



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DISEÑO CONCEPTUAL DE UNA ANDADERA PARA SUBIR Y BAJAR  
ESCALERAS**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO MECÁNICO**

**P R E S E N T A:**

**FERNANDO INGALLS ROMÁN**

**TUTOR:**

**Dr. ADRIÁN ESPINOSA BAUTISTA**

**2011**



*En recuerdo de mi Tío Abuelo Ernesto quien siempre me alentó a hacer lo que me gusta.*

## **AGRADECIMIENTO**

**Deseo agradecer de todo corazón**

**En primer lugar mis padres que me han apoyado incondicionalmente en todo momento y en todo aspecto de mi vida.**

**A mi hermana María José por sus sugerencias y apoyo en la corrección de estilo.**

**A la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) que me cobijo en estos años para desarrollarme profesionalmente.**

**Al Dr. Adrián, mi asesor y a la Dra. María Cristina, quienes en sus cátedras aportaron las ideas que dieron origen al diseño, y me han estimulado a un posible futuro patente de esta innovación, manufactura y comercialización de la misma.**

**Al M.C. Ubaldo Márquez quien fue mi tutor a lo largo de la carrera y me ha apoyado y aconsejado en éste y en todos mis proyectos.**

**Al resto de mis sinodales quienes con sus opiniones, correcciones y consejos mejoraron sensiblemente esta tesis.**

**Al Ing. Mariano García del Gallego quien me auxilió en el análisis de elemento finto.**

**A Daniel quien me a ayudado a ver siempre la vida con otros ojos.**

**A Leonardo por demostrarme que lo imposible se puede lograr.**

**A Marco por siempre darme animo y no dejar que me rinda ante las adversidades de la vida.**

**A Nidia quien me a enseñado a disfrutar la vida en todo momento y situación.**

**A Ixchel que me a enseñado a siempre luchar por lo que quiero y a estado al pendiente de mi evolución y avance.**

**Y a todos mis amigos en general por su apoyo moral.**

**Fernando Ingalls Román**

**Miembros del jurado participante en la revisión de este trabajo:**

**M. I. BERNARDO FRONTA DE LA CRUZ (PRESIDENTE)**

**DR. ADRIÁN ESPINOSA BAUTISTA (VOCAL)**

**M.C. UBALDO EDUARDO MÁRQUEZ AMADOR (SECRETARIO)**

**M.I. ROGELIO DARIÓ CARRILLO GUTIÉRREZ (SUPLENTE)**

**DRA. MARÍA CRISTINA LEÓN GONZÁLEZ (SUPLENTE)**

## INDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVO.....	3
CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES.....	4
1.1 CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DEL ADULTO MAYOR.....	5
1.2 CARACTERÍSTICAS E INDICACIONES PARA EL USO DE ANDADERA .....	6
1.3 ANTROPOMETRÍA EN UNA ANDADERA .....	8
1.4 ANDADERAS EXISTENTES EN EL MERCADO .....	9
1.5 ANÁLISIS DE PATENTES DE AYUDAS TÉCNICAS PARA SUBIR Y BAJAR ESCALERAS .....	11
CAPÍTULO 2 REQUERIMIENTOS Y ESPECIFICACIONES.....	17
2.1 RESULTADO DE LA ENCUESTA A USUARIOS.....	17
2.2 REQUERIMIENTOS Y ESPECIFICACIONES.....	33
CAPÍTULO 3 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA TRIZ.....	41
3.1 DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA TRIZ .....	42
3.2 FUNDAMENTOS DEL MÉTODO TRIZ.....	42
3.3 CONDICIONES DEL MÉTODO TRIZ.....	43
3.4 CLASIFICACIÓN DE SOLUCIONES.....	44
3.5 MÉTODO TRIZ: LA TEORÍA DE LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE INVENTIVA.....	45
3.5.1 EL PROCESO DE TRIZ PASO A PASO .....	46
3.5.2 LOS 39 PARÁMETROS TÉCNICOS .....	48
3.5.3 LOS 40 PRINCIPIOS INVENTIVOS .....	54
3.5.4 MATRIZ DE CONTRADICIONES TÉCNICAS .....	62
CAPÍTULO 4 APLICACIÓN DE TRIZ EN LA REALIZACIÓN DEL DISEÑO DE LA ANDADERA Y SELECCIÓN DE MODELO.....	65
4.1 SOLUCIÓN DE EN BASE AL MÉTODO TRIZ.....	65
4.2 PROPUESTAS DE DISEÑO .....	70
4.3 SELECCIÓN DE MODELO .....	72
CAPÍTULO 5 DISEÑO DE CONFIGURACIÓN .....	75
5.1 CONFIGURACIÓN FINAL Y PIEZAS .....	75
5.2 CÁLCULO POR EL MÉTODO DE ELEMENTO FINITO .....	79
5.3 CÁLCULO DEL RESORTE .....	84
5.4 MEDIDAS DEL MODELO.....	87
5.5 COSTOS DE MATERIALES .....	88
5.6 ANIMACIÓN.....	90
RESULTADOS .....	92

CONCLUSIONES .....	93
REFERENCIAS.....	97
ANEXOS.....	99

## INTRODUCCIÓN

Las ayudas técnicas son herramientas fabricadas con el objeto de facilitar la realización de determinadas acciones que de otra manera son imposibles o muy difíciles de realizar para el usuario. Deben cumplir los criterios ergonómicos de funcionalidad, seguridad y comodidad.

Existe una gran variedad de ayudas técnicas en diferentes áreas. En lo que se refiere a las que se usan para la movilidad o desplazamiento de un individuo encontramos: sillas de ruedas, bastones, muletas, vehículos especiales y por supuesto andaderas.

La andadera específicamente, es un producto destinado a usuarios con capacidades disminuidas para la marcha (disminución de la fuerza muscular o dolor al apoyo pro osteoartrosis, osteoartritis, etc.), inestabilidad postural, amputados, síndrome post caída, enfermedad de Parkinson y demencia en etapa inicial con antecedentes de caída.

Este tipo de órtesis\* es capaz de devolverle un buen nivel de autonomía al usuario, mientras se utilice en terreno regular; sin embargo cuando la persona con capacidades disminuidas se enfrenta a terreno irregular o escaleras, la andadera resulta incapaz de librar estos obstáculos o de lograr proporcionar el apoyo estable que requiere el usuario.

El objetivo principal de este trabajo es el diseño a nivel conceptual de una andadera para subir y bajar escaleras que, además, cumpla con las funciones de una andadera común.

Con este propósito, se realizó un análisis de patentes de andaderas que ayudan a subir y bajar escaleras, del cual derivó la conclusión de que actualmente no existe en el mercado ninguna órtesis para subir y bajar escaleras y que además cumpla la función de asistir en la marcha, ya que un grupo de dichas patentes permite el ascenso y descenso de las escaleras pero

\*Según la norma ISO 9999 una órtesis es un apoyo u otro dispositivo externo aplicado al cuerpo para modificar los aspectos funcionales o estructurales del sistema neuromusculoesquelético.

son incapaces de asistir en la marcha y las demás andaderas resultan ser implementos inestables en las escaleras, por lo que nuestra meta sería encontrar un aparato que reúna los beneficios de las patentes funcionales y a la vez ayude al usuario a desplazarse normalmente.

Con el fin de diseñar nuestra nueva herramienta dividimos este trabajo en cinco capítulos:

En el primer capítulo presentamos características tanto del usuario como de las andaderas comerciales y el análisis de las patentes que consideramos útiles.

El segundo se dedicó a obtener los requerimientos y especificaciones de la órtesis en el proyecto. En cuanto a los requerimientos, nos basamos en una encuesta aplicada a personas de la tercera edad que usan andadera y posteriormente traducimos dichos requerimientos a especificaciones, ayudados con los resultados de una investigación sobre características tanto de andaderas como de escaleras.

El tercer capítulo consiste principalmente en la descripción de qué es la metodología TRIZ y cómo se emplea.

En el cuarto, mediante la aplicación de la metodología TRIZ se generan varias propuestas de diseño de andadera y con la ayuda de una matriz de decisión se escoge el más idóneo.

En el quinto se dan a conocer las características del diseño seleccionado. Y por último, aparecen las conclusiones y recomendaciones finales de este trabajo.



## **OBJETIVO**

Aplicar los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Mecánica para realizar el diseño a nivel conceptual de una andadera que permita al usuario subir y bajar escaleras de manera segura, eficiente y cómoda.

Como se señaló en la introducción las condiciones por las cuales las personas pueden requerir el auxilio de una andadera son diversas; pero para el presente diseño conceptual, se decidió que los usuarios potenciales serían personas ancianas (según la definición de la OMS son personas de 65 años de edad o más).

### **Metas:**

- Analizar las patentes existentes.
- Definir requerimientos y después definir especificaciones.
- Analizar el problema con base a la metodología TRIZ.
- Buscar soluciones a nivel conceptual con base en la metodología TRIZ.
- Seleccionar la mejor solución.

# CAPÍTULO 1

## ANTECEDENTES

Como se mencionó anteriormente, el objetivo de este trabajo es diseñar una andadera a nivel conceptual, que ayude a subir y bajar escaleras; dicho diseño de andadera debe poseer la mayoría de las funciones de una andadera común y, además, deberá poder ser usada por el anciano de manera sencilla, segura y cómoda para descender y ascender escalones.

El proceso de diseño está conformado por distintos pasos, como se muestra en la figura 1:



**Fig.1** Etapas del proceso de diseño.

Como el presente trabajo únicamente pretende llegar a nivel conceptual, lo primero será definir una estrategia, y para precisarla responderemos a las preguntas ¿qué vamos a hacer? y ¿para quién? A fin de responderlas se investigaron los siguientes temas:

- 1.1 Características fisiológicas del adulto mayor de capacidad limitada.
- 1.2 Características e indicaciones para el uso de andadera.
- 1.3 Medidas antropométricas requeridas para una andadera.
- 1.4 Anderas existentes en el mercado.
- 1.5 Análisis de patentes de ayudas técnicas para subir y bajar escaleras.

Dichos temas se desglosan a continuación:

## **1.1 CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DEL ADULTO MAYOR**

El envejecimiento es el conjunto de procesos que contribuyen a incrementar progresivamente las tasas de morbilidad y mortalidad específicas por la edad.

Es un proceso:

- Universal
  - Normal
  - Irreversible
  - Multiforme
  - Multicausal
- 
- Se considera ancianos a las personas mayores de 60 años. (Hay 2 definiciones: para los países desarrollados esta etapa principia a los 65 años y para los países en vías de desarrollo, a los 60 años). Los cambios fisiológicos principales que se presentan con el envejecimiento son los siguientes:
    - Disminución de la estatura.
    - Disminución en el peso corporal.
    - Aumento de la grasa corporal.
    - Disminución de la masa muscular (masa magra).
    - Disminución de la fuerza muscular.
    - Disminución del porcentaje de agua corporal.
    - Disminución del funcionamiento de todos los órganos y sistemas corporales: sistema músculo-esquelético, neuro-endócrino, inmunológico, cardiovascular, respiratorio, génito-urinario y gastrointestinal. Así como de los procesos cognitivos, psicológicos y emocionales.
    - Principales problemas gastrointestinales:
      - Reducción en la producción de jugos digestivos y aumento del pH gástrico.
      - Problemas para masticar y deglutir.

- Trastornos del sueño.
- Mayor sensibilidad al frío.
- Reducción del tiempo de atención y memoria a corto plazo.
- Deterioro de las funciones cerebrales superiores.
- Mayor presencia de enfermedades o alteraciones de la senso-percepción: vista, audición, olfato, gusto, tacto.

Específicamente, en lo que refiere a la motricidad, se observa:

- Disminución de la fuerza y coordinación muscular.
- Disminución progresiva del tiempo de reacción.
- Cambio en la marcha, menor balanceo y pasos más cortos, dificultad para mantener el equilibrio o sostenerse en pie.
- Disminución del tacto superficial y reflejos posturales.
- Dificultades para la marcha por problemas posturales referidos al sistema músculo-esquelético o por déficits sensoriales.
- Enfermedades articulares y/o neurológicas que afectan la motricidad.

Para apoyar a las personas que tengan capacidades motrices disminuidas se suele usar una andadera. A continuación se expondrán sus características e indicaciones.

## **1.2 CARACTERÍSTICAS E INDICACIONES PARA EL USO DE ANDADERA**

Una andadera es una herramienta para personas con capacidades disminuidas que necesitan un soporte adicional para mantener el balance o la estabilidad al caminar. El criterio de indicación médica para el uso de la andadera es la alteración de la funcionalidad de la marcha.

La alteración de la funcionalidad de la marcha puede deberse a:

- 1.- La presencia de dolor y otros signos de osteoartrosis.

## 2.- Inestabilidad Articular

Una articulación se vuelve inestable cuando no es capaz de mantener su posición fisiológica durante la descarga del peso corporal o durante la ejecución de la marcha. Se relaciona con la deformación articular, historia de traumatismos, caídas a repetición, debilidad muscular, problemas del aparato ligamentario o tendinoso que acompaña a la osteoartrosis (degeneración e inflamación por uso y desgaste) alteraciones congénitas y/o alteración de la propiocepción. El uso de ayuda técnica proporciona mayor estabilidad a la extremidad lesionada.

## 3.-Riesgo de Caídas

Debido a la pérdida del equilibrio. También se presenta en pacientes portadores de osteoartrosis, asociado a patologías crónicas concomitantes y a la edad.

## 4.-Amputación

La amputación es el corte y separación de una extremidad del cuerpo mediante traumatismo (avulsión) o cirugía. Como medida quirúrgica se utiliza para controlar el dolor o un proceso causado por una enfermedad en la extremidad afectada, por ejemplo un tumor maligno o una gangrena.

## 5.-Síndrome post caída (*FOF: Fear of Falling*)

Trastorno que limita la movilidad, la actividad física y la calidad de vida, el cual se basa en el temor a sufrir nuevas caídas. Se presenta, con mayor frecuencia, en personas que han sufrido fracturas, personas mayores de 65 años de edad y personas que sufren retraso mental.

## 6.-Enfermedad de Parkinson

Enfermedad crónica degenerativa que afecta a las neuronas cerebrales. Produce temblores, dificultad para coordinar los movimientos y rigidez.

## 7.-Demencia en etapa inicial con antecedentes de caída.

A continuación se presenta una tabla con las características de la andadera como ayuda técnica:

Tipo de Ayuda Técnica (AT)	Consideraciones para su indicación	Características técnicas	Indicaciones para su uso
Andador	<ul style="list-style-type: none"><li>• Buen estado de miembro torácicos.</li><li>• Adultos mayores con demencia en etapa inicial, requiere supervisión permanente.</li><li>• Presencia de alteración leve del equilibrio.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Andador con ruedas y freno, se indica a adultos mayores con buen nivel de autonomía en funciones de actividades de la vida diaria.</li><li>• Debe tener frenos.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Primero: adelantar el andador unos 20 cm.</li><li>• Segundo: avanzar el cuerpo, dando dos pasos.</li><li>• Tercero: repetir el ciclo anterior.</li></ul>

**Tabla 1.** Característica de la andadera como ayuda técnica.

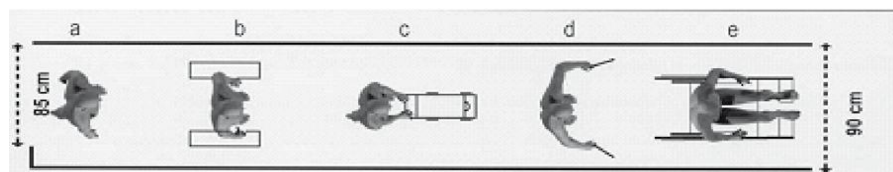
### 1.3 ANTROPOMETRÍA EN UNA ANDADERA

La holgura que requiere un usuario que se ayuda con andador, se define fácilmente a causa de la propia naturaleza del dispositivo y método de utilización.

Sin embargo, el andar que requiere alguna persona con ayuda técnica (AT) es de un espacio promedio de 90 cm como se muestra en las figuras subsecuentes.



**Fig.2** Vista frontal del rango de medidas una andadera.



**Fig.3** Holgura requerida en un pasillo por un usuario alguna ayuda técnica.

El diseño básico de una andadera consiste en que la altura total sea cercana a la altura de la articulación de la cadera (70-100 cm.) y que cuente con una profundidad aproximada de 35 cm. sin canastilla y de 70 cm. con canastilla. Todo lo anterior se encuentra basado en mediciones antropométricas chilenas\*.

## 1.4 ANDADERAS EXISTENTES EN EL MERCADO

Las andaderas existentes en el mercado permiten al usuario un andar relativamente seguro y fluido, además dan el apoyo para levantarse de un asiento; en algunos modelos se puede usar la ayuda técnica para sentarse en ella o transportar cosas en alguna canastilla que tenga como aditamento; en otros casos, con ruedas y frenos para darle seguridad al detener el rodar éstas.

\*Vease VILLALOBOS C., Alicia, "Guía clínica-órtesis (o ayudas técnicas) para personas de 65 años y más", Coordinadora del Programa de salud del adulto mayor, DIPRECE MINSAL, Ministerio de Salud, gobierno de Chile, 2006, 29pp.

Algunos de los diferentes tipos de andera se muestran en las figuras siguientes:



**Fig.4** Andadera sencilla



**Fig.5** Andadera 2 ruedas



**Fig.6** Con 2 ruedas y asiento tela



**Fig.7** Con 2 ruedas asiento acojinado



**Fig.8** Tres ruedas, canastilla y freno de bicicleta



**Fig.9** Canastilla, 4 ruedas, asiento y freno de bicicleta

Lamentablemente la mayoría de estos modelos tienen serios problemas en el frenado, ya que algunos no lo tienen o en su defecto, usan frenos como los de las bicicletas, los cuales no son fáciles de manipular para los ancianos a causa de la artrosis (desgaste articular por uso y desgaste que produce también inflamación de la misma (artritis), afección muy común en la gente mayor; sin embargo, hay otro problema aun más grave que no solucionan las andaderas que hay actualmente en el mercado: el hecho de que muchas personas mayores viven en departamentos y a causa del deterioro motriz y



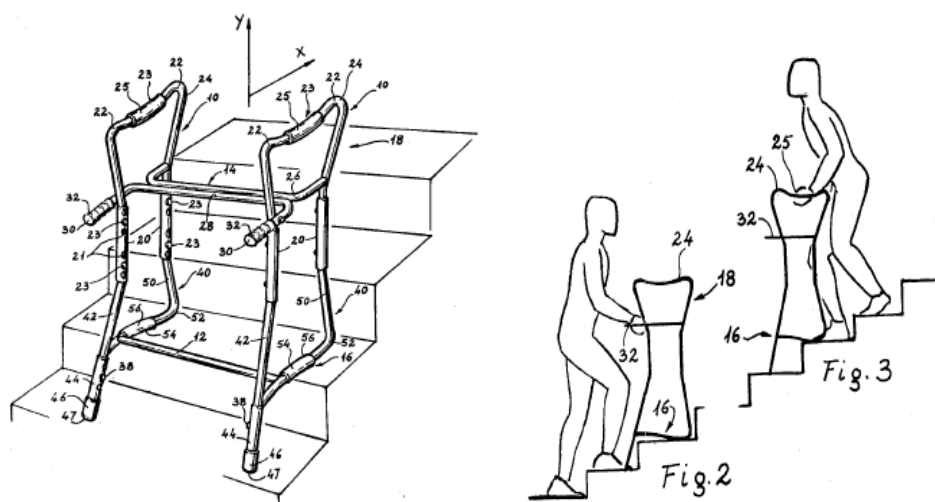
cognitivo que se desarrolla durante esta etapa de la vida, no son capaces de bajar o subir escaleras con fluidez y seguridad sin la asistencia de alguna persona; por lo que si no son ayudados, quedan varados en su hogar sin la posibilidad siquiera de salir por propia cuenta por sus compras diarias, acudir al médico, tener vida social independiente, etc.

### **1.5 ANÁLISIS DE PATENTES DE AYUDAS TÉCNICAS PARA SUBIR Y BAJAR ESCALERAS**

La problemática a que nos hemos referido en el párrafo anterior inspiró una búsqueda entre las patentes existentes a fin de encontrar las ideas allí plasmadas para subir y bajar escaleras. En esta área encontramos algunas soluciones interesantes destacando las siguientes:

Modelos muy estables como los presentados en las figuras 10 y 11:

United States Patent 4,049,331



**Fig.10** Planos patente 4,049,331

United States Patent 3,421,529

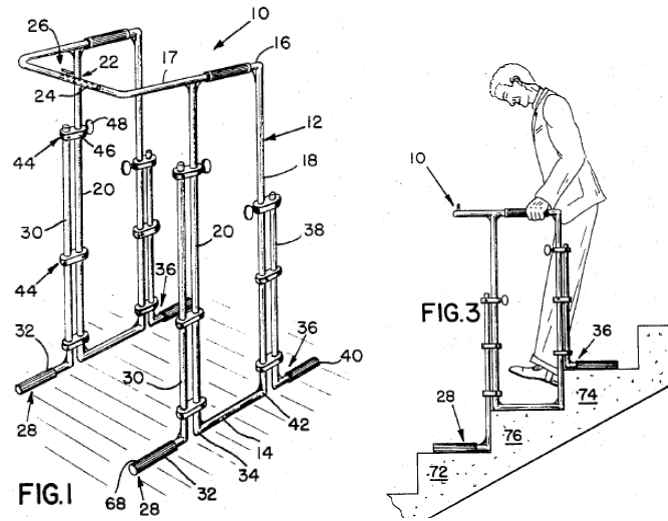


Fig.11 Planos patente 3,421,529

Existen otros modelos, los cuales proponen como solución la variación de la longitud de las patas de las andaderas, para que de esa manera se pueda acoplar a los escalones consiguiendo estabilidad en los escalones, obsérvense las figuras 12, 13 y 14:

United States Patent 3,455,313

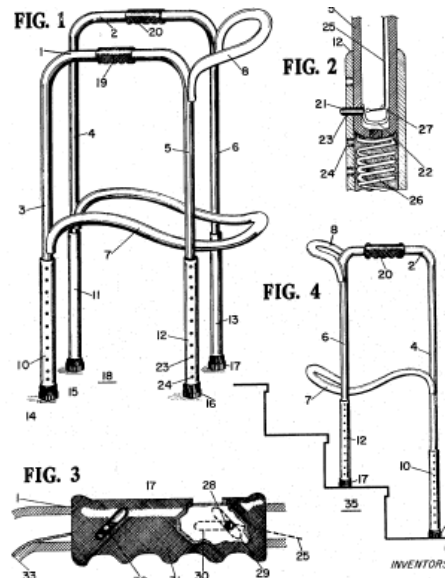


Fig.12 Planos patente 3,455,313

United States Patent 3,176,700

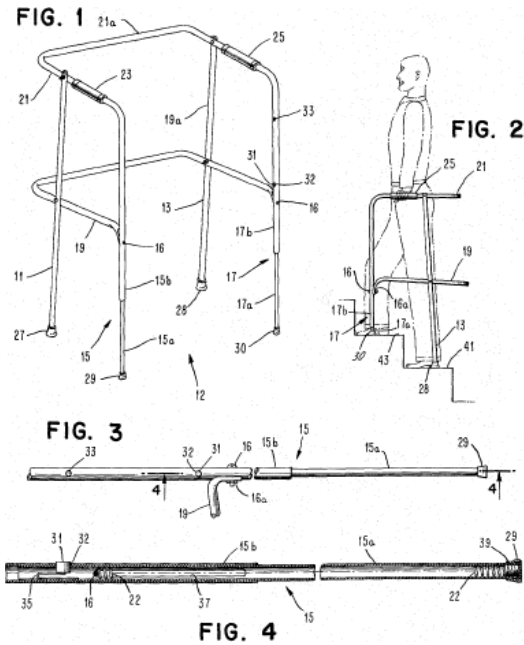


Fig.13 Planos patente 3,176,700

United States Patent 6,145,524

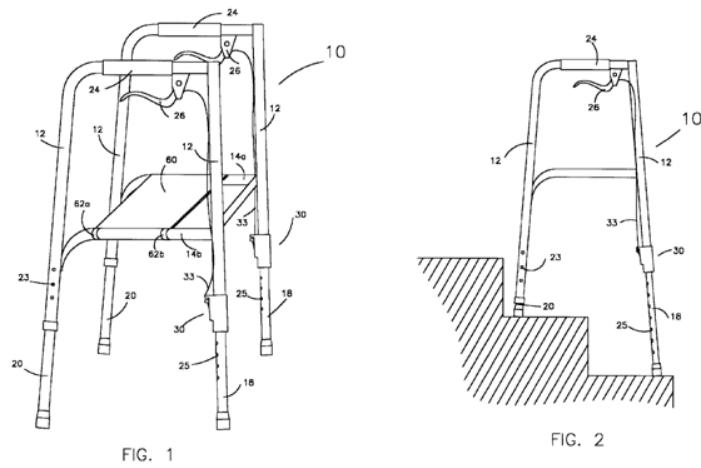


Fig. 14 Planos patente 6,145,524

Encontramos otras en las que mediante la ayuda de un mecanismo de cuatro barras o uno de tijera se logra acoplar y estabilizar el aditamento en las escaleras como se presenta en las figuras 15 y 16:

