta señal. Relaciona al usuario con el vehículo.
Control de activación y desactivación.	Lógica/ salida	Se requiere de una señal por cada motor "enable", en nivel alto para activar y en nivel bajo para desactivar.	Microcontrolador	Sistema de potencia	La activación y desactivación de los motores puede ocurrir en dos circunstancias; primeramente por orden del usuario mediante la señal emitida por el botón; en segundo término por decisión del sistema de control cuando se requiere cambiar de trayectoria, o cuando la tarea de recolección ha finalizado. Relaciona al sistema de control con el sistema de desplazamiento.
Posicionamiento del vehículo.	Análogica/ entrada	Dos señales, una por cada sensor.	Sistema de sensado	Microcontrolador	Indica cuando el vehículo ha llegado al límite de la alfombra para realizar el cambio de dirección. Relaciona al vehículo con el exterior.
Control del desplazamiento del vehículo.	Lógica/salida	Dos señales por cada motor, para desplazamiento	Microcontrolador	Sistema de potencia.	Las señales generadas por el microcontrolador son enviadas al sistema de potencia para realizar el control de desplazamiento del vehículo. Relaciona al sistema de control con el sistema de desplazamiento.

Tabla 3.7.1 Relaciones dinámicas, concepto 1.

Con la finalidad de comprender más a fondo la fluctuación de señales y acciones entre los sistemas, es presentado el diagrama de bloques de la figura 3.7.1. Se observa que el usuario es incluido como un sistema, ya que es el que toma la decisión de activar o desactivar el vehículo, en base a su decisión o considerando que la tarea de recolección ha finalizado, en caso requerir iniciar nuevamente la tarea o detenerla antes de ser completada. Se observa que no existe retroalimentación entre la tarea de recolección y el sistema de control, así que la tarea de recolección llega a su fin de acuerdo a un número de veces para la repetición de la secuencia de trayectoria, calculado en base al área de trabajo de la alfombra.

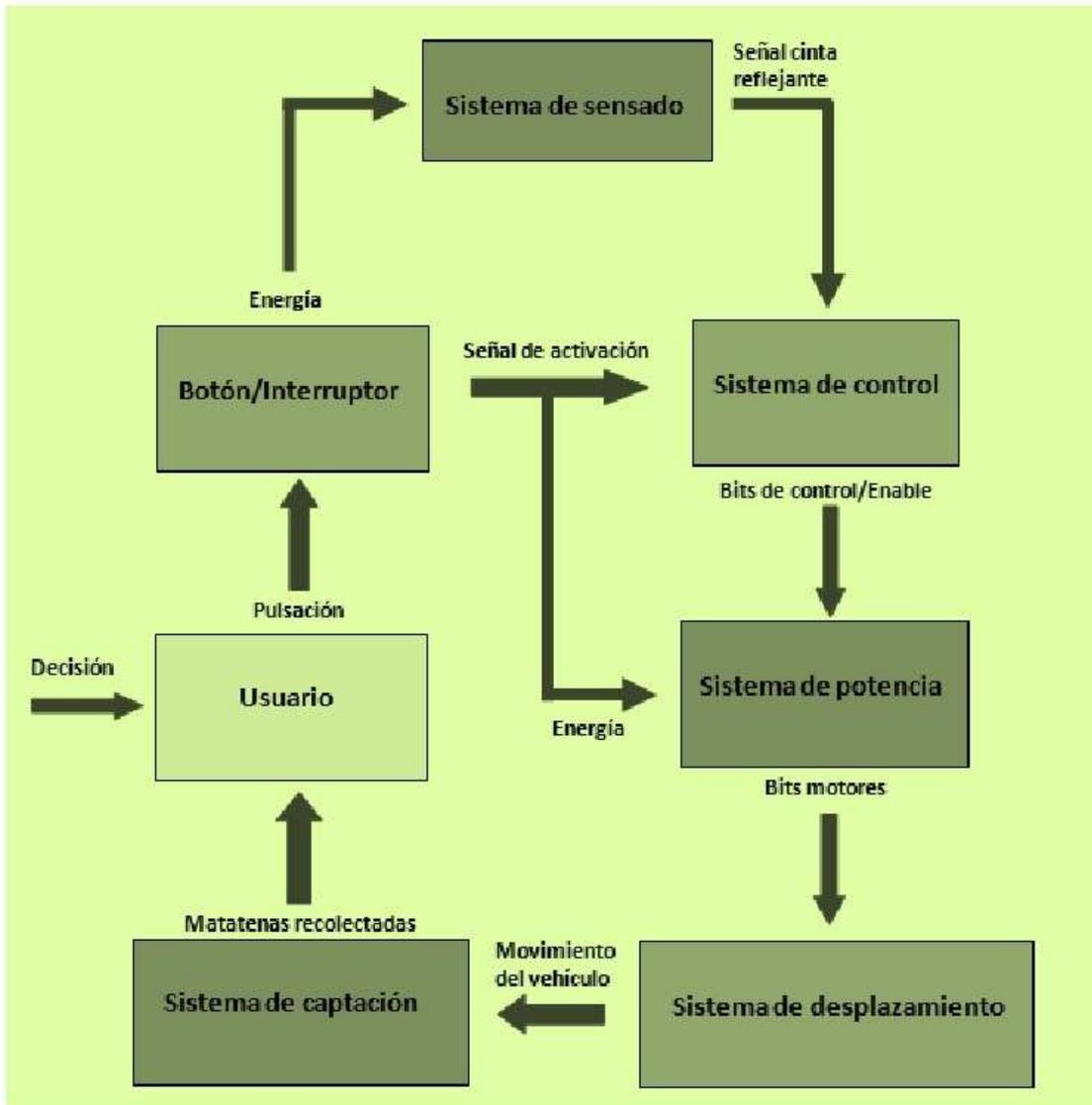


Figura 3.7.1 Flujo de señales y actividades entre subsistemas, relaciones funcionales concepto 1.

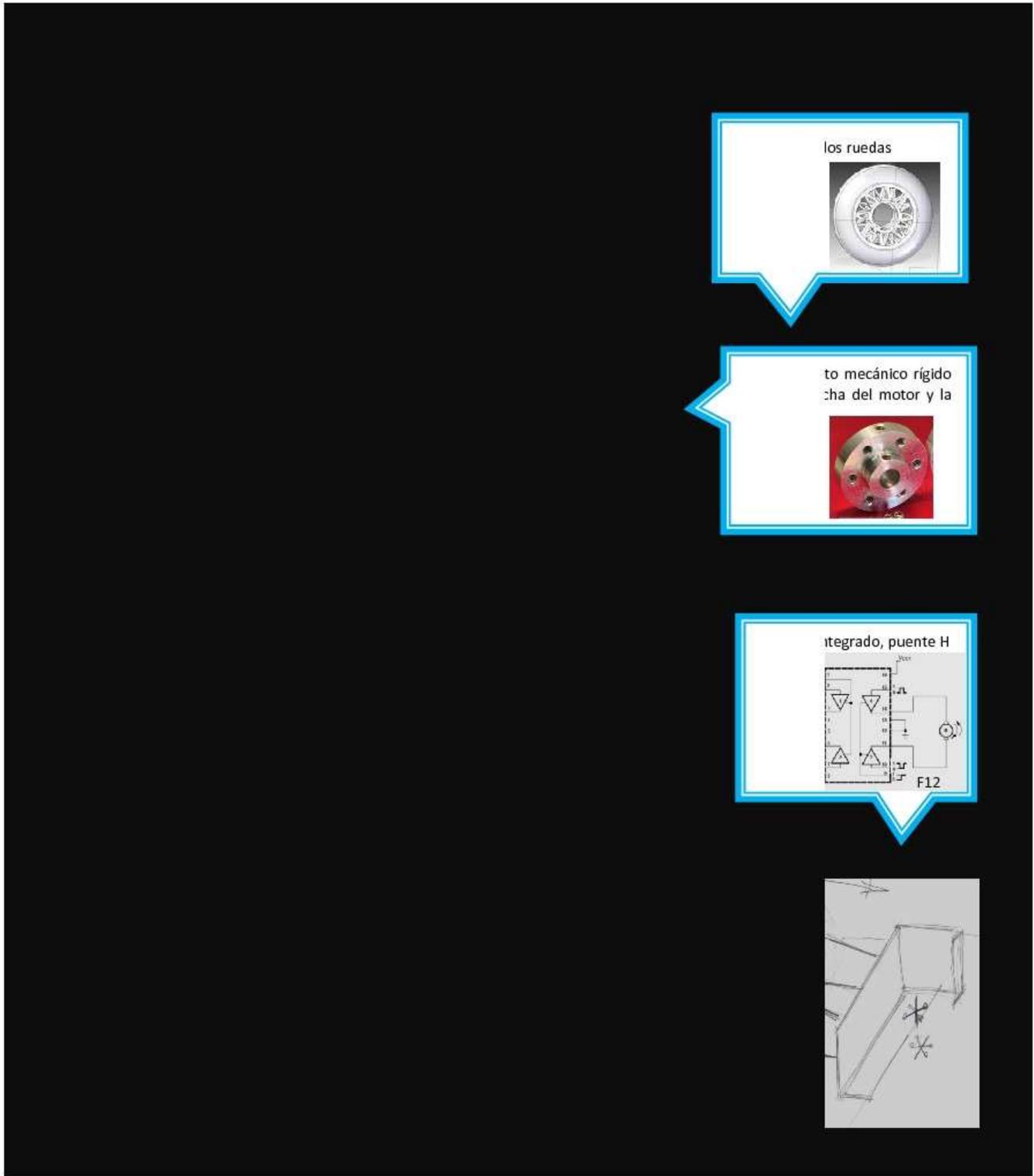


Figura 3.7.2 Concepto 1, configuración de subsistemas.



## CONCEPTO 2

El segundo concepto es mostrado esquemáticamente en la figura 3.7.3, en la misma figura se ubica el boceto preliminar y el modelo tridimensional final. A continuación se presenta la descripción del concepto:

Se trata de un vehículo con dos ruedas móviles y una tercera rueda tipo esfera castor de apoyo, que brinda estabilidad al desplazamiento, su geometría evita que se atore en la alfombra, a diferencia de una rueda tipo castor común. El acoplamiento entre las ruedas y motorreductores es realizado por medio de acoplamientos mecánicos rígidos, y el control de los motorreductores se realiza usando un transistor tipo NPN por cada motorreductor, por lo que el desplazamiento se encuentra condicionado a un solo sentido de giro. En este concepto también es empleada la cinta reflejante como auxiliar en el posicionamiento del vehículo y de igual forma se recurre a dos sensores infrarrojos, cuya señal es trabajada directamente en el microcontrolador, lo cual evita recurrir a elementos electrónicos adicionales para trabajar con una señal digital.

La trayectoria de desplazamiento seleccionada es aleatoria, este hecho de igual modo que en el primer concepto tiene su justificación en el hecho de que una trayectoria aleatoria podría ser más atractiva para el usuario, pero este aspecto no es profundizado en el presente trabajo. Otra cuestión importante en la configuración de los conceptos es la selección de la fuente de alimentación, en este caso se opta por una fuente de alimentación común, incluyendo un regulador de voltaje para obtener la alimentación lógica para los componentes electrónicos.

Diferenciando con el concepto anterior, la captación de matatenas es realizada por medio de un mecanismo de aspas giratorias, estas se encuentran acopladas al eje de giro de las ruedas, lo que evita la adición de un actuador exclusivo para el accionamiento de las aspas, sin embargo la selección de los actuadores debe ser adecuada, ya que existe la posibilidad de pérdida de potencia. Este concepto pertenece al tipo de vehículo que almacena matatenas, así que cuenta con un sistema de almacenamiento al interior del vehículo, el cual también permite la extracción manual de las matatenas al finalizar la recolección.

Finalmente se hace notar que el diseño de la carcasa del vehículo actúa como elemento protector del sistema de desplazamiento, ya que las ruedas son contenidas en ella, evitando que las matatenas interfieran con el giro de las ruedas.

Las relaciones dinámicas entre los sistemas son realizadas de manera muy similar al primer concepto, ya que de igual forma se cuenta con un sistema de sensado. En este caso, por realizar el control mediante un transistor NPN, el número de señales requeridas disminuye, de forma que solo se necesita una señal de control por cada motor, misma que es generada por el microcontrolador, y enviada a un resistor conectado directamente a la base del transistor. Esta es una buena opción porque en este concepto no se requiere el movimiento en reversa del vehículo.

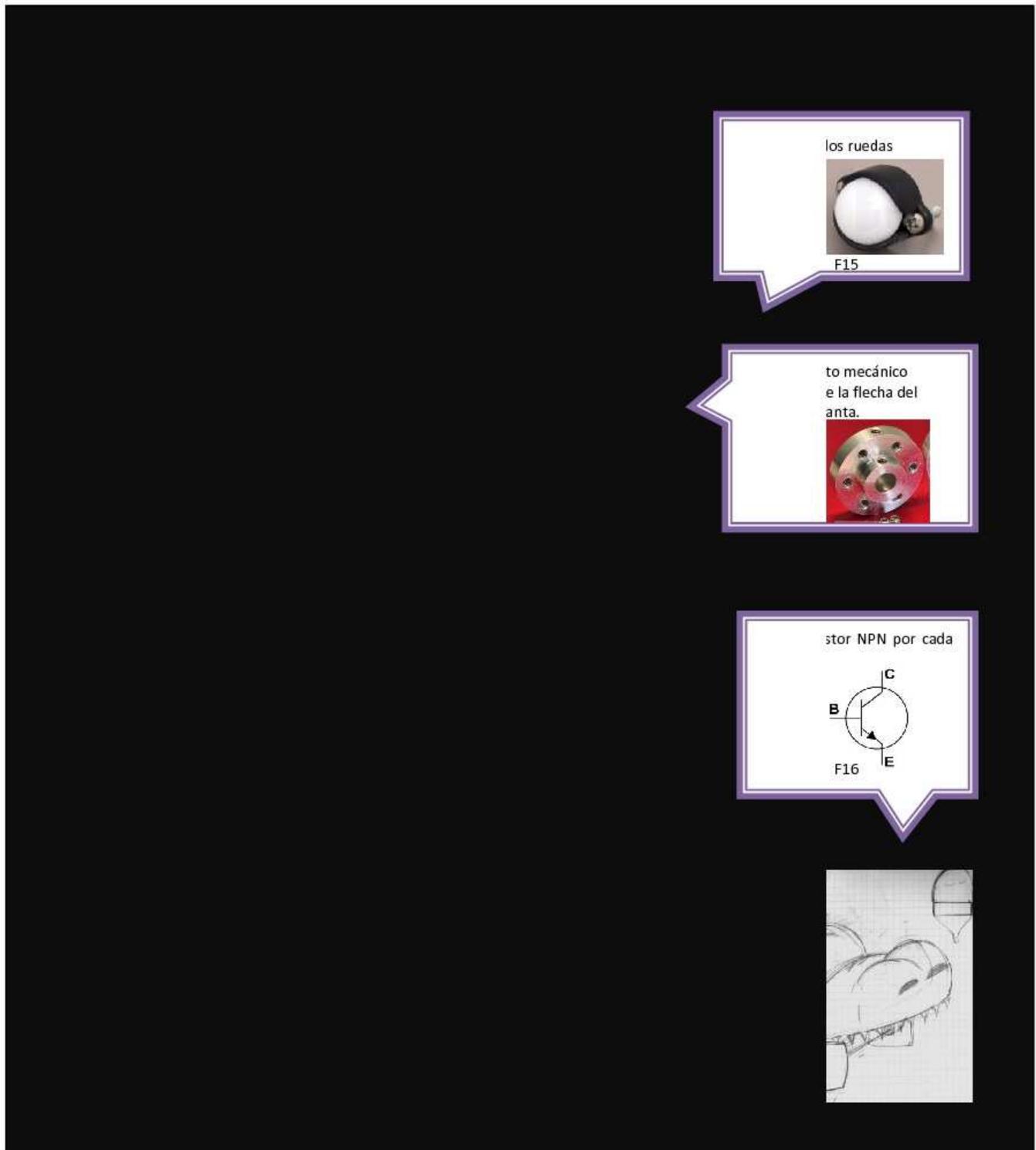


Figura 3.7.3 Concepto 2, configuración de subsistemas.



### CONCEPTO 3

El tercer concepto es mostrado esquemáticamente en la figura 5.7.4, en la misma figura se ubica el boceto preliminar y el modelo tridimensional final. A continuación se presenta la descripción del concepto:

Se trata de un robot móvil, con dos ruedas móviles y una fija colocada en la parte trasera. Los actuadores encargados de dar movilidad al dispositivo son motorreductores acoplados rígidamente a las ruedas. Este concepto es del tipo que reúne matatenas, así que su sistema de captación se encuentra compuesto por un mecanismo tipo pala, el arrastre de las matatenas ocurre a medida que el dispositivo se desplaza. A diferencia de los conceptos anteriores, este robot móvil sigue una sola trayectoria “zig-zag cuadrado”, el control de dicha trayectoria es comandado por un microcontrolador.

El posicionamiento en este concepto también es realizado empleando la cinta reflejante ubicada sobre el contorno de la alfombra, así que también se hace necesario el uso de un sistema de sensado, el cual se encuentra integrado por sensores infrarrojo. Un elemento importante que se adiciona en este concepto es la inclusión de un encoder incremental como parte del sistema de control; el uso del encoder incremental permite lograr que ambas ruedas giren a la misma velocidad, logrando el desplazamiento en línea recta. Los giros del dispositivo son realizados frenando una de las ruedas, o reduciendo su velocidad respecto a la otra.

La fuente de alimentación se encuentra compuesta por una sola batería, es incluido un regulador de voltaje para obtener la alimentación lógica para los componentes electrónicos. El sistema de potencia se encuentra compuesto por un circuito integrado, el cual permite el cambio de sentido de giro del dispositivo. En este concepto la carcasa del vehículo también protege a las ruedas de posibles interferencias de las matatenas en el desplazamiento.

Las relaciones dinámicas entre los sistemas son muy semejantes a los casos anteriores, pero en este caso es adicionada una nueva entrada al sistema de control, las señales emitidas por el encoder incremental, las cuales se manifiestan como trenes de pulsos, son empleadas por el sistema de control para conocer la velocidad de cada una de las ruedas, y de esta forma regular eficientemente la salida de potencia hacia cada una de las ruedas. Este hecho también adiciona una nueva señal de salida que deberá general el sistema de control, conformado por el microcontrolador, esta señal es una señal de modulación de ancho de pulso (PWM siglas en inglés), la cual es enviada al “enable” del circuito integrado puente H, las variaciones en las características del PWM, permitirán el cambio de velocidad de las ruedas.

En la tabla 3.7.2 se presentan las relaciones dinámicas para este concepto, incluyendo la modificación mencionada anteriormente, para mayor claridad sobre las relaciones dinámicas de este concepto, se muestra la figura 3.7.5



FUNCIÓN	TIPO DE SEÑAL	CANTIDAD REQUERIDA	GENERADOR	INTEMDIARIO	DESCRIPCIÓN
Control de activación y desactivación.	Lógica/entrada	Una señal de activación.	Botón/ Interruptor	Microcontrolador	Activa y desactiva la operación del sistema, la tarea de recolección inicia con esta señal. Relaciona al usuario con el vehículo.
Control de activación y desactivación.	Lógica/ salida	Se requiere de una señal por cada motor "enable", en nivel alto para activar y en nivel bajo para desactivar.	Microcontrolador	Sistema de potencia	La activación y desactivación de los motores puede ocurrir en dos circunstancias; primeramente por orden del usuario mediante la señal emitida por el botón; en segundo término por decisión del sistema de control cuando se requiere cambiar de trayectoria, o cuando la tarea de recolección ha finalizado. Relaciona al sistema de control con el sistema de desplazamiento.
Posicionamiento del vehículo.	Análogica/ entrada	Dos señales, una por cada sensor.	Sistema de sensado	Microcontrolador	Indica cuando el vehículo ha llegado al límite de la alfombra para realizar el cambio de dirección. Relaciona al vehículo con el exterior.
Control del desplazamiento del vehículo,	Lógica/entrada	Una serie de pulsos por cada rueda.	Encoder incremental		El tren de pulsos emitido por un encoder incremental colocado en cada una de las ruedas, es empleado por el sistema de control para conocer la velocidad de las ruedas.
Control del desplazamiento del vehículo.	Lógica/salida	Dos señales por cada motor, para desplazamiento.	Microcontrolador	Sistema de potencia.	Las señales generadas por el microcontrolador son enviadas al sistema de potencia para realizar el control de desplazamiento del vehículo. Relaciona al sistema de control con el sistema de desplazamiento.
Control de velocidad de las ruedas.	PWM/salida	Una señal de PWM por cada motor.	Microcontrolador	Sistema de potencia.	La señal de PWM es enviada al sistema de potencia para controlar la velocidad de cada una de las ruedas del vehículo.

Tabla 3.7.2 Relaciones dinámicas, concepto 3.

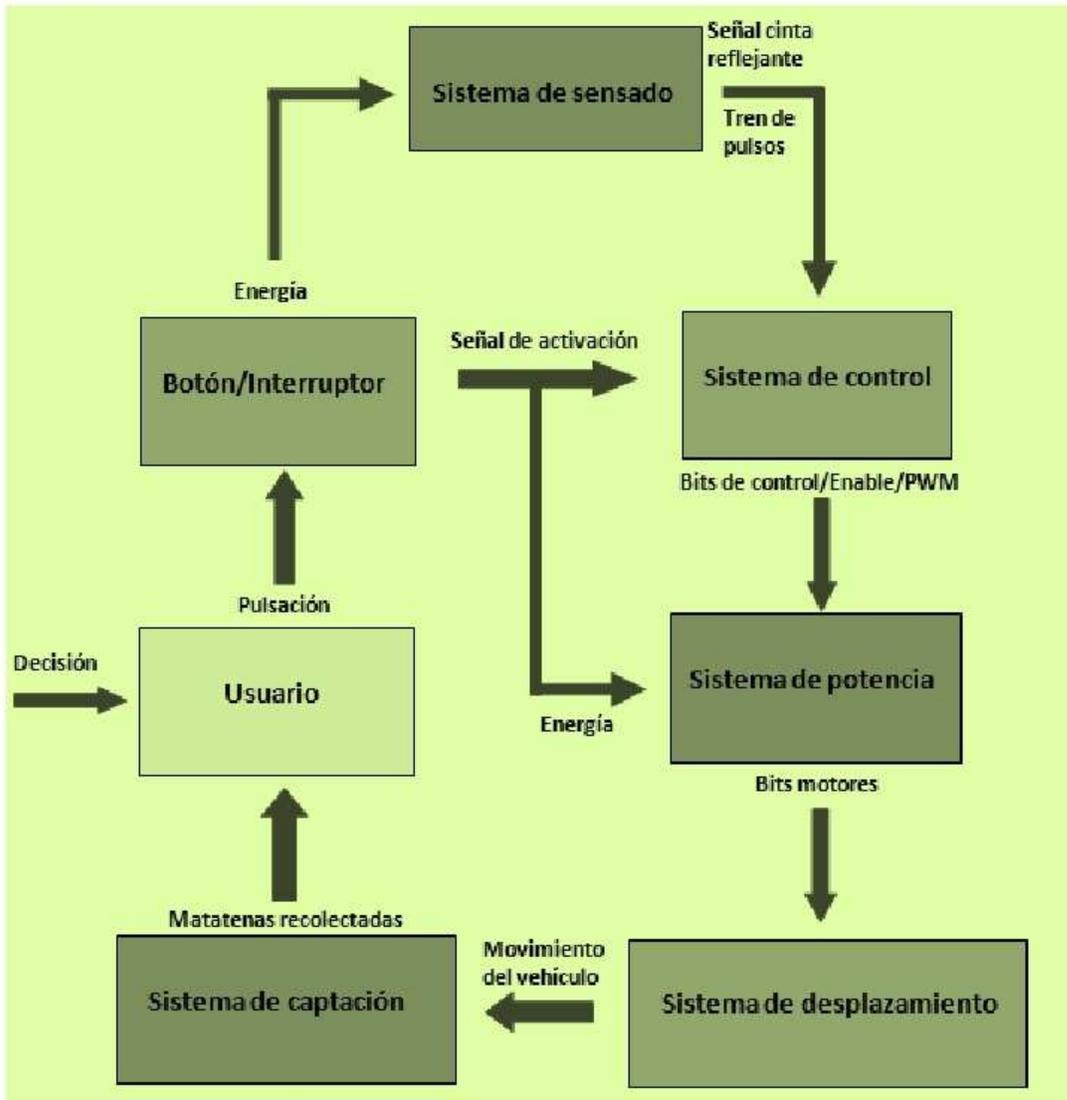


Figura 3.7.5 Flujo de señales y actividades entre subsistemas, relaciones funcionales concepto 3.

