

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

“ ARAGON ”



**“ DISEÑO Y MANUFACTURA DE  
UNA SILLA DE RUEDAS DEPORTIVA ”**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

PRESENTA:

**SERGIO RICARDO LARRAÑAGA MIRELES**

ASESOR:

**CUITLAHUAC OSORNIO CORREA**  
MAESTRO EN INGENIERÍA

México, 2002

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

ESQUEMA DE CONTENIDO.

	Página
Introducción.	5
1. Generalidades.	8
1.1 Desarrollo tecnológico de las sillas de ruedas.	
1.2 Estadísticas.	
1.3 Demanda y oferta.	
1.4 Area del producto.	
2. Lesiones de la médula espinal.	19
2.1 Frecuencia.	
2.2 Mecanismos de lesión.	
2.3 Cuidados tempranos.	
2.4 Pérdida motora.	
2.5 Significado funcional del nivel de la lesión.	
2.6 Descripción de los niveles de la medula espinal.	
3. Características de las sillas de ruedas.	37
3.1 Clasificación de acuerdo a su armazón.	
3.2 Clasificación de acuerdo a sus accesorios.	
3.3 Clasificación de acuerdo a su desempeño.	
3.4 Selección de una silla de ruedas.	
3.5 Requerimientos del paciente.	
3.6 Accesorios.	
Apoyo para brazos.	
Tipo de llantas.	
Ruedas pequeñas.	
Apoyo para pies.	
Cojines.	
3.7 Accesorios especializados.	
4. Deporte sobre silla de ruedas.	54
4.1 Historia.	
4.2 El deporte sobre silla en México.	
4.3 Situación comparativa con otros países.	

5. Antropometría.	62
5.1 Fuentes de datos.	
5.2 Tipo de datos.	
5.3 Adecuación y limitaciones.	
5.4 Personas sobre silla de ruedas.	
6. Antropometría del asiento.	72
6.1 Dinámica del tomar asiento.	
6.2 Asiento: altura, profundidad y ancho.	
6.3 Respaldo.	
6.4 Descansabrazos.	
6.5 Acolchonamiento.	
6.6 Ajuste de descansapiés.	
6.7 Altura, ancho y longitud totales.	
6.8 Peso.	
7. Diseño.	87
7.1 Necesidad.	
7.2 Definición del problema.	
7.3 Conceptualización.	
7.4 Evaluación.	
7.5 Comunicación del diseño.	
8. Manufactura.	109
8.1 Lista de piezas, pesos y costos.	
8.2 Diagrama de flujo de proceso.	
8.3 Descripción del diagrama.	
8.4 Historial fotográfico de manufactura.	
Conclusiones.	133
Glosario.	138
Bibliografía.	146

# INTRODUCCIÓN

En todo el mundo, las personas inválidas junto con sus familiares y amigos están empezando a cambiar su manera de vida, trabajan y participan en su comunidad.

Al rehusar ser considerados una carga para la sociedad, los inválidos ya no están dispuestos a esconderse de otros, están luchando para ser integrados activamente en escuelas, empleos regulares, lugares para vivir y la vida pública.

Ellos pueden hacer muchas cosas, saben que tener éxito no debe ser la excepción para personas inválidas. Tienen la intención de vivir con independencia y dignidad y están superando rápidamente los obstáculos que están en su camino.

Igual que se necesitan herramientas de calidad para llevar a cabo un trabajo específico, los inválidos necesitan equipo de calidad para ayudarlos a trabajar activamente y para lograr sus metas. La gente que tiene necesidades de movilidad no resueltas por muletas o bastones, necesita una silla de ruedas que le permita ser tan móvil, productiva e independiente como sea posible.

La mayoría de las personas discapacitadas de escasos recursos, pasan muchas horas al día sentadas en sillas de ruedas de mala calidad, que no sólo son incómodas sino que pueden ocasionar diversos daños a la salud.

Lamentablemente el problema de los discapacitados en México ha sido tomado con poco interés por el gobierno y la comunidad en general, dándole al país uno de los peores lugares en el mundo en atención a personas discapacitadas.

Parte de este problema reside en que México tiene uno de los más bajos porcentajes de personas discapacitadas del mundo, aproximadamente uno de cada mil por lo que no se le da al problema la importancia debida.

Por otro lado, existe un problema de no menor importancia, que es el de los altos costos de las sillas de ruedas, las cuales quedan fuera del alcance económico de la mayoría de los mexicanos, teniendo que conformarse con sillas de fabricación casera, sillas de doble uso que en la mayoría de los casos no se encuentran en estados aceptables o en el peor de los casos a quedarse confinados en su casa, convirtiéndose con ello en personas improductivas.

Tomando en cuenta que la mayoría de las sillas de ruedas que existen en el mercado nacional son importadas, ya que la producción nacional no alcanza a cubrir completamente los requerimientos del mercado y las personas que pueden pagar el alto precio de las sillas importadas, muchas veces se encuentran con que éstas no están construidas para el rigor de caminos de tierra, ni para subir aceras y pavimento con hoyos, se decide crear el proyecto de una silla de ruedas que además de ser funcional, cómoda y segura para el usuario, sea más barata y de fácil reparación, mediante la optimización de un gran número de partes que algunas veces llegan a ser innecesarias, dando lugar a una silla al alcance de la mayoría.

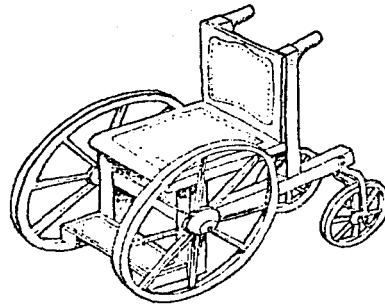
# **CAPITULO 1**

## **GENERALIDADES**



## 1.1 DESARROLLO TECNOLOGICO DE LAS SILLAS DE RUEDAS.

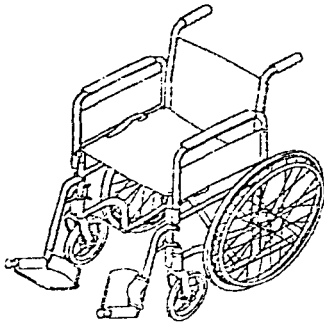
Los inicios de las sillas de ruedas no se encuentran muy bien documentados, archivos de patentes indican que diseños de sillas propulsadas por el usuario similares a los actuales datan desde 1894.



En 1932, Harry C. Jennings, un ingeniero mecánico y Herber Everest, un ingeniero discapacitado, se unieron para diseñar y patentar la actual silla de ruedas plegable por medio de cruceta.

De este modo se forma la compañía Everest & Jennings, la cual es el distribuidor internacional más grande en la actualidad. Su patente fue registrada en la oficina de patentes de los Estados Unidos en Octubre de 1937.

Este diseño reemplazó rápidamente al diseño no plegable de silla de ruedas de madera, y fue comprado principalmente por personas que querían una silla de ruedas ligera y fácil de transportar en un automóvil. Probablemente ningún otro diseño ha influenciado tanto a los vehículos de propulsión humana como el diseño de Everest & Jennings, siendo este todavía el estándar que se usa en la industria de hoy.



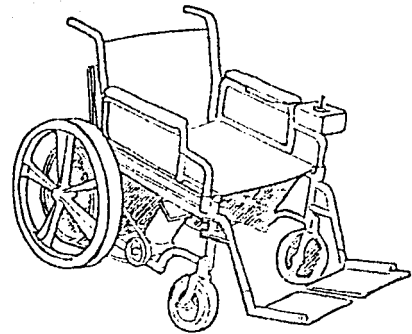
Este diseño plegable de cruceta ha resuelto las necesidades de un gran número de personas discapacitadas por décadas.

Aquellos que requieren de una silla de ruedas temporalmente o aquellos que tienen un funcionamiento normal de sus extremidades superiores y pueden manualmente impulsar los aros de su silla de ruedas, han experimentado innumerables beneficios por la flexibilidad del diseño plegable.

Para conseguir ligereza y un plegado fácil usaron tapicería tipo cabestrillo, para reemplazar el asiento y respaldo de las sillas firmes predecesoras.

Las sillas de ruedas motorizadas son una aplicación más reciente. Aunque un primer diseño fue patentado en 1940, el uso común de éstas no fue sino hasta en 1957.

En un esfuerzo para ampliar el uso de las sillas de ruedas, motores, controles y baterías automotrices fueron incluidas a la silla plegable de Everest & Jennings.



Llegando este desarrollo a ser rápidamente el estándar para la industria de sillas motorizadas hasta nuestros días. Aunque la adición de componentes motorizados convierte a la silla de ruedas para todos los propósitos prácticos en algo muy pesado y no plegable, los diseños de la cruceta y el asiento colgante fueron mantenidos.

Estudios más recientes se han hecho en durabilidad de baterías, diseño del tren de poder, configuración de la base, y eficiencia de los accesorios de control electrónicos en un esfuerzo para mejorar el desempeño de la silla de ruedas motorizada.

A finales de los setenta, una revolución en el diseño de sillas de ruedas comenzó a darse en la industria, creándose entonces la silla de ruedas ultraligera.

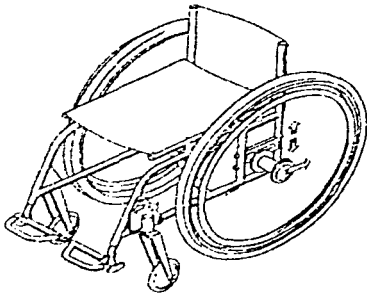
El impetu por el cambio se dio gracias a las necesidades de los atletas discapacitados.

Ellos necesitaban tener un alto desempeño y un equipo ligero para ser más competitivos.

Esta necesidad desencadenó una serie de diseños alternativos, los cuales son ahora usados por niños y adultos que no necesariamente tienen que ver con la actividad atlética.

Muchos de estos diseños han cambiado el concepto de plegado por cruceta hacia estructuras fijas de ruedas desmontables, proporcionando de este modo superficies de apoyo firmes.

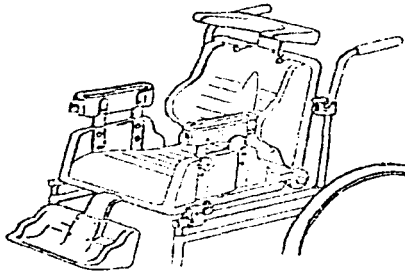
En general, los soportes lumbares se han bajado, lo cual trabaja bien con personas con buena función de las partes superiores del cuerpo, pero aún dejan una necesidad no resuelta para aquellos que requieren un soporte más individual que el cuerpo, alivio superficial de la presión, y distribución del cuerpo que en otras posturas de las impuestas por las sillas de ruedas ultra ligeras comerciales.



La búsqueda del mejor desempeño por propulsión manual también fomentó a investigadores al estudio de la biomecánica en las sillas de ruedas y los factores mecánicos de resistencia al rodaje, y los nuevos materiales estructurales que pueden guiar a mejorar la eficiencia del movimiento.

A mediados de los setenta, médicos y diseñadores fueron estimulados por las necesidades de otra gran población de personas discapacitadas, principalmente niños con parálisis cerebral, espina bífida y otras enfermedades congénitas menos comunes.

Mucha de esta población, principalmente aquellos con parálisis cerebral, requerían una postura fija para todo el cuerpo, una característica que no era comercialmente disponible en ese tiempo.



El asiento y respaldo de vinilo tipo colgante, a menudo no proveían el soporte de postura adecuado.

Los diseños tradicionales de sillas de ruedas no permitían ajustes independientes a posiciones de segmentos del cuerpo.

Muchos individuos tenían actividad muscular involuntaria, lo que hacía que el mantenerse en una postura se tornara difícil.

Otros tenían deformaciones pélvicas y espinales por lo que necesitaban apoyos con formas a la medida para proporcionar el apropiado grado de control, soporte y confort.

A partir de los setenta, la especialidad de asientos y movilidad fue desarrollándose ampliamente como resultado de las necesidades de esta joven población.

El reto del diseño ha sido el desarrollar herramientas de evaluación y diseños comerciales que puedan enfrentar las diversas necesidades físicas y económicas de los usuarios.

Hoy tenemos una amplia variedad de sistemas de asientos y marcos, por resultados de un periodo más productivo de diseño y desarrollo, y la solución de problemas multidisciplinarios.

Niños y jóvenes con deficiencias desde mínimas a severas, pueden ahora escoger entre una gran variedad de opciones comerciales.

El reto que se está ahora vislumbrando es el de desarrollar los programas educacionales y herramientas que puedan ayudar a los médicos y consumidores a seleccionar las combinaciones entre ajuste al sentarse y movilidad, que sean las más apropiadas para las necesidades de un niño o familia específicos.

Recientemente otros mercados, como los ancianos y aquellos que han sufrido lesiones cerebrales, presentan retos clínicos y de diseño para aquellos que trabajan en el campo de los asientos y la movilidad.

Estimando que la población de ancianos es la que mayor consumo de sillas de ruedas y artículos para sentarse presenta en el mercado.

El manejo de ancianos en hospitales, asilos y en la comunidad en general a menudo representa largos periodos de tiempo en los que tienen que estar sentados. Las sillas de ruedas tradicionales cubren las necesidades de una porción de esta población, especialmente si su problema es únicamente temporal o si solamente su uso es de medio tiempo.

Sin embargo, la parte de soporte apropiado de cuerpo, la formación de ampollas por la presión, y la incomodidad general son problemas significativos que aún se encuentran remanentes, y que no han sido resueltos por los servicios tecnológicos proveídos para este enorme grupo.

La rehabilitación de personas con lesión cerebral, la mayoría de los cuales son jóvenes, genera otro tipo de requerimientos clínicos y comunitarios para el desarrollo de tecnología de asientos y movilidad.

La fase de rehabilitación temprana, está a menudo marcada por cambios rápidos en la habilidad de la persona para controlar sus movimientos y postura. La prevención de deformaciones que puede resultar por actividad muscular asimétrica puede ser otro requerimiento.

Su necesidad por independencia de movilidad podrá presentar un reto especial, principalmente cuando la función de la parte superior está severamente afectada y la proporción manual puede o no ser un resultado funcional.

Diseño, investigación y soluciones clínicas están ahora comenzando a desarrollarse. Las pruebas con prototipos son evidentes en un gran número de centros de investigación. En los siguientes años se realizarán un vasto número de soluciones tecnológicas para la población con lesiones cerebrales.

Desarrollos tecnológicos paralelos también están ocurriendo rápidamente. Desarrollos en cuanto al campo de interfaces de computación, y están también aumentando los niveles funcionales de muchas personas que usan equipo especializado.

Finalmente, herramientas para diseñadores están emergiendo en forma de datos antropométricos de gente capacitada y estándares para sillas de ruedas.

Aún así con todos estos avances tecnológicos no se ha podido ni remotamente desarrollar una silla de ruedas que reúna estos avances con un precio razonablemente económico, más importante aún si estamos hablando de un mercado que esencialmente es de clase media a baja.

Es curioso pero mientras más avances en desarrollo tecnológico se presentan, más caras son las sillas de ruedas, lo que nos lleva pensar en que tal vez estos esfuerzos no han sido encaminados correctamente.

## 1.2 ESTADISTICAS.

Mundialmente se estima que medio millón de personas se suman anualmente a las listas de personas discapacitadas, ya sea por enfermedad o lesión. (Arthur JK. *Employment from the Handicapped*. New York; Abidon press, 1967)

Un estudio de mercado de la compañía Everest & Jennings, indica que el mercado global de sillas de ruedas oscila entre los 775 millones de dólares anuales.

En los Estados Unidos existen alrededor de 750,000 personas que usan sillas de ruedas, y se venden aproximadamente 250,000 al año.

En Alemania existen unas 180,000 personas que usan sillas de ruedas y se ponen a la venta en el mercado aproximadamente 50,000 sillas anuales. En Holanda se venden anualmente un estimado de 10,000 sillas.(W. Lesser 1986)

Y en México la compañía Everest & Jennings vende aproximadamente 75,000 sillas de ruedas estándar anualmente.

Desafortunadamente no existen datos estadísticos, ni en INEGI, ni en las diversas asociaciones de discapacitados que existen en México de la cantidad de sillas de ruedas que se venden en el país, ni el número de discapacitados, pero sí las estadísticas de importaciones y exportaciones desde el año de 1991.

### 1.3 DEMANDA Y OFERTA.

Lamentablemente el número de personas discapacitadas va en aumento, por lo que es necesario mejorar sus condiciones de vida.

Al igual que para muchos tipos de aparatos, existe gente que no puede pagar los precios actuales, por lo que se han creado asociaciones encargadas de ayudar de manera altruista, como la Asociación Nacional de Rehabilitación Integral A.C., la cual cubre una demanda de por lo menos 250 sillas de ruedas al mes, para personas sin recursos.

Por otra parte existe una demanda creciente por parte de gente de mayores recursos de mejores sillas de ruedas, ya que una silla del mercado mexicano que se consigue a bajo precio no tiene una vida útil de más de 5 años, al término de los cuales, hay que adquirir otra nueva o un módulo completo.

La oferta, por su parte, ofrece las mismas sillas desde hace años sin intentar un cambio en la producción de las mismas, no dando opción a que el usuario adquiera otra silla de ruedas más que aquella que se apege a sus necesidades básicas de transportación o de precio.