United States Patent 5,740,825

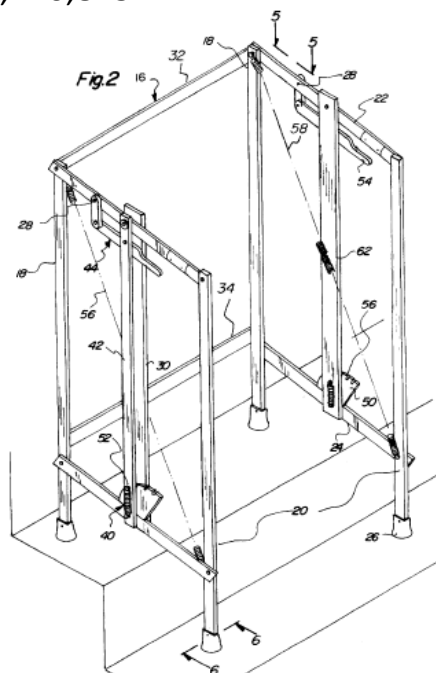


Fig.15 Planos patente 5,740,825

United States Patent 5,603,517

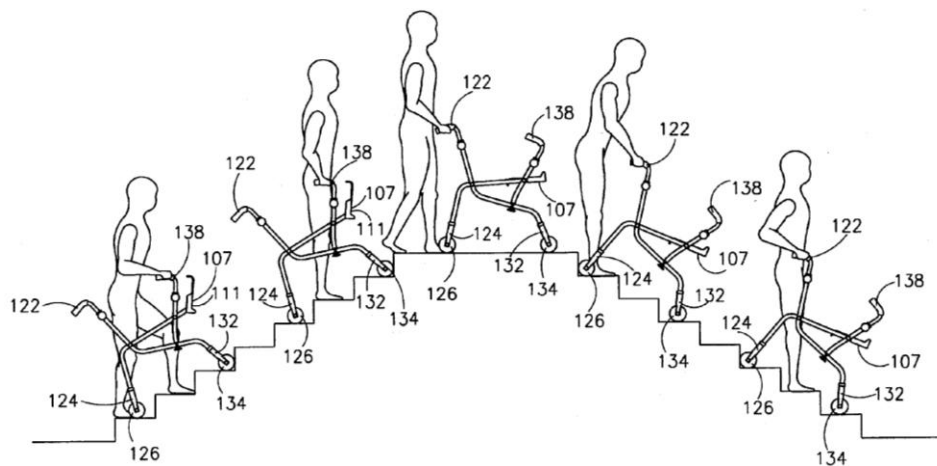


Fig.16 Planos patente 5,603,517

Por último, encontramos una patente en la cual se muestra una rueda de estrella con la cual se puede facilitar el ascenso y descenso de las escaleras, ver figura 17:

United States Patent 2,706,640

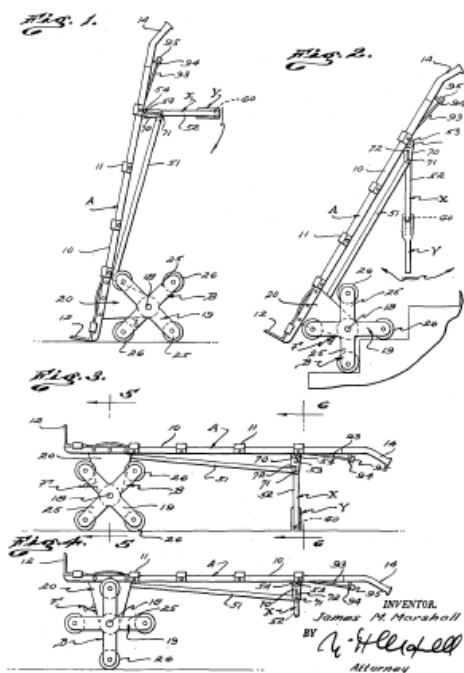


Fig.17 Planos patente 2,706,640

Esto nos da un panorama general de cómo atacar nuestro problema y podemos finalmente responder las preguntas del inicio, las respuestas son: se va a diseñar una ayuda técnica que pueda subir y bajar escalera además de realizar las funciones comunes de una andadera comercial con el fin de facilitar la vida de los ancianos que viven limitados de sus capacidades motrices y cuyas viviendas cuentan con escaleras. A continuación se iniciará el proceso para realizar el diseño a nivel conceptual, el cual se define como la obtención del esbozo de un producto a grandes rasgos, generando en el proceso alternativas para el diseño de éste basándonos en las necesidades y los requerimientos de los usuarios. Para posteriormente analizar las distintas alternativas y seleccionar una de ellas. En un futuro se podría continuar este trabajo para realizar un diseño a detalle.

Para realizar nuestro diseño a nivel conceptual se puede utilizar una gran variedad de herramientas; sin embargo, en nuestro caso usaremos

**TRIZ (Teoría para Resolver Problemas de Inventiva "*Tieoriya Riesheniya Izobrietatielskij Zadach*").**

Esta herramienta nos arrojará como posibles soluciones distintos principios de invención y posteriormente podremos comparar los resultados de la TRIZ con las propuestas de las patentes. De esta manera, podremos proponer algunas soluciones innovadoras combinando las ideas de estas dos fuentes, para finalmente evaluar los modelos obtenidos y decidimos por el más viable.

# CAPÍTULO 2

## REQUERIMIENTOS Y ESPECIFICACIONES

### 2.1 RESULTADO DE LA ENCUESTA A USUARIOS

Como ya se mencionó en el capítulo anterior, ahora tenemos un panorama general de lo que se va a hacer; el siguiente paso es conocer las necesidades de los usuarios potenciales para luego traducir las necesidades a especificaciones en la andadera. Con este fin se retomaron los resultados obtenidos en unas encuestas conformadas por 24 preguntas, en donde, a los participantes, además de sus datos generales como edad, sexo, estatura y peso; les cuestionábamos los aspectos más relevantes sobre el uso de la andadera. Este estudio se realizó en conjunto con compañeros\* del curso de Ergonomía impartido por la Dra. *Cristina León de Velasco* en el semestre 2009-2. El cuestionario aplicado fue el siguiente:



DISEÑO ERGONÓMICO Y CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO DE FRENO  
PARA UNA ANDADERA GERIÁTRICA



- **DATOS GENERALES**

EDAD: \_\_\_\_\_ SEXO: (MASCULINO) (FEMENINO) ESTATURA: \_\_\_\_\_ PESO: \_\_\_\_\_  
PADECE ALGUNA ENFERMEDAD: \_\_\_\_\_ ¿CUÁL(ES)? \_\_\_\_\_

¿QUIÉN LO AYUDA A MANTENERSE?

NADIE ( ) HIJOS ( ) ESPOSO ( ) NIETOS ( ) PRIMOS ( ) OTROS ( )

- **PREGUNTAS PARA EL ESTUDIO**

1. ¿HA OÍDO LA PALABRA ERGONOMÍA?  
SI ( ) EN LA TELE ( ) EN LA RADIO ( ) DE ALGÚN FAMILIAR ( ) MÉDICO ( ) NO ( )
2. ¿QUÉ ES PARA USTED LA ERGONOMÍA (A QUÉ LE SUENA)?

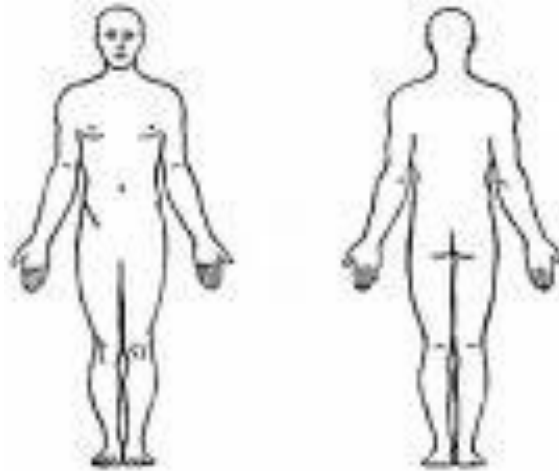
---

\*Bustos Romero Nayeli, Ingalls Román Fernando, Pérez Ramos José Luis, Soto González Jorge, Suárez Juárez Eduardo

3. ¿POR QUÉ USA LA ANDADERA?  
 DIJO EL MÉDICO ( ) DIJO UN FAMILIAR ( ) YA NO PUEDE CAMINAR ( )  
 LE DUELEN LAS PIERNAS ( ) SE LASTIMÓ ( )
4. ¿CUÁNTO TIEMPO LLEVA USANDO LA ANDADERA? \_\_\_\_\_
5. ¿CUÁNTAS HORAS CAMINA AL DÍA?  
 MENOS DE 30 MIN. ( ) ENTRE 30 MIN. Y 1 HORA ( ) MÁS DE 1 HORA ( )
6. USA SU ANDADERA PARA IR:  
 AL MÉDICO ( ) PARA IR POR EL MANDADO ( )  
 PARA VISITAR A ALGÚN FAMILIAR ( ) PARA SALIR A PASEAR ( )
7. ¿CUÁNDO SALE VA SOLO?  
 NO ( ) ME LLEVAN MIS HIJOS O NIETOS ( ) OTRO FAMILIAR ( )  
 SI ( )
8. SU ANDADERA LA TRANSPORTA EN:  
 AUTOMÓVIL PARTICULAR ( ) EN TAXI ( ) EN MICROBÚS O CAMIÓN ( )
9. ¿COME SOLO?  
 SI ( ) ME AYUDA MI HIJO ( ) FAMILIAR ( ) ENFERMERA ( ) NO ( )
10. ¿SE BAÑA SOLO?  
 SI ( ) ME AYUDA MI HIJO ( ) FAMILIAR ( ) ENFERMERA ( ) NO ( )
11. SU ANDADERA ES:  
 BONITA ( ) FEA ( )
12. SU ANDADERA ESTÁ:  
 CHIQUITA ( ) GRANDE ( ) BIEN ( )
13. SU ANDADERA LA SIENTE:  
 CÓMODA ( ) INCÓMODA ( )
14. ¿LE CUESTA TRABAJO CARGAR SU ANDADERA?  
 SI ( ) NO ( )
15. ¿PUEDE CAMINAR BIEN CON SU ANDADERA?  
 SI ( ) NO ( )
16. ¿LE CUESTA TRABAJO DETENERSE CON SU ANDADERA?  
 SI ( ) NO ( )
17. ¿TIENE FRENO SU ANDADERA?  
 SI ( ) NO ( ) SI LA RESPUESTA ES NO PASAR A LA PREGUNTA 19
18. ¿PUEDE APRETAR FÁCILMENTE EL FRENO DE SU ANDADERA?  
 SI ( ) NO ( )
19. ¿LE GUSTARÍA QUE SU ANDADERA FRENARA CON SÓLO RECARGARSE EN ELLA?  
 SI ( ) NO ( )



20. ¿PUEDE GUARDAR FÁCILMENTE SU ANDADERA?:  
SI ( ) NO ( )
21. ¿CUÁNTO LE COSTÓ SU ANDADERA?  
MENOS DE \$500 ( ) ENTRE \$500 Y \$1,000 ( ) MAS DE \$1,000 ( )  
SE LA REGALARON ( ) ES PRESTADA ( )
22. ¿HA SUFRIDO ALGÚN ACCIDENTE CAUSADO POR SU ANDADERA?  
SI ( ) CAÍDO ( ) RESBALADO ( ) TORCEDURA ( ) ESGUINCE ( )  
NO ( )
23. DE ESTE DIBUJO ¿CUÁL ES LA PARTE QUE LE MOLESTA O DUELE POR USAR SU ANDADERA? SEÑALE CON UNA CRUZ.

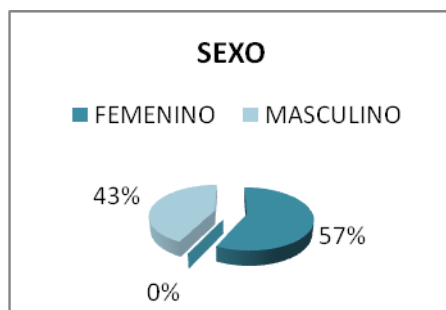


24. ¿QUÉ LE GUSTARÍA QUE LE CAMBIARAN A SU ANDADERA?  
COLOR ( ) TAMAÑO ( ) MENOS PESADA ( ) QUE ESTUVIERA MAS CÓMODA ( )

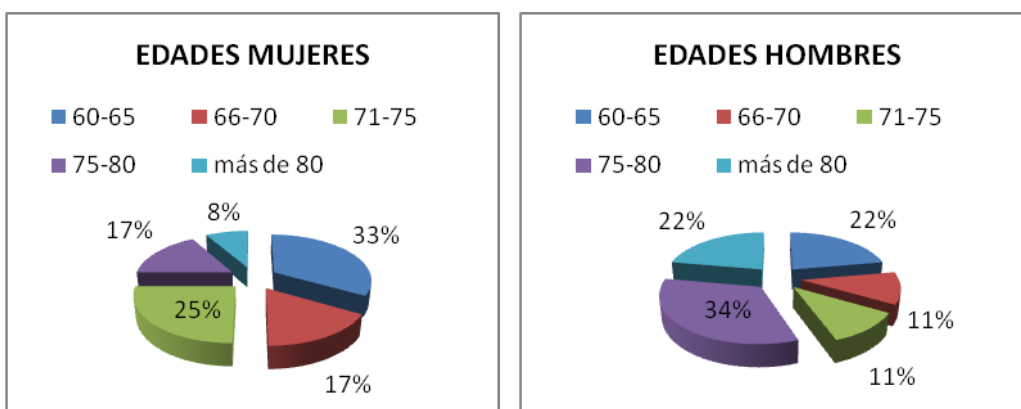
iiii GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!!!!

Aplicamos las encuestas a una muestra de un total de 23 personas de la tercera edad que usaran andadera, de los cuales fueron 13 hombres y 10 mujeres, que se encontraban en un rango de edad de más de 60 años. Las entrevistas se llevaron a cabo en el *Centro Gerontológico Arturo Mundet* (residencia para personas mayores de 60 años de edad) y en el Hospital General Siglo XXI.

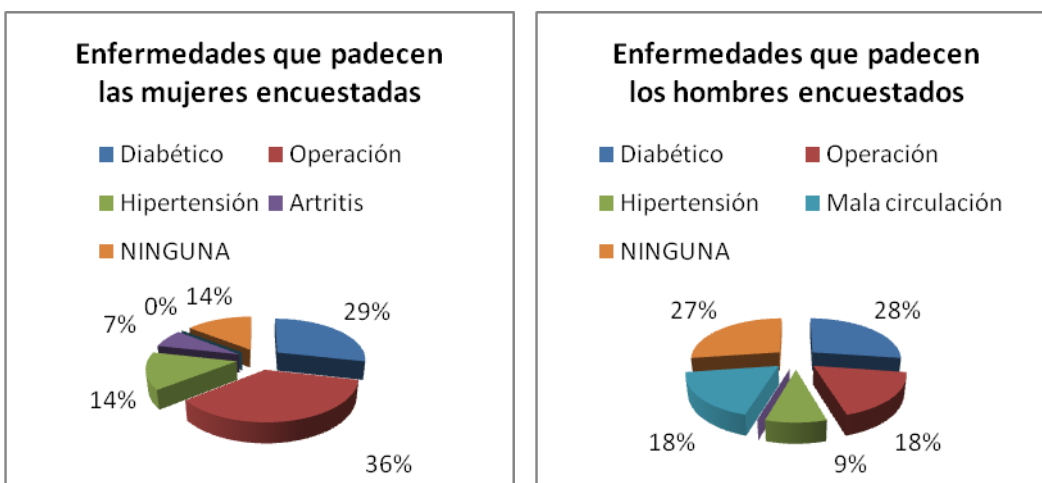
A continuación se presenta las gráficas con los resultados en porcentajes obtenidos de en las encuestas:



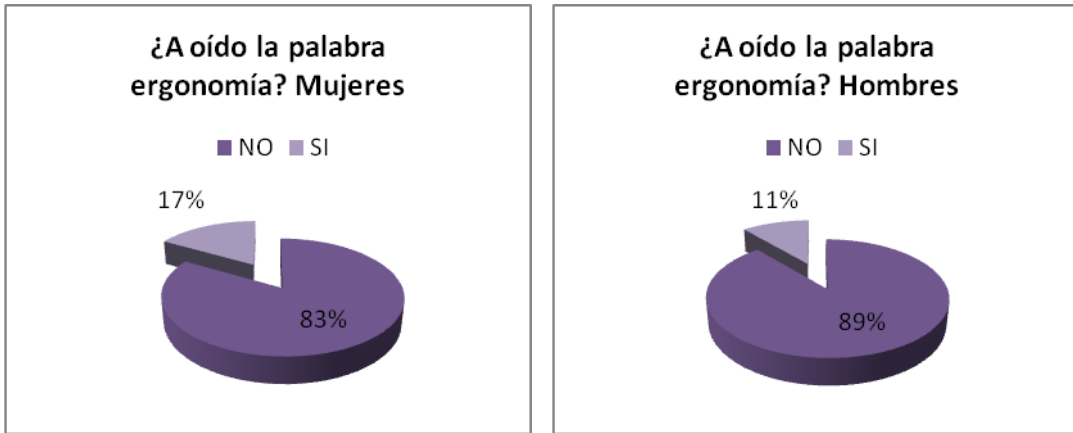
**Fig. 18** Porcentaje de hombres y mujeres entrevistados.



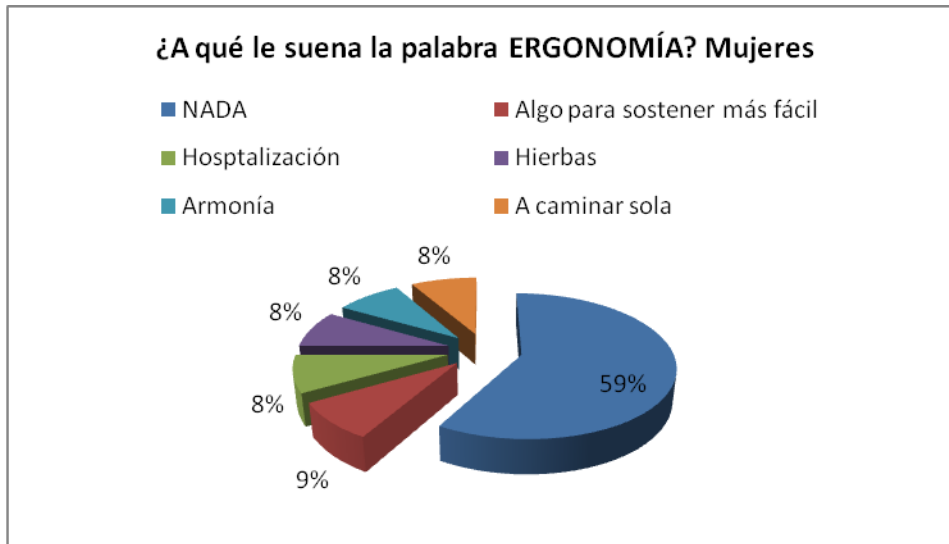
**Fig. 19** Edades de las personas entrevistadas divididos por sexo.



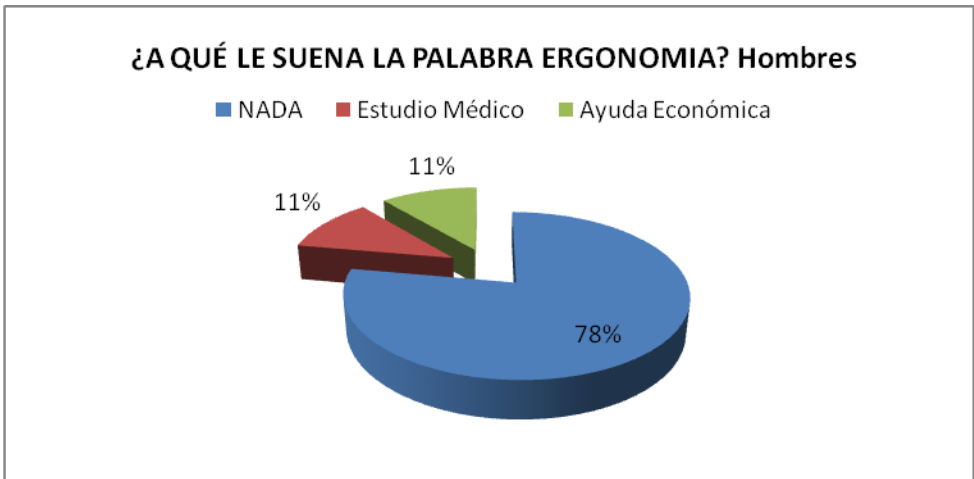
**Fig. 20** Enfermedades que padecen los individuos entrevistados.



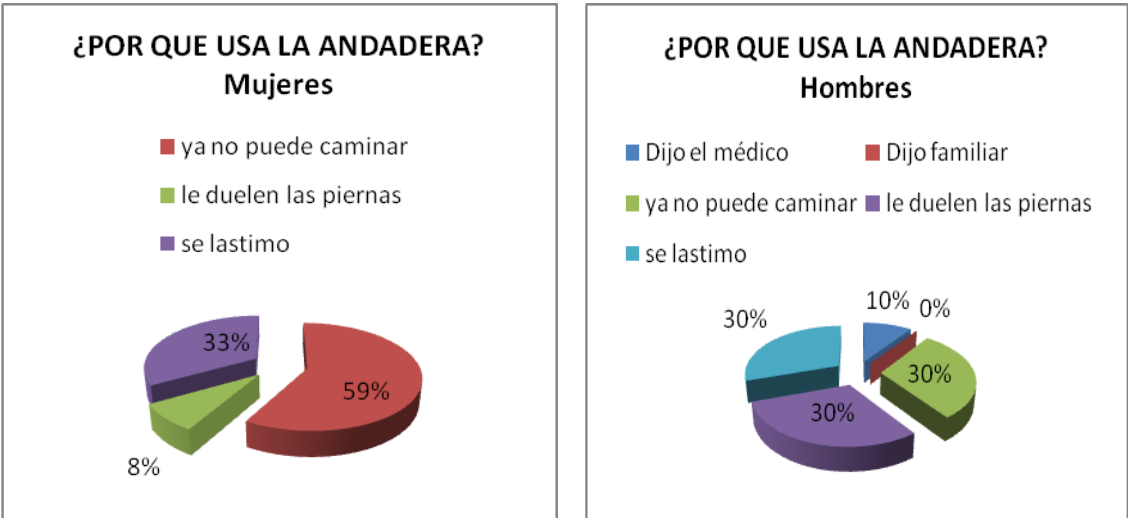
**Fig. 21** Porcentajes de mujeres y hombres que han oído la palabra ergonomía.



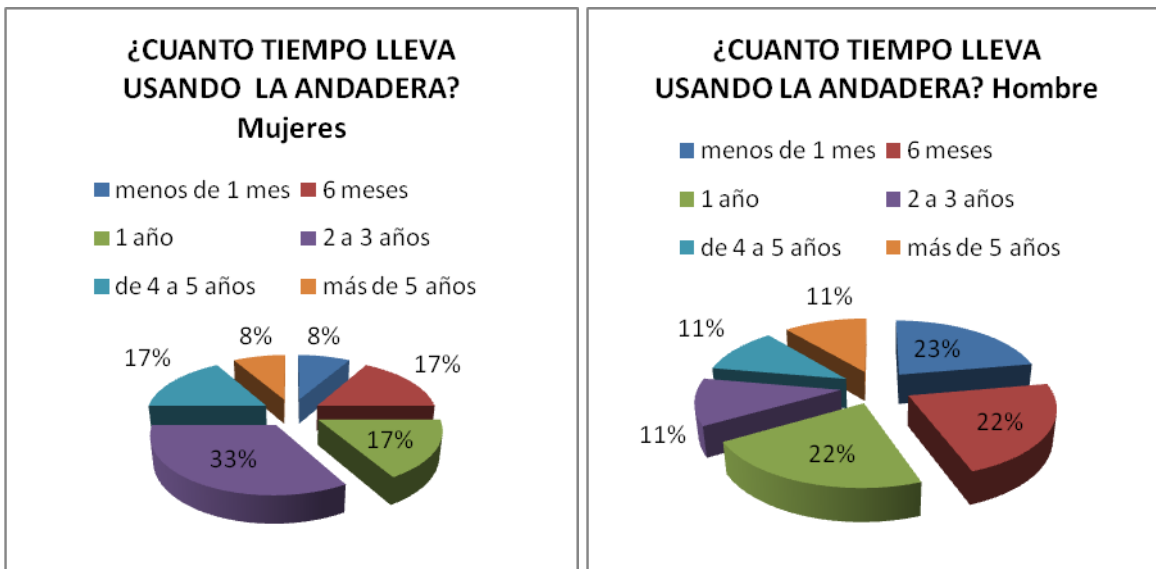
**Fig.22** Respuestas de las mujeres dividido en porcentaje.



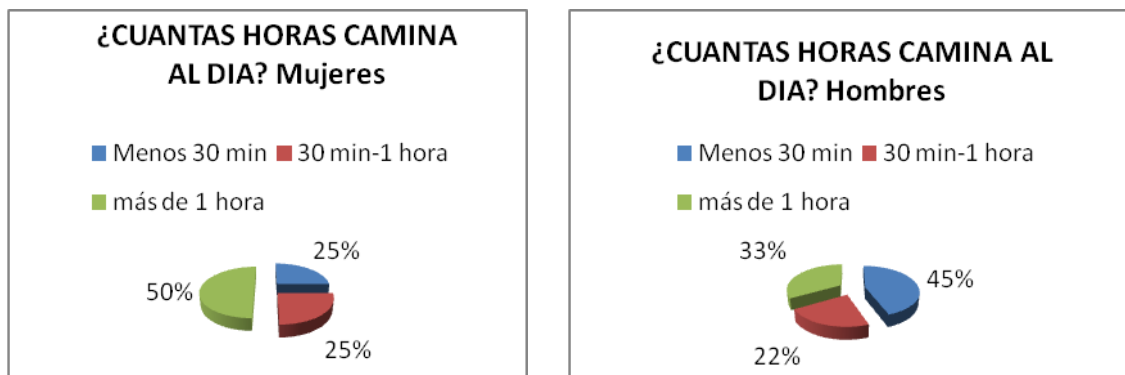
**Fig.23** Respuestas de los hombres dividido en porcentaje.