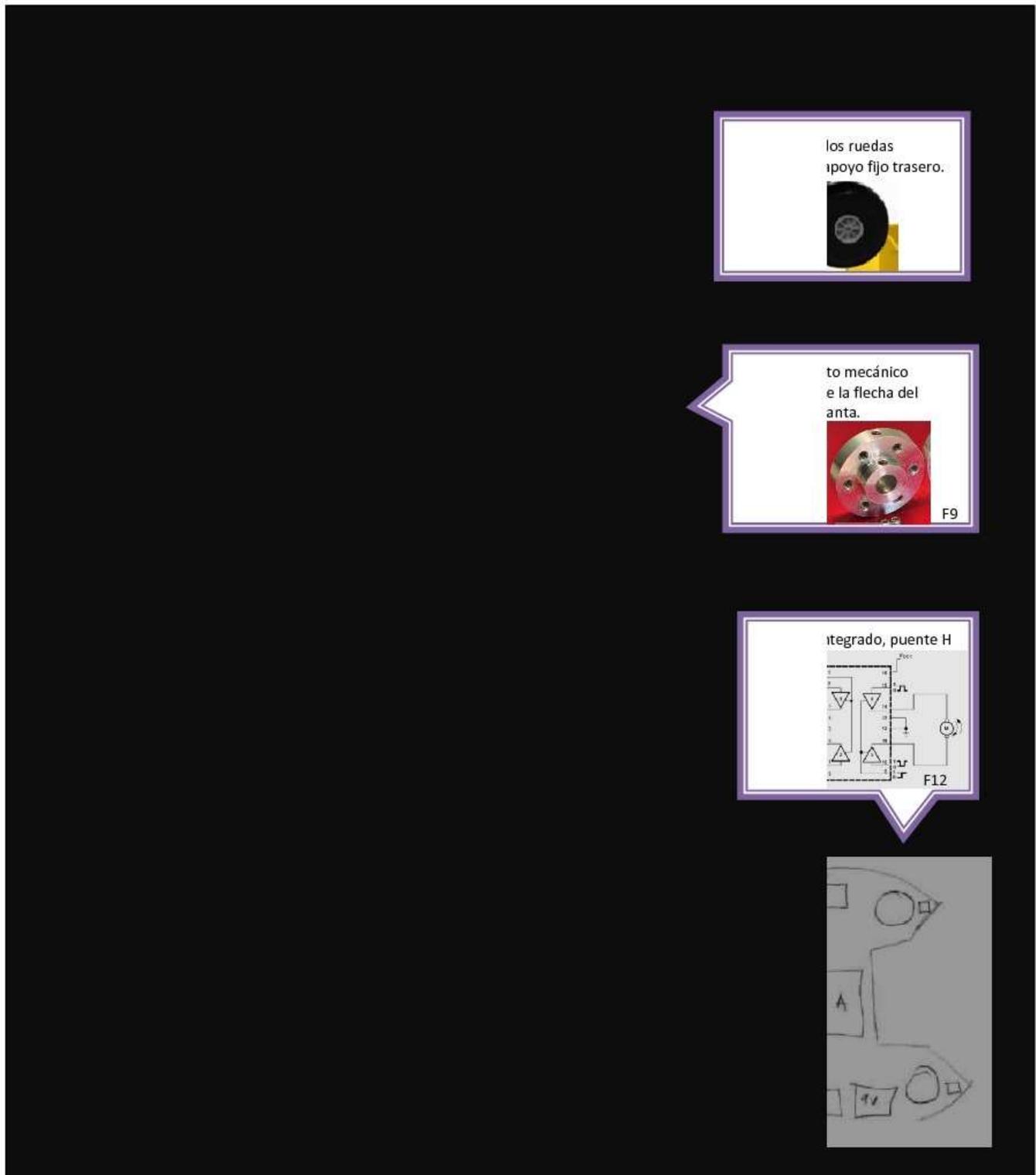


Figura 3.7.4 Concepto 3, configuración de subsistemas.



#### CONCEPTO 4

El cuarto concepto es mostrado esquemáticamente en la figura 3.7.6, en la misma figura se ubica el boceto preliminar y el modelo tridimensional final. A continuación se presenta la descripción del concepto:

Se trata de un robot móvil cuyo sistema de desplazamiento se encuentra formado por dos ruedas móviles, controladas cada una por un motorreductor, con acoplamiento mecánico directo, y una elemento fijo, como apoyo trasero. El sistema de control es microcontrolador, que se encarga de manejar el seguimiento de una trayectoria “zig-zag cuadrado”.

El sistema de potencia es conformado por un circuito integrado Puente H, que permite el control de movimiento de las ruedas, en este caso no se hace uso de la cinta reflejante para el posicionamiento del vehículo, optando por el uso de un encoder incremental, de modo que se conoce el número total de pulsos a cumplir para cada sección de la trayectoria; esta característica proporciona robustez al dispositivo, toda vez, que el sistema es capaz de lidiar con las perturbaciones externas como bordes en la alfombra, fluctuaciones en la velocidad de los actuadores, etc., siendo capaz inclusive de adaptarse a diversos colores de alfombra sin necesidad de un sistema de calibración de sensores.

En cuanto al sistema de captación, este se encuentra compuesto por un mecanismo de aspas giratorias, accionadas por un actuador independiente al sistema de desplazamiento; el acoplamiento de dicho mecanismo al actuador se realiza por medio de un sistema de banda-polea, lo que permite ubicar al actuador en un plano distinto al eje de giro del mecanismo.

En cuanto al sistema de potencia, se encuentra compuesto por un circuito integrado Puente H, en este caso también se propone la inclusión de un medio de control de velocidad de las ruedas, por lo cual se hace uso de los mismos encoders incrementales usados en el posicionamiento. Finalmente, se incluyen dos fuentes de alimentación de energía, la primera para los actuadores, y la segunda para los elementos electrónicos, también se requiere el uso de un regulador de voltaje para la alimentación lógica.

En este concepto, en las relaciones dinámicas entre los sistemas no son incluidas las señales de detección de la cinta reflejante, ni una señal de PWM, ya que la igualación de la velocidad entre ambas ruedas es lograda por medio del frenado y accionamiento intermitente de ambas ruedas, para lograr equiparar sus velocidades. Por último, este caso también emplea la carcasa como elemento de protección contra interferencia de las matatenas en el movimiento.

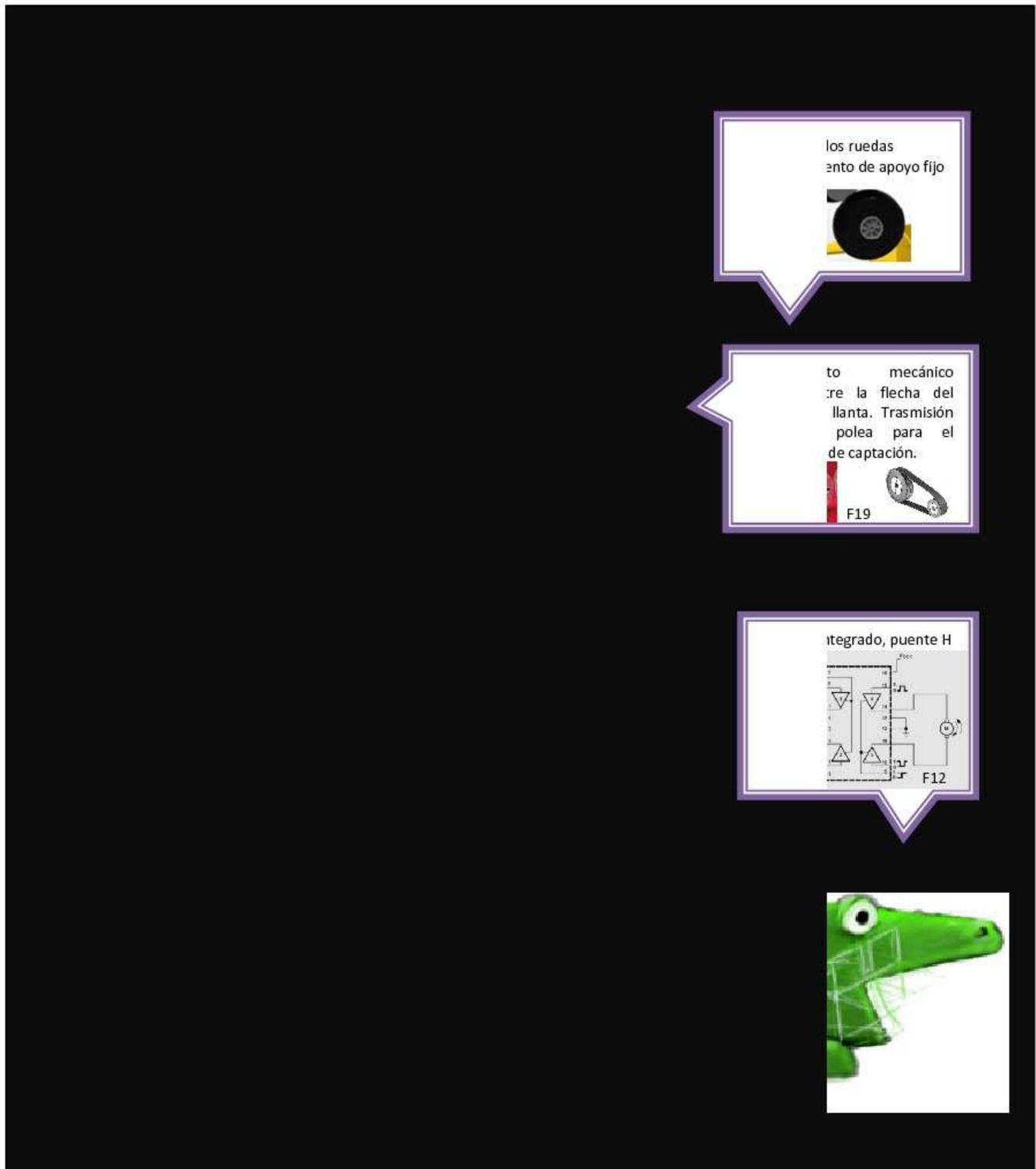


Figura 3.7.6 Concepto 4, configuración de subsistemas.



## CONCEPTO 5

El quinto concepto es mostrado esquemáticamente en la figura 3.7.7, en la misma figura se ubica el modelo tridimensional final. A continuación se presenta la descripción del concepto:

Este vehículo se encuentra compuesto por dos ruedas móviles, de igual modo que en los conceptos anteriores, con la diferencia de que en este caso se incluyen dos ruedas de apoyo delanteras, de esta forma las ruedas traseras con movimiento independiente cada una de ellas, desplazan a las delanteras; esta particularidad es la base del sistema de captación de matatenas, compuesto por un arreglo de resortes adaptados entre las dos ruedas delanteras, cuya rotación introduce las matatenas al interior del vehículo. Este concepto de vehículo de 4 ruedas, proporciona estabilidad, además de no requerir de elementos de actuación para el mecanismo de captación.

Otra de las diferencias notables en este concepto, es que el control de la trayectoria del vehículo “zig-zag cuadrado”, no requiere de ningún elemento de sensado, ya que es realizada en función del tiempo requerido para recorrer cada tramo de trayectoria sobre la alfombra; este sistema de control proporciona simplicidad al diseño, sin embargo no lo hace infalible a diversas perturbaciones, por tratarse de un sistema de control de lazo abierto, que a diferencia de casos anteriores no cuenta con retroalimentación alguna.

Así el sistema de control está formado por un microcontrolador que regula los movimientos y el tiempo para cada tramo de trayectoria, el sistema de potencia está compuesto por un circuito integrado puente H, el acoplamiento a los motores es directo y nuevamente se hace inminente el uso de un regulador de voltaje para obtener la alimentación lógica para los componentes electrónicos. Finalmente, en este caso la protección de las ruedas contra posibles interferencias de las matatenas, se realiza con la inclusión de elementos desviadores, que se extienden desde los costados de la carcasa hacia las ruedas como se muestra en el modelo tridimensional de la figura 3.7.7.



los ruedas móviles  
elanteras de



to mecánico  
:re la flecha del  
anta.



tegrado, puente H

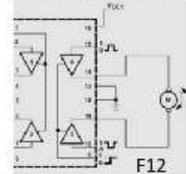




Figura 3.7.7 Concepto 5, configuración de subsistemas.

### CONCEPTO 6

El último concepto es mostrado esquemáticamente en la figura 3.7.8, en la misma figura se ubica el modelo tridimensional final. A continuación se presenta la descripción del concepto:

Este robot móvil se compone de dos ruedas móviles y una rueda trasera tipo castor para apoyo, las ruedas son accionadas por medio de motorreductores con acoplamiento mecánico directo; el sistema de potencia es un circuito integrado puente H que permite el control de giro de los actuadores.

La trayectoria que recorre el dispositivo es de tipo “zig-zag cuadrado”; el posicionamiento del vehículo se realiza empleando un encoder incremental por cada rueda, mismo que también es empleado como sistema de control de velocidad de las ruedas, garantizando el movimiento horizontal del vehículo. Dicho control es realizado mediante la comparación del número de pulsos enviado por cada uno de los encoders incrementales; si es detectado un número mayor de pulsos en una de de ellos, es indicio de que la rueda correspondiente a ese encoder se encuentra girando a una velocidad mayor, por lo que el sistema de control (conformado por un microcontrolador) procede a detener dicha rueda con la finalidad de igualar las velocidades de giro de ambas.

El mecanismo de captación incluye dos actuadores con movimientos independientes, cuyo movimiento encontrado introduce las matatenas al interior de vehículo, esto representa una mayor demanda de potencia; se proponen fuentes de alimentación separadas, para los actuadores y los circuitos electrónicos, también es necesario el usos de un regulador de voltaje para la alimentación lógica.

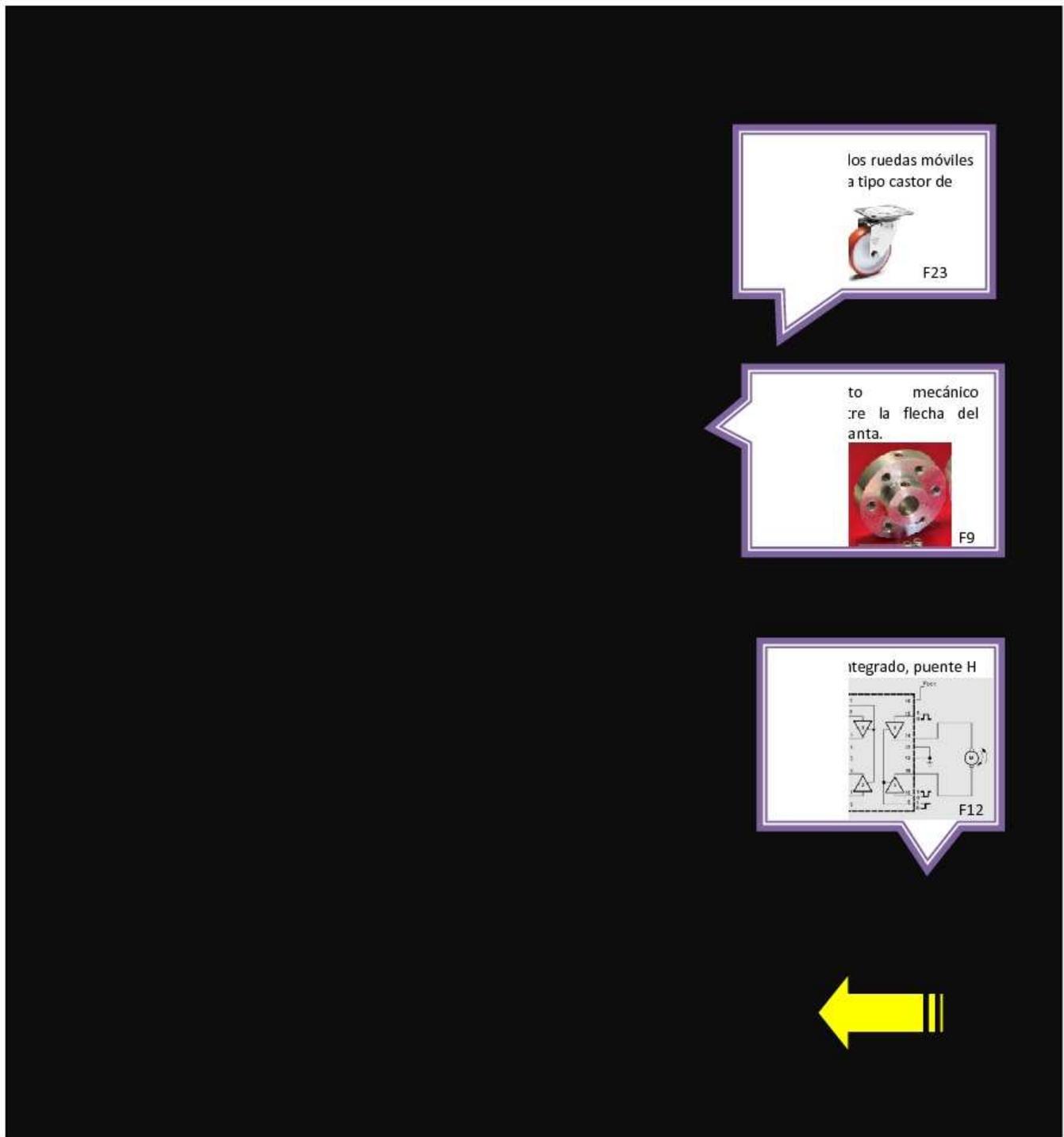


Figura 3.7.8 Concepto 6, configuración de subsistemas.

### III.IX DISEÑO ESTÉTICO EN EL VEHÍCULO RECOLECTOR DE MATATENAS

#### APARIENCIA CONCEPTO 1

En la generación de esta propuesta, el equipo de trabajo, enlistó primeramente los aspectos físicos del dispositivo, que son los siguientes:

- Pala
- Ruedas
- Movimiento
- Trabajo (Recolección)

Posteriormente analizaron los productos con características análogas, los cuales fungen como referencias iconográficas, se muestran en la siguiente lista fig. 3.9.1:

- Palas mecánicas
- Maquinaria agrícola
- Maquinaria de construcción



Figura 3.9.1 Referencias iconográficas en productos comerciales con funciones similares.

Por otra parte, buscaron ejemplos de productos lúdicos relacionados con este tipo de máquinas. Tales productos incluyen personajes infantiles y de películas fig. 3.9.2.



Figura 3.9.2 Referencias iconográficas de productos lúdicos.

En la propuesta final de apariencia fig. 3.9.3, son rescatados los elementos configurativos identificados en el estudio iconográfico como los colores, formas y proporciones.

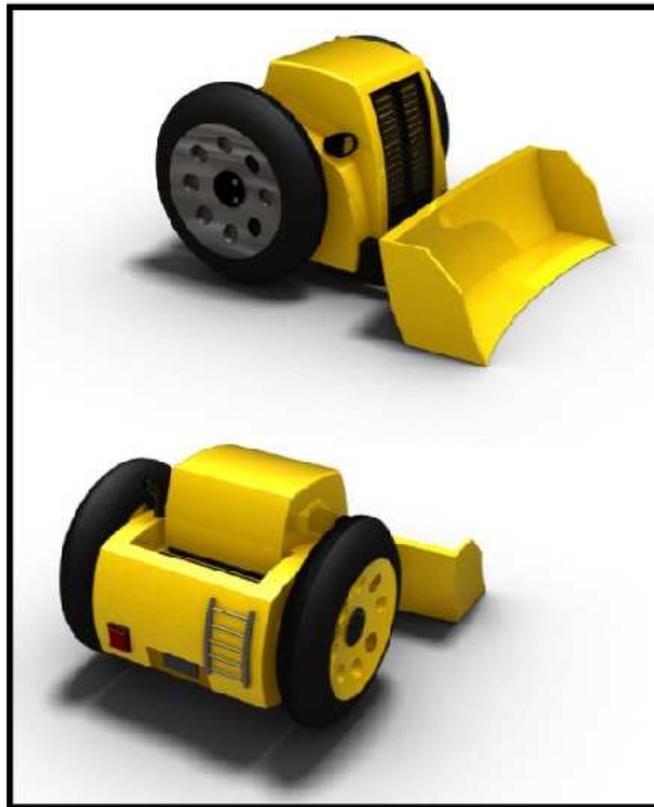


Figura 3.9.3 Propuesta final de apariencia, concepto 1.

#### APARIENCIA CONCEPTO 2

Este concepto fue diseñado por el equipo de trabajo, bajo la analogía de un cocodrilo que “traga” matatenas, haciendo que la parte funcional de dispositivo conforme también a la a la parte estética. Así las aspas rotatorias para la captación de matatenas, hacen la analogía de la “lengua” del cocodrilo. Para reforzar la analogía y lograr el efecto deseado, este dispositivo cuenta con un movimiento en la parte superior “cabeza” de apertura y cierre, lo que genera la impresión de efectivamente el cocodrilo de “traga” las matatenas que encuentra a su paso fig. 3.9.4.

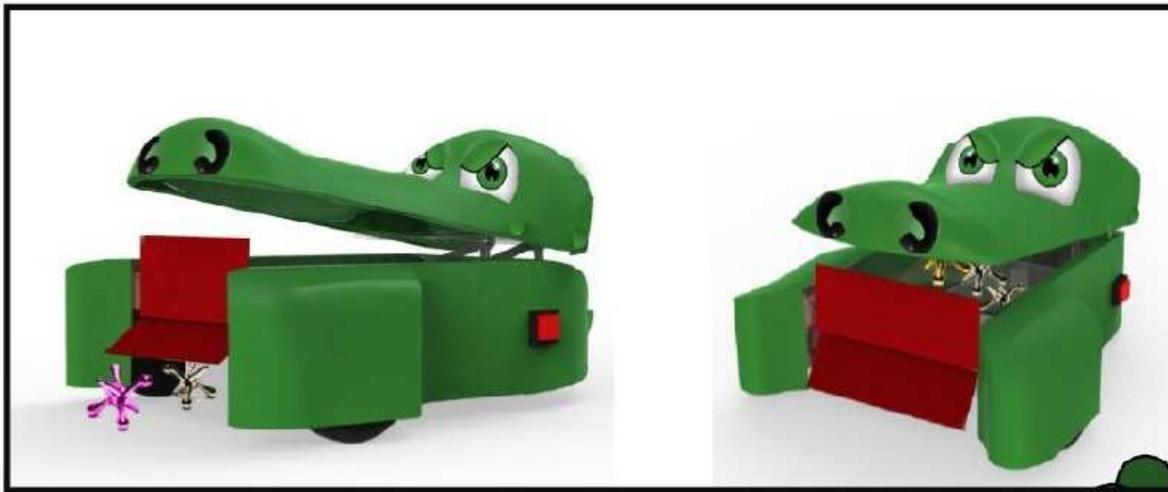


Figura 3.9.4 Propuesta final de apariencia, concepto 2.

### APARIENCIA CONCEPTO 3

Este concepto partió del video juego “PAC- MAN”, el cual recorre una trayectoria y va comiendo objetos esféricos a su paso. El comportamiento del personaje de este video juego se asemeja a lo que el vehículo debe hacer, por ello se establece esta analogía.

Se retoman las características principales del “PAC-MAN” para la propuesta final fig. 3.9.5, como son:

- Forma circular.
- Apertura triangular en forma de boca.
- Color amarillo, característico de este personaje.

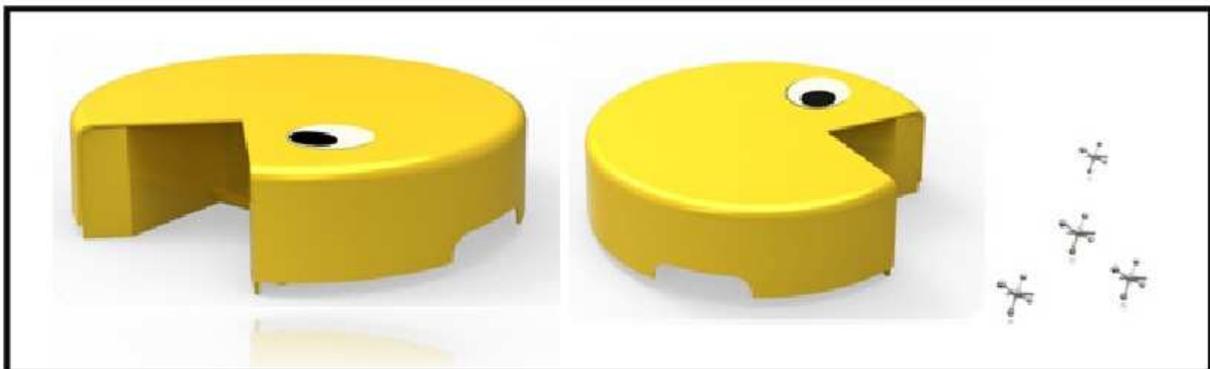


Figura 3.9.5 Propuesta final de apariencia, concepto 3.

### APARIENCIA CONCEPTO 5

Este concepto, cuya propuesta final de apariencia se muestra en la fig. 3.9.6, fue diseñado por el equipo de trabajo mezclando diferentes conceptos, provenientes de tres películas infantiles Cars, Monsters Inc. Y Wall-e. El diseño integra características de los personajes de estas películas animadas fig. 3.9.7.



Figura 3.9.6 Propuesta final de apariencia, concepto 5.

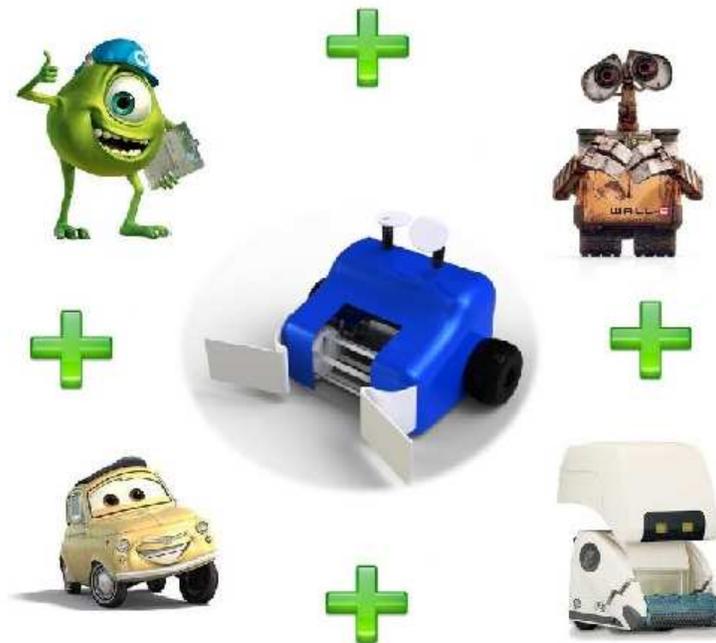


Figura 3.9.7 Mezcla de conceptos para la generación de la apariencia estética del concepto final.