Es importante tener la idea de que se requieren sillas de ruedas con las que el discapacitado pase a formar parte útil y productiva de la sociedad, ya que sus limitaciones propician el encierro.



#### 1.4 AREA DEL PRODUCTO.

Clasificación de los enfermos físico motrices:

- 1) Personas lesionadas temporalmente, es decir, con tratamientos ortopédicos o fracturas.
- 2) Personas de avanzada edad que por su estado precisen del uso de una silla de ruedas.
- 3) Personas hemipléjicas.

La hemiplejía es parálisis en sentido vertical de un lado del cuerpo, lo cual produce una lesión cerebral del lado contrario.

- 4) Personas parapléjicas.

La paraplejía es el resultado de una lesión medular, que produce fundamentalmente parálisis de la cintura hacia abajo, es decir la mitad inferior del cuerpo incluidas las piernas.

- 5) Personas tetrapléjicas, situación anterior pero con parálisis y falta de sensibilidad aproximadamente desde el nivel del cuello, es decir abarcando las cuatro extremidades.
- 6) Personas mutiladas, con pérdidas totales o parciales de alguna de las cuatro extremidades.

Todas estas personas precisan del uso de una silla de ruedas, según su desempeño y necesidades específicas.

Este trabajo está dirigido a todos aquellos que requieran de una silla de ruedas ligera, que pueda prescindir de accesorios especializados, es decir para aquellas personas que requieran por su situación y tipo de vida de una movilidad autónoma.

Es enfocado además al aspecto económico, por lo que se pone énfasis principalmente en los materiales, procesos de producción y optimización de piezas, sin olvidar por supuesto mejorar los estándares de confort, seguridad y duración de sus componentes.

## **CAPITULO 2**

# **LESIONES DE LA MÉDULA ESPINAL**

## LESIONES CONGENITAS DE LA MÉDULA ESPINAL.

Durante las últimas dos décadas, la atención a los individuos con lesiones de la médula espinal se ha desarrollado y mejorado más que durante los 50 años anteriores.

En la actualidad, las lesiones de médula espinal siguen siendo de las más devastadoras en lo social, económico y físico que puede producirse en el adulto joven.

Los primeros documentos escritos sobre lesiones de médula espinal encontrados, se remontan a 2500 a 3000 años A.C., en los cuales se describe a un individuo con el cuello y ambas extremidades paralizadas.

En el siglo anterior a la primera guerra mundial se observaron avances en los procesos quirúrgicos para lesiones de la médula espinal tales como: laminectomía, seccionamiento nervioso, cordotomía, rizotomía y simpatectomía.

Dos décadas tras la finalización de la primera guerra mundial, Hinman escribió que la mayoría de las fatalidades entre los pacientes con lesiones de médula espinal se debían a infecciones y úlceras de decúbito del sistema urinario y que el fracaso para prevenir o controlar estas complicaciones era el responsable de más de un 80 % de los decesos.

La mejoría de la comprensión del tratamiento de la disfunción de la vejiga y la mejoría de los cuidados de enfermería para la prevención de úlceras de decúbito, eran responsables de cambios significativos de las tasas de supervivencia inmediatamente antes y durante la segunda guerra mundial, para 1950-1960 se obtuvieron tasas de mortalidad totales de 14 % en poblaciones tratadas de paraplejía traumática y cuadriplejía.

Puesto que la incidencia de las complicaciones del sistema urinario disminuye con los métodos cada vez mejores de tratamiento de la vejiga y con un cuidado rápido adecuado, el potencial de longevidad del individuo con lesión de la médula espinal se aproxima a un potencial normal.

## 2.1 FRECUENCIA.

Las lesiones de la médula espinal se producen con más frecuencia en los individuos jóvenes: un 80% menores de 40 años.

La edad mediana es de 23 años, la promedio de 29 y la más común de 20 años.

Un 50% de las lesiones se producen entre los 15 y 25 años.

Un 53 % de los individuos con lesiones de este tipo sufren deterioro cuadripléjicos y un 8% de ellos son hombres.

## HUESOS DEL TRONCO.

Para comprender mejor los mecanismos de la lesión, así como el nivel de ésta y su significado funcional, debemos recordar que la columna vertebral se conforma por una serie de huesos superpuestos: las vértebras, de las cuales hay 7 cervicales, 12 dorsales, 5 lumbares o torácicas, 5 sacras y 4 ó 5 coccígeas.

Las vértebras, se cuentan de la parte superior a la inferior, numerándose de la siguiente forma:

7 Cervicales C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7

12 Dorsales D1,D2,D3,D4,D5,D6,D7,D8,D9,D10,D11,D12

5 Lumbares L1, L2, L3, L4, L5

A pesar de que las vértebras presentan diferencias, en términos generales se les puede distinguir las siguientes partes:

- a) Un cuerpo, que tiene forma de un cilindro y ocupa la porción anterior.
- b) Un arco vertebral, detrás del cuerpo, formado por dos porciones laterales, los pedículos, que se continúan hacia atrás con la lámina. Al unirse el arco y el cuerpo se forma un espacio llamado agujero vertebral. Los agujeros vertebrales superpuestos forman el canal vertebral (conducto vertebral o raquídeo) donde se aloja la médula espinal y, entre un pedículo y otro, se forma el agujero intervertebral por donde pasan los nervios raquídeos.
- c) Siete salientes llamadas procesos (apófisis)

## 2.2 MECANISMOS DE LA LESION.

Por definición, la paraplejía es una parálisis de las extremidades inferiores y de todo el tronco o una porción de él.

Cuando en la parálisis también se incluyen los brazos se utiliza el término cuadriplejía.

La dislocación-fractura de la columna cervical puede ser resultado de una flexión repentina y con menor frecuencia a la exposición de fuerzas rotativas u horizontales.

La dislocación-fractura vertebral puede derivarse de un golpe directo o de lesiones de aceleración.

Los accidentes en vehículos motores es la causa que conduce a traumatismos de la columna cervical. Las fracturas de la columna cervical pueden derivar de un golpe directo que ocurre tras una flexión en una posición en donde el sujeto está sentado o debido a un proyectil penetrante.

Las fracturas-dislocaciones toracolumbares más frecuentes al nivel de las D12-L1 las produce una flexión violenta tal como la que se lleva a cabo en una caída de altura.

Los sitios más comunes para la fractura-dislocación son las uniones C5-6, C6-7, D12-L1. Ciertas partes de la columna se encuentran relativamente protegidas de lesiones por ejemplo la región lumbar inferior.

La médula espinal afectada representa un canal angosto, se comprime debido a un estrechamiento posterior de la columna cervical.

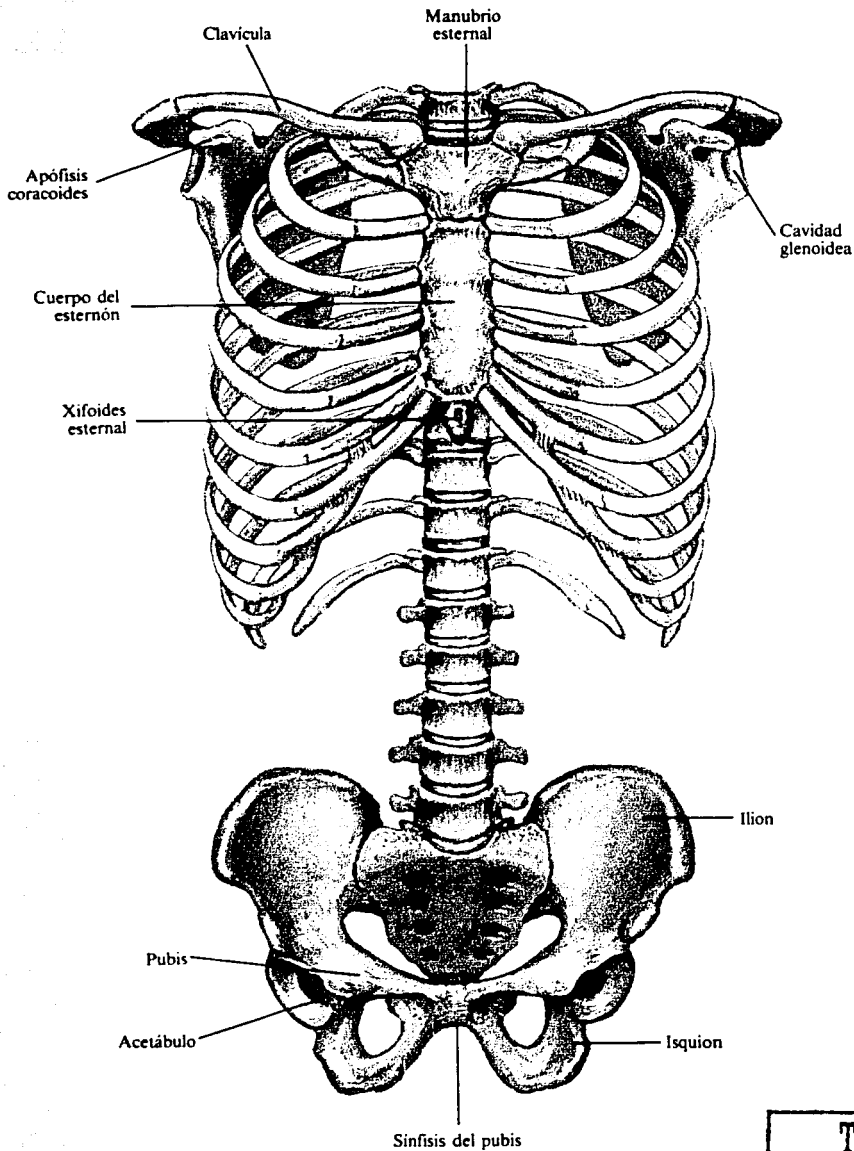
En el caso de fractura-dislocación con daños al grosor de la médula, se produce una pérdida de toda la función en el sitio de la lesión y distal de él. Así, se produce una pérdida sensoriomotriz total en la zona del cuerpo inervada desde el sitio de la lesión y por debajo.

Tras la lesión a la médula, los cambios vasculares y biomecánicos conducen a una infartación y necrosis completa del segmento dañado. No se comprende bien el mecanismo real para la reducción del flujo sanguíneo a la médula espinal tras un traumatismo, ésto se puede explicar tal vez como un efecto mecánico directo sobre los vasos sanguíneos o producirse una explicación biomecánica.

En el momento de la lesión, no existe sólo una lesión directa a los axones y vasos sanguíneos, sino que también una cadena secundaria de hechos que deriva en hipoxia, edema e infartación final.

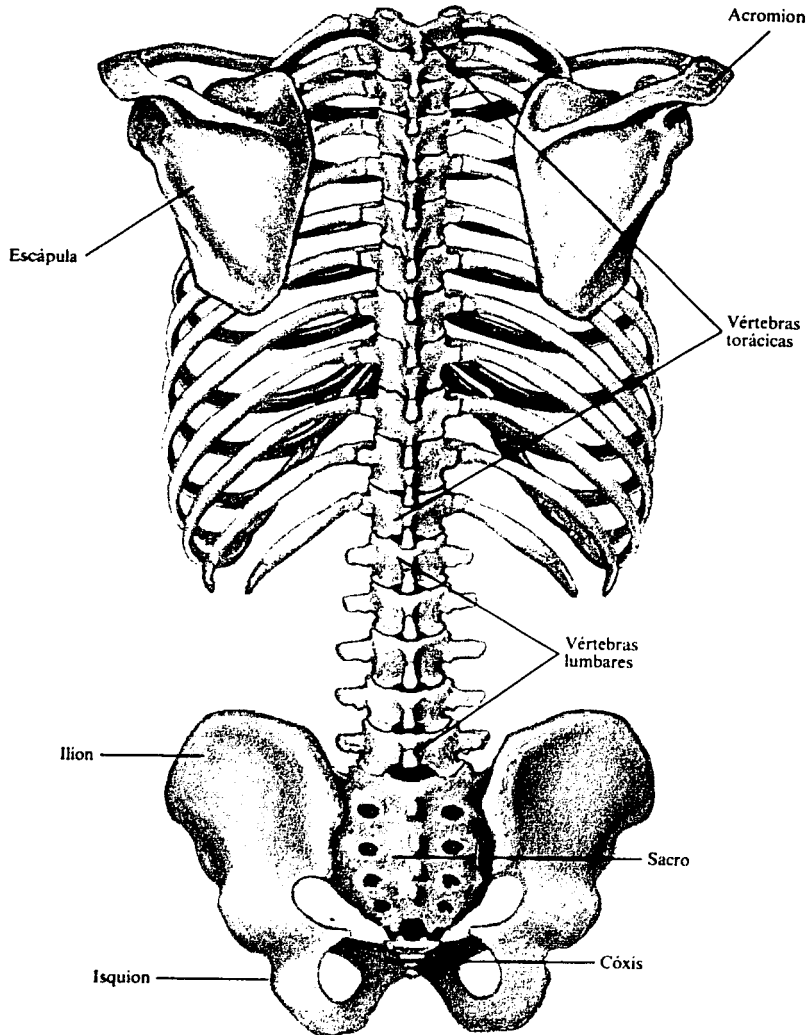


VISTA ANTERIOR



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

VISTA POSTERIOR



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 2.3 CUIDADOS TEMPRANOS.

La atención aguda al individuo con lesión de la médula espinal se dirige a la estabilización del estado clínico, tratamiento de las lesiones asociadas cuando existen e inmovilización adecuada.

Aunque la terapia con esteroides se emplea casi universalmente para la resolución del edema de la médula espinal dañada, no se han comprobado efectos benéficos.

En el paciente con fractura cervical, en vez de una tracción esquelética, se debe evitar una inmovilización prolongada en cama mediante una fusión posterior, una fusión anterior intercorporal o inmovilización en halo en las circunstancias adecuadas.

Cualquier decisión para una intervención quirúrgica se realiza tras una consideración metódica de lo que debe lograrse; con frecuencia cuando la parálisis ha durado más de uno a dos días no se produce recuperación.

La cirugía se considera cuando la parálisis muestra una distribución de la afección neurológica sin una razón obvia o en el caso de síndrome medular anterior con parálisis incompleta y el descubrimiento de compresión anterior mediante un estudio radiológico.

## 2.4 PERDIDA MOTORA.

Es extraño encontrar un individuo que sobreviva a una lesión completa al tercer o cuarto segmento medular cervical, puesto que esto produce dificultades respiratorias y secundariamente la pérdida de la función.

El daño por debajo del cuarto segmento cervical priva del uso del diafragma para la respiración; las únicas funciones musculoesqueléticas que permanecen intactas son la función muscular del cuello y la capacidad de encoger los hombros.

Estadísticamente existen niveles críticos de función de la médula espinal.

Los niveles descritos de la función musculoesquelética intacta son coherentes con el segmento específico de la médula espinal y de todos los proximales a ella, con una pérdida de la función en mayor o menor grado en todos los segmentos distales.

## 2.5 SIGNIFICADO FUNCIONAL DEL NIVEL DE LA LESION DE LA MÉDULA ESPINAL.

Aunque puede mencionarse principios generales para el tratamiento de pacientes con lesiones de la médula espinal, el programa específico para un paciente individual debe modificarse conforme al nivel de la lesión.

Cuanto más bajo sea el nivel de la lesión, mayores serán las cantidades de potencia muscular de las que dispondrá el paciente para su rehabilitación.

Puesto que ciertos grupos musculares funcionales se activan en niveles específicos de la médula, se puede categorizar la actuación esperada de estos pacientes en estos niveles:

### NIVELES CRITICOS DE LA FUNCIÓN DE LA MÉDULA:

- C4      Diafragma, flexores y extensores cervicales medios.
- C5      Resistencia parcial de todos los movimientos del hombro y lesión del codo.
- C6      Potencia normal de los movimientos del hombro y flexión del codo.
- C7      Extensión del codo, flexión y extensión de los dedos.
- D1      Brazos y manos completamente normales.
- D6      Extensores superiores de la espalda, músculos superiores intercostales.

- D12 Todos los músculos del tórax, abdomen y espalda.
- L4 Flexión de la cadera, extensión de la rodilla.
- L5 Resistencia parcial de todos los movimientos de la cadera con flexión normal, resistencia parcial de la rodilla, resistencia parcial del movimiento tobillo y pie.

La compresión de los niveles críticos posibilita la predicción de la función última ante la falta de complicaciones en la persona bien entrenada y motivada con la lesión de la médula espinal.

## 2.6 DESCRIPCION DE LOS NIVELES DE LA MEDULA ESPINAL.

### CUARTO NIVEL CERVICAL.

El cuadripléjico con lesión del cuarto segmento cervical tiene un buen uso de los músculos esternomastoideos, trapecio y paraespinal cervical superior.

Es incapaz de poseer una función voluntaria en brazos, tronco o extremidades inferiores.

Los brazos completamente paralizados pueden soportarse en una ortesis balanceada del antebrazo, entonces el paciente cambia la posición de la cabeza para elevar y descender la mano, y se puede servir de algún aditamento para escribir a máquina, marcar el teléfono o volver páginas.