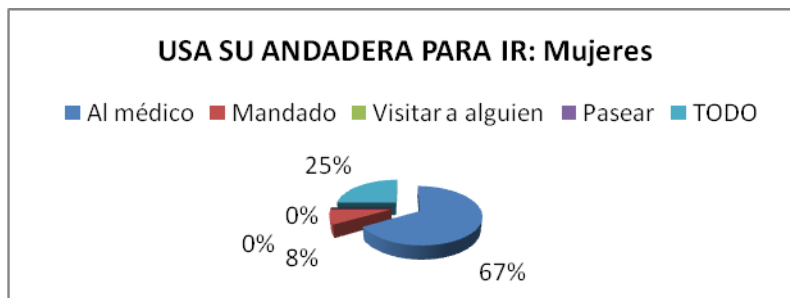
**Fig.24** Respuestas en porcentaje de los entrevistados divididos por sexo.



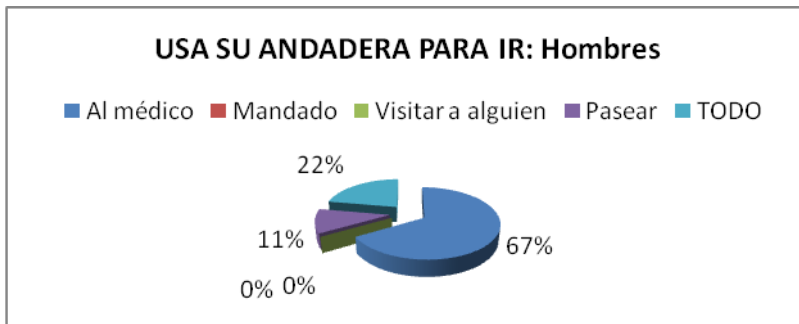
**Fig.25** Respuestas en porcentaje de los entrevistados divididos por sexo.



**Fig.26** Respuestas en porcentaje de los entrevistados divididos por sexo.



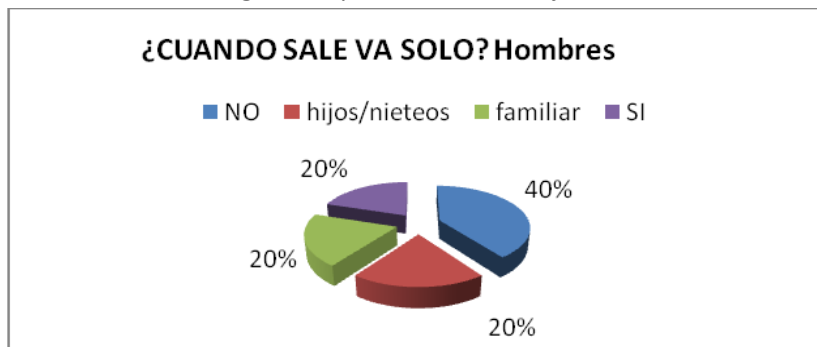
**Fig.27** Respuestas de las mujeres.



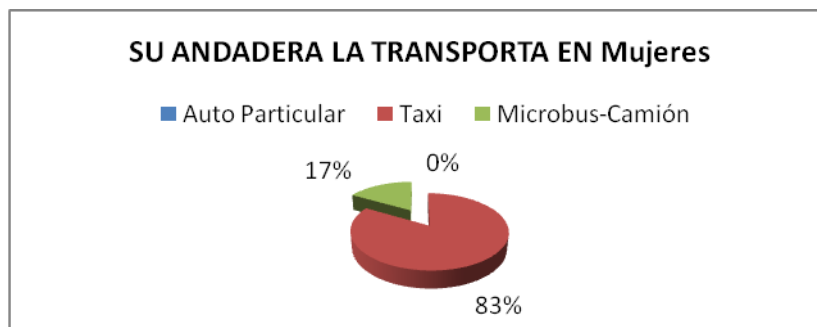
**Fig.28** Respuestas de los hombres.



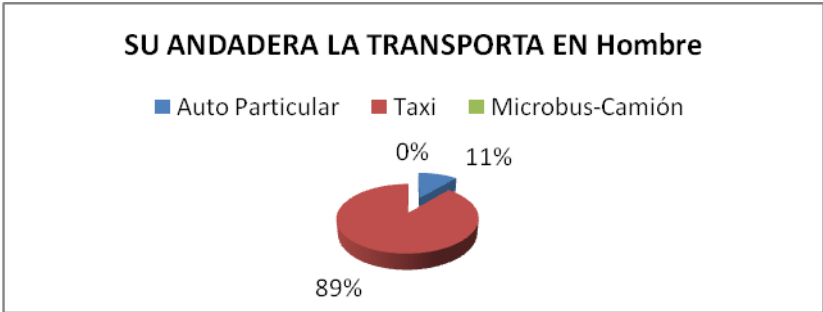
**Fig.29** Respuestas de las mujeres.



**Fig.30** Respuestas de los hombres.



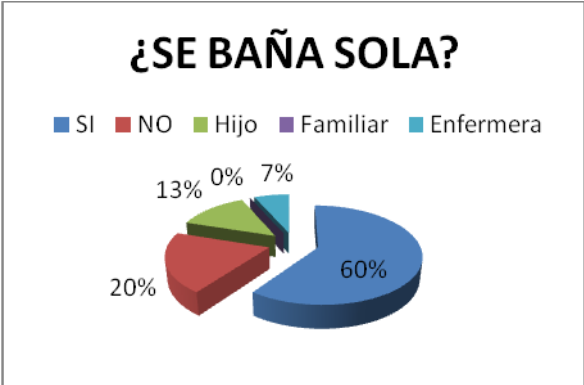
**Fig.31** Respuestas de las mujeres.



**Fig.32** Respuestas de los hombres.



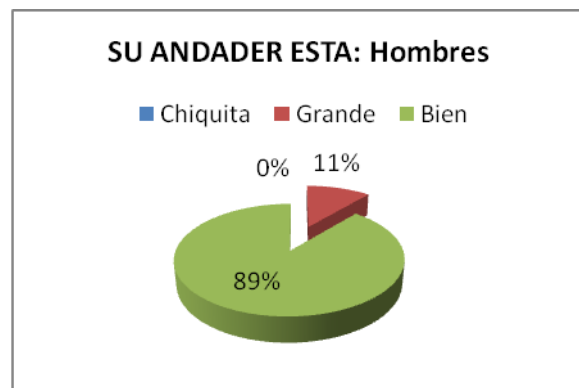
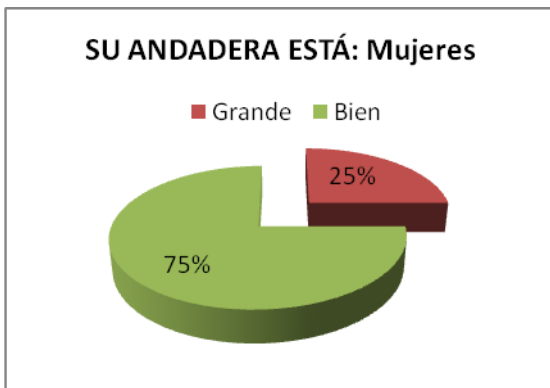
**Fig.33** Respuestas en porcentaje en ambos sexos.



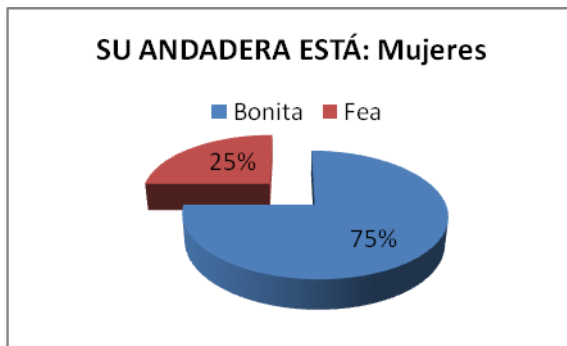
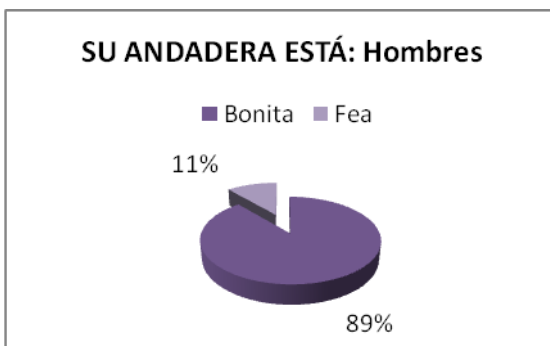
**Fig.34** Respuestas de las mujeres.



**Fig.35** Respuestas de los hombres.

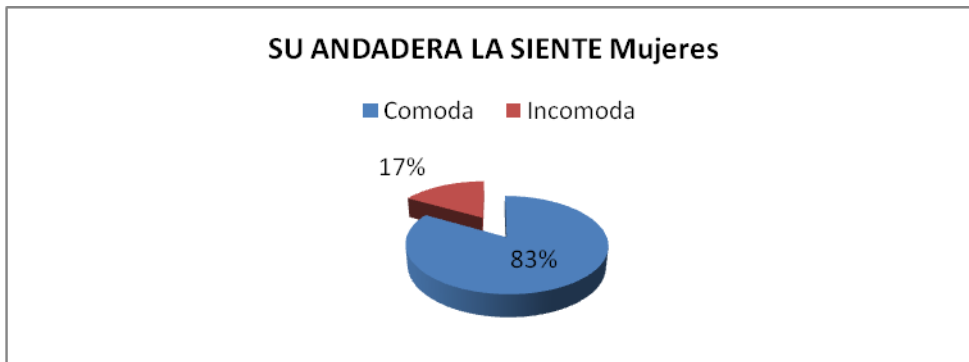


**Fig.36** Respuestas en porcentaje en ambos sexos.

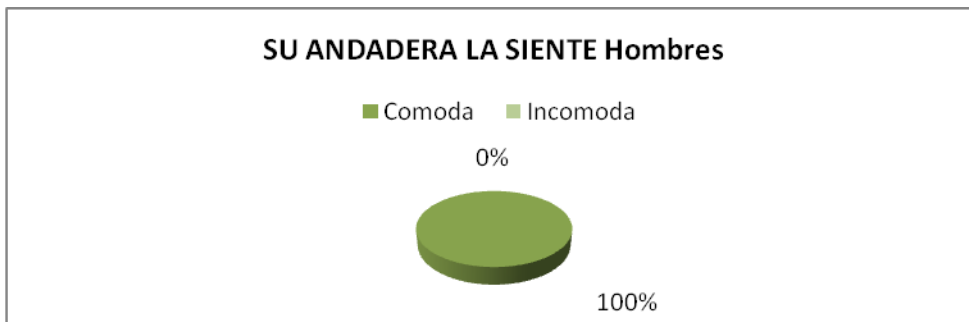


**Fig.37** Respuestas en porcentaje en ambos sexos.





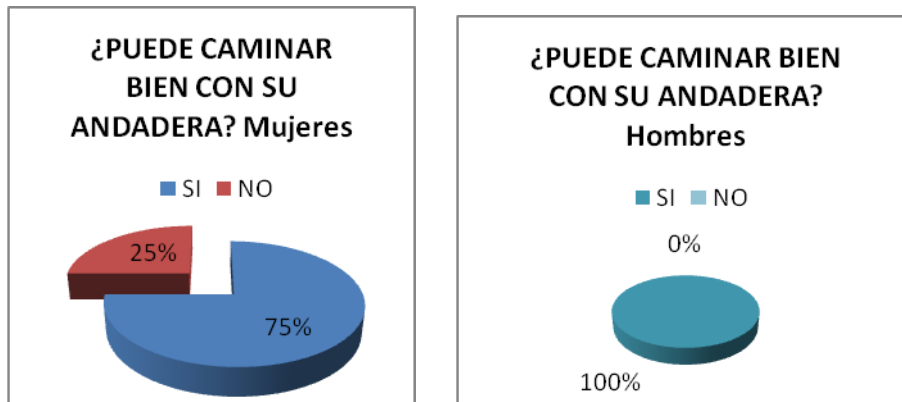
**Fig.38** Respuestas en porcentaje de las mujeres.



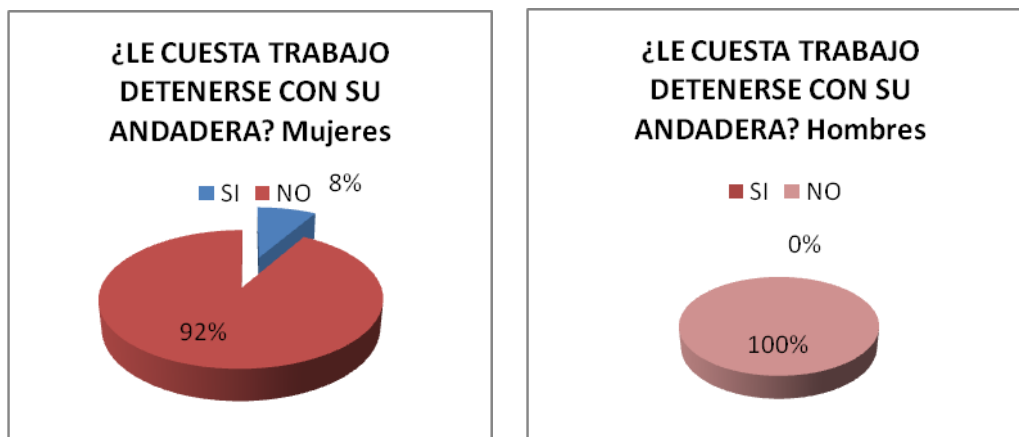
**Fig.39** Respuestas en porcentaje de los hombres.



**Fig.40** Respuestas en porcentaje en ambos sexos.



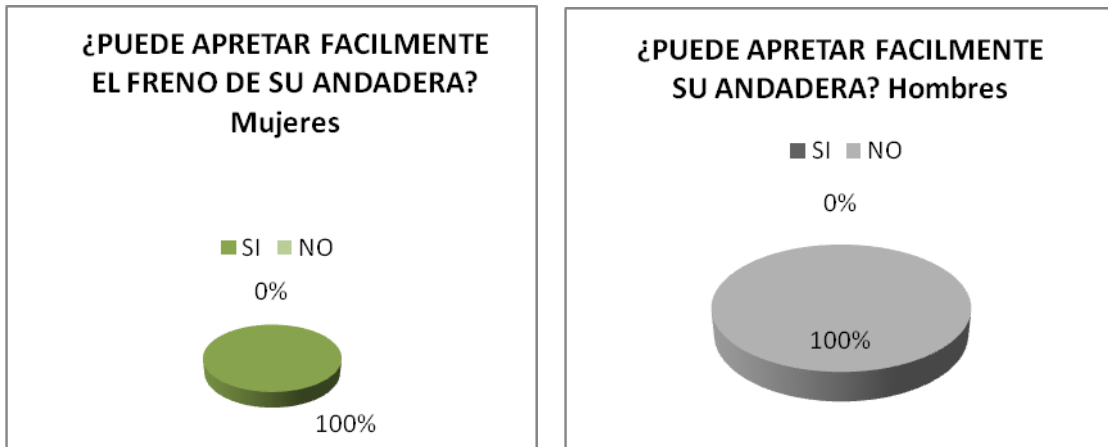
**Fig.41** Respuestas en porcentaje en ambos sexos.



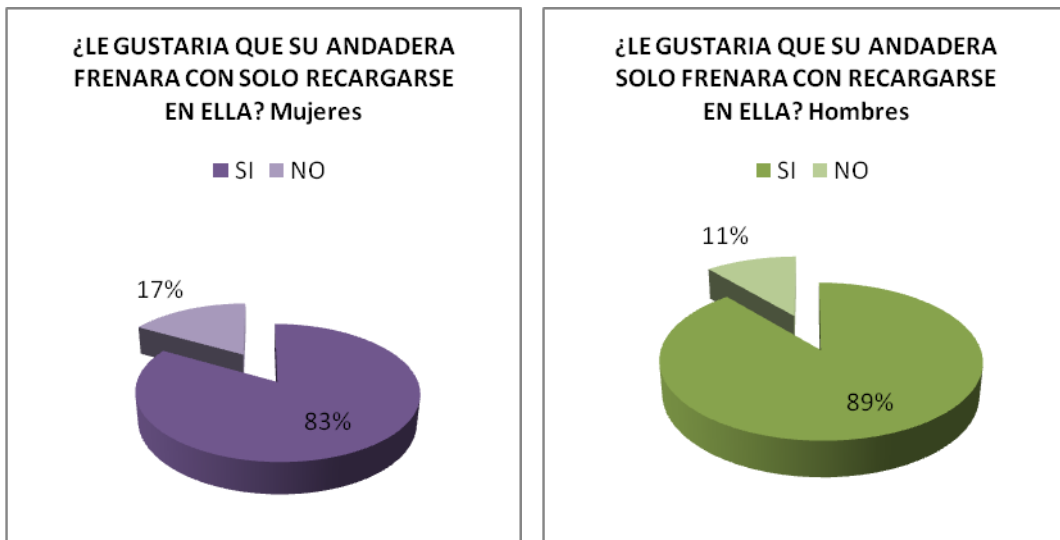
**Fig.42** Respuestas en porcentaje en ambos sexos.



**Fig.43** Respuestas en porcentaje en ambos sexos.



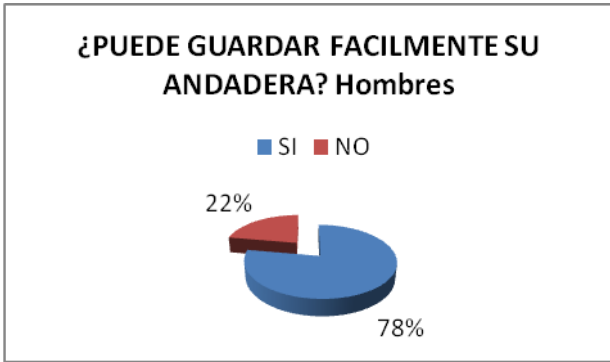
**Fig.44** Respuestas en porcentaje en ambos sexos.



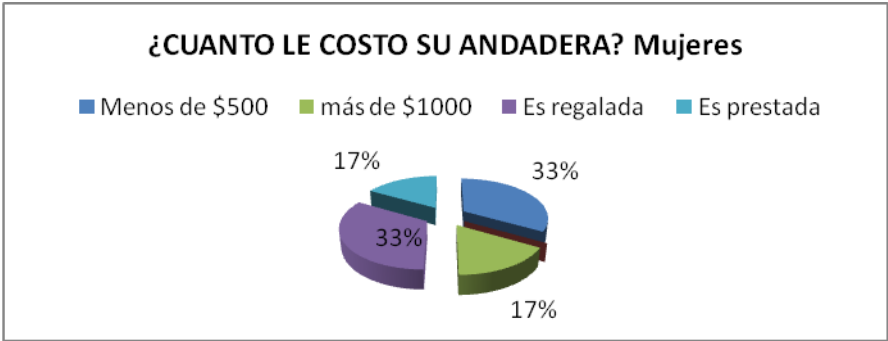
**Fig.45** Respuestas en porcentaje en ambos sexos.



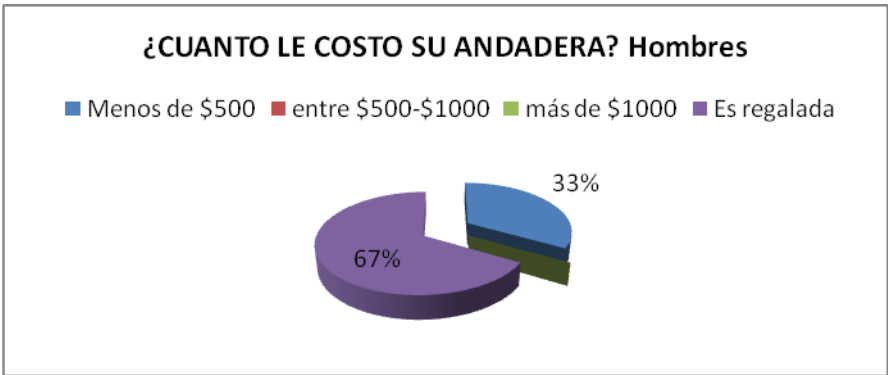
**Fig.46** Respuestas en porcentaje de las mujeres.



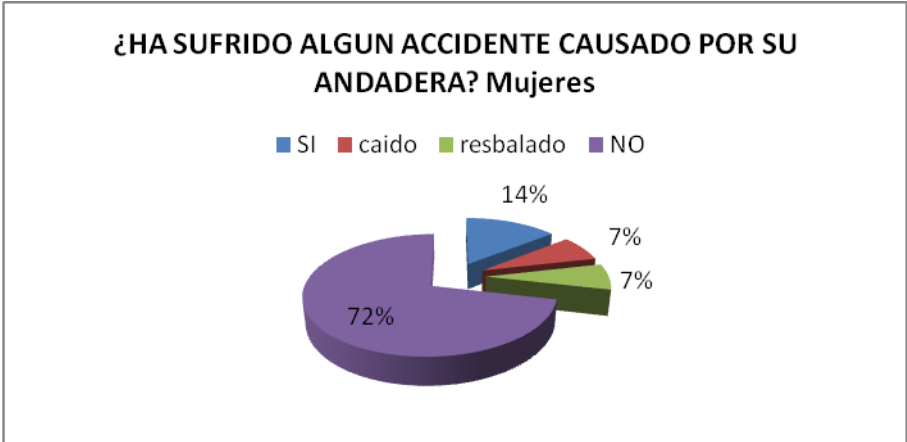
**Fig.47** Respuestas en porcentaje de los hombres.



**Fig.48** Respuestas en porcentaje de las mujeres.



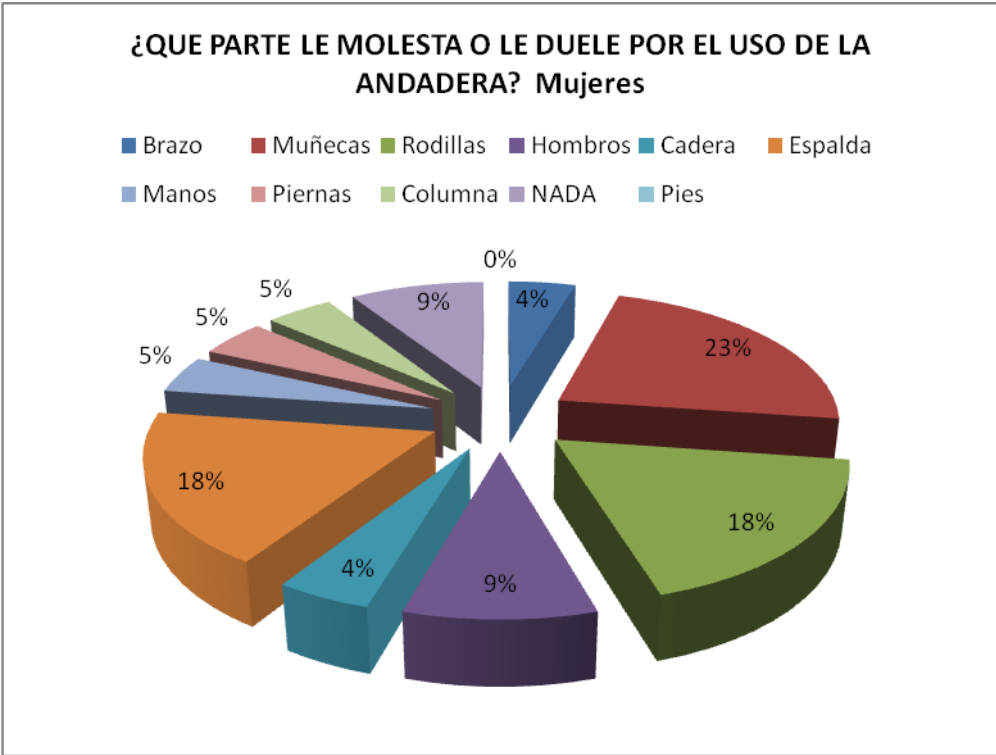
**Fig.49** Respuestas en porcentaje de los hombres.



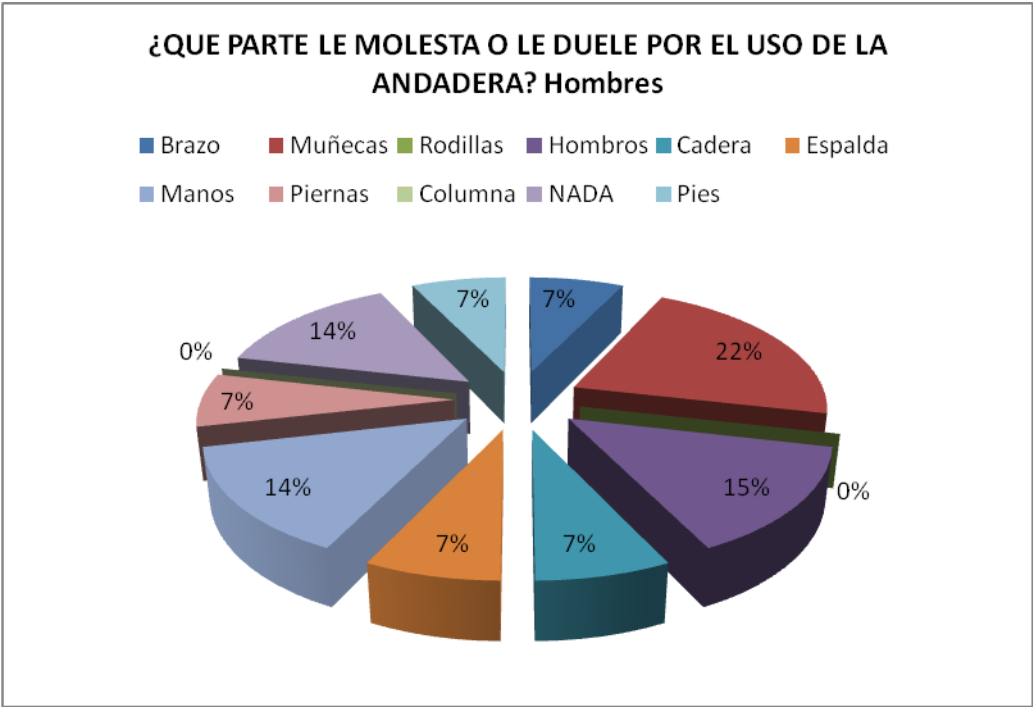
**Fig.50** Respuestas en porcentaje de las mujeres.



