



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN  
INGENIERÍA

DISEÑO DE UN DISPOSITIVO AUXILIAR PARA RECUPERAR  
LA MOVILIDAD

(DARM)

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**MAESTRO EN INGENIERÍA**

INGENIERÍA MECÁNICA – DISEÑO MECÁNICO

P R E S E N T A :

**ABRAHAM BARAJAS OCAÑA**

TUTOR:

**DR. ADRIÁN ESPINOSA BAUTISTA**

2012



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

**JURADO ASIGNADO:**

**Presidente: Dr. Borja Ramírez Vicente**

**Secretario: Dr. Dorador González Jesús Manuel**

**Vocal: Dr. Espinosa Bautista Adrián**

**1er Suplente: Dr. González González Leopoldo Adrián**

**2do Suplente: M I. Zepeda Sánchez Antonio**

**Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica, Facultad de Ingeniería, UNAM**



---

**Dr. Espinosa Bautista Adrián**

Tabla de contenido

Tabla de contenido	1
Agradecimientos	4
Introducción	5
Planteamiento del problema	7

Capítulo 1. Metodologías de diseño

1.1 Descripción del método KANO	10
1.2 Descripción del método Analytic Hierarchy Process (AHP)	13
1.2.1 Etapas fundamentales del método AHP	13
1.2.2 Proceso de Jerarquización	13
1.2.3 Cálculo de la razón de inconsistencia	16

Capítulo 2. Herramientas de la teoría *Teorija Rezhendija Isobretatelskih Zadach* (TRIZ, Teoría para Resolver Problemas de Inventiva)

2.1 Descripción de la teoría de la TRIZ	18
2.1.1 Principios básicos	18
2.1.2 Definición del problema	19
2.1.3 Redefinición del problema	20
2.1.4 Contradicciones físicas, técnicas	20
2.1.5 Diagrama de modelado de sistemas	21
2.1.6 Matriz de contradicciones	21
2.1.7 Niveles de innovación	21
2.1.8 Integración de las partes de un sistema tecnológico	22
2.1.9 Idealidad creciente	22
2.1.10 Diagrama solución ideal (IFR)	22
2.1.11 Inercia psicológica	23
2.1.12 Evolución de los sistemas tecnológicos	23
2.1.13 Etapas de la evolución de los sistemas tecnológicos	23
2.2 Análisis sustancia – campo	24
2.2.1 Sistema estructura sustancia – campo	24
2.3 Algoritmo para resolver problemas de inventiva (ARIZ)	24
2.4 Aplicación de la teoría de la TRIZ en otros contextos.	27
2.5 Esquema del proceso empleado en este trabajo	30

Capítulo 3. Ergonomía, Antropometría

3.1 Definición ergonomía	31
3.2 Factores ergonómicos	31
3.2.1 Factores anatomofisiológicos	31
3.2.2 Factores antropométricos	31
3.3 Definición antropometría	32

3.3.1	Variables antropométricas de una población	.	.	.	.	32
3.3.2	Factores físico – ambientales	.	.	.	.	33
3.3.3	Factores objetuales	.	.	.	.	33
3.3.4	Factores psicosociales	.	.	.	.	33
3.4	Principios de diseño antropométrico	.	.	.	.	34
3.4.1	Diseño para el promedio	.	.	.	.	34
3.4.2	Diseño para individuos extremos	.	.	.	.	34
3.4.3	Diseño para un intervalo de ajuste	.	.	.	.	34
3.5	Cédula antropométrica	.	.	.	.	35

#### Capítulo 4. Comprensión del problema

4.1	Aplicación del método Kano.	.	.	.	.	36
4.2	Aplicación del Método de AHP	.	.	.	.	42
4.3	Redefinición del problema	.	.	.	.	45
4.4	Definición del objetivo	.	.	.	.	46
4.5	Diagrama solución ideal (IFR)	.	.	.	.	47

#### Capítulo 5. Especificaciones de diseño de los subsistemas

5.1	Diagramas de modelado de subsistemas (1ra ronda)	.	.	.	.	48
5.2	Redefinición de los subsistemas	.	.	.	.	50
5.2.1	Jerarquización de los subsistemas obtenidos	.	.	.	.	51
5.2.2	Diagrama de modelado de los subsistemas	.	.	.	.	52
5.2.3	Definición de parámetros de acuerdo a la TRIZ	.	.	.	.	53
5.2.3.1	Parámetros encontrados por subsistema	.	.	.	.	55
5.3	Evaluación de parámetros por subsistema con el método de AHP	.	.	.	.	55
5.3.1	Subsistema estructura	.	.	.	.	55
5.3.2	Subsistema apoyo (pararse / sentarse)	.	.	.	.	56
5.3.3	Subsistema sujeción	.	.	.	.	57
5.4	Especificaciones de diseño por subsistema	.	.	.	.	57
5.4.1	Evaluación de datos obtenidos	.	.	.	.	57
5.4.2	Especificaciones de diseño obtenidos por subsistema	.	.	.	.	60

#### Capítulo 6. Lluvia de ideas, evaluación de conceptos

6.1	Matriz de contradicciones y principios solución	.	.	.	.	61
6.1.1	Subsistema sujeción – usuario	.	.	.	.	61
6.1.2	Subsistema apoyo – usuario	.	.	.	.	61
6.1.3	Subsistema estructura general – usuario	.	.	.	.	62
6.2	Lluvia de ideas	.	.	.	.	63
6.2.1	Principios solución aplicados para el subsistema estructura	.	.	.	.	63
6.2.1.1	Conceptos generados	.	.	.	.	64
6.2.1.2	Evaluación de los conceptos generados con el método AHP	.	.	.	.	66
6.2.2	Principios solución aplicados para el subsistema apoyo (pararse / Sentarse)	.	.	.	.	68
6.2.2.1	Conceptos generados	.	.	.	.	68
6.2.2.2	Evaluación de los conceptos generados con el método AHP	.	.	.	.	70

6.2.3 Principios solución aplicados para el subsistema sujeción . . . . .	72
6.2.3.1 Conceptos generados . . . . .	72
6.2.3.2 Evaluación de los conceptos generados con el método AHP . . . . .	73
6.3 Conceptos finales por subsistemas . . . . .	75
Capítulo 7. Concepto final	
7.1 Subsistema Sujeción Final . . . . .	76
7.2 Subsistema Estructura Final . . . . .	77
7.3 Partes Auxiliares del Primer Concepto . . . . .	77
7.3.1 Primer Concepto . . . . .	78
7.4 Partes Auxiliares del Segundo Concepto . . . . .	79
7.4.1 Segundo Concepto . . . . .	81
7.5 Partes auxiliares del Concepto Final . . . . .	81
7.5.1 Concepto Final . . . . .	83
Conclusiones . . . . .	84
Mesografía . . . . .	86

## Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el apoyo económico otorgado a mi persona, para la realización de este proyecto.

Al Dr. Adrián Espinosa Bautista, por su paciencia y guía durante el desarrollo de este proyecto.

Al M.I Antonio Zepeda Sánchez, por los consejos que me dio para llegar al objetivo planteado.

A mi mama Ma. Marta Ocaña López, por su paciencia y el sufrimiento que tuvo durante el desarrollo de este trabajo.

Al abuelo Aurelio Ocaña Morales, por estar siempre a mi lado, siendo una luz, guía y un padre para mí.

Al tío Arturo Ocaña López por sus comentarios sobre el proyecto, permitiéndome una mejor redacción en algunos puntos.

Al c. Gustavo Rojas Coca, por estar siempre dándome ánimo para continuar y no claudicar en el camino.

A todas las personas que confiaron en mí y que por el momento no me acuerdo, pero gracias por todo su apoyo.

A María Isabel Rodríguez Cárdenas, por su ayuda y empuje para logra terminar este proyecto.

## Introducción

Actualmente la esperanza de vida de los mexicanos se ha incrementado considerablemente de 35 años para el sexo femenino y 33 años para el sexo masculino en 1930, este cambio ha permitido alcanzar los 78 años para el sexo femenino y 73 años para el sexo masculino como se registro en 2010<sup>1</sup>, otro dato importante a considerar es que en 1940 habían alrededor de 0.97 millones de mexicanos mayores de 55 años, para el 2010 se incremento alrededor de 6.5 millones de mexicanos<sup>2</sup>, la población de la tercera edad aumentó considerablemente.

Es conocido por todos que al llegar a esta edad se empiezan a observar ciertos cambios en las personas, tanto físicas como psicológicas. Para comprender esto, se da una definición muy genérica de lo que es envejecer: "... No es fácil dar una definición sobre qué es el envejecimiento aunque todos, de manera intuitiva, bien por observarlo a nuestro alrededor o bien en nosotros mismos, tenemos conocimiento del mismo.

El envejecimiento se ha definido como un proceso de deterioro donde se suman todos los cambios que se dan con el tiempo en un organismo que conducen a alteraciones funcionales y bioquímicos que se caracterizan por una pérdida progresiva en el tiempo de capacidad de adaptación y la capacidad de reserva del organismo. Algunos de los efectos físicos que se observan cuando se envejece son los siguientes:

- Se pierde masa muscular y por tanto se pierde fuerza y capacidad para tener máximas prestaciones físicas
- Se pierde también masa ósea lo que favorece la aparición de osteoporosis y fracturas
- Entre otras<sup>3</sup> ..."

Debido a las características mencionadas anteriormente y algunas otras, se han desarrollado diferentes dispositivos como lo son las sillas de ruedas, los bastones, las muletas, las andaderas, en general artefactos desarrollados para resolver algunas necesidades de esta población.

Este trabajo se enfocó en mejorar un dispositivo, la andadera. Las que se encuentran actualmente en el mercado, no están diseñadas para que los usuarios, tengan una movilidad "aceptable", ya que de hecho, en algunos casos en lugar de ayudar estorban, por ejemplo para entrar a un sanitario, o para poder pararse o sentarse de una silla o una cama.

Estas características que se requiere mejorar, permiten plantear el objetivo de este proyecto, el cual es:

---

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Estadística y Geografía, "Esperanza de vida", <http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/esperanza.aspx?tema=P>, (2009)

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Estadística y Geografía, "Número de habitantes", <http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/habitantes.aspx?tema=p>, (2009)

<sup>3</sup> Saludalia, tu portal de salud y bienestar, "Cambio en nuestro cuerpo y nuestra mente", [http://www.saludalia.com/Saludalia/web\\_saludalia/tu\\_salud/doc/anciano/doc\\_que\\_es\\_envejecer.htm](http://www.saludalia.com/Saludalia/web_saludalia/tu_salud/doc/anciano/doc_que_es_envejecer.htm), (2011)



**“El diseño conceptual de un dispositivo auxiliar, aplicando diversas metodologías de diseño, que permita a los posibles usuarios trasladarse de un lugar a otro, obteniendo así una mayor independencia de movimiento”.**

Para llegar a cumplir este objetivo se emplearan como guía los siguientes objetivos particulares:

1. Determinar las características que son deseables y no deseables para el nuevo dispositivo, utilizando los métodos de KANO y Analytic Hierarchy Process (AHP, método de Jerarquización), aplicando las herramientas, para conocer y diferenciar las características.
2. Obtener las especificaciones de diseño y los bosquejos solución, aplicando algunas herramientas de la teoría *Tieoriya Riesheniya Izobriatielskij Zadach* (TRIZ, Teoría para Resolver Problemas de Inventiva) y el Software Creax Innovation Suite,
3. Justificar la propuesta de concepto de diseño final del dispositivo con el proceso de aplicación de las metodologías mencionadas.

Con todo esto se pretende ahondar en el conocimiento, en este caso una mejor comprensión de estas metodologías para poder aplicarlas a un problema específico. El nombre de este dispositivo es: **“Dispositivo Auxiliar para Recuperar la Movilidad (DARM)”**.

En el capítulo 1 se describen las metodologías de KANO y AHP que se emplearon en la realización de este trabajo. La comprensión de estas metodologías permitió reducir en gran medida la subjetividad de la toma de decisiones.

En el capítulo 2, se muestran algunas de las herramientas con las que cuenta la teoría de la TRIZ, las cuales se van a aplicar durante el desarrollo de este trabajo.

En el capítulo 3, se describen algunas de las herramientas de la Ergonomía y algunos métodos empleados en la Antropometría.

En el capítulo 4, se muestra como se aplicaron las metodologías así como de algunas de las herramientas de la TRIZ, para comprender el problema.

En el capítulo 5, se muestra como se aplicaron las herramientas de la TRIZ y la Antropometría. Siendo evaluadas con la metodología de AHP, para obtener las especificaciones más relevantes.

En el capítulo 6, se muestra como se aplicaron las herramientas de la TRIZ. Siendo evaluadas con la metodología de AHP, para obtener los conceptos más importantes para el diseño del DARM.

En el capítulo 7, se muestra como los conceptos encontrados en el capítulo 6, fueron evolucionando de tal manera que el concepto final abarco casi todas las propuestas de la matriz de contradicciones.

## Planteamiento del problema

En la vida del ser humano se presentan diferentes etapas bien definidas, estas son: 1. La infancia, 2. La adolescencia, 3. La juventud, 4. La madurez, 5. La vejez. Es en esta última es donde las capacidades físicas, psicológicas empiezan a disminuir. Por otro lado, la etapa de envejecimiento se ha definido como un proceso de deterioro donde se suman todos los cambios que se dan con el tiempo en un organismo que conducen a alteraciones funcionales y bioquímicas que se caracterizan por una pérdida progresiva en el tiempo de capacidad de adaptación y la capacidad de reserva del organismo. Algunos efectos físicos que se observan cuando se envejece son los siguientes:

1. Se pierde masa muscular y por tanto se pierde fuerza y capacidad para tener máximas prestaciones físicas
2. Se pierde también masa ósea, lo que favorece la aparición de osteoporosis y fracturas<sup>4</sup>

Una descripción más específica de estas pérdidas son las siguientes:

- La pérdida o disminución en la capacidad del funcionamiento en la capa del funcionamiento en general.
- La pérdida o disminución en la movilidad
- La pérdida o disminución en el estado de salud
- La pérdida o disminución en la capacidad sexual

Dichas pérdidas o disminuciones en el estado fisiológico del anciano tiene como consideraciones generales:

- La dificultad siempre existe en aislar cambios normales del proceso del envejecimiento
- La interrelación que existe entre los aspectos físicos y psicológicos del envejecimiento
- El envejecer, afecta a todos los sistemas de la persona en diferentes puntos que estos varían<sup>5</sup>

Además, los accidentes no están fuera de nuestra vida, es por ello que a causa de los mismos, es posible quedar inhabilitados de poder trasladarnos de un lugar otro, algunos de estos traumatismos comunes son:

- Las torceduras
- Las esguinces
- La luxación o dislocación (rodilla, cadera)
- Golpes
- Fracturas<sup>6</sup>

<sup>4</sup> [http://www.saludalia.com/Saludalia/web\\_saludalia/tu\\_salud/doc/anciano/doc/que\\_es\\_envejecer.htm](http://www.saludalia.com/Saludalia/web_saludalia/tu_salud/doc/anciano/doc/que_es_envejecer.htm) (2010)

<sup>5</sup> <http://html.rincondelvago.com/ancianos-y-tercera-edad.html> (2010)

<sup>6</sup> <http://www.cosasdesalud.es/lesiones-comunes/> (2010)

Las personas que llegan a esa edad, son afortunados, pero más aun hay que llegar en las mejores condiciones posibles, pero si no es así, se han desarrollado muchos dispositivos que permiten ser independientes y a su vez mejorar su calidad de vida. Algunos de estos dispositivos son: las andaderas, las sillas de rueda, los bastones, entre otros.

De entre toda la gama que se han desarrollado, este trabajo se enfoca directamente a las andaderas para adultos, las que se encuentran en el mercado no están diseñadas para una correcta interacción usuario – entorno, por lo menos de la ciudad de México.

A continuación se muestran algunos modelos que existen en el mercado<sup>7</sup>,



Figura 1. Andadera Ortopédica



Figura 2. Andadera Fija



Figura 3. Sistema de Altura



Figura 4. Plegable



Figura 5. Rehabilita muleta

De las figuras anteriores se pueden describir algunas características que se pueden mejorar:

1. Hacerla menos estorbosa

<sup>7</sup> <http://listado.mercadolibre.com.mx/andadera-ortopedica-para-adulto>

2. Más angosta
3. Subir y bajar escaleras
4. Ir al baño
5. Que se adapte a la estatura del usuario
6. Más segura en rampas
7. Apariencia, más estética

De las características antes mencionadas, se realizó el *primer planteamiento del problema*:

**“Diseñar una andadera que ayude a las personas a subir y bajar escaleras, permitiendo a los usuarios tener una mejor movilidad”**

Con este primer planteamiento, se inicio la investigación documental, para profundizar en el tema, y ver si estas características enlistadas anteriormente, son correctas o no. Esta investigación se va a apoyar en las metodologías de KANO, AHP y algunas herramientas de la teoría de la TRIZ.

# Capítulo 1

## Metodologías de Diseño



**Metodología**  
Parte lógica que estudia los métodos del conocimiento  
Conjunto de métodos utilizados en la investigación científica

**Diseño**

Trazo o conjunto de líneas de una figura  
Explicación breve, descripción somera de alguna cosa  
Actividad creativa y técnica encaminada a idear objetos útiles



**Método**  
Modo de obrar o proceder  
Modo ordenado de actuar  
Modo estructurado y ordenado de obtener un resultado, descubrir la verdad y sistematizar los conocimientos

Capítulo 1. Metodologías de Diseño

En el presente capítulo se describen las metodologías de KANO y AHP que se emplearon en la realización de este trabajo. La comprensión de estas metodologías permitió reducir en gran medida la subjetividad de la toma de decisiones.

**1.1 Descripción del Método Kano**

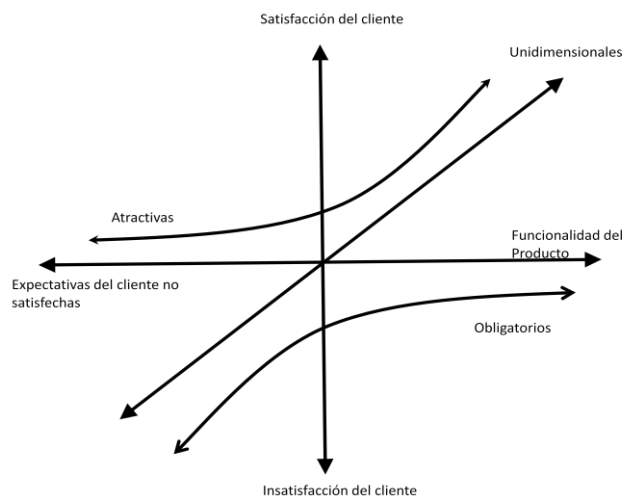
Esta metodología fue desarrollada por Noriaki Kano, académico japonés de la universidad de Tokio, se dio a la tarea de tratar de juzgar la calidad de los productos sobre una sola escala, de “Bueno” a “Malo” (KANO, 1984). Kano utilizó dos dimensiones para evaluar la calidad: el grado de rendimiento de un producto y el grado de satisfacción del cliente que lo utiliza.

Trabajando sobre un plano bidimensional de funcionalidad – satisfacción, él definió tres tipos de calidad: 1.- Obligatoria, 2.- Unidimensional, 3.- Atractiva. Estos parten de los siguientes supuestos:

- 1.- Las ideas “invisibles” de la calidad pueden hacerse visibles.
- 2.- Para algunos requerimientos del cliente, la satisfacción es proporcional a la funcionalidad del producto.
- 3.- Algunos requerimientos del cliente no son unidimensionales, existen también elementos “obligatorios” y “atractivos”.

El método mide la relación entre la funcionalidad, especificada en un sentido amplio, de los productos y satisfacción que esta funcionalidad le brinda a los clientes. La funcionalidad es una medida del grado en que un producto cumple con sus propósitos utilitarios en una cierta dimensión.

Este método también establece, que para cada requerimiento del cliente, la relación entre la satisfacción y funcionalidad, permite discriminar y clasificar los requerimientos. La figura 1.1 ayuda a comprender esta agrupación. En la gráfica se han dibujado tres tipos ideales de atributos, en función de la relación entre funcionalidad y satisfacción.



**Figura 1.1 Tipos de requerimientos del cliente [1.5]**

Los requerimientos *atractivos* son aquellos que, por debajo de cierto umbral de funcionalidad, mantienen un nivel de satisfacción relativamente bajo y constante, pero que, una vez superado ese umbral, producen un aumento significativo de la satisfacción. Los requerimientos atractivos suelen denominarse deleitosos.

Los requerimientos *unidimensionales* se caracterizan porque la satisfacción que producen aumenta de modo aproximadamente proporcional al nivel de funcionalidad. Responden a la percepción tradicional de la relación entre funcionalidad y satisfacción: a mayor funcionalidad, se observa una mayor satisfacción, de aquí el nombre alternativo de satisfactores para estos requerimientos.

Los requerimientos *obligatorios* son aquellos que, hacia las gamas bajas de funcionalidad, aumentan la satisfacción en relación directa con la funcionalidad pero que, superando cierto umbral, dejan de producir un incremento importante en la satisfacción, de aquí el nombre de insatisfactores.

Un cliente puede ser *indiferente* a una característica de calidad, y su figura se representaría como una recta paralela al eje horizontal de la figura 1.1, esto significa que una mayor o menor funcionalidad respecto a esta característica no se refleja en un aumento o disminución de la satisfacción del cliente.

Una respuesta *inversa* indica que la interpretación de criterios funcionales y disfuncionales del diseñador es la inversa a la percepción del cliente. Lo que la pregunta supone como funcional es percibido como no funcional por quien responde.

Cuando la *respuesta es dudosa*, se dice que existe una contradicción en las respuestas a las preguntas, ya que no es posible contestar “me agrada” a la pregunta funcional y “me desagrada” a la pregunta disfuncional. [1.1]

La manera que ideó Kano para llegar a esta clasificación es mediante un cuestionario, en el cual cada pregunta se compone de dos secciones en donde se cuestiona:

- 1.- ¿Cómo se siente si las característica XX está presente en el producto? (requerimientos funcionales)
- 2.- ¿Cómo se siente si la característica XX NO está presente en el producto? (requerimientos disfuncionales)

Las respuestas son del tipo de selección múltiple. Las únicas alternativas aceptables son las siguientes:

- 1.- Me gusta
- 2.- Es algo básico
- 3.- Me da igual
- 4.- No me gusta, pero lo acepto
- 5.- No me gusta y no lo tolero

Con estas respuestas se van a introducir en forma pareada, es decir la respuesta funcional y la respuesta disfuncional, en la tabla de evaluación desarrollada por Kano, en esta tabla se van a encontrar si las características evaluadas son [1.1]:

- 1.- Atractiva (A)
- 2.- Obligatorio (O)
- 3.- Unidimensional (U)
- 4.- Indiferencia (I)
- 5.- Respuesta inversa (Inv.)
- 6.- Respuesta dudosa (D)

		Requerimiento Disfuncionales				
		1	2	3	4	5
Requerimientos Funcionales	1	D	A	A	A	U
	2	Inv.	I	I	I	O
	3	Inv.	I	I	I	O
	4	Inv.	I	I	I	O
	5	Inv.	Inv.	Inv.	Inv.	D

**Tabla 1.1** Tabla de evaluación de Kano [1.1]

En resumen de la metodología, lo primero que hay que hacer es encontrar las características del producto que se desean mejorar y/o implementar. Después de haber encontrado las características, hay que realizar las entrevistas con los pares, es decir con la parte funcional y la disfuncional. Después de esto, se evalúan los resultados de las encuestas con la tabla 1.1

La información obtenida de la evaluación de los resultado con este método, son las características que son las más deseables para los clientes, permitiendo así, desechar las características que no les interesan en el producto.

Una vez que se conocen cuales son las características deseables, se evalúan con el método de Analytic Hierarchy Process (AHP), los resultados de esta evaluación permiten conocer cuáles son las de mayor importancia. La descripción de este método, se describe en la siguiente sección.



## **1.2 Descripción del método Analytic Hierarchy Process (AHP)**

“... Este método fue desarrollado durante los años 70, en la universidad de Pennsylvania por el Doc. Thomas L. Saaty, al buscar elaborar un instrumento formal para la elaboración y selección de alternativas, que tuviera las características de ser sólido en sus fundamentos matemáticos, útil en la toma de decisiones y sencillo en su aplicación. ...” [1.3]

Definición: “... El proceso analítico jerárquico (AHP) es una técnica de decisión multicriterio que permite considerar tanto factores objetivos como subjetivos en la elección de la mejor alternativa, permitiendo la adecuada modelización de problemas con una alta complejidad. ...[1.4]

### **1.2.1 Etapas fundamentales del método AHP**

Para la aplicación de este método existen varios pasos a seguir y poder utilizar todo su potencial. Estos pasos son los siguientes:

1.- La modelización y análisis de una jerarquía en la que se incorporan los elementos principales del problema, siendo el nodo más elevado la misión perseguida, los nodos intermedios son los criterios, los subcriterios y atributos. Y los nodos de nivel más bajo las alternativas.