### APARIENCIA CONCEPTO 6

Este concepto también fue desarrollado por el equipo de trabajo, mediante la implementación de analogías, en este se recurrió a un animal llamado tuza fig. 3.9.8. La apariencia final se muestra en la fig. 3.9.9.



Figura 3.9.8 Animal empleado como analogía en el concepto 6.

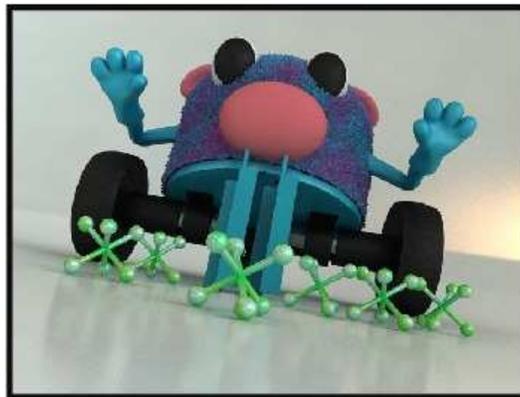


Figura 3.9.9 Diseño de apariencia final, concepto



## IV. *Proceso de diseño de un robot móvil: Selección del concepto y propuestas de mejora.*

En este apartado se presenta la descripción y análisis de los prototipos implementados por los alumnos de la asignatura diseño del producto, y posteriormente los resultados que se obtuvieron de las pruebas efectuadas a los mismos. En base a dichos resultados es realizada la selección del concepto, en la cual es retomado el hecho de que existen dos conceptos opuestos para la recolección de matatenas, el vehículo que las almacena y el vehículo que las reúne; realizado lo anterior, y en base también a las pruebas mencionadas, se presenta la configuración para un robot móvil que reúne las cualidades del concepto seleccionado y se incluyen algunas mejoras consideradas pertinentes, las cuales maximizan la eficiencia en la recolección y mejoran la comunicación con el usuario.

### IV.I IMPLEMENTACIÓN DE PROTOTIPOS

Los alumnos de la asignatura Diseño del producto implementaron prototipos para cada uno de los conceptos mostrados en el capítulo anterior, la selección del concepto es realizada en base a las pruebas en los mismos, a continuación se presentan los prototipos para los diversos conceptos de robot móvil, así como los resultados obtenidos en dichas pruebas.

#### PROTOTIPOS, CONCEPTO 1

En la figura 4.1.1 se observa la vista posterior del primer prototipo para el concepto 1. En las pruebas realizadas en dicho prototipo fueron observadas ciertas dificultades, por lo cual el equipo de trabajo optó por realizar algunas modificaciones al prototipo implementado, dichas modificaciones se observan en la tabla 4.1.1, y no modifican sustancialmente el concepto propuesto.

PROBLEMA	SOLUCIÓN
Dificultad para encontrar los parámetros de tiempo necesarios para el recorrido.	Uso de la cinta reflejante para tener un sistema de lazo cerrado.
Ocasional atascamiento del vehículo con las matatenas.	Rediseño de la pala de recolección de matatenas.
Dificultad en el seguimiento de trayectorias rectas.	Compensación de la velocidad de los motores mediante la programación del controlador.

Tabla 4.1.1 Modificaciones al prototipo 1.



Figura 4.1.1 Prototipo 1, concepto 1.

De las modificaciones mencionadas anteriormente surge el prototipo final para el concepto 1, en la figura 4.1.2 se encuentra la vista posterior para dicho prototipo, de la cual es posible observar lo siguiente:

- El botón de accionamiento es visible para el usuario.
- Cuenta con superficies claras de sujeción para ser tomado con una mano, aún estando en movimiento.
- El cableado y circuitos están completamente contenidos en la carcasa del vehículo recolector de matatenas.

Además de lo anterior, en la misma imagen se muestra la cinta reflejante que delimita la superficie de recolección, la cual es empleada para el posicionamiento del vehículo.



Figura 4.1.2 Prototipo 2 concepto 1, vista posterior.

En la figura 4.1.3 se halla la vista isométrica para el mismo prototipo, de este prototipo se observa lo siguiente:



- El nuevo diseño para la pala de recolección mantiene un mayor control sobre las matatenas ya recolectadas, en comparación con el primer prototipo.
- El segundo prototipo cuenta con una mejor distribución de peso, lo proporciona mayor estabilidad en el desplazamiento.



Figura 4.1.3 Prototipo 2 concepto 1, isométrica.

## PROTOTIPOS, CONCEPTO 2

Para el segundo concepto, los alumnos de la asignatura Diseño del producto realizaron un prototipo del mecanismo de recolección, mostrado en la figura 4.1.4, dicho prototipo mecanismo evolucionaría al mecanismo de aspas giratorias, pero el principio de recolección es el mismo.



Figura 4.1.4 Prototipo 2 concepto 1, mecanismo de recolección.

En la implementación del primer prototipo, de igual forma que en el caso anterior surgen ciertos inconvenientes que son mejorados en el prototipo final, en la tabla 4.1.2 se exponen dichos problemas:



PROBLEMA	SOLUCIÓN
Originalmente se usaba una banda como elemento de transmisión de potencia hacia las aspas. Se detecta pérdida de potencia.	Se elimina la banda como elemento de transmisión, por lo que el eje de las llantas y el de las aspas es el mismo.
El chasis produce fricción con la alfombra.	Aumentar la distancia entre el chasis y la alfombra.
Las matatenas se atorán entre el piso del chasis y las aspas.	Aumentar la distancia entre el piso del chasis y las aspas, de modo que las matatenas fluyan libremente hacia el interior del vehículo.

En la figura 4.1.6, se presenta el prototipo final para el concepto 2. Se observa lo siguiente:

- El dispositivo cuenta con un botón de accionamiento claro para el usuario.
- El vehículo cuenta con áreas de sujeción accesibles para el usuario.
- El cableado y circuitos se encuentran contenidos en la carcasa.



Figura 4.1.5 Prototipo 2 concepto 1, isométrica.

### PROTOTIPOS, CONCEPTO 3

Las figuras 4.1.6 y 4.1.7 corresponden al prototipo final del concepto 3, el problema fundamental por el que atravesó este equipo fue el ajuste de la distancia entre el mecanismo de recolección tipo pala y la alfombra, ya que originalmente las matatenas se atoraban entre ambos, por lo que se requirió realizar diversas pruebas modificando esa variable.



Figura 4.1.6 Prototipo final concepto 1, isométrica



Figura 4.1.7 Prototipo final concepto 1, vista frontal.

### PROTOTIPOS, CONCEPTO 5

En la figura 4.1.9 se observa la vista frontal del prototipo final del concepto 5, se observan los desviadores de matatenas, cuya función es permitir el libre desplazamiento del prototipo a través de la alfombra; también es posible observar las ruedas traseras, que son las que proporcionan movimiento al dispositivo, así como las ruedas delanteras, a las cuales se encuentra acoplado el mecanismo de recolección, y cuyo movimiento se debe al de las ruedas traseras.

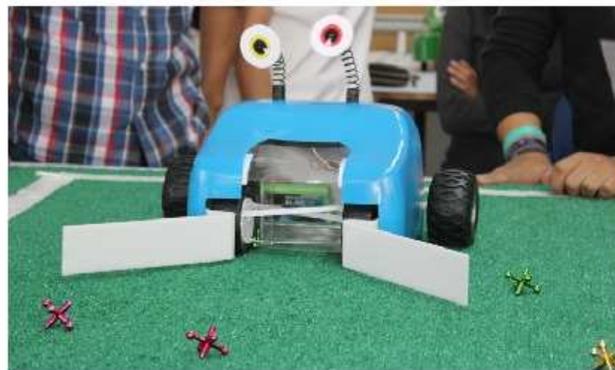


Figura 4.1.9 Prototipo final concepto 1, vista frontal.



En la figura 4.1.10 se observa lo siguiente:

- El dispositivo cuenta con un botón de accionamiento claro y accesible para el usuario.
- Cuenta con áreas de sujeción, lo que permite sujetarlo con facilidad.
- Los componentes electrónicos, motores y cableado se encuentran contenidos en la carcasa del vehículo.



Figura 4.1.10 Prototipo final concepto 1, isométrica.

En la figura 4.1.11 se muestra un acercamiento al mecanismo de captación, el cual introduce las matatenas al interior del vehículo por efecto de la rotación del arreglo de resortes.



Figura 4.1.11 Prototipo final concepto 1, acercamiento mecanismo de recolección.

## PROTOTIPOS, CONCEPTO 6

En la figura 4.1.13 se muestra el prototipo final del concepto 6 en vista frontal. Es posible observar parte de los circuitos y cableado, así como los deflectores de matatenas, que impiden que estas interfieran con el desplazamiento del vehículo; en este caso no se cuenta con un botón de accionamiento visible, lo que dificultaría la operación para el usuario. En este caso también es necesario poner especial atención, en la distancia de la alfombra hacia los deflectores de matatenas, ya que la fricción entre ambos también es un obstáculo para el desplazamiento del dispositivo.

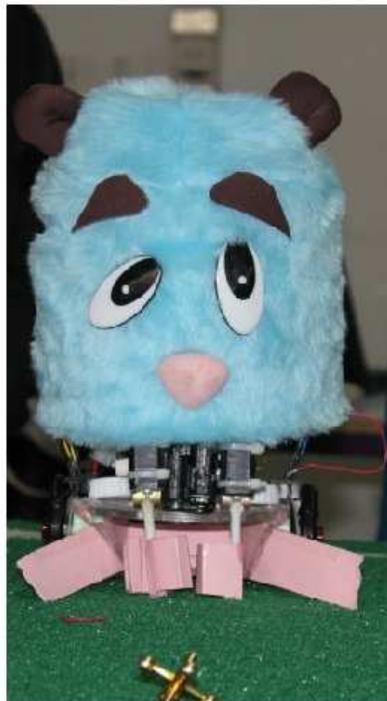


Figura 4.1.13 Prototipo final concepto 6, vista frontal.

En la figura 4.1.14 se muestra un acercamiento del mecanismo de captación del mismo prototipo, se observa que consta de aspas giratorias sobre el eje vertical, la rotación de ambas es hacia adentro del dispositivo, lo cual introduce las matatenas al interior del vehículo. En este caso una variable a controlar es la distancia que hay desde la alfombra hasta la base de las aspas, ya que un inadecuado ajuste de esta puede ocasionar ruptura de las mismas, o forzar los actuadores con que son accionadas.

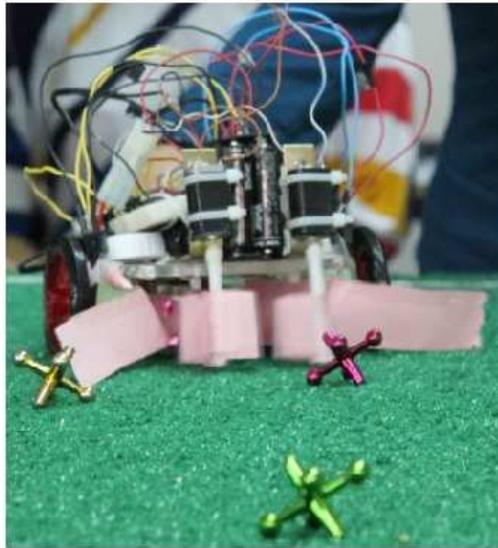


Figura 4.1.14 Prototipo final concepto 6, acercamiento mecanismo de recolección.

#### PROTOTIPOS, CONCEPTO 7

En la figura 4.1.15 se aprecia el primer prototipo del concepto 7, en este prototipo se comprobó la funcionalidad del mecanismo de captación, el sistema de desplazamiento y almacenamiento de matatenas. Este prototipo se encuentra enfocado a comprobar la funcionalidad del producto, pero no refleja la apariencia real del producto final.



Figura 4.1.15 Primer prototipo concepto 7, isométrico.

En la figura 4.1.16 es posible observar el principio de operación del mecanismo de captación, que como ya se ha mencionado anteriormente en este concepto dicho mecanismo se encuentra compuesto por unas aspas giratorias, cuyo movimiento introducen las matatenas al interior del dispositivo.



Figura 4.1.16 Primer prototipo concepto 7, mecanismo de recolección.

En la figura 4.1.15 se observa el prototipo final del concepto 7, este prototipo muestra la apariencia final aproximada que tendrá el producto. De tal imagen se destacan los siguientes puntos:

- El dispositivo cuenta con un interruptor de accionamiento visible para el usuario, lo que facilita la operación del producto.
- Es posible observar el apoyo trasero del vehículo, el cual consta de un rodamiento esférico.
- En la parte superior del robot se observa el subsistema de extracción de matatenas, el cual consta de una tapa, que al ser abatida permite el acceso al contenedor, donde se ubican las matatenas que han sido captadas y almacenadas.
- El cableado y circuitos se encuentran contenidos en la carcasa del dispositivo, además esta misma también contiene a las ruedas del vehículo, lo cual garantiza el libre desplazamiento del vehículo, sin que las matatenas interfieran.



Figura 4.1.17 Prototipo final concepto 7, isométrico.

En la figura 4.1.18 se observa el mismo prototipo en vista frontal, de dicha imagen se observa lo siguiente:



- Se observan los brazos laterales del dispositivo, que en este caso tienen la función de canalizar las matatenas hacia el mecanismo de captación, además de ampliar el rango de captación.
- También es posible visualizar el mecanismo de captación, el cual consta como ya se ha mencionado, de un conjunto de aspas giratorias, las cuales al rotar introducen las matatenas al interior del vehículo.



Figura 4.1.18 Prototipo final concepto 7, vista frontal.

#### IV.II RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

Uno de los métodos de selección del concepto es realizar pruebas en prototipos, con la finalidad de garantizar la funcionalidad del concepto, y la satisfacción de las necesidades del cliente que han sido traducidas en parámetros técnicos que proporcionan objetividad a la evaluación de los conceptos. En principio es necesario comentar las circunstancias bajo las cuales fueron desarrolladas dichas pruebas; así en la figura 4.2.1 se muestran la alfombra y una de las matatenas que conformaron los elementos de trabajo de los robots recolectores de matatenas; la prueba básicamente consistió en colocar uno de los dispositivos a la vez sobre la alfombra, los cuales iniciaban su recorrido en una de las esquinas de la misma; sobre la alfombra completa fue colocado un juego completo de matatenas, el cual consta aproximadamente de diez matatenas; bajo estas condiciones, los dispositivos fueron accionados, dando inicio a la actividad de recolección.



Figura 4.2.1 Alfombra y matatenas usadas en las pruebas.



De estas pruebas fueron evaluados los subsistemas por separado (tales subsistemas fueron establecidos en el Capítulo V del presente trabajo); subsistema de desplazamiento, de captación, de almacenamiento, de extracción y de reunión de matatenas. La evaluación de los subsistemas, evalúa el concepto en general, aunque es cierto que se han mencionado que el diseño mecatrónico no debe ser considerado como partes aisladas, es un hecho que del cumplimiento individual de cada una de las subfunciones depende en gran medida el cumplimiento de la función principal para la que se encuentra diseñado el producto.

También es necesario mencionar que la evaluación de tales subsistemas se vio reflejada en los siguientes aspectos cualitativos:

- Seguimiento de la trayectoria: en este aspecto se observaron características como cumplimiento de la trayectoria propuesta; desplazamiento dentro del área de trabajo, que fue medida y posteriormente marcada con la cinta reflejante; libre desplazamiento del vehículo, es decir que las matatenas no interfirieran con el mismo.
- Recolección de matatenas: aquí fue evaluado que el dispositivo realmente recolectara las matatenas; en el caso de tratarse de un vehículo que las almacena, que las matatenas no obstruyeran el mecanismo de captación y de tal suerte que fueran introducidas hacia el interior del vehículo; para el vehículo que reúne las matatenas sobre la alfombra, se observó que las matatenas no se atoraran entre el mecanismo de captación y la alfombra. En este aspecto, como ya ha sido mencionado, también depende del desplazamiento del vehículo, ya que un inadecuado seguimiento de la trayectoria, se ve reflejado en una inadecuada captación de las matatenas.

Desde luego que lo ideal es efectuar pruebas cuantitativas, como número de matatenas recolectadas, tiempo de recolección etc. (Aspectos que se incluyen en la lista de parámetros técnicos del Capítulo IV), pero dados los resultados obtenidos no fue posible realizar dichas pruebas. De tal suerte, a continuación se presentan los resultados generales obtenidos en las pruebas realizadas.

### **SEGUIMIENTO DE LA TRAYECTORIA**

Este fue un aspecto común en el que se observaron problemas, ya que en ninguno de los prototipos implementados las trayectorias fueron realizadas de forma óptima, es decir, las trayectorias propuestas no fueron cumplidas (zig – zag, aleatoria); los motivos principales de esta falla fueron los siguientes:

- Deficiencia del sistema de sensado: Los dispositivos cuyo posicionamiento se lleva a cabo mediante el sensado de la cinta reflejante y la detección de la misma, presentaron problemas. Los factores que influyeron a esta situación fueron las características propias de la alfombra, que en palabras de los propios alumnos “tiene brillos” y estos envían falsas señales a los sensores, y como consecuencia el dispositivo cambia de sentido cuando no debería de hacerlo, o simplemente la cinta reflejante no es detectada, ocasionando que el vehículo se salga del área de recolección.

- “Zonas muertas”: Se detectó, que en algunos casos, durante el desplazamiento del robot las matatenas quedaban atrapadas en ciertas “zonas muertas”, obstruyendo el desplazamiento, en otros casos se detectaron posibles zonas en las que se podría presentar este problema. En la fig. 4.2.2 se ejemplifica esta situación.
- Deficiencia en el seguimiento de trayectorias rectas: La falta de realimentación en algunos casos, del movimiento independiente en cada rueda, generó errores en el seguimiento de las trayectorias, ya que inclusive los dispositivos al desplazarse en diagonal en vez de línea recta, se salían del área de recolección.

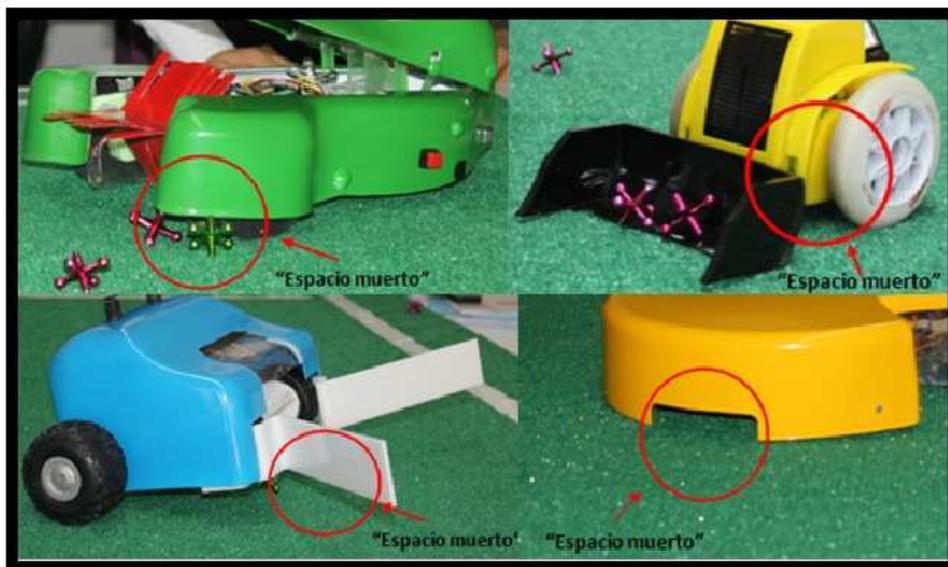


Figura 4.2.2 Ubicación de los “espacios muertos” en diferentes diseños.

### RECOLECCIÓN DE MATATENAS

Los principales problemas que se detectaron en la recolección de matatenas fueron los siguientes:

- Atascamiento del mecanismo de recolección con las matatenas: Se presentó ocasional atascamiento del mecanismo de recolección con las matatenas, en los mecanismos conformados por aspas rotatorias (fig. 4.2.3). También se observó la posibilidad de atascamiento entre las palas de recolección y las matatenas, situación observada en las pruebas a los primeros prototipos de los conceptos.
- Roce entre el mecanismo de recolección y la alfombra: Este problema se presentó en el concepto cuyo mecanismo de recolección tiene aspas con eje de recolección vertical (fig. 4.2.4).
- Regulación de velocidad: El “exceso de velocidad” en la rotación de las aspas con eje vertical, provocó que en ocasiones las matatenas fueran “rechazadas” por el mecanismo de captación.



Figura 4.2.3 Problemática mecanismo de aspas rotatorias.

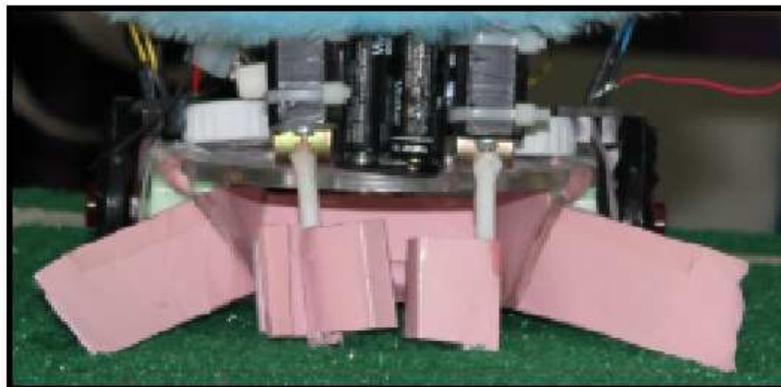


Figura 4.2.4 Roce entre aspas rotatorias y alfombra.

Dado que las principales deficiencias se detectaron en el desplazamiento del vehículo, no fue posible realizar la evaluación en base a aspectos cuantitativos, como la restricción del tiempo de recorrido (5 min), o el área final donde deberían quedar reunidas las matatenas (10 x 10 cm), aspectos que eran importantes para la comparación entre los diferentes diseños. En cambio, es claramente observable que todos los diseños se apegan al resto de las restricciones (capítulo IV), es decir todos los diseños conceptuales de los cuales fueron implementados los prototipos son vehículos autónomos y efectivamente recolectan matatenas.

Otros aspectos a evaluar en los diseños, es la *lista de parámetros técnicos iniciales* (capítulo IV). De los cuales es posible evaluar solamente los siguientes aspectos:

- Peso del vehículo



- Dimensiones totales del vehículo
- Área de sujeción: En la (fig. 4.2.5) se presentan los diseños que cuentan con un área de sujeción clara para el usuario.
- Botón de accionamiento: En la (fig. 4.2.6) se muestra la ubicación del botón de accionamiento en diferentes diseños.
- Cableado y circuitos sin contacto con el usuario: En la (fig. 4.2.7) se muestra un ejemplo de diseño que no cubre esta característica.
- Elementos externos sin filo: Este factor se expresa en los ángulos de terminado de las diferentes partes de producto, la mayoría de los diseños cubren esta característica, la cual es importante para evitar lesiones en el usuario durante la operación y manejo del producto.
- Procedimientos de mantenimiento sencillos.
- Costo máximo.

El resto de los elementos que conforman la lista como porcentaje de matatenas recolectadas, duración de la batería en operación constante no pueden ser medidos directamente, ya que como se ha mencionado la captación de matatenas depende también del desplazamiento del vehículo.



Figura 4.2.5 Área de sujeción de los diferentes diseños.

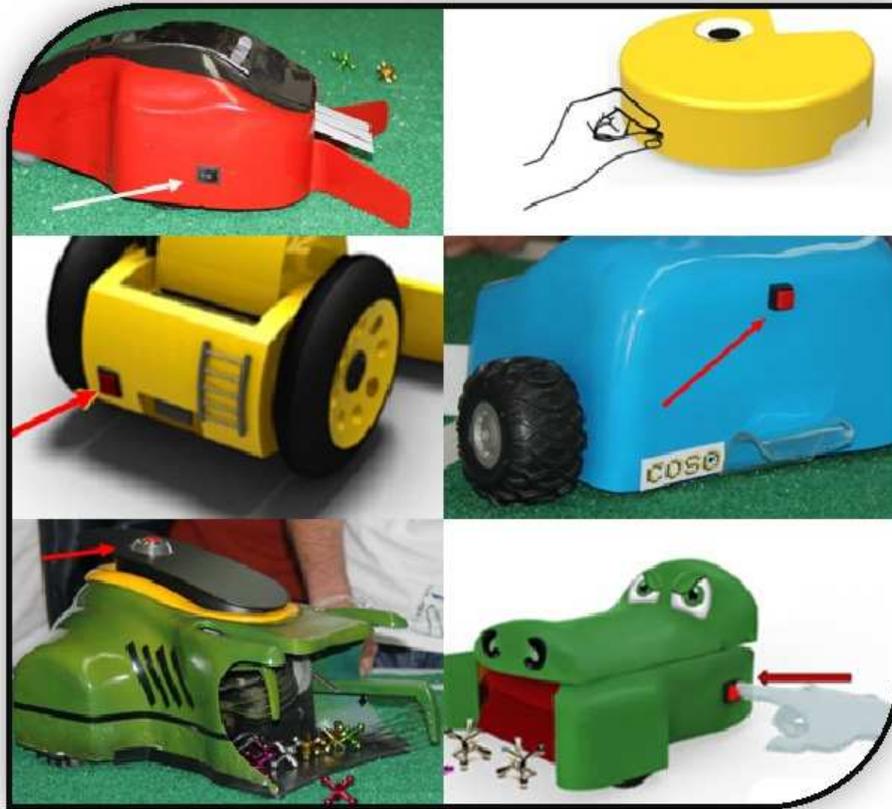


Figura 4.2.6 Botón de accionamiento en los diferentes diseños.