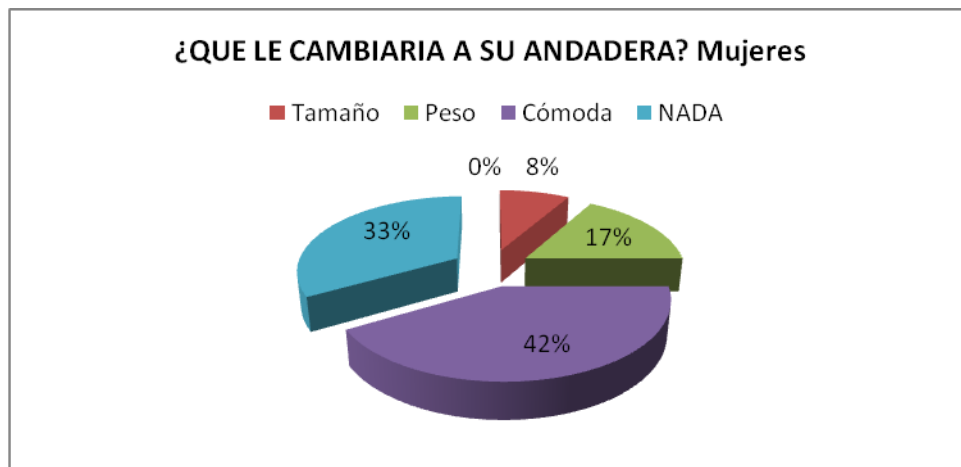
**Fig.51** Respuestas en porcentaje de los hombres.



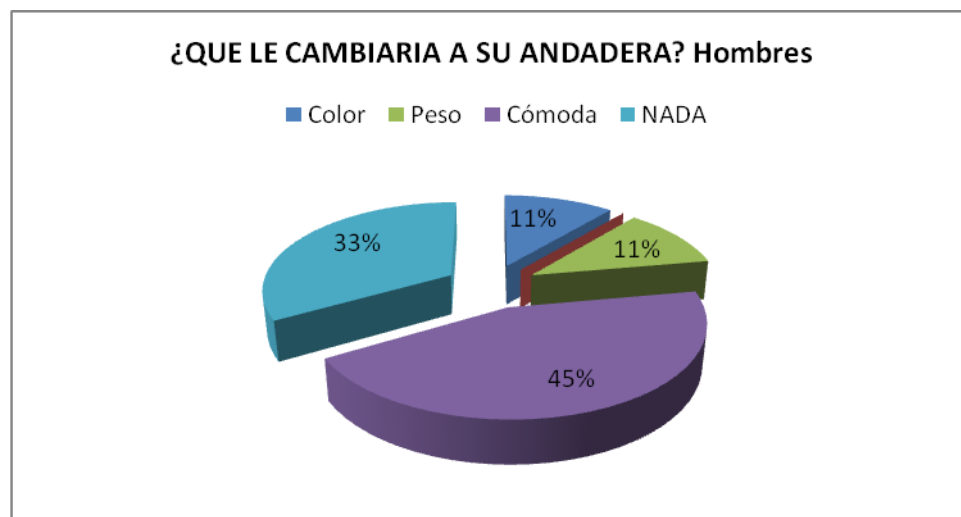
**Fig.52** Respuestas en porcentaje de las mujeres.



**Fig.53** Respuestas en porcentaje de los hombres.



**Fig.54** Respuestas en porcentaje de las mujeres.



**Fig.55** Respuestas en porcentaje de los hombres.

Toda la información recabada, fue de gran ayuda para la realización de este proyecto, ya que nos pudimos percatar de las necesidades de los usuarios y sus experiencias y sensaciones al usar la andadera.

## 2.2 REQUERIMIENTOS Y ESPECIFICACIONES

De aquí se desprendieron los siguientes requerimientos que son válidos para una andadera convencional, mismos que se extrapolaron para una andadera que ayude a subir y bajar escaleras:

### **1.-Ayudar a subir/bajar escaleras**

Primeramente se desea que el diseño realizado en esta tesis pueda ayudar a subir y bajar escaleras de una manera fácil y segura.

### **2.-Ligera**

El uso de una andadera para subir escaleras requiere cargar al menos una fracción del peso del objeto, por lo cual mientras más ligera sea ésta, mucho más fácil será su uso para las personas mayores, ya que éstas tienen una disminución considerable de su fuerza muscular.

### **3.-Económica**

Pensando que este diseño pudiera llegar a ser adquirido por personas de cualquier escala socioeconómica, tomando en cuenta que dentro de pocos años la mayoría de la población pertenecerá a la tercera edad, es un factor importante el tratar de diseñarla lo más económica posible.

### **4.-Adaptable al usuario**

Las andaderas que actualmente están en el mercado están hechas tomando en cuenta medidas antropométricas europeas o americanas, las cuales no son viables para la mayoría de la población mexicana, por esto lo ideal sería que el diseño pudiera ser útil para personas en el mayor rango de estaturas latinoamericanas.

### **5.-Cómoda**

La mayoría de las personas reportaron alguna dolencia en las muñecas o en los hombros, las cuales se pueden achacar a la falta de ergonomía en el diseño de los mangos del aparato y al tener que cargarla durante su uso.



## **6.-Facilidad de uso (control)**

Es prioritario que el aparato que se está diseñando sea fácil de usar, ya que se está pensando en devolverle al usuario parte de su independencia con su uso.

## **7.-Transportable en automóvil (en específico en un taxi)**

La mayoría de las personas que usan andadera cuando salen de sus hogares se transportan en taxi, por lo que un primer requerimiento es que nuestra ayuda técnica pueda transportarse incluso en un automóvil compacto.

Apoyándonos en la literatura, estos requerimientos los traducimos en las especificaciones siguientes:

### **1.-Dimensiones**

Primeramente, ya que aún no existen medidas antropométricas mexicanas, nos basaremos en las de las andaderas comerciales para definir las especificaciones dimensionales:

-Ancho 55-80cm

-Profundidad 30-70cm

-Alto 70-100 cm

### **2.-Precio**

Tomando en cuenta el precio, según se vio lo que pagaron por sus andaderas los usuarios entrevistados y los precios de estas ayudas técnicas, se ve que el costo varía desde \$200 hasta casi \$20,000 o más; sabemos que este diseño es algo totalmente nuevo en el mercado, pero mientras más barato sea ofrecido será mejor, para que más personas que lo necesitan puedan

comprarlo e inclusive se puede pensar en exportarlo a otros países en vías de desarrollo.

### **3.-Peso**

El peso que tiene las andaderas comerciales varía de 650g, las más sencillas que no tienen ruedas, a 9 kg, las que poseen ruedas; sin embargo, a pesar de que el diseño tenga ruedas, el peso ideal debe ser como mínimo inferior al último mencionado.

### **4.-Ergonomía**

La andadera debe ser segura, funcional y cómoda tanto en el sentido de adaptarse a la estatura de la mayoría de las personas de este país, puesto que mientras a mayor número de estaturas se amolde mejor será; por otra parte, también debe poseer un diseño, en lo posible, lo más confortable para las muñecas de los usuarios.

### **5.-Subir y bajar escaleras de manera segura**

Este aparato debe de ser capaz de desplazarse en las escaleras; sin embargo, hay varios tipos de escaleras. Básicamente existen tres tipos de escaleras\*:

- **Escaleras Rectas**

Existen muchas variantes, por ejemplo, dentro de las éstas, hay escaleras sencillas de un solo tramo con o sin descansillo intermedio, y otras formadas por varios tramos rectos, cambiando la dirección en los descansillos intermedios.

\*Véase, MANNES, Willibald. Escaleras Diseño y construcción, 2ªed, Barcelo, Edit Gustavo Gili S.A. 1989, 190pp

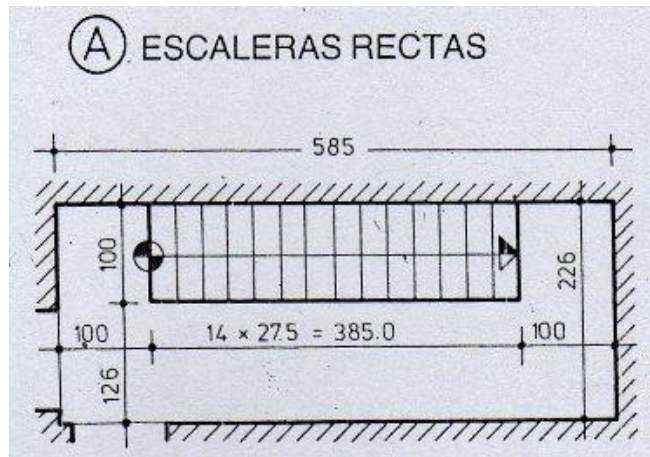


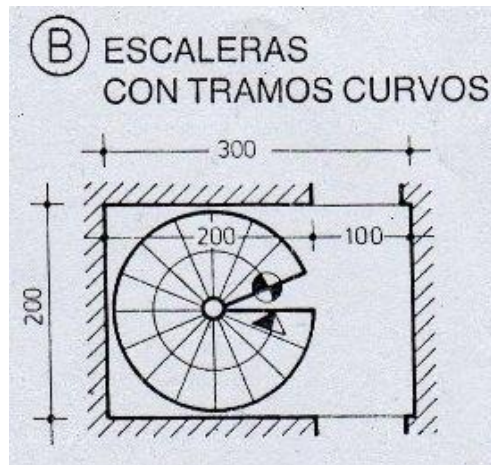
Fig. 56 Diagrama básico de una escalera recta acotado en centímetros

- **Escaleras con Tramos Curvos**

Las escaleras curvas permiten diferentes combinaciones: circulares, ovaladas, elípticas, semicirculares con ojo interior o no.

Dentro de las escaleras circulares incluimos las de trazado radial en sus escalones, aunque la forma de la caja sea rectangular.

Las escaleras circulares que definen un círculo completo en su desarrollo y que no poseen ojo central, se denominan escaleras caracol; son escaleras de poco ancho (entre 0.50m y 0.70 m), con el inconveniente que son muy incómodas para descender.

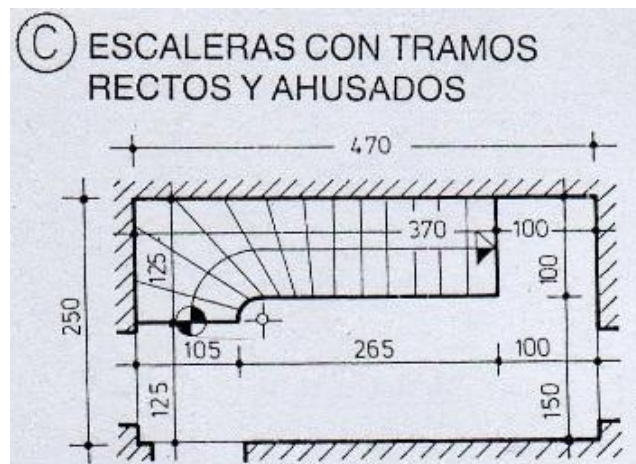


**Fig. 57** Diagrama básico de una escalera con tramos curvos acotado en centímetros

- **Escaleras con Tramos Rectos y Ahusados**

Dentro de las escaleras mixtas se debe evitar que, en la combinación de los tramos rectos con curvos exista un cambio brusco, para ello se realiza una *compensación* del tramo recto al curvo para lograr un paso gradual al usuario.

Dentro de este tipo, hay escaleras con giro de 180° (media vuelta) y con giro de 90° (un cuarto de vuelta).



**Fig. 58** Diagrama básico de una escalera con tramos rectos y ahusados, acotado en centímetros

Ya que nuestro diseño será únicamente a nivel conceptual simplificaremos el problema de subir y bajar a únicamente las escaleras rectas. Por otra parte, es importante saber cuáles son las partes de una escalera, a continuación, indicamos los diferentes elementos que la conforman:

- *Escalón o peldaño*: cada uno de los elementos dispuestos para servir de apoyo a los pies y poder ascender o descender.
- *Huella*: plano horizontal de un peldaño.
- *Contrahuella*: plano vertical o altura de un peldaño.
- *Escalón de arranque*: primer peldaño de una escalera.
- *Voladizo*: parte del escalón o huella que no se apoya en ningún punto. Es un saliente de un elemento que lo sostiene y éste vuela totalmente.
- *Descansillo*: zona o plataforma donde se unen dos tramos de una escalera.
- *Pasamanos*: parte superior de una barandilla.
- *Barandilla*: compuesta por pequeños pilares y acabada por un pasamano. Su función es la de dividir o separar.

Los elementos más relevantes para nosotros son la huella y la contrahuella, las cuales varían con el ángulo de inclinación de la escalera.

En cuanto a este punto, el diseño se limita a poder subir y bajar escaleras con un ángulo de pendiente de 30° a 34°, las cuales son las más comunes y cuyas medidas más empleadas en escaleras de tránsito habitual en los hogares son las siguientes:

Ángulo en grados	Contrahuella(cm)	Huella(cm)
30	19	25
34	18	27

**Tabla 2.** Medidas más comunes de huella y contrahuella.

Habiendo conocido las necesidades de los usuarios y traducido éstas en especificaciones para el diseño de la andadera, en el siguiente capítulo nos familiarizaremos con la metodología que hemos de usar para realizar el diseño que nos ocupa.

## **CAPÍTULO 3**

# **DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA TRIZ**

La Teoría de la Resolución Inventiva de Problemas (TIPS, “Theory of Inventive Problem Solving”, más conocida como TRIZ, su acrónimo ruso), se desarrolló en la antigua URSS en torno a los años cincuentas. TRIZ surge a partir de la hipótesis de que hay principios de invención universales que son la base de la innovación y el progreso de la tecnología.

El creador de la metodología TRIZ fue Genrich Altshuller, un ingeniero ruso que desarrolló la teoría a través del análisis de un millón y medio de patentes de invención. Se percató de que a pesar de que los inventos que analizó resolvían problemas muy diferentes, en campos también muy diferentes, las soluciones aplicadas podían obtenerse a partir de un conjunto relativamente reducido de ideas básicas o principios de invención generales.

Altshuller publicó su primer artículo sobre TRIZ en 1956. Entre 1961 y 1979 escribió los libros básicos, exponiendo el método en forma ordenada e introduciendo el nombre de TRIZ en el texto “La creatividad como una ciencia exacta”. Este último libro fue el primero que se tradujo al inglés y se publicó fuera de la Unión Soviética en el año de 1984.

Altshuller y su metodología TRIZ lograron reconocimiento internacional en el año de 1990, al publicarse en Estados Unidos el libro “Y de pronto apareció el inventor”, en el que el método se explica de forma mucho más comprensible.

La metodología se puede aplicar casi exclusivamente a la resolución de problemas técnicos o tecnológicos, probablemente sea la técnica de creación más utilizada en la actualidad.

### **3.1 DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA TRIZ**

En el año de 1986 se establecen las primeras empresas de ingeniería de TRIZ en Rusia y en el año de 1992 en los Estados Unidos. A partir de este momento el avance del método está ligado más a las empresas que a las universidades o centros de estudio. Fuera de Rusia hay tres países: Estados Unidos, Israel y Japón, que se han distinguido por la aceleración y el impulso al método TRIZ. En Estados Unidos es donde, además de en Rusia, se realizan actualmente los mayores avances.

El desarrollo de este método ha seguido dos vías. La primera ha sido el perfeccionamiento de las herramientas que podríamos denominar como clásicas. Una segunda vía de desarrollo ha sido la creación de nuevas herramientas de las que también se comentarán algunas más adelante. Las nuevas herramientas se han aplicado a los problemas clásicos y también se han utilizado para extender el método a otros campos de la tecnología o la gestión. Por otra parte se han creado varias técnicas relacionadas con el TRIZ. Hay dos variaciones que podríamos llamar: TRIZ simplificado y TRIZ evolucionado; y tres técnicas independientes, que comparten con el TRIZ las bases teóricas, pero realizan planteamientos diferentes.

El método TRIZ está resultando tan útil para la predicción y planificación general de desarrollos tecnológicos, como para la resolución de problemas concretos, por lo que su utilización, a pesar de su complejidad, se extiende de forma creciente.

### **3.2 FUNDAMENTOS DEL MÉTODO TRIZ**

En general, se pueden clasificar los problemas en dos grandes grupos: aquellos con solución concreta y aquellos con solución desconocida. Estos últimos caen dentro del campo de la psicología y se les llama problemas inventivos.



Para resolver este tipo de problemas lo común es utilizar herramientas psicológicas tales como el “brainstorming” y el método de prueba – error. Problemas adicionales son la experiencia y la intuición, los cuales son difíciles de transferir a otra persona.

Además, todas las soluciones caen dentro de lo que se llama inercia psicológica, la cual es una manera de limitarse a trabajar únicamente con lo ya conocido. Esto nos genera el problema de que la solución ideal pueda estar fuera del área de conocimientos.

### **3.3 CONDICIONES DEL MÉTODO TRIZ**

Geinrich Altshuller, construye una teoría con las siguientes condiciones:

- 1) Debe ser un procedimiento sistemático paso a paso.
- 2) Debe ser una guía a través de amplios espacios de solución para dirigir los pasos a la solución ideal.
- 3) Debe ser repetible, confiable y no dependiente de las herramientas psicológicas.
- 4) Debe permitir el acceso al cuerpo del conocimiento inventivo.
- 5) Debe permitir agregar elementos al cuerpo del conocimiento inventivo.
- 6) Ser lo suficientemente amigable para los diseñadores, siguiendo la aproximación general para la resolución de los problemas de inventiva.

Además, definió más claramente un problema inventivo como aquél en que la solución causa otro problema; es decir, que cuando algo se mejora, otras cosas empeoran, cuestión que posteriormente llamó contradicción técnica, por ejemplo:

En el caso de una silla de ruedas eléctrica, podría producirse un conflicto entre el parámetro *Peso* y el parámetro *Autonomía*. Si queremos aumentar la autonomía de la silla, hay que aumentar el tamaño de la batería, por lo que comprometemos el peso (la silla de ruedas debe ser lo más ligera

posible). La solución ideal conseguiría aumentar la autonomía y al menos mantener el peso. Un invento elimina la contradicción entre problemas de modo que la solución satisfaga los dos parámetros.

Altshuller descubrió que los mismos problemas habían sido solucionados a menudo basándose en tan sólo cuarenta principios inventivos fundamentales.

### **3.4 CLASIFICACIÓN DE SOLUCIONES**

**Nivel uno. Problemas de diseño rutinarios, solucionados por métodos conocidos dentro de la especialidad.** No es necesaria ninguna invención. Aproximadamente el 32% de las soluciones se ubicó en este nivel.

**Nivel dos. Mejoras menores a un sistema existente, por métodos conocidos dentro de la industria.** Por lo general con algún compromiso. Aproximadamente el 45% de las soluciones se ubicó en este nivel.

**Nivel tres. Mejora fundamental a un sistema existente, por métodos conocidos fuera de la industria.** Las contradicciones se resolvieron. Aproximadamente el 18% de las soluciones se ubicó en esta categoría.

**Nivel cuatro. Una generación nueva que usa un principio nuevo para realizar las funciones primarias del sistema.** Las soluciones se encuentran más en la ciencia que en la tecnología. Aproximadamente el 4% de las soluciones se ubicó en este nivel.

**Nivel cinco. Un descubrimiento raro o invención pionera de un sistema esencialmente nuevo.** Aproximadamente el 1% de las soluciones se ubicó en esta categoría.

En resumen, Altshuller llegó a la conclusión de que cerca del 90% de los problemas a los que los ingenieros hacen frente ya han sido resueltos en alguna otra parte. En concreto, llegó fundamentalmente a las siguientes conclusiones:

1. Los problemas y soluciones se repiten en distintas industrias y ramas de la ciencia.
2. Los modelos de evolución técnica se repiten también en industrias y disciplinas científicas.
3. Muchas innovaciones utilizan efectos científicos fuera del campo donde se han desarrollado.

Mucha de la práctica del método TRIZ consiste en aprehender estos modelos repetitivos de soluciones a problemas, así como modelos de evolución técnica, métodos de utilización de efectos científicos y aplicar los modelos generales del método TRIZ a la situación concreta a la que se enfrenta el inventor.

Altshuller derivó de estos problemas, contradicciones y soluciones en esas patentes, una teoría de resolución de problemas inventivos que llamó TRIZ.

TRIZ es un método que da sus mejores resultados cuando se aplica a la resolución de problemas de tipo tecnológico, pues su campo de aplicación se centra en la resolución de contradicciones técnicas y físicas.

En definitiva, se debe usar el método TRIZ cuando el planteamiento de un diseño genere una situación en la que al mejorar una característica se empeora otra y se desea eliminar dicha situación al buscar una solución satisfactoria de manera que las dos características del producto mejoren.

### **3.5 MÉTODO TRIZ: LA TEORÍA DE LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE INVENTIVA**

Existen varias leyes en la teoría de TRIZ. Una de ellas es la llamada “Ley de la Idealidad Creciente”, la cual postula que los sistemas técnicos evolucionan hacia grados crecientes de idealidad, entendiéndola ésta como la relación entre la suma de los efectos positivos del sistema y la suma de sus efectos negativos.

Normalmente, cuando la mejora de una característica positiva del sistema, conduce a un incremento de otra característica negativa, hay que buscar un término medio. Sin embargo, la ley de Idealidad Creciente pretende eliminar la búsqueda de término medio, eliminando las contradicciones del diseño.

### 3.5.1 EL PROCESO DE TRIZ PASO A PASO

Los pasos son similares a los utilizados para resolver un problema matemático concreto, al cual se le realiza una abstracción para convertirlo en un problema abstracto, se le aplica un operador abstracto, y se obtiene una solución abstracta y con ésta, al especificarse, se obtiene una solución concreta de una manera más rápida que al aplicar una prueba y error con diversos valores. En la siguiente figura se muestra cómo mediante estos pasos se resuelve una ecuación de 2° grado.

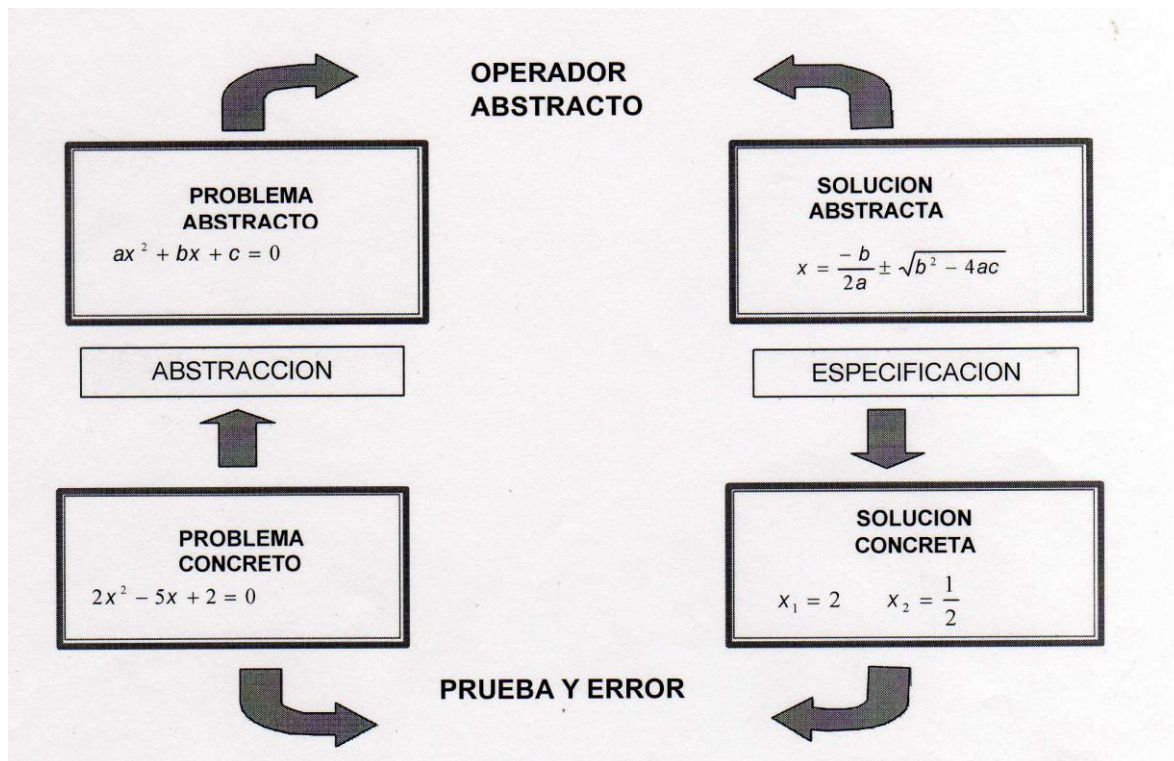
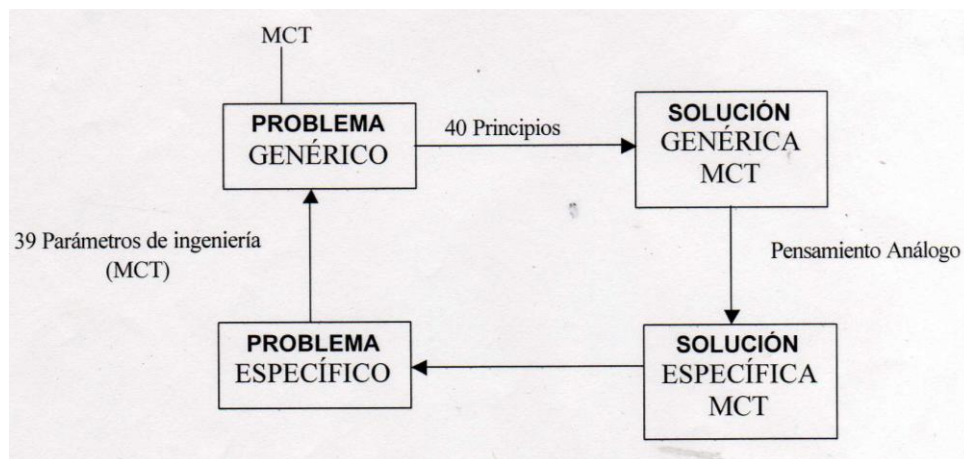


Fig.59 Resolución de ecuación 2º grado por deducción, similar a TRIZ.