El método más práctico de reemplazar la función perdida es el uso de un control neumático para operar una silla de ruedas, incluyendo el control de un respaldo reclinable e inclusive actualmente mecanismos de activación directamente vocal.

### QUINTO NIVEL CERVICAL.

El paciente con funcionamiento del quinto segmento cervical puede emplear los músculos deltoides y bíceps para realizar las actividades de la vida diaria. La debilidad continua del deltoides y bíceps requiere de una ortesis balanceada del antebrazo para el soporte del codo y del hombro, en especial en las primeras etapas del programa de rehabilitación.

La suspensión de un cabestrillo sobre la cabeza puede emplearse como una medida interna si aparentemente no se necesita una ortesis; el paciente necesitará un sustituto para el no funcionamiento de la musculatura de la mano y de la muñeca.

Se utiliza un soporte fijo de la muñeca y los dedos y entonces se aplican artefactos adaptados a la mano del paciente y se mantiene así para el desempeño de la actividad.

El empleo habilidoso de dichos artefactos requiere de mucho entrenamiento y práctica.

Se puede esperar que el paciente cuya lesión se encuentra por debajo del quinto segmento cervical se alimente así mismo, que colabore con la colocación de vestimentas en las extremidades superiores, que gire páginas, que use máquina de escribir eléctrica, e inclusive que empuje su silla de ruedas en distancias cortas.

Los pacientes con lesiones en niveles cervicales cuarto y quinto requieren ayuda para su incorporación. Se puede necesitar un elevador hidráulico para ayudar a la familia a llevar al paciente de la cama a la silla de ruedas.

Las camas para todos los pacientes con lesiones de la médula espinal deben de adaptarse a la altura de la silla de ruedas. Los apoyabrazos removibles son componentes importantes y de mucha ayuda en este tipo de transferencias.

#### SEXTO NIVEL CERVICAL.

En la afección del sexto nivel cervical, el individuo tiene virtualmente una inervación completa de la musculatura del hombro, flexión del codo y extensión radial de la muñeca, lo que le permite su control gradual de la gravedad realizando los movimientos de flexión.

La extensión de la muñeca puede aprovecharse para conducir los dedos a una flexión; en ocasiones puede realizar una tenodesis quirúrgica flexora del dedo para este mismo fin.



Muchos pacientes prefieren simplemente utilizar guantes de cuero en sus manos dentro de los que pueden insertar instrumentos tales como cepillos de dientes, tenedores y cucharas.

El paciente lesionado por debajo del sexto nivel cervical puede realizar todas las actividades de los pacientes con lesiones de nivel más elevado, y además puede colaborar en su vestido, puede impeler su silla de ruedas a grandes distancias y puede trasladarse por si solo de la cama a la silla empleando una barra sobre su cabeza que le sirva de ayuda.

Comenzando en este nivel, los individuos pueden ser capaces de conducir automóviles con controles manuales y un equipo adicional que es totalmente adaptable.

#### SEPTIMO NIVEL CERVICAL.

Las principales adiciones funcionales en el séptimo segmento cervical son el empleo de los tríceps y de los flexores y tensores intrínsecos de los dedos.

Este paciente es capaz de realizar un impulso hacia arriba estando sentado y por consiguiente puede trasladarse por si solo de la cama a una silla.

Puede asir y soltar y con frecuencia es capaz de operar sus manos sin férulas.

Este tipo de paciente es independiente con lo que respecta al manejo de una silla de ruedas, sin embargo a medida que el paciente envejece se encuentra una menor independencia funcional, las reducciones de capacidad varían con el individuo, su edad fisiológica y capacidades físicas.

### PRIMER NIVEL TORACICO.

Este individuo tiene un funcionamiento normal de las extremidades superiores con una gran estabilización del tórax, pero carece de musculatura del tronco para un equilibrio completo al estar sentado y de musculatura intercostal y abdominal para completar la respiración diafragmática.

No obstante, este tipo de paciente es totalmente independiente en una silla de ruedas de modo que puede vestirse y alimentarse, satisfacer sus necesidades sanitarias, y realizar traslados, manejar auto con controles manuales y realizar un trabajo fuera del hogar que requiere un autotransporte.

### SEXTO NIVEL TORACICO.

En este nivel el parapléjico tiene función intercostal superior de la espalda y, por consiguiente, un aumento adicional de la reserva respiratoria.

Debe ser independiente en la silla de ruedas para la realización de actividades de la vida diaria.

A este individuo se le puede proporcionar una ortesis para cuando permanezca parado, pero no se debe esperar que camine debido al aumento inhabitual de las demandas energéticas para tal ambulación.

### DUODÉCIMO NIVEL TORACICO.

En este nivel el individuo tiene un control abdominal y de la espalda virtualmente completo, así como una reserva respiratoria intacta. Debe ser completamente independiente para las actividades de la vida diaria, la ambulación funcional continúa siendo un problema debido sobre todo a las demandas energéticas.

No obstante, las ortesis deben considerarse para la incorporación y la ambulación fisiológicas.

### CUARTO NIVEL LUMBAR.

Esta persona tiene uso de los flexores de la cadera y de los extensores de la rodilla y se puede parar sin una ortesis y caminar sin apoyo externo. Sin embargo debido a la grave debilidad del glúteo, más la pérdida de fuerza del tobillo, se produce una marcha inestable. El empleo de ortesis de tobillo y pie o de muletas ayuda a la deambulación. La falta de empleo de estos artefactos derivará en un genu recurvatum y en constricción anormal de la columna lumbar.

Este es virtualmente un individuo independiente. Existen dificultades para subir escaleras y en aquellas actividades que se requieren cambios reiterados de la posición de sentado a la de incorporación.

Así, el individuo con un nivel D1 tiene una inervación completa de todas las porciones de las extremidades superiores, pero carece de musculatura del tronco y respiratoria excepto para el diafragma.

El individuo con un nivel D12 tiene un funcionamiento normal de las extremidades superiores con una cadena de fijadores resistentes en el tronco normal para proporcionar virtualmente una función limitada de estas extremidades en la posición de sentado.

### CONSIDERACIONES ESPECIALES.

Provisto de artefactos adaptados para explotar el potencial total de su funcionamiento físico y con eliminación de las barreras arquitectónicas en su hogar y en la comunidad, el individuo con lesión de la médula espinal, cualquiera que sea su nivel, puede moverse en una silla de ruedas, que es el vehículo esencial para su movilidad, de este modo puede participar en la búsqueda de bienestar vocacional, recreativo e incluso social.

## **CAPITULO 3 CARACTERISTICAS DE LAS SILLAS DE RUEDAS**

### 3.1 CLASIFICACION DE ACUERDO AL ARMAZÓN.

La silla de ruedas más común y de mayor uso es la conocida como estándar, y existen para ella tres tipos de armazón:

- El armazón para exteriores, tiene grandes ruedas posteriores y ruedas chicas delanteras, es el que se usa y resulta adecuado con mayor frecuencia, es el tipo más maniobrable, más fácil de impulsar y permite la inclinación necesaria para las banquetas.
- Existe un armazón especial para personas que han sufrido amputación de extremidades inferiores, basándose en el hecho de que el peso del individuo se encuentra distribuido más atrás de la silla de ruedas, el eje posterior se encuentra fuera de la línea de la espalda, impidiendo que la silla se incline hacia atrás.
- El tercer armazón es para interiores, este tiene las ruedas grandes enfrente y las pequeñas atrás, debido a que en la gama de movimientos que se desarrollan en un interior resulta poco apropiado alcanzar las ruedas posteriores. Este armazón se elige con menor frecuencia, rueda perfectamente sobre umbrales de puertas y bordes de alfombra con mayor facilidad, sin embargo resulta impráctica para banquetas y para transferir al paciente.

### 3.2 CLASIFICACION DE ACUERDO A SUS ACCESORIOS.

Dentro de las marcas existentes en el mercado y las importadas podemos distinguir los tipos de sillas de acuerdo a sus características y accesorios según las necesidades del usuario:

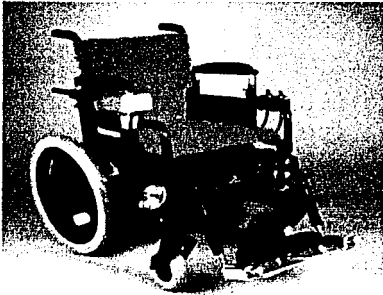
1. De perneras fijas.
2. De perneras ajustables, especiales para personas con piernas enyesadas arriba de la rodilla y que por cualquier razón deben tener las piernas en una posición recta.
3. Con perneras ajustables y con respaldo alto ajustable y reclinable.
4. Con perneras ajustables y descansabrazos desmontables.
5. Sillas para personas con parálisis cerebral, que además de incluir los aditamentos anteriores incluye acolchonamientos laterales y correas sujetoras para evitar golpes contra la misma silla, y sustentores de respaldo para evitar deformaciones de columna.

### 3.3 CLASIFICACION DE ACUERDO A SU DESEMPEÑO.

Existen diferentes tipos de sillas según el terreno sobre el que se requiera el desempeño de las mismas, de acuerdo a esto podemos clasificarlas como:

1. Sillas automáticas, con motor y control de velocidad, especiales para individuos con cuadriplejía y personas incapaces de impulsar una silla de ruedas estándar.

Existen algunos modelos pequeños y de buena maniobrabilidad con asiento acojinado o moldeado, otros son parecidos a la silla estándar con una caja de mandos cerca del descansabrazos.



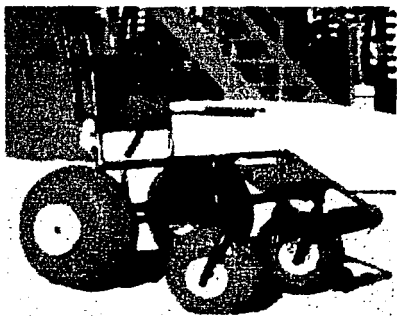
La velocidad desarrollada es proporcional a la presión aplicada sobre el mando, obedeciendo este en cualquier dirección e inclusive con el par motor apropiado para subir pendientes prolongadas, algunos de estos equipos poseen sistemas de alumbrado y un manejo electrónico de carga-descarga de baterías.

En caso de individuos imposibilitados de las manos es posible maniobrar la silla con una adaptación del control a los pies, la boca, la barbilla o de otro tipo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



2. Sillas automáticas conocidas como "ningún obstáculo", son vehículos capaces de subir escaleras, y superficies que las sillas de ruedas comunes son incapaces de librar.



3. Sillas manuales conocidas como todo terreno, poseen llantas neumáticas mucho más anchas que las normales lo cual permite que se desplacen con facilidad incluso en terrenos húmedos o irregulares como la playa.

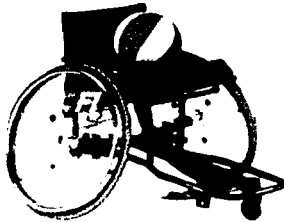
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

4. Sillas para montaña, de reciente desarrollo y utilizadas para competencias a campo traviesa, alcanzan velocidades por encima de los 80 km/h.

Este tipo de silla está equipada con frenos y suspensión independiente en cada rueda, es una adaptación novedosa de la más avanzada tecnología del ciclismo de montaña a una necesidad especializada.



5. Sillas deportivas, de descansapiés fijos y sin descansabrazos, en general no son plegables como las anteriores, tienen como característica principal el poder variar el ángulo de la rueda delantera, la posición de las ruedas traseras e inclusive el ángulo del asiento, esto depende del deporte que se desempeñe sobre tal silla, en la actualidad existen una gran variedad de sillas para realizar deportes tales como:



- Basquetbol
- Voleibol
- Tenis de Mesa
- Tiro con Arco
- Pistola de aire
- Tenis de Cancha
- Rugby



6. Existen además muchos otros tipos de sillas auxiliares, es decir se usan para actividades aparte de las realizadas sobre la silla de ruedas para uso diario o de la silla de ruedas deportiva, por ejemplo transferencias no asistidas a la cama y al baño, cambios de postura, etc.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 3.4 SELECCIÓN DE UNA SILLA DE RUEDAS.

Para hacer la selección adecuada de una silla de ruedas, se debe considerar meticulosamente el caso de cada paciente, esto es previendo el desarrollo de la enfermedad, realizando un examen físico-clínico ya que existen diferentes armazones adecuados para cada necesidad.

La prescripción de una silla de ruedas por parte del médico es análoga a recetar un fármaco y requiere la consideración de numerosos factores.

Los más importantes son:

El tamaño del paciente

El peso corporal

El nivel de actividad

El tipo de lesión

La forma de propulsión

Los armazones de trabajo pesado, o de uso rudo son diseñados especialmente para personas de gran peso y escasa movilidad.

Los armazones ligeros que poseen la mitad del peso de los armazones estándar y por lo mismo requieren de menor fuerza para impulsarlos o para meterlos y sacarlos del auto, son apropiados para personas moderadamente activas.

Los armazones ligeros tradicionales para trabajo activo combinan diseño y durabilidad con metales ligeros, para lograr un aparato para personas muy activas cuando se requiere de un servicio de uso rudo y maniobrabilidad.

Existen también armazones para usos especiales:

Los modelos deportivos tienen respaldos bajos y características de seguridad para su uso activo en deportes de competencia.

Se dispone de armazones exteriores de construcción estándar-ligera, con el asiento más bajo para el individuo hemipléjico que utiliza una pierna para ayudar a impulsar la silla de ruedas.

Y existen armazones para ser impulsadas por un sólo brazo, éstos tienen ambos aros para las manos del mismo lado, de modo que se pueden manejar los sentidos del giro de ambas ruedas simultáneamente o de manera individual.

### 3.5 REQUERIMIENTOS DEL PACIENTE.

Las sillas de ruedas pueden proporcionarse en tres tamaños:

- 1) Tamaño estándar adulto. (útil para la mayoría de los adultos)
- 2) Intermedia o junior. (Para adultos pequeños o adolescentes)
- 3) Infantil. (ideal para niños de hasta 6 años)

Existen además sillas conocidas como de crecimiento, disponibles para pacientes situados en el periodo de crecimiento, esto es de seis a catorce años.

Una vez que se ha determinado el tamaño de la silla, las dimensiones críticas son:

- Ancho.
- Altura del suelo al asiento.
- Profundidad del asiento.
- Ajuste de descansapiés.
- Altura de descansabrazos.
- Altura del respaldo.
- Altura total.
- Ancho total
- Longitud total
- Peso.

### 3.6 ACCESORIOS.

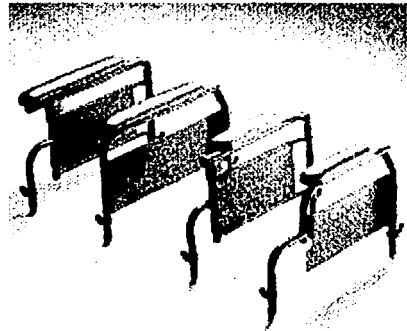
Los accesorios para las sillas de ruedas comunes son variados, de acuerdo con las necesidades del paciente.

Se debe poner atención a la elección de los tipos de descansabrazos, tipos de ruedas pequeñas, apoyo para los pies o las piernas y accesorios para la seguridad o para cubrir necesidades especiales.

#### APOYOS PARA LOS BRAZOS.

Los apoyos pueden ser fijos o desmontables, en general la silla de ruedas de brazos fijos es más ligera y estrecha que la de brazos desmontables, pero requiere que la transferencia del paciente se haga de frente.

Se construyen brazos desmontables y plegadizos para evitar aumentar la anchura de la silla de ruedas, y además existen brazos estilo escritorio, los que permiten meter la silla de ruedas bajo el borde de una mesa o escritorio, logrando que la persona se pueda acercar más a estas superficies.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## LLANTAS.

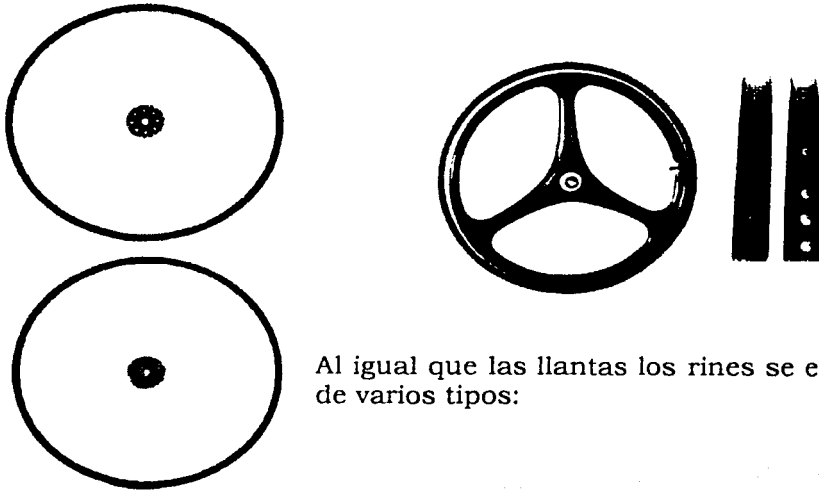
Las ruedas, tanto las grandes como las pequeñas se encuentran en el mercado en tres tipos:



- 1) Neumáticas, son similares a las usadas en las bicicletas, proporcionan amortiguación para uso en terreno rugoso, pero pueden desinflarse.
- 2) Semineumáticas, también ablandan el recorrido, pero no se desinflan.
- 3) Sólidas, no tienden a ablandar el recorrido, por ello son más adecuadas si la silla se usa primordialmente en interiores o sobre superficies lisas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

RINES.