Figura 4.2.7 Ejemplo de diseño cuyos circuitos y cableado no se encuentran completamente ocultos.



### IV.III SELECCIÓN DEL CONCEPTO

Realizar la selección de un concepto no es tarea fácil, de hecho es necesario realizar múltiples pruebas en prototipos, modelos tridimensionales e incluso someter a consenso la selección de la mejor alternativa de diseño. En el presente trabajo, como ya se ha mencionado, la selección del concepto, viene dada por el análisis de las pruebas en los distintos prototipos. A pesar de los problemas observados es posible realizar un análisis sobre las fallas y detectar elementos a mejorar, así el objetivo en esta parte es, en base a las pruebas, errores y virtudes detectadas en cada uno de los diseños, generar una propuesta conceptual que incluya lo mejor de cada diseño, proponer soluciones a los problemas detectados y algunas mejoras que desde mi punto de vista resultan importantes para lograr la funcionalidad óptima de este producto.

### DOS TIPOS DE PRODUCTO

En primer lugar, es necesario considerar que nos encontramos ante dos tipos de producto, el vehículo que almacena matatenas y el vehículo que reúne matatenas, ambos proporcionan una solución viable al problema. Entonces, surge una interrogante ¿Entre cuál de los dos tipos de concepto elegir. Se requiere retomar para qué fue diseñado el producto, recurriendo a la función principal del mismo (capítulo V), la función principal es recolectar matatenas de la alfombra, ambos cumplen con dicha función, pero existen claras diferencias que son delineadas a continuación.

Vehículo que reúne matatenas:

En la figura 4.2.8 se muestran los vehículos que reúnen matatenas. El común denominador de estos conceptos es la simplicidad, es decir no se requiere de la inclusión de partes móviles en el sistema de captación, y con este hecho se ve beneficiado, sin duda, alguna el ahorro de energía. Otro aspecto positivo de este concepto es que las dimensiones del vehículo se reducen, puesto que no se requiere de la designación de un espacio interno para el almacenamiento de matatenas, ni para los elementos móviles del sistema de captación; así el espacio interno completo del vehículo es designado a la contención de los componentes electrónicos y actuadores del sistema de desplazamiento.



Figura 4.2.8 Vehículos que reúnen matatenas.



A continuación se retoman los principales problemas para estos conceptos:

1. Mantener el control durante el cambio de sentido del vehículo de las matatenas reunidas .
2. Evitar el atacamiento de matatenas entre la alfombra y la pala de recolección.
3. Problemas de posicionamiento y seguimiento de trayectoria en la alfombra.
4. Identificación de “zonas muertas”.

Vehículo que almacena matatenas:

Este tipo de concepto (fig. 4.2.9) puede resultar muy atractivo para el usuario, ya que refuerza la idea de autonomía en la recolección de matatenas, toda vez que estas van desapareciendo con el avance del vehículo. Sin embargo se presenta mayor complejidad ya que se requieren de elementos móviles para realizar la tarea de captación, lo que se ve reflejado en una mayor demanda de energía y espacio en el vehículo, además se requiere considerar el área y forma de extracción para las matatenas. Los conceptos que presentaron una mayor funcionalidad en la recolección, son los que incluyen aspas rotatorias con eje horizontal.



Figura 4.2.9 Vehículos que almacenan matatenas.



Los principales inconvenientes para estos conceptos son los siguientes:

1. Posible atascamiento de las aspas con las matatenas.
2. Problemas de posicionamiento y seguimiento de trayectorias en la alfombra.
3. Identificación de “zonas muertas”

En la tabla 4.1.1 se resumen las ventajas y desventajas para estos dos tipos de conceptos:

TIPO DE CONCEPTO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Vehículo que reúnen matatenas	<ul style="list-style-type: none"><li>• Simplicidad</li><li>• No se requiere de elementos móviles</li><li>• Reducción de tamaño y peso.</li><li>• Posibilidad de reunir otro tipo de objetos además de matatenas.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Dificultad en el control de las matatenas ya captadas.</li><li>• Pocos elementos de interacción con el usuario.</li></ul>
Vehículo que almacena matatenas	<ul style="list-style-type: none"><li>• El almacenamiento es atractivo para el usuario, permite la interacción.</li><li>• Se mantiene fácilmente el control sobre las matatenas ya captadas.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se requiere espacio para los elementos móviles.</li><li>• Se requiere espacio interno para almacenamiento de matatenas.</li><li>• Gasto de energía para el accionamiento de los elementos móviles.</li><li>• Designación del área de extracción.</li><li>• Reúne solo matatenas.</li></ul>

Tabla 4.1.1 Ventajas y desventajas para los dos tipos de conceptos principales.

Lo anterior es de gran utilidad para definir la tendencia del concepto final es necesario contraponer las ventajas y las desventajas que presenta cada concepto, y evaluar las dificultades que se presentan en la resolución de cada una de las desventajas.

De lo anterior, el campo para la selección del concepto se reduce al vehículo que reúne matatenas; ya que este concepto de vehículo cumple sin lugar a dudas con la función principal de una forma práctica y con gran simplicidad, además este concepto proporciona gran flexibilidad en cuanto a recolección de otro tipo de objetos además de matatenas, en el caso del vehículo que almacena matatenas esto requeriría de grandes modificaciones. Así, en los apartados siguientes el trabajo se centrará en encontrar la solución más óptima para los problemas y desventajas de este concepto.

### SISTEMA DE DESPLAZAMIENTO

Uno de los asuntos principales por resolver es el desplazamiento del vehículo, que como ya se ha mencionado en este aspecto se ubicaron los principales problemas.

Los aspectos que se rescatan de los diseños probados son los siguientes:

- Motorreductores con acople mecánico directo



- Uso de encoder incremental para posicionamiento
- Sistema de sensado para detectar el límite de la alfombra
- Microcontrolador para recoger información de los sistemas de sensado y emitir las señales de control de los motores
- Circuito integrado puente H para controlar velocidad y sentido de giro de los actuadores
- Vehículo con dos ruedas y apoyo trasero (tipo esfera castor o fijo), arreglo diferencial.
- Fuentes de alimentación separadas para el accionamiento de los motores y para el microcontrolador
- Trayectoria ( zig – zag cuadrado).

Justificación de la selección de elementos:

Motorreductores con acople mecánico directo: Los motorreductores acoplados directamente a las ruedas proporcionaron en las pruebas la potencia adecuada para el desplazamiento sobre la alfombra.

Encoder incremental: Los dispositivos que emplearon encoder incremental, no tuvieron problema para el desplazamiento en trayectorias rectas, lo cual es parte esencial para el adecuado seguimiento de la trayectoria.

Sistema de sensado para detectar el límite de la alfombra: Es importante además de contar con un sistema de sensado interno, contar con un sistema que proporcione información del exterior, estos dos aspectos son importantes en la implementación del sistema de navegación del robot móvil.

Microcontrolador: El microcontrolador es el común denominador en todos los conceptos generados por los alumnos de la asignatura diseño del producto. Este permite la adquisición de la información interna y externa del robot móvil, y en base a ella generar las respuestas adecuadas para el seguimiento de la trayectoria.

Circuito integrado puente H: Los vehículos que incluyen este elemento en la implementación del concepto, presentan mayor flexibilidad y posibilidad de adaptarse a distintos tipos de trayectoria, si así se decide, ya que este elemento permite el movimiento en reversa y el control de la velocidad del vehículo.

Vehículo con dos ruedas y apoyo trasero (tipo esfera castor o fijo): Los vehículos que incluyen este tipo de arreglo en su concepto no presentaron problemas para desplazarse, en cambio algunos vehículos que manejaron ruedas de tipo castor comunes tuvieron dificultades, ya que este elemento se encajaba en la alfombra impidiendo el adecuado desplazamiento.

Fuentes de alimentación separadas: Usar fuentes de alimentación separadas para la lógica y la potencia es recomendable para evitar ruidos y fluctuaciones causadas generalmente por los motores [30].



Trayectoria (zig – zag cuadrado): Este tipo de trayectoria garantiza que realmente se realice un barrido completo de la alfombra, teniendo todas las matatenas la posibilidad de ser captadas.

#### VII .IV PROPUESTAS DE MEJORA

Una de las primeras mejoras a efectuar es en el sistema de sensado del límite de la alfombra, la implementación del mismo es de suma importancia, ya que de acuerdo a las pruebas en los prototipos, la carencia del mismo significa tener un lazo de control abierto, es decir sin realimentación del exterior, y esto se ve reflejado en un deficiente seguimiento de la trayectoria. Como ya se ha mencionado, uno de los principales problemas radicó en el mismo, desde mi perspectiva, la decisión de usar la cinta reflejante no fue la decisión óptima para resolver el problema de posicionamiento del robot, y sí generó mayor incertidumbre y disminución de la adaptabilidad del dispositivo. Es decir, en caso de que esta solución hubiera sido implementada exitosamente, surge la pregunta ¿Qué pasaría en un ambiente real de operación del vehículo?, en cuanto a ambiente real me refiero a que el usuario esperaría poder usarlo en la sala de su casa, por ejemplo, y no sería adecuado pedirle la colocación de una cinta reflejante que delimitara la alfombra de su sala. Así que es necesario pensar en una solución que en primer lugar sea viable de implementar en condiciones reales de operación, bajo esta perspectiva, a mi juicio habría sido una mejor alternativa la implementación de una pared que delimitara la alfombra, siendo objetivo en cualquier habitación normal existen paredes e incluso obstáculos que funcionan como tales. En el presente trabajo, se realizará una propuesta para el sistema de sensado que pueda actuar bajo condiciones planteadas desde un inicio para el desarrollo de este proyecto, es decir no se adicionará ningún elemento externo para su operación.

La propuesta de solución bajo las condiciones descritas anteriormente es muy simple, radica en emplear el espesor natural de la alfombra como elemento de sensado (fig. 4.2.10).

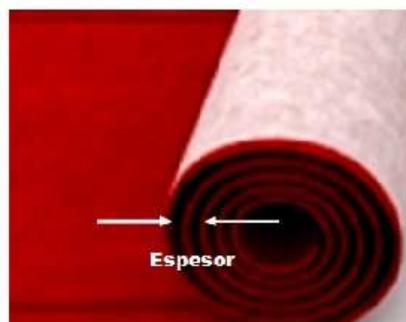


Figura 4.2.10 Espesor de alfombra, elemento de sensado. [F29]

En el proceso de elegir la tecnología más adecuada para el proceso de sensado descrito, surgieron las siguientes alternativas:

Microswich (fig. 4.2.11): La primera idea que surgió colocar un par de microswich en la parte delantera del vehículo, el problema que se detectó es que se podía atorar con la alfombra. Por lo



tanto para este caso se descarta, aunque sería una buena alternativa para la detección de obstáculos como las paredes de una habitación.



Figura 4.2.11 Microswitch. [F30]

Sensor ultrasónico (fig. 4.2.12): Puesto lo que deseamos medir es un cambio de distancia, de la alfombra al vehículo y después fuera de la alfombra al vehículo; un sensor ultrasónico es una buena opción, un sensor de este tipo con un rango de detección de 3 a 400 cm oscila alrededor de los \$300 MXN, y presenta grandes ventajas para esta aplicación, las cuales se enuncian a continuación:

- La respuesta de un sensor de proximidad ultrasónico no depende del color de la superficie ni de la reflectividad óptica del objeto. P. ej., la detección de una placa de vidrio transparente, una de cerámica marrón, una de plástico blanca y una de aluminio brillante es similar [31]. Para esta aplicación esto proporciona grandes ventajas, ya que el posicionamiento del vehículo no se verá afectado por el tipo o color de alfombra del que se trate, ni por el tipo de piso sobre el que se encuentre colocada; la única variable será el tiempo que tardan en regresar las ondas emitidas por el sensor ultrasónico, así cuando la parte delantera del vehículo se encuentre sobre la alfombra, dicho tiempo será prácticamente cero, y cuando la parte delantera del vehículo salga de la alfombra el tiempo en regresar las ondas ultrasónicas será mayor, lo que indicará al sistema de control que es tiempo de cambiar de dirección. Este sensor muestra un excelente comportamiento frente a obstáculos dispuestos en un plano perpendicular al sensor, y en este caso esas son precisamente las circunstancias, tanto la alfombra como el piso se encuentran en planos perpendiculares al vehículo y por lo tanto al sensor, más adelante se mostrara la colocación exacta propuesta para el sistema de sensado. Para esta aplicación bastaría con un sensor ultrasónico cuya resolución sea de 1cm, el cual es posible encontrarlo comercialmente. En el Apéndice VI es posible consultar más información sobre el sensor ultrasónico.



Figura 4.2.12 Sensor ultrasónico comercial. [F31]

La propuesta del sensor ultrasónico solamente genera un pequeño problema, ya que cuando el vehículo se encuentra en el borde de la alfombra y desea cambiar de dirección, necesariamente requiere retroceder una cierta distancia para poder realizar una vuelta de  $180^\circ$ , este problema también se suscitaría cuando el vehículo chocara con una pared, es necesario hacer retroceder al vehículo una cierta distancia para permitir el libre giro del mismo. Esta circunstancia ocurre por el tipo de arreglo de ruedas que se emplea, las vueltas se realizan en torno al eje delantero, no al trasero, lo cual implica que al realizar los giros la parte trasera del vehículo es la que se desplaza (fig. 4.2.13).

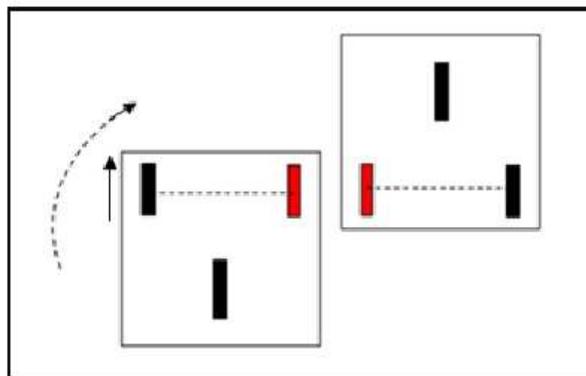


Figura 4.2.13 Rotación del vehículo, arreglo diferencia con apoyo trasero. En rojo se muestra la rueda sobre la que se efectúa la rotación.

Debido a esta situación, resulta conveniente modificar el arreglo de ruedas del vehículo, por un arreglo con apoyo trasero, así el giro se realizaría apoyándose en el eje trasero, lo que trasladaría la parte delantera del vehículo y no la trasera, impidiendo que se pierda el control de las matatenas o que el vehículo salga de la alfombra (fig. 4.2.14).

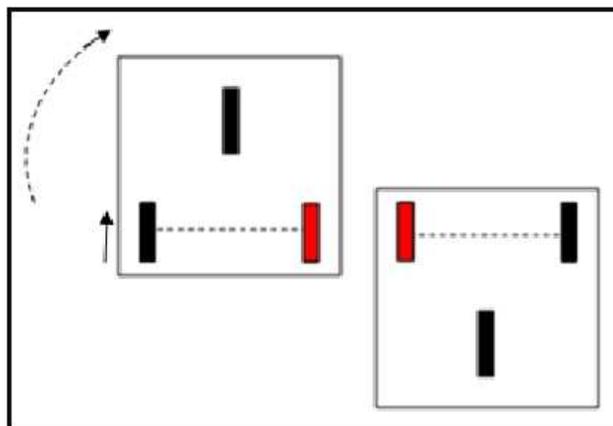


Figura 4.2.14 Rotación del vehículo, arreglo diferencia con apoyo delantero. En rojo se muestra la rueda sobre la que se efectúa la rotación.

### DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO

A continuación se describen los elementos básicos de funcionamiento del concepto generado, en el sistema de sensado, sistema de captación y elementos de comunicación con el usuario.

#### SISTEMA DE SENSADO

El sensor ultrasónico se encuentra dispuesto en parte frontal superior del vehículo como se muestra en la figura 4.2.15, lo que sensará será el incremento de altura cuando llegue al límite de la alfombra, la pregunta que puede surgir es ¿Qué pasa cuando una matatena se interpone entre las ondas emitidas y la alfombra? Esta situación no tendrá efecto alguno, ya que al interponerse una o varias matatenas entre las ondas emitidas y la alfombra, lo que se estaría percibiendo sería una disminución en la altura, más no un incremento en la misma.

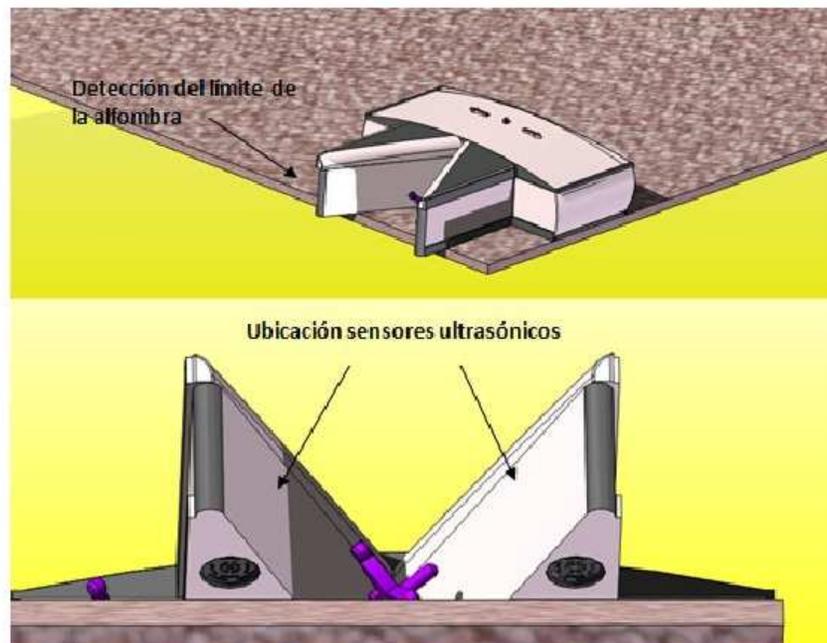


Figura 4.2.15 Disposición y funcionamiento de los sensores ultrasónicos.

También resulta necesario establecer los siguientes elementos principales de comunicación:

- Cuando la batería está en un nivel bajo, y requiere ser recargada.
- Cuando la tarea de recolección ha finalizado

#### NIVEL DE BATERÍA BAJO



Un indicador de nivel de batería bajo, visible para el usuario. Para este fin se aprovecharía una de las entradas analógicas que proporciona el microcontrolador y se establecerían unas pequeñas líneas de programación, las cuales compararían un valor de voltaje considerado como bajo para la operación adecuada del vehículo con el voltaje de entrada en el canal analógico; cuando dicho valor de entrada se equipare con el valor de referencia es enviada una señal de salida digital hacia un led luminoso (fig. 4.2.16), lo que indicará al usuario que es momento de efectuar la recarga de energía. En la figura. 4.2.17 se observa la ubicación propuesta para el indicador de nivel de batería bajo.



Figura 4.2.16 Indicador luminoso led. [F32]

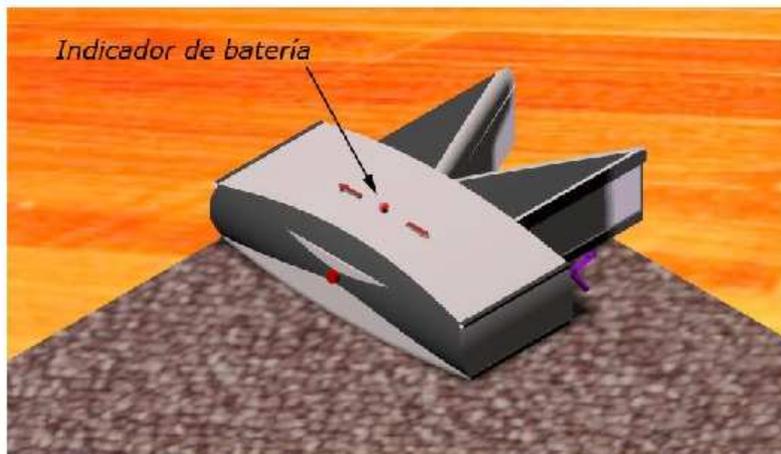


Figura 4.2.17 Indicador de batería baja.

#### TAREA DE RECOLECCIÓN FINALIZADA

De alguna forma el usuario debe estar al tanto del progreso en la tarea de recolección, y más aún cuando dicha tarea ha llegado a término. Un mecanismo sencillo para lograr este objetivo, es la implementación de una pequeña alarma sonora (fig. 4.2.18), la cual será activada a través del microcontrolador cuando el recorrido y por lo tanto la tarea de recolección ha finalizado.



Figura 4.2.18 Alarma sonora para indicar termino de actividad. [F33]

### SENTIDO DE DESPLAZAMIENTO

Otra de las características importantes para adicionar a este robot móvil es la posibilidad de elegir el inicio de la trayectoria, es decir, los prototipos construidos por los alumnos de la asignatura diseño del producto, solamente se desplazaban hacia un sentido y sería muy importante proporcionar al usuario la comodidad de ubicarlo en la esquina de la alfombra que desee. Para este objetivo es de gran utilidad la implementación del sensor ultrasónico, ya que los diseños que no usaron la cinta reflejante para el posicionamiento sobre la alfombra usaron el conteo de pulsos emitidos por los encoders, pero esto restringe la interacción del producto con el usuario. Entonces es necesario que el usuario tenga la posibilidad de indicar al menos el sentido de desplazamiento que tendrá el vehículo, esto se logra incluyendo una pequeña carátula con botones que al ser pulsados informen al sistema de control del sentido hacia el cual deberá seguir la trayectoria (fig. 4.2.19).



Figura 4.2.19 Seleccionadores de sentido de movimiento para el robot móvil

Finalmente, en cuanto al sistema de desplazamiento, es necesario evitar completamente las “zonas muertas” con la finalidad de evitar que las matatenas se coloquen en las mismas, como ocurrió en algunas de las pruebas efectuadas a los dispositivos, impidiendo el libre desplazamiento del vehículo. Algunos de los diseños prácticamente cubren en su totalidad esta *característica de diseño* sin embargo este defecto se sigue presentando en menor medida. En la fig. 4.2.20 es posible observar que el chasis se encuentra completamente pegado al piso, lo elementos tanto



electrónicos como mecánicos se encuentran completamente contenidos en el mismo, el chasis no contiene “zonas muertas” donde puedan atorarse las matatenas.

### SISTEMA DE CAPTACIÓN

El problema de atascamiento de matatenas entre el sistema de captación tipo pala de este concepto y la alfombra, fue resuelto de forma óptima en los prototipos finales implementados por los alumnos de la asignatura diseño del producto. La solución fue el ajuste adecuado de la distancia entre la alfombra y la “pala”, geometría y dimensiones, estos elementos proporcionan control sobre las matatenas ya captadas e impide el atascamiento de las mismas. Respecto a esto se puede mencionar que este sistema presenta eficiencia en cuanto a la recolección, entonces la propuesta que se desarrollará a continuación radica en incrementar la eficiencia de dicha captación, siguiendo el mismo principio y modificando un poco la geometría del sistema de captación, incrementando las áreas posibles en donde las matatenas serán reunidas (fig.4.2.20).

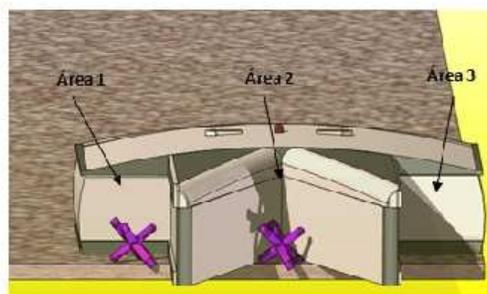


Figura 4.2.20 Áreas de captación del robot recolector de matatenas.

### DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO

En esta parte se presenta un diagrama de flujo del funcionamiento del concepto propuesto (fig. 4.2.21). El sistema inicia con la señal de activación, introducida por el usuario al pulsar el botón de activación (fig. 4.2.22); realizada esta acción el sistema esperará que el usuario indique el sentido de desplazamiento del robot móvil (izquierda o derecha); una vez indicado el sentido de desplazamiento se inicia el mismo en línea recta, y se espera la señal de los sensores ultrasónicos que indica que el robot ha llegado al otro extremo de la alfombra, dicha señal incrementa un contador, que permite ubicar hacia qué sentido se realizará la rotación del vehículo, con la finalidad de completar la trayectoria en “zig –zag” hacia cualquiera de los dos sentidos que haya elegido el usuario; cada vez que es realizado un incremento en el valor del contador, este se compara con un valor de referencia, cuando ambos valores se igualan, es señal de que la tarea de recolección ha finalizado y el sistema debe reiniciarse; para lograr el desplazamiento en línea recta la velocidad de ambas ruedas es comparada constantemente, activando o desactivando cada una de ellas según sean los requerimientos; también es posible que el usuario desee desactivar el sistema en cualquier instante, por lo cual se monitorea constantemente esta señal, la cual reinicia el sistema completamente.



Figura 4.2.22 Ubicación del botón de activación en el concepto propuesto.