2.- La emisión de juicios mediante comparaciones pareadas. Estos juicios medidos en la escala fundamental propuesta por Saaty reflejan la importancia relativa para el decisor de los elementos que cuelgan de un nodo de la jerarquía, con respecto al nodo del que no dependen. Estos juicios se recogen de una serie de matrices de comparaciones pareadas a partir de las cuales se obtienen las prioridades locales de cada elemento de la jerarquía.

3.- Priorización y Síntesis. En esta etapa, se calculan las prioridades locales por cualquiera de los procedimientos de priorización existentes. A partir de éstas, aplicando el principio de composición jerárquica, se obtienen las prioridades globales que son sintetizadas para poder obtener las prioridades totales de las alternativas.

Cabe señalar que este proceso se realiza a través de matrices, el llenado de esas matrices es la parte subjetiva de este método, después el problema se vuelve matemático, permitiendo que la parte subjetiva del problema se minimice y poder tomar la mejor decisión.

### **1.2.2 Proceso de jerarquización**

En las etapas fundamentales del AHP, se describió grosso modo que es el método y cuáles son los elementos de los que se compone, así como también la lógica que sigue para poder realizar la evaluación.

Para aplicar este método se realizan 4 etapas, las cuales son:

- a. Representación del problema
- b. Evaluación de los criterios
- c. Evaluación de las alternativas
- d. Jerarquización de las alternativas

a.- Representación del problema:

Para esto se requiere representar el problema mediante la construcción de un arreglo jerárquico de al menos dos niveles, llamado diagrama de árbol, como el que se muestra en la siguiente figura.

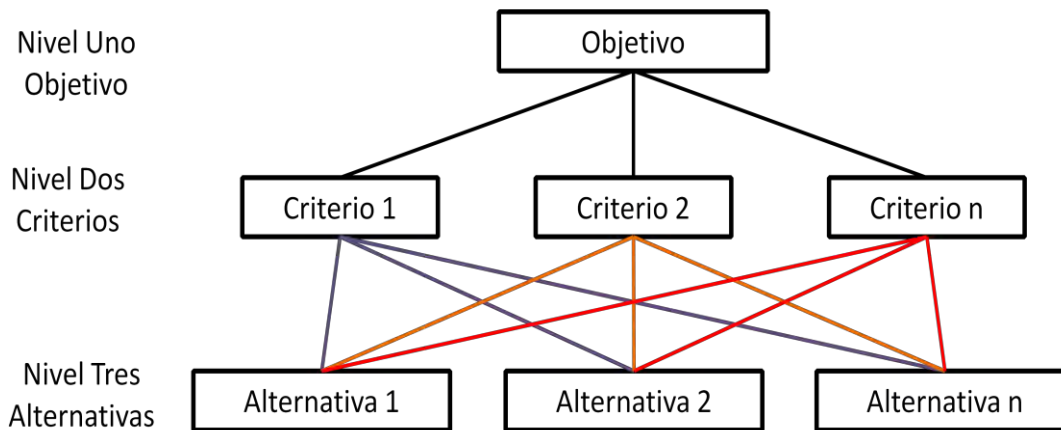


Figura 1.2. Representación del problema [1.3]

Este arreglo arbóreo se forma con los tres factores básicos para la toma de decisiones: Las alternativas que serán sujetas de valoración (llámense actividades, estrategias, proyectos, cursos de acción, etc.), el objetivo que se pretende alcanzar y los criterios de valoración con los que se habrán de valorar las alternativas.

El árbol no se limita a un número de niveles ni de elementos por nivel, sin embargo se sugiere un máximo de cuatro niveles y siete elementos por nivel. Conviene vigilar que tanto las alternativas como los criterios procuren tener el mismo nivel de complejidad y ser mutuamente excluyentes, de lo contrario se pueden producir problemas de inconsistencia.

b.- Evaluación de los criterios:

En esta etapa se construye una matriz A, a partir de la comparación de los diferentes criterios (nivel dos de la Figura 1.2) con el propósito de estimar la importancia relativa entre cada uno de ellos. [1.3]

La matriz A tiene la siguiente forma:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \dots \dots (1)$$

Y se representa la propiedad de que  $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$  y  $a_{ii} = 1$

A cada comparación se le asignará una calificación. Saaty propone la siguiente escala de importancia relativa de la cual se obtienen las calificaciones para las diferentes comparaciones.

Intensidad de la importancia	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Dos actividades contribuyen igualmente al objetivo.
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio están moderadamente a favor de una actividad sobre la otra.
5	Importancia fuerte	La experiencia y el juicio están fuertemente a favor de una actividad sobre la otra.
7	Importancia muy fuerte	Una actividad está muy fuertemente favorecida y su dominio ha sido demostrado en la práctica.
9	Importancia extrema	Es máxima la importancia de una actividad sobre la otra.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios contiguos	Cuando un término medio es necesario
Recíproco de los números de arriba	Si al elemento i le fue asignado alguno de los números de arriba al compararse con el elemento j, entonces j tiene el valor recíproco cuando se compara con el elemento i	

Tabla 1.2. Escala de importancia relativa

Como se observa de la tabla 1.2, la relación más importante tiene un calificación de 9, por lo que la calificación mínima será de  $1 / 9 = 0.11$ . Con estas calificaciones se llena las tablas de la toma de decisión.

Asimismo se tiene que calcular el grado de inconsistencia para cada matriz A de comparaciones y se expresa mediante la razón de inconsistencia RI, que es común colocarla en la parte inferior de la matriz A.

Una vez llena la matriz A con las respectivas calificaciones, se procede a estimar los correspondientes pesos relativos de los criterios W. Los pesos relativos es el vector característico de la matriz. Una estimación para su cálculo se presenta a continuación:

Primero se normaliza la matriz A, obteniéndose A'

$$A' = \begin{bmatrix} \frac{a_{11}}{\sum a_{i1}} & \frac{a_{12}}{\sum a_{i2}} & \dots & \frac{a_{1n}}{\sum a_{in}} \\ \frac{a_{21}}{\sum a_{i1}} & \frac{a_{22}}{\sum a_{i2}} & \dots & \frac{a_{2n}}{\sum a_{in}} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \frac{a_{n1}}{\sum a_{i1}} & \frac{a_{n2}}{\sum a_{i2}} & \dots & \frac{a_{nn}}{\sum a_{in}} \end{bmatrix} \dots\dots (2)$$

A continuación se calcula el promedio de cada renglón de la matriz A', del renglón 1 hasta el renglón "n", y se obtiene la matriz W de los pesos relativos, que con frecuencia se coloca al lado derecho de la matriz A.

$$W = \begin{bmatrix} \frac{a_{11}}{\sum a_{i1}} + \frac{a_{12}}{\sum a_{i2}} + \dots + \frac{a_{1n}}{\sum a_{in}} \\ \frac{a_{21}}{\sum a_{i1}} + \frac{a_{22}}{\sum a_{i2}} + \dots + \frac{a_{2n}}{\sum a_{in}} \\ \vdots \\ \frac{a_{n1}}{\sum a_{i1}} + \frac{a_{n2}}{\sum a_{i2}} + \dots + \frac{a_{nn}}{\sum a_{in}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \dots\dots\dots(3)$$

c.- Evaluación de las alternativas

En esta etapa, se van a llenar tantas matrices como criterios existan, es decir las comparaciones se van a desarrollar entre las alternativas (nivel 3 de la Figura 1.2) y se va a realizar una evaluación de todas las alternativas con respecto a cada uno de los criterios (nivel 2 de la Figura 1.2), es decir se van a evaluar todas las alternativas con respecto al criterio 1, lo que sería una matriz, después se van a evaluar todas las alternativas con respecto al criterio 2, lo que sería otra matriz, este proceso se realiza tantas veces como criterios existan.

d.- Jerarquización de las alternativas

Finalmente para conocer cuál de las alternativas es la mejor de acuerdo a las evaluaciones realizadas, lo que se hace es una multiplicación de la matriz de los criterios (nivel 2 de la Figura 1.2) con las matrices de los pesos de las alternativas (nivel 3 de la Figura 1.2).

Para poder verificar a si la evaluación de las alternativas y los criterios, se realizo de una forma adecuada, se emplea lo que es el cálculo de la razón de la inconsistencia, este es un parámetro que mientras más bajo es mejor, ya que este se interpreta en que tan consistente fue la evaluación realizada.

**1.2.3 Cálculo de la razón de la inconsistencia**

Una estimación del grado de inconsistencia en el que se incurre al momento de asignar calificaciones es la razón de inconsistencia RI, esta indica el grado de incoherencia que se comete al calificar la importancia relativa de los criterios y alternativas de un problema. Una práctica común es colocarla en la parte inferior de cada matriz de comparaciones A con el propósito de vigilar la consistencia de las calificaciones. [1.3]

La razón de inconsistencia RI se calcula empleando la siguiente expresión:

$$RI = \frac{IC}{CA} \dots\dots\dots (4)$$

Donde IC es el índice de consistencia y CA es la consistencia aleatoria.

El cálculo del índice de consistencia IC se obtiene como sigue:

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \dots\dots\dots (5)$$

Donde  $\lambda_{max}$  es el valor característico promedio  
n es el tamaño de la matriz

Para calcular  $\lambda_{max}$  se multiplica AW, obteniéndose una estimación de  $\lambda_{max}W$ , esto es:

$$AW = \lambda_{max}W \dots\dots\dots (6)$$

Posteriormente se divide cada componente de  $\lambda_{max}W$  por la componente correspondiente W, obteniéndose  $\lambda_{max}$ . Posteriormente se promedian las estimaciones de  $\lambda_{max}$ . Después se procede a al cálculo del IC de acuerdo a la expresión 5.

Este índice se divide entre el valor de la consistencia aleatoria CA. Saaty propone obtener este valor mediante la tabla 3. De acuerdo al tamaño de n de la matriz, que son el número de criterios o alternativas analizadas.

n Tamaño de la matriz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CA Consistencia aleatoria	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Por último se calcula la razón de inconsistencia RI dividiendo el índice de consistencia IC entre la consistencia aleatoria CA. (Ecuación 4)

Si la razón es considerablemente mayor a un 10 % se recomienda una revisión de las calificaciones. [1.3]

Este método permite en gran medida reducir la parte subjetiva de la evaluación de criterios y/o parámetros, esta se encuentra en el llenado de las matrices. Después de esto se aplica es un algoritmo matemático. La solución obtenida de aplicarlo, es la clasificación de los criterios y/o parámetros en orden de importancia.

En el siguiente capítulo se describirá la teoría de la TRIZ y algunas de sus herramientas que posteriormente se aplicarán en el proceso de diseño.

## Capítulo 2

---

### Herramientas de la teoría *Teorija Rezhendija Isobretatelskih Zadach* (TRIZ, Teoría para Resolver Problemas de Inventiva)

En este capítulo se describen algunas de las herramientas de la TRIZ, que se van a emplear a lo largo de este trabajo.

## **2.1 Descripción de las herramientas de la TRIZ**

El profesor Genrich Saulovich Altshuller (1926 – 1998) en la antigua Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas; trabajando en la oficina de patentes del departamento de la marina soviética, se dio a la tarea de estudiar los principios fundamentales en que se basaban miles de patentes que llegaban a él o que ya estaban en su oficina. Después de varios años descubrió algo sorprendente, el 80 % de las patentes parten de principios similares, es decir, que conociendo dichos principios se puede resolver el 80 % de los problemas relacionados con la invención de alguna cosa o el desarrollo de una innovación tecnológica. En 1946 empieza a publicar sus resultados y para 1958 su teoría llamada *Teorija Rezhendija Isobretatelskih Zadach* (TRIZ). (Coronado, 2005)

De acuerdo a esta metodología, el proceso de innovación de un sistema tecnológico, es un proceso sistemático y estructurado que permite la generación de soluciones sea exitosa. Por otro lado, la teoría está sustentada en las miles de patentes estudiadas por Altshuller, en donde los problemas de inventiva o innovación tecnológica ya han sido resueltos y las soluciones aportadas se pueden clasificar y ordenar de forma que es posible tener acceso a ellas de manera rápida y fácil.

Esta metodología tiene una variedad de herramientas que permiten llegar a la generación de ideas, estas ideas tienen involucradas por lo menos el 80 % de las soluciones conocidas hasta el momento, dependiendo del problema y de la comprensión del mismo, se puede llegar a generar un nuevo conocimiento. Para la aplicación de la TRIZ en este trabajo, se utilizó el software *CREAX Innovation Suite*, ya que este programa tiene las herramientas de la TRIZ.

### **2.1 Principios básicos**

Definición de sistema tecnológico:

“... Cualquier sistema tecnológico (puede ser un lápiz, libro, bebida, vehículo, estación espacial o una línea de ensamblado) es diseñado o construido para desarrollar las funciones. ...”  
[2.1]

“... Todas las entidades – biológicas, sociales y otras- pueden ser vistas como sistemas. Esto significa que se pueden descomponer a un nivel, y la entidad está compuestas por la interacción de todas y cada una de esas partes, significa que, consiste en partes más pequeñas...”  
[2.2]

Los sistemas tecnológicos están organizados en jerarquías. En la jerarquía cualquier sistema contiene subsistemas subordinados, e incluso el mismo puede ser un subsistema y servir en una estructura de mayor nivel, como se observa en la siguiente Figura 2.1.

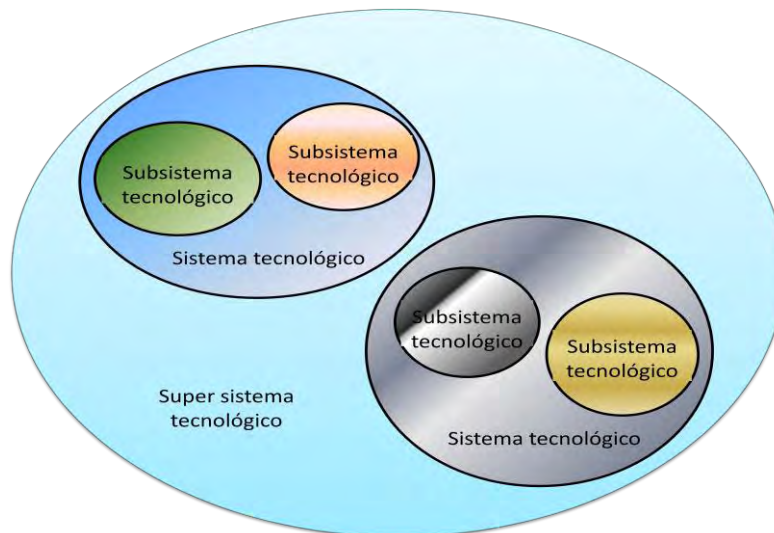


Figura 2.1. Sistemas, Subsistema y Super-sistemas tecnológicos

Como se observa de la Figura 2.1, un sistema tecnológico está conformado por dos subsistemas, que a su vez forma parte de un subsistema, esto en la metodología TRIZ es importante ya para poder realizar esta separación en subsistemas se tiene que comprender perfectamente el problema.

### 2.1.2 Definición del problema

Esta herramienta de TRIZ se encuentra en el software CREAX Innovation Suite, es una serie de preguntas que se tienen que responder, que tiene por objetivo hacer una descripción detallada del problema a resolver así como de ver el alcance del proyecto. Ver Figura 2.2.

**Briefing**

Problem Description

Question

Project Title

Project Sponsor *Sponsor*

Project Customer *Customer*

Project Team *Team*

**Benefits**

Where are you trying to get to ?

How will you know when you have got there ?

Sponsor

Customer

Team

Figura 2.2. Descripción del problema imagen de CREAX Innovation Suite



### 2.1.3 Redefinición del problema

Esta herramienta permite redefinir el problema, contestando unas preguntas sencillas.

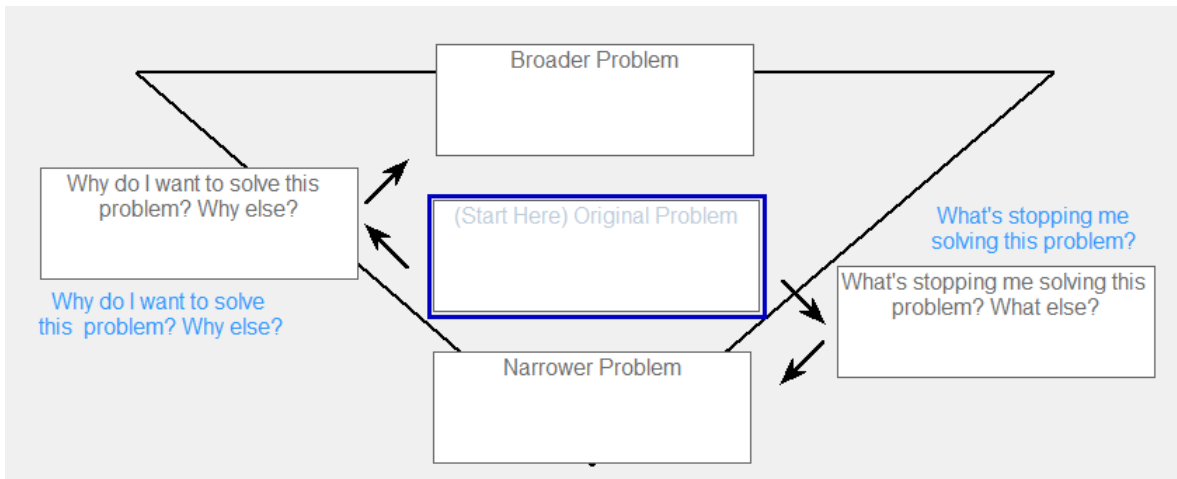


Figura 2.3. Redefinición de problema, imagen de CREAX Innovation Suite

De la Figura 2.3, se observa que en la parte central del triángulo es donde se coloca la frase en la cual se describe el problema, y hay dos flechas que indican cuatro preguntas (dos en cada dirección).

En la dirección hacia abajo, se tiene que contestar las preguntas de:

- 1.- ¿Qué me detiene para resolver este problema?
- 2.- ¿Qué más?

Se pueden contestar cuantas veces sea necesario y permite saber hasta donde se quiere llegar.

En la dirección de hacia arriba, se tiene que contestar las preguntas:

- 1.- ¿Por qué quiero resolver este problema?
- 2.- ¿Por qué más?

Al igual que la anterior, se puede contestar cuantas veces sea necesario y permite saber hasta dónde se quiere llegar.

### 2.1.4 Contradicciones físicas, técnicas

Una contradicción es una característica o parámetro que posee un sistema, existen dos tipos de contradicciones:

a).- Técnica: Son las que involucran a dos características o parámetros de un sistema, en la cual al mejor una de ellas, la otra se ve afectada.

b).- Física: Es una característica o parámetro del sistema que en sí misma se necesita y a la vez no.

### **2.1.5 Diagrama de modelado de sistemas**

Esta herramienta se encuentra en el software CREAX Innovation Suite. Permite visualizar de manera gráfica, como se relacionan las características o parámetros de cada uno de los sistemas, además de ver si se relacionan de manera positiva o de manera negativa.

Cuando dos parámetros se relacionan de manera negativa hay que ver qué tipo de contradicción es, ya que puede tratarse de una contradicción técnica o de una contradicción física.

### **2.1.6 Matriz de contradicciones**

La matriz de contradicciones permite empezar a resolver el problema, ya que para poder emplearla, hay que tener ya definidos los parámetros o características de los sistemas, así de cómo se afectan entre sí.

Para entrar en la matriz las características deben estar definidas en función de los 39 parámetros que Altshuller encontró. Posteriormente se pueden utilizar los 40 principios que él definió para resolver las contradicciones.

### **2.1.7 Niveles de innovación**

Una invención no es sino el hallazgo de una solución novedosa o creativa a un problema dado. Es importante destacar que sin problema no hay invención, puesto que no se puede hallar nada si no se está buscando. A veces sin embargo se encuentra algo diferente a lo que se estaba buscando y se encuentra una solución novedosa a un problema diferente. [2.3]

Altshuller definió 5 niveles distintos:

**Nivel 1.** Una mejora sencilla de un sistema técnico. Requiere el conocimiento disponible dentro de un área de fabricación/aplicación relevante del sistema.

**Nivel 2.** Una invención que incluye la resolución de una contradicción técnica. Requiere el conocimiento de áreas diferentes dentro del espacio de conocimiento relevante del sistema.

**Nivel 3.** Una invención que contiene una resolución de una contradicción física. Requiere el conocimiento de otras áreas de conocimiento.

**Nivel 4.** Una invención que contiene resolución de contradicciones con una mejor aproximación al Resultado Final Ideal. Esta nueva tecnología desarrollada conteniente una solución de “ruptura” que requiere el conocimiento de diferentes campos de la ciencia.

**Nivel 5.** Descubrimiento de nuevos fenómenos y sustancias. Este nuevo conocimiento asegura el desarrollo de nuevas tecnologías con la utilización de los nuevos fenómenos, resolviendo contradicciones existentes con mejor aproximación al Resultado Final Ideal [2.12]

### 2.1.8 Integración de las partes de un sistema tecnológico

Se refiere a la integración de partes (subsistemas) en un solo sistema que se reúnen con objeto de realizar alguna tarea determinada. Para un mejor entendimiento se puede dividir como sigue:

**Motor:** Es el Subsistema que se encarga de transformar algún tipo de energía en movimiento para que el resto del sistema funcione adecuadamente.

**Órgano de transmisión:** Subsistema mediante el cual se transmite la energía, del motor a un órgano de trabajo.

**Órgano de trabajo:** Es el subsistema que lleva a cabo, directamente, el fin para el cual fue diseñado el sistema tecnológico

**Órgano de control:** Es el equivalente al cerebro del sistema tecnológico que se encarga de controlarlo para que lleve a cabo el fin deseado. [2.1]

### 2.1.9 Idealidad creciente

Esta es una de las leyes más importantes de la TRIZ, “idealidad” se entiende como la evolución que sufren los sistemas tecnológicos hacia su mejor desempeño o la llamada mejora continua y la cual se puede determinar matemáticamente con la siguiente relación:

$$I = \frac{\sum ED}{(\sum EI + \sum C)} \dots\dots(7)$$

Donde:

I = Sistema tecnológico ideal

$\sum ED$  = Suma de los efectos deseados

$\sum EI$  = Suma de los efectos indeseados

$\sum C$  = Suma de los costos tecnológicos

### 2.1.10 Diagrama solución ideal (IFR)

“... Esta herramienta está basada en la ley de idealidad creciente que establece que los sistemas tecnológicos evolucionan siempre hacia un crecimiento de su grado de idealidad. Esto significa que en los procesos de evolución, el sistema tiende a cumplir sus funciones a menor costo y/o con menos complicaciones o que el sistema tiende a cumplir mejor sus funciones o de realizar más que las originalmente previstas. ...” [2.7]

“... El principio de idealidad consiste en plantear la solución final óptima, aunque esta sea imposible de realizar. Según este planteamiento, la máquina ideal es aquella que permite llevar a cabo la función requerida sin consumir recursos, generar residuos, ni utilizar espacio. Puesto que este nivel de idealidad no se puede alcanzar, la aplicación del IFR nos dice que el sistema se debe ir des-evolucionando desde este máximo óptimo, hasta llegar al punto en que ya sea visible el nuevo diseño. De este modo nos hemos asegurado que nuestro diseño es el más cercano a la idealidad y por lo tanto el más evolucionado. ...” [2.6]

El programa CREAX Innovation Suite, tiene este diagrama, el cual se presenta en la Figura 2.4, este diagrama ayuda además de organizar todas la ideas, de ver cuál es el dispositivo al que se quiere llegar, para irlo des-evolucionando y llegar a la solución más evolucionada.

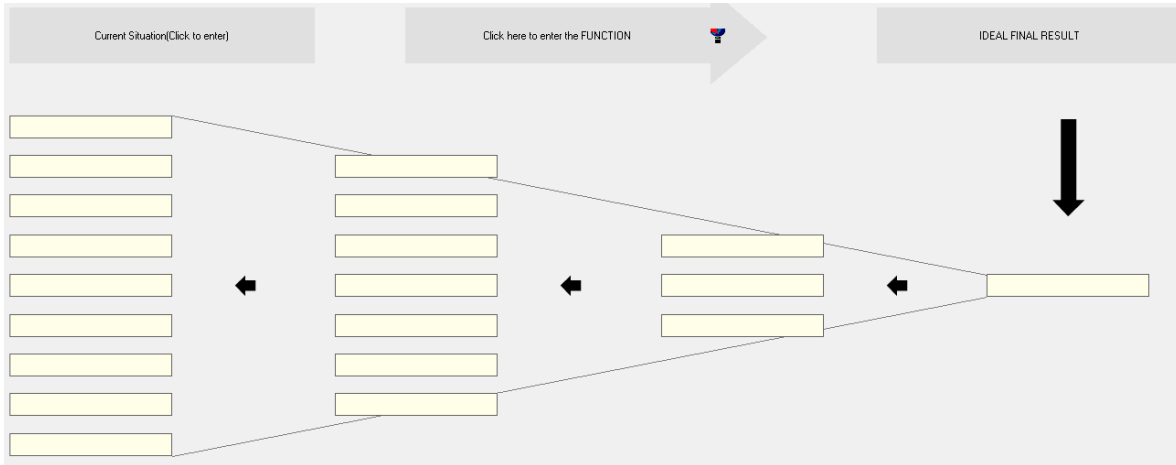


Figura 2.4. Diagrama del IFR (solución ideal) del programa CREAX Innovation Suite

### 2.1.11 Inercia psicológica

Este principio es muy común pero poca gente lo reconoce y se refiere al ser humano, en general, es muy renuente al cambio y por lo tanto le es bastante difícil inventar algo novedoso, si hacerlo significa cambiar los viejos modales tradicionales.