Debemos aclarar que esta abstracción puede no ser lo suficiente para resolver el problema y se deberá realizar una nueva abstracción o varias

hasta el infinito para lograr obtener un operador que facilite una solución abstracta del problema; después, la solución general debe volverse específica tantas veces como el nivel de abstracción, para llegar a una solución concreta.

Trasladándolo en términos de TRIZ nuestro diagrama quedaría de la siguiente manera:



**Fig.60** Pasos del método TRIZ, donde MCT abrevia “matriz de contradicciones técnicas”

El proceso de TRIZ comprende 4 pasos principales:

- a) Identificación del problema.
- b) Formulación del problema.
- c) Búsqueda de soluciones ya aportadas al problema y;
- d) Búsqueda de soluciones análogas y adaptación del problema.

a) Identificación del problema

La identificación del problema en términos del TRIZ consiste en determinar las características del sistema sometido a estudio, su entorno de operación (cuáles son las condiciones o requerimientos que debe cumplir el producto), los parámetros (que definen al producto), la función positiva primaria, los efectos negativos y el resultado ideal.

## b) Formulación del problema

Consiste en reformular el problema en términos de contradicciones físicas, para lo cual hay que detectar qué problemas podrían surgir al tratar de mejorar una de las características técnicas del sistema. Por ejemplo, podría haber contradicciones entre la resistencia y el peso o entre la comodidad y las dimensiones de un objeto.

## c) Búsqueda de soluciones ya aportadas al problema

En cuanto a la búsqueda de soluciones ya aportadas al problema, de una revisión de cerca de 1'500,000 de patentes de todo el mundo, Altshuller dedujo un total de 39 características que causan conflicto. Son los llamados 39 parámetros técnicos. Lo primero es entonces localizar los principios de ingeniería que entran en conflicto, a partir de ello es posible encontrar qué principio hay que modificar, qué principio genera un efecto secundario indeseable y por tanto formular el conflicto técnico.

### **3.5.2 LOS 39 PARÁMETROS TÉCNICOS**

Lista de los 39 parámetros técnicos:

1. Peso de un objeto en movimiento
2. Peso de un objeto en reposo
3. Longitud de un objeto en movimiento
4. Longitud de un objeto en reposo
5. Área de un objeto en movimiento
6. Área de un objeto en reposo
7. Volumen de un objeto en movimiento
8. Volumen de un objeto en reposo
9. Velocidad
10. Fuerza
11. Esfuerzo, presión
12. Forma
13. Estabilidad del objeto

14. Resistencia
15. Durabilidad de un objeto en movimiento
16. Durabilidad de un objeto en reposo
17. Temperatura
18. Brillo
19. Energía consumida por un objeto en movimiento
20. Energía consumida por un objeto en reposo
21. Potencia
22. Consumo de energía
23. Consumo de sustancia
24. Pérdida de información
25. Consumo de tiempo
26. Cantidad de sustancia
27. Fiabilidad
28. Precisión de medida
29. Precisión de fabricación
30. Factores perjudiciales sobre un objeto
31. Efectos perjudiciales laterales
32. Posibilidad de fabricación
33. Conveniencia de uso
34. Facilidad de reparación
35. Adaptabilidad
36. Complejidad del elemento
37. Complejidad de control
38. Grado de automatización
39. Productividad

Estos parámetros se pueden clasificar en 3 grupos:

**Grupo 1, parámetros físicos y geométricos comunes.**

1 y 2 – peso: la masa del subsistema, elemento, o técnica en un campo gravitacional. La fuerza que el cuerpo ejerce sobre su soporte o suspensión, o sobre la superficie sobre la que descansa.

3 y 4 – longitud: una característica geométrica descrita como la porción de una línea (recta o curva y no necesariamente la más larga) que se puede medir por cualquier unidad de dimensión lineal, tales como metro, pulgada, etc.

5 y 6 – área: una característica geométrica descrita como la parte de un plano encerrada por una línea continua y finita que puede ser medida en una unidad de dimensión cuadrada. La parte de una superficie ocupada por el subsistema.

7 y 8 – volumen: una característica descrita como la parte de un espacio que puede ser medida en unidades de dimensión cúbica. La parte del espacio, sea externo o interno, ocupada por el subsistema.

9 - velocidad: la velocidad del subsistema. La velocidad del proceso o acción en tiempo que puede ser medida por una unidad lineal de longitud dividida entre una unidad de tiempo.

10 - fuerza: cualquier interacción que puede cambiar la condición del subsistema debido a la interacción entre los subsistemas.

11 - esfuerzo o presión: tensión sobre o dentro del subsistema.

12 – forma: los contornos externos, los límites, la separación del subsistema del ambiente u otros subsistemas. La apariencia del subsistema en el espacio.



17 – temperatura: la condición térmica del subsistema. Libremente incluye otros parámetros térmicos, tales como capacidad calorífica, que afecta la velocidad en el cambio de temperatura.

18 – brillo: Flujo de luz por unidad de área. También cualquier otra característica de iluminación del subsistema, como intensidad de la luz, grado de iluminación.

21 – potencia: el tiempo estimado de energía utilizada debido a las funciones realizadas por el subsistema.

### **Grupo 2, parámetros técnicos independientes negativos**

15 y 16 – duración de la acción: el tiempo durante el cual el subsistema puede realizar funciones útiles y/o neutrales (durabilidad). Se puede estimar como el período promedio entre fallas, la vida útil.

19 y 20 – energía gastada por el subsistema: el requerimiento del subsistema (como electricidad o rotación) para realizar una función particular. A menudo, la energía es dada por el macrosistema.

22 – desperdicio de energía: uso de energía (como calor) que no contribuye a que el trabajo sea realizado (compare con 19 y 20). Reducir la pérdida de energía requiere heurísticos que son diferentes a los heurísticos que mejoran el uso de energía. En consecuencia, el desperdicio de energía es un parámetro distinto.

23 – desperdicio de sustancia: Pérdida parcial o completa, temporal o permanente, de algunos de los materiales o elementos del subsistema.

24 – pérdida de información: pérdida parcial o completa, temporal o permanente, de datos o acceso a éstos en o por el subsistema. Frecuentemente se incluyen datos sensitivos como el aroma, textura, etc.

25 – desperdicio de tiempo: tiempo es la duración de una actividad. Mejorar la pérdida de tiempo significa reducir el tiempo que toma una actividad. “Reducción del tiempo del ciclo” es un término común.

26 – cantidad de sustancia: el número de materiales o elementos del subsistema que pueden ser cambiados total o parcialmente, temporal o permanentemente.

30 – factores dañinos actuando sobre el sistema: susceptibilidad del subsistema a los efectos dañinos externos.

31 – efectos secundarios dañinos: un efecto dañino provocado por el subsistema como parte de su operación dentro de la técnica, y que reduce la eficiencia o calidad del funcionamiento del subsistema o de la técnica entera. Véanse también los parámetros 14, 36, 37.

### **Grupo 3, parámetros técnicos independientes positivos.**

13 – estabilidad del subsistema: la habilidad del subsistema de guardar su integridad. La estabilidad de los elementos del subsistema en el tiempo. El gasto, la descomposición química, el desensamble, y crecimiento de la entropía son causas de la disminución en la estabilidad.

14 – resistencia: la habilidad del subsistema para resistir al cambio en respuesta a la fuerza. Resistencia a romperse.

27 – confiabilidad: la habilidad del subsistema para realizar sus funciones planeadas en formas y condiciones predecibles.

28 – precisión de mediciones: la cercanía del valor con respecto al verdadero valor del parámetro del subsistema.

29- precisión de manufactura: la cercanía con las verdaderas características del subsistema con las características especificadas o requeridas que pueden ser alcanzadas durante la producción del subsistema. (Nótese que a menudo la precisión de la manufactura está relacionada con la calidad del subsistema)

32 – conveniencia de manufacturabilidad: el grado de facilidad, comodidad, soltura o falta de esfuerzo en la manufactura o fabricación del subsistema.

33 – conveniencia de uso: simplicidad y facilidad de operación. La técnica no es conveniente si necesita muchos pasos para operar o necesita herramientas especiales, trabajadores altamente capacitados, etc. A menudo, un proceso conveniente tiene una alta productividad debido a la posibilidad de hacerlo bien.

34 – conveniencia de reparabilidad: características de la calidad como conveniencia, comodidad, simplicidad y tiempo para reparar errores, fallas o defectos en el subsistema.

35 – adaptabilidad: la habilidad del subsistema para responder positivamente a los cambios externos, y la versatilidad del subsistema que puede ser usado en muchas formas bajo una variedad de circunstancias.

36 – complejidad: el número y diversidad de elementos y las interrelaciones de estos elementos y el subsistema. El usuario puede ser un elemento del subsistema que aumenta su complejidad. La dificultad del manejo del subsistema es una medida de su complejidad.

37 – complejidad de control: medir o monitorear los subsistemas que son difíciles y costosos, y que requieren mucho tiempo y trabajo para ser instalados y usados, que tienen relaciones confusas entre componentes, o que tienen componentes que interfieren con otros, demostrando “dificultad para detectar y medir”.

38 – nivel de automatización: la habilidad del subsistema para realizar sus funciones sin interferencia humana. El menor nivel de automatización es el uso de una herramienta operada manualmente. Para niveles intermedios, los humanos programan la herramienta, observan la operación y reprograman o interrumpen cuando es necesario. En el nivel más alto, la máquina percibe las

necesidades de operación, se programa sola y monitorea sus propias operaciones.

39 – productividad: el número de funciones realizadas por el subsistema o de toda la técnica por unidad de tiempo. El tiempo para cada función u operación. La producción por unidad de tiempo o el costo por unidad de producción.

d) Búsqueda de soluciones análogas y adaptación al problema

Por lo que toca a la búsqueda de soluciones análogas y adaptación al problema, Altshuller extrajo del examen minucioso de patentes 40 principios inventivos. Se trata de sugerencias que ayudan al ingeniero a encontrar una solución inventiva al problema.

### **3.5.3 LOS 40 PRINCIPIOS INVENTIVOS**

Los 40 principios inventivos son:

<p>1. Segmentación</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a) Dividir un objeto en partes independientes.</li><li>b) Hacer un objeto por secciones.</li><li>c) Incrementar el grado de segmentación.</li></ul>
<p>2. Extracción</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a) Extraer (eliminar o separar) una parte o propiedad de un objeto.</li><li>b) Extraer sólo lo necesario.</li></ul>

<p>3. Cualidad local</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a) Transición de una estructura homogénea de un objeto a una heterogénea.</li><li>b) Diferentes partes del objeto realizan diferentes funciones.</li><li>c) Colocar las distintas partes de un objeto bajo las condiciones más favorables para su funcionamiento.</li></ul>
<p>4. Asimetría</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a) Sustituir una forma simétrica por una asimétrica.</li><li>b) Incrementar el grado de asimetría.</li></ul>
<p>5. Combinar</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a) Combinar en el espacio objetos homogéneos u objetos destinados a realizar operaciones contiguas.</li><li>b) Combinar en el tiempo operaciones contiguas.</li></ul>
<p>6. Universalidad</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a) Hacer que los objetos realicen varias funciones, eliminando otros.</li></ul>
<p>7. Anidar</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a) Colocar los objetos unos dentro de otros</li><li>b) Hacer pasar un objeto por la cavidad de otro.</li></ul>

<p>8. Contrapeso</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a) Compensar el peso de un objeto con la adición de otro que tenga fuerza de elevación.</li><li>b) Compensar el peso de un objeto con un ambiente con fuerzas aero o hidrodinámicas.</li></ul>
<p>9. Adelantar la acción opuesta</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a) Realizar una acción opuesta previamente.</li><li>b) Si un objeto va a estar bajo tensión, proveer la tensión opuesta antes.</li></ul>
<p>10. Adelantar acción</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a) Realizar la acción o parte de ella por anticipado.</li><li>b) Disponer los objetos de modo que entren en acción adecuadamente.</li></ul>
<p>11. Amortiguar por anticipado</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a) Compensar la posible baja fiabilidad de un objeto mediante medidas tomadas por anticipado.</li></ul>
<p>12. Equipotencialidad</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a) Cambiar las condiciones de trabajo de manera que un objeto no tenga que ser elevado o descendido.</li></ul>

### 13. Inversión

- a) En lugar de una acción dictada por las especificaciones del problema, producir la acción contraria.
- b) Hacer las partes móviles fijas y viceversa.
- c) Dar la vuelta al objeto.

### 14. Esfericidad

- a) Sustituir partes lineales o superficies planas por curvas, o formas cúbicas por esféricas.
- b) Utilizar bolas, espirales...
- c) Reemplazar movimiento lineal por rotacional, usar fuerzas centrífugas...

### 15. Dinamismo

- a) Hacer que el objeto se ajuste automáticamente para el funcionamiento óptimo en cada nivel de operación.
- b) Dividir un objeto en elementos que pueden cambiar sus posiciones relativas.
- c) Hacer un objeto móvil o intercambiable.

### 16. Acción parcialmente efectuada

- a) Cuando es difícil obtener el 100% de un efecto deseado, alcanzar un cierto porcentaje simplifica el problema.

17. Mover a otra dimensión

- a) Desplazar un movimiento lineal a uno en un plano.
- b) Usar ensamblajes multicapa en lugar de una única capa.
- c) Inclinar el objeto o situarlo sobre su lado.

18. Vibración mecánica

- a) Hacer oscilar un objeto.
- b) Incrementar la oscilación, si ya existe.
- c) Usar frecuencias de resonancia.
- d) Utilizar piezovibradores, en lugar de vibradores mecánicos.
- e) Usar vibración ultrasónica combinada con campos electromagnéticos.

19. Acción periódica

- a) Sustituir una acción constante por una periódica.
- b) Cambiar la frecuencia de una acción periódica.
- c) Utilizar pulsos entre impulsos para proveer una acción adicional.

20. Continuidad de una acción útil

- a) Realizar una acción útil continuamente de modo que todas las partes del objeto trabajen a plena capacidad.
- b) Eliminar movimientos intermedios o improductivos.



<p>21. Pasar rápidamente.</p> <p>a) Realizar las acciones negativas de manera muy rápida.</p>
<p>22. Convertir lo negativo en positivo.</p> <p>a) Utilizar los efectos negativos para conseguir uno positivo.</p> <p>b) Eliminar un efecto negativo combinándolo con otro.</p> <p>c) Incrementar la cantidad de acción negativa hasta que deja de serlo.</p>
<p>23. Realimentar.</p> <p>a) Introducir realimentación.</p> <p>b) Si ya existe, invertirla.</p>
<p>24. Mediadores</p> <p>a) Usar un objeto intermedio para desempeñar una acción.</p> <p>b) Conectar temporalmente un objeto a otro fácil de eliminar.</p>
<p>25. Autoservicio</p> <p>a) Hacer que el objeto se sirva a sí mismo o realice tareas de mantenimiento.</p> <p>b) Hacer uso de la energía y el material consumidos.</p>

26. Copiar

- a) Usar copias simples y económicas en lugar de objetos complejos, más caros, frágiles o difíciles de manejar.
- b) Sustituir un objeto por su copia óptica o imagen.
- c) Si se usan copias visibles, reemplazar por copias infrarrojas o ultravioletas.

27. Duración

- a) Sustituir objetos caros duraderos por varios baratos intercambiables.

28. Cambio del sistema mecánico

- a) Sustituir un sistema mecánico por uno óptico, acústico, olfativo...
- b) Utilizar campos electromagnéticos.
- c) Sustituir campos estáticos por móviles, constantes por variables, etc.
- d) Usar un campo combinado con partículas magnéticas.

29. Neumático o hidráulico

- a) Reemplazar partes sólidas de un objeto por un gas o un líquido.

30. Membranas flexibles o película delgada

- a) Reemplazar configuraciones tradicionales por otras membranas.
- b) Aislar objetos de su entorno mediante películas o membranas.

<p>31. Usar material poroso</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Hacer un objeto poroso o añadir elementos porosos.</li> <li>b) Rellenar los poros con alguna sustancia.</li> </ul>
<p>32. Cambiar el color</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Cambiar el color de un objeto.</li> <li>b) Cambiar el grado de transparencia de un objeto o proceso difícil de ver.</li> <li>c) Usar aditivos colorantes.</li> <li>d) Emplear elementos luminiscentes.</li> </ul>
<p>33. Homogeneidad</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Hacer del mismo material o de otro con comportamiento similar los objetos que interaccionan con uno primario.</li> </ul>
<p>34. Rechazar o regenerar partes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Una vez que cumple su función, eliminar o modificar el objeto.</li> <li>b) Reponer inmediatamente cualquier parte desgastada de un objeto.</li> </ul>
<p>35. Transformación del estado físico o químico de un objeto</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Cambiar el estado de agregación de un objeto, distribución de densidad, grado de flexibilidad, temperatura...</li> </ul>
<p>36. Cambio de fase</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Incluir un efecto durante un cambio de fase.</li> </ul>

<p>37. Expansión térmica</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Usar un material que se expande por el calor.</li> <li>b) Usar varios materiales con diferentes coeficientes de expansión térmica.</li> </ul>
<p>38. Usar oxidantes fuertes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Sustituir aire normal con aire enriquecido.</li> <li>b) Sustituir aire enriquecido por oxígeno.</li> <li>c) Tratar un objeto en aire u oxígeno con radiación ionizada.</li> <li>d) Usar oxígeno ionizado.</li> </ul>
<p>39. Ambiente inerte</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Cambiar el ambiente normal por uno inerte.</li> <li>b) Llevar a cabo el proceso en vacío.</li> </ul>
<p>40. Materiales compuestos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Reemplazar un material homogéneo por uno compuesto.</li> </ul>

### 3.5.4 MATRIZ DE CONTRADICCIONES TÉCNICAS

Para saber qué Principios Inventivos emplear en cada caso, Altshuller construyó la Matriz de Contradicciones Técnicas. Dicha matriz tiene como entradas en filas los 39 Parámetros Técnicos (considerados como efectos secundarios indeseables) y como entradas en columnas los mismos parámetros pero considerados como características a mejorar.

Las celdas de la matriz presentan números que remiten a los principios inventivos adecuados para cada contradicción.

Evidentemente los principios no son una solución directa a la contradicción, sino una línea de razonamiento para encontrar la solución. Las casillas de la matriz que quedan vacías corresponden a contradicciones técnicas que no se pueden dar o que no están resueltas.

En la figura siguiente se muestra un ejemplo de cómo se usa la MTC (Matriz de contradicciones técnicas) donde los números dentro del recuadro representan los principios inventivos resultantes.

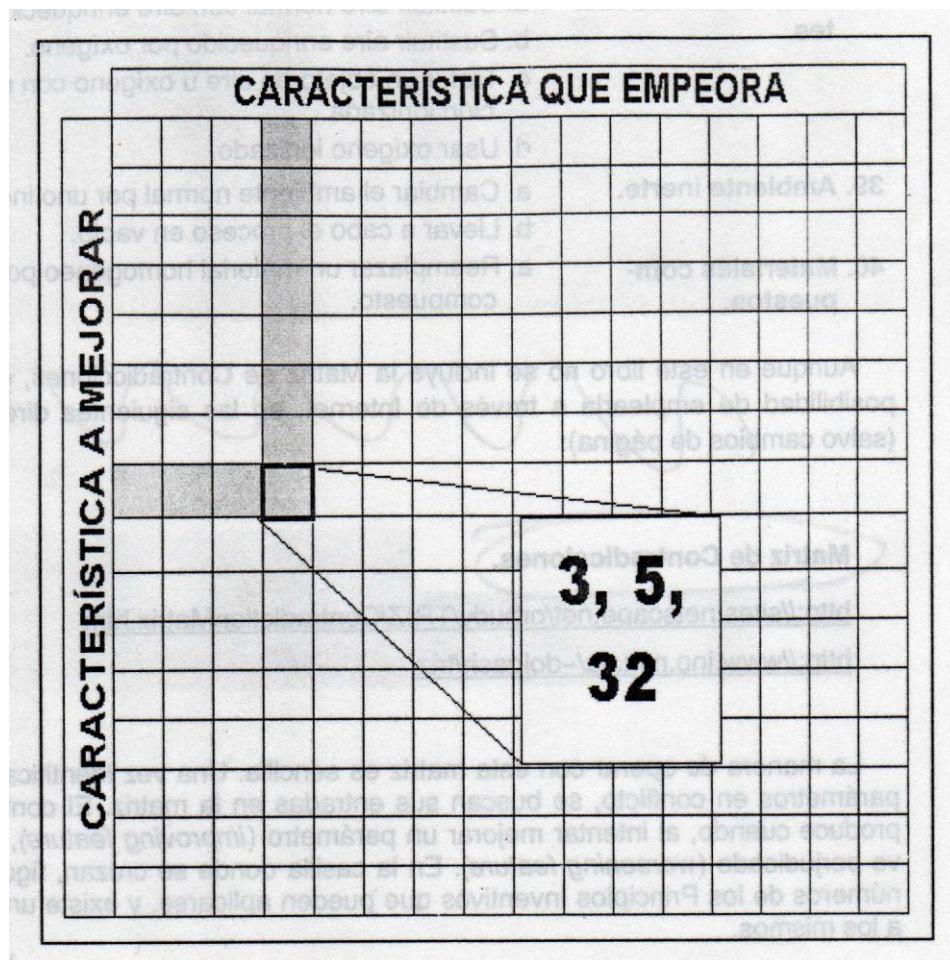


Fig 61. Matriz de Contradicciones Técnicas

TRIZ no es simplemente una matriz. Altshuller elaboró toda una teoría sobre la evolución de los conceptos inventivos de la cual sólo hemos visto una pequeña muestra.

En el siguiente capítulo veremos la aplicación práctica de TRIZ en el diseño de la andadera.

## **CAPÍTULO 4**

# **APLICACIÓN DE TRIZ EN LA REALIZACIÓN DEL DISEÑO DE LA ANDADERA Y SELECCIÓN DE MODELO**

Como ya apuntamos, G. Altshuller estableció que un problema inventivo genera lo que definió como contradicción técnica, esto es, que la solución causa otro problema, es decir que se produce un conflicto entre parámetros.

Usamos TRIZ, porque representó el sistema adecuado para encontrar la satisfacción entre varias características de nuestro diseño; era la manera de eliminar la situación de conflicto.

### **4.1 SOLUCIÓN DE EN BASE AL MÉTODO TRIZ**

Como ya se mencionó en el capítulo anterior, el método TRIZ comprende 4 pasos principales:

- a) Identificación del problema.
- b) Formulación del problema.
- c) Búsqueda de soluciones ya aportadas al problema.
- d) Búsqueda de soluciones análogas y adaptación del problema.

En cuanto al paso:

#### **a) Identificación del problema:**

El problema es hacer una andadera que pueda subir y bajar escaleras.

#### **b) Formulación del problema:**

Este consistió en realizar un cuadro en el cual se plasmaban las relaciones entre la andadera y los elementos con los que interactúa y definir qué tan satisfactorias eran estas relaciones.

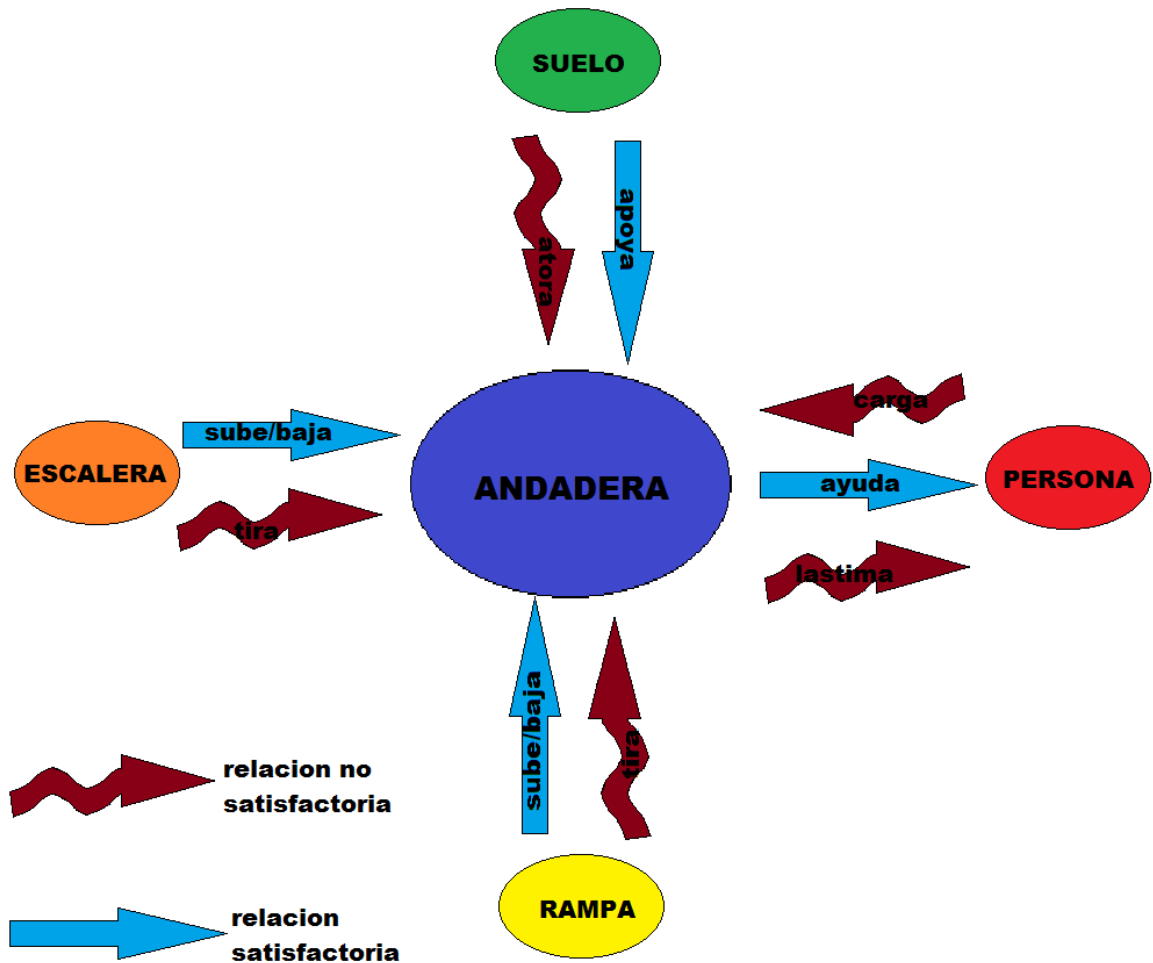


Fig. 62 Diagrama de interacción de andadera con algunos elementos.