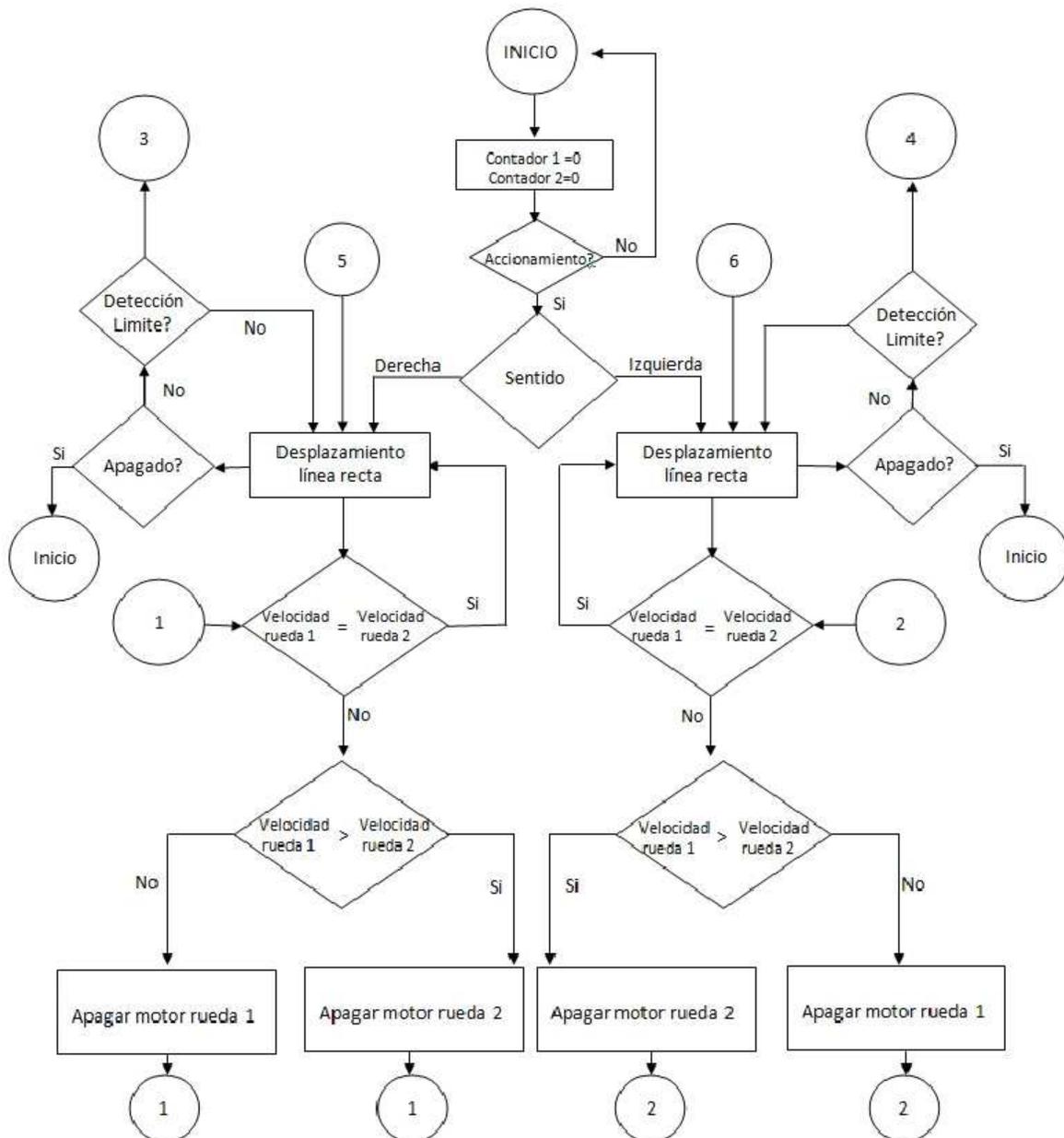


Figura 4.2.21 Diagrama de flujo del funcionamiento del concepto propuesto.

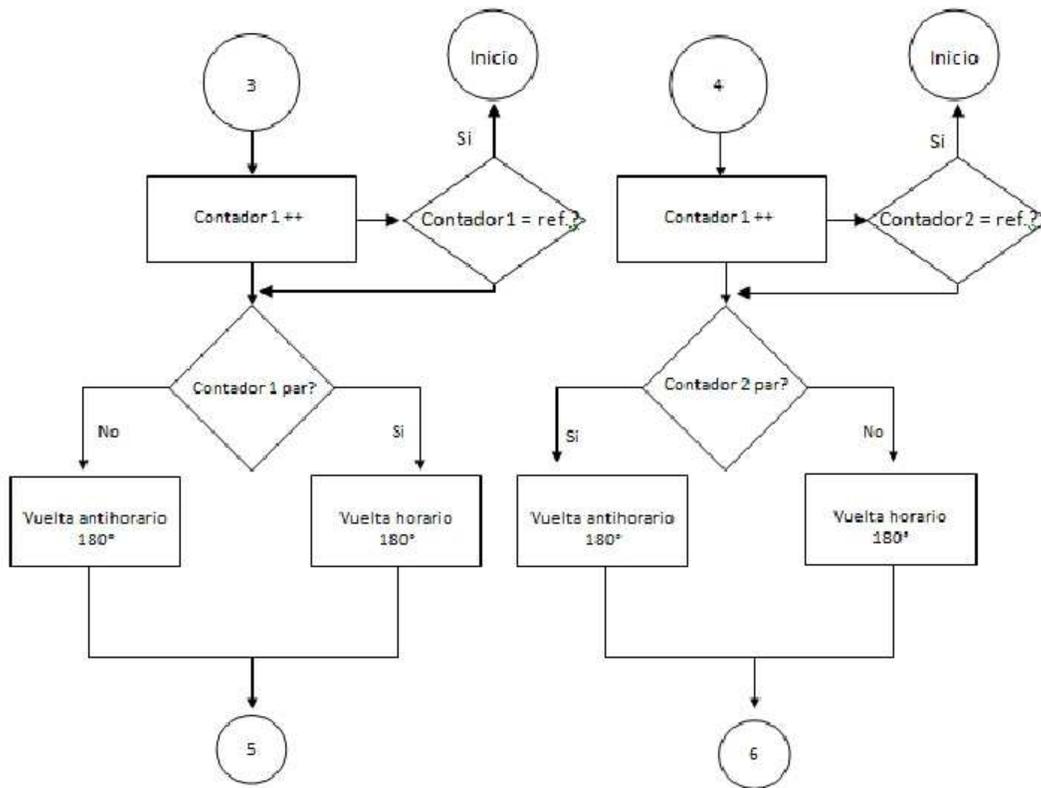


Figura 4.2.21 Diagrama de flujo del funciona



## *Apéndice 1: Teoría sobre la identificación de la necesidad.*

En primer lugar se requiere establece una definición para la palabra necesidad, de acuerdo a la Real Academia de la Lengua Española, una de las definiciones para dicha palabra es la siguiente “Aquello a lo cual es imposible sustraerse, faltar o resistir”. De acuerdo a la definición mencionada se puede hablar de la necesidad del cliente como un atributo del producto del cual no se puede prescindir, sin tal o tales atributos será imposible atraer a cierto grupo de clientes hacia el nuevo producto.

Hablando sobre las necesidades del cliente también es necesario mencionar una clasificación básica sobre las mismas, ya que parte importante del éxito de las etapas posteriores del desarrollo del producto dependen de la adecuada identificación e interpretación de las necesidades, tales de clasifican y describen brevemente en los siguientes puntos [2]:

- **Necesidades directas:** Son necesidades fáciles de identificar, los clientes no tienen problemas al declararlas ya que tienen suficiente conocimiento sobre ellas.
- **Necesidades latentes:** Constituyen aquellas necesidades intrínsecas al cliente, pero aún no las ha descubierto del todo, es labor del equipo de trabajo plantear estrategias para lograr que tales necesidades se manifiesten
- **Necesidades constantes:** Son necesidades implicadas directamente con el producto y siempre lo acompañan cuando es utilizado, se encuentran generalmente relacionadas con la función del mismo.
- **Necesidades variables:** Debidas a desarrollos tecnológicos del producto, y generalmente son necesidades que se transforman a la par del producto.
- **Necesidades generales:** Estas necesidades son aplicables a todos los clientes.
- **Necesidades de nicho:** Corresponden a solamente un pequeño segmento muy selecto de mercado, generalmente grupos élite.

Durante esta fase se requiere emplear algún método para garantizar buenos resultados, este método tiene como finalidad:

- Garantizar que el producto se enfoque en las necesidades del cliente [5].
- Identificar necesidades latentes u ocultas así como necesidades explícitas [5].
- Proporcionar una base de datos para justificar las especificaciones del producto [5].
- Garantizar que olvide alguna necesidad crítica del cliente [5].
- Desarrollar un entendimiento común de las necesidades del cliente entre miembros del grupo de desarrollo [5].



Todos los objetivos que se mencionan anteriormente resulta válidos y respaldan la necesidad de emplear un método; en primer lugar resulta de vital importancia que el cliente se encuentre satisfecho con el producto a desarrollar, esto solamente se logra si el producto se encuentra totalmente apegado a las necesidades que se transmitieron al grupo de desarrollo; de otra forma si las necesidades del cliente son cubiertas de forma parcial el desarrollo del nuevo producto habrá fracasado, de ahí que esta etapa sea de vital importancia, toda vez que es ahí donde se comienza por generar objetivos , definir y delimitar el área de trabajo.

Por otra parte, puede ser un grave error enfocarse en alguna necesidad específica, todas las necesidades deben tener su grado de importancia y por mínimo que este resulte puede tener un papel importante en la toma de decisiones finales; también es necesario comentar que el último punto ejemplifica muy adecuadamente una de las claves para el trabajo en equipo exitoso, se requiere que todos los miembros del grupo de desarrollo manejen los mismos conceptos y la misma idea sobre lo que el cliente realmente necesita, esto sentará las bases para una adecuada comunicación e intercambio de ideas y soluciones a los problemas que surjan dentro del proceso de desarrollo.

A continuación se presentan cinco pasos fundamentales para la identificación de la necesidades del cliente [5]:

1. Recopilar datos sin procesar de los clientes .
2. Interpretar los datos sin procesar en términos de las necesidades del cliente.
3. Organizar las necesidades en una jerarquía de necesidades primarias, secundarias y, de ser necesario, terciarias.
4. Establecer la importancia relativa de las necesidades.
5. Reflexionar en los resultados y el proceso.

Antes de realizar cualquiera de las actividades anteriores, primero es necesario seleccionar el o a los clientes, los tipos de clientes de acuerdo a la información que nos proporcionan tal información se muestra en la (Tabla 1.1).

TIPO DE USUARIO	CARACTERÍSTICAS DEL USUARIO	INFORMACIÓN QUE PROPORCIONAN
<b>Usuarios líderes</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Presentan necesidades con meses o años antes que la mayor parte del mercado.</li><li>• Están alerta de beneficiarse sustancialmente de innovaciones del producto.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Han tenido que luchar con lo inadecuado de productos ya existentes, y pueden ya haber inventado soluciones para satisfacer sus necesidades.</li><li>• Desarrollar productos para satisfacer estas necesidades latentes permite a una empresa anticiparse a tendencias y adelantarse a productos de la competencia.</li></ul>
<b>Usuarios extremos</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Usan el producto en formas poco comunes, o tienen necesidades especiales.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pueden ayudar a identificar necesidades que se pueden captar en forma menos aguda por el mercado principal, pero son importantes para obtener una ventaja</li></ul>



		competitiva.
--	--	--------------

TABLA 1.1. Tipos principales de usuarios y sus características generales.

Además de los tipos principales de usuarios, es necesario tomar en cuenta que “ varios grupos diferentes de personas pueden considerarse como “el cliente”... una persona (el comprador) toma la decisión de comprar y otra (el usuario) es la que en realidad utiliza el producto.”

Una vez mencionadas algunas cuestiones básicas sobre los clientes se describe el primer paso del proceso de identificación de necesidades, recopilar datos sin procesar de los clientes, los métodos básicos para esta etapa se muestra en la (Tabla 1.2). La información básica a obtener de los clientes básicamente se centra en cuestiones como preferencias de productos, opinión sobre los productos ya existentes en el mercado, modificaciones que se les harían a los productos ya existentes, ambiente de usos de los productos y expectativas en general sobre un nuevo producto.

MÉTODO	PUNTOS IMPORTANTES
<b>Entrevistas</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Uno o más miembros del grupo de desarrollo examina las necesidades con un solo cliente.</li><li>• Se efectúan en el ambiente del cliente.</li><li>• Duran de una a dos horas.</li></ul>
<b>Grupos de enfoque</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Análisis dirigido por un moderador, con un grupo de ocho a doce clientes.</li><li>• Suelen desarrollarse en una sala especial equipada con un espejo de dos vistas que permite a otros miembros del grupo de desarrollo observar al grupo.</li><li>• Las minutas se graban en video y los participantes suelen recibir un pago modesto por su colaboración.</li><li>• Tienen una duración de unas dos horas.</li></ul>
<b>Observar el producto en uso</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Consiste en observar clientes que usando un producto existente, o realizar un trabajo para el que está destinado el nuevo producto.</li><li>• Los miembros del grupo de trabajo tienen la oportunidad de observar al producto en su ambiente real.</li></ul>
<b>Encuestas escritas</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Proporcionan información suficiente sobre el ambiente de uso del producto.</li></ul>

TABLA 1.2. Herramientas para la recopilación de datos sin procesar del cliente.



Ya que se han recopilado datos sin procesar de los clientes es necesario establecer enunciados concretos que describan tales necesidades de forma clara y concisa, esto es llamado “interpretación de la información sin procesar del cliente”, existen algunas sugerencias útiles para la elaboración de dichos enunciados. Tales sugerencias se mencionan en los siguientes puntos [5]:

- 1. Expresar la necesidad en términos de los que el producto tiene que hacer, no en términos de cómo puede hacerlo:** El enunciado de necesidad debe expresarse en términos independientes de una solución tecnológica particular.
- 2. Expresar la necesidad tan específicamente como la información sin procesar:** Para evitar pérdida de información, exprese la necesidad al mismo nivel de detalle que la información sin procesar.
- 3. Usar enunciados positivos, no negativos:** La traducción de una necesidad en una especificación del producto es más fácil si la necesidad se expresa como un enunciado positivo. Aunque pueden existir necesidades que se expresen más naturalmente en forma negativa.
- 4. Expresar la necesidad como atributo del producto:** La expresión de las necesidades como un enunciado sobre el producto facilita la traducción en especificaciones de producto; sin embargo esto no siempre resulta tan fácil, así que se puede optar por expresarlo como acciones que realiza el usuario sobre el producto.
- 5. Evitar las palabras debe y debería:** La asignación tales palabras supone una pre evaluación de las necesidades, debido a que las mismas tienen ya asignado un nivel de importancia.

Una vez que se ha sido capaz de expresar la información obtenida de los clientes en enunciados de necesidades, se procede a la “Jerarquización”, como se había mencionado con anterioridad tales necesidades se jerarquizan en necesidades primarias, secundarias y terciarias.

El siguiente paso en el proceso de identificación de necesidades es el establecimiento de la importancia relativa de las necesidades, “ El resultado de este paso es una valoración numérica de importancia para un subconjunto de necesidades”, para esta etapa se plantean dos opciones que difieren en costo y tiempo, estas dos opciones son [5] a) Consenso con el grupo de trabajo, b) realizar encuestas con los clientes para evaluar las necesidades. La evaluación por el grupo de trabajo puede resultar lo suficientemente buena dependiendo de la experiencia y la relación que se haya desarrollado con el grupo de clientes. En cuanto a las encuestas se debe cuidar su extensión y se sugiere usar una escala de 1 a 5 para asignar el valor de importancia a las necesidades [5]. En se guida se muestra la descripción para la escala mencionada:

1. La función o característica es indeseable. No consideraría un producto así.
2. La función no es importante, no me importaría tenerla.
3. Sería bueno tener esa función, pero no es necesaria.
4. La función es altamente deseable, pero consideraría un producto sin ella.
5. La función es de importancia crítica. No consideraría un producto sin esa función.



“ El paso final del método es reflexionar en los resultados y el proceso” [5]. A pesar del seguimiento de métodos y sugerencias durante todo este proceso, siempre existen factores externos que pueden afectarlo o decisiones inesperadas que deberá tomar el grupo de desarrollo, como todo proceso se requiere de una evaluación a fin de verificar que los resultados obtenidos sean los adecuados. Algunas cuestiones a resolver son [5]:

- ¿Se ha interactuado con todos los tipos importantes de clientes en el mercado objetivo?
- ¿Se ha visto más allá de las necesidades relacionadas sólo con productos existentes, para captar las necesidades latentes de los clientes objetivo?
- ¿Existen aspectos no definidos a explorar en entrevistas de seguimiento o encuestas?
- ¿Cuáles de los clientes entrevistados podrían incluirse en el trabajo actual de desarrollo?
- ¿Qué se sabe ahora que no se sabía en un inicio?
- ¿Existe sorpresa por cualquiera de las necesidades?
- ¿Cómo se puede mejorar el proceso en futuros trabajos?

Estas preguntas arrojan información importante sobre la forma en que se realizó el proceso; en primer lugar se habla sobre la inclusión de todos los tipos de clientes dentro de la investigación, esto resulta de gran importancia, ya que como se mencionó cada tipo de cliente brinda información particular que puede ser aprovechada para la generación de una solución novedosa en el mercado. También se efectúa la comparación entre el conocimiento actual y el que se tenía antes del proceso de identificación de necesidades del cliente, se habla de un proceso efectivo cuando existe una diferencia notable entre ambos y sobre todo cuando ha sido posible la identificación y comprensión plena de las necesidades por todos los miembros del equipo de desarrollo, situación que permitirá que cada uno de los miembros pueda aportar cuestiones valiosas a las propuestas de diseño. Finalmente otra cuestión a rescatar son las futuras modificaciones, se debe ser capaz de evaluar de forma crítica y objetiva los resultados obtenidos, pero también la forma en que se desarrolló el proceso, esto permitirá optimizarlo a futuro y por ende obtener mejores resultados.

En conclusión “ Identificar las necesidades del cliente es parte integral de la fase del desarrollo del proceso de desarrollo del producto. Las necesidades del cliente que resulten se usan para guiar al equipo en establecer especificaciones del producto, generar conceptos del producto y seleccionar un concepto de producto para su posterior desarrollo”.



## *Apéndice 2: Teoría sobre las especificaciones del producto.*

Establecer las especificaciones del producto puede ser visto como un proceso de traducción del “idioma del cliente” como es llamado en [5] a el lenguaje técnico; en este punto ya se cuenta con la definición del problema u objetivo, equivalente a las necesidades del cliente en [1], pero ese objetivo no es suficiente para generar un producto, se requiere la creación de un puente conceptual entre las necesidades y la definición inicial del producto como tal; para lograr esto es necesario definir qué debe hacer el nuevo producto para cumplir con las necesidades establecidas. “Las especificaciones deben reflejar las necesidades del cliente, diferenciar al producto con respecto a los productos de la competencia, y ser técnica y económicamente realizable”[5].

El establecimiento de especificaciones permite una visualización objetiva del producto, en esta fase no basta con manejar adjetivos simplemente, tales adjetivos deben ser convertidos en características tangibles y medibles; por ejemplo, no es suficiente con decir que el producto debe ser pequeño, es indispensable establecer un rango de dimensiones con sus unidades correspondientes, “Las unidades de medida son por lo general unidades convencionales de ingeniería como Kilogramo y segundos” [2]. “Las especificaciones del producto... representan una base sobre la que el grupo deberá trabajar para satisfacer las necesidades del cliente” [5].

Puesto que el objetivo es lograr la generación de un producto que satisfaga las necesidades del cliente, plantear especificaciones requiere de un proceso estructurado, tales especificaciones son planteadas en dos momentos diferentes del desarrollo del producto. El primer acercamiento hacia la elaboración de especificaciones es situado precisamente al finalizar la identificación de las necesidades del cliente; durante esta etapa se plantean especificaciones llamadas “especificaciones objetivo” en [5], se llaman de este modo porque serán los objetivos de trabajo para el equipo de diseño en la siguiente etapa llamada generación del concepto. Al finalizar la etapa de generación del concepto se genera un proceso de evaluación de elementos técnicos y de costo, como resultado de esto es necesario realizar modificaciones las especificaciones establecidas originalmente, generando así las “especificaciones finales” como son llamadas en [5].

Unas cuantas directrices deben considerarse al construir la lista de métricas [5]:

- **La métrica debe ser completa:** Idealmente cada necesidad del cliente corresponde a una sola métrica. En la práctica varias métricas pueden ser necesarias para reflejar por completo una sola necesidad.
- **Las métricas deben ser variables dependientes no independientes:** Las especificaciones deben indicar lo que el producto debe hacer, pero no cómo se cumplirán las especificaciones .



- **Las métricas no deben ser prácticas:** Las métricas deben ser propiedades del producto que puedan ser evaluadas de manera fácil por el equipo.
- **Algunas necesidades no se pueden traducir fácilmente en métricas cuantificables:** Ocurre cuando una necesidad se considera subjetiva o no evaluable por métodos técnicos, cuando es el caso la necesidad se toma literalmente como la especificación. Puede ser evaluada por un panel de clientes.

Cuando se finaliza la selección de un concepto y se elabora el subsiguiente diseño y desarrollo, las especificaciones se revisan. “Las especificaciones que originalmente eran sólo objetivos expresados como amplios rangos de valores son ahora refinadas y se hacen más precisas”[5], este paso es natural si se piensa que para efectos de manufactura y fabricación se requiere una descripción mucho más detallada del producto.



## *Apéndice 3: Teoría sobre la generación del concepto.*

“El concepto de un producto es una descripción aproximada de la tecnología, principios de trabajo y forma del producto. Es una descripción concisa de la forma en que el producto va a satisfacer las necesidades del cliente. Un concepto por lo general se expresa como un bosquejo o como un modelo tridimensional aproximado y a veces acompañado por una breve descripción conceptual” [5]

“El proceso de generación del concepto empieza con un conjunto de necesidades del cliente y especificaciones objetivo, lo cual da como resultado un conjunto de conceptos del producto de los que el equipo hará una selección final.” [5]

“Una buena generación de conceptos deja al equipo con la confianza en que todo el espacio de alternativas se ha explorado. Una exploración completa de alternativas de las primeras etapas del proceso de desarrollo reduce, en gran medida la probabilidad de que el equipo tropiece con un concepto superior más adelante en el proceso de desarrollo o que un competidor introduzca un producto con rendimiento mucho mejor que el producto en desarrollo.” [5]

Las disfunciones más comunes por equipos de desarrollo durante la generación de conceptos incluyen [5]:

- Consideración de solo una o dos alternativas, a veces propuestos por los miembros más activos del equipo.
- No considerar cuidadosamente la utilidad de conceptos empleados por otras empresas en productos relacionados o no.
- La participación de sólo una o dos personas en el proceso, que da como resultado una falta de confianza y compromiso por parte de los demás integrantes del equipo.
- Integración ineficiente de prometedoras soluciones parciales.
- No considerar categorías enteras de soluciones

“Un método estructurado para la generación de conceptos reduce la incidencia de estos problemas”. Se propone un método de cinco pasos para la generación de conceptos, se muestra esquemáticamente en la (Fig. 1.6):

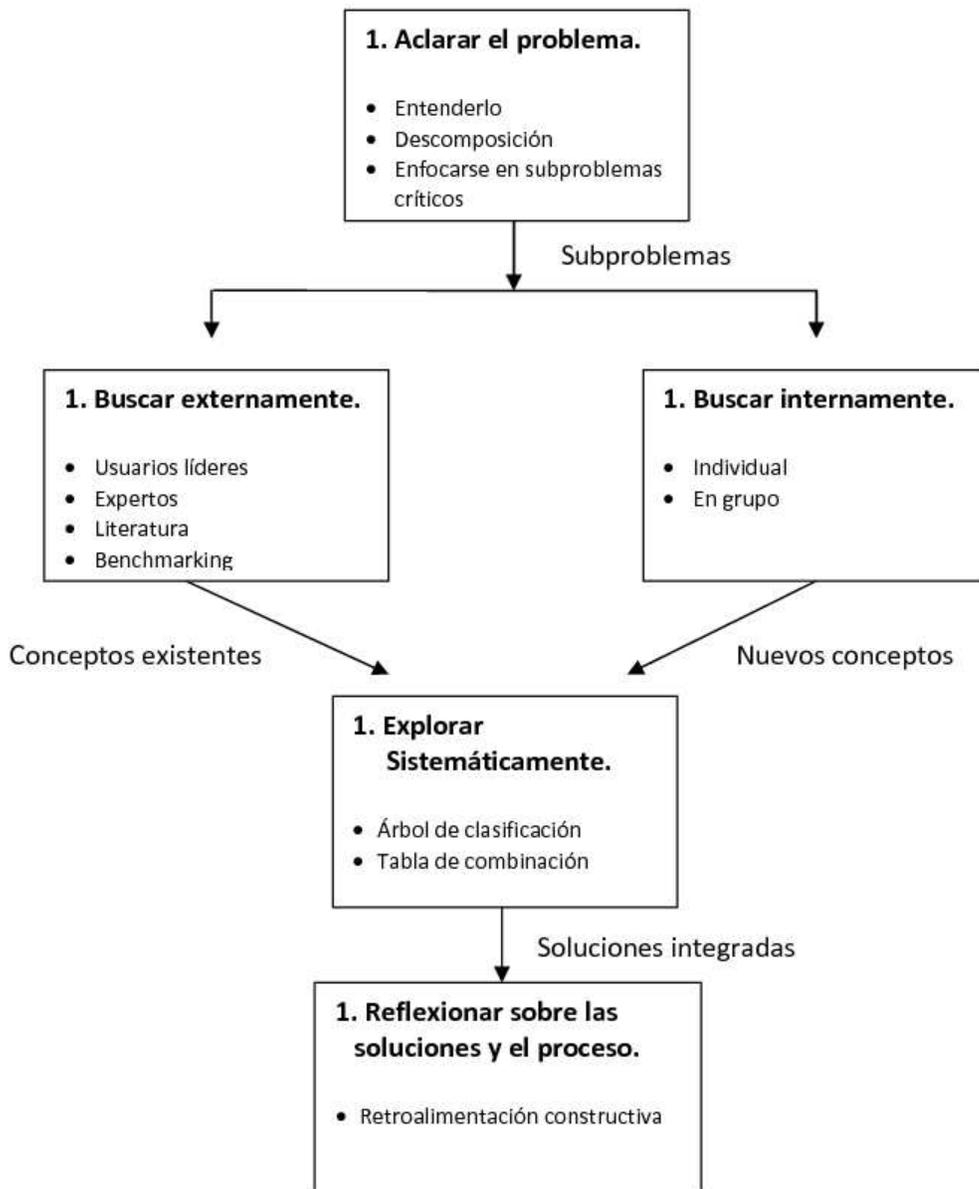


FIGURA 1.6 Método de generación de conceptos de cinco pasos [5]



Los pasos del método se describen brevemente en los siguientes puntos [5]:

#### ACLARAR EL PROBLEMA

Consiste en desarrollar un entendimiento general, si es necesario descomponer el problema en subproblemas. Muchos retos de diseño del producto son demasiado complejos para resolverse como un solo problema y se puede dividir en varios subproblemas más sencillos, a esto se le denomina descomposición. Hay muchos esquemas con los que el problema se puede descomponer, uno de ellos es la descomposición funcional.