### 2.1.12 Evolución de los sistemas tecnológicos

Altshuller estableció 8 patrones o líneas de evolución de los sistemas tecnológicos.

1. Ciclo de vida
2. Dinamización
3. Ciclo de multiplicación
4. Transición de un macro a un micro nivel
5. Sincronización
6. Subida o bajada
7. Desarrollo desigual de partes
8. Desplazamiento del humano (Automatización)

### 2.1.13 Etapas de la evolución de los sistemas tecnológicos

Estas se refieren a los cambios que sufren estos sistemas tecnológicos a lo largo de toda su vida útil.

Infancia: es la etapa en la que nacen los sistemas tecnológicos, siendo muy ineficientes y bastante alejados de la solución ideal.

**Crecimiento acelerado:** A medida que transcurre el tiempo, el sistema tecnológico va siendo mejorado, de acuerdo a los descubrimientos en la ciencia y la tecnología.

**Madurez:** Es la etapa en que se estabiliza el sistema tecnológico, es decir que se hace mucho más difícil mejorarlo y tales mejoras son relativamente insignificantes.

**Vejez:** Aquí es cuando el sistema tecnológico ha llegado a su vejez u obsolescencia, al no poder ser mejorado de manera significativa. [2.1]

## **2.2 Análisis sustancia campo**

Es una herramienta analítica de la metodología de la TRIZ, para modelar problemas relacionados con un sistema tecnológico. Cada sistema es creado para realizar algunas funciones. La función deseada es una salida de un objeto o una sustancia (s1), causada por otro objeto (s2) con la ayuda de algunos campos. En términos generales, la sustancia ha sido empleada en la literatura clásica de TRIZ como un objeto. Las sustancias son objetos de cualquier nivel de complejidad. La acción o medios de llevar a cabo esa acción se le llama campo. El análisis de sustancia campo proporciona un modelo simple y rápido, que se emplea para considerar las diferentes ideas con base a los conocimientos. [2.5]

### **2.2.1 Sistema de estructura sustancia – campo**

En TRIZ, sustancia es cualquier cosa tangible que tenga una estructura definida y que sea posible detectar con los cinco sentidos o con los instrumentos adecuados.

Por otro lado, los principales campos que se consideran en TRIZ son los siguientes:

1. Gravitacional: Cg
2. Electromagnético (eléctrico / magnético): Ce / Cmg
3. Nuclear de interacción débil: Cnd
4. Nuclear de interacción fuerte: Cnf
5. Mecánico: Cm
6. Térmico: Ct
7. Óptico: Co
8. Acústico: Ca

## **2.3 Algoritmo para resolver problemas de inventiva (ARIZ)**

ARIZ es la herramienta principal de la TRIZ, representa una secuencia de pasos estructurados para resolver problemas complejos. La más reciente versión fue publicada 1989 y contienen nueve pasos, los cuales son:

1. Análisis del problema: Definir el problema en su forma más básica
2. Análisis del modelo: Realizar un diagrama Sustancia – Campo
3. Formulación de la idea final: En esta etapa se encuentran las contradicciones físicas / técnicas del sistema tecnológico y se pueden resolver, si es así se pasa hasta el paso 7.
4. Utilización de las sustancias y los recursos de los campos: Si el problema sigue sin comprenderse, hay que vivirlo hasta sus partes más esenciales

5. Utilización de la base de datos: Considerar la solución del problema tomando en cuenta la normalización y los efectos físicos del sistema
6. Cambio o reformulación del planteamiento del problema: Se inicia el proceso de nuevo
7. Análisis del método para remover contradicciones físicas / técnicas: Se revisa que la contradicción física / técnica ha sido removida
8. Utilización de la solución encontrada: Este paso nos guía para analizar los efectos en los sistemas adyacentes y buscar aplicaciones para otros sistemas tecnológicos
9. Análisis de los pasos que se realizaron para llegar a la solución: Se compara el proceso real comparado con el proceso sugerido por la TRIZ.

En la Figura 2.4. Se muestra el diagrama de flujo de la ARIZ.

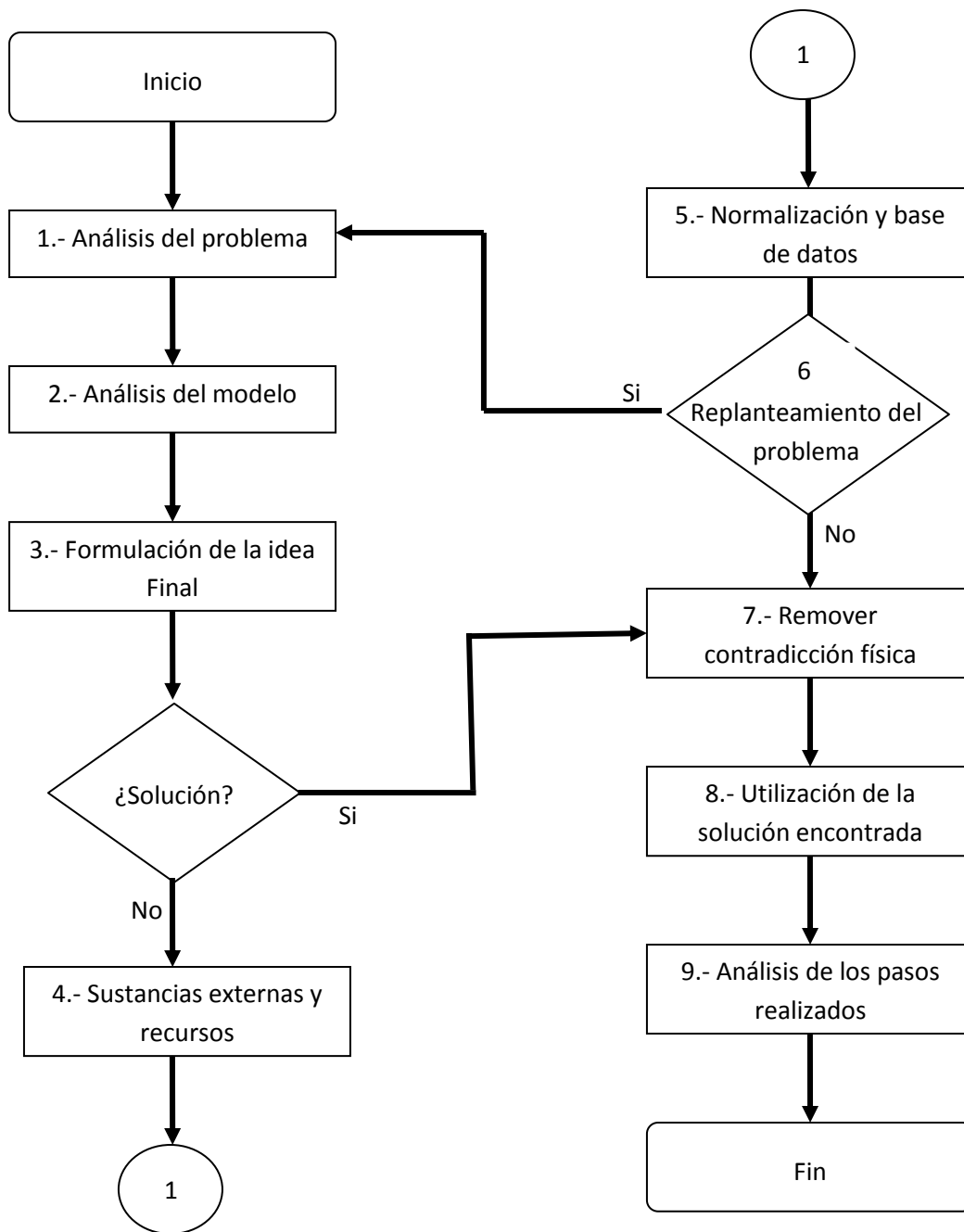


Figura 2.4. Diagrama de flujo del ARIZ

En general faltan unas herramientas más de la TRIZ, pero las mostradas aquí, son las que se emplean tanto para la toma de decisiones y/o para llegar a la generación de soluciones.

En la siguiente sección se muestran casos en donde se ha aplicado la teoría de la TRIZ, permitiendo posteriormente definir un proceso de diseño para este trabajo

### 2.4 Aplicación de la teoría de la TRIZ en otros contextos

Existen un sinnúmero de contextos en los cuales se ha aplicado la teoría de la TRIZ, a continuación se muestran algunos de ellos, cabe señalar que no en todos los casos se han utilizado todas las herramientas que usa TRIZ, esto con el fin de realizar definir un proceso de diseño y desarrollarlo en este trabajo.

#### Caso 1. Estructura ligera de un autobús

“Se aplicó la metodología de la TRIZ, como un camino para llegar al nuevo diseño, esto fue resolviendo las contradicciones encontradas. Además presenta el diseño conceptual de la estructura ligera del autobús y lo compara con las estructuras existentes.

El proceso general que se empleó para llegar a la generación de conceptos fue el siguiente:

La idea conceptual del nuevo producto se empezó con el análisis del problema específico, después se transformó en los 39 parámetros de la matriz de Altshuller, se realizó un análisis sustancia campo, se aplicó el ARIZ y los patrones de evolución respectivamente. Después se transformó en los 40 principios de innovación y la matriz de contradicciones. En la siguiente Figura 2.5 se muestra cual fue el proceso seguido.” [2.8]

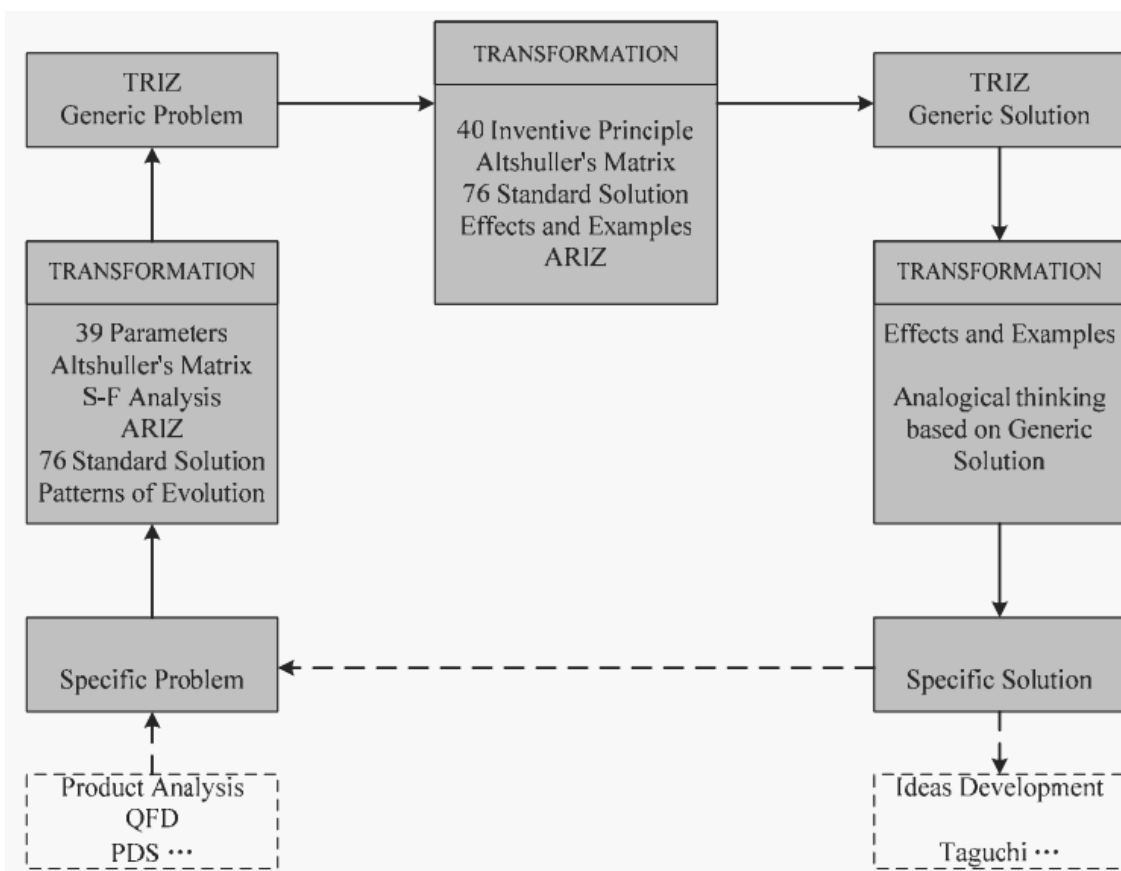


Figura 2.5. Proceso de resolución del problema general usando TRIZ



Caso 2. Metodología basada en TRIZ para el diseño de un nuevo servicio

“De acuerdo a la metodología de la TRIZ, la mayoría de los problemas tienen implícitas las contradicciones. Una típica contradicción es un conflicto entre dos requerimientos de un mismo elemento en un sistema. También puede ser el resultado del conflicto entre dos elementos en el mismo sistema. La identificación de las contradicciones es un paso crítico en el análisis de la TRIZ. Además TRIZ ayuda a eliminar la inercia psicológica en la mente de los diseñadores, aumenta la generación de ideas en la generación del servicio. [2.9]

Basado en los principios de TRIZ, se propone un nuevo acercamiento sistemático en el diseño de servicio que se compone de tres estados principales, ver Figura 2.6.

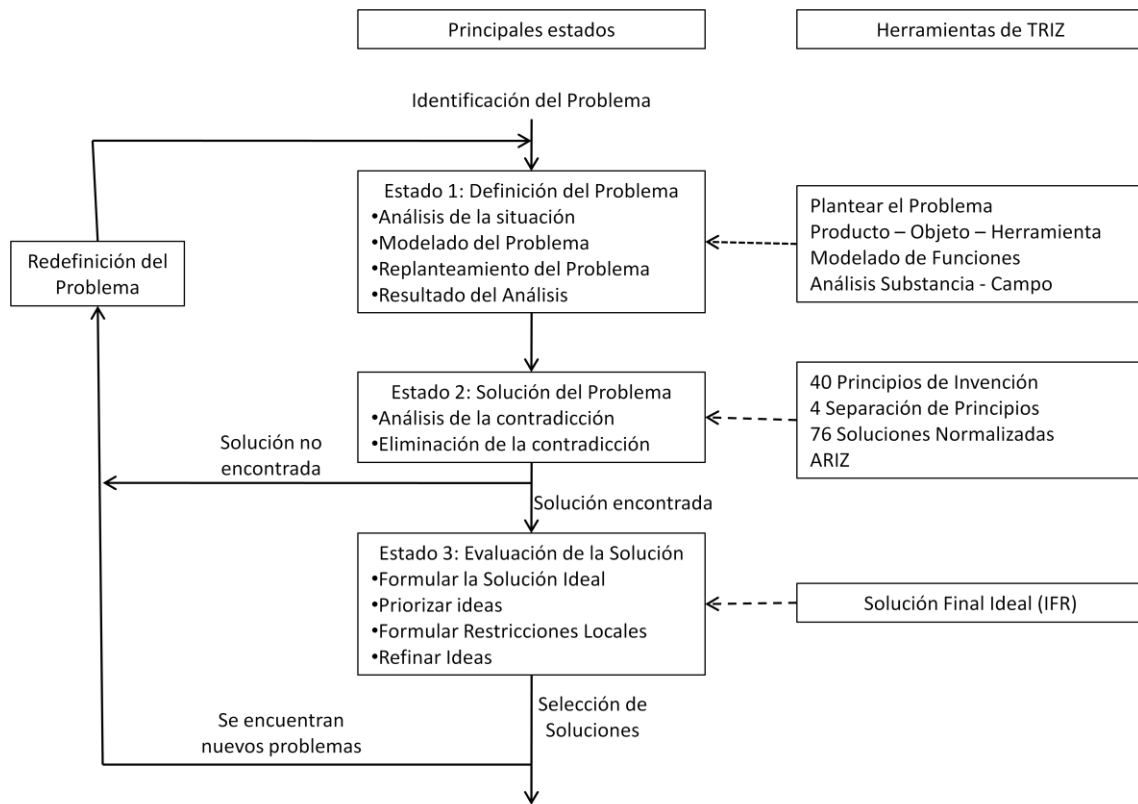


Figura 2.6. Modelo para Resolver Problemas para un Nuevo Servicio de Diseño Basado en TRIZ

Caso 3. Hacia la Formalización de la Innovación del Diseño: El ejemplo de TRIZ

“En la Figura 2.7 se describe la manera en que TRIZ resuelve problemas, mostrando las interrelaciones entre sus diferentes componentes.

Tres diferentes fases están claramente identificadas:

- 1.- La fase de “reformulación:” donde los expertos utilizan diferentes herramientas en forma de un red de contradicciones o de toro modelo.
- 2.- La fase de “encontrar la solución abstracta:” donde se acceso a diferentes recursos conocidos para llegar a uno o más modelos solución.

3.- La fase de “interpretación:” donde estos modelos solución son analizados con la ayuda de la ciencia e ingeniería para obtener uno o más soluciones que pueden implementarse en el mundo real.” [2.10]

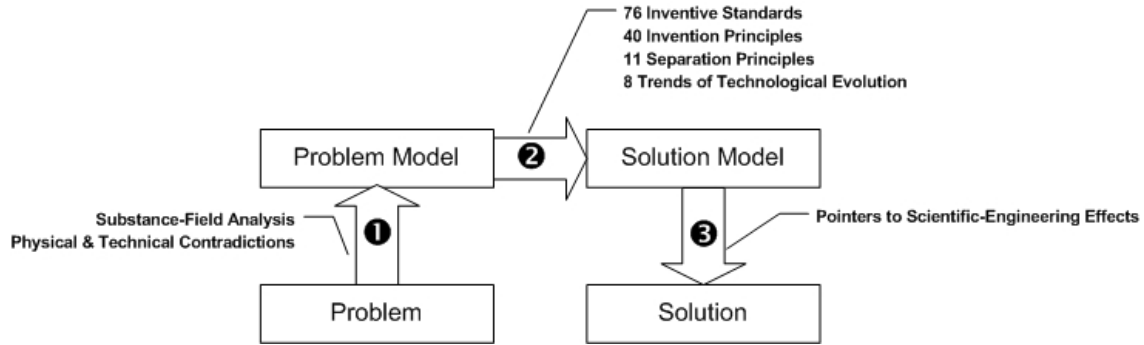


Figura 2.7. Acercamiento a la solución del problema con la metodología de la TRIZ

#### Caso 4. Fase de diseño conceptual de TRIZ

“Ahora bien, todos los modelos de diseño, las metodologías e incluso las filosofías de diseño ven en éste, lo que ha venido a definir como “una actividad”, “dominios de interacción entre el usuario y el objeto”. La gran cuestión es el corazón del proceso de diseño, esto es el proceso de creación, de inventiva de una cosa nueva, que se denomina diseño conceptual.

Esto hasta que surgiera con fuerza la alternativa del método TRIZ. Esta es básicamente una metodología estructurada para la innovación, que examina los problemas de inventiva en forma metódica, explorando espacios de soluciones para generar ideas creativas.

TRIZ es un método basado en la ciencia y en el conocimiento que se concentra en resolver contradicciones en sistemas comportamientos que muestra contradicciones pasadas o similares. Sus etapas son básicamente la de establecer las fases de definición del problema, la formulación, la categorización del problema, el desarrollo de conceptos de solución, la priorización e implementación de soluciones.” [2.11]

## 2.5 Esquema del proceso empleado en este trabajo

En la figura 2.8, se muestra cual es el proceso de diseño general que se siguió para obtener el concepto solución. Cabe señalar que además de la teoría de la TRIZ, se aplicaron otras técnicas que permitieron tener resultados más precisos.

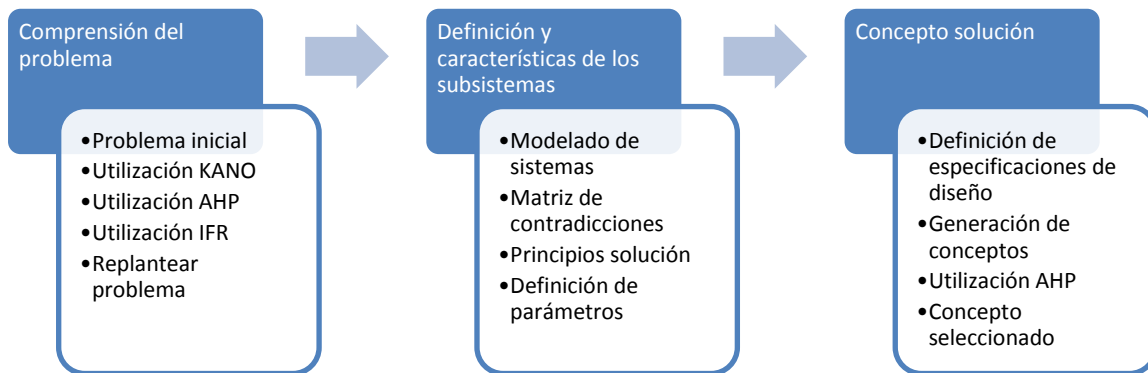


Figura 2.8 Proceso general empleado en este trabajo

Cada una de estos bloques, tienen a su vez diferentes actividades y se obtiene un resultado específico, el cual se emplea para seguir el proceso.

En el siguiente capítulo, se muestran las herramientas de la parte de ergonomía, y específicamente de la antropometría, ya que estas se emplearán para obtener las especificaciones de diseño.

# Capítulo 3

---

## *Ergonomía, Antropometría*

En este capítulo se describen algunas de las herramientas de la Ergonomía y algunos métodos empleados en la antropometría

### **3.1 Definición ergonomía**

“... El término de ergonomía proviene de un vocablo griego y hace referencia al estudio de los datos biológicos y tecnológicos que permiten la adaptación entre el hombre y las máquinas o los objetos...” [3.1]

“... La ergonomía es el estudio del cuerpo humano con respecto al medio artificial que lo rodea. Posee un conjunto de principios para el diseño de artefactos para la comodidad, seguridad y eficiencia del usuario. ...” [3.2]

“... Su etimología (griega) Ergos: trabajo; Nomos: principio, la ergonomía es una ciencia multidisciplinaria e interdisciplinaria, en relación con el entorno en que se lleva a cabo (el lugar de trabajo) y con quienes lo realizan (los trabajadores). Se utiliza para determinar cómo diseñar o adaptar el lugar de trabajo al trabajador a fin de evitar distintos problemas de salud y de aumentar la eficiencia. En otras palabras, para hacer que el trabajo se adapte al trabajador en lugar de obligar al trabajador a adaptarse a él. ...” [3.3]

### **3.2 Factores Ergonómicos**

Como se observa de las definiciones anteriores, se observa que la ergonomía es una ciencia que se aplica a todo caso de estudio en donde este efectuando trabajo un ser humano, y por ello su aplicación es bastante amplia. En general los factores ergonómicos se pueden dividir en tres grandes rubros que son:

1.- Factores humanos: Este se enfoca en el usuario, y se apoya en el aspecto anatomofisiológico, el antropométrico, el psicológico y el socio – cultural.

2.- Factores ambientales: Este se enfoca en el entorno (centro de trabajo), y ve aspectos como lo son: la temperatura, la humedad, la ventilación, el color, el ruido y sonido, la vibración, y la contaminación.

3.- Factores objetuales: Este se enfoca en el objeto (objetos) de trabajo, y ve los aspectos de la forma, el volumen, el peso , las dimensiones, los materiales, el acabado, las texturas, la tecnología, etc.

#### **3.2.1 Factores anatomofisiológicos**

Dedicados al análisis de la estructura, composición y funcionamiento del cuerpo humano (datos ofrecidos por el área médico – biológica)

#### **3.2.2 Factores antropométricos**

Analiza las dimensiones corporales del hombre (datos ofrecidos por el área médico – biológica y ciencias exactas, así como también caracteres descriptivos)

### **3.3 Definición antropometría**

“... La ciencia de la medición de las dimensiones y algunas características físicas del cuerpo humano. Esta ciencia permite medir longitudes, anchos, grosores, circunferencias, volúmenes, centros de gravedad y masas de diversas partes del cuerpo, las cuales tiene diversas aplicaciones. ...” [3.4]

#### **3.3.1 Variabilidades antropométricas de una población**

“... Estas variaciones son producto de la evolución biológica y sociocultural del hombre y tienen funciones muy particulares en esos mismos niveles de organización, que garantizan la continuidad de nuestra especie. Existen dos tipos variabilidad humana:

a).- La variabilidad interna: representadas por las variaciones que se dan en el interior de un grupo poblacional.

b).- La variabilidad externa: representada por las variaciones entre diversos grupos poblacionales.

La variabilidad antropométrica de una población está determinada, principalmente, por cuatro tipos de factores:

1.- La herencia genética: Los diferentes grupos de la especie humana que se desarrollaron y evolucionaron en diferentes zonas geográficas del planeta.