Al igual que las llantas los rines se encuentran de varios tipos:

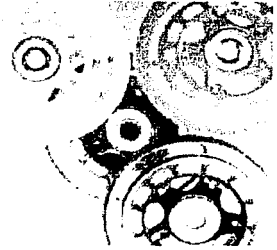
- 1) De rayos, como los usados en bicicletas.
- 2) De plástico macizo, usados en las sillas estándar comunes.
- 3) De otros materiales, desarrollados especialmente para sillas deportivas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

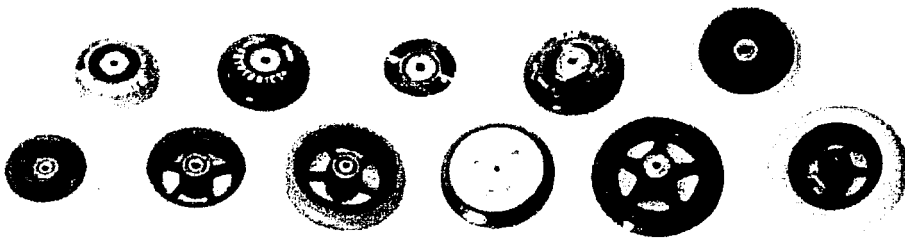


### RUEDAS PEQUEÑAS.

Las ruedas que se colocan al frente del armazón de las sillas pueden conseguirse para exteriores de 5 y 8 pulgadas. Se selecciona con mayor frecuencia las mayores ya que proporcionan mayor estabilidad y facilidad de rodamiento.



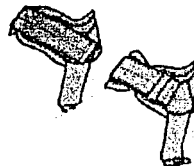
Para interiores se utilizan ruedas más pequeñas ya que no se encuentran obstáculos demasiado grandes, aunque la tendencia actual es reducir el diámetro aún siendo sillas para cualquier tipo de terreno.



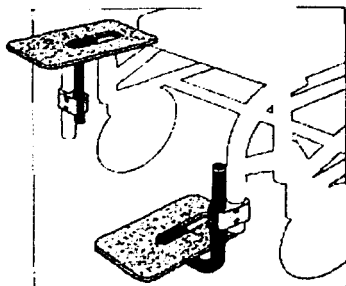
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### APOYOS PARA LOS PIES.

Las placas para los pies son estándar para todas las sillas de ruedas, pero pueden seleccionarse accesorios especiales para estas.



Existen ampliaciones para llevar el tamaño del pedal hacia atrás o adelante, o apoyos para los pies si estos tienden a salirse de los pedales, así como cubiertas de plástico o asas para el talón.



En caso de individuos con espasmos o movimientos involuntarios se pueden requerir asas para los dedos o tiras para los tobillos con el fin de mantener los pies en los pedales.

Cuando el problema es el ángulo del tobillo, se recurre a una placa que facilita el ajuste para proporcionar el apoyo adecuado.

Y para ayudar a mantener las piernas en los apoyos, existen diversas correas para talón, tableros para piernas que son colocados sobre el poste de los apoyos para pies, por detrás de los talones o pantorrillas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### COJINES PARA EL ASIENTO.

Para comodidad del paciente, así como para prevenir las úlceras de decúbito se pueden utilizar cojines, estos alivian algo de la presión sobre las tuberosidades isquiales distribuyéndola sobre los glúteos y corvas, existen de diversos tipos:

- a) Cojines de aire o de agua, ofrecen una superficie deformable para variar el apoyo.
- b) Cojines de hule espuma, absorben algo de la presión y son de grosor y densidad adecuados para soportar al paciente.
- c) Cojines de gel, la sustancia cambia de sitio adaptándose tanto al asiento como al paciente.
- d) Cojines de presión alterna, tienen conductos que se llenan de aire externamente con el fin de disminuir y redistribuir la presión.

Las úlceras de decúbito son resultado de la presión que reduce el flujo sanguíneo en un área de la piel causando necrosis tisular con subsecuente ulceración, haciendo pruebas a los cojines se sabe que todos reducen la presión mencionada, pero ninguno reduce la presión promedio por debajo de la presión capilar que es de 32 mm de Hg.

Por lo que es recomendable el uso de los cojines en combinación con cambios de posición y una adecuada atención a la piel.



### 3.7 ACCESORIOS ESPECIALIZADOS.

Según la movilidad de cada persona y su situación en especial, pueden requerirse diversos accesorios adicionales.

- Reduce-a Width (reductor de anchura) es una manivela que se fija a un lado del asiento y se hace funcionar girándola para reducir gradualmente el ancho para lograr pasar por lugares estrechos.
- Grade Aid es un accesorio que se coloca bajo el freno para ayudar a ascender pendientes, es liberado cuando la silla avanza terreno hacia delante y se acciona cuando esta deja de avanzar con el fin de no perder terreno.
- Extensiones de Freno, permiten a los pacientes que no alcanzan las palancas estándar accionar y quitar los frenos. Para personas debilitadas, ayuda ya que funciona como una palanca simple y se requiere de menor fuerza para accionar los frenos.

En caso de pacientes hemipléjicos se coloca una extensión de freno del lado no afectado.

- Estabilizador delantero, se utiliza cuando el recorrido hacia delante constituye un riesgo, se coloca por delante de las ruedecillas delanteras, y funciona frenando contra el suelo si la silla se inclina hacia delante.
- Dispositivos contra inclinación, al igual que el estabilizador delantero, pueden colocarse dispositivos contra las proyecciones en la parte posterior del armazón de la silla de ruedas, estos van dirigidos hacia el piso y sólo permiten inclinaciones no riesgosas.

- Porta bastón/muletas, se coloca en la parte posterior del respaldo con el fin de dar al usuario otra opción de movilidad al transportar adecuadamente estos artículos.
- Quad (Leber-Ease o Cam-Ease) es un liberador para hacer oscilar los apoyos desmontables para pies o piernas. Tiene un mecanismo liberador más fácil que el estándar y es de utilidad para personas cuadripléjicas o con limitaciones en manos.
- Aros especiales, para personas con poca o con una prensión débil se pueden colocar aros con recubrimientos de plástico o caucho y si ello no es suficiente se puede dar el impulso por medio de perillas espaciadas sujetas a los aros. (Este tipo de proyecciones aumenta aproximadamente 100 mm la anchura de la silla).
- Cinturones, para personas con excesivo movimiento involuntario, espasmos intensos o en caso de que la silla se detuviera en forma brusca.
- Artículos para postura y posición. Existen asientos y respaldos firmes y acojinados, apoyos para sostener el tronco lateralmente y si se requiere de transferencias posteriores frecuentes existen respaldos desmontables.
- Bolsas, se colocan en el respaldo o en la parte inferior de la silla para transporte de libros y otros artículos.
- Dispositivos de seguridad, existen candados que impiden el plegado y el giro de las ruedas, para dificultar el robo.

# **CAPITULO 4**

## **DEPORTE SOBRE SILLA DE RUEDAS**

#### 4.1 HISTORIA.

El deporte sobre silla de ruedas, nació en un hospital de Stocke Mandeville, cerca de Londres, en 1948.

Siendo su creador el Dr. Ludwing Guttman, en este año los hospitales de esta región tenían una gran demanda a consecuencia de los lesionados que la guerra había producido.

El Dr. Ludwing, al analizar el exceso de pacientes con problemas psicológicos por consecuencia de amputaciones, lesiones medulares y otros, se dio a la tarea de buscar alternativas para mantenerlos mentalmente ocupados y obligarlos a salir del hospital, entonces introdujo el Tiro Con Arco en el ámbito experimental, dando unos resultados inesperados.

Se mejoró la movilidad de los lesionados, cambiando su contexto antisocial. Fue así como se inició una rehabilitación integral, que posteriormente se configuró logrando a la fecha la participación en las disciplinas que conocemos como arquería, basquetbol, boliche, billar, natación, levantamiento de pesas, atletismo, tenis de mesa, tenis, danza y tiro con pistola, todos ellos en la categoría de silla de ruedas.

Debido al gran impacto que se dió en la población y al desarrollo y fortalecimiento de dichas disciplinas, en los tres siguientes años se realizaron los Juegos Nacionales de Silla de Ruedas de Inglaterra.

Teniendo una gran proyección en el extranjero y a partir de 1951 se abre el espacio a todos los países y desde entonces todos los años en el mes de julio se realizan los Juegos Mundiales de Silla Sobre Ruedas en los campos del Hospital de Stocke Mandeville a los que asisten en la actualidad 58 países.

A partir de 1957 se desarrollaron los Juegos Continentales Europeos.

En 1960 el Dr. Guttmann tuvo la brillante idea de invitar al país sede de los Juegos Olímpicos, en aquel entonces Italia a organizar los Juegos Paralímpicos, en fecha inmediatamente posterior al desarrollo de los Juegos convencionales.

En ellos compitieron 400 atletas, representando a 23 países en los paralímpicos de Roma.

Este hecho se recibió con gran beneplácito por parte de los participantes al haber adquirido la categoría de atleta olímpico.

En 1964 Tokio organizó después de sus Juegos Olímpicos, los mismos Juegos para atletas en Silla de Ruedas, con la participación de 429 atletas.

En el año de 1966 se reúnen en Canadá un grupo de dirigentes deportivos de América para discutir el proyecto de realizar Juegos Sobre Silla de Ruedas, con el fin de que los deportistas con discapacidad del Continente Americano tuvieran la oportunidad de encontrarse, intercambiar experiencias y obtener nuevos conocimientos en el campo deportivo, sociocultural y de rehabilitación.

De esa reunión surge la idea de los Primeros Juegos Panamericanos Sobre Silla de Ruedas, logrando que el Comité Ejecutivo de la Organización Deportiva Panamericana (ODEPA) diera su reconocimiento.

El 8 de agosto de 1967 en la Ciudad de Winnipeg, Canadá; México participó gracias al Sr. Allan Simpson quien obsequió el viaje a dos atletas, Salvador Casillas y Manuel Ramos, quienes obtuvieron 6 medallas (dos de cada metal).

En ese mismo año México participó en los II Juegos Panamericanos.



Además también compitieron en esta justa: Argentina, Estados Unidos, Jamaica, Trinidad y Tobago y Canadá iniciando la participación deportiva para atletas en silla de ruedas y a la fecha se llevan a cabo una vez concluidos los Juegos Panamericanos convencionales.

Fue el Psicólogo Jorge Beltrán Romero, quién introdujo y promovió en México el Deporte Sobre Silla de Ruedas en forma organizada en 1968; mientras que en 1969 México participó en los III Juegos Panamericanos realizados en Argentina.

En 1972 y posteriormente a los Juegos Olímpicos convencionales celebrados en Munich, se llevaron a cabo los Juegos Paralímpicos, en Hidemburg, Alemania en los que México participó con resultados decorosos.

En 1973 se efectuaron los IV Juegos Panamericanos de Lima, Perú, la organización del equipo mexicano participante estuvo a cargo del Instituto Nacional de Protección a la Infancia (INPI).

A partir del 6 de agosto de 1975, inició el arribo a la Ciudad de México, procedentes de 16 países del Continente Americano, los equipos que participaron en los V Juegos Panamericanos Sobre Silla de Ruedas.

La Selección Mexicana en ellos tuvo la mejor cosecha de medallas (en lo que se refiere a la participación internacional dentro de este deporte) con estos resultados, a partir de esa fecha, se consideró a México como una potencia dentro de esta especialidad deportiva, dado que en aquel entonces era de los equipos más jóvenes.

Inmediatamente después, el equipo nacional se propone entrenar con tesón para su participación en los Juegos Paralímpicos de 1976 en Toronto, Canadá; desde el desfile inaugural de esos Paralímpicos, México llamó la atención, primero por sus sombreros de charro y dentro de los Juegos, por las medallas que obtuvo. Los resultados fueron por demás halagadores, octavo lugar por equipos con un total de 44 medallas: 16 de oro, 15 de plata y 13 de bronce.

En noviembre de 1978, se inauguraron los VI Juegos Panamericanos Sobre Silla de Ruedas en Río de Janeiro, Brasil, en donde México obtiene 89 medallas, un promedio de dos medallas por cada competidor nacional.

En los Juegos Mundiales de Stoke Mandeville de 1979, México participa con 13 atletas y obtiene 17 medallas.

En los Juegos Paralímpicos realizados en Holanda en 1980, una vez más, México obtiene un lugar destacado en el cuadro de medallas contando con atletas que impusieron nuevos récords olímpicos y mundiales.

En 1982, en Toronto, Canadá, escenario ya conocido por México se desarrollaron los VII Juegos Panamericanos.

México con una pequeña representación obtiene nuevamente resultados sorprendentes (104 medallas).

En 1984 a Estados Unidos le correspondía organizar los Juegos Paralímpicos inmediatamente después de los Juegos Olímpicos de los Ángeles '84 y, debido a la negativa por parte de las autoridades deportivas, se llevaron a cabo en Stoke Mandeville, Inglaterra.

En 1986, México participa en el Maratón de Oita, Japón, obteniendo una medalla.

También en ese mismo año, en San Juan de Puerto Rico, México hace una vez más gala de su poderío deportivo, orgullosamente 188 medallas.

Para 1988, los Juegos Olímpicos se realizaron en Seúl, Corea del Sur, e inmediatamente después y en las mismas instalaciones se llevaron a cabo los Paralímpicos.

La participación de México sobresale siempre por sus excelentes resultados.

## 4.2 EL DEPORTE SOBRE SILLA DE RUEDAS EN MEXICO.

La Federación Mexicana de Deportes Sobre Silla de Ruedas.A.C. (FEMEDSSIR) cuenta con 24 Asociaciones Deportivas Estatales legalmente constituidas y 2 Entidades Deportivas afiliadas a la misma y ésta a su vez afiliada a la Confederación Deportiva Mexicana (CODEME) reconocida por el Comité Olímpico Mexicano (COM) recientemente, sin formar parte de su programa.

Aglutina a un total de 2500 deportistas, a lo largo y ancho de la República Mexicana.

Actualmente en México se practican los siguientes deportes:

- Atletismo
- Basquetbol
- Levantamiento de pesas
- Natación
- Tenis de mesa
- Tiro con arco
- Danza
- Pistola de aire
- Tenis de cancha

### 4.3 SITUACION COMPARATIVA CON OTROS PAISES.

En nuestro país no existen las instalaciones creadas específicamente para el Deporte Sobre Silla de Ruedas, por ello se han tenido que usar instalaciones que no cuentan ni con los accesos ni con la disponibilidad para el adecuado desarrollo del deporte adaptado.

Las actividades en el ámbito nacional del deporte adaptado no reúnen los requisitos elementales para un desarrollo efectivo, toda vez que los programas tienden a caer en el inasistencialismo y en el deporte ocupacional, únicamente el 1% de los deportistas con discapacidad en nuestro país tiene acceso a las dependencias que cuentan con tecnología avanzada de implementos deportivos.

En otros países como en Inglaterra tienen varias instalaciones exclusivas para el deporte adaptado, por ejemplo las de Stoke Mandeville.

Por todo lo anterior, es importante el trabajo que realizan nuestros deportistas ya que no obstante todos los imponderables, México ha sobresalido en el ámbito internacional.

En México los sistemas de transporte no cuentan con las adecuaciones necesarias para poder brindar el servicio a la mayoría de la población con discapacidad, situación que en su momento limita la influencia de los atletas a los centros de entrenamiento.

En los países que han reconocido el deporte adaptado se ha estructurado todo un equipo de investigación y capacitación profesional al servicio de éste, logrando avances significativos, colocándolos a la vanguardia en las justas internacionales como reflejo de la alta calidad de vida que debe garantizar todo país que aspire a ser del primer mundo.

En nuestro país los logros deportivos en el ámbito internacional no son producto de un sistema, sino esfuerzo individual de unos cuantos deportistas, hecho que corre el riesgo de llegar a su fin debido a la gran cantidad de carencias que tienen los aspirantes a figurar en los primeros planos del deporte adaptado.

En países del primer mundo, se han obtenido avances no solamente deportivos, sino también logros económicos por cuestiones de publicidad y comercialización del deporte adaptado, mientras que en México los logros se han mantenido en el anonimato desperdiándose la gran motivación y estimulación que significaría para nuestro pueblo el sentirse copartícipe de los triunfos alcanzados por nuestros deportistas en las justas internacionales.

## **CAPITULO 5 ANTROPOMETRÍA**

Se le llama antropometría a la ciencia que estudia en concreto las medidas del cuerpo, a fin de establecer diferencias en los individuos, grupos, etc.

Con el paso del tiempo se ha conseguido reunir una cantidad importante de datos antropométricos. No obstante y para desgracia del diseñador, los esfuerzos aplicados en este campo tenían fines taxonómicos e iban destinados a estudios fisiológicos.