De este diagrama se desprendió que las relaciones poco satisfactorias fueron:

- I) Escalera y rampa → tiran → andadera
- II) Suelo → atora → andadera
- III) Persona → carga → andadera o Andadera → lastima → persona

### c) Búsqueda de soluciones ya aportadas al problema:



Las interacciones poco satisfactorias se tradujeron en una relación entre dos de los parámetros propuestos por Altshuller.

**I) Escalera y rampa→ tiran→andadera**

Se tradujo en los parámetros técnicos a:

13.-Estabilidad del objeto VS 11.-Esfuerzo o presión

**II) Piso→atora→andadera**

Se tradujo a:

13.-Estabilidad del objeto VS 22.-Consumo de energía

**III) Persona→carga→andadera o Andadera→lastima→persona**

Se tradujo a:

1.-Peso de un objeto en movimiento vs 22.-Consumo de energía

**d) Búsqueda de soluciones análogas y adaptación del problema:**

Introduciendo estas relaciones en la Matriz de Contradicciones se obtuvo lo siguiente:

**I) 13.- Estabilidad del objeto VS 11.- El Esfuerzo o la presión**

La Matriz TRIZ propone los siguientes principios para resolver esta contradicción:

## **2. Extracción**

### **35. Parámetro cambios**

#### **1. Los materiales compuestos**

De estos principios obtenidos se utilizaron el 35 y el 40 en los diseños al hacer más flexible las estructuras de las andaderas al ponerles articulaciones y proponer una andadera hecha de materiales compuestos.

### **II) 13.- Estabilidad del objeto VS 22.- Pérdida de energía**

La Matriz TRIZ propone los siguientes principios para resolver esta contradicción:

#### **14. Esfericidad – Curvatura**

##### **2. Extracción**

##### **6. Universalidad**

De éstos, utilicé el 14 en los diseños al colocarle ruedas a las andaderas para facilitar su uso y permite que se deslicen.

### **III) 1.- Peso del objeto en movimiento VS 22.- Pérdida de energía**

La Matriz TRIZ propone los siguientes principios para resolver esta contradicción:

##### **2. Extracción**

##### **6. Universalidad**

##### **19. Periodicidad de las acciones**

### **34. El descarte y la recuperación**

De éstos, utilicé el principio 2 al proponer tubos de aluminio para la estructura de los modelos en lugar de varillas sólidas para hacerla más ligera.

Con la elección de estos principios se suscitó un nuevo problema en el funcionamiento de la andadera al subir y bajar escaleras, motivo por el cual se tuvo que retomar el método TRIZ para darle solución:

A) El nuevo problema es que:

**Que las ruedas se resbalan en la escalera**

B) Se tradujo a la relación:

**Escalera → no frena → rueda**

C) A su vez se tradujo a la relación entre los parámetros:

### **35.- Adaptabilidad VS 12.- Forma**

D) La matriz de contradicciones nos dio los principios :

#### **1. Segmentación**

#### **15. Dinamismo**

#### **29. Neumático o hidráulico**

De éstos, se utilizaron los principios 1 y 15, al segmentar en los diseños las piernas de las andaderas y de esta manera permitir que se fuera modificando la longitud de éstas y por tanto se lograra un apoyo firme en los escalones.

## 4.2 PROPUESTAS DE DISEÑO

Como resultado de todo este proceso de diseño y en conjunto con el análisis de patentes realizado obtuve tres posibles diseños de andadera a reserva de analizar cuál de los tres se acercaba más a la solución ideal:

1.- Andadera flexible con esqueleto de acero y forrada de hule: este modelo al estar diseñado en material compuesto, permite la modificación del ángulo de las articulaciones para lograr apoyarse en la escalera.

En la figura 62 se muestra la vista lateral de la andadera, (las barrillas de acero del esqueleto se representan en color gris y el hule en negro) un momento antes de amoldarse a la escalera y ya apoyada sobre la misma, respectivamente.

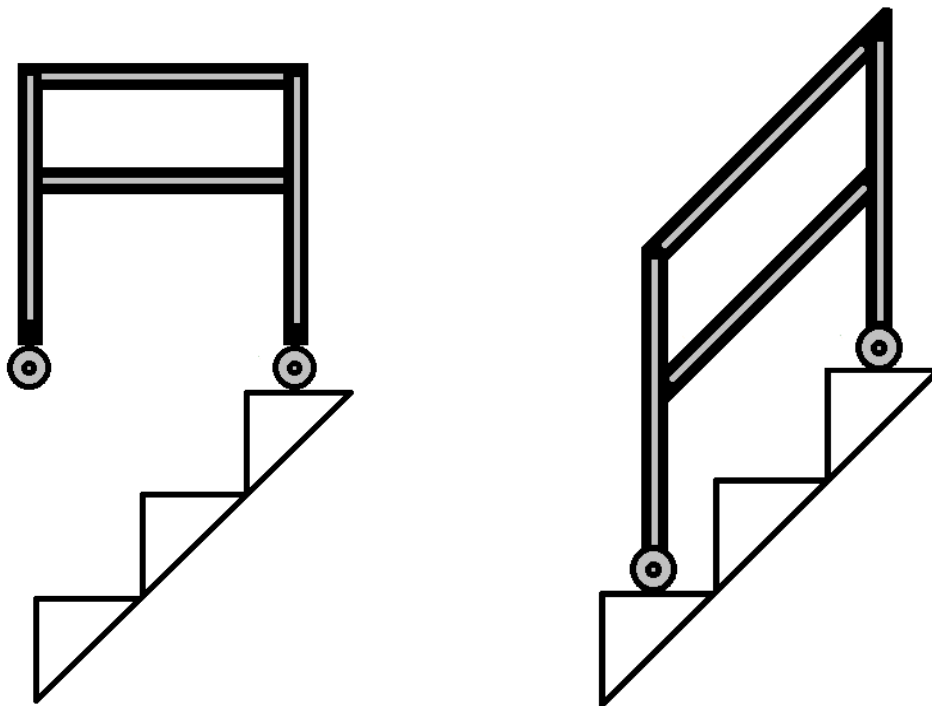


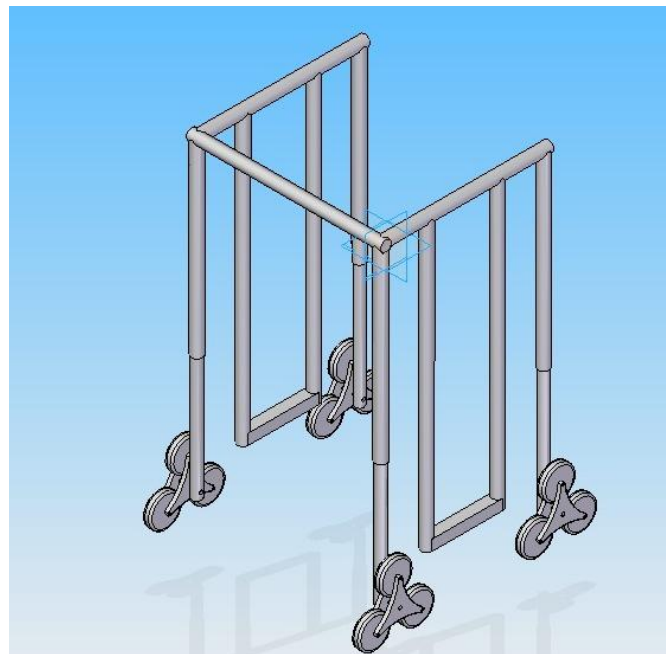
Fig. 63 Boceto de la primera propuesta de andadera.

Con respecto al sistema de frenado, en las siguientes figuras se muestran la vista frontal y lateral de cómo al imprimir presión sobre la estructura, el eje de la llanta se deslizaría en el tubo y permitiría el frenado.



**Fig. 64** Diagrama de funcionamiento de las ruedas de la 1° propuesta de andadera.

2.- Andadera con mecanismo de triple rueda: este diseño está ideado para manufacturarse en aluminio y cuenta con un mecanismo de resorte que permite aumentar o disminuir la longitud de las piernas y de esta manera se pueda ir amoldando a la forma de las escaleras; cada pierna posee además un mecanismo TRISTAR el cual consta de un triángulo que alberga una rueda en cada punta.



**Fig. 65** Segunda propuesta de andadera

3.-Andadera con orugas: este diseño también está pensado para fabricarse en aluminio y consta de un mecanismo de cuatro barras a cada lado el cual podría imitar la inclinación de escalera, para desplazarse utilizaría un sistema

de oruga con llantas de 30 centímetros y finalmente para su frenado contaría con un sistema de barras y resortes que al ejercer presión descenden y detienen el aparato tanto en la escaleras como en el suelo.

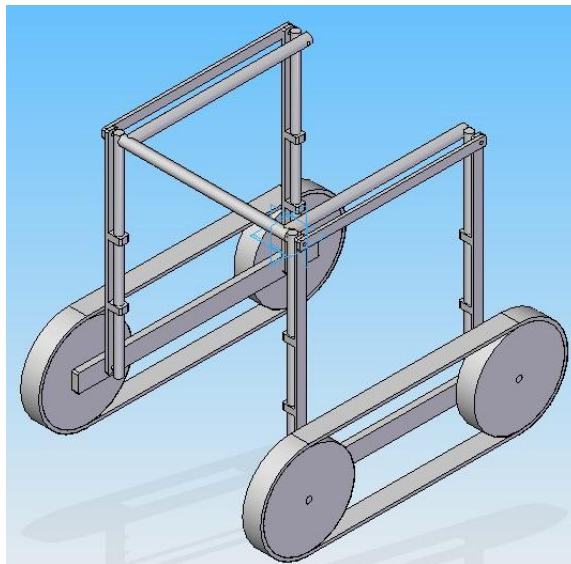


Fig. 66 Tercera propuesta de diseño de andadera.

De estas tres propuestas, se eliminó rápidamente la primera al verse extremadamente inestable y la decisión se limitó a escoger entre los modelos 2 y 3.

### 4.3 SELECCIÓN DE MODELO

Para este fin primeramente se hizo una matriz de jerarquización con los parámetros que se consideraron como los más relevantes en los diseños, esta matriz se muestra a continuación:

	Peso	ergonomia	Altura	N° de partes	Estabilidad	facilidad de manufactura	Puntos	porcentaje	
Peso	0	1	0	2	0	1	4	13.33	
Ergonomía	1	0	1	0	1	1	4	13.33	
Altura	2	1	0	2	0	1	6	20.00	
N° de partes	0	2	0	0	0	1	3	10.00	
Estabilidad	2	1	2	2	0	2	9	30.00	
facilidad de manufactura	1	1	1	1	0	0	4	13.33	
							30	100	TOTAL

Tabla 3. Matriz de jerarquización.

De esta tabla, los elementos más importantes fueron la estabilidad y en menor grado la altura.

Cada parámetro se definió y se cálculo de la siguiente manera:

Peso.- El peso aproximado de las andaderas se obtuvo de un análisis de los modelos tridimensionales realizados en Solid Edge, en los cuales se eligió como materiales para las piezas aluminio y plástico ABS; ya que son materiales ligeros y tienen una resistencia adecuada para soportar los esfuerzos de baja intensidad a los cuales estarían sometidas las partes.

Ergonomía.- Posibilidad de adaptabilidad del diseño a las diversas alturas posibles del usuario, se evaluó de manera cualitativa de la siguiente manera:

100	PUEDA TENER MÁS DE 2 POSICIONES DE ALTURA
50	A MÁXIMO 2 POSICIONES DE ALTURA
0	SÓLO UNA POSICIÓN DE ALTURA

Altura.-Altura máxima de la ayuda técnica, se tomó la altura del los prototipos en Solid Edge.

Nº de partes.- Número de partes de la andadera, fue el resultado de sumar el número de componentes de cada propuesta.

Estabilidad.- Capacidad del objeto de obtener y mantener el equilibrio, de manera cualitativa se hizo de la siguiente manera:

100	MUY ESTABLE
50	ESTABLE
0	INESTABLE

Facilidad de manufactura.- Que no requiera de muchos procesos en su manufactura y que éstos sean lo más sencillos posibles. Se evaluó de manera cualitativa de la siguiente manera:

100	FÁCIL
50	UN POCO COMPLICADA
0	COMPLICADA

Entendiéndose como “fácil” de bajo costo y poco tiempo.

Vertiendo todos estos datos en una matriz de decisión salió lo siguiente:

	Peso (1/Kg) 13.33%	Ergonomia 13.33%	Altura(cm) 20.00%	No. De partes (1/No) 10.00%	Estabilidad 30.00%	Facilmanufactura 13.33%	TOTAL 99.99%
Opción 1 triple rueda	1/8 16.6625	50.00 6.665	100.00 20	1/41 2.43902439	100.00 30	100.00 13.33	89.097
Opción 2 Oruga	1/32 4.165625	100.00 13.33	85.00 17	1/21 4.761904762	50.00 15	50.00 6.665	60.923

**Tabla 4.** Matriz de decisión.

De esta matriz se deduce que la mejor opción es la andadera de triple rueda.



# CAPÍTULO 5

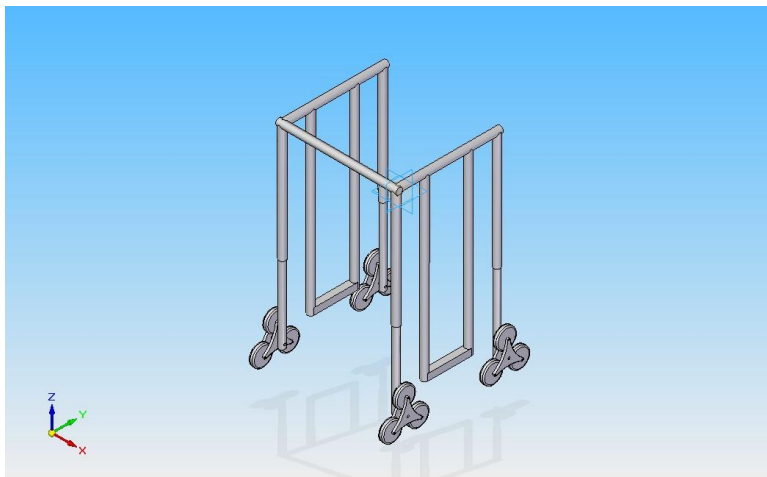
## DISEÑO DE CONFIGURACIÓN

Una vez elegida la mejor solución, en este capítulo se propondrá plantear el diseño de configuración.

### 5.1 CONFIGURACIÓN FINAL Y PIEZAS

Durante el proceso de diseño, la andadera sufrió una serie de modificaciones como se observa a continuación:

Al principio el modelo era muy simple y no contaba con refuerzos en ninguna parte de la estructura.



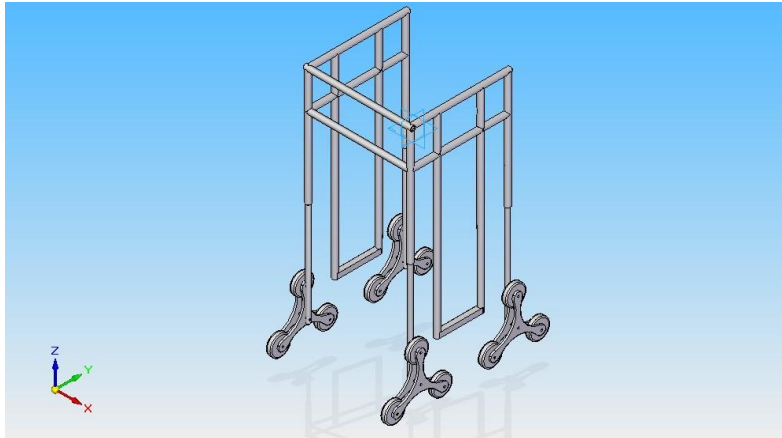
**Fig. 67** Configuración inicial.

Posteriormente se añadieron una serie de refuerzos en la estructura, se hizo más alta para que cuando la persona estuviera bajando las escaleras con ésta, apoyara la estructura en el escalón de abajo y que la andadera aún en esta configuración le diera un apoyo de aprox. 80 cm tomando como referencia el plano en el cual están sus pies.

Por otra parte, durante la el proceso de subir las escaleras o sobre el piso, la andadera le puede proporcionar al usuario un apoyo adecuado igualmente

de 80 cm si esta se sostiene de las barras de refuerzo ubicadas 20cm por debajo.

Por último se rediseñó el triángulo de los apoyos para que pudiera girar de manera relativamente fácil, en los procesos de subir y bajar escaleras, para lo cual se realizaron pruebas con unas piezas hechas en cartón.

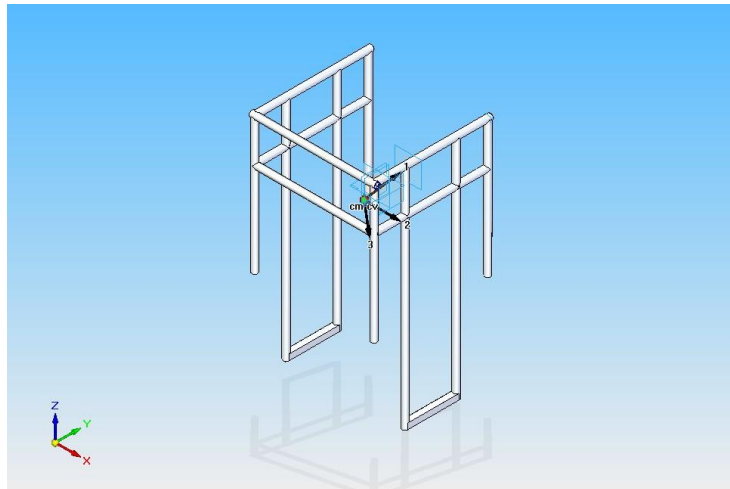


**Fig. 68** Configuración final.

El modelo final de este diseño conceptual, cuenta principalmente con las siguientes piezas:

-Cuerpo de la andadera

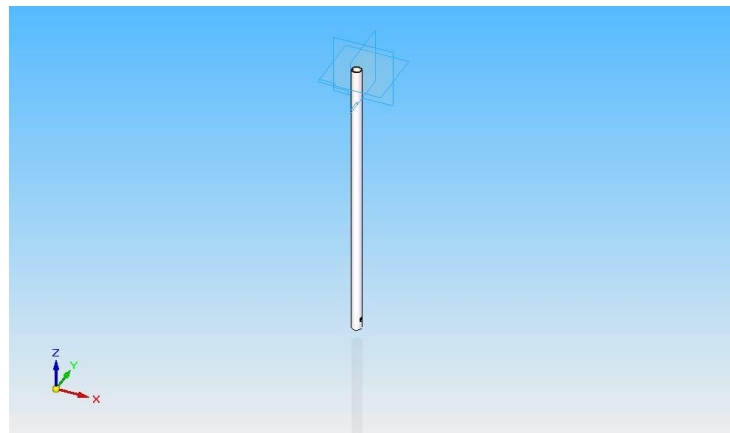
Esta estructura es en la que se apoyará la persona y que recibirá el peso de ésta cuando se apoye. Para su manufactura se cortarían tubos a las medidas correspondientes a partir de tramos de tubería de aluminio de 1" y se van a soldar.



**Fig.69** Cuerpo de andadera.

#### -Barra móvil

Será la que se deslizará por adentro de las piernas del cuerpo de la andadera para disminuir o aumentar la altura de la ayuda técnica por acción del peso de la persona. En este caso se cortarían las barras a partir de tubería de 5/8" y se haría un barrenado para insertar un eje que sostenga el emparedado de triángulos y ruedas.

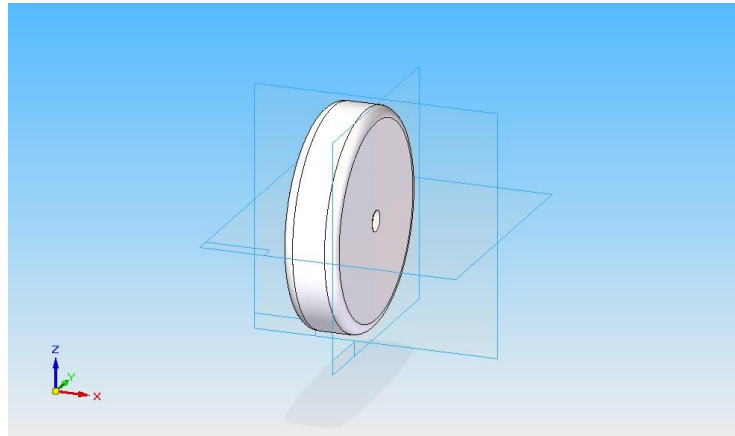


**Fig. 70** Barra móvil.

#### - Ruedas

Se utilizarán de 4" para que por un lado sean lo suficientemente grandes como para que el sistema de los triángulos pueda subir y bajar las escaleras y

al mismo tiempo no sean tan grandes como para provocar un peso excesivo para el usuario. Este tamaño de ruedas se puede conseguir de manera comercial.



**Fig. 71** Rueda de la andera.

#### -Triángulo

Para su diseño, se ideó que la rueda tuviera el sistema llamado “tristar” que se emplea actualmente en algunos montacargas para facilitar el subir y bajar escaleras, para llevarlo a cabo se realizó primero en cartón un modelo, tomando en cuenta que tuviera ruedas tipo carrito de supermercado de 4” de diámetro y que unas escaleras estándar cuentan con 15 cm de contrahuella y 20 cm de huella.



**Fig. 72** Triángulo para sistema TRISTAR.

Para darle mayor resistencia se hizo un sándwich de ruedas con un triángulo en cada tapa.

En cuanto a su manufactura, se mandaría hacer la pieza por control numérico a partir del archivo generado en el programa SOLID EDGE.

## 5.2 CÁLCULO POR EL MÉTODO DE ELEMENTO FINITO

Al ser el triángulo una de las piezas más críticas en el diseño y al ser diseñada en plástico fue necesario hacer un estudio de elemento finito para verificar que ésta resistiera las cargas a las que sería sometida.

Un caso extremo sería apoyar la andadera en una sola pierna de tal manera que el peso sea aplicado a sólo una de las aristas del triángulo y el peso equivalente al ejercido por una persona apoyada en la andadera.

Se hicieron pruebas con distintas personas de diferentes altura y complejiones y se les pidió que se apoyaran en el respaldo de una silla la cual se encontraba sobre una báscula casera, se registró la cantidad de kilogramos que aplicaba cada persona sobre la silla al apoyarse. Los resultados que se encontraron fueron los siguientes:

Peso de la personas en Kg	Peso registrado en Kg	Equivalente del peso registrado en porcentaje
72	24	33.33
85	28	32.94
46	15	32.61
64	21	32.81

**Tabla 5.** Prueba de peso aplicado.

De la tabla anterior, se deduce que una persona aplica aprox. el 33.33% de su peso al utilizar un objeto como apoyo, lo cual se asemeja bastante al peso que descargaría en una andadera. Tomando en cuenta que una persona promedio pesa 70 kg, el peso aplicado sería de 23.33 kg; y poniendo como límite una persona de 90 kg, la carga máxima sería de 30kg, ya que personas

de la tercera edad con un pesos superiores al límite considerado, difícilmente podrían desplazarse con este medio.

Considerando como caso extremo que una persona aplicara la carga máxima de 30 kg a una sola de las patas de la andadera y, como se mencionó anteriormente, en el diseño cada pata posee dos triángulos, la carga que recibiría cada uno sería de 15kg.

Ahora, en cuanto al material, para lograr que el triángulo fuera lo más ligero posible y al mismo tiempo muy resistente, se investigó dentro de los plásticos encontrando el Nylamid, el cual es más resistente que los plásticos comunes y mucho más ligero que los metales.