2.- El sexo: En todo grupo poblacional humano, la estructura y composición esquelética y muscular del sexo masculino es diferente a la del sexo femenino, debido a los roles que juegan en la reproducción biológica. Como rasgo característico, la estatura de los hombres, en general es mayor que la de las mujeres.

3.- La edad: Las dimensiones del cuerpo humano no son estáticas, durante la vida del individuo se van presentando modificaciones que van desde el incesante incremento de estatura y longitud de los miembros del cuerpo (0 a 24 años), hasta el incremento de las anchuras (pasando los 24 años) y el pequeño descenso de la estatura (después de los 50 años).

4.- Las condiciones socioeconómicas: Debido al importante papel que juega la alimentación, las actividades físicas, el cuidado de las enfermedades y los hábitos higiénicos, todos ellos fuertemente determinados por factores económicos y educativos.

Otros factores determinantes menos directos, pero que en algunas ocasiones pudieran ser críticos son:

a).- La ocupación: Los puestos de trabajo mantenidos por periodos más o menos largos pueden afectar algunas dimensiones humanas.

b).- Las generaciones: Las estaturas de datos provenientes de investigaciones de más de 25 años tienden a ser más bajas que los datos de poblaciones similares hechas en la actualidad.

Los estudios y bases de datos antropométricos deben considerar estos factores determinantes de la variabilidad para presentar y poder usar apropiadamente sus datos.

### La variabilidad antropométrica

Con relación a lo antes explicado, un grupo de usuarios presenta una variabilidad antropométrica la cual es preciso conocer con precisión para poder realizar las adecuaciones dimensionales del puesto de trabajo a la mayor parte posible de ellos.

Una adecuación antropométrica debe considerar que las dimensiones críticas del puesto de trabajo se adapten al 90% de la población de usuarios; esto es el puesto debe poder ser usado, manipulado, operado, por personas altas y bajas, gruesas y delgadas, livianas y pesadas, de acuerdo con los datos de su propia curva de variabilidad.

Las dimensiones del cuerpo humano que influyen en el desempeño de las personas son de dos tipos esencialmente:

1.- Dimensiones estructurales: Son las dimensiones de las distintas partes o elementos estructurales del cuerpo, por ejemplo: estatura, longitud del brazo, altura rodilla.

2.- Dimensiones funcionales: Son dimensiones que incluyen el movimiento y la acción de segmentos corporales en el espacio de trabajo, por ejemplo: zona de alcance al máximo de la mano, zona de alcance de comodidad, zona de alcance mínimo. ..." [3.5]

### **3.3.2 Factores físico – ambientales**

"... Los factores ambientales: son los que analizan las características físicas, naturales y artificiales en un espacio físico definido, que puede ser cualquier espacio natural o artificial donde el usuario realiza sus actividades; es decir primero analiza al usuario en sí mismo y luego se realiza la crítica y evaluación del entorno en que está inmerso y desde donde recibe estímulos continuos. Los datos de este factor tienen origen principalmente en las ciencias exactas. ..." [3.6]

### **3.3.3 Factores objetuales**

"... Los factores objetuales son los que analizan las características formales propias de los objetos, definidas por medio del proceso de diseño y tienen como base los parámetros dictados por los factores anteriores. ..." [3.6]

### **3.3.4 Factores psicosociales**

"... El concepto de factores psicosociales hace referencia a aquellas que se encuentran presentes en una situación laboral y que están directamente relacionadas con la organización, el contenido del trabajo y la realización de la tarea, y que tienen capacidad para afectar tanto al bienestar o a la salud (física, psíquica o social) del trabajador como desarrollo del trabajo. Así pues unas condiciones psicosociales desfavorables están en el origen de la aparición tanto determinadas conductas y actitudes inadecuadas en el desarrollo del trabajo, como determinadas consecuencias perjudiciales para la salud y para el bienestar del trabajador. ..." [3.7]

### **3.4 Principios de diseño antropométrico**

Lo mejor y más exacto es diseñar el puesto de trabajo para una persona determinada, pero también lo más caro, por lo que sólo está justificado en casos específicos. En el diseño individual debemos actuar como los sastres a las modistas: tomamos las medidas antropométricas relevantes del sujeto y con ellas diseñamos el puesto de trabajo para él.

Sin embargo, si este puesto debe ser utilizado por un grupo de 5, 20, 50... Personas, habrá que tenerlas en cuenta a todas para hacer el diseño. Algo parecido, pero más complicado aún, se presenta cuando debemos diseñar para poblaciones numerosas y muy numerosas.

Para abordar estos casos es necesario hablar primero de los tres principios para el diseño antropométrico (Mondelo, Grogori, 2001, pp. 52).

1. Principio del diseño para el promedio
2. Principio del diseño para individuos extremos
3. Principios del diseño para un intervalo ajustable

#### **3.4.1 Principio del diseño para el promedio**

En las dimensiones antropométricas también el promedio generalmente es un engaño. Suponga que 5 personas miden estatura 195, 190, 150, 151 y 156 cm; La media sería de 168.4 cm. Si se diseñara la puerta de una cabina de ducha para la estatura media de este grupo, dos de las personas tendrían que encorvarse bastante o se golpearían la cabeza a menudo: ese diseño habría resultado un engaño. Por esto el promedio sólo se utiliza en contadas situaciones, cuando la precisión de la dimensión tiene poca importancia, no provoca dificultades o su frecuencia de uso es muy baja.

#### **3.4.2 Principio del diseño para individuos extremos**

Si se necesita diseñar la puerta de la cabina de ducha para las 5 personas anteriores, sin duda habrá que hacerlo pensando en la más alta y propondríamos una puerta de 196 cm de altura, más al menos 4 cm de holgura. Si esta persona no se golpea la cabeza, las otras cuatro tampoco. Claro que, en este ejemplo, quizás finalmente tendríamos que acceder y hacerla de 190 cm por otros problemas: espaciales, tecnológicos, económicos..., y admitir, además que la persona de 195 es un caso excepcional en ese lugar, y que con toda seguridad deberá estar más acostumbrada, a fuerza de golpes, al pequeño mundo en que se encuentra.

Si lo que se quiere diseñar para ese mismo grupo es un panel de control donde el alcance del brazo hacia adelante es una dimensión relevante, sin duda alguna habrá que determinar la distancia límite por la persona que tuviese dificultades para alcanzar un punto más alejado, es decir, de los 5, la que tuviese un alcance del brazo hacia adelante menor y de esta forma, los 5 alcanzarían el punto más distante en el panel de control.

#### **3.4.3 Diseño para un intervalo ajustable**

Este diseño, cuando está destinado a un grupo de personas, es el idóneo, porque cada operario ajusta el objeto a su medida, a sus necesidades reales, aunque es el más caro por los mecanismos de ajuste. El objetivo es en este caso decidir los límites de los intervalos de cada dimensión que quiera hacer ajustable. (Mondelo, Grogori, 2001, pp. 54).



Además del análisis antes descrito y el análisis de los dispositivos actuales en el mercado, se comprendió que no están diseñados para que se adapten al usuario, es decir no es un diseño con criterios ergonómicos, ya que de ser así estaría tomando en cuenta todas las necesidades del usuario de la andadera, tanto anatomofisiológicos, como antropométricas, sociales y culturales.

En lo concerniente a la antropometría se tomaron medidas normalizadas, que fueron útiles para elaborar la siguiente ficha antropométrica.

**3.5 Cédula antropométrica empleada para las mediciones ergonómicas**

Cédula Antropométrica

Nombre: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_ Género: Hombre Mujer

Ocupación: \_\_\_\_\_

Sitio: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Elaboró: \_\_\_\_\_

Posición de Pie (mediciones en cm)	
Estatura	
Altura Hombros	
Altura Codo	
Altura Ojos	
Alcance máximo vertical	
Ancho Hombros	
Posición Sentado (Mediciones en cm)	
Estatura	
Altura Hombro – Suelo	
Altura Codo – Suelo	
Altura Rodilla – Suelo	
Ancho Codo – Codo	
Distancia Codo – Mano	
Ancho Rodilla	
Mano (Mediciones en cm)	
Ancho	
Largo	

En el siguiente capítulo se aborda lo que es la comprensión del problema, esto se hace siguiendo las herramientas de la TRIZ.

# Capítulo 4

---

## Comprensión del problema

En este capítulo se muestra como se aplicaron las metodologías así como de algunas de las herramientas de la TRIZ, para comprender lo mejor posible el problema.

#### 4.1 Aplicación del método Kano

Como se describió en la sección 1.1 del capítulo 1, para aplicar esta metodología se ha realizado una pequeña investigación, en donde se han analizado las andaderas actuales, así como de observar a los usuarios, caminar con ellas y ver que otras aplicaciones les dan.

Para recabar la información se realizaron entrevistas de preguntas abiertas, con la información obtenida se preparo el cuestionario con la metodología de KANO.

Las entrevistas se realizaron en el Centro Gerontológico Mundet con un total de 13 cuestionarios aplicados, 5 del sexo masculino y 8 del sexo femenino, el cuestionario que se aplicó es el siguiente.

- 1.- Edad: \_\_\_\_\_ Sexo:
- 2.- ¿Por qué utiliza la andadera?
- 3.- ¿En donde utiliza la andadera?
- 4.- ¿Qué otro uso le da a la andadera?
- 5.- Cuántas horas por día utiliza la andadera?
- 6.- ¿En qué partes del cuerpo siente más molestias después de un uso prolongado de la andadera?
- 7.- ¿Las instalaciones donde utiliza la andadera son adecuadas para tal fin?
- 8.- La andadera que tiene ¿es fácil de utilizar?
- 9.- ¿Qué le disgusta de la andadera?
- 10.- ¿Le incomoda utilizar una andadera?
- 11.- ¿Qué otra acción de su vida desearía que una andadera le ayudara a realizar?
- 12.- ¿Cómo sería una mejor andadera?

Las respuestas que dieron son variadas, ya que aquí influye mucho el rango de edad así como el estado físico de la persona, a continuación se muestran las respuestas más frecuentes:

- 1.- Edad: **74 – 90 años** Sexo: Masculino: **5 personas** Femenino: **8 personas**
- 2.- ¿Por qué, utiliza la andadera?  
**Dolor en rodillas, en piernas y operaciones en las caderas.**
- 3.- ¿En donde utiliza la andadera?  
**Asilo.**
- 4.- ¿Qué otro uso le da a la andadera?  
**Colgar cosas, Como banco para sentarse.**
- 5.- ¿Cuántas horas por día utiliza la andadera?  
**Todo el día, en algunos casos de 2 horas aproximadamente.**
- 6.- ¿En qué partes del cuerpo siente molestias después de un uso prolongado de la andadera?  
**Hombros, Brazos, Palmas de las manos, Codos, Muñecas.**
- 7.- ¿Las instalaciones donde utiliza la andadera son adecuadas para tal fin?  
**Si.**
- 8.- La andadera que tiene ¿es fácil de utilizar?  
**Sí, porque la pueden manipular fácilmente y no son muy pesadas.**
- 9.- ¿Qué le disgusta de las andaderas?  
**Es estorbosa, tenerla, es muy grande.**

10.- ¿Le incomoda utilizar una andadera?

**No, porque le ayuda a caminar y le da seguridad.**

11.- ¿Qué otra acción de su vida diaria desearía que una andadera le ayudara a realizar?

**Sentarse / pararse, cargar cosas, como banco, bañarse y subir y bajar escaleras.**

12.- ¿Cómo sería una mejor andadera?

**Choca en espacios chiquitos, más segura en rampas (que no se resbale), sea más angosta, que tengan buenas ruedas, más estables (no tiemblen tanto).**

A continuación se muestran gráficos de algunas preguntas.



Figura 4.1. Pregunta 2



Figura 4.2. Pregunta 4

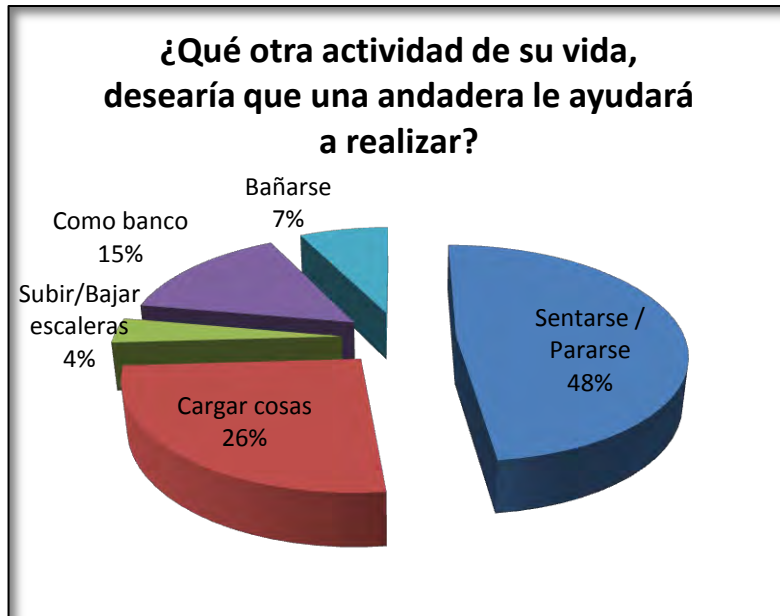


Figura 4.3. Pregunta 11



Figura 4.4. Pregunta 6

Como se observa de la Figura 4.1, los encuestados utilizan la andadera por dolor en las extremidades inferiores, por lo que necesitan la andadera para poder trasladarse.

De la Figura 4.2 se observa que el 38 % de los encuestados la utilizan para alguna otra actividad.

De la Figura 4.3 se observan algunas características deseables en su andadera, la principal es que les ayude a pararse / sentarse con un 48 %, que pueda cargar cosas con un 26 %, que puedan sentarse en la andadera después de caminar un tiempo con un 15 %.

De la Figura 4.4 se observa que en donde se observan más molestias son en las palmas de las manos, codos y hombros principalmente.

Con la información recopilada, se encontraron algunas características que son deseables para los usuarios, estas se muestran a continuación:

1. Sea más pequeña
2. Ayude a bajar o subir escaleras
3. Sea más ligera
4. Sea más discreta
5. Ayude a pararse o sentarse
6. Sea más segura en rampas
7. Sea fácil de sujetar
8. Sea adaptable a su altura
9. Que pueda cargar cosas
10. Sea más estable

Además con los comentarios que realizaron los fisiatras, se realizó el siguiente cuestionario para aplicar la metodología de KANO

- 1.- ¿Le gustaría que la andadera **sea más pequeña**?
- 2.- ¿Le gustaría que la andadera **le ayude a subir o bajar escaleras**?
- 3.- ¿Le gustaría que la andadera **sea más ligera**?
- 4.- ¿Le gustaría que la andadera **sea más discreta**?
- 5.- ¿Le gustaría que la andadera **le ayude a pararse o sentarse**?
- 6.- ¿Le gustaría que la andadera **sea más segura en las rampas**?
- 7.- ¿Le gustaría que la andadera **sea fácil de sujetar**?
- 8.- ¿Le gustaría que la andadera **sea adaptable a su altura**?
- 9.- ¿Le gustaría que la andadera **pueda cargar cosas**?
- 10.- ¿Le gustaría que la andadera **sea más estable**?
- 11.- ¿Le gustaría que la andadera **NO sea más pequeña**?
- 12.- ¿Le gustaría que la andadera **NO le ayude a subir o bajar escaleras**?
- 13.- ¿Le gustaría que la andadera **NO sea más ligera**?
- 14.- ¿Le gustaría que la andadera **NO sea más discreta**?
- 15.- ¿Le gustaría que la andadera **le NO ayude a pararse o sentarse**?

- 16.- ¿Le gustaría que la andadera **NO sea más segura en las rampas?**
- 17.- ¿Le gustaría que la andadera **NO sea fácil de sujetar?**
- 18.- ¿Le gustaría que la andadera **NO sea adaptable a su altura?**
- 19.- ¿Le gustaría que la andadera **NO pueda cargar cosas?**
- 20.- ¿Le gustaría que la andadera **NO sea más estable?**

Se realizaron 13 encuestas, de ellas solo a 11 personas se aplicó el método descrito, ya que no se terminó el cuestionario.

Pregunta	Clase						Total	Calificación	
	A	U	O	D	INV	I			
1		1	1	6	3		11	D	Respuesta dudosa
2		5		3	3		11	U	Unidimensional
3		2	1	4	4		11		No interesa
4		4		3	3	1	11	U	Unidimensional
5	2	7		1	1		11	U	Unidimensional
6		8		1	1	1	11	U	Unidimensional
7	1	7		1	1	1	11	U	Unidimensional
8		6		1	1	3	11	U	Unidimensional
9		7		2	2		11	U	Unidimensional
10	1	7		1	2		11	U	Unidimensional

Tabla 4.1. Resultados de las encuestas

En lo referente de la pregunta 3, de la tabla 4.1 se observa que no les interesa, ya que las andaderas que utilizan están perfectamente adecuadas a los usuarios, pero en comentarios realizados por ellos, NO les gustaría que fuese más ligera, ya que sienten que se pueden caer, por este motivo esta característica no se tomó en cuenta para el proceso de diseño.

Para la pregunta 1, de la tabla 4.1 se observa que la calificación obtenida fue de “dudosa”, de acuerdo al método una respuesta dudosa, es porque ante un par de preguntas complementarias no es razonable contestar “me gusta” a la pregunta funcional y “no me gusta y no lo tolero” a las disfuncional, por lo que esta característica no se tomó en cuenta posteriormente para el proceso de diseño. [4.1]

Para las demás preguntas de acuerdo con los resultados mostrados en la tabla 4.1, se les da una calificación de “unidimensional”, esto se puede interpretar como si se hace una mejora al producto les agradecería o no dependiendo de que tanto les sea funcional.

Las características que se emplearon para el proceso de diseño son las siguientes:

- 1.- Le ayude a subir o bajar escaleras
- 2.- Sea más discreta
- 3.- Le ayude a pararse o sentarse
- 4.- Sea más segura en rampas
- 5.- Sea fácil de sujetar

- 6.- Sea adaptable a su altura
- 7.- Pueda cargar cosas
- 8.- Sea más estable

Estas características se evaluaron con el método de AHP, para conocer cuáles son las más importantes de acuerdo al criterio de los fisiatras del Centro Gerontológico Mundet.

En la siguiente sección se muestra este proceso y la lista final de características que se emplearon para definir completamente el problema.



#### 4.2 Aplicación del método AHP

Para la aplicación de este método (ver sección 1.2 de capítulo 1), se completó una matriz de 9 x 9, con las características encontradas en la sección anterior, además se evaluó la característica de "como banco", ya que esta obtuvo un 15 % de preferencias de los encuestados (ver figura 4.3).

Esta se tomó en cuenta hasta este momento ya que se consideró que pudiera influir en el diseño del concepto, por lo que la lista de características quedó de la siguiente manera:

- 1.- Le ayude a subir o bajar escaleras
- 2.- Sea más discreta
- 3.- Le ayude a pararse o sentarse
- 4.- Sea más segura en rampas
- 5.- Sea fácil de sujetar
- 6.- Sea adaptable a su altura
- 7.- Pueda cargar cosas
- 8.- Sea más estable
- 9.- Como banco

Característica	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	3	9	5	9	3	7	1
3	1	1/3	1	9	9	9	3	7	1
4	1	1/9	1/9	1	9	9	3	9	1
5	1	1/5	1/9	1/9	1	9	3	9	1
6	1	1/9	1/9	1/9	1/9	1	1	9	1
7	1	1/3	1/3	1/3	1/3	1	1	1	1
8	1	1/7	1/7	1/9	1/9	1/9	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabla 4.2. Matriz a utilizarse para aplicar AHP

Donde la calificación de la relación entre características fue la siguiente:

- 1 = Igual
- 3 = Moderada
- 5 = Fuerte
- 7 = Muy fuerte
- 9 = Extremadamente fuerte

En la tabla 4.2, se muestra como se calificaron las características de acuerdo con los fisiatras del Centro Gerontológico MUNDET.

En la tabla 4.3 se muestra la matriz obtenida del proceso de AHP

Característica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Promedio
1	0.111	0.236	0.147	0.046	0.038	0.025	0.059	0.022	0.111	0.088
2	0.111	0.236	0.441	0.415	0.188	0.224	0.176	0.156	0.111	0.229
3	0.111	0.079	0.147	0.415	0.339	0.224	0.176	0.156	0.111	0.195
4	0.111	0.026	0.016	0.046	0.339	0.224	0.176	0.200	0.111	0.139
5	0.111	0.047	0.016	0.005	0.038	0.224	0.176	0.200	0.111	0.103
6	0.111	0.026	0.016	0.005	0.004	0.025	0.059	0.200	0.111	0.062
7	0.111	0.079	0.049	0.015	0.013	0.025	0.059	0.022	0.111	0.054
8	0.111	0.034	0.021	0.005	0.004	0.003	0.059	0.022	0.111	0.041
9	0.111	0.236	0.147	0.046	0.038	0.025	0.059	0.022	0.111	0.088
Total	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 4.3. Resultado obtenidos de la utilización del método AHP

RI = 37.37 %

Cabe señalar que de acuerdo a la teoría de este método, al cálculo de la razón de inconsistencia (RI) (ver sección 1.2.3 del capítulo 1) tiene que estar de alrededor del 10 % o menos, para que la evaluación sea correcta, matemáticamente hablando. Para este caso el RI dio un 37.38 %, esta es mucha disparidad en la evaluación, pero para los requerimientos en esta etapa del proceso de diseño, se tomó como correcta.

En la tabla 4.4 se muestran los resultados obtenidos.

Característica	Porcentaje
1	8.84%
2	22.88%
3	19.54%
4	13.90%
5	10.33%
6	6.20%
7	5.38%
8	4.11%
9	8.84%
Total	100.00%

Tabla 4.4. Porcentajes obtenidos

De la tabla 4.4 se observa los porcentajes de las características, estas se muestran en orden de mayor a menor porcentaje:

- 1.- Discreta
- 2.- Ayuda a pararse / sentarse
- 3.- Segura en rampas
- 4.- Fácil de sujetar
- 5.- Subir / bajar escaleras, como banco
- 6.- Adaptable a su altura
- 7.- Cargar cosas
- 8.- Más estable

Este método se utilizó como un primer filtro de las características del DARM, obteniendo las más importantes, estas se muestran a continuación:

- 1.- Discreta
- 2.- Ayude a pararse / sentarse
- 3.- Segura en rampas
- 4.- Fácil de sujetar

Estas características son las que se emplearon en el proceso de diseño, más adelante y de acuerdo con las herramientas de la TRIZ, dejan de ser características y se convierten en subsistemas.

En la siguiente sección se muestra el planteamiento del problema final, esto conlleva a una mejor comprensión del ¿por qué? se convierten en subsistemas.

### 4.3 Redefinición del problema

Es esta parte se empleo el software CREAX Innovation Suite, la explicación de cómo se emplea se encuentra en la sección 2.1.3 del capítulo 2. En la siguiente figura se muestra la primera iteración para la redefinición del problema, ya que al ir avanzando en el trabajo de investigación se empleó en varia ocasiones.

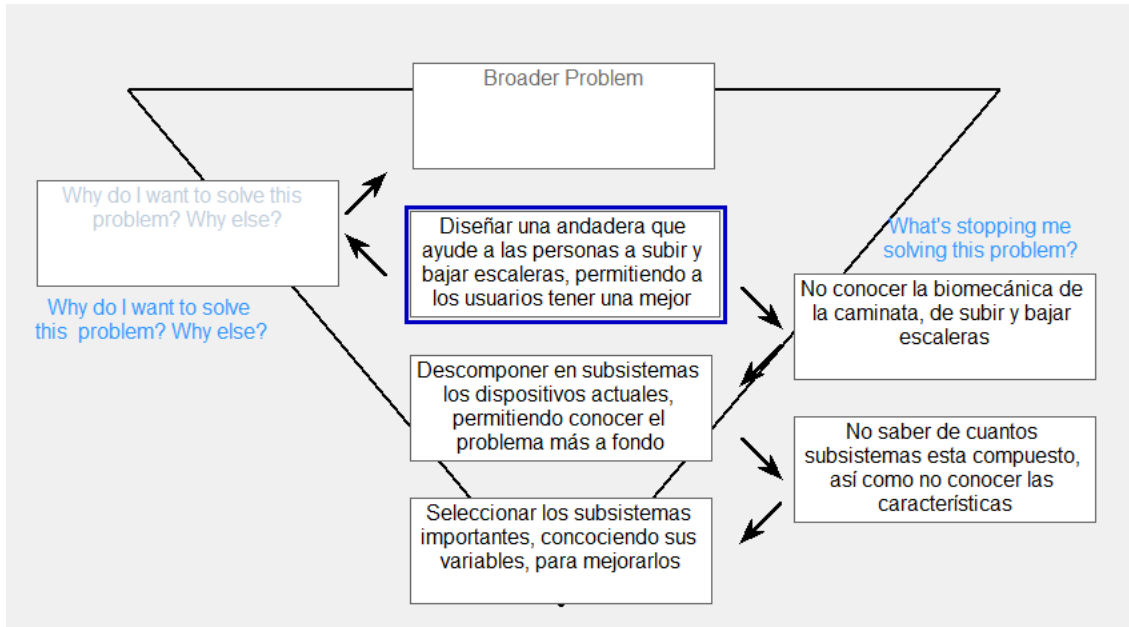


Figura 4.5. Redefinición del problema empleando el software CREAX

De la Figura 4.5 se muestra como se empleo la herramienta para llegar al planteamiento del problema final para este trabajo.