Es hasta 1940 cuando la necesidad de datos antropométricos se proyecta en distintos campos industriales, por ejemplo en la aeronáutica provocando su desarrollo e incremento. Lógicamente, la fuente de gran parte de este ímpetu se encontraba en miras de la segunda guerra mundial; aún hoy la investigación antropométrica se realiza en el sector de la industria bélica.

Si consideramos la antropometría exclusivamente como un simple ejercicio de medición, se puede llegar a la conclusión que la recopilación de datos dimensionales se puede hacer sin el menor esfuerzo ni dificultad, sin embargo son muchos los factores que complican los problemas que lleva esta actividad. Uno de tales factores es que las dimensiones del cuerpo varían según la edad, sexo, raza, e incluso grupo laboral.

A pesar de los intentos que a nivel nacional e internacional han hecho los antropometristas para estandarizar medidas y terminología, el escaso éxito obtenido sólo viene a complicar la interpretación y significación de los datos que se registran por lo cual no es raro que los estudios sean acompañados por disciplinas de las técnicas empleadas y diagramas necesarios para definir claramente los puntos reales a partir de los cuales se tomaron las mediciones.

En consecuencia, contar con la ayuda de esta disciplina a la hora de diseñar exige de hacer un planteamiento cargado de prudencia para después llevar a su aplicación el cúmulo de datos.

## 5.1 FUENTES DE DATOS.

Generalmente la recopilación de datos antropomórficos es una tarea costosa, larga e incomoda que requiere de personal entrenado, en particular si se pretende conseguir un muestreo nacional que sea representativo.

Por este motivo, la mayoría de las investigaciones en este terreno recae en sectores militares más que en los civiles de la población del mundo entero.

## 5.2 TIPOS DE DATOS.

Las dimensiones del cuerpo humano que influyen en el diseño, son esencialmente de dos tipos: estructurales y funcionales.

Las dimensiones estructurales, son de cabeza, tronco y extremidades en posiciones estándar.

Las dimensiones funcionales, llamadas también dinámicas, incluyen medidas tomadas en posiciones de trabajo o durante el movimiento que se asocia a diferentes actividades.

Generalmente los datos se presentan en forma gráfica o tabular por necesidad de acceso.

Dado que las dimensiones y medidas del cuerpo de los individuos miembros de un grupo varían ostensiblemente dentro de cualquier población, es evidente que no resulta un planteamiento práctico tener la visión de diseñar para el grupo entero.

Por esta razón la distribución estadística de estos datos es de sumo interés para el diseñador, con el objeto de fijar estándares y tomar decisiones.



### 5.3 ADECUACIÓN.

En virtud de la abundancia de variables que entran en juego, es esencial que los datos que se seleccionan sean los que mejor se adapten al usuario del objeto que se diseña.

De aquí, que surge la necesidad de definir con exactitud la naturaleza de la población a servir, en función de su edad, sexo, trabajo, etc.

Cuando el destinatario es un individuo, o un grupo reducido, y en ciertas circunstancias especiales, el desarrollo de la propia información antropométrica a partir de una toma de mediciones contiene un índice de fiabilidad suficiente.

Es indudable que se debe conceder el tiempo necesario sobre todo cuando el diseño, sea éste el que fuere, supone una mediana o fuerte inversión económica.

### LIMITACIONES.

Se debe advertir sin embargo que la antropometría no es una ciencia tan precisa como sería de desear, los datos han de aceptarse como una fuente de información o una herramienta de trabajo más de entre las que se disponen.

Esto se debe a la naturaleza incipiente de la ciencia antropométrica y a la falta de un número importante de profesionales dedicados a investigar en este campo.

De hecho se carece de datos relativos a la población infantil, senil y minusvalida.

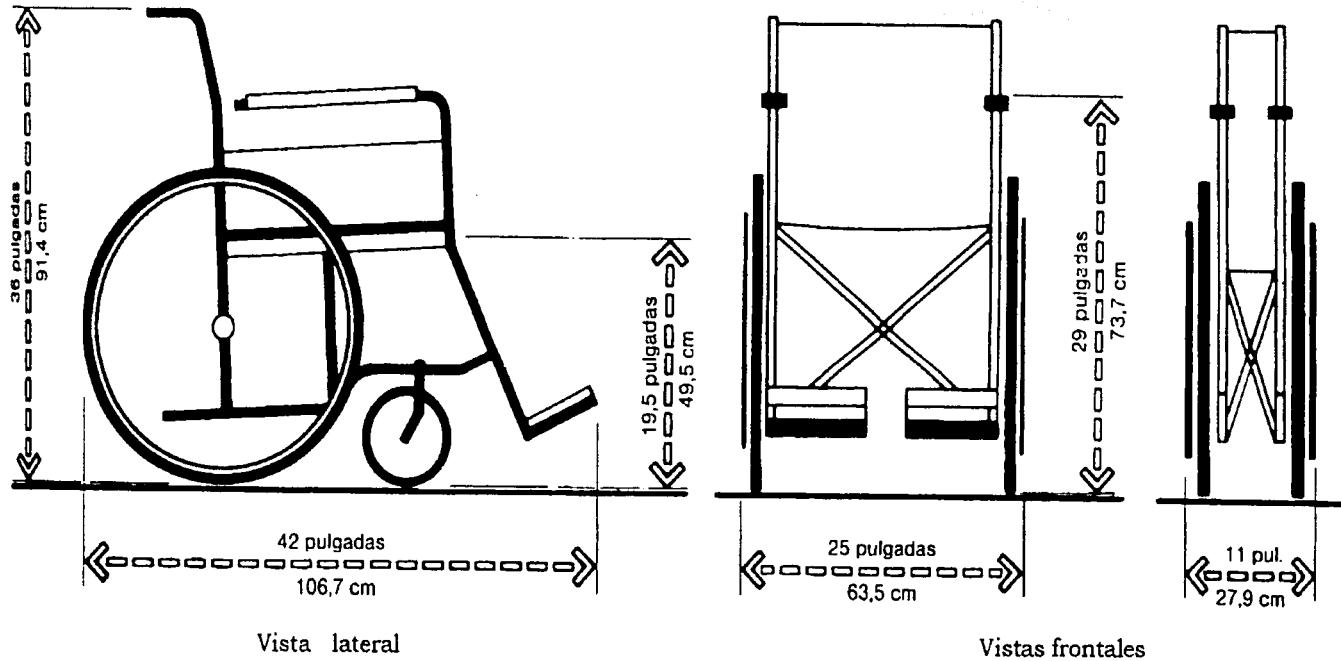
#### 5.4 PERSONAS SOBRE SILLA DE RUEDAS.

Antropométricamente se carece de datos sobre personas con silla de ruedas, ya que su estudio tiene la singular dificultad de las múltiples variables que se llevan implícitas como pueden ser:

- Clases de incapacidad,
- Miembros o partes del cuerpo afectados,
- Amplitud de la parálisis,
- Grado de disfunción muscular,
- Efecto acumulativo en la movilidad general de las extremidades por el confinamiento en la silla, etc.

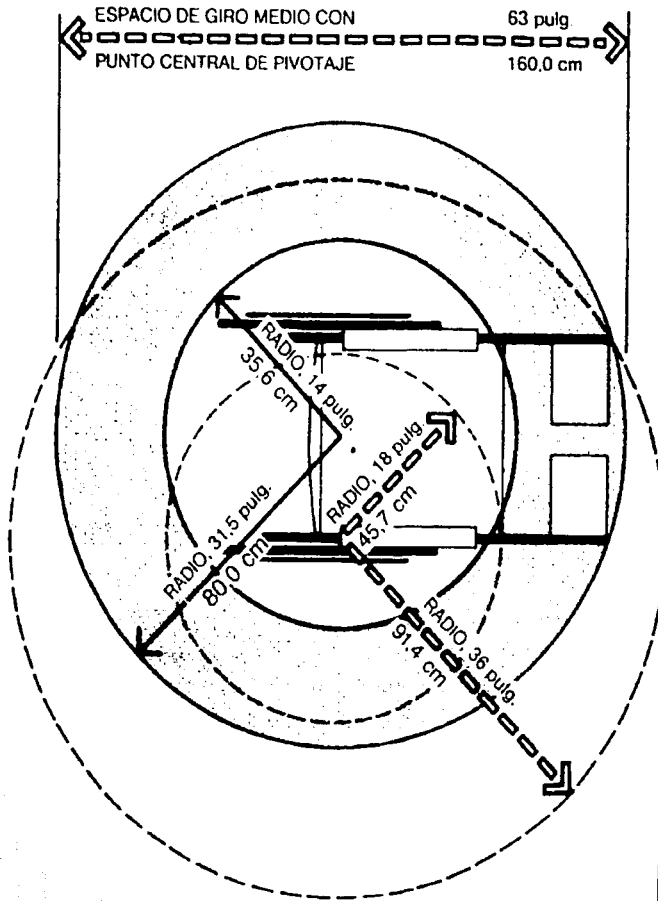
Para este trabajo de estudio, partimos del supuesto que la movilidad de las extremidades no sufre deterioro y así se asemejan a los estudios antropométricos de personas físicamente capacitadas.

Es preciso englobar el conjunto individuo-silla para dimensionar correctamente la extensión, holgura y demás parámetros importantes a cerca de las peculiaridades de la silla algunas de estas, básicas y útiles, las encontramos en la figura anexa.



Claro está que las dimensiones varían según el modelo y el fabricante, así como el uso que se le dé a la silla, sin embargo por motivos prácticos generales se toman las mediciones anteriores como un estándar para el diseño de espacios interiores en edificios públicos.

Fuente de datos: American National Standards Institute (ANSI).



**RADIO DE GIRO ALTERNATIVO.**

La longitud de la silla es importante por determinación del radio de giro de la misma, debido a la maniobrabilidad en espacios públicos.

\_\_\_\_\_ Radio de giro basado en ruedas móviles en direcciones opuestas y pivotando alrededor del centro.

----- Radio de giro basado en el bloqueo de una rueda y giro de la otra pivotando sobre la primera.

**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**

En las antropometrías que hacen referencia a este tema existen numerosos diagramas de circulación que ilustran medidas de hombres y mujeres en silla de ruedas para fines de diseño en espacios interiores, las cuales deben ser usadas con prudencia, ya que llevando a cabo un diseño interior basado en el denominado alcance medio se dejaría indefensos a la mitad de los usuarios en silla de ruedas y, no así si éste se apoya en dimensiones corporales adecuadas para la población de menor estatura.

Las figuras que se presentan a continuación, contemplan antropometrías de individuos sujetos a la dependencia de la silla de ruedas.

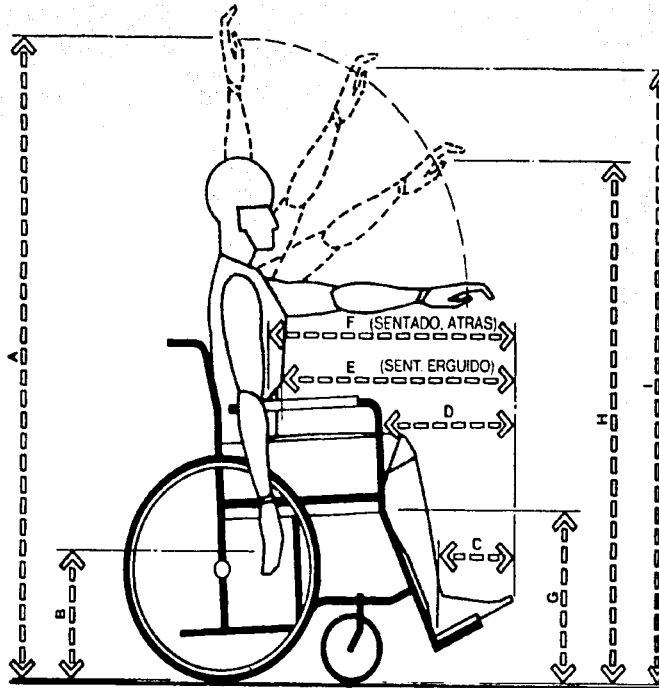
Conviene advertir que la mayoría de éstas no se construyen para mantener el cuerpo en posición erecta y, por consiguiente, algunas partes del mismo no guardan una estricta verticalidad ni horizontalidad.

Describiendo la disposición geométrica del cuerpo humano sobre una silla de ruedas del tipo clínico, tendríamos que en esta postura sólo los tobillos mantienen un ángulo de  $90^\circ$ , las piernas se elevan  $15^\circ$  obligando a las rodillas a formar un ángulo de  $105^\circ$ , la espalda se inclina  $10^\circ$  dando lugar, en la articulación de las rodillas a un ángulo próximo a  $100^\circ$ .

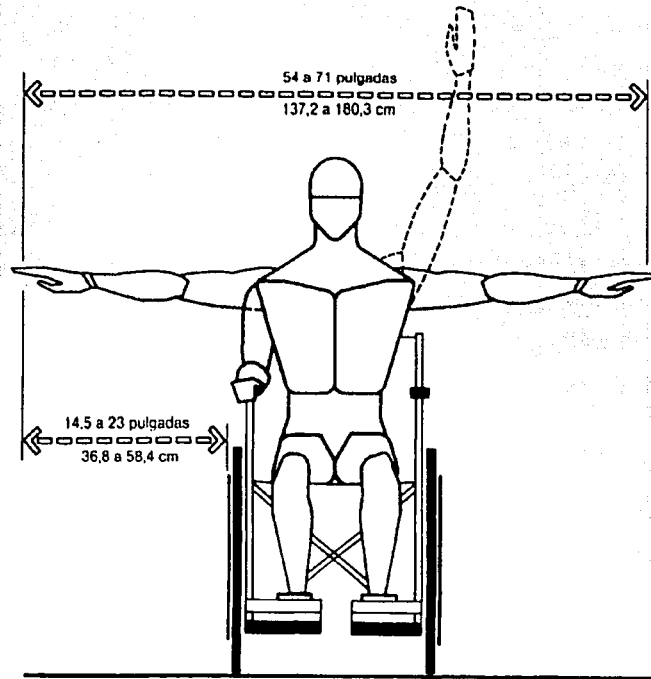
Por último y viendo el cuerpo como interrelación de sus partes, el efecto resultante es semejante al que daría una inclinación hacia atrás de la silla de  $5^\circ$ , quedando así el asiento a  $5^\circ$  de la horizontal, piernas y espalda a  $20^\circ$  y  $15^\circ$  respectivamente de la vertical.

Si el estado físico del usuario de la silla de ruedas le permite tomar una posición erguida, pese a la inclinación del respaldo de aquella y dada la naturaleza de la actividad y el grado de adecuación, es indudable que el alcance antropométrico medio de los brazos debe ser el apropiado.

Sea como fuere, el alcance depende de la inclinación de  $15^\circ$  que tiene la espalda respecto a la vertical, y basándonos en esto, se modifica la media antropométrica de esta medida, advirtiendo que la medición de alcance estándar se toma con la espalda erguida y el individuo sentado sobre un plano horizontal.



	HOMBRE	MUJER
MEDIDA	(mm)	(mm)
A	1581	1441
B	413	445
C	222	178
D	470	419
E	654	584
F	730	660
G	483	483
H	1308	1194
I	1480	1352



## **CAPITULO 6**

# **ANTROPOMETRÍA DEL ASIENTO**



El diseño del asiento, se remonta a la antigüedad. Se encuentra en época de los egipcios, 2050 a. C., un valioso elemento del mobiliario llamado escabel y la silla data del entorno del 1600 a. C.

El asiento, a pesar de su ubicuidad y dilatada vida, continúa siendo uno de los elementos peor diseñados del espacio interior.

Una de las mayores dificultades con que se tropieza en esta área es que a menudo se entiende el sentarse como una actividad estática, cuando realmente es dinámica. De aquí que la explicación exclusiva de datos estáticos bidimensionales en la resolución de un problema tridimensional, que lógicamente conlleva facetas biomecánicas, sea un enfoque equivocado.

La insuficiencia de datos disponibles concernientes a la biomecánica propia del diseño e investigaciones sobre el confort, suman algunas dificultades más a esta cuestión.

## 6.1 DINAMICA DEL TOMAR ASIENTO.

Para comprender mejor la dinámica del sentarse es necesario estudiar la mecánica del sistema de apoyo y la estructura ósea general que operan en esta.

El eje de apoyo de un torso sentado es una línea situada en un plano coronal que pasa por la proyección del punto inferior de las tuberosidades isquiáticas que descansan en la superficie del asiento.