Dentro de las tablas de características físicas del Nylamid no se encuentra el esfuerzo de cedencia y considerando que este material es básicamente nylon, se utilizó el esfuerzo de cedencia de éste. A continuación se muestra la tabla del nylon encontrada en el programa UNIGRAPHIX que nos ilustra al respecto:

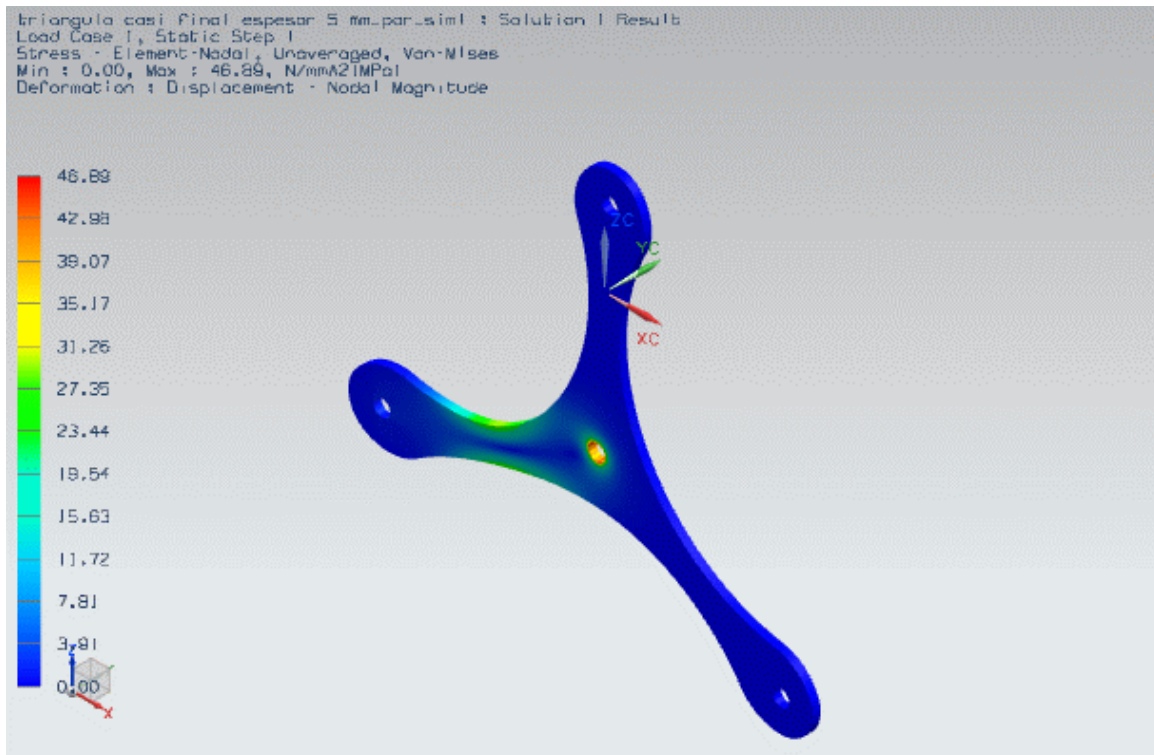
Material Name	Material Category	Material Type	Source		
Nylon	PLASTIC	Isotropic	Library	Category	PLASTIC
				Mass Density (RHO)	1.2e-006 kg/mm <sup>3</sup>
				Youngs Modulus (E)	4e+006 mN/mm <sup>2</sup> (kPa)
				Poissons Ratio (NU)	0.4
				Shear Modulus (G)	Not defined
				Structural Damping Coefficient (GE)	Not defined
				Stress-Strain (H)	Not defined
				Type of Nonlinearity (TYPE)	(null)
				Yield Function Criterion (YF)	(null)
				Hardening Rule (HR)	(null)
				Initial Yield Point (LIMIT1)	Not defined
				Initial Friction Angle (LIMIT2)	Not defined
					(null)
				Yield Strength	58000 mN/mm <sup>2</sup> (kPa)
				Ultimate Tensile Strength	Not defined

**Tabla 6.** Propiedades físicas de Nylon.

El esfuerzo de cedencia de este material es de 58 MPa y su densidad es 1.2 kg/m<sup>3</sup>.

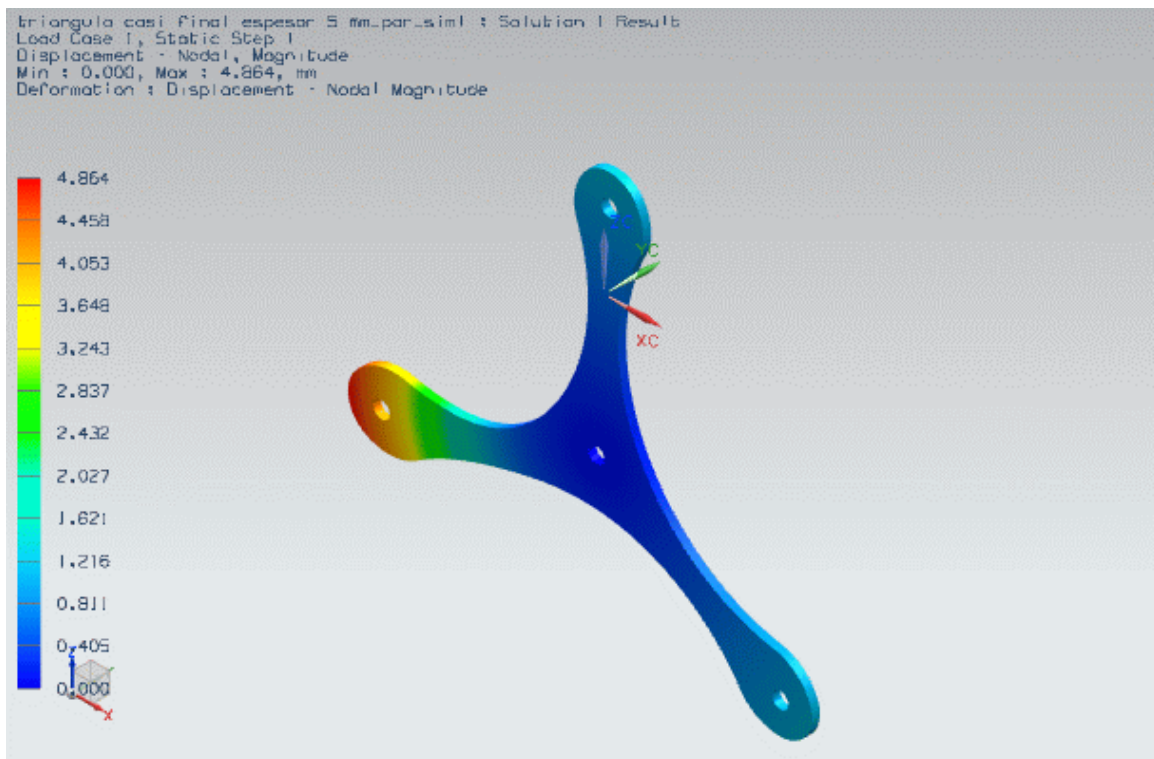
Ahora, para lograr que esta pieza resistiera, se ensayó en UNIGRAPHIX, colocando una carga 150N en una de las piernas y anclando el centro de la pieza, se probó con distintos espesores, primeramente con 5mm:

Para este primer caso, el esfuerzo máximo fue de 46.89 MPa, la pieza resistió; sin embargo, se acercó mucho al esfuerzo de cedencia del nylon.



**Fig.73** Esfuerzo en pieza de 5mm.

Por otra parte el desplazamiento fue de 4.864mm.

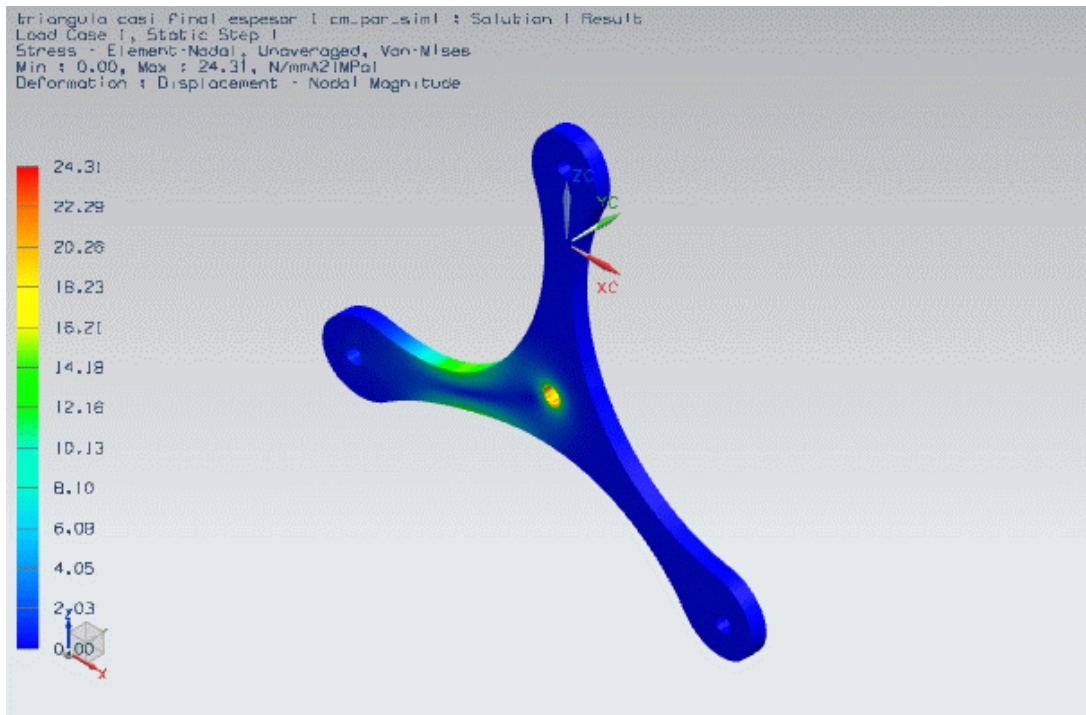


**Fig.74** Desplazamiento en pieza de 5 mm.

Como la estructura de 5mm resistió el esfuerzo cerca del límite del material, se decidió usar un factor de seguridad de 2 con lo cual, después se ensayó con un espesor resultante de  $2 \times 5 \text{ mm} = 1\text{cm}$  en la pieza:

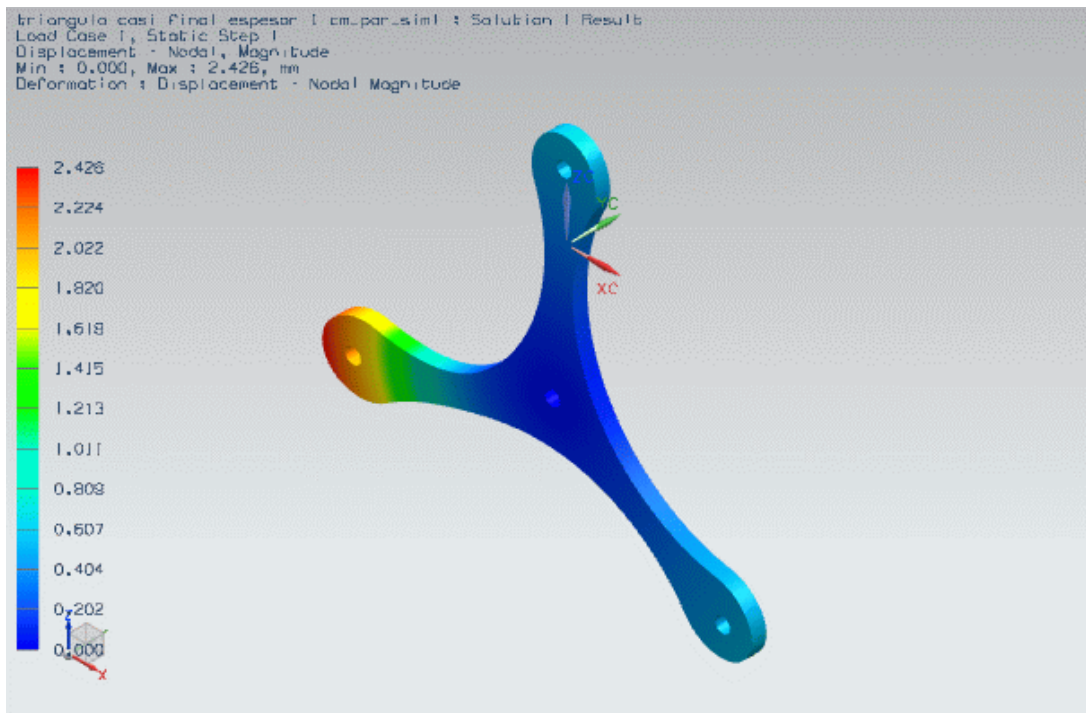
En este segundo caso el esfuerzo disminuyó a 24.31 MPa.





**Fig.75** Esfuerzo en pieza de 1cm.

En cuanto al desplazamiento, éste disminuyó a 2.426 mm.



**Fig.76** Desplazamiento en pieza de 1cm.

Después de estos ensayos, se concluyó que el espesor adecuado para esta pieza sería de 1cm.

### 5.3 CÁLCULO DEL RESORTE

Para lograr el movimiento de las piernas de la andadera se colocarán resortes en éstas, los cuales permitirán una disminución de longitud de las piernas de 40 cm, lo equivalente a aproximadamente 2 escalones, cuando el usuario de recargue en la ayuda técnica; y cuando la persona deje de aplicar presión a la andadera regrese a su posición inicial.

Para este efecto se diseñó un resorte de acuerdo a lo especificado por el libro ***Diseño de Elementos de Máquinas - V. M. Faires en su 4ta Edición.***

Para nuestro resorte se desea que haya una deformación de 40 cm con una carga de 230 N y tomando en cuenta el peso del cuerpo de la andadera el cual, según SOLID EDGE, es de 3kg, la carga total será de 26 N y por relación lineal el alargamiento sería de -45.2174cm.

Sin embargo, como la carga se distribuirá entre las 4 piernas:

$$F_{\max} = F/4 = 260 \text{ N} / 4 = 65 \text{ N}$$

De acuerdo a lo anterior, nuestro problema quedaría definido de la siguiente manera:

Diseñar un muelle helicoidal de compresión con extremos cuadrados y amoldados para soportar una fuerza máxima  $F=65 \text{ N}$ , con una deformación o flecha  $\delta= 45.2174 \text{ cm}$ . Será de uso medio aproximadamente  $10^5$  aplicaciones de la fuerza. El resorte tendrá que actuar entre un tubo de 2.54 cm y uno de 1.587 cm con una longitud libre de 1.10m

## Solución

Habiendo aún tantas incógnitas habrá que admitir algunos supuestos, observando en los apéndices que K (fig. AF 15) no varía mucho dentro del intervalo normal de los resortes, por lo que es atinado admitir  $K=1.3$

Ahora, se determina el espacio que queda entre el tubo interno de las piernas de 1.587 cm y el externo de las piernas que es de 2.54 cm los 2 tipos de tubo son calibres 18 o lo que es lo mismo, tienen un espesor de pared de 0.14 cm

El diámetro medio sería:

$$D_{\text{int del tubo 2.54cm}} = 2.54\text{cm} - (2.54\text{cm}/18) \times 2 = 2.258 \text{ cm}$$

$$D_{1.587 \text{ cm}} = 1.5875 \text{ cm}$$

$$D_m = D_{1.587 \text{ cm}} + (D_{\text{int del tubo 2.54}} - D_{1.587 \text{ cm}})/2 = 1.923\text{cm}$$

Cotejando en la bibliografía la tabla AT 17, una buena opción es diseñar el resorte en alambre cuerda de piano que maneja un diámetro en el rango  $[0.01 < D_w < 0.487]$

De acuerdo a lo planteado en la tabla AT 17 de los apéndices, el esfuerzo es:

$$S_s = \frac{K8FD_m}{\pi D_w^3}$$

Donde  $S_s$  es:

$$S_s = 0.84 \times 3.42 \times \frac{15420 \text{ Kg}_f/\text{cm}^2}{D_w^{0.154}} = \frac{4246.67 \text{ Kg}_f/\text{cm}^2}{D_w^{0.154}} = \frac{42466.7 \text{ N}/\text{cm}^2}{D_w^{0.154}}$$

Y del otro lado de la ecuación tenemos:

$$\frac{K8FD_m}{D_w^3} = \frac{1.3 \times 8 \times 65 \times 1.923 \text{ N}/\text{cm}^2}{\pi D_w^3} = \frac{1299.948 \text{ N}/\text{cm}^2}{\pi D_w^3}$$

Igualando y despejando Dw

$$Dw = 0.196 \text{ cm}$$

Por la tabla AT 15, también encontrada en los apéndices, el diámetro aproximado sería Galga 14 ó 0.2032 cm

El índice de resorte es:

$$C = Dm/Dw = 1.923/0.2032 = 9.46358$$

El número de espiras:

$$Nc = \frac{\delta G D w}{8 F C^3} = \frac{45.2174 \times 0.8437 \times 10^6 \times 0.2032}{8 \times 6.5 \times (9.46358)^3} = 175.89 \text{ espiras}$$

Redondeando serian 176 espiras

La longitud sólida es:

$$SH = (Nc+2) \times (Dw)$$

$$SH = (176+2) \times (0.2032 \text{ cm}) = 36.1696 \text{ cm}$$

El paso es de:

$$P = \frac{L - 2(Dw)}{Nc}$$

$$P = \frac{110 \text{ cm} - 2(0.2032 \text{ cm})}{176} = 0.0659 \text{ cm}$$

Por último, se calcula la tolerancia entre las paredes y el resorte:

$$D_{\text{ext del resorte}} = Dm + Dw = 2.1262 \text{ cm}$$

$$\text{Tolerancia} = D_{\text{int del tubo } 1''} - D_{\text{ext del resorte}} = 1.5875 \text{ cm} - 2.1262 \text{ cm} = 0.0659 \text{ cm}$$

## 5.4 MEDIDAS DEL MODELO

Para que esta andadera fuera funcional, tomando como referencia las medidas de las andaderas comerciales, la estructura durante el proceso de diseño fue sufriendo algunas variaciones hasta llegar a la configuración que se muestra a continuación, en la que se proponen las siguientes figuras:

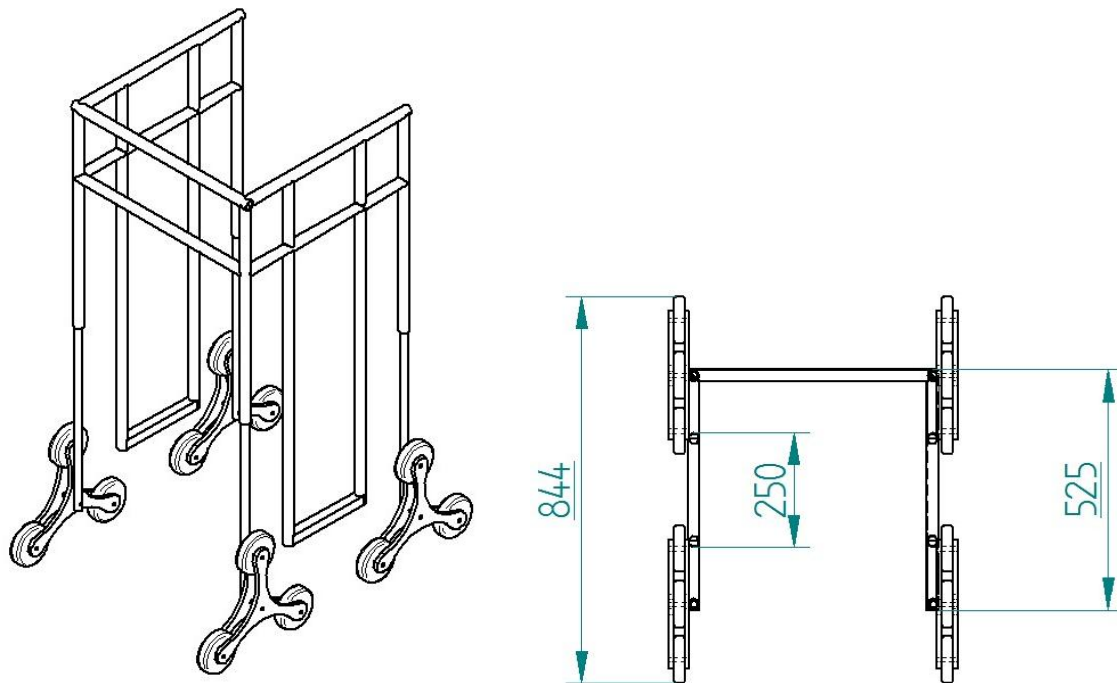


Fig. 77 Vistas isométrica y superior con acotaciones en milímetros.

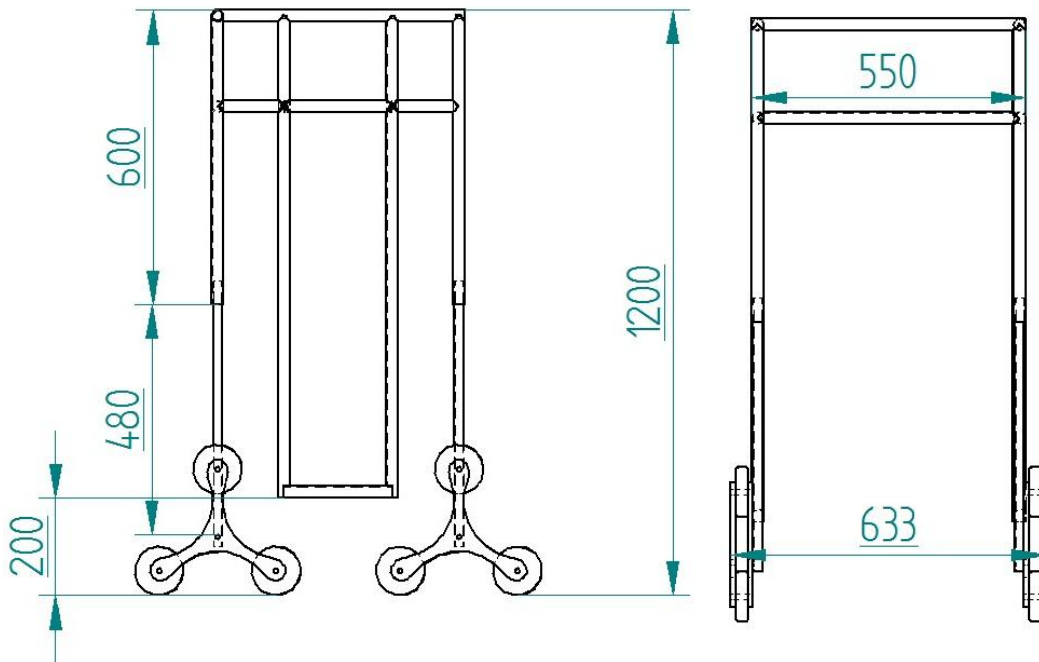


Fig. 78 Vistas lateral y frontal con acotaciones en milímetros.

## 5.5 COSTOS DE MATERIALES

A continuación se evaluaron cada una de estas características en las dos propuestas, para lo cual se realizaron en Solid Edge versiones preliminares de de las andaderas que tuvieran medidas dentro de los rangos establecidos en el **capítulo 2 de requerimientos y especificaciones**, y de esta herramienta se logró obtener un aproximado de la cantidad de materiales necesarios en cada caso y al aplicar las propiedades físicas del aluminio común y un plástico ABS encontrados por default en el programa, se pudo obtener un peso aproximado de los prototipos.

Además, multiplicando la cantidad de material por el precio cotizado de cada uno se puede obtener un precio aproximado.

En el caso de la estructura de nuestra andadera se sumaron las longitudes de todas las secciones para sacar la cantidad de tubo necesario para armarla:

barra movil 1	550	
barra movil 2	550	
barra movil 3	550	
barra movil 4	550	
caja front	550	
caja lateral	550	
caja lateral	550	
pata movil 1	600	
pata movil 2	600	
pata movil 3	600	
pata movil 4	600	
pata cuad 1	1000	
pata cuad 2	1000	
pata cuad 3	1000	
pata cuad 4	1000	
refuerzo 1	125	
refuerzo 2	125	
refuerzo 3	125	
refuerzo 4	125	
refuerzo 5	250	
refuerzo 6	250	
base 1	250	
base 2	250	
suma longitud mm	11250	11.25 m

**Tabla 6.** Suma de la longitud total de tubería que forma estructura la andadera de triple rueda.

Las cotizaciones se hicieron en **COBRALUM S. A. DE C. V.** para tubería de aluminio de una 2.54cm; en **Industria Gryl** ruedas para supermercado de 10.16cm; en **Resortes Detroit** se pidió cotización para 100 resortes de acuerdo a lo calculado, y en **Nylamid** se cotizó una placa Nylamid M de 1.27cm de espesor y 60.96cm x 121.92cm de la cual podían obtenerse todos los triángulos.