Así el problema quedó definido como:

**“Definir completamente cada uno de los subsistemas que componen el dispositivo, así como investigar cuales son las variables de las que se compone cada uno de ellos.”**

En la siguiente sección, se muestra la utilización de esta herramienta para obtener el objetivo final.

#### 4.4 Definición del objetivo

Al inicio de este proyecto tuvo un objetivo claro del proyecto, fue sólo hasta este momento en el que la información y la aplicación de esta herramienta, permitió tener una idea clara de la complejidad del proyecto y se definió de una manera clara el objetivo del proyecto.

En la Figura 4.6 se muestra como se llegó al objetivo de este proyecto.

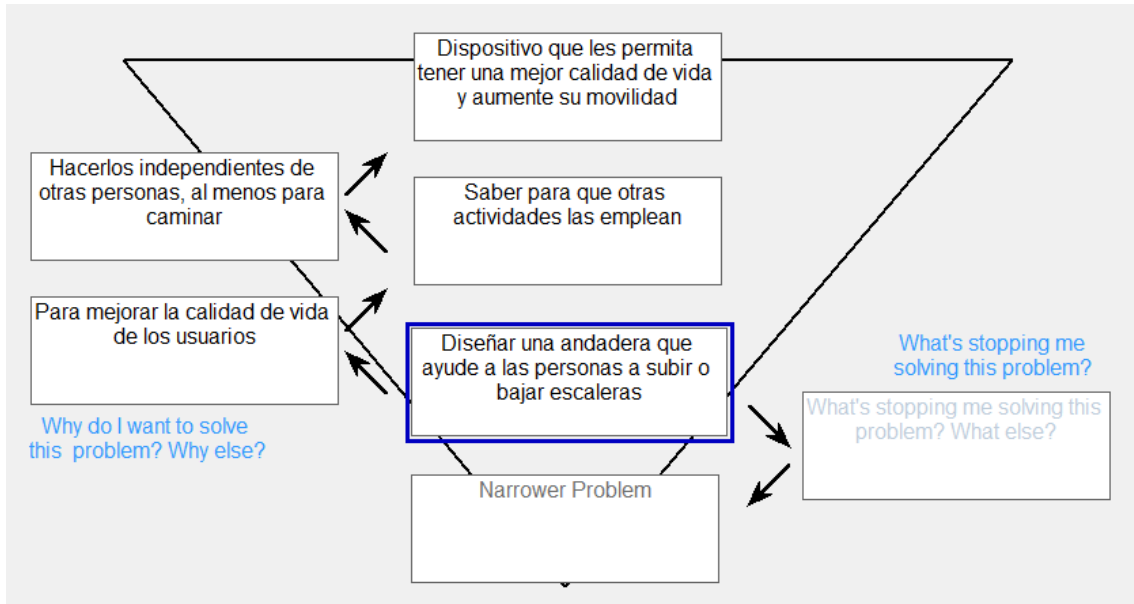


Figura 4.6. Definición del objetivo con el Software CREAM

El objetivo después de utilizar la herramienta es el siguiente:

**“El diseño conceptual de un dispositivo auxiliar, aplicando diversas metodologías de diseño, que permita a los posibles usuarios trasladarse de un lugar a otro, obteniendo así una mayor independencia de movimiento”**

Con la información recabada y con una mejor comprensión del problema, se empleó la herramienta de IFR de la TRIZ, permitiendo visualizar los posibles subsistemas que componen el DARM.

En la siguiente sección se muestra este diagrama aplicado en este trabajo.

#### 4.5 Diagrama solución ideal (IFR)

Para este trabajo (ver sección 2.1.10 del capítulo 2), la herramienta se conceptualizó como un diagrama en el cual se pone como objetivo la solución ideal, de ahí se parte para ir comprendiendo, analizando y encontrando variables o sistemas que no se habían conceptualizado con las herramientas anteriores. Esto permitió corroborar que algunas de las características encontradas de las encuestas, se conviertan en subsistemas del DARM.

También permitió una vista general de todos los elementos que se tiene que emplear para resolver el problema final planteado.



Figura 4.7. Solución Ideal y elementos para llegar a la misma.

De la figura 4.7, se observa que al alejarse de la solución ideal, se van encontrando con los problemas y dificultades que tienen los dispositivos actuales y que son en gran medida lo que se tiene que mejorar.

Recapitulando todo este proceso, el planteamiento del problema final permitió conocer cuáles son los subsistemas de los que se compone el DARM, esto son los siguientes:

- 1.- Discreta
- 2.- Ayude a pararse / sentarse
- 3.- Segura en rampas
- 4.- Fácil de sujetar

Hasta aquí ha sido el proceso para la comprensión del problema y obtención de los primeros subsistemas del DARM, en el siguiente capítulo se definen a más detalle los subsistemas, se aplican las siguientes herramientas de la TRIZ:

1. Los diagramas de modelado de sistemas
2. La matriz de contradicciones para encontrar los principios solución del DARM.

# Capítulo 5

---

## Especificaciones de diseño de los subsistemas

En este capítulo se muestra como se aplicaron las herramientas de la TRIZ y la Antropometría. Siendo evaluadas con la metodología de AHP, para obtener las especificaciones más relevantes.

Una vez que se ha comprendió el problema a detalle, de acuerdo con la teoría de la TRIZ, este se descompuso hasta sus partes más básicas y se empleó la herramienta de modelado de sistemas para conocer las características de las subsistemas.

Estas características de los subsistemas se convierten en especificaciones de diseño a través del empleo de la matriz de contradicciones, que es otra herramienta de la teoría de la TRIZ.

### 5.1 Diagramas de modelado de subsistemas (1ra Ronda)

De acuerdo con el programa de CREAX Innovation Suite, el modelado de sistemas es uno de los elementos principales del software. Es una herramienta poderosa para definir el problema con la habilidad de dibujar diagramas funcionales. Maneja los atributos de cada uno de los componentes y su relación funcional con otros componentes.

Para aplicar esta herramienta, se da por hecho que se ha comprendido el problema. También ya se tienen identificados y definidos casi en su totalidad los subsistemas de los que está compuesto el dispositivo.

Para esta primera parte, se muestran las relaciones directas que tienen dos componentes, los cuales son:

- 1.- Usuario
- 2.- Andadera
- 3.- Rampa
- 4.- Silla / Cama

Se realizaron varios diagramas, esto para poner en claro cuáles son las relaciones que tiene cada uno de ellos, para después conjuntarlos en uno solo. A continuación se muestran los primeros diagramas que se realizaron y posteriormente se muestra uno definitivo para esta parte.

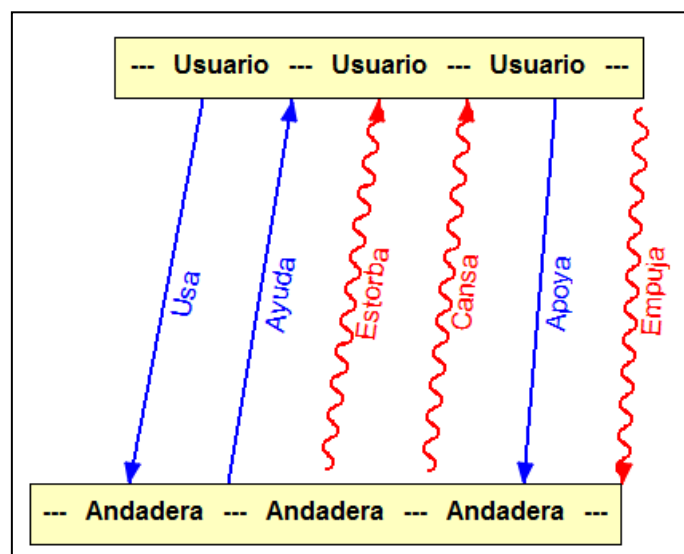


Figura5.1. Interacciones Usuario / Andadera



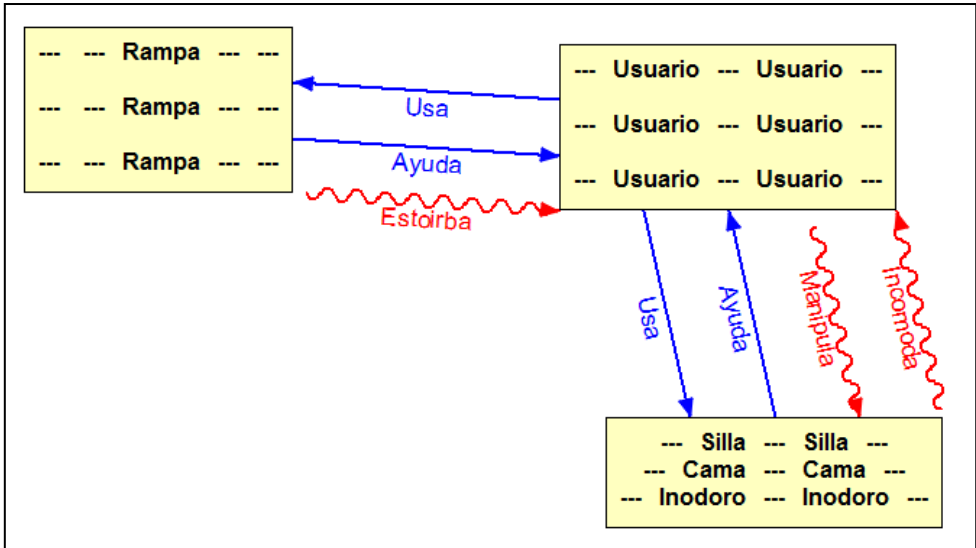


Figura5.2. Interacciones Rampa / Silla

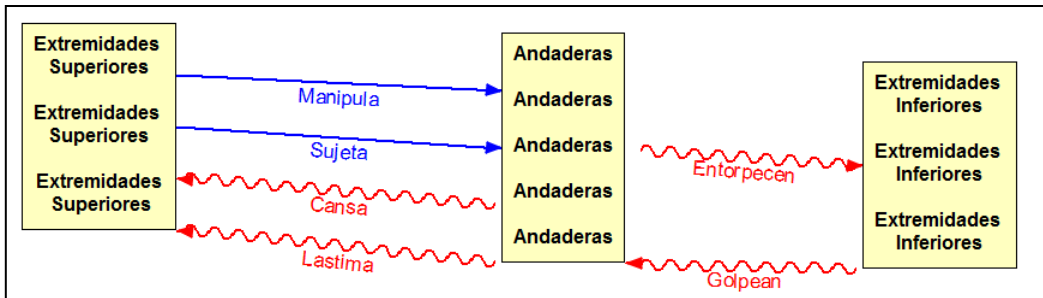


Figura 5.3. Interacciones Extremidades / Andadera

De las figuras anteriores se muestran las interacciones que tienen los diferentes componentes de los Subsistemas, además se observa que hay diagramas que se pueden desmenuzar, es decir que se pueden partir y redefinir, esto permite encontrar nuevas características y relaciones.

Los Subsistemas quedaron de la siguiente manera:

- 1.- Usuario – Andadera
- 2.- Andadera – Rampa
- 3.- Andadera – Silla / Cama

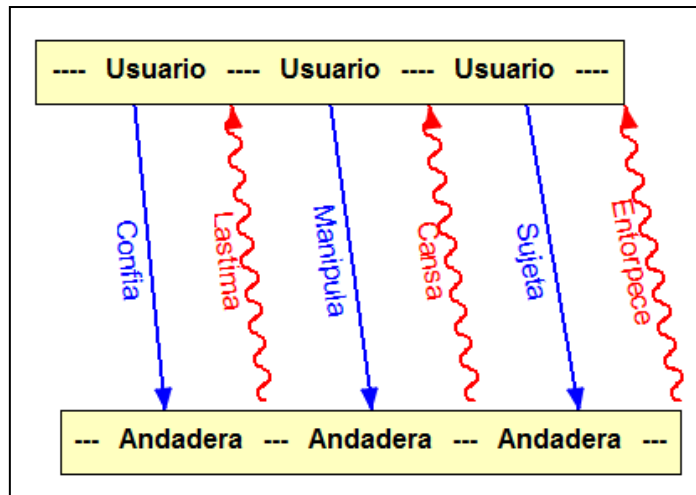


Figura 5.4. Interacciones Usuario - Andadera

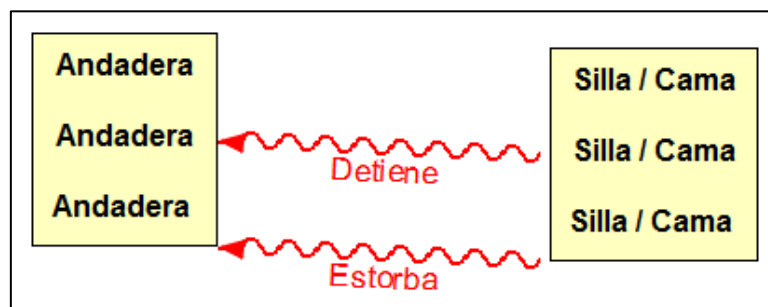


Figura 5.5. Interacciones Andadera – Silla / Cama

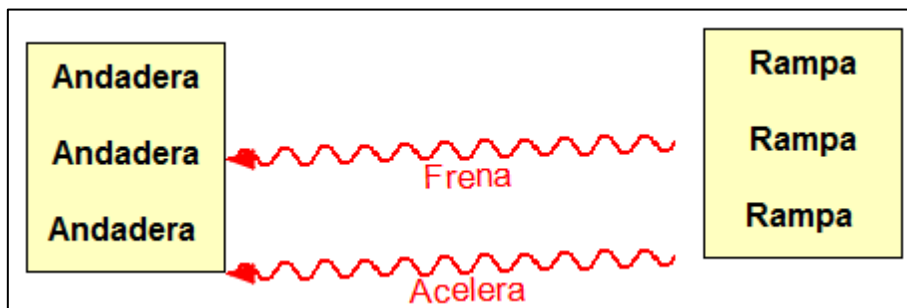


Figura 5.6. Interacción Andadera - Rampa

En los diagramas anteriores se muestra cómo interactúan los elementos de los Subsistemas, esta descripción se debe realizar con una sola palabra y que describa la acción que realiza un elemento al otro. Estos verbos describen completamente cada una de las características que tiene cada uno de los elementos así de cómo se interrelacionan.

### 5.2 Redefinición de los subsistemas

Se intento realizar una lluvia de ideas, pero no se pudo realizar ya que el DARM no estaba bien segmentado. Es por ello que se redefinieron los subsistemas que componen al DARM, para ello se empleo los diagramas de modelado del sistema (ver sección 5.1) así como del IFR (ver sección 4.5 del capítulo 4).

Los dos primeros se observan de los diagramas del modelado de sistemas:

**De la interacción del Subsistema andadera – rampa se obtiene:**

a).- Subsistema de rampa (Subir y bajar rampa con seguridad)

De la interacción andadera – silla / cama se obtiene:

b).- Subsistema de apoyo (Pararse – Sentarse)

**Ahora bien del diagrama del IFR, se obtienen los siguientes elementos:**

Juntando los elementos de “No lastime extremidades” y “No canse extremidades”, se obtiene el siguiente subsistema:

c).- Subsistema de sujeción

**Además del primer elemento de “No estorbe al caminar” se obtiene el siguiente subsistema:**

d).- Subsistema estructura general

Por lo que los subsistemas de los que está compuesto el DARM son:

- 1.- Subsistema de rampa (subir / bajar con seguridad)
- 2.- Subsistema de apoyo (Pararse / Sentarse)
- 3.- Subsistema de sujeción
- 4.- Subsistema estructura general

Con ya se han redefinido los subsistemas que componen al DARM, se procede a realizar la jerarquización de los mismo y posteriormente un modelado de cada uno ellos, posteriormente se exploran algunas otras relaciones que pueden aparecer, esto es para saber la interacción entre ellos y obtener más parámetros que se pueden utilizar en la matriz de contradicciones.

**5.2.1 Jerarquización de los subsistemas obtenidos**

A continuación se aplica el método de jerarquización para observar la importancia en porcentaje de cada uno de los subsistemas.

	Estructura	Apoyo	Sujeción	Rampa	Porcentaje
Estructura	1.00	4.00	5.00	6.00	56.42%
Apoyo	0.25	1.00	3.00	5.00	24.30%
Sujeción	0.20	0.33	1.00	4.00	13.55%
Rampa	0.16	0.20	0.25	1.00	5.72%
Suma	1.61	5.53	9.25	16.00	

Tabla 5.1. Jerarquización de los subsistemas

RI = 10.81 %

De la tabla 5.1, se observa que el subsistema más importante es el de estructura y le sigue el de apoyo, por último se encuentra el de rampa, que por el porcentaje que obtuvo, no tomará en cuenta en los siguientes pasos del proceso de diseño.

### 5.2.2 Diagramas de modelado de los subsistemas

Los diagramas son de los siguientes subsistemas:

a).- Subsistema de sujeción – usuario

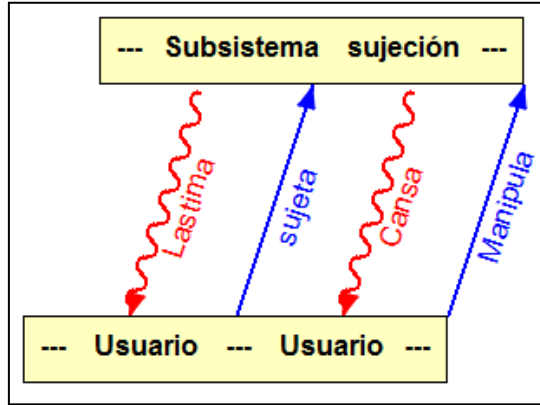


Figura 5.7. Interacción sujeción – usuario

b).- Subsistema de apoyo – usuario

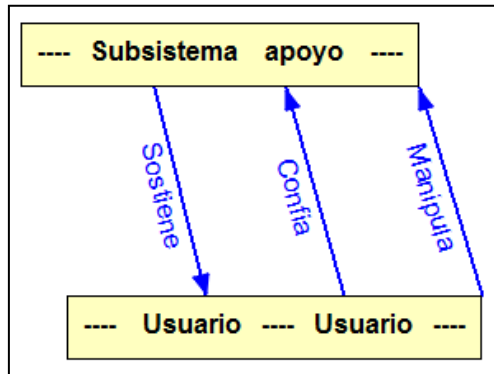


Figura 5.8. Interacción apoyo – usuario

c).- Subsistema estructura general – usuario

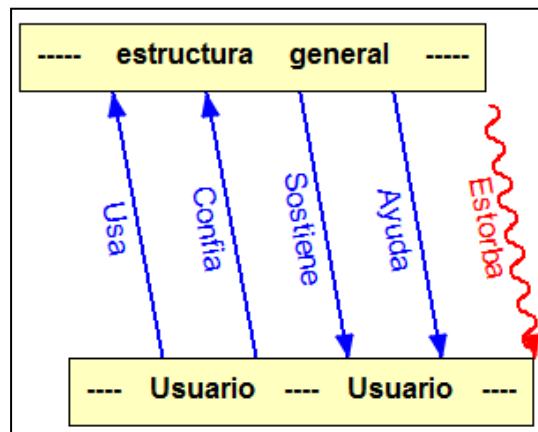


Figura 5.9. Interacción Estructura - usuario

d).- Subsistemas apoyo – estructura general

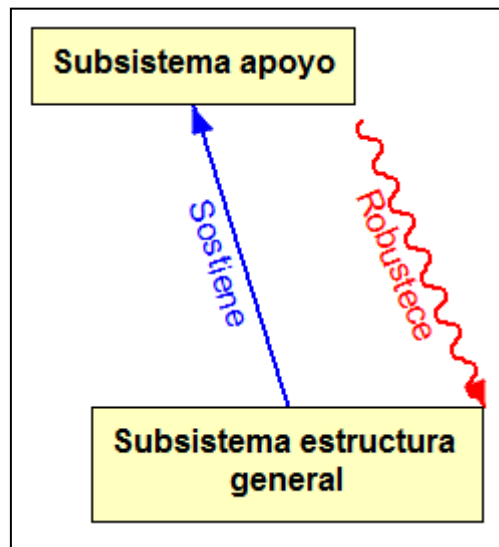


Figura 5.10. Interacción Apoyo - Estructura

Lo que procede es traducir todas las interacciones en función de los parámetros de la TRIZ, ya sean de la matriz original o de la matriz 2003, la ventaja de estos nuevos parámetros es que son ya más específicos debido a que pertenecen a cada subsistema.

### 5.2.3 Definición de parámetros de acuerdo a la TRIZ

#### a).- Subsistema de sujeción – usuario

Lastima → *Stress or Pressure* (11 Matriz original)

Se selecciono este parámetro ya que al momento de que el usuario toma el dispositivo ejerce una presión y esa presión a la larga causa que le salgan callos en las manos.

Sujeta → *Area of stationary object* (6 Matriz original)

Se selecciono ya que si se aumenta el área de contacto, la presión ejercida disminuye, por lo tanto no va a causar callosidades.

Manipula → *Ease of operation* (33 Matriz original)

Se selecciono porque el dispositivo tiene que ser colocado lo más fácil posible, permitiendo al usuario sentirse más independiente.

Cansa → *Shape* (12 Matriz original)

Se selecciono ya que si la geometría va de acuerdo con los parámetros ergonómicos, ese diseño va a cansar menos al usuario.

#### b).- Subsistema de apoyo – usuario

Confía → *Reliability* (27 Matriz original)

Se selecciono ya que este parámetro es una característica que debe tener el sistema

Manipula → *Ease of operation* (33 Matriz original)

Se selecciono ya que es una característica que debe tener el sistema

Sostiene → *Shape* (12 Matriz original)

Se selecciono ya que la geometría juega un papel importante en la forma de ayudar a sostener al usuario, esto pensando en cómo debe colocar el dispositivo para que le ayude a pararse y sentarse.

**c).- Estructura general – usuario**

Usa → *Ease of operation* (33 Matriz original)

Se selecciono ya que tiene que ayudar en lo más posible al usuario

Confía → *Reliability* (27 Matriz original)

Se selecciono ya que este parámetro es una característica que debe tener el sistema

Sostiene → *Shape* (12 Matriz original)

Se selecciono ya que la configuración geometría juega un papel importante en la forma de ayudar a sostener al usuario.

Ayuda → *Stability of object's composition* (13 Matriz original)

Se selecciono este parámetro, ya que la andadera le tiene que dar la estabilidad al usuario durante todo el proceso de caminar, además de darle la confianza de utilizar el dispositivo.

Estorba → *Volume of stationary object* (8 Matriz original)

Esta es una posible contradicción física ya que tiene que ser lo suficientemente grande para darle al usuario la confianza de utilizarla, pero también tiene que ser pequeña para que el usuario la pueda utilizar en baños o espacios reducidos.

**d).- Subsistema apoyo – estructura general**

Sostiene → *Adaptability or Versatility* (35 Matriz original)

Se selecciono este parámetro ya que el sistema rampa se tiene que ajustar a la estructura general.

Robustece → *Volume of moving object* (8 Matriz original)

Se selecciono este parámetro ya que este Subsistema aumenta el volumen total del DARM

### **5.2.3.1 Parámetros encontrados por subsistema**

#### **1.- Subsistema Estructura:**

1. Fácil Operación
2. Confía
3. Forma
4. Estabilidad del Objeto Compuesto
5. Volumen del Objeto sin Movimiento

#### **2.- Subsistema Apoyo (Pararse / Sentarse):**

Cabe señalar que los parámetros de este subsistema se obtienen de las relaciones Apoyo – Usuario y Apoyo – Estructura General.

1. Adaptable
2. Volumen del Objeto en Movimiento
3. Confía
4. Fácil Operación
5. Forma

#### **3.- Subsistema Sujeción:**

1. Presión
2. Área del Objeto Estacionario
3. Fácil Operación
4. Forma

Con esto ahora se puede utilizar la matriz de contradicciones para encontrar los principios solución.

### **5.3 Evaluación de parámetros por subsistema con el método AHP**

Se va a realizar una evaluación de parámetros con el método de AHP, para observar si estos son prioridad para reducir la lista, pensando es poder definir especificaciones de diseño sin problemas.

#### **5.3.1 Subsistema estructura**

Los parámetros de este subsistema son:

1. Fácil Operación
2. Confía
3. Forma
4. Estabilidad del Objeto Compuesto
5. Volumen del Objeto sin Movimiento

Se van a evaluar con el método jerárquico para observar cuál de ellos tiene prioridad, así se van a mejorar los conceptos que se generen, ya que lo que se está buscando se encuentran bien especificados.