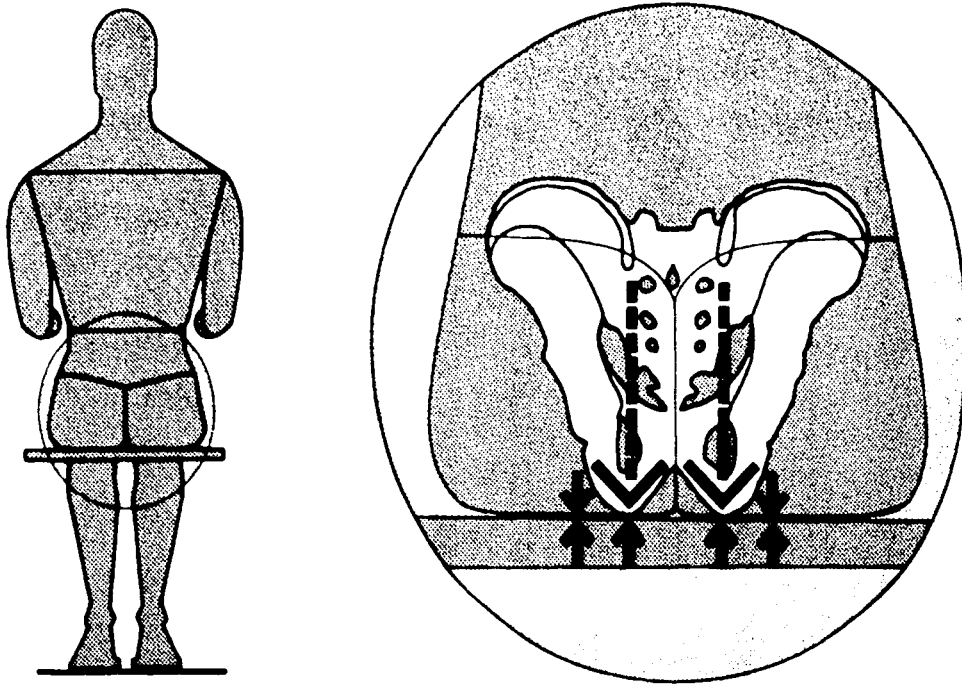
En esta posición, cerca del 75% del peso total del cuerpo es soportado únicamente por 260 mm<sup>2</sup> (4 in<sup>2</sup>), de dichas tuberosidades, es decir se trata de una carga elevada distribuida en una superficie pequeña lo que produce lógicamente compresiones considerables en las nalgas, valoradas entre 6-7 Kg/cm<sup>2</sup> (85-100 psi).

Otras informaciones estiman que la compresión que experimenta la superficie de la piel en contacto con el asiento es de 2.5 a 4 Kg/cm<sup>2</sup> (40-60 psi), cuando en puntos ligeramente más alejados se reduce a 0.25 Kg/cm<sup>2</sup> (4 psi).

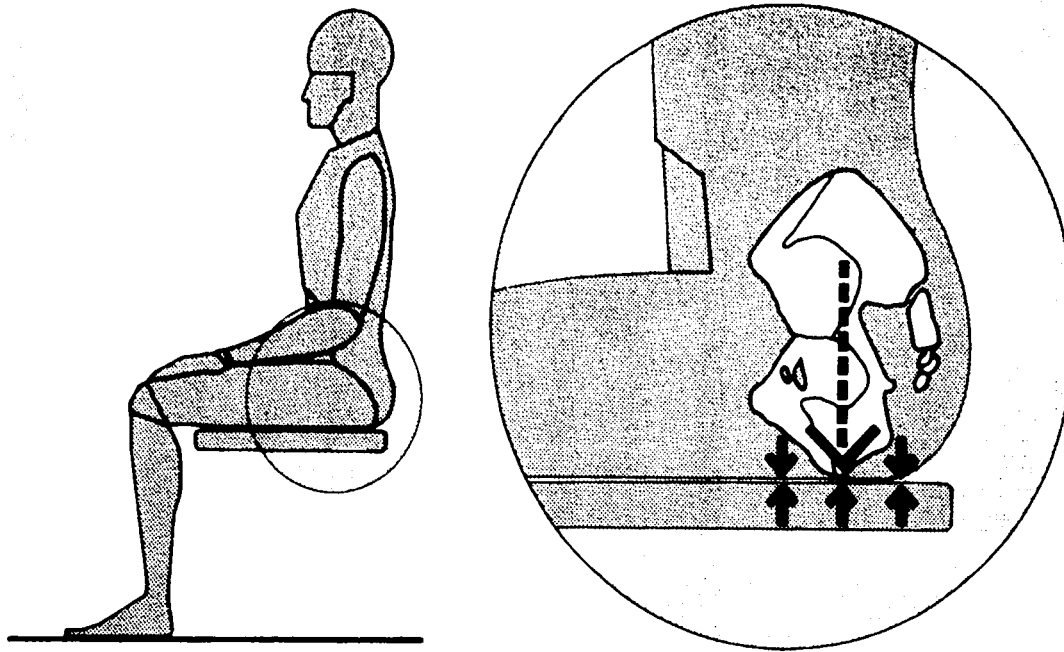
La conjunción de estas presiones ocasiona fatiga e incomodidad y se traduce, de ser posible, en cambio de postura para aliviar la molestia. De no ser así, una prolongada permanencia en la misma posición y bajo el mismo estado de fuerzas, produce isquemia o interferencias en el riego sanguíneo, que ocasionan dolores y entumecimiento.

Es obvio entonces que el diseño del asiento procurará repartir el peso del cuerpo sobre una superficie más extensa, cosa que puede lograrse de maneras sencillas como teniendo un relleno adecuado de este.

Estructuralmente las tuberosidades son un sistema de apoyo de solo dos puntos que en sí mismo ya es inestable, la anchura y la profundidad del asiento no bastan para alcanzar una estabilidad correcta, en teoría esta se consigue gracias a la intervención de piernas, pies y espalda, presuponiendo entonces que el centro de gravedad se encuentra exactamente encima de las tuberosidades.

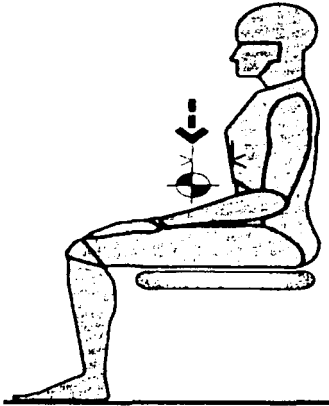


MECANICA DEL SISTEMA DE APOYO Y LA ESTRUCTURA OSEA GENERAL AL TOMAR ASIENTO. (Fig 1)



MECANICA DEL SISTEMA DE APOYO Y LA ESTRUCTURA OSEA GENERAL AL TOMAR ASIENTO. (Fig 2)

El centro de gravedad del tronco de un cuerpo sentado se halla aproximadamente de 3 a 4 cm (1-1.5 in), por delante del ombligo.



La yuxtaposición del sistema de apoyo de dos puntos y la localización del centro de gravedad lleva a observar que el sistema sobre la superficie del asiento es intrínsecamente inestable y si este sistema quiere conservar la estabilidad, es obligado a dar un efecto externo al sistema con la presencia de fuerzas activas, es decir fuerzas musculares.

La abundancia de posturas del cuerpo en posición cedente y la actividad muscular existente, incluso cuando se tiene la sensación de que el cuerpo está en reposo, hacen pensar que esta posición no es estáticamente como se cree y se debe de tomar en cuenta que: un cuerpo humano sentado no es un saco inerte de huesos que se deja un rato sobre un asiento, es un organismo vivo en un estado dinámico de actividad ininterrumpida.

Tienen por ende gran importancia para el diseño la localización de las superficies donde apoyar la espalda, cabeza, brazos, al igual que el tamaño y la forma, puesto que son elementos que actúan como estabilizadores.

El asiento que no proporcione suficiente equilibrio, demandará al usuario un consumo adicional de energía por el esfuerzo muscular y proporcionará incomodidad.

Es necesario familiarizarse entonces con las consideraciones antropométricas que guarda el diseño de asientos y su relación con imperativos biomecánicos y ergonómicos, las dimensiones fundamentales que reciben generalizada atención son: altura, profundidad y anchura del asiento, altura del respaldo, apoyabrazos y separación.

## 6.2 TAMAÑO DEL ASIENTO.

El asiento, asegura la estabilidad optimizando la zona del cuerpo del usuario en contacto con la base del soporte. También procura alivio de la presión al distribuir de manera uniforme el peso del usuario en la mayor superficie posible.

### ALTURA

La altura a que se halla la parte superior de la superficie del asiento respecto al suelo es uno de los puntos básicos en el diseño.

Si es excesiva se produce una compresión en la cara inferior de los muslos con la consecuente sensación de incomodidad y eventual perturbación de la circulación sanguínea.

Un contacto insuficiente entre la planta del pie y el apoyo merma la estabilidad del cuerpo.

Si el asiento es demasiado bajo los pies quedan privados de toda estabilidad.

De manera general se sabe que una persona alta se encuentra más cómoda en una silla baja que otra de poca estatura en una silla alta.

Con el fin de poder librar los umbrales de las puertas, los desniveles y las superficies rugosas o disparejas, determinamos la altura del asiento midiendo la longitud de la pierna desde la corva hasta el tacón del zapato y aumentando 50 mm a dicha medida.

Tomando en cuenta que es frecuente la utilización de un cojín que, lógicamente aumentará la altura. Se debe cuidar que además de tener una altura mínima sobre el piso de 50 mm, los apoyos para los pies deben ajustarse de tal modo que las corvas del paciente se encuentren por encima de la parte delantera del asiento o cojín a fin de evitar la presión en esa región.

Es también importante que el apoyo para los pies no esté colocado más alto de lo necesario para lograr el espacio libre indicado bajo el extremo distal del muslo, y evitar que el peso del cuerpo se encuentre distribuido sin uniformidad en la silla, ocasionando una excesiva presión sobre las tuberosidades isquiales, un sitio de predilección para las úlceras de decúbito.

PROFUNDIDAD.

Otra de las consideraciones básicas para el diseño es la profundidad, si ésta es excesiva, el borde o la arista frontal de asiento comprimirá la zona posterior de las rodillas y entorpecerá el riego sanguíneo a piernas y pies, la opresión del tejido de la vestimenta originará irritación cutánea y molestia.



También dificultará que el usuario obtenga el soporte adecuado del respaldo, ya que tenderá a deslizarse en el asiento para evitar la tensión.

Una profundidad demasiado pequeña provoca una desagradable situación al usuario, que tiene la sensación de inestabilidad y para personas de muslos bajos, presenta una ineficiente superficie de apoyo.

La longitud nalga poplíteo, es la distancia horizontal medida desde la superficie posterior de las primeras hasta la homologa de las segundas, esta medición nos proporciona la profundidad de asiento idónea.

Obteniendo una largura de 439 mm para hombres y de 432 mm para mujeres y en medidas menores referidas al 1% 409 mm para mujeres.

Por consiguiente, cualquier profundidad de asiento que exceda de 460mm, no acomodará a los usuarios más bajos, mientras que una de 432mm, proporcionará un asiento confortable para el 95% de ellos.

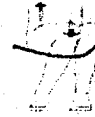
Si requerimos hacerlo para un grupo menor, tomamos la medición por detrás de los glúteos, a lo largo del muslo, hasta el pliegue por detrás de la rodilla, a esta medición se le restan de 50 a 75 mm para evitar que el cojín presione dentro del hueco poplíteo, dejando suficiente profundidad para el apoyo de los muslos y la distribución del peso.

**ANCHO.**

Se toma al nivel de la cadera o muslos en la parte más ancha, para después agregar 50 mm, logrando de tal manera dejar un espacio libre de 25 mm a cada lado del paciente, esto evitará el roce contra la estructura y facilitará las transferencias del paciente, así como mantendrá la silla lo más angosta posible para facilitar la propulsión y la accesibilidad en marcos de puertas.



Si el asiento es demasiado ancho el usuario tenderá a no sentarse simétricamente, si es demasiado estrecho existe el riesgo de que se produzcan escaras por presión y rozamiento.



**6.3 RESPALDO.**

Aunque el tamaño, configuración y colocación del respaldo es una de las consideraciones más relevantes, con objeto de asegurar el perfecto acoplamiento usuario-silla, también es el componente de dimensionamiento más arduo, conforme a los datos antropométricos publicados.

Pese a la accesibilidad que tienen estas medidas del cuerpo, tan necesarias para definir partes fundamentales del asiento, como su altura, profundidad, anchura y altura del apoyabrazos, domina la penuria de datos sobre la región lumbar y la curvatura espinal.



El diseñador, se ve obligado a circunscribirse a orientaciones y generalizaciones.



El respaldo debe ser lo bastante alto como para estabilizar la región lumbar superior y está comúnmente admitido que el principal cometido del respaldo es este. Es decir la zona cóncava que se extiende desde la cintura hasta la mitad de la espalda.

Por encima de este nivel la altura del respaldo depende de las necesidades o preferencias particulares del usuario.

La configuración que busca casi siempre un respaldo es recoger el perfil espinal, singularmente en la zona lumbar y se evita que el acoplamiento sea tan completo que evite el cambio de posición del cuerpo.

La altura total del respaldo varía con la clase o previsión de uso que se otorga a la silla, y en ocasiones basta con proporcionar un apoyo congruente a la zona lumbar, aunque en el caso de lesionados medulares cuanto más alta es la lesión necesitarán un respaldo más alto para dar soporte al tronco.

Para determinar la altura adecuada llevamos acabo la medición desde el asiento hasta la axila y después restamos 100 mm.

Una de las tendencias actuales en el diseño de sillas de ruedas es disminuir la altura del respaldo con el fin de aumentar la libertad del brazo y la capacidad funcional cuando la fuerza del tronco permite reducir el apoyo de la espalda.

Este tipo de mediciones se comparan con el tamaño de los modelos estándar diseñados para satisfacer las necesidades de la mayoría de las personas, quedando como opción para los usuarios la selección de una silla de ruedas de tamaño correcto para el paciente en particular.

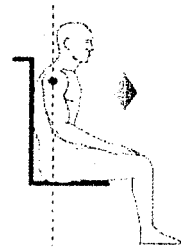
## FORMA DEL RESPALDO Y ÁNGULO

La mayoría de usuarios se sentirán cómodos con un respaldo que dé adecuado soporte a la región lumbar.

La forma, junto con un ángulo de inclinación adecuado, proporciona apoyo y equilibrio a la parte superior del cuerpo.



El respaldo debe de estar ligeramente reclinado para que la fuerza de gravedad recaiga sobre el pecho del usuario ayudándole a mantenerse estable en la silla.



Un respaldo completamente recto hace que la fuerza de gravedad recaiga en los hombros del usuario por lo que éste tenderá a inclinarse hacia adelante para compensarla.



Un respaldo demasiado reclinado resulta incómodo porque el usuario ve reducido su campo visual.

## 6.4 DESCANSABRAZOS.

Los apoyos para los brazos desempeñan varias funciones: cargan con el peso de los brazos, procurando descanso a estos y a los músculos del cuello y ayudan al usuario a sentarse o levantarse.

El dimensionamiento y situación de estos componentes depende de distintos factores. La altura está supeditada por la que tenga el codo en reposo, medida que se obtiene al tomar la distancia que separa la punta del codo de la superficie del asiento.

Las alturas utilizadas habitualmente, son aquellas que se encuentran entre 178 y 254 mm que resultarán correctas para la gran mayoría.

Particularmente, esta medición se lleva a cabo desde el asiento hasta el codo que se encuentra flexionado a 90°, después se agregan a esta lectura 25 mm. para determinar la altura del apoyo para el brazo.

Con esta altura el brazo se apoya cómodamente sin propiciar una postura agachada, ni la elevación de la escápula.

Si los apoyabrazos son demasiado altos, los hombros quedarán forzados hacia arriba, dando lugar a dolores musculares en la zona cervical.

Si los apoyabrazos están demasiado bajos, el usuario tenderá a dejarse caer hacia un lado cuando los utilice. Una base de asiento estable puede eliminar la necesidad de apoyabrazos en los usuarios activos.

## 6.5 ACOLCHONAMIENTO.

El propósito del acolchonamiento es esencialmente, distribuir la presión que ejerce el peso del cuerpo en una superficie. Al diseñar se puede caer en la tentación de creer que cuanto mayor, más grueso y blando sea este, crecerá proporcionalmente el bienestar que brinde y realmente no es este el caso.



Con demasiada frecuencia se padece la incomodidad, desazón y molestias que producen lugares de asiento aparentemente confortables.

La proximidad de la estructura ósea a la piel hace que aquella experimente los más elevados índices de incomodidad a causa de la compresión que sufren los tejidos del cuerpo.

El ejemplo para este caso de área sensibles es la zona de las nalgas, clara necesidad e importancia que tiene un buen acolchonamiento.

El diseño incorrecto de este elemento conduce a que las fuerzas de compresión se mitiguen a expensas de la estabilidad corporal.

Es factible sin embargo que el acolchonamiento prive de apoyo al cuerpo y este se debata en una masa blanda con los pies apoyados como único soporte y un notable incremento de carga a estabilizar por vía muscular.

Otra fuente de incomodidades aparece si el peso del cuerpo alza el borde frontal del acolchonamiento, desplazando la presión al final de los muslos y a los nervios de esta zona.

Análogamente si el cuerpo se hunde, también se levantarán los bordes laterales y el posterior, generando presiones adicionales en otras partes del mismo, sin olvidar el esfuerzo que se requerirá para levantarse del asiento.

## 6.6 AJUSTE DE DESCANSAPIES

Una vez establecido el ángulo de la cadera en  $90^\circ$ , la mayoría de las personas se sentirán cómodas si las rodillas se encuentran también en un ángulo de  $90^\circ$ . Este mismo ángulo se debe mantener también en los tobillos.



Por lo tanto desde el punto de vista ergonómico los reposapiés deberían de ser de  $90^\circ$ .