Con todo esto, los costos para una andadera serían:

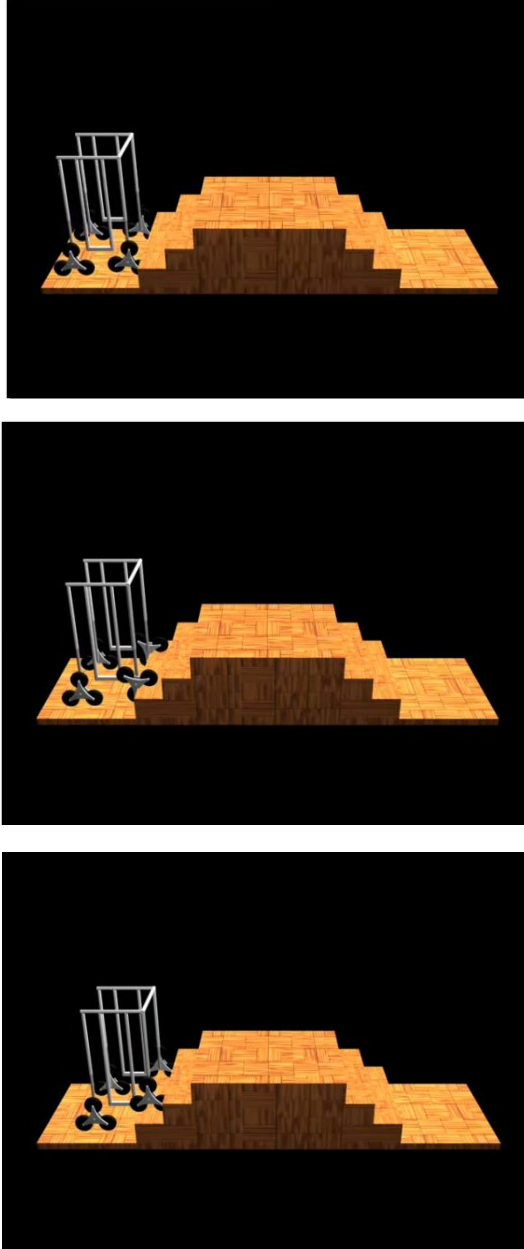
MATERIAL	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>TUBO DE ALUMINIO</b>	24 tubos con una longitud total de 11.25m	\$64 por metro	\$720
<b>RUEDAS</b>	12	\$56	\$672
<b>RESORTES</b>	4	\$145	\$580
<b>TRIÁNGULO EN Nylamid M</b>	1	\$2400	\$ 2400
		<b>TOTAL</b>	\$4372

**Tabla 7.** Costo total de los materiales para el diseño conceptual de la andadera.

## 5.6 ANIMACIÓN

Finalmente se realizó una animación con el programa Autodesk 3ds MAX\* con las piezas previamente creadas en programa Solid Edge, para probar de manera virtual qué tan posible era el movimiento de la andadera.

A continuación podemos observar la secuencia de ascenso de escalones:

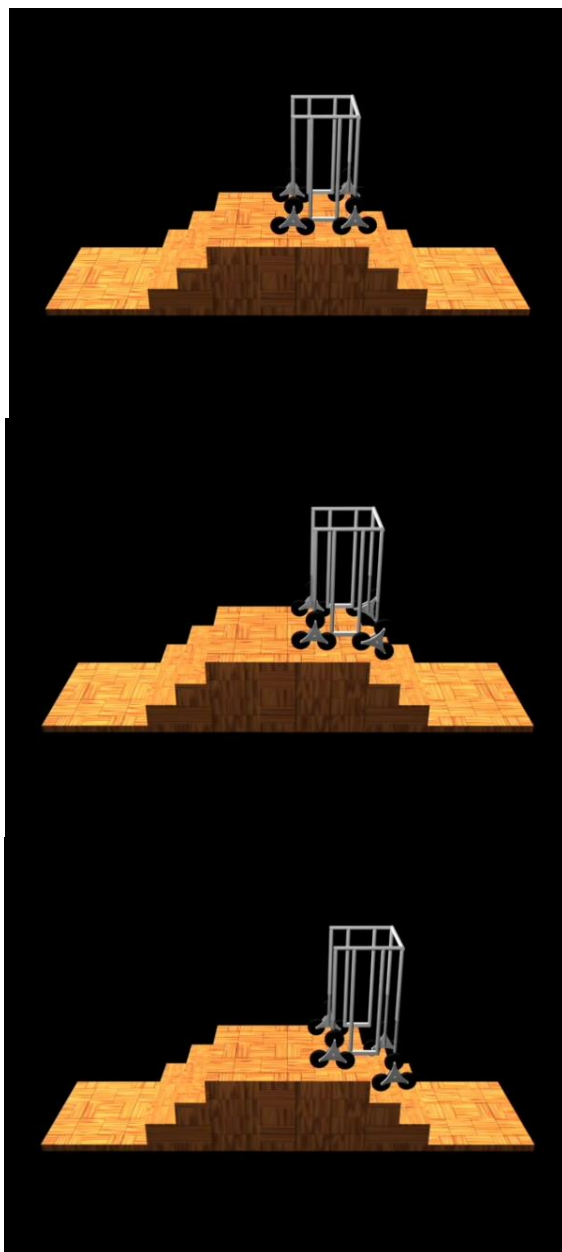


**Fig. 79** Secuencia de ascenso de escalones.

\*Autodesk 3ds Max es un programa de creación de gráficos y animación 3D desarrollado por Autodesk.



Ahora se presenta cuadros de la secuencia de descenso de los escalones



**Fig. 79** Secuencia de descenso de escalones.

## RESULTADOS

En cuanto a las especificaciones derivadas de los requerimientos obtenidos al estudiar a los usuarios potenciales encontramos que: la andadera cumple con el requerimiento de que la estructura se adapte de manera sencilla a la forma de los escalones de medida estándar, los cuales cuentan con una huella de 25 a 27 cm y una contrahuella de 18 a 19 cm, con los que se consigue el apoyo para el ascenso y descenso. En cuanto al peso se propone que la andadera sea construida con los materiales más livianos posibles al mismo tiempo que resistentes. Desde el principio, mediante un pequeño estudio de las andaderas existentes (benchmarking), me di cuenta de que los materiales utilizados regularmente son aluminio y plástico. En éste caso, para hacer aún más resistente y a la vez ligero el sistema TRISTAR, se decidió a utilizar para su construcción el material marca Nylamid. La andadera pesa alrededor de 5 kg, de acuerdo a estimaciones del programa Solid Edge, el cual está dentro del rango de peso definido en las especificaciones de este tipo de estructuras que van de 650 gr. a 9 kg.

Respecto al costo, tomando en cuenta que en el mercado existen andaderas cuyo precio llega hasta \$20,000, en éste proyecto los materiales del prototipo ascienden a \$4,372. Cabe mencionar que no se toman en cuenta costos de ingeniería y manufactura.

En cuanto a las dimensiones de este implemento, logramos acercarlas bastante a las dimensiones de una andadera convencional.

	Andadera convencional	Andadera diseñada
Ancho	55-80 cm	63.3 cm
Profundidad	30-70 cm	84.4 cm
Altura	70-100 cm	120 cm

**Tabla 8.** Comparación de medidas del diseño y una andadera convencional

Sin embargo, con respecto, las especificaciones de ergonomía y facilidad de transporte en un automóvil, nuestra ayuda técnica, en su primer versión, no cumple con estas especificaciones por ser una estructura muy cuadrada y rígida, además de tener una altura de 20 cm mayor que la de una andadera promedio, lo cual dificulta su traslado y la puede hacer algo incómoda. Sin embargo, en una siguiente versión se podrían mejorar estas dimensiones.

## CONCLUSIONES

A manera de conclusión, analizaremos si nuestro diseño cumplió con el objetivo inicialmente establecido de aplicar los conocimientos adquiridos para diseñar a nivel conceptual una andadera que permita al usuario subir y bajar escaleras de manera segura, eficiente y cómoda. Respecto a esto podemos afirmar que fue cumplido el objetivo ya que:

Se diseñó una ayuda técnica, la cual con un mecanismo sencillo y bajo condiciones muy controladas puede cumplir este objetivo. Es decir, como este proyecto es a nivel conceptual, se trata de generar una primera solución para resolver este problema; en trabajos posteriores se podrían realizar mejoras ya que este proyecto se considera a nivel teórico y llevado a la práctica seguramente tendrá algunas deficiencias que deben ser corregidas a efecto de llevar a la andadera totalmente al plano de la realidad.

Para cumplir con el objetivo antes mencionado fue necesario ir cumpliendo con varias metas a lo largo del proceso. Estas metas fueron: primeramente

analizar las patentes existentes de mecanismos que pudieran ayudar a subir escaleras, puesto que no existen en el mercado aparatos que hagan esto.

Después hubo que definir los requerimientos del usuario y traducirlos en especificaciones para lo cual, los tomamos de un trabajo previamente realizado.

Posteriormente se analizó el problema en base al método TRIZ, con la ayuda de éste, se obtuvieron varias soluciones a nivel conceptual y finalmente se seleccionó la mejor.

### **Ventajas**

Este aparato tiene la ventaja de ser funcional tanto para subir y bajar escaleras como para realizar las tareas de una andadera común, comparándola con una andadera convencional tiene la cualidad de no ser necesario cargarla en ningún momento al transitar con ella en suelo plano.

Otra ventaja es que para frenar, no hay necesidad de usar frenos tipo bicicleta, como en la mayoría de las andaderas que tienen ruedas y utilizan ese sistema de frenado, aquí es suficiente aplicar un poco de presión para que se detenga. Al aplicar esta presión, la andadera disminuye su altura 20 cm, con lo que se logra que la parte inferior de la andadera se apoye en el piso y frene.

Es importante resaltar que hasta el momento no existe en el mercado ningún dispositivo de tipo mecánico que pueda asistir a una persona de la tercera edad (mayor de 60 años para países en vías de desarrollo y mayor de 65 en países desarrollados) para subir y bajar escaleras. Nuestra andadera tiene la ventaja de que el usuario puede aumentar o disminuir la altura a voluntad. Además, cuenta con manubrios a dos niveles que permiten elegir el que se adapte mejor tanto al usuario como a la tarea que se esté ejecutando.

El manubrio, localizado a una altura desde el piso de un metro, asiste al usuario durante el traslado por el piso y al subir escaleras y el manubrio que

se encuentra a una altura de 1.20 m sería empleado como apoyo únicamente durante el proceso de descenso de escaleras, ya que durante dicha ejecución toda la estructura, frente al usuario, estaría quedando en un plano de 20 cm aproximadamente por debajo de sus pies. Es decir, que al bajar escaleras, pierde 20 cm de altura por escalón avanzado, los cuales se compensan con el manubrio superior. El sistema TRISTAR es sencillo y muy útil para efecto del ascenso y descenso en escaleras ya se trate de carritos del mandado, diablitos, sillas de ruedas, o en este caso, una andadera.

Por último, pero no menos importante, como ya hemos dicho, este diseño ha sido ideado para ser lo más ligero posible y, en su costo y calidad de propuesta de diseño, es aceptable.

### **Oportunidades de mejora**

Si nos referimos a sus oportunidades de mejora, encontramos que el hecho de que el sistema TRISTAR no tenga algún sistema de frenado para sus ruedas, podría ocasionar algún desliz en los escalones.

Otra oportunidad sería que sus manubrios son varillas rectas, los cuales podrían ocasionar molestias en las muñecas del anciano. Una desventaja importante es que las dimensiones de esta andadera y su estructura rígida hacen difícil su traslado en automóvil.

También me gustaría referirme a las mejoras que pudieran realizarse a este diseño que hasta el momento es a nivel conceptual. Por ejemplo: la deficiencia de la falta de frenado de las ruedas TRISTAR podría subsanarse mediante un mecanismo que las frene. Además, a las varillas inferiores en las cuales se apoyaría la andadera al frenar en piso o sobre un escalón, pudiesen recubrirse a todo lo largo con un forro de hule, el cual aumentaría la adherencia al piso.

Por otra parte, sería conveniente curvar los manubrios e incluso añadir gomas para mejorar el agarre y así mejorar la ergonomía de la andadera.

Sería también útil el hacer este aparato portátil, de manera que pudiera doblarse y encogerse con un mecanismo parecido al de los paraguas portátiles e incluso hacer desmontables las ruedas, lo cual involucraría futuro el rediseño o cambio del mecanismo con resorte que actualmente permite la adaptación a diferentes configuraciones.

Haber efectuado este trabajo fue enriquecedor para mi persona tanto en lo académico como en lo personal.

Por un lado pude aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera y fue un reto a mi creatividad el idear una ayuda técnica innovadora que sea capaz de funcionar como andadera común y un apoyo en el ascenso y descenso de escaleras.

Por otra parte fue muy gratificante realizar este trabajo, a través del cual descubrí el grado de inventiva que puedo llegar a tener y confirmar que esta área de la ingeniería realmente es mi pasión; el ver cómo las ideas de uno se pueden materializar y convertir en algo que puede ayudar a las demás personas y así hacer de este mundo un lugar mejor para todos.

## REFERENCIAS

### **Bibliografía:**

FAIRES, Virgil Moring. Diseño de elementos de máquinas, 4° ed., Barcelona, Montaner y Simón S.A., 1977, 802pp.

MANNES, Willibald. Escaleras Diseño y construcción, 2°ed, Barcelo, Edit Gustavo Gili S.A. 1989, 190pp

MARZAL ALCAIDE, Jorge. Diseño de producto. Métodos y técnicas, España, Universidad Politécnica de Valencia, Alfa Omega grupo editor, 2004, 378pp.

PUGH, Stuart. Total Design. Integrated methods for successful product. Engineering. Harlow, England, Prentice Hall, 1990, 278pp.

### **Artículos:**

ARIZA, Raquel, “Proceso de diseño. Fases para el desarrollo de productos.” Presentación Programa de diseño del INTI, Bs. As. Argentina. Boletín informativo 141, 01/09/2009

NISHIYAMA, Juan Carlos Ing., “Presentación TRIZ. Metodología de resolución de problemas basados en el conocimiento”, Universidad Tecnológica Nacional, Fac. Regional Gral. Pacheco. Dpto. Mecánica y Cs Básicas (Química) Bs As Argentina, 2009, 24pp.

VILLALOBOS C., Alicia, “Guía clínica-órtesis (o ayudas técnicas) para personas de 65 años y más”, Coordinadora del Programa de salud del adulto mayor, DIPRECE MINSAL, Ministerio de Salud, gobierno de Chile, 2006, 29pp.

ZHANG, Juan, et al., “40 Inventive Principles with Applications in Service Operations Management”, Department of Industrial & Systems Engineering. National University of Singapore, 2003, 16pp.

**Webliografía:**

[www.construmatica.com/construpedia/escaleras](http://www.construmatica.com/construpedia/escaleras)

[www.dolomite.biz/articles/invc-dolomite-products-44-34.php](http://www.dolomite.biz/articles/invc-dolomite-products-44-34.php)

[www.mercadolibre.com.mx](http://www.mercadolibre.com.mx)

[www.realinnovation.com](http://www.realinnovation.com)

[www.triz40.com](http://www.triz40.com)

[http://en.wikipedia.org/wiki/tri-star\(wheelarrangement\)](http://en.wikipedia.org/wiki/tri-star(wheelarrangement))

**Patentes Américas de ayudas técnicas para subir y bajar escaleras:**

#	Fecha	Autor
2'706,640	04/1955	Marshall J. M.
3'176,700	04/1965	Drury J. H.
3'421,529	01/1969	Vestal R. A.
3'455,313	07/1969	King H. L.
4'094,331	06/1978	Rozsa, Peter
5'603,517	02/1997	Lorman, Shmil
5'740,825	04/1998	Brunengo, P. J.
6'145,524	11/2000	Li, Tianfu



# ANEXOS

**TABLA AT 15 DIMENSIONES NOMINALES DE VARIAS GALGAS**

La galga Washburn y Moen (W&M), llamada también galga para alambre de acero, se utiliza para alambre de acero. La galga American Wire o Brown y Sharpe (B&S) se utiliza para alambres de monel, bronce, cobre, aluminio y latón. Los tamaños normalizados de alambre (o hilo) distintos a los consignados en la tabla incluyen múltiplos de 1/32 hasta 9/16 pulgada. Se tiende a especificar la dimensión decimal del alambre. También hay una galga para alambre de cuerda de piano. Además se fabrican alambres de dimensiones mucho menores que los reseñados en la tabla.

NÚM. DE GALGA	DIÁMETRO DEL ALAMBRE				ESPESOR DE LA CHAPA U.S. Standard	
	W & M Materiales ferrosos		B & S Materiales no ferrosos		pulg	mm
	pulg	mm	pulg	mm		
7-0	0,4900	12,45			0,500	12,700
6-0	0,4615	11,72			0,469	11,906
5-0	0,4305	10,93			0,438	11,112
4-0	0,3938	10,00	0,460	11,684	0,406	10,318
3-0	0,3625	9,208	0,401	10,404	0,375	9,525
2-0	0,3310	8,407	0,365	9,265	0,344	8,731
0	0,3065	7,784	0,325	8,252	0,313	7,937
1	0,2830	7,188	0,289	7,348	0,281	7,143
2	0,2625	6,667	0,258	6,548	0,266	6,746
3	0,2437	6,190	0,229	5,827	0,250	6,350
4	0,2253	5,723	0,204	5,189	0,234	5,953
5	0,2070	5,258	0,182	4,621	0,219	5,556
6	0,1920	4,877	0,162	4,115	0,203	5,159
7	0,1770	4,496	0,144	3,665	0,188	4,762
8	0,1620	4,115	0,128	3,264	0,172	4,365
9	0,1483	3,767	0,114	2,906	0,156	3,968
10	0,1350	3,429	0,102	2,588	0,141	3,571
11	0,1205	3,061	0,091	2,305	0,125	3,175
12	0,1055	2,680	0,081	2,053	0,109	2,778
13	0,0915	2,324	0,072	1,828	0,094	2,380
14	0,0800	2,032	0,065	1,651	0,078	1,984
15	0,0720	1,829	0,057	1,450	0,070	1,785
16	0,0625	1,588	0,051	1,291	0,063	1,587
17	0,0540	1,372	0,045	1,150	0,056	1,428
18	0,0475	1,207	0,040	1,024	0,050	1,270

**TABLA AT 16 LONGITUDES LIBRES APROXIMADAS Y ALTURAS COMPRIMIDOS A CIERRE**

( $P$  = paso de las espiras,  $N_c$  = número de espiras activas,  $D_w$  = diámetro del alambre)

TIPO DE LOS EXTREMOS	LONGITUD LIBRE	NÚMERO TOTAL DE ESPIRAS	ALTURA COMPRIMIDO A CIERRE
Simple o plano . . . . .	$PN_c + D_w$	$N_c$	$D_w N_c + D_w$
Plano amolado . . . . .	$PN_c$	$N_c$	$D_w N_c$
Escuadrado. . . . .	$PN_c + 3D_w$	$N_c + 2$	$D_w N_c + 3D_w$
Escuadrado y amolado . . . . .	$PN_c + 2D_w$	$N_c + 2$	$D_w N_c + 2D_w$

Tabla AT 17 PROPIEDADES MECÁNICAS DE

Para resortes de extensión, usar el valor de la columna (5) El esfuerzo es  $s = Q/D_w$  si aparece esta forma; a utilizar con ecuación (6.1); cálculo para resistencia a la fatiga. Los valores dados se aplican cuando el resorte dinámicas, se deben aumentar los valores de esfuerzo para los aceros en un 25 % preformados, el esfuerzo estático y el esfuerzo comprimido a cierrez pueden ser más abajo. Los esfuerzos de cálculo deducidos no deben ser interpretados como (análogos a los golpes de martillo). Cuando se da un esfuerzo máximo, se le usa para  $D_w$  sólo se aplican a las ecuaciones. Para algunos materiales son Notas: (a) Para servicio ligero, usar  $s_{id}$  de cálculo = 0.405 $s_u$ . Para servicio medio, concuerdan estrechamente con las recomendaciones de Westinghouse, como declaró por ASTM. (c) Concuerdan estrechamente con las recomendaciones Alco; como aconsejable un pequeño coeficiente de seguridad, a menos que concuerde con el para duración indefinida desde 0 hasta el máximo; para 10<sup>5</sup> ciclos con alambre Usar  $N$  mínima = 1.15. (e) Usar ambas expresiones para revenido en aceite; para de cuerda de piano. También, Associated Spring recomienda el intervalo de en los tamaños mayores. (b) De acuerdo con INCO (4.13). (f) Servicio ligero, los datos de Associated Spring (4.2). (k) Probablemente es satisfactorio interpolar para  $D_w = 0.5$  pulg) y el límite de la fórmula. (l) Multiplicar por 0.8 para servicio (m) Aumentar 10 % si está preformado; 25-35 % para alambres granallados de envejecimiento. (p) INCO da 1400 kg/cm<sup>2</sup> (o bien 20 ksi) para 10<sup>4</sup> ciclos. (q) este Monel tipo K es algo más fuerte que el Monel,

ALAMBRE PARA RESORTES HELICOIDALES

multiplicado por 0.8 para el esfuerzo curvatura excepto para el esfuerzo medio en smbien se incluye el coeficiente de curvatura excepto cuando se indica. Para cargas vivas o p está preformado ni granallado, excepto cuando se indica. Para resortes de acero para resortes granallados por chorro de perdigones. Para resortes de acero a 40-50 % mayor que el indicado en las columnas (3) y (5). Véanse notas (f) y (n) aiores exactos. Reducir los esfuerzos de cálculo un 50 % para cargas de impacto ara tamaños de alambre menores que los límites especificados. Los límites dados ecutentes diámetros de alambre menores o mayores que los límites indicados. ar  $s_{id} = 0.324s_u$ . Para servicio severo, usar  $s_{id} = 0.263s_u$ . Estos resultados ahl. (b) Ecuaciones para resistencia mínima aproximada a la tracción especificada en más elevados que los esfuerzos recomendados por algunos autores, puede ser el fabricante del resorte. (d) Datos tomados de Hunter Spring Co. (4.13). Valor e acero (excepto el inoxidable), multiplicar este valor por 1.4, por ejemplo. alambre estrado en frío, multiplicar por 0.9. (f) Por analogía con el alambre silculo de seguridad para calidad de resorte de válvula, como queda definido por no granallado; por el triángulo CBO cuando está granallado. (g) Valor conservador ar  $s_s = 0.32s_u$ ; servicio medio, 0.26 $s_u$ ; servicio severo, 0.21 $s_u$ . (j) Adaptado de ediante línea recta entre  $s_u = 5976$  kg/cm<sup>2</sup> para  $D_w = 1.27$  cm (o bien  $s_s = 85$  ksi ímetro mayor de 0.1574 cm (o bien 0.062 pulg) (4.13). (o) Endurecido por ultiplificar por 1.33 para 10<sup>4</sup> ciclos, 0-max. (r) Los datos de INCO indican que xro se carece de detalles. (s) Calidad resorte de válvula.

MATERIAL	$E \times 10^{-4}$ kg/cm <sup>2</sup>	$G \times 10^{-4}$ kg/cm <sup>2</sup>	ESFUERZO DE CÁLCULO $s_{id}$ kg/cm <sup>2</sup> Carga ligera	TRACCIÓN MÍNIMA $s_u$ kg/cm <sup>2</sup> (No bobinado)	MÁXIMO ESFUERZO COMPRESIVO A CIERRES $s_c$ (5) $s_u$ (aproximado)	RESISTENCIA A LA FATIGA $s_w$ kg/cm <sup>2</sup> (R = 0)
Número columna →	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Revenido en aceite ASTM A229	2,038	0,8085	(a)	$\frac{12\ 250}{D_w^{0.15}}$ (b) [0,081 < $D_w$ < 1,270]	0,65 $s_u$ (c) [Q = 7350; x = 0,19]	$\frac{3625}{D_w^{0.15}}$ (d)(e) [0,104 < $D_w$ < 0,381]
Estirado en frío ASTM A227	2,038	0,8085	Utilizar las constantes de la nota (a) multiplicadas por 0,85	11 750 $\frac{D_w^{0.15}}$ (b) [0,071 < $D_w$ < 1,587]	0,5 $s_u$ (c) [Q = 5875; x = 0,19]	$\frac{2895}{D_w^{0.15}}$ (d)(e) [0,381 < $D_w$ < 1,587]
Alambre cuerda piano ASTM A228	2,109	0,8437	(a)	15 420 $\frac{D_w^{0.15}}$ (b) [0,010 < $D_w$ < 0,487]	0,5 $s_u$ (c) [Q = 7710; x = 0,154] [0,07 < $D_w$ < 0,488; 13 350 kg/cm <sup>2</sup> max.]	$\frac{4060}{D_w^{0.15}}$ (d) [0,045 < $D_w$ < 0,457; 6468 kg/cm <sup>2</sup> máx.]
Acero al carbono V5Q(s); ASTM A230	2,109	0,8085	(a)	14 040 $\frac{D_w^{0.15}}$ (b) [0,236 < $D_w$ < 0,635]	0,5 $s_u$ (c) [Q = 7020; x = 0,11] [0,236 < $D_w$ < 0,635]	$\frac{3962}{D_w^{0.15}}$ (d)(f) [0,236 < $D_w$ < 0,635]
Acero Cr-V V5Q(s); ASTM A232	2,109	0,8085	(a)	13 790 $\frac{D_w^{0.15}}$ (b) [0,081 < $D_w$ < 1,109]	0,6 $s_u$ (c) [Q = 8270; x = 0,166]	Lo mismo que para A230 (g) [0,071 < $D_w$ < 1,27]

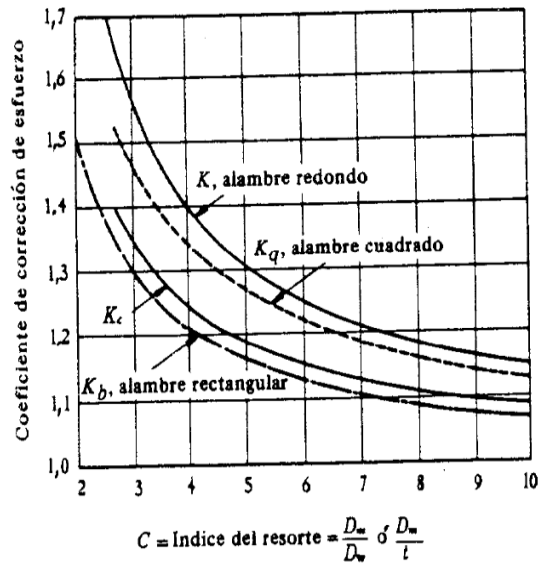


Fig. AF 15 Coeficientes de corrección de esfuerzo (Wahl). Usar  $D_m/D_w$  como índice del resorte para resortes de alambre redondo;  $D_m/t$  para resortes de alambre de sección rectangular, siendo  $t$  la dimensión perpendicular al eje del resorte. Conviene que  $D_m/D_w$  no sea menor que 3, preferiblemente mayor que 4. (Según R. E. Peterson.) [4, 21]