Parámetros	Forma	Estabilidad	Operación	Volumen	Confianza	Peso 0
Forma	1.00	1.00	4.00	4.00	9.00	38.14%
Estabilidad	1.00	1.00	4.00	4.00	3.00	32.14%
Operación	0.25	0.25	1.00	4.00	4.00	15.78%
Volumen	0.25	0.25	0.25	1.00	3.00	8.71%
Confianza	0.11	0.33	0.25	0.33	1.00	5.23%
RI	10.96%					

Tabla 5.2. Evaluación de los parámetros

De la tabla 5.2 se observa que el factor de inconsistencia (RI) es de alrededor del 11 %, por lo que la evaluación fue correcta y no existe mucha dispersión. Además el parámetro de confianza resulto con un porcentaje muy bajo, por lo que no se va a considerar para la evaluación de los conceptos obtenidos. Por lo que los parámetros que se aplicarán son:

1. Fácil Operación
2. Forma
3. Estabilidad del Objeto Compuesto
4. Volumen del Objeto sin Movimiento

### 5.3.2 Subsistema apoyo (pararse / sentarse)

Los parámetros de este subsistema son:

1. Adaptable
2. Volumen del Objeto en Movimiento
3. Confía
4. Fácil Operación
5. Forma

Parámetros	Adaptable	Volumen	Confía	Fácil	Forma	Peso 0
Adaptable	1.00	0.33	2.00	0.33	1.00	14.47%
Volumen	3.00	1.00	3.00	0.25	0.33	17.75%
Confía	0.50	0.33	1.00	0.33	0.33	7.42%
Fácil	3.00	4.00	3.00	1.00	0.50	29.55%
Forma	1.00	3.00	3.00	2.00	1.00	30.80%
RI	15.22%					

Tabla 5.3. Evaluación de parámetros para el Subsistema Apoyo

De la tabla 5.3 se observa que el RI es mayor al 10 %, pero como en algunos casos anteriores, no está muy alejado del 10 % es por ello que para efectos prácticos, se toma como una evaluación buena.

Los parámetros que se van a emplear para la generación de conceptos son los siguientes:

1. Adaptable
2. Volumen del Objeto en Movimiento



3. Fácil Operación
4. Forma

### 5.3.3 Subsistema sujeción

Los parámetros de los que se compone este subsistema son los siguientes:

1. Presión
2. Área del Objeto Estacionario
3. Fácil Operación
4. Forma

Estos parámetros van a ser evaluados con el método jerárquico.

Parámetros	Presión	Área	Fácil	Forma	Peso 0
Presión	1.00	0.33	0.33	0.33	9.77%
Área	3.00	1.00	0.33	0.25	15.77%
Fácil	3.00	3.00	1.00	0.50	29.32%
Forma	3.00	4.00	2.00	1.00	45.14%
RI	9.27%				

Tabla 5.4. Evaluación de parámetros del subsistema sujeción

De la tabla 5.4 se observa que el RI es menor al 10 %, por lo que la evaluación es correcta, en este caso se va a eliminar el parámetro de presión, ya que es el parámetro que obtuvo menor puntaje.

Los parámetros que obtuvieron mayor porcentaje son:

- 1.- Forma
- 2.- Fácil operación
- 3.- Área del objeto estacionario

### 5.4 Especificaciones de diseño por subsistema

Se pretende que el término *especificaciones del producto* signifique la descripción precisa de lo que el producto tiene que hacer. Para propósitos de claridad, se tiene que ser preciso respecto a unas cuantas definiciones. Una especificación (singular) consta de una *medida* y un *valor*. Los valores siempre se etiquetan con las unidades apropiadas (por ejemplo, segundos, kilogramos, Joules, etc). Juntas, la medida y el valor, forman una especificación. Las especificaciones del producto (plural) son simplemente el conjunto de las especificaciones individuales. (Ulrich y Eppinger pp 73.)

#### 5.4.1 Evaluación de los datos obtenidos

El estudio antropométrico se realizó en el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica de la Facultad de Ingeniería, UNAM. Se realizó tanto a personal femenino como a personal masculino.

En las siguientes tablas se muestran los datos obtenidos, las medidas se encuentran en cm. Las mediciones se realizaron con una cinta métrica flexible. Rango de 1 a 152 cm. Resolución de 0.1 cm.

	Mujeres					Hombres				
De pie	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Estatura	158	163	160	150	158	160	179	173	167	170
Altura hombros	133	137	134	127	129	131	150	147	143	143
Altura codos	105	107	98	98	99	99	119	113	103	107
Altura ojos	148	153	148	141	145	146	166	161	158	159
Alcance vertical	82	83	80	82	82	75	91	85	102	83
Ancho Hombros	44	40	37	40	48	48	51	52	50	47
Sentado										
Estatura	126	124	122	126	119	121	128	130	123	121
Altura hombro - suelo	101	99	95	101	93	92	97	104	97	94
Altura Codo - Suelo	67	65	67	72	62	59	62	68	65	59
Altura Codo - Codo	47	46	45	46	54	53	59	57	53	55
Distancia Codo - Mano	43	40	37	39	41	44	50	46	46	45
Altura Rodilla - Suelo	55	53	51	49	51	52	58	58	56	57
Ancho Rodillas	35	34	30	23	30	42	39	30	34	26
Mano										
Ancho	9.3	9.3	9.3	8.8	11	10.9	11	10.6	10.2	11.6
Largo	17.2	16.2	16.8	15.8	15.8	17.2	19.8	19	18.7	17.8

Tabla 5.5. Antropometría del Personal del CDMIT

Para el análisis de los datos que se presentan en la tabla 5.5, se realizó el cálculo de los percentiles, en un rango de .5 % y del 99.5 %. Mediante la siguiente fórmula (Mondelo, Grogori, 2001, pp. 57):

$$P\% = \mu \pm \beta\sigma$$

En donde

P%: es el percentil que se desea calcular

$\sigma$ : es la desviación estándar

$\mu$ : es la media de la población

	Media	Sigma	Min(0.5%)	Max (99.5%)
<b>De Pie</b>				
Estatura	163.80	8.51	141.88	185.72
Altura hombros	137.40	7.92	117.00	157.80
Altura codos	104.80	7.00	86.76	122.84
Altura ojos	152.50	8.15	131.49	173.51
Alcance vertical	84.50	7.32	65.64	103.36
Ancho Hombros	45.70	5.19	32.34	59.06
<b>Sentado</b>				
Estatura	124.00	3.46	115.08	132.92
Altura hombro - suelo	97.30	3.92	87.21	107.39
Altura Codo - Suelo	64.60	4.14	53.93	75.27
Altura Codo - Codo	51.50	5.08	38.41	64.59
Distancia Codo - Mano	43.10	3.90	33.05	53.15
Altura Rodilla - Suelo	54.00	3.23	45.67	62.33
Ancho Rodillas	32.30	5.72	17.57	47.03
<b>Mano</b>				
Ancho	10.20	0.96	7.73	12.67
Largo	17.43	1.38	13.87	20.99
Tabla 5.6. Análisis de los datos obtenidos				

Con los datos obtenidos mediante el cálculo de los percentiles, se puede realizar la definición de parámetros de diseño para cada uno de los subsistemas.

#### **5.4.2 Especificaciones de diseño obtenidos por subsistema**

Con todo el trabajo desarrollado en este capítulo, se pueden definir ahora las especificaciones de diseño para cada uno de los subsistemas, cabe señalar que algunos de los parámetros no se van a incluir en las especificaciones, esto en gran medida por su parte subjetiva, pero que no se les puede hacer una métrica, para que se le pueda llamar especificación, como se definió en la sección 5.4.

Subsistema Estructura:

- Fácil operación: 3 movimientos máximo para ajustar el dispositivo
- Estabilidad del Objeto Compuesto: No debe desviarse más de 3 grados con respecto al plano sagital
- Volumen del Objeto sin Movimiento:  $160 \text{ cm}^3$  (Altura =  $53 \pm 2 \text{ cm}$ , Largo =  $51 \pm 2 \text{ cm}$ , Ancho =  $59 \pm 2 \text{ cm}$ )

Subsistema Apoyo:

- Adaptable: Empotrado al subsistema estructura por una de sus partes y del otro lado móvil.
- Volumen del objeto en movimiento:  $212.5 \text{ cm}^3$
- Fácil Operación: 4 movimientos máximo para que se ajuste al usuario

Subsistema Sujeción:

- Presión: 10 kPa máximo
- Área del Objeto Estacionario:  $107 \text{ cm}^2$  (Largo 14 cm x Ancho 8 cm)
- Fácil operación: 2 movimientos máximo para ajustarse al usuario

En este capítulo se llegó hasta la definición de especificaciones, lo que permite que en el próximo capítulo, se pueda hablar de los principios solución que sugiere la matriz de contradicciones, así como de la generación de conceptos y su evaluación a través del método jerárquico (AHP).

# Capítulo 6

---

Lluvia de ideas, Evaluación de conceptos

En este capítulo se muestra como se aplicaron las herramientas de la TRIZ. Siendo evaluadas con la metodología de AHP, para obtener los conceptos más importantes para el diseño del DARM.

En el presente capítulo se va a realizar el desarrollo de la lluvia de ideas y se va a seleccionar el mejor de los conceptos obtenidos con el método de AHP. Señalando que para dicha selección se va a poder emplear todo el potencial del método jerárquico.

### 6.1 Matriz de contradicciones y principios solución

De la sección 5.2.2 del capítulo 5, se emplean los diagramas de modelado de sistemas para emplear la matriz de contradicciones, permitiendo visualizar que características son las que se tiene que mejorar y cuáles son las que empeoran. Además se ha encontrado una contradicción física, lo que representa que este trabajo pasó de nivel 1 a nivel 3 (ver sección 2.1.7 del capítulo 2).

#### 6.1.1 Subsistema sujeción - usuario

De el modelado de sistemas (figura 5.7, de la sección 5.2.2 del capítulo 5) se observan las características a introducir en la matriz de contradicciones y los principios solución son los mostrados en la tabla 6.1.

Subsistema sujeción – usuario		
Que empeora	Que mejora	Principios
Lastima ( <i>Stress or pressure</i> )	Sujeta ( <i>Area of stationary object</i> )	10, 15, 36, 37
Cansa ( <i>Shape</i> )	Manipula ( <i>Ease of operation</i> )	32, 15, 26

Tabla 6.1. Principios de diseño para este subsistema

Los principios solución para este subsistema son los siguientes:

1. Principio 10. Acción anticipada
2. Principio 15. Incremento dinámico o dinamizar
3. Principio 36. Transición de fase
4. Principio 37. Expansión térmica
5. Principio 32. Cambiar color
6. Principio 26. Copia

#### 6.1.2 Subsistema apoyo - usuario

De el modelado de sistemas (figura 5.8, de la sección 5.2.2 del capítulo 5) se observan las características a introducir en la matriz de contradicciones y los principios solución son los mostrados en la tabla 6.2.

Subsistema apoyo – usuario		
Que mejora	Que empeora	Principios
Sostiene ( <i>Shape</i> )	Manipulación ( <i>Ease of operation</i> )	32, 15, 26

Tabla 6.2. Principios de diseño obtenidos para este subsistema

Los principios solución para este subsistema son los siguientes:

1. Principio 15. Incremento dinámico o dinamizar
2. Principio 32. Cambiar color
3. Principio 26. Copia

**6.1.3 Subsistema estructura general - usuario**

De el modelado de sistemas (figura 5.9 y 5.10, de la sección 5.2.2 del capítulo 5) se observan las características a introducir en la matriz de contradicciones y los principios solución son los mostrados en la tabla 6.3 y tabla 6.4.

Subsistema estructura general – usuario		
Que mejora	Que empeora	Principios
Ayuda ( <i>stability of object's composition</i> )	Confía ( <i>Reliability</i> )	-----
Sostiene ( <i>Shape</i> )	Usa ( <i>Ease of operation</i> )	32, 15, 26
<b>Contradicción física</b>		Principios
Mayor volumen (estabilidad)	Menor volumen (Entra en espacios pequeños)	1, 13, 3, 2, 24, 17, 4, 14, 26, 7, 30
Tabla 6.3. Principios de diseño obtenidos para este sistema		

Subsistema apoyo – estructura general		
Que mejora	Que empeora	Principios
Robustece ( <i>Volume of moving object</i> )	Sostiene ( <i>Adaptability or Versatility</i> )	15, 35, 29
Tabla 6.4. Principios de diseño obtenidos para este sistema		

Los principios solución para este subsistema son los siguientes:

1. Principio 15. Incremento dinámico o dinamizar
2. Principio 32. Cambiar color
3. Principio 26. Copia
4. Principio 1. Segmentación
5. Principio 2. Extracción
6. Principio 3. Calidad local
7. Principio 24. Mediador o intermediario
8. Principio 4. Asimetría
9. Principio 17. Transición a una nueva dimensión
10. Principio 14. Esfericidad o Curvatura
11. Principio 7. Anidación
12. Principio 30. Membranas flexibles o películas delgadas (Delgado y flexible)
13. Principio 35. Transformación de propiedades (cambio de parámetros)
14. Principio 29. Utilizar un sistema hidráulico o neumático (Fluidizar)

Estos son los principios solución que sugirió la matriz de contradicciones, destacando que en la realización de la lluvia de ideas de cada uno de los subsistemas, se tomó como base al subsistema de estructura general, debido a que tiene la contradicción física.

## **6.2 Lluvia de ideas**

Con todo el desarrollo que se ha realizado hasta este momento, se puede ahora generar los conceptos solución empleado las sugerencias que se obtuvieron de la matriz de contradicciones.

### **6.2.1 Principios solución aplicados para el subsistema estructura**

#### 1.- Segmentación:

- a. Dividir un sistema en partes o secciones
- b. Hacer un sistema fácil para poner y quitar
- c. Incrementar la segmentación

#### 2.- Anidación

- a. Poner un objeto o sistema dentro de otro
- b. Poner múltiples sistemas u objetos dentro de otros
- c. Permitir un objeto o sistema pasar a través de un agujero

#### 3.- Curva

- a. Convertir superficies planas en curvas
- b. Usar rodillos, balines, espirales o domos
- c. Intercambiar entre un movimiento lineal y un movimiento rotatorio
- d. Introducir o usar la fuerza centrífuga

#### 4.- Dinamizar

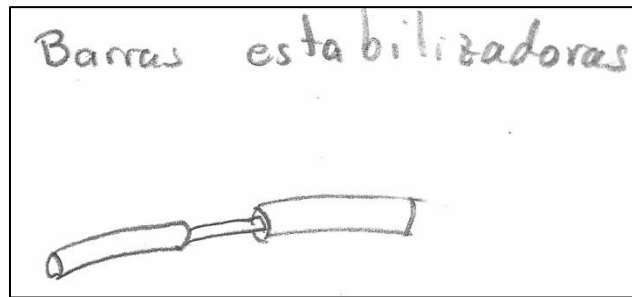
- a. Permitir al sistema u objetos cambiar para tener una operación óptima bajo diferentes condiciones
- b. Separar un objeto o sistema en partes capaces de tener un movimiento relativo entre cada uno de ellos
- c. Si un objeto o sistema es rígido o inflexible, hacerlo movable o adaptable
- d. Incrementar el grado de movimiento

Estas sugerencias fueron empleados para la generación de conceptos.



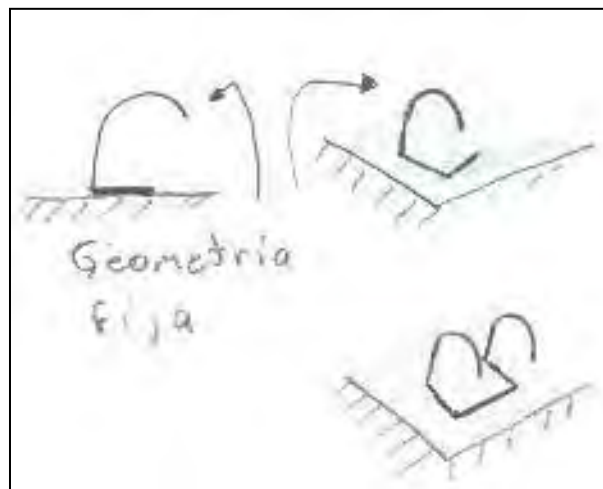
### 6.2.1.1 Conceptos generados

A continuación se muestran los conceptos que se generaron durante la lluvia de ideas.



**Figura 6.1. Barras Unión**

De la figura 6.1 se observa, lo que serían los elementos de unión entre las diferentes geometrías que se han generado, estas tienen la peculiaridad de que una se introduzca en la otra para reducir el volumen, o que ambas permitan al elemento más delgado introducirse en ellas, permitiendo así que el dispositivo ocupe menos volumen.



**Figura 6.2. Concepto 1**

En la figura 6.2 se muestra una configuración de geometría fija, es decir es un elemento que es rígido y para que de forma a la estructura se tienen que poner dos juntos, esta unión, se hace mediante los elementos mostrados en la figura 6.1.

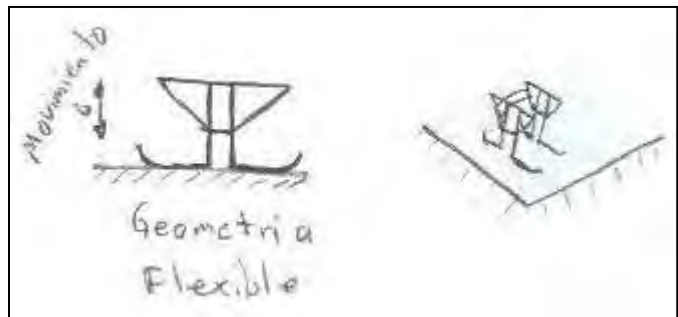


Figura 6.3. Concepto 2

En la figura 6.3 se muestra otra configuración, esta se le llama flexible, ya que puede moverse verticalmente a través de los dos rieles, que se muestran en la parte central de la figura. Además la unión entre ellos se realiza mediante los elementos mostrados en la figura 6.1.

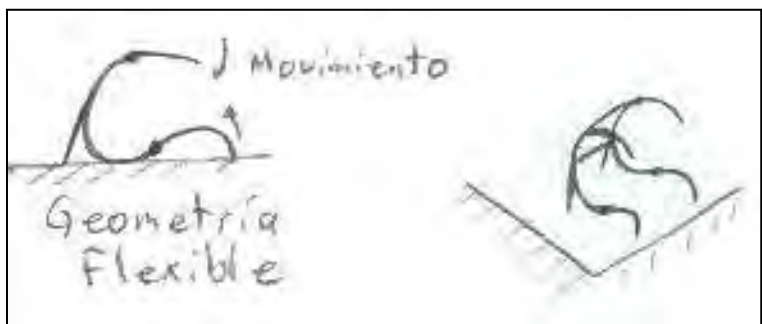


Figura 6.4. Concepto 3

Para la figura 6.4, se muestra otra geometría flexible, la diferencia con la anterior es que los extremos de esta son los que se mueven, permitiendo así ajustarla a casi cualquier tipo de silla, sillón o cama, además su terminación en forma de gancho, puede que sirva para apoyarse en los mismos y darle mayor seguridad al usuario para poder levantarse o sentarse. La unión se realiza mediante los elementos mostrados en la figura 6.1.

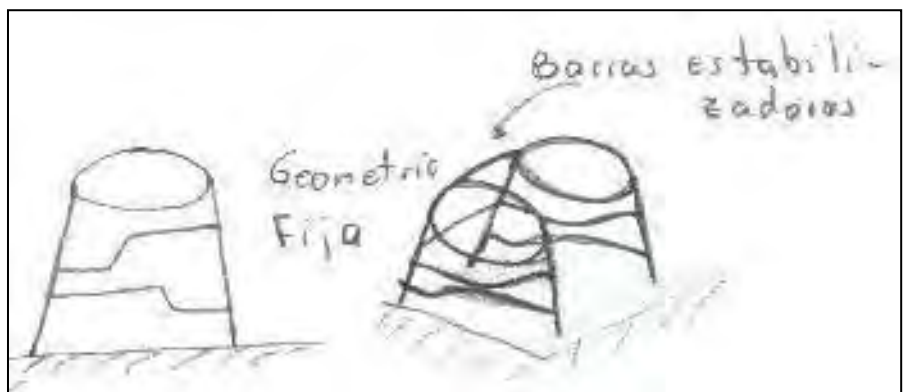


Figura 6.5. Concepto 4

De la figura 6.5 se observa una geometría fija, la unión entre los dispositivos es igual que con los anteriores, esta geometría con respecto a la mostrada en la figura 6.2, tiene dos barras

curvadas que permiten que se puedan utilizar como apoyo ya sea para levantarse o para sentarse.

**6.2.1.2 Evaluación de los conceptos generados con el método AHP**

En esta evaluación se va a emplear en todo su potencial el método AHP, para comprenderlo se va a realizar la representación jerárquica del problema.

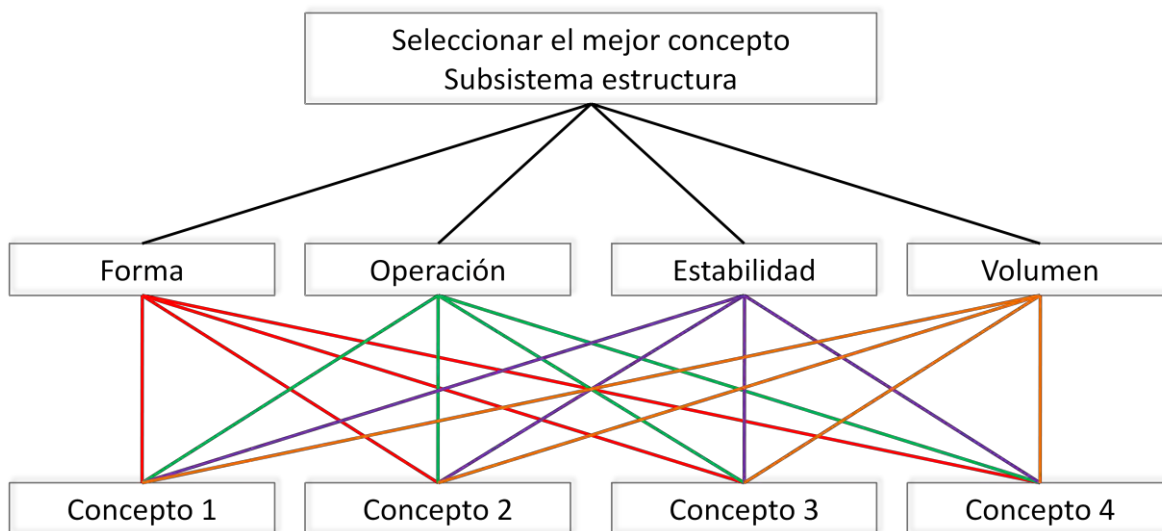


Figura 6.6 Representación jerárquica del subsistema estructura

A continuación se muestra la matriz de evaluación de parámetros.

Parámetros	Forma	Estabilidad	Operación	Volumen	Peso 0
Forma	1.00	4.00	3.00	4.00	50.08 %
Estabilidad	0.25	1.00	0.33	3.00	15.01 %
Operación	0.33	3.00	1.00	3.00	25.72 %
Volumen	0.25	0.33	0.33	1.00	8.47 %
RI	9.05%				

Tabla 6.5. Evaluación de parámetros

De la tabla 6.5 se observa que el RI es menor al 10 %, por lo que esta evaluación de parámetros es correcta.

Ahora bien lo que se muestra a continuación la evaluación de los conceptos con respecto a cada uno de los parámetros. No hay un orden preestablecido para realizar las evaluaciones.

Forma	Concepto 1	Concepto 2	Concepto 3	Concepto 4	Peso 1
Concepto 1	1.00	3.00	0.25	2.00	21.21%
Concepto 2	0.33	1.00	0.17	0.25	6.60%
Concepto 3	4.00	6.00	1.00	3.00	54.14%
Concepto 4	0.50	4.00	0.33	1.00	18.05%
RI	6.89%				

Tabla 6.6 Evaluación de los conceptos con respecto al parámetro "Forma"

De la tabla 6.6 se observa que el RI es menor del 10 %, por lo que la evaluación es correcta.

Estabilidad	Concepto 1	Concepto 2	Concepto 3	Concepto 4	Peso 2
Concepto 1	1.00	3.00	0.33	2.00	26.09%
Concepto 2	0.33	1.00	0.50	0.50	12.54%
Concepto 3	3.00	2.00	1.00	3.00	44.84%
Concepto 4	0.50	2.00	0.33	1.00	16.53%
RI	9.67%				

Tabla 6.7. Evaluación de los conceptos con respecto al parámetro "Estabilidad"

De la tabla 6.7 se observa que el RI es menor del 10 %, por lo que la evaluación es correcta.

Operación	Concepto 1	Concepto 2	Concepto 3	Concepto 4	Peso 3
Concepto 1	1.00	3.00	3.00	3.00	46.90%
Concepto 2	0.33	1.00	0.50	0.33	10.40%
Concepto 3	0.33	2.00	1.00	0.33	14.84%
Concepto 4	0.33	3.00	3.00	1.00	27.86%
RI	8.02%				

Tabla 6.8. Evaluación de los conceptos con respecto al parámetro "Operación"

De la tabla 6.8 se observa que el RI es menor al 10 %, por lo que la evaluación es correcta.