Sin embargo en adultos, normalmente no se da, porque de esta forma las plataformas del reposapiés impiden el libre giro de las ruedas delanteras.

En sillas deportivas con ruedas delanteras más pequeñas el ángulo puede ser de unos 85°.

En sillas normales es algo inferior, pero siempre tendiendo a aproximarse lo más posible a los 90°.

En usuarios con piernas largas el ángulo del reposapiés deberá ser inferior para que las plataformas no entorpezcan actividades como subir una banqueta.

Si las plataformas están demasiado bajas o el asiento demasiado alto, las rodillas del usuario estarán más bajas que sus caderas.

De esta forma el usuario tenderá a deslizarse en el asiento, dificultando la propulsión y aumentando el rozamiento en las nalgas.



Si las plataformas están demasiado altas o el asiento bajo, las rodillas estarán más altas que las caderas aumentando la presión sobre las nalgas.

## 6.7 ALTURA, ANCHO Y LONGITUD TOTALES.

Estas tres dimensiones dependen enteramente de las mediciones anteriores, según el caso y el paciente que se trate, sin olvidar los límites arquitectónicos correspondientes.

Si se requieren de modificaciones en cualquiera de las dimensiones, pueden ajustarse, sin embargo resultan de un costo elevado.

## 6.8 PESO DE LA SILLA.

Existen de muy diversos pesos clasificándose básicamente por la composición del armazón que es un factor clave en la funcionalidad de la silla.

El acero siendo el más habitual, es el más pesado pero también el más barato.

Una silla con armazón de aluminio es mucho más ligera y por lo tanto fácil de propulsar, pero también más cara.

También se pueden encontrar armazones realizados en materiales muy ligeros como titanio y carbono. Se utilizan habitualmente en sillas de armazón rígido y tienen un precio muy elevado.

## **CAPITULO 7**

### **DISEÑO**

## 7.1 RECONOCIMIENTO DE LA NECESIDAD.

Planteamos la necesidad que sufren las personas que por su situación física requieren de un instrumento mediante el cual logren hacer su vida sin depender excesivamente de otras personas para su transportación y movilidad ya sea en espacios interiores o exteriores.

El instrumento mínimo básico, una silla de ruedas.

## 7.2 DEFINICION DEL PROBLEMA.

La mayoría de las sillas de ruedas ligeras o para realización de deportes, existentes en el mercado nacional son importadas, ya que la producción nacional no cubre este tipo de requerimientos del mercado o funciona solamente como armadora.

Esto nos lleva a contar con productos que muchas veces se encuentran fuera de alcance económico y que además, las más de las veces, no cuentan con las características apropiadas para el buen desempeño del común de los usuarios.

Se requiere del desarrollo de una silla de ruedas, que mediante la optimización de partes sea sencilla, que abarque las necesidades reales de confort y que se encuentre al alcance de la mayoría de los usuarios.

Esta silla debe de satisfacer las siguientes consideraciones de diseño:

- costo moderado, (aproximadamente de \$3000 pesos)
- confiabilidad absoluta
- tamaño que no rebase los estándares
- peso mínimo
- mínima cantidad de piezas,

Buscamos lograr el mejor desempeño sobre una silla de ruedas de uso general, es decir que el usuario no requiera de un cambio de silla según el lugar al que se dirija, sea este un edificio público (banco, cine, oficinas, etc.) el interior de su casa o la misma la calle.



La silla debe de contar con un sistema que permita su transportación dentro de un vehículo, y que cuando la silla esté sin uso requiera del menor espacio en interiores.

Que tenga la posibilidad de ajuste de altura del respaldo y de descansapiés por medio de un sistema simple que requiera mínimo uso de herramienta.

### 7.3 CONCEPTUALIZACION.

Cotejando las dimensiones generales de las sillas existentes, las dimensiones de los espacios interiores y exteriores reglamentados por los que circulan; obtenemos las dimensiones exteriores más adecuadas, y sirviéndonos de las tablas antropométricas existentes, de diferentes investigaciones y de las deducciones del diseñador, obtenemos las dimensiones que nos darán la pauta a seguir.

El material usado en la fabricación estructural es un material comercial, con lo que cubrimos perfectamente el costo moderado, la facilidad de mantenimiento y reparaciones.

Para el caso, requerimos de un material tubular que conforme una estructura capaz de soportar el peso del usuario tanto en forma estática como dinámica.

Disponemos de la idea de que la silla puede prescindir de accesorios tales como descansabrazos, manubrio de impulsión externa trasera, e inclusive frenos, tomando en cuenta el destino de este trabajo.

Para lograr los ajustes necesarios tanto de los pies como del respaldo, requeriremos de partes móviles ajustables de funcionamiento telescópico, por medio de las cuales se podrá graduar la longitud de estos puntos.

Para la transportación de la silla dentro de un vehículo, se requiere que ocupe un mínimo cuando se halle sin uso en espacios interiores y para lograr una fácil transportación, usaremos el sistema desarrollado para sillas deportivas, en el cual la estructura se le desmontan las ruedas.

#### 7.4 EVALUACIÓN.

Llevaremos acabo el análisis de los materiales tomando en cuenta que la estructura de la silla reparta el peso corporal a lo largo de ella y no solo en los ejes de sustentación.

Suponiendo, entonces que todo el peso del cuerpo descansa sobre el eje principal, y tomando como válido que el peso máximo que debe soportar la silla es de 100 Kg, necesitamos un material que cumpla con dos restricciones:

1. La especificación de carga al esfuerzo cortante simple y al esfuerzo axial por flexión.
2. Que pueda recibir el sistema mediante el cual la estructura se despoje de las llantas.

Dichos elementos se encontrarán sometidos a flexión por acción del peso del usuario y a torsión casi nula.

A continuación, analizaremos el eje principal en el caso de flexión aislada, el eje "push" en caso de falla por fatiga, y la estructura de la silla en cuanto a la soldadura aplicada en las secciones circulares de unión de los tubulares; así como la selección de los rodamientos.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL  
DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
CAMPUS ARAGON



INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

ESPECIFICACIONES

- Silla de ruedas urbano-deportiva,
- Estructura fabricada en tubo de acero al carbono comercial,
- Eje "push" fabricado en acero SAE 4140,
- Ajuste de respaldo y descansapiés,
- Llantas  $\varnothing 24"$  x  $1\frac{3}{8}$ ,
- Ruedecillas  $\varnothing 3"$
- Acabado: pintura horneada,
- Peso total de 13.854 Kg,
- Costo de fabricación \$ 3384

TITULO

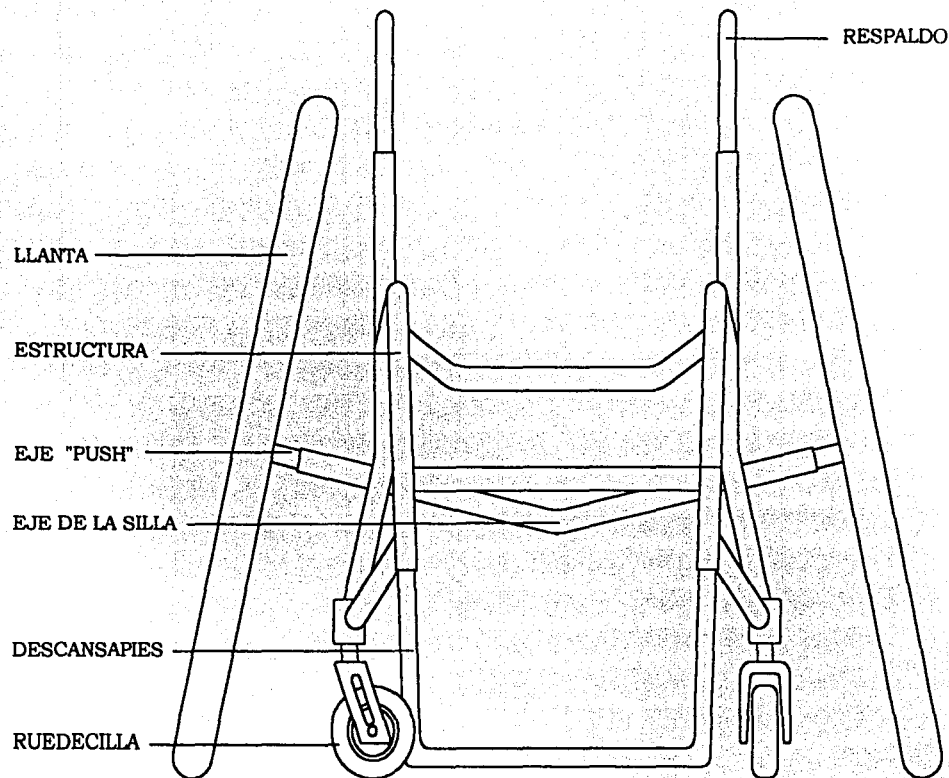
DISEÑO Y MANUFACTURA DE UNA  
SILLA DE RUEDAS DEPORTIVA

TESIS PROFESIONAL

SERGIO R. LARRAÑAGA MIRELES

ASESOR

CUITLAHUAC OSORNIÓ CORREA  
MAESTRO EN INGENIERÍA



VISTA FRONTAL

**EJE PRINCIPAL**

Para llevar a cabo este análisis, necesitaremos de las siguientes fórmulas:

$$\sigma_x = Mc/I.....(7.1)$$

$$I = \pi/64 ( D^4 - d^4) .....(7.2)$$

En las cuales:

$\sigma_x$  = esfuerzo de tracción o compresión en un punto critico perpendicular a la sección transversal considerada, producido por cargas axiales o de flexión o combinación de ambas ( N/m<sup>2</sup>)

M= momento de flexión (N-m)

c = distancia del eje neutro a la superficie más alejada (m)

I = momento rectangular de inercia de la sección transversal (m<sup>4</sup>)

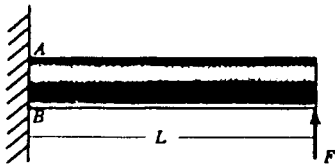
Para el análisis del elemento contamos con los siguientes datos:

Diámetro exterior  $2.22 \times 10^{-2} \text{ m}$

Diámetro interior  $1.89 \times 10^{-2} \text{ m}$

Area de la sección  $1.06 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

FLEXION AISLADA.



Siendo A y B puntos críticos, el esfuerzo cortante es nulo.

Utilizamos la formula;

$$\sigma_x = Mc/I \dots \dots \dots (7.1)$$

Donde I (momento rectangular de inercia) para una sección tubular se obtiene de la formula:

$$I = \pi/64 (D^4 - d^4) \dots \dots \dots (7.2)$$

$$I = 5.65 \times 10^{-9} \text{ m}^4$$

Sustituyendo los datos:

$$M = 490 \text{ N}$$

$$c = (1.11 \times 10^{-2} \text{ m})(7 \times 10^{-2} \text{ m})$$

en la formula 7.1:

$$\sigma_x = (490 \text{ N}) (1.11 \times 10^{-2} \text{ m})(7 \times 10^{-2} \text{ m}) / 5.65 \times 10^{-9} \text{ m}^4 = \mathbf{67.38 \text{ Mpa}}$$

$$\sigma_{x \text{ max}} = 67.38 \text{ Mpa} \quad (\text{Tracción en B})$$

$$\sigma_{x \text{ max}} = 67.38 \text{ Mpa} \quad (\text{Compresión en A})$$

**EJE PUSH**

Llevaremos a cabo el análisis a la fatiga del eje "push" y para esto contamos con los datos:

D ext. = 12 mm

D int. = 6.3 mm

Area de la sección = 0.814 cm<sup>2</sup>

Utilizaremos la formula:

$$S_e = C_{\text{carga}} C_{\text{tamaño}} C_{\text{superficie}} C_{\text{temperatura}} C_{\text{confiabilidad}} S_e' \dots\dots(7.3)$$

En la cual:

$S_e$  = limite de resistencia a la fatiga corregida (Pa)

$S_e'$  = limite de resistencia a la fatiga sin corregir (Pa)

$C_{\text{carga}}$  = factor de carga

$C_{\text{tamaño}}$  = factor de tamaño

$C_{\text{superficie}}$  = factor superficial

$C_{\text{temperatura}}$  = factor de temperatura

$C_{\text{confiabilidad}}$  = factor de confiabilidad

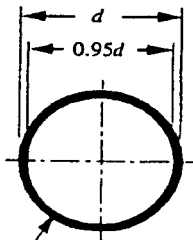
### FACTOR DE CARGA ( $C_{\text{carga}}$ )

Debido a que el eje se encuentra sometido unicamente a flexión el factor de carga es considerado igual a uno.

$$C_{\text{carga}} = 1$$

### FACTOR DE TAMAÑO ( $C_{\text{tamaño}}$ )

El eje push está compuesto estructuralmente por un tubular, por esta razón, obtenemos un diámetro equivalente por medio de la ecuación:



$$A_{95} = 0.0766d^2 \quad \dots\dots(7.4b)$$

$$d_{\text{equivalente}} = \sqrt{\frac{A_{95}}{0.0766}} \quad \dots\dots(7.4a)$$

Sustituyendo los datos correspondientes, obtenemos:

$$d_{\text{equivalente}} = 11.0304 \text{ mm}$$

Para el calculo de factor de tamaño vamos a la tabla 7.4c:

$$\begin{aligned} \text{para } d \leq 0.3 \text{ in (8 mm):} & \quad C_{\text{tamaño}} = 1 \\ \text{para } 0.3 \text{ in} \leq d \leq 10 \text{ in:} & \quad C_{\text{tamaño}} = 0.869d^{-0.097} \\ \text{para } 8 \text{ mm} \leq d \leq 250 \text{ mm:} & \quad C_{\text{tamaño}} = 1.189d^{-0.097} \end{aligned}$$

Tomando el intervalo de 8 a 250 mm obtenemos el factor de tamaño:

$$C_{\text{tamaño}} = 1.189(11.0304)^{-0.097}$$

$$C_{\text{tamaño}} = 0.943$$

FACTOR SUPERFICIAL ( $C_{\text{superficie}}$ )

La ecuación para obtener el factor superficial es la siguiente:

$$C_{\text{superficie}} = A(S_{ut})^b \quad \dots\dots\dots(7.5)$$

Por tratarse de un eje con acabado de rectificado y fabricado en acero 1045 rolado en frio:

$$A = 1.58 \text{ Mpa} \quad b = -0.085 \text{ Mpa} \quad S_{ut} = 627 \text{ Mpa}$$

Sustituyendo en la formula 7.5:

$$C_{\text{superficie}} = 1.58(627)^{-0.085}$$

$$C_{\text{superficie}} = 0.915$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**FACTOR DE TEMPERATURA ( $C_{\text{temperatura}}$ )**

Debido a que la pieza trabajará a temperatura ambiente, este factor es considerado igual a uno.

$$C_{\text{temperatura}} = 1$$

**FACTOR DE CONFIABILIDAD ( $C_{\text{confiabilidad}}$ )**

Confia- bilidad %	$C_{\text{confiabilidad}}$
50	1.000
90	0.897
99	0.814
99.9	0.753
99.99	0.702
99.999	0.659

Para obtener el valor de este factor, elegimos el 99 % de la tabla 7.6.

El cual corresponde a un factor de confiabilidad de 0.702

$$C_{\text{confiabilidad}} = 0.814$$

**LIMITE DE RESISTENCIA A LA FATIGA SIN CORREGIR ( $S_e'$ )**

Debido a que el material usado es acero SAE 4140 Normalizado;

$$S_e' = 0.5 S_{ut}$$

$$S_e' = 509 \text{ Mpa}$$

Con los datos obtenidos, listados a continuación, obtenemos el limite de resistencia a la fatiga corregida ( $S_e$ ) de la ecuación 7.3:

$$S_e = C_{\text{carga}} C_{\text{tamaño}} C_{\text{superficie}} C_{\text{temperatura}} C_{\text{confiabilidad}} S_e'$$

- C carga = 1
- C tamaño = 0.943
- C superficie = 0.915
- C temperatura = 1
- C confiabilidad = 0.814
- Se' = 509 Mpa

$$S_e = (1)(0.943)(0.915)(1)(0.814)(313.5)$$

$$S_e = 357.5 \text{ Mpa}$$

Y obtenemos el factor de seguridad usando la ecuación 7.7 (Ecuación de diseño para flechas de ASME).

$$d = \left\{ \frac{32N_f}{\pi} \left[ \left( k_f \frac{M_a}{S_f} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{T_m}{S_y} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots 7.7$$

En la cual:

- d = diámetro (m)
- Nf = factor de seguridad a la fatiga
- Kf = factor de concentración de esfuerzos a la fatiga
- Sf = limite de resistencia a la fatiga corregida (Pa)
- Ma = momento (N-m)
- Tm = par de torsión (N-m)
- Sy = resistencia máxima a la tensión (Pa)

Sabemos que el eje no se encuentra sometido a torsión por lo tanto la ecuación queda reducida a:

$$d = \left\{ \frac{32N_f}{\pi} \left[ \left( k_f \frac{M_a}{S_f} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots (7.7a)$$

Despejando, obtenemos la ecuación:

$$N_f = \frac{\pi d^3}{32} \left[ \left( k_f \frac{M_a}{S_f} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (7.7b)$$

y sustituyendo los siguientes datos,

$$\begin{aligned} d &= 0.012 \text{ m} \\ K_r &= 1 \text{ (no existen cambios de sección)} \\ S_f &= S_e = 357.5 \text{ Mpa} \\ M_a &= 34.3 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Obtenemos como factor de seguridad:

$$N_f = 1.76 \text{ (vida infinita)}$$

## SOLDADURAS

Existen muchos aspectos importantes de la soldadura, que se deben considerar para el diseño, un problema inmediato es determinar la dimensión adecuada de la soldadura para la unión de una parte específica.