La descomposición funcional consiste en considerar al sistema como una caja negra , que opera en flujos de material, energía y señales , como se muestra en la (Fig. 1.7). Las líneas continuas finas denotan la transferencia y conversión de energía, las continuas gruesas representan el movimiento de material dentro del sistema y las líneas discontinuas son las señales de flujo de control y retroalimentación dentro del sistema. Esta caja negra representa la función general del producto.

El siguiente paso de la descomposición funcional es dividir la caja negra en subfunciones para crear una descripción más específica de lo que los elementos del producto podrían hacer para implementar la función general del producto. El proceso de división se repite hasta que los miembros del equipo convengan que cada una de las subfunciones es lo suficientemente sencilla como para trabajar con ella. Una regla práctica es crear entre tres y diez subfunciones en el diagrama. El resultado final, se muestra en la (Fig. 1.7), es un diagrama funcional que contiene subfunciones conectadas por energía, material y flujos de señal.

Nótese que en esta etapa, la meta es describir los elementos funcionales del producto sin implicar un principio específico de trabajo tecnológico para el concepto del producto. El diagrama funcional por lo general no es único, las subfunciones pueden ordenarse en formas diferentes para producir diagramas funcionales diferentes; en algunas aplicaciones el material, la energía y los flujos de señal son difíciles de identificar. En estos casos, a veces una simple lista de subfunciones del producto, sin conexiones entre ellas es suficiente. La descomposición funcional es más aplicable a productos técnicos, pero también se puede aplicar a productos sencillos y no técnicos en apariencia. La descomposición funcional es sólo una de las varias formas posibles de dividir un problema en subproblemas más sencillos. Ejemplos de otros métodos son: descomposición por secuencia de acciones del usuario y descomposición por necesidades claves de usuario.

Enfocarse en subproblemas críticos: El objetivo de todas las técnicas de descomposición es dividir un problema complejo en problemas más sencillos de modo que éstos se puedan solucionar en forma enfocada. Una vez que se complete la descomposición, el equipo escoge los subproblemas que sean más críticos para el éxito del producto y que sea más probable que se beneficien de soluciones novedosas y creativas.

#### BUSCAR EXTERNAMENTE



“Hay al menos cinco buenas formas de captar información a partir de fuentes externas: entrevistas a usuarios líderes, consulta a expertos, buscar patentes, buscar en literatura y benchmarking (comparación) con la competencia” [5].

- Entrevistar a usuarios líderes: Este proceso ya se ha realizado para la búsqueda de necesidades.
- Consultar expertos: Los expertos con conocimiento en uno o más de los subproblemas no sólo pueden proveer conceptos de solución de manera directa, sino también pueden redirigir la búsqueda en campos más provechosos. Entre los expertos pueden incluirse profesionales de empresas que manufacturan productos relacionados, consultores profesionales, profesores universitarios y representantes técnicos de proveedores.
- Buscar patentes: Las patentes son una fuente rica y fácilmente disponible de información técnica que contiene detallados dibujos y explicaciones de cómo funcionan muchos productos. La desventaja principal de la búsqueda de patentes es que los conceptos que se encuentran en patentes recientes están protegidos, de modo que puede haber necesidad de pagar regalías.
- Buscar literatura publicada: La literatura publicada incluye revistas, memorias de conferencias, revistas industriales, informes gubernamentales, información de mercado, consumidores y productos, así como anuncios de nuevos productos.
- Comparación de productos relacionados: En el contexto de generación de un concepto, benchmarking es el estudio de productos existentes con funcionalidad similar a la del producto en desarrollo o a los subproblemas en los que está concentrado el equipo. El Benchmarking puede revelar conceptos existentes que se han puesto en práctica para resolver un problema particular, así como información sobre puntos fuertes y débiles de la competencia.

## BUSCAR INTERNAMENTE

“La búsqueda interna es el uso de conocimiento personal y del equipo, así como de creatividad, para generar conceptos de solución. La búsqueda es interna debido a que todas las ideas que emergen de este paso son creadas a partir de los conocimientos que poseen los miembros del equipo. Esta actividad puede ser la más abierta, extensa y creativa de cualquiera en el desarrollo del producto” [5]

Ciertas directrices son útiles para mejorar la búsqueda interna individual y de grupo:

1. Generar muchas ideas: La mayoría de los expertos piensa que entre más ideas genere el equipo, es más probable que explore por completo el espacio de solución. Cada idea actúa como estímulo para otras ideas, de modo que un gran número de ideas tiene el potencial de estimular incluso más ideas.
2. Aceptar ideas que puedan parecer no factibles: Las ideas que inicialmente puedan parecer no factibles pueden ser mejoradas por otros miembros del equipo. Cuanto menos factible



sea una idea, más alarga las fronteras del espacio de solución y estimula al equipo a pensar en los límites de posibilidad.

3. Usar medios gráficos y físicos: Razonar acerca de la información física o geométrica con palabras es difícil, ya sea que se trabaje en grupo o forma individual debe haber numerosos bosquejos. La espuma, arcilla, cartón y otros medios tridimensionales también puede ayudar en problemas que requieren de un entendimiento exhaustivo de relaciones de forma y espacio.

#### SESIONES TANTO INDIVIDUALES COMO DE GRUPO

Un conjunto de personas que trabajen solas durante un tiempo, van a generar más y mejores conceptos que las mismas personas trabajando juntas durante el mismo periodo (McGrath, 1984). Los miembros del equipo deben pasar al menos parte de su tiempo asignado a generación de conceptos trabajando solos, pero las sesiones de equipo son de importancia crítica para formar consenso, comunicar información y refinar conceptos. En un escenario ideal, cada persona del equipo pasaría varias horas trabajando solo y luego el equipo se reuniría para examinar y mejorar los conceptos generados por individuos. Sin embargo hay una razón práctica para llevar a cabo sesiones de generación de conceptos en equipo: es una forma práctica de garantizar que las personas del equipo dedicarán cierto tiempo al trabajo.

Existen algunas sugerencias útiles para la generación de conceptos que vale la pena considerar [5]:

- Analogías: Pensar si existen equipos que hagan algo semejante en un campo de aplicación no relacionado, preguntarse si hay una analogía natural o biológica al problema.
- TRIZ: (Acrónimo ruso para *teoría de resolución inventiva de problemas*), cuya base es la identificación de contradicciones; la idea de identificar un conflicto en el problema de diseño y luego pensar en formas de resolver el conflicto resulta muy útil, se pueden generar conceptos incluso sin adoptar toda la metodología de TRIZ.

#### EXPLORAR SISTEMÁTICAMENTE

Como consecuencia de actividades de búsqueda externa e interna, el equipo habrá recolectado decenas o cientos de fragmentos de concepto, es decir soluciones a los subproblemas. La exploración sistemática está destinada a navegar el espacio de posibilidades al organizar y sintetizar estos fragmentos de solución. Existen métodos útiles para sintetizar y organizar la información como *el árbol de clasificación de conceptos* y *la tabla de combinación de conceptos*.

El árbol de clasificación de conceptos se usa para dividir todo el espacio de posibles soluciones en varias clases diferentes que facilitan la comparación y eliminación. En general un subproblema cuya solución restringe en alto grado las posibles soluciones a los subproblemas restantes es buen candidato para el árbol de clasificación.



La tabla de combinación de concepto ayuda a considerar en forma sistemática la combinación de fragmentos de solución. Las columnas de la tabla corresponden a los subproblemas identificados, las entradas de cada columna corresponden a los fragmentos de solución para cada uno de esos subproblemas derivados de la búsqueda externa e interna. La combinación de fragmentos debe por lo general desarrollarse y refinarse antes de que pueda haber una solución integrada. De cierta forma la tabla de combinación es simplemente una forma de hacer asociaciones forzadas entre fragmentos para estimular más el pensamiento creativo; el mero acto de seleccionar una combinación en ninguna forma dará una solución completa [5].

El paso de exploración de generación de conceptos suele ser más una guía para el pensamiento creativo que el paso final del proceso. Aún cuando por inherencia la generación de conceptos es un proceso creativo, los equipos pueden beneficiarse usando un método estructurado, que permite la exploración completa del espacio de diseño y reduce la probabilidad de descuidar los tipos de conceptos de solución considerados; a pesar de la presentación lineal del proceso de generación de conceptos es probable que se regrese varias veces a cada uno de los pasos, la iteración es particularmente común cuando se desarrolla un producto radicalmente nuevo.



## *Apéndice 4: Análisis estadístico para el vehículo recolector de matatenas.*

En el presente apéndice el lector encontrará el modelo de encuesta aplicada a los alumnos de la clase "Diseño del producto", así como el análisis estadístico de la misma. Tales resultados, como ya se ha mencionado, fueron empleados para generar los rangos de los parámetros técnicos del capítulo IV. El modelo de encuesta empleado es el siguiente:

### **ENCUESTA DEL VEHÍCULO RECOLECTOR DE MATATENAS**

Para cada una de las siguientes características o funciones del vehículo recolector de matatenas, establezca una escala de 1 a 5 qué tan importante considera cada enunciado. La escala es la siguiente:

1. La función o característica es indeseable. No consideraría un producto así.
2. La función no es importante, no me importaría tenerla.
3. Sería bueno tener esa función, pero no es necesaria.
4. La función es altamente deseable, pero consideraría un producto sin ella.
5. La función es de importancia crítica. No consideraría un producto sin esa función.

El vehículo cuenta con botón de accionamiento.

El vehículo se puede sujetar con una sola mano.

El vehículo es ligero.

El vehículo tiene dimensiones pequeñas.

El mantenimiento es fácil de realizar

El vehículo tiene elementos externos sin filo

Los circuitos y cableado no están en contacto con el usuario.

El vehículo puede operar por mucho tiempo.

El vehículo recolecta todas las matatenas de la alfombra.

El es vehículo resistente a pequeños impactos o caídas

También responda a las siguientes preguntas:

¿Qué peso del vehículo sería aceptable para considerar que el vehículo es fácil de transportar?

¿Qué dimensiones del vehículo serían aceptables, sin que estas limiten su función y se considere fácil de transportar?



¿Cuántas veces consecutivas consideraría razonable que el vehículo realizara la tarea de recolección sin que se agote la fuente de energía?

¿Qué porcentaje del total de matatenas debe recolectar el vehículo para considerar que desempeña adecuadamente su función?

- a) 60% b) 70% c) 80% d) 90% e) 100%

El primer paso en el análisis estadístico es la presentación de los datos, para la primer parte de la encuesta en la (tabla A 4.1) se presentan los resultados obtenidos.

Necesidad	Importancia													
Botón de accionamiento	4	5	2	1	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5
Sujeción con una sola mano	3	3	3	4	5	3	4	3	4	2	4	4	4	3
Vehículo ligero	4	4	4	4	3	4	4	3	5	5	5	5	5	2
Dimensiones pequeñas	4	4	5	2	3	3	5	3	3	5	4	5	4	2
Fácil mantenimiento	4	3	5	3	4	5	5	3	5	3	5	4	4	1
Elementos externos sin filo	4	5	4	5	4	3	3	5	5	4	3	5	5	1
Circuitos y cableado sin contacto con el usuario	5	5	1	5	5	4	5	4	5	5	4	4	5	3
Operación por mucho tiempo	4	3	3	3	2	3	2	3	3	3	5	3	4	3
Recolección de todas las matatenas	5	5	5	5	3	5	4	5	5	4	5	4	5	5
Resistente a pequeños impactos o caídas	4	3	2	2	2	2	3	3	5	4	3	4	4	3
Precio adecuado	4	4	4	2	4	4	2	4	4	5	5	4	3	2

Tabla A 4.1 Datos, valores de importancia.

En la (tabla A 4.2) se muestran los resultados para la segunda parte de la encuesta de la cual se obtendrán los rangos para los parámetros técnicos del vehículo recolector de matatenas.

Parámetro	Valor														
Peso del vehículo [kg]	2	1.5	1.5	3	0.5	2	2	2	1	2	1	3	2	1.5	
Dimensiones del vehículo[cm]	L	30	35	30	30	20	20	40	40	20	50	50	30	25	20
	A	30	20	20	30	20	30	40	40	20	50	50	20	10	30
	H	20	20	20	30	20	15	40	40	10	50	30	20	15	30
Número de veces de operación	10	4	3	3	10	10	50	10	4	5	3	10	3	1	
Porcentaje de matatenas recolectadas [%]	100	60	60	80	80	80	90	100	90	80	70	90	80	90	

Tabla A 4.2 Datos, Parámetros técnicos.

### ANÁLISIS PRIMERA PARTE DE LA ENCUESTA: IMPORTANCIA JERÁRQUICA DE LAS NECESIDADES



Además de las tablas anteriores, resulta útil presentar los datos recabados de forma gráfica, para lo que se recurre al histograma; el histograma es la presentación gráfica de la distribución en frecuencias [28].

Una distribución en frecuencias es un resumen más compacto de las observaciones originales, para realizarla es necesario dividir la gama de datos en intervalos, que suelen denominarse intervalos de clase. Si es posible, los intervalos de clase deben ser de igual ancho, para incrementar la información visual en la distribución en frecuencias. En general entre 5 y 20 intervalos es satisfactorio en muchos casos. La elección del número de intervalos de clase aproximadamente igual a la raíz cuadrada del número de observaciones a menudo funciona bien en la práctica [28].

En la tabla A 4.3 se muestran los intervalos de clase para los valores de importancia de la necesidad botón de accionamiento. Puesto que el conjunto de datos contiene 14 observaciones, alrededor de  $\sqrt{14} = 3.74$ , o sea aproximadamente 4 intervalos de clase producirían una distribución de frecuencias satisfactoria.

Intervalos de clase	Frecuencia	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa acumulada
$1 \leq x < 2$	1	0.0714	0.0714
$2 \leq x < 3$	1	0.0714	0.1428
$3 \leq x < 4$	0	0	0.1428
$4 \leq x < 5$	3	0.214	0.3568
$x \leq 5$	9	0.642	0.9988

Tabla A 4.3 Distribución en frecuencias para los datos de la necesidad botón de accionamiento.

De la tabla A 4.3 se produjo el histograma mostrado en la (fig. A 4.1), el cual refleja claramente que el botón de accionamiento es una necesidad de valor prioritario en el vehículo recolector de matatenas.

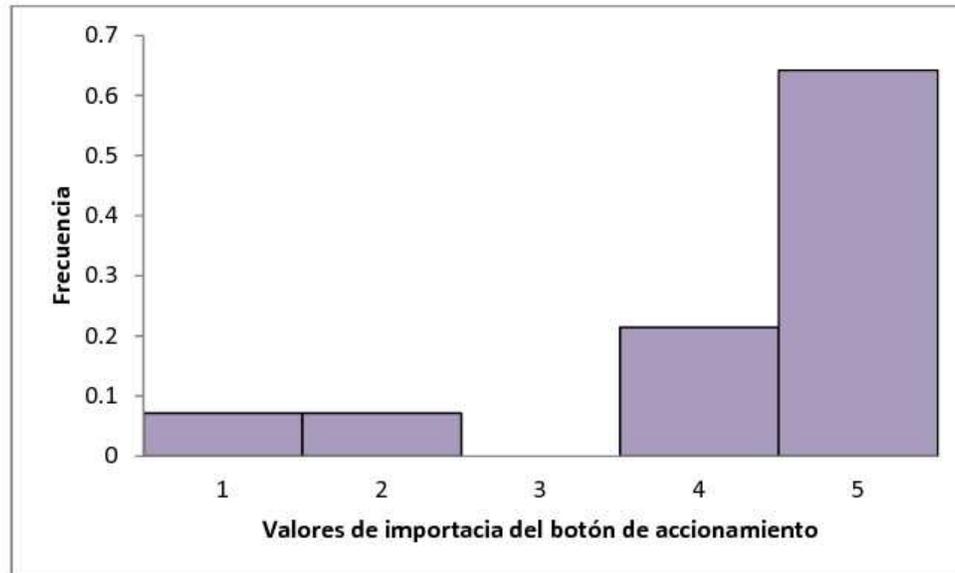


Figura A.4.1 Histograma de la importancia numérica para la necesidad botón de accionamiento.

La siguiente necesidad a analizar es que el vehículo pueda sujetarse con una sola mano. En la tabla A 4.4 se muestran los intervalos de clase para los valores de importancia de dicha necesidad, de igual forma que en el caso anterior, se presentan cinco intervalos de clase.

Intervalos de clase	Frecuencia	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa acumulada
$1 \leq x < 2$	0	0	0
$2 \leq x < 3$	1	0.0714	0.0714
$3 \leq x < 4$	2	0.143	0.2144
$4 \leq x < 5$	6	0.429	0.6434
$x \leq 5$	5	0.357	1.0004

Tabla A 4.4 Distribución en frecuencias para los datos de la necesidad sujeción con una sola mano.

El histograma obtenido de la tabla A.4.4, se muestra en la (fig. A 4.2) y es posible observar que la necesidad sujeción con una sola mano es una necesidad de mediana importancia a diferencia del caso anterior.

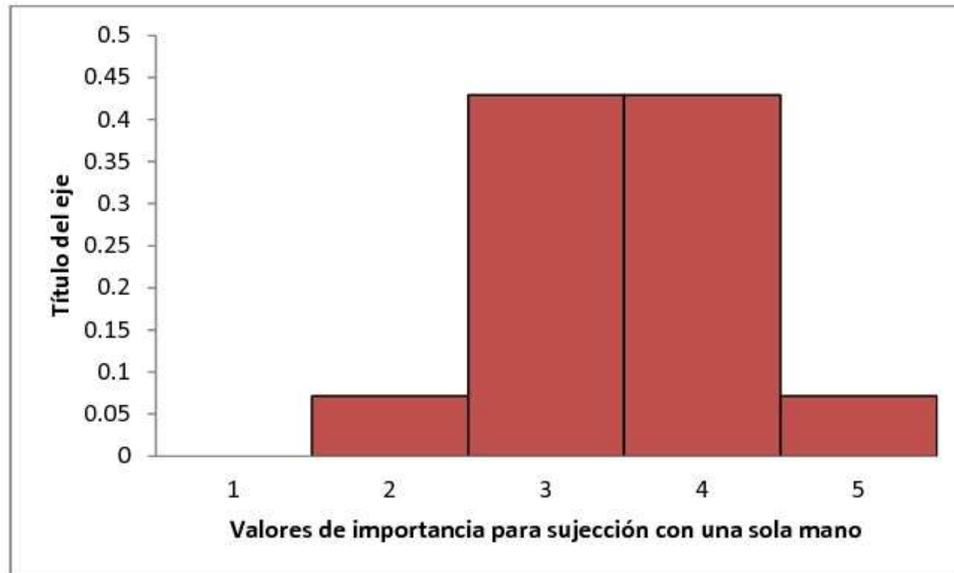


Figura A 4.2 Histograma de la importancia numérica para la necesidad sujeción con una sola mano.

Para la necesidad vehículo ligero, en la tabla A 4.5 se muestran los intervalos de clase para los valores de importancia.

Intervalos de clase	Frecuencia	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa acumulada
$1 \leq x < 2$	0	0	0
$2 \leq x < 3$	1	0.0714	0.0714
$3 \leq x < 4$	6	0.429	0.5004
$4 \leq x < 5$	6	0.429	0.9294
$x \leq 5$	1	0.0714	1.0008

Tabla A 4.5 Distribución en frecuencias para los datos de la necesidad vehículo ligero.

En la figura A 4.3 se muestra el histograma correspondiente a la necesidad vehículo ligero, del mismo es posible deducir que la ligereza del vehículo recolector es de alta importancia.

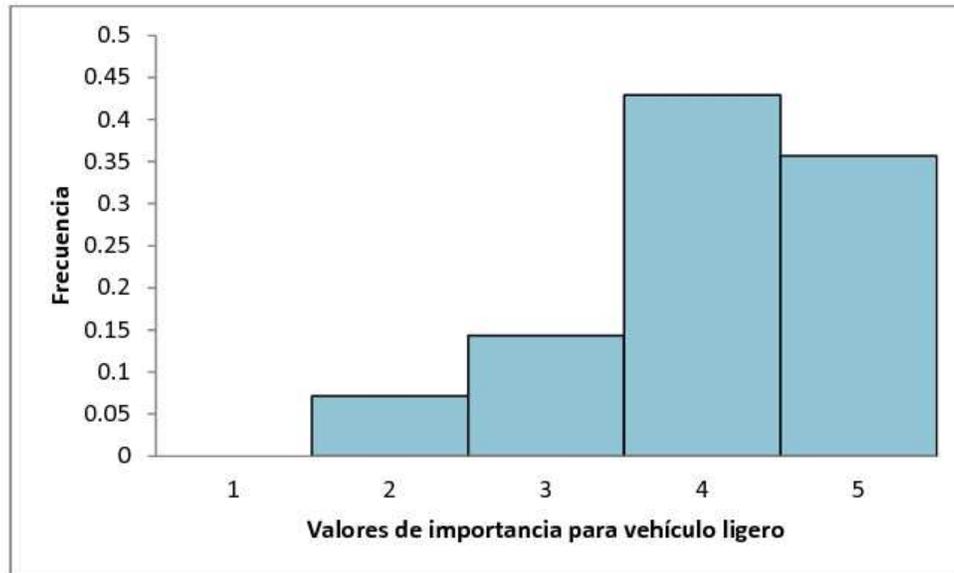


Figura A 4.3 Histograma de la importancia numérica para la necesidad vehículo ligero.

En la tabla A 4.6 se muestran los intervalos de clase para los valores de importancia de la necesidad dimensiones pequeñas.

Intervalos de clase	Frecuencia	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa acumulada
$1 \leq x < 2$	0	0	0
$2 \leq x < 3$	2	0.1428	0.1428
$3 \leq x < 4$	4	0.2857	0.4285
$4 \leq x < 5$	4	0.2857	0.7142
$x \leq 5$	4	0.2857	0.9999

Tabla A 4.6 Distribución en frecuencias para los datos de la necesidad dimensiones pequeñas.

En la figura A 4.4 se observa el histograma para la necesidad dimensiones pequeñas del vehículo recolector de matatenas, se observa que no es posible determinar con exactitud el grado de importancia de esta necesidad ya que se presenta la misma frecuencia para media, alta y prioritaria importancia de esta necesidad.

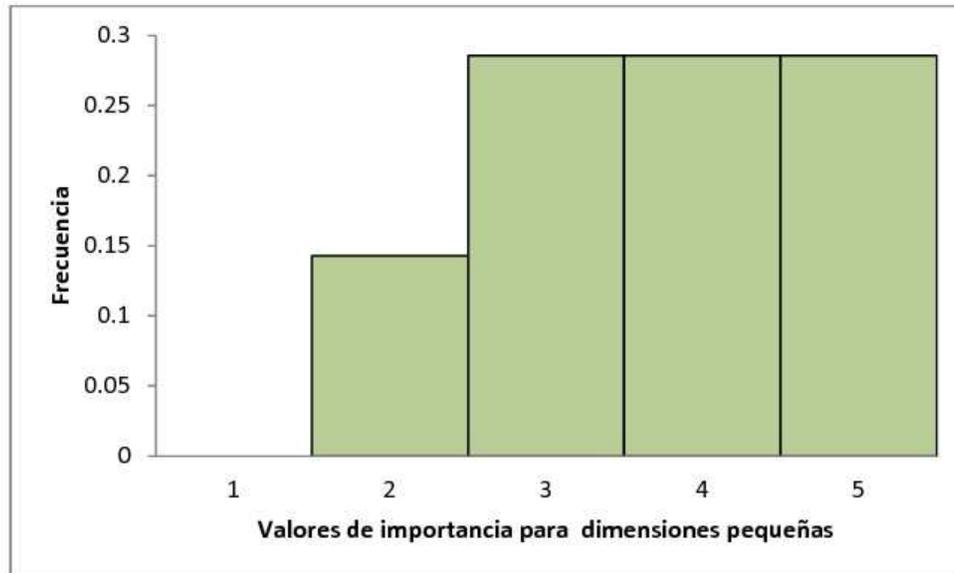


Figura A 4.4 Histograma de la importancia numérica para la necesidad dimensiones pequeñas.