Volumen	Concepto 1	Concepto 2	Concepto 3	Concepto 4	Peso 4
Concepto 1	1.00	0.25	0.17	0.33	6.56%
Concepto 2	4.00	1.00	0.33	3.00	27.37%
Concepto 3	6.00	3.00	1.00	3.00	50.94%
Concepto 4	3.00	0.33	0.33	1.00	15.13%
RI	5.97%				

Tabla 6.9. Evaluación de los conceptos con respecto al parámetro "Volumen"

De la tabla 6.9 se observa que el RI es menor al 10 % por lo que la evaluación es correcta.

	Peso 0	Peso 1	Peso 2	Peso 3	Peso 4	Final
Concepto 1	0.51	0.21	0.26	0.47	0.07	27.31%
Concepto 2	0.15	0.07	0.13	0.10	0.27	10.22%
Concepto 3	0.26	0.54	0.45	0.15	0.51	42.37%
Concepto 4	0.08	0.18	0.17	0.28	0.15	20.10%

Tabla 6.10. Concepto con mayor puntaje

En la tabla 6.10 se observa la jerarquización de los conceptos evaluados, a continuación se ordenan de mayor a menor porcentaje.

1. Concepto 3
2. Concepto 1
3. Concepto 4
4. Concepto 2

A continuación se va a realizar el mismo proceso de decisión de concepto para el subsistema apoyo (pararse / sentarse)

### 6.2.2 Principios solución aplicados para el subsistema apoyo (pararse / sentarse)

#### 1.- Dinamizar

- a. Permitir al sistema u objetos cambiar para tener una operación óptima bajo diferentes condiciones
- b. Separar un objeto o sistema en partes capaces de tener un movimiento relativo entre cada uno de ellos
- c. Si un objeto o sistema es rígido o inflexible, hacerlo movable o adaptable
- d. Incrementar el grado de movimiento

Estas sugerencias fueron empleados para la generación de conceptos.

#### 6.2.2.1 Conceptos generados

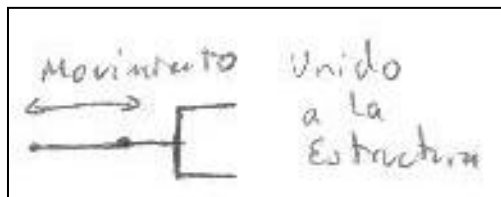
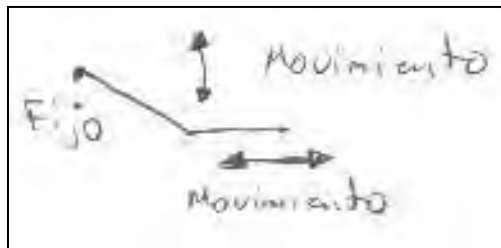


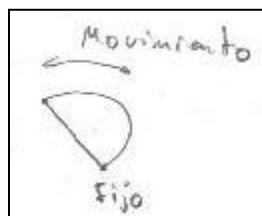
Figura 6.7. Concepto 1

De la figura 6.7 se observa, que este elemento va a estar colocado en la estructura general de alguna manera, esta tiene un movimiento horizontal, permitiendo que se ajuste al usuario. Además esa estructura en forma de trinchera es para que le auxilie a poderse parar o sentar ya sea en una cama o un sillón, pues va a estar estable.



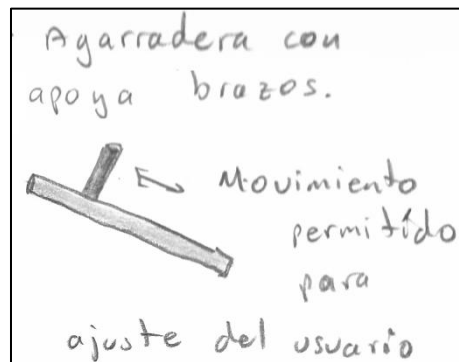
**Figura 6.8. Concepto 2**

El concepto de la figura 6.8 va a estar unido a la estructura general, en un punto fijo, este tiene dos desplazamientos uno vertical y uno horizontal. Estos movimientos permiten ajustar el dispositivo con más exactitud.



**Figura 6.9. Concepto 3**

El concepto de la figura 6.9 va a tener un punto fijo en la estructura, este punto va a ser un pivote, pues va a permitir un movimiento circular, esto va a permitir ajustar la agarradera para casi cualquier posición.



**Figura 6.10. Concepto 4**

El concepto de la figura 6.10, va a tener un punto fije en la estructura, que va a permitir un movimiento giratorio, además este se complementa con otro movimiento de forma longitudinal, permitiendo un ajuste al usuario mucho mejor. La sección que esta perpendicular es donde el usuario va a tomar el dispositivo.

**6.2.2.2 Evaluación de los conceptos generados con el método AHP**

En esta evaluación se va a emplear en todo su potencial el método AHP, para comprenderlo se va a realizar la representación jerárquica del problema.

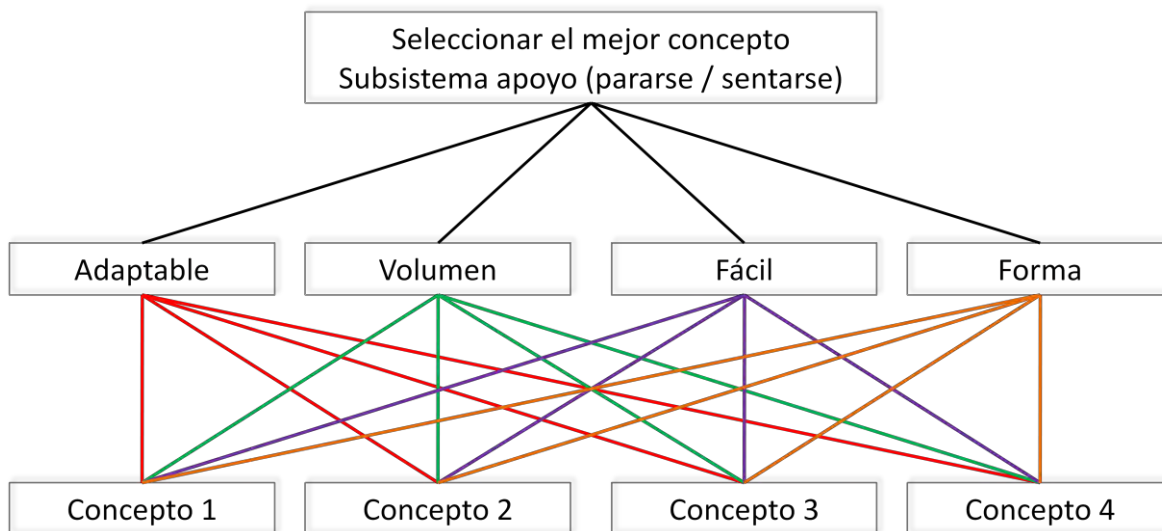


Figura 6.11. Representación jerárquica del subsistema apoyo (pararse / sentarse)

Se va a realizar el mismo procedimiento de la sección 6.2.1.2., la siguiente tabla es la matriz de evaluación de parámetros de este subsistema.

Parámetros	Adaptable	Volumen	Fácil	Forma	Peso 0
Adaptable	1.00	3.00	0.33	0.25	15.14 %
Volumen	0.33	1.00	0.25	0.33	9.02 %
Fácil	3.00	4.00	1.00	0.50	31.07 %
Forma	4.00	3.00	2.00	1.00	44.77 %
RI	9.02%				

Tabla 6.11. Evaluación de los parámetros

De la tabla 6.11 se observa que el RI es menor al 10 % por lo que la evaluación es correcta.

Adaptable	Concepto 1	Concepto 2	Concepto 3	Concepto 4	Peso 1
Concepto 1	1.00	0.33	3.00	3.00	27.20 %
Concepto 2	3.00	1.00	3.00	4.00	49.11 %
Concepto 3	0.33	0.33	1.00	2.00	14.47 %
Concepto 4	0.33	0.25	0.50	1.00	9.21 %
RI	5.95%				

Tabla 6.12. Evaluación de conceptos con respecto al parámetro "Adaptable"

De la tabla 6.12 se observa que el RI es menor al 10 % por lo que la evaluación es correcta.

Volumen	Concepto 1	Concepto 2	Concepto 3	Concepto 4	Peso 2
Concepto 1	1.00	0.33	0.33	0.33	9.71 %
Concepto 2	3.00	1.00	3.00	3.00	47.36 %
Concepto 3	3.00	0.33	1.00	2.00	24.73 %
Concepto 4	3.00	0.33	0.50	1.00	18.20 %
RI	8.05%				

Tabla 6.13. Evaluación de conceptos con respecto al parámetro "Volumen"

De la tabla 6.13 se observa que el RI es menor al 10 %, por lo que la evaluación es correcta.

Fácil	Concepto 1	Concepto 2	Concepto 3	Concepto 4	Peso 3
Concepto 1	1.00	3.00	1.00	2.00	33.98 %
Concepto 2	0.33	1.00	0.33	3.00	17.81 %
Concepto 3	1.00	3.00	1.00	3.00	36.76 %
Concepto 4	0.50	0.33	0.33	1.00	11.45 %
RI	8.94%				

Tabla 6.14. Evaluación de conceptos con respecto al parámetro "Fácil"

De la tabla 6.14 se observa que el RI es menor al 10 %, por lo que la evaluación es correcta.

Forma	Concepto 1	Concepto 2	Concepto 3	Concepto 4	Peso 4
Concepto 1	1.00	0.33	0.50	0.33	10.69 %
Concepto 2	3.00	1.00	3.00	2.00	44.25 %
Concepto 3	2.00	0.33	1.00	2.00	23.78 %
Concepto 4	3.00	0.50	0.50	1.00	21.29 %
RI	8.05%				

Tabla 6.15. Evaluación de conceptos con respecto al parámetro "Forma"

De la tabla 6.15 se observa que el RI es menor al 10 % por lo que la evaluación es correcta.

	Peso 0	Peso 1	Peso 2	Peso 3	Peso 4	Final
Concepto 1	0.15	0.27	0.10	0.34	0.11	20.34%
Concepto 2	0.09	0.49	0.47	0.18	0.44	37.05%
Concepto 3	0.31	0.14	0.25	0.37	0.24	26.49%
Concepto 4	0.45	0.09	0.18	0.11	0.21	16.13%

Tabla 6.16. Concepto con mayor porcentaje

En la tabla 6.16 se observa la jerarquización de los conceptos evaluados, a continuación se ordenan de mayor a menor porcentaje.

1. Concepto 2
2. Concepto 3
3. Concepto 1
4. Concepto 4



A continuación se va a realizar el mismo proceso para el subsistema sujeción.

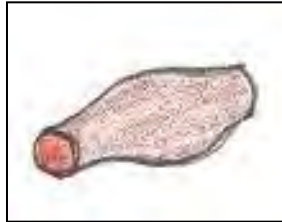
### 6.2.3 Principios solución aplicados para el subsistema sujeción

#### 1.- Dinamizar

- a. Permitir al sistema u objetos cambiar para tener una operación óptima bajo diferentes condiciones
- b. Separar un objeto o sistema en partes capaces de tener un movimiento relativo entre cada uno de ellos
- c. Si un objeto o sistema es rígido o inflexible, hacerlo movable o adaptable
- d. Incrementar el grado de movimiento

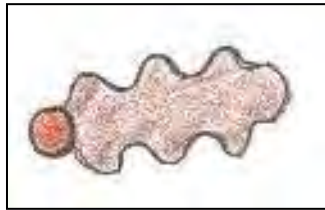
Estas sugerencias fueron empleados para la generación de conceptos.

#### 6.2.3.1 Conceptos generados



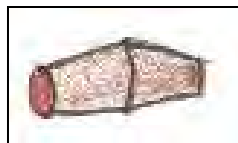
**Figura 6.12. Concepto 1**

El concepto de la figura 6.12, se muestra abultado en la parte de en medio, esto permite aumentar el área de contacto, además de que el usuario lo va a tomar de la parte en donde él se sienta más cómodo.



**Figura 6.13. Concepto 2**

El concepto de la figura 6.13, se muestra ondulado, la idea que se pretende mostrar es que el dispositivo de alguna manera se ajuste perfectamente a la forma de la mano del usuario, esto daría un mejor confort a la hora de sujetar el dispositivo completo.



**Figura 6.14. Concepto 3**

El concepto de la figura 6.14, se muestra un doble como unido en la parte más ancha, esta configuración permite que el usuario tome el dispositivo en la parte que más se ajuste a su mano.

**6.2.3.2 Evaluación de los conceptos generados con el método AHP**

En esta evaluación se va a emplear en todo su potencial el método AHP, para comprenderlo se va a realizar la representación jerárquica del problema.

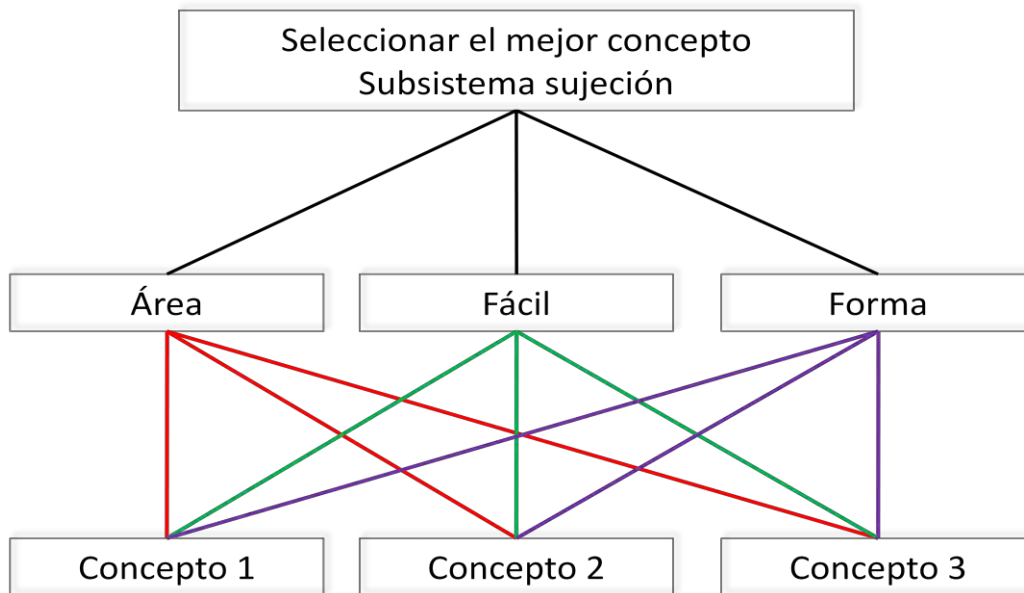


Figura 6.15. Representación jerárquica del subsistema sujeción

Se va a realizar el mismo procedimiento de la sección 6.2.1.2, la siguiente tabla es la matriz de evaluación de parámetros de este subsistema.

Parámetros	Área	Fácil	Forma	Peso 0
Área	1.00	3.00	0.33	27.21 %
Fácil	0.33	1.00	0.25	11.99 %
Forma	3.00	4.00	1.00	60.80%
RI	6.39%			

Tabla 6.17. Evaluación de parámetros

De la tabla 6.17 se observa que el RI es menor al 10 %, además que el parámetro que tiene más importancia es el de la forma.

Área	Concepto 1	Concepto 2	Concepto 3	Peso 1
Concepto 1	1.00	0.33	0.50	15.93 %
Concepto 2	3.00	1.00	3.00	58.89 %
Concepto 3	2.00	0.33	1.00	25.19 %
RI	4.65%			

Tabla 6.18. Evaluación de conceptos con respecto al "Área"

De la tabla 6.18 se observa que el RI es menor al 10 %, por lo que se deduce que la evaluación de los conceptos con respecto al parámetro área es correcta.

Fácil	Concepto 1	Concepto 2	Concepto 3	Peso 2
Concepto 1	1.00	0.33	0.50	15.60 %
Concepto 2	3.00	1.00	4.00	61.96 %
Concepto 3	2.00	0.25	1.00	22.43 %
RI	9.42%			

Tabla 6.19. Evaluación de conceptos con respecto a "Fácil"

De la tabla 6.19 se observa que el RI es menor al 10 %, por lo que se deduce que la evaluación de los conceptos con respecto al parámetro fácil operación es correcta.

Forma	Concepto 1	Concepto 2	Concepto 3	Peso 3
Concepto 1	1.00	0.25	0.33	11.99 %
Concepto 2	4.00	1.00	3.00	60.80 %
Concepto 3	3.00	0.33	1.00	27.21 %
RI	6.39%			

Tabla 6.20. Evaluación de conceptos con respecto a "Forma"

De la tabla 6.20 se observa que el RI es menor del 10 %, por lo que la evaluación con respecto al parámetro forma es correcta.

	Peso 0	Peso 1	Peso 2	Peso 3	Total
Concepto 1	0.27	0.16	0.16	0.12	13.50 %
Concepto 2	0.12	0.59	0.62	0.61	60.42 %
Concepto 3	0.61	0.25	0.22	0.27	26.09 %

Tabla 6.21. Concepto con mayor porcentaje

De la tabla 6.21 se observa la jerarquización de los conceptos.

1. Concepto 2
2. Concepto 3
3. Concepto 1

### 6.3 Conceptos finales por subsistemas

Para el subsistema estructura el concepto con mayor puntuación es el siguiente:



Figura 6.16. Estructura General

En donde la parte central, se observa que el dispositivo puede reducir de tamaño.

Para el subsistema apoyo el concepto con mayor puntuación es el siguiente:



Figura 6.17. Subsistema Apoyo

Para el subsistema sujeción el concepto con mayor puntuación es el siguiente:

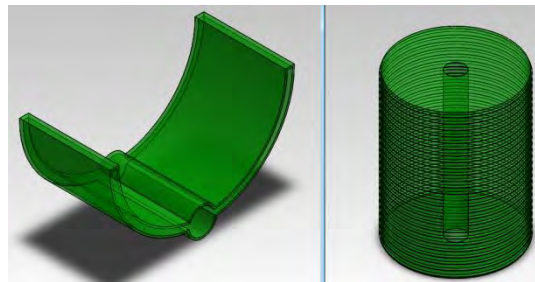


Figura 6.18. Subsistema Sujeción

En el siguiente capítulo, se mostrará el concepto final.

# Capítulo 7

---

## Concepto final

En este capítulo se muestra como los conceptos encontrados en el capítulo anterior, fueron evolucionando de tal manera que el concepto final abarco casi todas las propuestas de la matriz de contradicciones.

Como se observó en el capítulo anterior, se llegó a los conceptos finales para el diseño del DARM. En el presente capítulo se muestran los componentes de cada subsistema, así como el desarrollo de la integración del concepto final, ya que el ensamble de cada subsistema resultó una tarea ardua.

### 7.1 Subsistema Sujeción Final

En la presentación del concepto final, existen algunos elementos que no cambiaron en ninguno de los conceptos finales desarrollados, este es el caso de este subsistema (Sujeción). Este consta de 2 piezas, una que cubre el reposa antebrazo y lo que es el maneral (Subsistema de Apoyo).

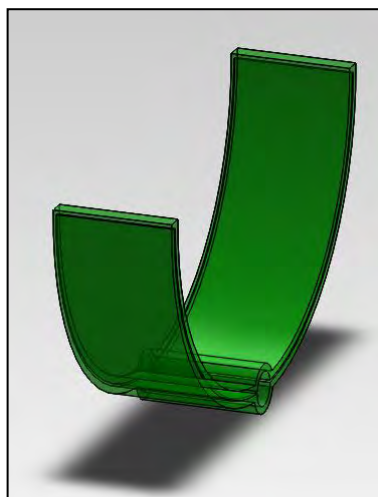


Figura 7.1. Reposa Antebrazo

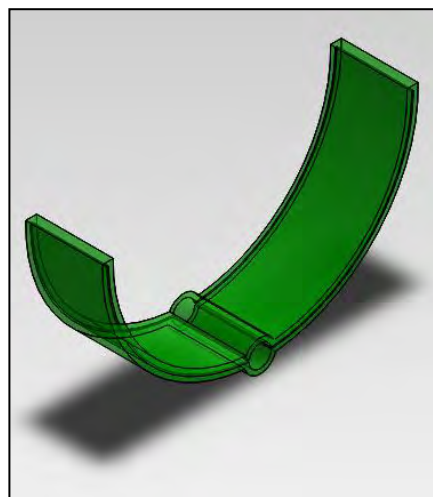


Figura 7.2 Vista Isométrica Reposa Antebrazo

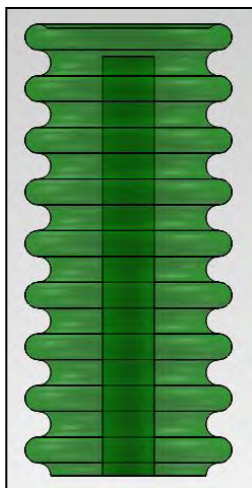


Figura 7.3 Maneral

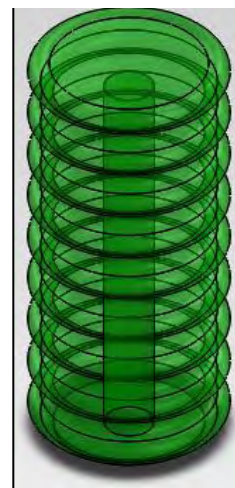


Figura 7.4. Vista Isométrica Maneral

En las figuras anteriores, se muestra lo que es el subsistema de sujeción, este prácticamente es un recubrimiento del subsistema apoyo, pero de acuerdo a la TRIZ, este tiene que ser de un material que se ajuste a la mano del usuario.

### 7.2 Subsistema Estructura Final

Este es el concepto que quedo con más puntuación de acuerdo a la evaluación del capítulo anterior. Por lo que este es el único modelo que se utilizará para la generación del DARM final.



Figura 7.5 Vista Frontal Soporte

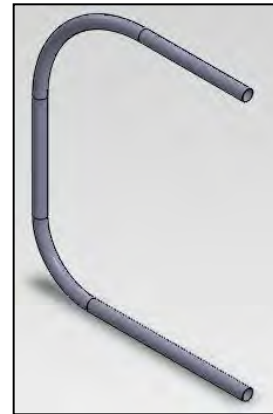


Figura 7.6. Vista Isométrica Soporte

A este concepto se le harán leves modificaciones para ajustarse a los demás subsistemas.

### 7.3 Partes Auxiliares del Primer Concepto



Figura 7.7. Unión Estructuras

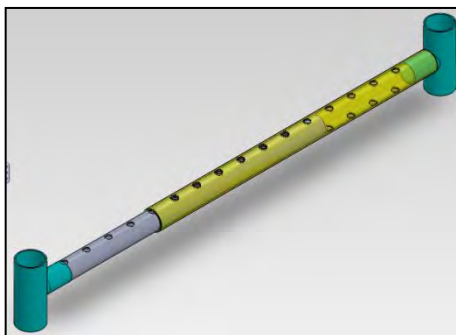


Figura 7.8. Unión Estructura vista isométrica

De las figuras 7.7 y 7.8 se observa en primera instancia, los elementos de color verde, estos permiten fijar los dos soportes (figura 7.5), ambos en forma paralela, creando así la forma básica del DARM. De los tubos concéntricos (colores gris y amarillo) se observa además que tienen agujeros, estos son para permitir el ajuste del DARM (hacerlo más chico o más grande) para que pasar casi por cualquier lugar.

La otra pieza importante para el ensamble del DARM, es la siguiente pieza, la cual una la estructura con el subsistema apoyo, además esta pieza tiene que permitir el ajuste del usuario permitiendo dos movimientos, uno de giro y el otro es un movimiento lineal.

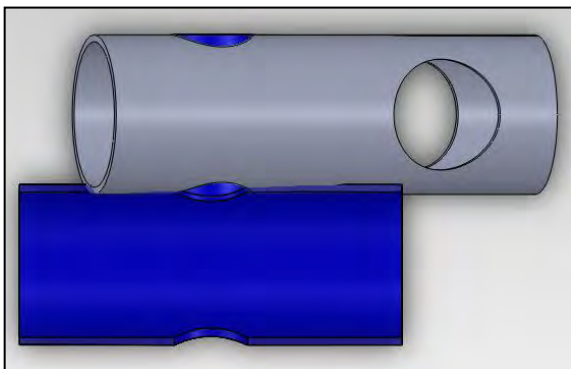


Figura 7.9. Unión Estructura - Apoyo vista superior

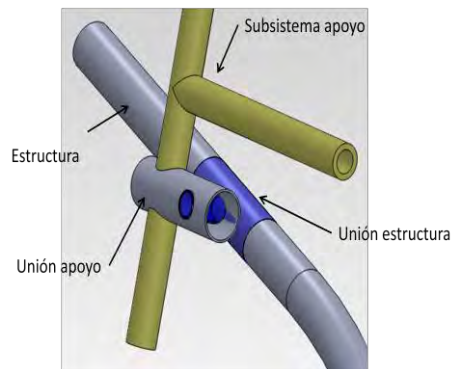


Figura 7.10. Unión Estructura - Apoyo

En la figura 7.9 se muestra el concepto para unir el subsistema estructura con el subsistema apoyo, con las premisas de que para el subsistema apoyo debe permitir el movimiento de giro y el movimiento lineal.

En la figura 7.10 se observa como quedó ensamblado junto en el soporte así como el subsistema apoyo.

### 7.3.1 Primer Concepto

A continuación se muestran los modelos del primer concepto desarrollado, una vez que se visualizaron los dos componentes descritos anteriormente.

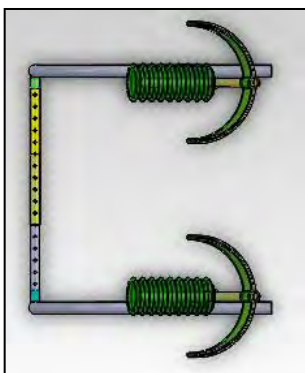


Figura 7.11. Vista Superior

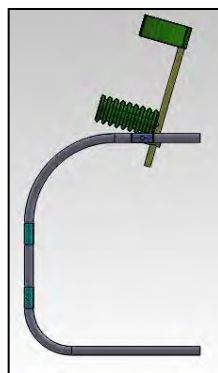


Figura 7.12. Vista Frontal

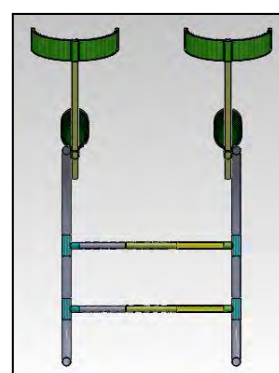


Figura 7.13. Vista Derecha



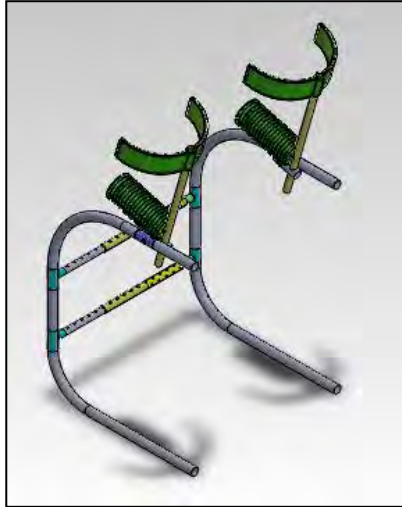


Figura 7.14 Vista Isométrica

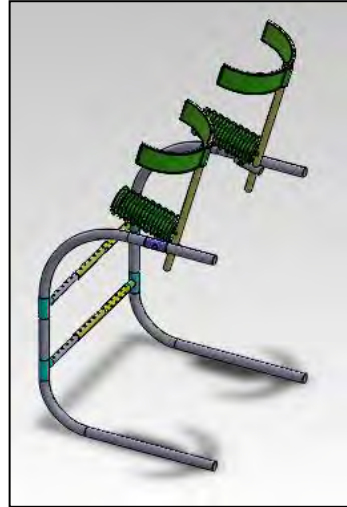


Figura 7.15 Vista Trimétrica

En las figura anteriores su muestra el primer concepto desarrollado. Las figura 7.14 y 7.15 se observa que se emplearon des barras compuestas, esta para darle mayor estabilidad, pero se incremento el número de movimientos, por lo que para el siguiente concepto esto se tiene que resolver.

En el siguiente concepto además se tiene que reducir el número de partes para el ensamble, esto pensando en un futuro para reducir el costo de producción y el tiempo.

#### **7.4 Partes Auxiliares del Segundo Concepto**

Con respecto a la figura 7.7, el concepto de anidación sigue presente, pero para este concepto no serán necesarias las dos barras, la geometría de las mismas a cambiado, permitiéndole a la estructura en general ser igual de rígida, pero en cuanto el número de movimientos se ha reducido de mover las dos barras a sólo mover una barra.

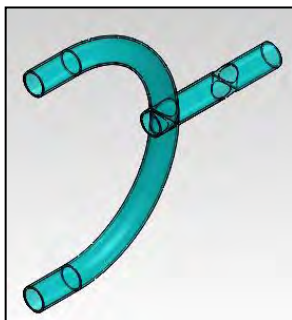


Figura 7.16. Isométrico de la unión estructura hembra

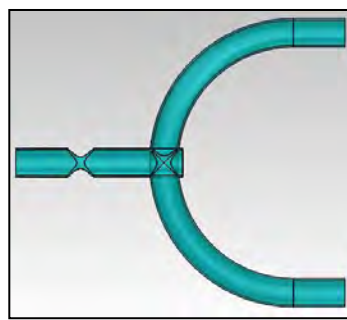


Figura 7.17. Vista Izquierda de la unión estructura hembra

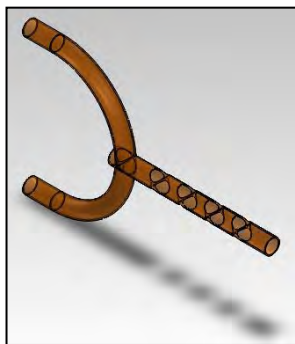


Figura 7.18. Isométrico de la unión estructura macho

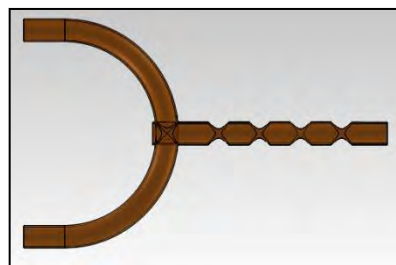


Figura 7.19. Vista frontal de la unión estructura macho

Como se observa, las dos barras se cambiaron por estas de geometría semicircular. Ambas se empotran al soporte de la estructura, y le permiten dar rigidez estructural así como con este simple cambio se redujo el número de piezas necesarias sin perder de vista que los soportes se pueden acercar o alejar según convenga al usuario.

El siguiente cambio en el diseño del DARM, lo que es el soporte (ver figura 6), se le ha hecho una ranura en la parte superior, esta adecuación permite ajustar el sistema apoyo y dar más confianza a los usuarios ya que esta empotrada al soporte.

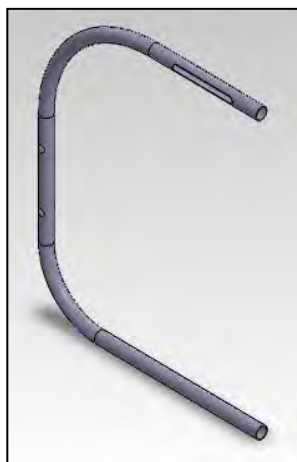


Figura 7.20. Vista Isométrica soporte con ranura



Figura 7.21. Vista frontal del soporte con ranura

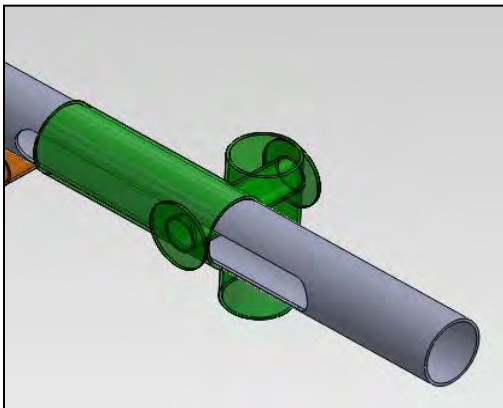


Figura 7.22. Dispositivo empotrado en el soporte

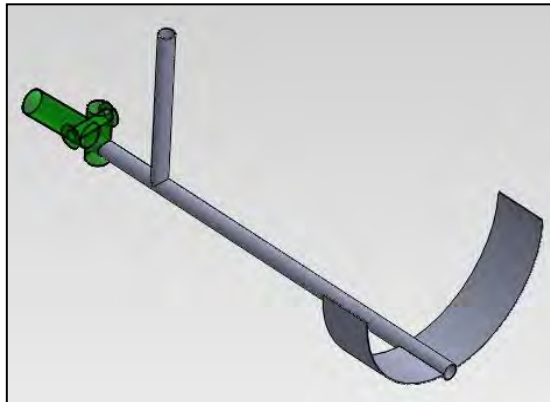


Figura 7.23. Dispositivo sosteniendo el subsistema ayuda

La siguiente modificación es en el dispositivo para unir el soporte con el subsistema apoyo, este se pensó en un tipo perno que presiona ambas estructuras, permitiendo así realizar los dos movimientos, el de giro y el movimiento lineal.

#### 7.4.1 Segundo Concepto

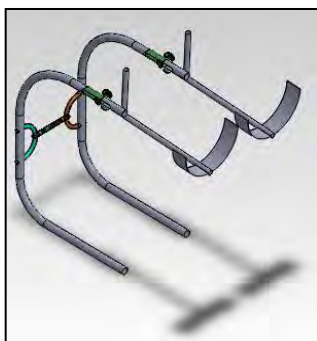


Figura 7.24. Vista Isométrica

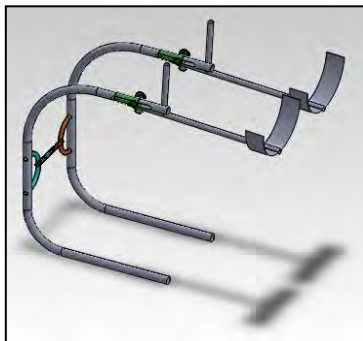


Figura 7.25. Vista Trimétrica

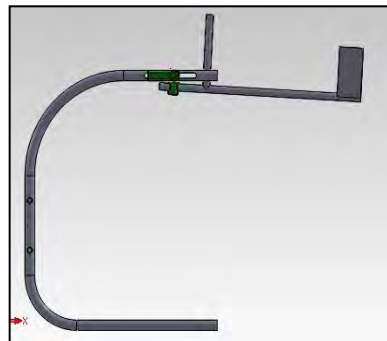


Figura 7.26. Vista Frontal

Las figuras anteriores muestran lo que es el segundo concepto con las modificaciones mostradas anteriormente, lo que hace que cada ensamble sea cada vez más fácil.

#### 7.5 Partes Auxiliares del Concepto Final

Para el concepto final se queda la modificación del concepto anterior con respecto al soporte (ver figura 7.21). Las piezas que sufren modificaciones son: el subsistema de apoyo, y el dispositivo de unión entre el subsistema de apoyo y el soporte. En cuanto a las otras piezas se quedan tal como están.

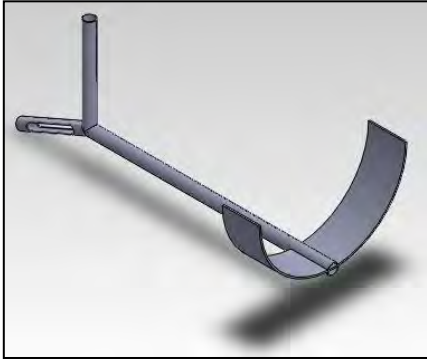


Figura 7.27. Subsistema apoyo con ranura



Figura 7.28. Subsistema apoyo con ranura / vista frontal

Los cambios que se le realizaron al subsistema apoyo son:

Se le agrego un ángulo ( $15^\circ$  aproximadamente) antes del maneral, ya que en los dos conceptos anteriores se observó que si se mantenía recto, no permite tener un buen agarre y no estorbaría a la hora de manipularlos. La ranura que se le agrego, es para tener un mejor agarre. Con respecto al dispositivo de perno para sujetar tanto el soporte como este mismo subsistema.

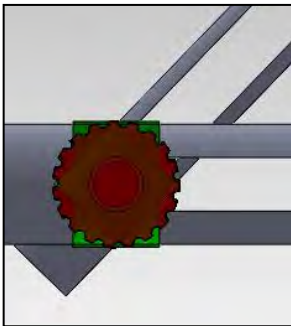


Figura 7.29. Unión entre el soporte y el subsistema apoyo

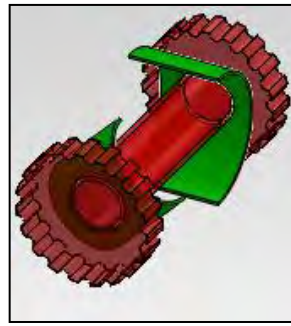


Figura 7.30. Vista Trimétrica del perno de sujeción

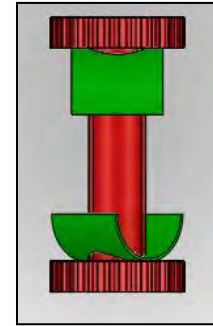


Figura 7.31. Vista superior del perno

Como se ve en la figura 7.30, el sistema del perno se ha cambiado para con el giro de la perilla, esto para aflojar / apretar el subsistema apoyo. La ranura que hay en el soporte y la que se le añadió al subsistema apoyo, permite al usuario ajustar el DARM, de la manera en que más le convenga.

### 7.5.1 Concepto Final

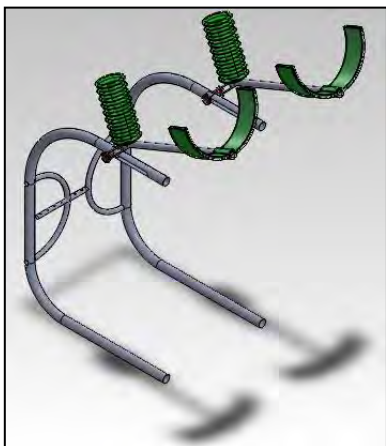


Figura 7.32. Vista Isométrica del concepto final

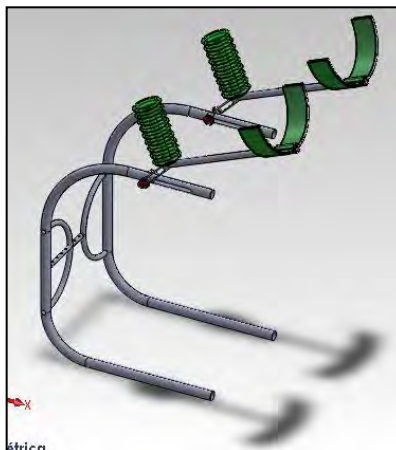


Figura 7.33. Vista Trimétrica del concepto final

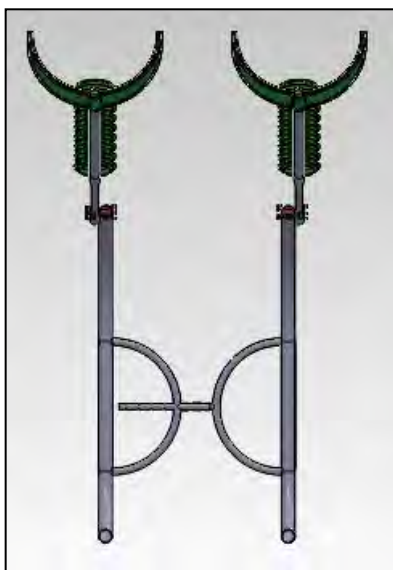


Figura 7.34. Vista Frontal del concepto final

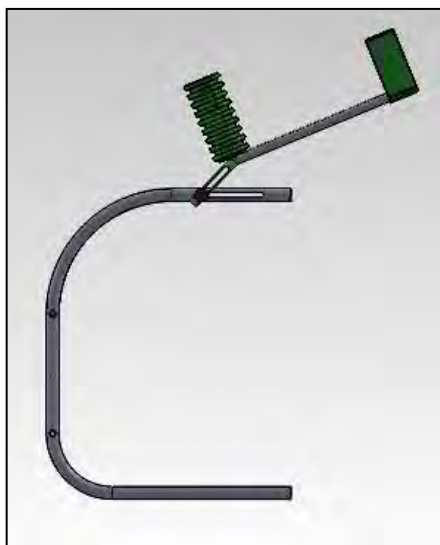


Figura 7.35. Vista lateral del concepto final

Como se observa en las figuras anteriores, se observa como se ha mejorado considerablemente el DARM, con cada nuevo paso que se le dio. Además este cumple con todas las especificaciones planteadas.

# Conclusiones

---

Se cumplió con el objetivo general planteado, ya que se llegó a un concepto final del DARM, éste tiene muchas ventajas con respecto a los dispositivos actuales, pero sólo se va a conocer su verdadero potencial, cuando se realice un prototipo y los usuarios finales den su opinión.

En cuanto a los objetivos particulares, se cumplieron también, ya que se encontraron las características deseables y no deseables para el DARM, las cuales fueron evaluadas con los métodos de KANO y AHP.

Con la aplicación de algunas de las herramientas de la TRIZ, se obtuvieron las especificaciones de diseño, además con todo el proceso que se llevó, se ve claramente de donde y como se llegó al concepto final de este trabajo.

Se resolvió el problema planteado, esto se llegó gracias a una mejor comprensión de las diversas metodologías empleadas, y principalmente al empleo de las herramientas de la TRIZ. Ya que una de sus herramientas permite dividir el problema general en “mini” problemas. Comprendiendo estos mini problemas, se llega a una mejor comprensión del problema en general.

Se profundizó en la comprensión de los métodos KANO y AHP, que permitieron tomar decisiones de una manera menos subjetiva. Se profundizó en la teoría de la TRIZ, principalmente en las herramientas como los son:

1. Redefinición del problema
2. Contradicciones físicas y técnicas
3. Diagrama de modelado de funciones
4. Matriz de contradicciones
5. Diagrama de solución ideal

Estas herramientas permitieron generar conceptos por subsistema que resultaron innovadores, ya que las sugerencias que dio la matriz de contradicciones fueron inesperadas, por lo que al momento de la lluvia de ideas, algunos conceptos fueron tan insólitos que con una sesión normal no se hubiesen ocurrido.

Se cumplieron las especificaciones de diseño que se obtuvieron, de la aplicación de la metodología de la TRIZ. Esto en conjunción con los principios solución que se obtuvieron de la matriz de contradicciones.

Se presentó la parte de selección de parámetros de diseño, en el “1er Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco”.

### Trabajos a futuro

Realizar un prototipo y que sea evaluado por los posibles usuarios finales (Centro Gerontológico Mundet).

Realizar los cambios necesarios para que este se pueda aplicar para personas que sólo lo necesitan para recuperación.

# Mesografía

---

## Capítulo 1

- 1.1.- Tesis doctorales en RED, “capítulo 2, Ingeniería de diseño”, [http://www.tdr.cesca.es/TESIS\\_UPC/AVAILABLE/TDX-1006106-135311/01Jld01de08.pdf](http://www.tdr.cesca.es/TESIS_UPC/AVAILABLE/TDX-1006106-135311/01Jld01de08.pdf), (consulta enero de 2011)
- 1.2.- Enrique Yacuzzi, Fernando Martín, “Aplicación del método Kano en el diseño de un producto farmacéutico”, <http://cdi.mecon.gov.ar/biblio/doc/cema/doctrab/224.pdf>, (consulta enero de 2011)
- 1.3.- Técnicas participativas para la planeación, “Capítulo 16, Jerarquización analítica”, [http://www.capac.org/web/Portals/0/biblioteca\\_virtual/doc004/CAPITULO%2016.pdf](http://www.capac.org/web/Portals/0/biblioteca_virtual/doc004/CAPITULO%2016.pdf), (consulta enero de 2011)
- 1.4.- <http://www.asepelt.org/ficheros/file/anales/2004-Leon/comunicaciones/TuronyMoreno.pdf>
- 1.5.- Tesis doctorales en RED, “capítulo 2, “Estado del arte”, [http://www.tdr.cesca.es/TESIS\\_UPC/AVAILABLE/TDX-1006106-135311/03Jld03de08.pdf](http://www.tdr.cesca.es/TESIS_UPC/AVAILABLE/TDX-1006106-135311/03Jld03de08.pdf), (consulta enero de 2011)

## Capítulo 2

- 2.1.- Coronado Maldonado Margarito, Oropeza Monterrubio Rafael; **“TRIZ, La metodología más moderna para inventar o innovar tecnológicamente de manera sistemática”**; Panorama, México, 2005. (consulta enero de 2011)
- 2.2.- Victor Fey and Eugene Rivin; **“Innovation on Demand”**; Cambrige University Press, 2005. Inglaterra. (consulta enero de 2011)
- 2.3.- Muebles para bares, restaurantes y hoteles. “Metodología TRIZ para la innovación tecnológica e inventiva”, <http://www.moblibar.com.mx/articulos/index.php/administracion-y-finanzas/41-administracion-basica/3634-metodologia-triz-para-la-innovacion-tecnologica-e-inventiva>, (consulta enero de 2011)
- 2.4.- Lev Shulyak, “Introduction to TRIZ”, [http://www.aitriz.org/aitriz/articles/40p\\_triz.pdf](http://www.aitriz.org/aitriz/articles/40p_triz.pdf), (consulta enero de 2011)
- 2.5.- John Terninko, “Su- Field analysis”, [http://www.triz-journal.com/archives/2000/02/d/article4\\_02-2000.PDF](http://www.triz-journal.com/archives/2000/02/d/article4_02-2000.PDF), (consulta enero de 2011)
- 2.6.- Chulvi Vicente, Vidal Rosario; “Estudio sobre las herramientas de TRIZ para determinar su utilidad en la automatización con el diseño funcional” (consulta enero de 2011)



2.7.- 8° Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica, “Alcances y aplicaciones en la fase de diseño conceptual de TRIZ, teoría de resolución acelerada de problemas del ámbito mecánico en Chile”, <http://congreso.pucp.edu.pe/cibim8/pdf/05/05-01.pdf>, (consulta enero de 2011)

2.8.- Butdee S., Vignat F. “TRIZ method for light weight bus body structure design”. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, Volume 31, Issue 2, December 2008.

2.9.- Kah-Hin Chai, Jun Zhang, Kay Chuan Tan. “A TRIZ-Based Method for New Service Design”. Journal of Service Research, Volume 8, No. 1, August 2005 pp. 48 – 66.

2.10.- Cecilia Zanni, Francois Rousselot. “Towards the Formalization of Innovating Design: The TRIZ Example”. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006. Part I, LNAI 251, pp. 1098 – 1105.

2.11.- Pedro Sariego Pastén, Feliz Pizarro Martínez, Alcances y aplicaciones en la fase de diseño conceptual de TRIZ, Teoría de Resolución acelerada de problemas del ámbito mecánico de Chile, “<http://congreso.pucp.edu.pe/cibim8/pdf/05/05-01.pdf>”, (consulta enero de 2011)

2.12.- Innovación sistemática, Niveles de innovación lección 2, <http://www.innovacion-sistemica.net/is/curso-introduccion/niveles-de-innovacion-leccion-2>, (consulta enero de 2011)

### Capítulo 3

3.1.- Definición.de, “definición de ergonomía”, <http://definicion.de/ergonomia/>, (consulta febrero 2011)

3.2.- Alegs.com.ar, “definición ergonomía”, “<http://www.alegsa.com.ar/Dic/ergonomia.php>”, (consulta febrero de 2011)

3.3.- Contenido Ergonomía: Definición ergonomía, “definición ergonomía”, [http://www.abconconsultores.cl/index.php?option=com\\_content&view=article&id=143&Itemid=179](http://www.abconconsultores.cl/index.php?option=com_content&view=article&id=143&Itemid=179), (consulta febrero de 2011)

3.4.- Ergonomía ocupacional, “Número 19: el uso de tablas antropométricas”, <http://www.ergocupacional.com/4910/35922.html>, (consulta febrero de 2011)

3.5.- Rosalío Ávila Chaurand, Lilar R. Prado León, et all.; “**Dimensiones antropométricas de la población latinoamericana**”; Universidad de Guadalajara; 2001; Centro de investigaciones en Ergonomía. ISBN 970 – 27 – 0082 – 5

3.6.- Carmen Villareal E. “La ergonomía es parte del proceso de diseño industrial”, <http://www.semec.org.mx/archivos/5-4.pdf>, (consulta febrero de 2011)

3.7.- José Antonio Diego, Sabina Asensio Cuesta, “La rotación y los factores psicosociales”, [http://www.ergonautas.upv.es/art-tech/rotaciones/Rotaciones\\_Psicosociales.htm](http://www.ergonautas.upv.es/art-tech/rotaciones/Rotaciones_Psicosociales.htm), (consulta febrero de 2011)

#### **Capítulo 4**

4.1.- Enrique Yacuzzi, Fernando Martín, Aplicación del método de Kano en el diseño de un producto farmacéutico, "<http://cdi.mecon.gov.ar/biblio/doc/cema/doctrab/224.pdf>", (consulta febrero de 2011)

4.2.- Pedro Sariego Pastén, Félix Pizarro Martínez, Alcances y aplicaciones en la fase de diseño conceptual de TRIZ, teoría de resolución acelerada de problemas del ámbito mecánico en Chile, "<http://congreso.pucp.edu.pe/cibim8/pdf/05/05-01.pdf>", (consulta febrero de 2011)

4.3.- Vicente Chulvi, Rosario Vidal, Estudio sobre las herramientas de TRIZ para determinar su utilidad en la automatización con el diseño funcional, "<http://www.google.com/search?q=Estudio+sobre+las+herramientas+de+TRIZ+para+determinar+su+utilidad+en+la+automatizacion+con+el+dise%C3%B1o+funcional&ie=utf-8&oe=utf-8&aq=t&rls=org.mozilla:es-ES:official&client=firefox-a>", (consulta febrero de 2011)

#### **Capítulo 5**

5.1 Karl T. Ulrich, Steven D. Eppinger, "***Diseño y Desarrollo de Productos, Enfoque Multidisciplinario***"; Tercera edición, McGrawHill, México, 2004.

5.2.- Pedro R. Modenlo, Enrique Gregori, et all. "***Ergonomía 3, Diseño de puestos de trabajo***"; 2da edición, Ediciones UPC, Barcelona España, 2001.