En la tabla A 4.7 se muestran los intervalos de clase para los valores de importancia de la necesidad fácil mantenimiento.

Intervalos de clase	Frecuencia	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa acumulada
$1 \leq x < 2$	1	0.0714	0
$2 \leq x < 3$	0	0	0.0714
$3 \leq x < 4$	4	0.2857	0.3571
$4 \leq x < 5$	4	0.2857	0.6428
$x \leq 5$	5	0.3572	1

Tabla A 4.7 Distribución en frecuencias para los datos de la necesidad fácil mantenimiento.

En la (fig. A.4.5) se presenta el histograma elaborado en base a la (tabla A 4.7), del cual se concluye que el fácil mantenimiento del vehículo es un aspecto de prioritaria importancia.

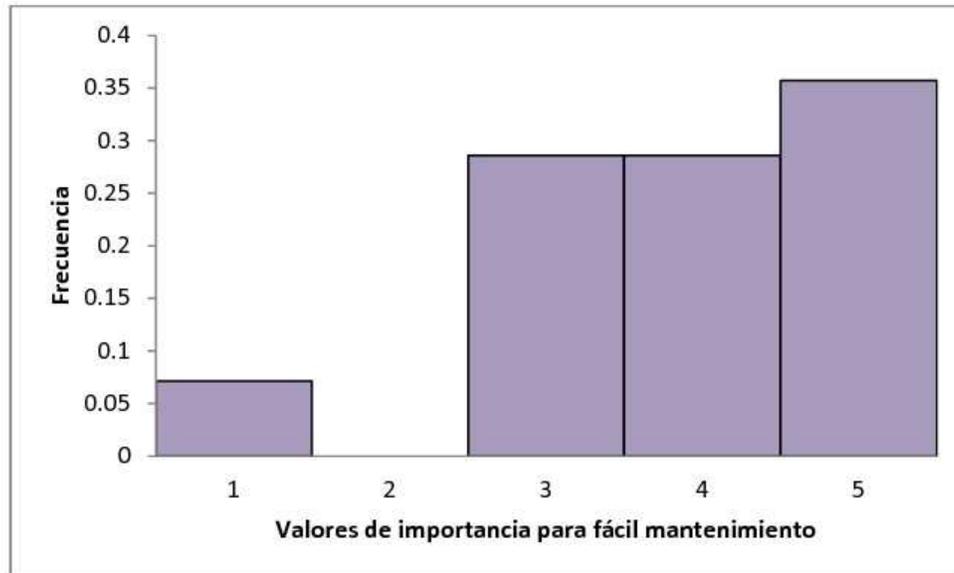


Figura A 4.5 Histograma de la importancia numérica para la necesidad fácil mantenimiento.

En la tabla A 4.8 se muestran los intervalos de clase para los valores de importancia de la necesidad elementos externos sin filo, de igual forma que en los casos anteriores se tomaron cinco intervalos de clase.

Intervalos de clase	Frecuencia	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa acumulada
$1 \leq x < 2$	1	0.07142	0.07142
$2 \leq x < 3$	0	0	0.07142
$3 \leq x < 4$	3	0.2143	0.2857
$4 \leq x < 5$	4	0.2857	0.5714
$x \leq 5$	6	0.4289	1.0003

Tabla A 4.8 Distribución en frecuencias para los datos de la necesidad elementos externos sin filo.

En base a la (tabla A 4.8) fue elaborado el histograma de la (fig. A 4.6), del cual se concluye que es de suma importancia que el vehículo no presente elementos con filo en su constitución externa.

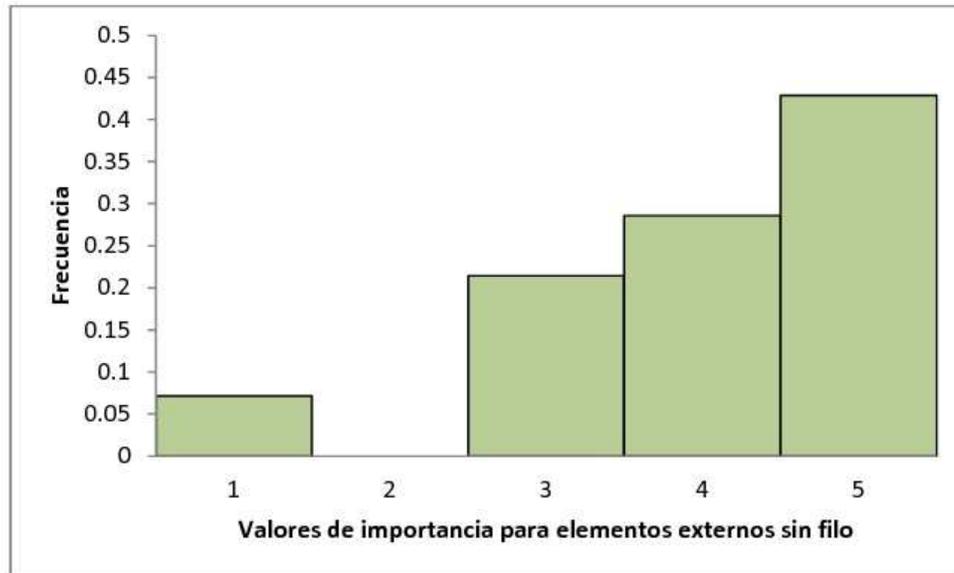


Figura A 4.6 Histograma de la importancia numérica para la necesidad elementos externos sin filo.

En la tabla A 4.9 se muestran los intervalos de clase para los valores de importancia de la necesidad circuitos y cableado sin contacto con el usuario.

Intervalos de clase	Frecuencia	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa acumulada
$1 \leq x < 2$	1	0.07142	0.07142
$2 \leq x < 3$	0	0	0.07142
$3 \leq x < 4$	1	0.07142	0.1428
$4 \leq x < 5$	4	0.2857	0.42854
$x \leq 5$	8	0.5714	0.9999

Tabla A 4.9 Distribución en frecuencias para los datos de la necesidad circuitos y cableado sin contacto con el usuario.

En la (fig. A 4.7) se observa el histograma para la necesidad circuitos y cableado sin contacto con el usuario, se concluye que esta necesidad es de prioritaria importancia en el diseño del robot recolector.

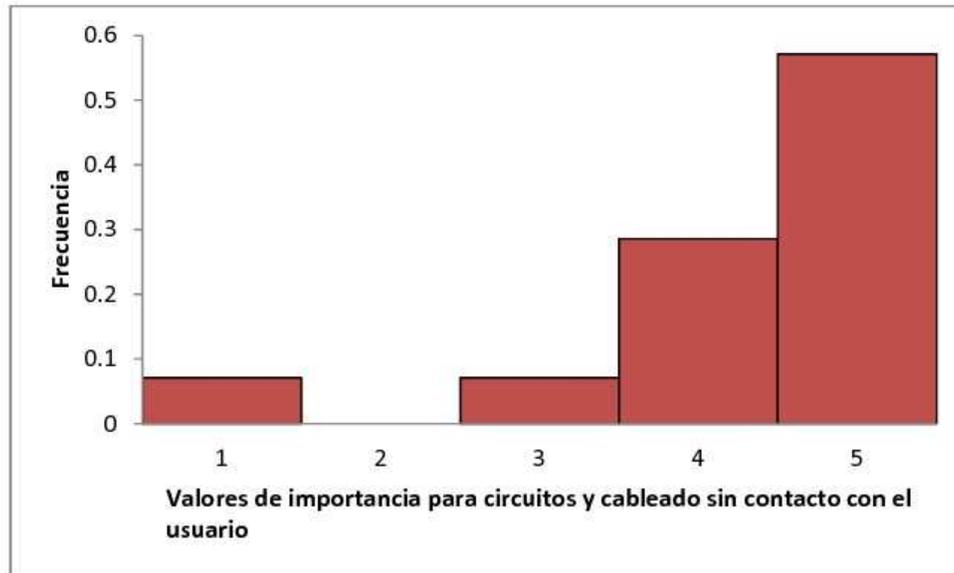


Figura A 4.7 Histograma de la importancia numérica para la necesidad circuitos y cableado sin contacto con el usuario.

En la tabla A 4.10 se muestran los intervalos de clase para los valores de importancia de la necesidad operación por mucho tiempo.

Intervalos de clase	Frecuencia	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa acumulada
$1 \leq x < 2$	0	0	0
$2 \leq x < 3$	2	0.1428	0.1428
$3 \leq x < 4$	9	0.6428	0.7856
$4 \leq x < 5$	2	0.1428	0.9284
$x \leq 5$	1	0.07142	0.9998

Tabla A 4.10 Distribución en frecuencias para los datos de la necesidad operación por mucho tiempo.

En la (fig. A 4.3) se observa el histograma correspondiente a la necesidad operación por mucho tiempo, se deduce que esta necesidad es de media importancia.

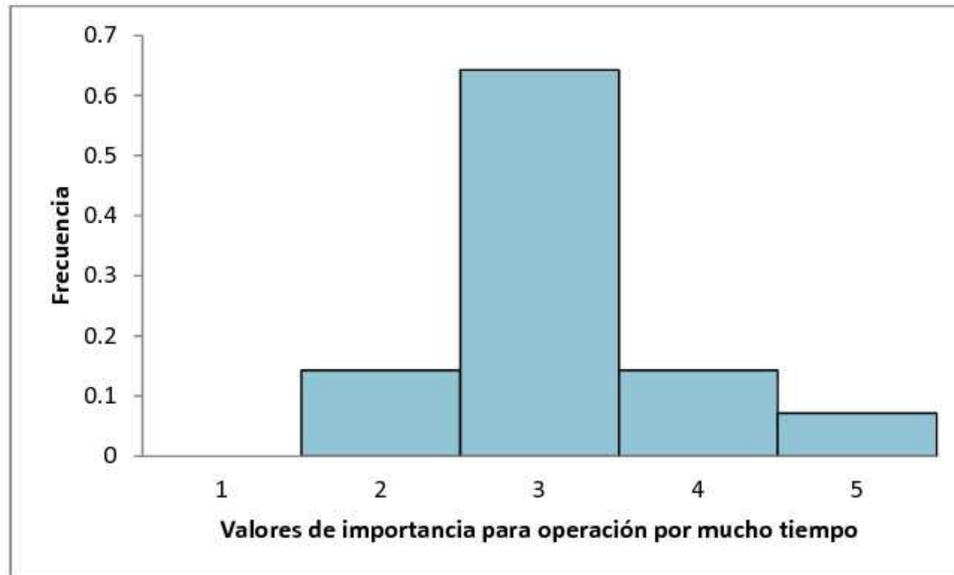


Figura A 4.3 Histograma de la importancia numérica para la necesidad operación por mucho tiempo.

En la tabla A 4.11 se muestran los intervalos de clase para los valores de importancia de la necesidad recolección de todas las matatenas.

Intervalos de clase	Frecuencia	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa acumulada
$1 \leq x < 2$	0	0	0
$2 \leq x < 3$	0	0	0
$3 \leq x < 4$	1	0.07142	0.07142
$4 \leq x < 5$	3	0.2143	0.2857
$x \leq 5$	10	0.7142	0.9999

Tabla A 4.11 Distribución en frecuencias para los datos de la necesidad recolección de todas la matatenas.

En la (fig. A 4.3) se muestra el histograma para la necesidad recolección de todas las matatenas, y se observa claramente que es una necesidad de importancia prioritaria, lo cual resulta lógico al pensar que esta es la función principal del producto.

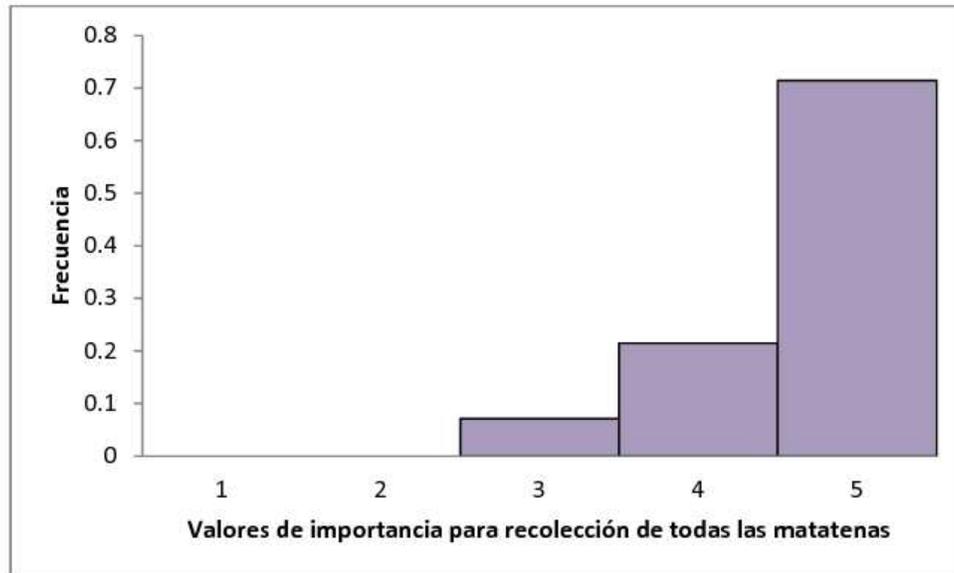


Figura A 4.3 Histograma de la importancia numérica para la necesidad recolección de todas las matatenas.

Es necesario aclarar que los histogramas anteriores brindan un panorama general del comportamiento de los datos para cada necesidad del robot recolector de matatenas, sin embargo se recomienda emplearlos para conjuntos de datos más grandes, de 50 datos en adelante, pero para esta aplicación, a pesar de contar con un número pequeño de datos, se puede extraer varias conclusiones sobre la importancia general de cada una de las necesidades.

#### ANÁLISIS SEGUNDA PARTE DE LA ENCUESTA: RANGOS DE LOS PARÁMETROS TÉCNICOS

Como se ha analiza en apartados anteriores, resulta útil expresar los parámetros técnicos en rangos de valores, si el diseño propuesto se encuentra ubicado dentro de dichos rangos las necesidades del usuario serán satisfechas en mayor grado.

Una herramienta estadística útil para establecer dichos rangos en base a los datos recabados en la encuesta son los llamados intervalos de confianza:

En muchas situaciones, una estimación puntual no proporciona suficiente información acerca del parámetro de interés. Una estimación del intervalo de la forma  $L \leq \mu \leq U$  podría resultar más útil. A L y U se les denomina *límites de confianza* inferior y superior, respectivamente, el porcentaje de confianza del *intervalo de confianza* se expresa como  $100(1 - \alpha)$ . La interpretación del intervalo de confianza es que si se coleccionan muchas muestras aleatorias y se calcula un intervalo de confianza del  $100(1 - \alpha)$  en cada muestra, entonces  $100(1 - \alpha)$  por ciento de estos intervalos contendrán un valor verdadero  $\theta$  [28].



Ahora bien, en la práctica obtenemos solo una muestra aleatoria y calculamos un intervalo de confianza, el enunciado correcto sería que  $\theta$  se encuentra en el intervalo observado  $[L, U]$  con confianza de  $100(1 - \alpha)$  [28].

La longitud del intervalo de confianza es una medida importante de la calidad de la información obtenida de la muestra. Cuanto mayor sea el intervalo de confianza, tanto mayor confianza tendremos de que el intervalo contiene en realidad el verdadero valor de  $\theta$ . Por otra parte, cuanto mayor sea el intervalo, tanto menor es la información que tenemos en torno al valor verdadero de  $\theta$ . En una situación ideal obtenemos un intervalo relativamente corto con una confianza elevada. [28].

De esta forma se procede a realizar el análisis de la segunda parte de la encuesta para el establecimiento del rango de valores para los parámetros técnicos, el método a utilizar será el intervalo de confianza sobre la media, conocida la varianza:

#### ANÁLISIS PARÁMETRO PESO DEL VEHÍCULO

En primer lugar es necesario proponer el porcentaje de confianza del intervalo, se propone un valor de 95 por ciento en el peso del vehículo, lo que implica que  $1 - \alpha = 0.95$ , así que  $\alpha = 0.05$ .

La ecuación para encontrar el límite inferior del intervalo es la Ec.1

$$L = \bar{x} - Z_{\alpha/2}\sigma/\sqrt{n} \dots \text{Ec.1}$$

La ecuación para encontrar el límite superior del intervalo es la Ec.2

$$U = \bar{x} + Z_{\alpha/2}\sigma/\sqrt{n} \dots \text{Ec.2}$$

Dónde:

$Z_{\alpha/2}$  Se toma como una distribución normal estándar.

$\bar{x}$  Es la media de la muestra.

$\sigma$  Es la desviación estándar

$n$  Es el tamaño de la muestra

De los datos de la tabla A 4.2 se tiene lo siguiente:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \dots \text{Ec.3}$$

$$n = 14$$

$$\bar{x} = 1.7857$$



$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2 / n}{n-1} \dots \text{Ec.4}$$

$$s = 0.699$$

$$Z_{\alpha/2} = Z_{0.025} = 1.96$$

Con los datos anteriores es posible calcular los límites del intervalo de confianza dados por las Ec.1 y Ec.2, de esta forma se tiene:

$$L = \bar{x} - Z_{\alpha/2} \sigma / \sqrt{n}$$

$$L = 1.7857 - 1.96(0.699) / \sqrt{16}$$

$$L = 1.44$$

$$U = 1.7857 + 1.96(0.699) / \sqrt{16}$$

$$U = 2.13$$

Así, en conclusión el rango de peso para el vehículo es el siguiente:

$$1.44kg \leq \text{peso} \leq 2.13kg$$

Par términos prácticos cualquier valor en kg que se encuentre por debajo del límite superior del intervalo se considera aceptable.

#### ANÁLISIS PARÁMETRO DIMENSIONES DEL VEHÍCULO

Aplicando Ec.1, Ec.2, Ec.3 y Ec.4 del apartado anterior en los datos sobre las dimensiones del vehículo se tiene lo siguiente:

Largo del vehículo.

$$n = 14$$

$$\bar{x} = 31.42$$

$$s = 10.457$$

$$L = 31.42 - 1.96(10.457) / \sqrt{16}$$

$$L = 26.29$$

$$U = 31.42 + 1.96(10.457) / \sqrt{16}$$

$$U = 36.54$$



Ancho del vehículo.

$$n = 14$$

$$\bar{x} = 29.286$$

$$s = 12.066$$

$$L = 29.286 - 1.96(12.066)/\sqrt{16}$$
$$L = 23.37$$

$$U = 29.286 + 1.96(12.066)/\sqrt{16}$$
$$U = 35.19$$

Altura del vehículo.

$$n = 14$$

$$\bar{x} = 25.71$$

$$s = 11.411$$

$$L = 25.71 - 1.96(11.411)/\sqrt{16}$$
$$L = 19.79$$

$$U = 25.71 + 1.96(11.411)/\sqrt{16}$$
$$U = 35.198$$

Finalmente, se concluyen los siguientes rangos para las dimensiones del vehículo recolector:

$$26.3cm \leq \text{largo} \leq 36.5cm$$

$$23.4cm \leq \text{ancho} \leq 35.2cm$$

$$19.8cm \leq \text{altura} \leq 35.2cm$$

Par términos prácticos cualquier valor en cm que se encuentre por debajo del límite superior del intervalo se considera aceptable.

**ANÁLISIS PARÁMETRO NÚMERO DE VECES DE OPERACIÓN**

$$n = 14$$

$$\bar{x} = 9$$



$$s = 12.279$$

$$L = 9 - 1.96(12.279)/\sqrt{16}$$

$$L = 2.98$$

$$U = 9 + 1.96(12.279)/\sqrt{16}$$

$$U = 15.016$$

En conclusión, se establecen los siguientes rangos para el número de veces de operación sin que se agote la batería:

$$3 \leq \text{No. veces} \leq 15$$

Si se considera, que el tiempo de recolección máximo establecido en las *restricciones de diseño* es 5 min, entonces en tiempo se puede hablar del siguiente rango.

$$15\text{min} \leq \text{tiempo} \leq 75\text{min}$$

Así, el tiempo de duración de la batería se debería ubicar en el rango anterior.

#### ANÁLISIS PARÁMETRO PORCENTAJE DE MATATENAS RECOLECTADAS

$$n = 14$$

$$\bar{x} = 82.143$$

$$s = 12.514$$

$$L = 82.143 - 1.96(12.514)/\sqrt{16}$$

$$L = 76.01$$

$$U = 82.143 + 1.96(12.514)/\sqrt{16}$$

$$U = 88.27$$

En conclusión, el porcentaje de matatenas recolectadas considerado como aceptable de acuerdo a la encuesta es el siguiente:

$$76\% \leq \text{Matatenas recolectadas} \leq 88\%$$

El rango anterior es un indicador de la eficiencia que se espera tener en la recolección, sin embargo lo óptimo es lograr el mayor porcentaje de recolección posible.



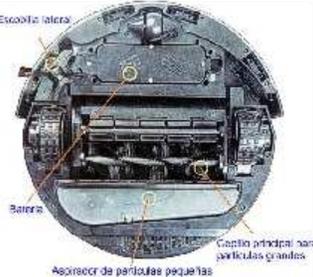
## Apéndice 5: Estudio de mercado para el vehículo recolector de matatenas.

En la siguiente tabla se observa un análisis sobre productos existentes en el mercado que cumplen con funciones semejantes al vehículo recolector de matatenas. Tal como se menciona en la “Metodología para el diseño mecatrónico” de Peñuelas [6], se han recurrido a catálogos de productos consultados en línea. Este estudio de mercado proporciona información importante para el diseño conceptual de vehículo recolector de matatenas.

PRODUCTO	FUNCIÓN PRINCIPAL	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES	CARACTERÍSTICAS
 <p>Escobator 9. [20]</p>	Limpeza doméstica	Está construido tomando como base una escoba eléctrica de Kärcher, es completamente autónomo.	Dimensiones: 30 cm ancho, 29 cm largo y 12 cm de alto. Peso: 2kg aprox. Baterías: 6V, 2700 mA; 9.6 V, 1800 mA	2 motorreductores 120 RPM, 12V. 2 ruedas de alto agarre de neopreno. Chasis de PVC expandido. 5 sensores de distancia Sharp GP2D02. 1 teclado matricial 4x4 1 LCD 2x16 caracteres 1 PIC 16F8877 1 Cargador de baterías
 <p>I-Shovel. [21]</p>	Barredor de nieve	Detecta la acumulación de nieve y limpia el camino automáticamente. No produce emisiones, ni contaminación por ruido, no tiene partes móviles peligrosas.	Capacidad de limpieza: 3.72 m <sup>2</sup> con una sola carga de batería. Fuente de alimentación: luz solar, con la posibilidad de conectarse a la red eléctrica para recargar la batería.	
 <p>Limpia fondos turbo elite. [22]</p>	Limpiador de piscinas	Limpia la totalidad de la piscina, cualquiera que sea su forma o recubrimiento. Aspira hojas y microorganismos no retenidos en la filtración de la piscina, gracias a sus cepillos giratorios y chorros hidráulicos que retiran los restos de algas. Sistema de filtración interna con bolsos reutilizables.	Ciclo de limpieza estándar: 3 hrs. Longitud del cable: 18 m. Programación: ajustable 1 a 7 hrs. Bolsa de filtración: 2 micrones.	Rodillos de espuma. Rodillos de goma.
 <p>Neato XV - 11. [23]</p>	Limpeza doméstica	Dispone de un potente motor de aspiración en lugar de la combinación de cepillos y aspiración de las demás marcas de robots barredor – aspiradores. Novedoso sistema de navegación láser.		



## APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO MECATRÓNICO

 <p><b>Cibernaut NT [24]</b></p>	<p>Limpiador de piscinas</p>	<p>Permite memorizar la configuración de la piscina en la que va a trabajar. Basta con introducir 4 parámetros en la consola de control: la forma, la longitud, el ancho y el fondo de la piscina. Esta información permite calcular una secuencia de desplazamientos, los movimientos del robot se optimizan para asegurar una limpieza perfecta en el mínimo tiempo.</p>	<p>Permite limpiar piscinas de hasta 20 x 10 m. Longitud del cable: 25 m. Saco- filtro de 20 micras.</p>	<p>Puede trabajar en piscinas de cualquier tipo de forma. Se adapta a todo tipo de revestimiento. Mando a distancia incorporado.</p>
  <p><b>Auto Vaccum [25]</b></p>	<p>Limpieza doméstica</p>	<p>Robot aspirador automático, capaz de aspirar el polvo de cualquier habitación. Limpia mediante movimientos en espiral, sin importar el tipo de suelo que sea. Cuando ha terminado el ciclo de limpieza, o las baterías están descargadas, el robot vuelve a la estación de carga para recargar las baterías. Lleva incorporado gran cantidad de sensores que permite moverse por todos los rincones con total seguridad.</p>		<p>Cepillos reforzados. Estación de recarga automática. Permite delimitar el área a limpiar. Incluye mando a distancia. Emite poco ruido.</p>
 <p><b>Karcher [26]</b></p>	<p>Limpieza doméstica</p>	<p>Completamente autónomo. Va a la base a cargarse cuando lo necesita, puede funcionar las 24 hrs del día, se va a vaciar a la base cuando detecta que se llena el depósito; cuando hay mucha suciedad, se queda parado encima hasta que limpia todo.</p>	<p>Limpia 15 m<sup>2</sup> por hora. Baterías: (NiMH) 1.7 Ah. Tensión de servicio: 12V. Duración de la limpieza con la batería cargada: hasta 60 min. Tiempo de carga: 10 -20 min. Depósito acumulador de suciedad: 0.2 l. Dimensiones: Ø 280x 105mm. Peso: 2Kg</p>	<p>Barre y aspira a la vez. Funciona en: alfombras de pelo corto, losetas, duela y piso laminado. Movimientos aleatorios, si choca con un obstáculo modifica su dirección.</p>
 <p><b>Samsung Furot II. [27]</b></p>	<p>Limpieza doméstica</p>	<p>Capaz de moverse por toda la habitación hasta limpiar la suciedad del suelo. Viene con una pequeña cámara y un software especial para comprobar lo que encuentra alrededor y tomar decisiones sobre el camino que debe tomar para recorrer una habitación entera evitando los obstáculos. Vuelve a la base de carga en caso de que la batería este por agotarse.</p>	<p>Tiempo de recarga de batería: 90 min.</p>	





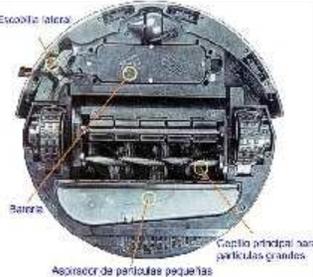
## Apéndice 5: Estudio de mercado para el vehículo recolector de matatenas.

En la siguiente tabla se observa un análisis sobre productos existentes en el mercado que cumplen con funciones semejantes al vehículo recolector de matatenas. Tal como se menciona en la “Metodología para el diseño mecatrónico” de Peñuelas [6], se han recurrido a catálogos de productos consultados en línea. Este estudio de mercado proporciona información importante para el diseño conceptual de vehículo recolector de matatenas.

PRODUCTO	FUNCIÓN PRINCIPAL	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES	CARACTERÍSTICAS
 <b>Escobator 9. [20]</b>	Limpeza doméstica	Está construido tomando como base una escoba eléctrica de Kärcher, es completamente autónomo.	Dimensiones: 30 cm ancho, 29 cm largo y 12 cm de alto. Peso: 2kg aprox. Baterías: 6V, 2700 mA; 9.6 V, 1800 mA	2 motorreductores 120 RPM, 12V. 2 ruedas de alto agarre de neopreno. Chasis de PVC expandido. 5 sensores de distancia Sharp GP2D02. 1 teclado matricial 4x4 1 LCD 2x16 caracteres 1 PIC 16F8877 1 Cargador de baterías
 <b>I-Shovel. [21]</b>	Barredor de nieve	Detecta la acumulación de nieve y limpia el camino automáticamente. No produce emisiones, ni contaminación por ruido, no tiene partes móviles peligrosas.	Capacidad de limpieza: 3.72 m <sup>2</sup> con una sola carga de batería. Fuente de alimentación: luz solar, con la posibilidad de conectarse a la red eléctrica para recargar la batería.	
 <b>Limpia fondos turbo elite. [22]</b>	Limpiador de piscinas	Limpia la totalidad de la piscina, cualquiera que sea su forma o recubrimiento. Aspira hojas y microorganismos no retenidos en la filtración de la piscina, gracias a sus cepillos giratorios y chorros hidráulicos que retiran los restos de algas. Sistema de filtración interna con bolsos reutilizables.	Ciclo de limpieza estándar: 3 hrs. Longitud del cable: 18 m. Programación: ajustable 1 a 7 hrs. Bolsa de filtración: 2 micrones.	Rodillos de espuma. Rodillos de goma.
 <b>Neato XV - 11. [23]</b>	Limpeza doméstica	Dispone de un potente motor de aspiración en lugar de la combinación de cepillos y aspiración de las demás marcas de robots barredor – aspiradores. Novedoso sistema de navegación láser.		



## APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO MECATRÓNICO

 <p><b>Cibernaut NT [24]</b></p>	<p>Limpiador de piscinas</p>	<p>Permite memorizar la configuración de la piscina en la que va a trabajar. Basta con introducir 4 parámetros en la consola de control: la forma, la longitud, el ancho y el fondo de la piscina. Esta información permite calcular una secuencia de desplazamientos, los movimientos del robot se optimizan para asegurar una limpieza perfecta en el mínimo tiempo.</p>	<p>Permite limpiar piscinas de hasta 20 x 10 m. Longitud del cable: 25 m. Saco- filtro de 20 micras.</p>	<p>Puede trabajar en piscinas de cualquier tipo de forma. Se adapta a todo tipo de revestimiento. Mando a distancia incorporado.</p>
  <p><b>Auto Vaccum [25]</b></p>	<p>Limpieza doméstica</p>	<p>Robot aspirador automático, capaz de aspirar el polvo de cualquier habitación. Limpia mediante movimientos en espiral, sin importar el tipo de suelo que sea. Cuando ha terminado el ciclo de limpieza, o las baterías están descargadas, el robot vuelve a la estación de carga para recargar las baterías. Lleva incorporado gran cantidad de sensores que permite moverse por todos los rincones con total seguridad.</p>		<p>Cepillos reforzados. Estación de recarga automática. Permite delimitar el área a limpiar. Incluye mando a distancia. Emite poco ruido.</p>
 <p><b>Karcher [26]</b></p>	<p>Limpieza doméstica</p>	<p>Completamente autónomo. Va a la base a cargarse cuando lo necesita, puede funcionar las 24 hrs del día, se va a vaciar a la base cuando detecta que se llena el depósito; cuando hay mucha suciedad, se queda parado encima hasta que limpia todo.</p>	<p>Limpia 15 m<sup>2</sup> por hora. Baterías: (NiMH) 1.7 Ah. Tensión de servicio: 12V. Duración de la limpieza con la batería cargada: hasta 60 min. Tiempo de carga: 10 -20 min. Depósito acumulador de suciedad: 0.2 l. Dimensiones: Ø 280x 105mm. Peso: 2Kg</p>	<p>Barre y aspira a la vez. Funciona en: alfombras de pelo corto, losetas, duela y piso laminado. Movimientos aleatorios, si choca con un obstáculo modifica su dirección.</p>
 <p><b>Samsung Furot II. [27]</b></p>	<p>Limpieza doméstica</p>	<p>Capaz de moverse por toda la habitación hasta limpiar la suciedad del suelo. Viene con una pequeña cámara y un software especial para comprobar lo que encuentra alrededor y tomar decisiones sobre el camino que debe tomar para recorrer una habitación entera evitando los obstáculos. Vuelve a la base de carga en caso de que la batería este por agotarse.</p>	<p>Tiempo de recarga de batería: 90 min.</p>	





## *Bibliografía*

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ROOZENBURG, N.F.M. and EEKELS J. Product Design: Fundamentals and Methods. USA, John Wiley & Sons, 1996
- 2 OTTO Kevin N. and WOOD Kristin L. Product Design, Techniques in Reverse Engineering and New Product Development, UK. Prentice Hall, 2001
- 3 BISHOP, Robert H., Mechatronics an introduction. USA, Taylor & Francis, 2006
- 4 ISSERMAN, Rolf, Mechatronic Systems Fundamentals, London, Springer, 2005
- 5 ULRICH Karl & EPPINGER Steven, Diseño y desarrollo de productos, McGraw-Hill, 2009.
- 6 PEÑUELAS R. Ulises M., Metodología para el diseño mecatrónico, FI. UNAM, 2007.
- 7 REYES, Fernando, Control de robots manipuladores, Alfaomega, 2011.
- 8 OLLERO B. Aníbal, Robótica Manipuladores y robots móviles, Barcelona España, Marcombo, 2001
- 9 CFIE de Valladolid (Centros de Formación del Profesorado e Innovación Educativa) "Robots industriales", [en línea], [7 de diciembre de 2011]. Disponible en la web: [http://cfievalladolid2.net/tecno/cyr\\_01/robotica/industrial.htm](http://cfievalladolid2.net/tecno/cyr_01/robotica/industrial.htm)
- 10 CFIE de Valladolid (Centros de Formación del Profesorado e Innovación Educativa) "Introducción a la robótica", [en línea], [8 de diciembre de 2011]. Disponible en la web: [http://cfievalladolid2.net/tecno/cyr\\_01/robotica/intro.htm](http://cfievalladolid2.net/tecno/cyr_01/robotica/intro.htm)
- 11 Linkmesh "El robot: un término difícil", [en línea], [9 de diciembre de 2011]. Disponible en la web: [http://www.linkmesh.com/robots/articulos/definiciones\\_de\\_los\\_robots.php](http://www.linkmesh.com/robots/articulos/definiciones_de_los_robots.php)
- 12 HARRIS H. Asada, Introduction to Robotics, Department of Mechanical Engineering, MIT.
- 13 DORADOR G. Jesús M., La investigación y la enseñanza de la ingeniería mecatrónica en la facultar de ingeniería de la UNAM.
- 14 DONALD A. Norman, La psicología de los objetos cotidianos, Madrid, NEREA, 1988.



- 15 CONEJERA B. Oscar, VEGA O. Kurt, VILLAROEL R. Constanza, Diseño emocional, “Definición, metodología y aplicaciones”, Santiago de Chile, Universidad tecnológica metropolitana, 2005.
- 16 GONGORA C. Marisol “Ergonomía” [En línea], [9 de Enero del 2012]. Disponible en la web: <http://www.monografias.com/trabajos7/ergo/ergo.shtml>
- 17 JULIAN P. Fernando, ESPINACH O. F, Xavier, VIÑAS T. David, TRESSERRAS P. Salvador. La estética y la proporción en el concepto de la innovación de productos industriales, España, Universidad de Girona.
- 18 Diseño industrial estética.
- 19 García Torres Milko “El lenguaje del color”, [en línea], [20 de diciembre de 2011]. Disponible en la web: [http://www.imageandart.com/tutoriales/morfologia/lenguaje\\_color\\_2.htm](http://www.imageandart.com/tutoriales/morfologia/lenguaje_color_2.htm)
- 20 Carabaza, Piñeiro Francisco “Escobator 9”, [en línea], [18 de noviembre de 2011]. Disponible en la web: <http://www.arrickrobotics.com/robomenu/escobar9.html>
- 21 Proyectos técnicos y maquinaria LTDA “I- Shovel, una barredora de nieve inteligente que además funciona con energía solar”, [en línea], [18 de noviembre de 2011]. Disponible en la web: <http://blog.ptmcolombia.com/archives/279>
- 22 Solo Stocks “Limpia fondos turbo elite”, [en línea], [18 de noviembre de 2011]. Disponible en la web: <http://www.solostocks.com/venta-productos/ocio/articulos-para-piscina/limpiafondos-turbo-elite-6352742>
- 23 Zacky Files “Neato XV – 11”, [en línea], [18 de noviembre de 2011]. Disponible en la web: <http://foros.zackyfiles.com/showthread.php?t=634586>
- 24 Actual “Robot limpiador Cybernaut NT”, [en línea], [18 de noviembre de 2011]. Disponible en la web: <http://www.casaactual.com/noticia.asp?id=196>
- 25 Intplus “Robot aspirador con estación de carga automática S150630”, [en línea], [18 de noviembre de 2011]. Disponible en la web: <http://www.superrobotica.com/s150630.htm>
- 26 Karcher, S.A “Robot limpiador Karcher”, [en línea], [18 de noviembre de 2011]. Disponible en la web: [http://www.limpieza.com/novedades\\_n/novedades.asp?novedades=787](http://www.limpieza.com/novedades_n/novedades.asp?novedades=787)
- 27 Tec.nologia “Samsung Furot II, robot de limpieza”, [en línea], [18 de noviembre de 2011]. Disponible en la web: <http://tec.nologia.com/2009/09/18/samsung-furot-ii-robot-de-limpieza/>



- 28 HINES W. William, Probabilidad y estadística para ingeniería, 3ra. ed., México D.F., CECSA, 2002
- 29 SALASAR G. Rene, Fundamentos de mecatrónica “Sensores”, DGETI
- 30 TODOROBOT, “Sensores en robótica”, [en línea], [12 de enero 2012]. Disponible en la web: <http://www.todorobot.com.ar/documentos/sensores.pdf>
- 31 Corona Cárdenas Mario Alberto, “Sensor ultrasónico”, [en línea], [12 de enero 2012]. Disponible en la web: <http://pacific.fip.unam.mx/cursos/sensor%20ultra/sensor.html>
- 32 5 Hz electrónica, “Sensor ultrasónico rangefinder”, [en línea], [17 de enero 2012]. Disponible en la web: <http://www.5hz-electronica.com/sensorultrasnicorangefinder-maxbotixxl-ez2.aspx>

#### REFERENCIA DE IMÁGENES.

- F1 Robot humanoide ASIMO, <http://asimo.honda.com/>
- F2 Mars Rober, <http://www.xataka.com/categoria/robotica>
- F3 AIBO, <http://lucialm91.blogia.com/2007/061903-aibo.php>
- F4 Mecanismo tipo pala para la captación, [http://camp4online.com/index.php?main\\_page=index&cPath=146\\_167](http://camp4online.com/index.php?main_page=index&cPath=146_167)
- F5 Motorreductor, <http://www.roboticachilpancingo.es.tl/Cat%E1logo-de-productos.htm>
- F6 Sensor infrarrojo, [http://www.infoab.uclm.es/labelec/solar/otros/infrarrojos/sensor\\_cny70.htm](http://www.infoab.uclm.es/labelec/solar/otros/infrarrojos/sensor_cny70.htm)
- F7 Cinta reflejante, <http://www.lanautica.com/cinta-reflejante-3m-2m-p-6372.html>
- F8 Microcontrolador, <http://html.rincondelvago.com/microcontroladores.html>
- F9 Acoplamiento mecánico, <http://foro.webdearde.com/viewtopic.php?f=6&t=3552>
- F10 Regulador 5V, [http://ersonelectronica.com/product\\_info.php?products\\_id=2587](http://ersonelectronica.com/product_info.php?products_id=2587)



- F11 Trayectoria aleatoria, <http://blogsdelagente.com/marianorodrigo/tag/dados/>
- F12 Circuito integrado H, [http://www.miguelgrassi.com.ar/arduino/l293\\_2.jpg](http://www.miguelgrassi.com.ar/arduino/l293_2.jpg)
- F13 Mecanismo de aspas rotatorias,  
<http://manualdelcientifico.blogspot.com/2011/08/como-funciona-un-molino-de-agua.html>
- F14 Sensor infrarrojo,  
<http://proyectoscencho.blogspot.com/2011/12/sensores-infrarrojos-para-robotica.html>
- F15 Rueda esfera castor, <http://www.robokits.co.nz/ball-caster-half-inch-plastic-ball>
- F16 Transistor NPN, [http://es.wikipedia.org/wiki/Transistor\\_de\\_uni%C3%B3n\\_bipolar](http://es.wikipedia.org/wiki/Transistor_de_uni%C3%B3n_bipolar)
- F17 Mecanismo tipo pala para la captación,  
<http://www.buscojuguetes.com/images/2/f/7/pala-jardin-1253795568.jpg>
- F18 Encoder incremental, [http://abrobotics.tripod.com/Ebot/using\\_encoder.htm](http://abrobotics.tripod.com/Ebot/using_encoder.htm)
- F19 Banda transmisión,  
<http://www.directindustry.es/cat/transmision-mecanica-actuadores-posicionamiento/poleas-L-369.html>
- F20 Motor CD, <http://fiunam.superforo.net/t1659-vendo-motores-a-pasos-y-cd-desde-15>
- F21 Trayectoria por tiempo,  
[http://www.freepik.es/vector-gratis/freebie-vectorlib-reloj-oficina-blanca\\_443208.htm](http://www.freepik.es/vector-gratis/freebie-vectorlib-reloj-oficina-blanca_443208.htm)
- F22 Barredora, <http://www.atl-gestion.com/Limpieza-barredoras.htm>
- F23 Rueda trasera tipo castor,  
<http://www.directindustry.es/cat/fijacion-maniobra-amortiguacion-estanqueidad/ruedas-ruedecillas-B-15.html>
- F24 Formas básicas, [http://es.wikipedia.org/wiki/Lenguaje\\_visual\\_C6](http://es.wikipedia.org/wiki/Lenguaje_visual_C6)
- F25 Diversidad de colorido en un producto,  
<http://mbuzzr.com/wp-content/uploads/2011/10/nuevo-ipod-nano-colores-450x302.png>
- F26 Ejemplo del manejo de color en productos comerciales  
<http://4.bp.blogspot.com/-kC-czn3nJZY/TeR08Ww4bHI/AAAAAAAAADp8/jCWCCJQnOc0/s1600/Le+Male+JPGaultier.jpg>
- F27 Ejemplo de manejo de color en productos comerciales



- [http://es.123rf.com/photo\\_4795225\\_productos-de-limpieza-del-hogar-dishsoap-blanqueador-ventana-limpia-y-en-el-fondo-blanco.html](http://es.123rf.com/photo_4795225_productos-de-limpieza-del-hogar-dishsoap-blanqueador-ventana-limpia-y-en-el-fondo-blanco.html)
- F28 Ejemplo de manejo de color en productos comerciales  
<http://www.petitchef.es/recetas/limpieza-facial-rutina-diaria-fid-1225011>
- F29 Espesor de alfombra, <http://www.vanitydust.com>
- F30 Microswitch, <http://www.switches-manufacturer.com/>
- F31 Sensor ultrasónico comercial,  
[http://www.robodacta.mx/index.php?dispatch=products.view&product\\_id=30261](http://www.robodacta.mx/index.php?dispatch=products.view&product_id=30261)
- F32 Indicador luminoso led, <http://www.televisor-leds.com/category/tecnologia-led/>
- F33 Buzzer, <http://www.futurlec.com.au/Buzzers.jsp>
- F34 Principio de funcionamiento del sensor ultrasónico,  
<http://pacific.fi-p.unam.mx/cursos/sensor%20ultra/sensor.html>
- F35 Gama de frecuencias de sonido,  
<http://pacific.fi-p.unam.mx/cursos/sensor%20ultra/sensor.html>
- F36 Proceso de ecolocación del murciélago,  
<http://pacific.fi-p.unam.mx/cursos/sensor%20ultra/sensor.html>
- F37 Sensor ultrasónico comercial,  
<http://www.5hz-electronica.com/images/view.aspx?productId=770>



## *Conclusiones*

Las conclusiones que se generan a partir del presente trabajo parten de los objetivos generales y particulares establecidos al inicio del mismo. De esta forma la primera conclusión es sobre la metodología para el diseño de productos mecatrónicos, en primer lugar es necesario destacar que plasmar el proceso de diseño de cualquier producto no es tarea fácil, ya que dicho proceso es iterativo por naturaleza, es decir, en algunas de las fases de diseño habrá que retomar tareas que ya se han realizado, surgirán nuevas necesidades, e imprevistos que harán necesario la búsqueda de nuevas soluciones; por dicha razón se puede considerar que en el presente escrito se plantea el seguimiento de un proceso de diseño “ideal”, pero a pesar de ello es posible visualizar el proceso de diseño de un robot móvil en cada una de sus etapas, hasta llegar a el diseño conceptual que resuelve el problema planteado de la “mejor” forma posible.

Es necesario mencionar que la selección del concepto y las propuestas de mejora aquí mencionadas también requieren de la implementación de prototipos y pruebas físicas para llegar a un producto final, pero puesto que tales propuestas y selección se encuentran basadas en pruebas ya realizadas, y proponen alternativas de solución a los errores identificados en los diferentes diseños, el producto resultante seguramente será un producto con mayor grado de funcionalidad y apegado a las restricciones iniciales.

Por otra parte, es posible concluir algunos aspectos particulares sobre la “Metodología de diseño mecatrónico” en la cual se encuentra fundamentado el presente escrito; los aspectos sobresalientes e innovadores de dicha metodología son en primer lugar considerar la naturaleza multidisciplinaria de un producto mecatrónico en el proceso de diseño, cuestión que no es considerada en la metodología tradicional de diseño, en particular en el seguimiento de este proceso de diseño se pudo comprobar que el diseño de un producto mecatrónico, sin considerar las relaciones dinámicas entre sus sistemas conduce a errores, ejemplo de ello es que muchos de los diseños no consideraron la comunicación entre el sistema de desplazamiento y el sistema de control, lo cual produjo ineficiencia en el seguimiento de las trayectorias, tampoco se consideró la comunicación entre el sistema de captación entre el sistema de captación y el sistema de control lo cual en el caso de los sistemas de captación que incluyen elementos móviles, conllevan a un enorme gasto de energía, ya que el sistema se encuentra activado durante todo el trayecto.

De esta forma queda claro que una metodología que considere la comunicación entre todos los sistemas desde un inicio, incrementa el porcentaje de éxito que tendrá el modelo conceptual generado, ya que en muchas ocasiones querer establecer comunicación entre los sistemas al final resulta complicado y a veces requiere de una modificación importante de los sistemas en general. Dicha metodología proporciona la ventaja mencionada, pero es necesario mencionar que durante el desarrollo del presente trabajo se requirió buscar apoyo en las metodologías tradicionales de diseño, principalmente en aspectos como identificación de la necesidad del cliente, traducción en especificaciones y parámetros técnicos; por tal motivo considero que el apoyo en la “metodología para el diseño mecatrónico” para el diseño de un producto mecatrónico resulta muy útil, pero es necesario recurrir a las metodologías tradicionales para profundizar en las etapas de diseño mencionadas, de las cuales como se observó en el desarrollo del trabajo, depende en gran medida



el resultado final del proceso de diseño, ya que si no se establecen desde el inicio de forma clara los objetivos a seguir y metas a cumplir, dicho proceso puede conducir a ninguna parte.

Una de las conclusiones particulares de este trabajo es en cuanto a las soluciones de diseño, en general considero que un diseño exitoso no necesariamente es el más complejo o sofisticado, dentro de toda la gama de diseños conceptuales que es posible generar para un producto, desde mi perspectiva se debe elegir el aquel que cumpla con la función principal de manera óptima pero también aquel que signifique mayor facilidad en implementación, menor gasto de material, energía y recursos en general; quizá una solución compleja resulte atractiva a primera vista, pero desde el punto de vista de ingeniería existen múltiples aspectos a considerar, de esta forma un diseño simple y funcional puede proporcionar grandes ventajas, como la posibilidad de enfocarse desde un inicio en los problemas realmente importantes a resolver y no adicionar problemas adicionales que pueden resultar innecesarios. En esta parte, también es necesario mencionar que la apariencia estética del producto cobra relevancia, quizá es un aspecto con el cual los ingenieros no se encuentran familiarizados, pero no por ello es un aspecto que se debe menospreciar, ya que el éxito de un producto se puede incrementar enormemente si este además de ser funcional resulta atractivo para el usuario; por ello considero importante que el trabajo de diseño del producto se realice conjuntamente con expertos en este tema, tal como se propone en la asignatura diseño del producto, ya que la apariencia estética del producto es un aspecto a considerar desde el inicio del proceso.

Como conclusión final es posible mencionar que el presente trabajo contribuye al entendimiento del proceso de diseño de un producto mecatrónico, a pesar de que no se cuenten con conocimientos especializados en ingeniería, los pasos de la metodología quedan claros, y el seguimiento de la misma solo es cuestión de práctica.



## Resultados.

Debido a las características del presente trabajo, no es posible incluir un apartado de resultados como tal, ni obtener resultados cuantitativos de la aplicación de la metodología para el diseño mecatrónico de Peñuelas; lo que sí es posible considerar como resultado es lo siguiente:

Partiendo del objetivo, el cual fue establecido como el seguimiento de la metodología mencionada, se espera obtener como resultado un planteamiento que ejemplifique el seguimiento de las etapas de diseño propuestas por Peñuelas, hasta la etapa de diseño conceptual que se estableció también como el alcance de este trabajo. De esta forma, si hablamos de los resultados obtenidos, es posible calificar a todo el trabajo en general como el principal resultado, puesto que para llegar a el planteamiento del seguimiento de la metodología, fue necesario en primer lugar ubicar la información generada en la asignatura diseño del producto, en la etapa correspondiente de la metodología, a continuación se presenta una tabla con las actividades que fueron necesarias para poder establecer el planteamiento y descripción de cada etapa, lo cual se considera como los resultados por etapa.

ETAPA DE LA METODOLOGÍA	INFORMACIÓN DISPONIBLE	RESULTADOS
Identificación de la necesidad	Necesidades identificadas por los equipos, aunque no de forma clara y precisa.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Identificación de lo que era realmente una necesidad, restricciones de diseño y característica de diseño. Identificación de necesidades que no habían sido planteadas.</li><li>• Traducción de las necesidades en requerimientos concretos, incluyendo la descripción de los mismos.</li><li>• Traducción de las necesidades en especificaciones técnicas.</li><li>• Elaboración de la Matriz de necesidades – parámetros técnicos.</li><li>• Modelo de encuesta para los rangos de valor de los</li></ul>



		<p>parámetros técnicos y para el grado de importancia numérico de las necesidades.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Análisis estadístico de los resultados de la aplicación de la encuesta.</li></ul>
Diseño conceptual	<p>Dos conceptos de producto: vehículo que almacena matatenas y vehículo que reúne matatenas. Conceptos finales de producto</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Identificación de la función principal</li><li>• Descomposición en subfunciones para cada concepto.</li><li>• Descomposición en subsistemas</li><li>• Identificación de las características de diseño para cada concepto.</li><li>• Módulos partes y componentes para cada subsistema.</li><li>• Planteamiento de selecciones de diseño y aspectos de selección de tecnología.</li><li>• Identificación de ventajas y desventajas de las alternativas de solución para cada subsistema.</li></ul>
Selección del concepto	<p>Pruebas realizadas a los prototipos de cada concepto.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Identificación de problemáticas de cada prototipo.</li><li>• Selección del mejor concepto de producto en base a las pruebas.</li><li>• Propuestas de mejora a los problemas detectados.</li></ul>

Resultado general:

Generación de un material que ejemplifica el seguimiento de la metodología para el diseño mecatrónico, el cual podrá ser tomado como modelo por los alumnos de la asignatura de diseño del producto, para desarrollar el diseño de un producto mecatrónico.