Para realizar la consolidación de este proyecto requerimos, por la especificación del material usado y por el tipo de acabado, del uso de soldadura aplicada mediante microalambre.

De acuerdo con la Lincoln Electric Company, una soldadura cuando está hecha correctamente, tiene igual o mejor resistencia que el material que sirve de base y no hay necesidad de calcular el esfuerzo en la soldadura, ni hacer ensayos para determinar su dimensión.

Para nuestro fin, realizaremos el calculo de la sección circular de unión de dos tubulares, expuesto a fuerza de flexión y torsión.

Considerando la soldadura como una línea, usando las formulas,

$$S = M / (Z_w)(w) \dots \dots \dots (7.8) \quad \text{para flexión}$$

$$F = TC / J_w \dots \dots \dots (7.9) \quad \text{para torsión}$$

en las cuales:

S = Esfuerzo (N/m<sup>2</sup>)

F = Fuerza (N)

M= Momento de flexión (N-m)

Z<sub>w</sub> = Modulo de la sección (m<sup>2</sup>)

J<sub>w</sub> = Momento polar de inercia de la soldadura (m<sup>3</sup>)

w = Dimensión de la soldadura (m)

T = Momento de torsión (N-m)

C= Distancia a la fibra externa (m)

Datos:

Diámetro exterior del tubo =  $2.22 \times 10^{-2}$  m

Diámetro exterior de la soldadura =  $2.72 \times 10^{-2}$  m

Area de la sección de unión de la soldadura =  $1.94 \times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>

Obtenemos  $Z_w$  el modulo de la sección con la formula:

$$\begin{aligned} Z_w &= \pi d^2 / 4 \dots \dots \dots (7.8a) \\ &= \pi (2.22 \times 10^{-2})^2 / 4 \\ &= 3.87 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Tomando los datos  $M = 490$  N-m y  $w = 6.9 \times 10^{-3}$  m, sustituimos en la formula 7.8 (Flexión)

$$\begin{aligned} S &= M / (Z_w)(w) \dots \dots \dots (7.8) \\ S &= (490) / (3.87 \times 10^{-4})(6.9 \times 10^{-3}) \\ &= \mathbf{18.34 \text{ MPa}} \end{aligned}$$

Obtenemos  $J_w$  el momento polar de inercia de la soldadura, para nuestra sección, con la formula:

$$\begin{aligned} J_w &= \pi d^3 / 4 \dots \dots \dots (7.9a) \\ &= \pi (2.22 \times 10^{-2})^3 / 4 \\ &= 8.59 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Tomando los datos  $T = 980$  N-m y  $C = 1.11 \times 10^{-2}$  m, sustituimos en la formula 7.9 (Torsión)

$$\begin{aligned} F &= TC / J_w \dots \dots \dots (7.9) \\ &= (980)(1.11 \times 10^{-2}) / 8.59 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \\ &= \mathbf{6.33 \times 10^{-3} \text{ MPa}} \end{aligned}$$

Comparamos los resultados obtenidos en los análisis de fuerzas anteriores, con los datos que obtuvimos por especificación del material, en la tabla 7.10:

**TABLA 7.10**

COMPARACION DEL ANALISIS		CODIGO	Xp 1	
		MODIFIC.	0	
		FECHA	00/00/00	
		FOLIO	1	
Elemento	Analisis	Propiedad demandada		Prop. Del Material.
		Esfuerzo (Mpa )	Fact. Seguridad (adimensional)	Esfuerzo (Mpa )
Eje principal	flexión	67.37		365
Eje push	Fatiga		$N_f = 1.76$	1018
Soldadura	Flexión	18.34		365
	Torsión	$6.33 \times 10^{-3}$		

**Observamos que las secciones con las que contamos, tanto en los ejes como en la soldadura, resisten sin problema los esfuerzos a los que serán sometidas.**

## SELECCIÓN DE LOS RODAMIENTOS.

La selección de un rodamiento o cojinete depende de muchos factores, como la carga, la velocidad, sensibilidad al desalineamiento, limitaciones de espacio y necesidad de la ubicación precisa del eje.

En el análisis y selección se encuentran tres situaciones comunes por considerar y estas son el tamaño del cojinete, el tipo y la duración. Cada uno de estos factores requiere conocer las condiciones de carga radial, carga de empuje y velocidad.

Realizaremos la selección de los rodamientos tomando como base, el catalogo general de SKF 4000 Sp-1990 pp.14-56.

### SELECCIÓN DEL TAMAÑO DEL RODAMIENTO.

#### Selección de la vida deseada.

Para la aplicación que requerimos, seleccionamos un servicio continuo de 8 h. sabiendo de antemano que esta es una valoración alta de servicio.

Servicio continuo de 8 h. equivale a una vida de diseño de 20 000 - 40 000 h.

#### Carga radial equivalente.

Hacemos este cálculo con la formula:

$$P = XR + YT \dots\dots\dots(7.11)$$

Donde:

P = carga radial equivalente, lb

R = carga radial, lb

T = carga axial de empuje, lb

X y Y = factor radial y de empuje

Por el tipo de cojinete los valores de los factores radial y de empuje son:

$$X = 0.56 \quad Y = 1.40$$

Suponiendo que el peso del usuario se aplica directamente sobre un sólo rodamiento, y sustituyendo en la ecuación 7.11 tenemos:

$$P = (0.56)(110.25 \text{ lb}) + (1.40)(110.25 \text{ lb})$$

$$P = 216.09 \text{ lb} = 98 \text{ Kg}$$

### Capacidad Requerida.

La calculamos por medio de la ecuación:

$$C_r = P(L_{10} N)^{1/K} / Z \quad \dots\dots\dots(7.12)$$

Donde:

- Cr = capacidad requerida, lb
- L<sub>10</sub> - vida nominal, h
- P = carga radial equivalente, lb
- K = constante, 3 para cojinete de bolas
- Z = constante, 25.6 para cojinete de bolas
- N = velocidad de rotación, rpm

Sustituimos, tomando L<sub>10</sub> = 20 000 y una velocidad de 25 km/h en las llantas, reconociendo que ambos datos son excedidos, con esto obtenemos una velocidad de rotación de 245 rpm

$$C_r = (216.09) [(20\ 000)(245)]^{1/3} / 25.6$$

$$C_r = 1433.63 \text{ lb}$$



**Comparando Cr obtenido.**

Comparamos el valor obtenido de Cr con C de tablas y tomamos el valor superior inmediato y con ello seleccionamos el diámetro interior del rodamiento así como las hileras de bolas.

Tomando el valor más cercano y siendo este  $C = 1650$  y una hilera de bolas, el diámetro interior es de 12 milímetros.

**Revisando el límite de velocidad.**

El límite de velocidad se puede revisar comparándose con un valor dn.

El valor dn es una función directa del tamaño y de la velocidad, depende además del tipo de lubricación existente y se calcula por medio de la ecuación:

$$dn = \text{diámetro interior (mm)} \times \text{Velocidad (rpm)} \dots \dots \dots (7.13)$$

$$dn = (12 \text{ mm})(245 \text{ rpm}) = 2940$$

La tabla de comparación de valores dn nos ofrece para una hilera de bolas un valor de 200 000 contra 2940 que obtuvimos, cuando el valor dn se excede se acorta la vida del cojinete.

Considerando los resultados anteriores seleccionamos un rodamiento con las siguientes características:

Rodamiento de una sola hilera de bolas,

$d = 12 \text{ mm}$

$D = 32 \text{ mm}$

Capacidad de carga estática = 3100 N

Capacidad de carga dinámica = 6890 N

Velocidad nominal lubricado con:

Grasa = 22 000 rpm

Aceite = 28 000 rpm

Con lo que se cubre por encima los requerimientos técnicos, sumándose además que es un rodamiento de las series económicas.

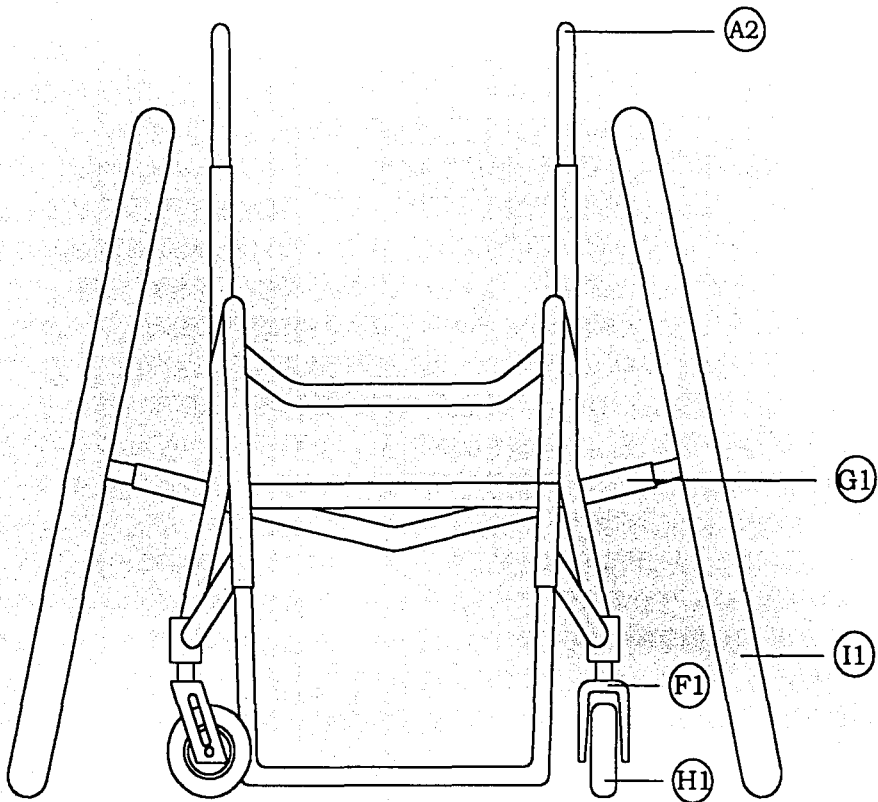
**Recordemos en ésta sección del capítulo de Diseño-Evaluación, que cuando se diseña debe existir la sensibilidad para saber cuando una respuesta es correcta.**

## 7.5 COMUNICACIÓN DEL DISEÑO.

Una vez que contamos con los elementos para delimitar físicamente el producto, se debe de lograr comunicar el diseño de una manera apropiada.

Esta comunicación generalmente se lleva acabo por medio de una presentación oral y un informe escrito.

Para lograr la finalidad de este trabajo disponemos la comunicación del diseño en el plano de conjunto adjunto, así como en el capítulo de manufactura, en el que se incluye un despliegue de los componentes del diseño en cuestión.



VISTA FRONTAL

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES CAMPUS ARAGÓN	

INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

- ESPECIFICACIONES
- Silla de ruedas urbano-deportiva.
  - Estructura fabricada en tubo de acero al carbono comercial.
  - Eje "push" fabricado en acero SAE 4140.
  - Ajuste de respaldo y descansapiés.
  - Llantas  $\varnothing$  24" x 1 3/8,
  - Ruedecillas  $\varnothing$  3"
  - Acabado: pintura horneada.
  - Peso total de 13.854 Kg.
  - Costo de fabricación \$ 3384

TÍTULO  
DISEÑO Y MANUFACTURA DE UNA  
SILLA DE RUEDAS DEPORTIVA

TESIS PROFESIONAL

SERGIO R. LARRAÑAGA MIRELES

ASESOR  
CUITLAHUAC OSORNIO CORREA  
MAESTRO EN INGENIERÍA



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL  
DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
CAMPUS ARAGON



INGENIERÍA MECÁNICA ELECTRICA

ESPECIFICACIONES

- Silla de ruedas urbano-deportiva.
- Estructura fabricada en tubo de acero al carbono comercial.
- Eje "push" fabricado en acero SAE 4140,
- Ajuste de respaldo y descansapie,
- Llantas  $\varnothing$  24" x 1 3/8,
- Ruedecillas  $\varnothing$  3"
- Acabado: pintura horneada,
- Peso total de 13.854 Kg.
- Costo de fabricación \$ 3384

TITULO

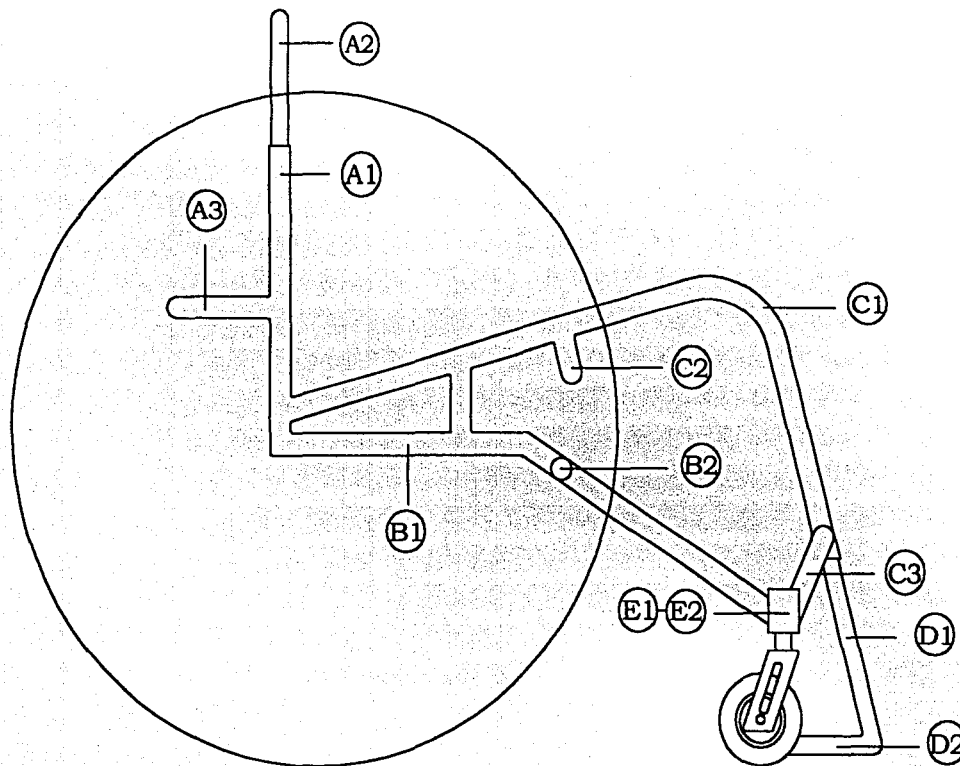
DISEÑO Y MANUFACTURA DE UNA  
SILLA DE RUEDAS DEPORTIVA

TESIS PROFESIONAL

SERGIO R. LARRAÑAGA MIRELES

ASESOR

CUITLAHUAC OSORNIO CORREA  
MAESTRO EN INGENIERIA



VISTA LATERAL

# **CAPITULO 8 MANUFACTURA**

Las decisiones que se toman finalmente cuando se va a fabricar una máquina se ven afectadas por muchos factores diferentes de la resistencia y rigidez, tales como apariencia, peso, limitaciones de espacio, disponibilidad de materiales y técnicas de fabricación.

Todos estos factores se deben de tomar en cuenta en el diseño del producto, para lograr que la fabricación sea lo mejor definida y eficaz posible.

Para llevar a cabo la manufactura de este proyecto, fue necesario contar con un doblador de tubo y los dados correspondientes a los diámetros usados, así como con un dispositivo diseñado para la sujeción y montaje de los tubos que conforman la estructura.

Empezaremos por mostrar una lista de las piezas que conforman la silla. (Tabla 8.1 adjunta)

**TABLA 8.1**

(DESCRIPCIÓN DE LAS PIEZAS QUE CONFORMAN LA SILLA)

No.	Descripción material.	Cantidad	Peso/pieza (Kg)	Peso Neto Total (Kg)	Costo Mat. Prima.(\$)	Costo Prod. (\$)	Costo Total (\$)	PROCESO				
								Corte	Torneado	Barrenado	Dobles	Arm/Sold.
<b>A Respaldo</b>												
A1	T ø 3/4 cal 16 x 260 mm	2	0.13	0.26	1.76	7.04	14.08					
A2	T ø 5/8 cal 16 x 300 mm	2	0.15	0.3	1.89	7.56	15.12					
A3	T ø 3/4 cal 16 x 442 mm	1	0.24	0.24	2.99	11.96	11.96					
A4	Tuerca 5/16 N.F	2	0.1	0.01	0.5	0.5	1					
A5	T. Allen 5/16 x 3/4 N.F	2	0.01	0.02	1.5	1.5	3					
A6	Ac ø 5/8 x 10 mm	2	0.016	0.032	4.2	15	30					
<b>B Soporte eje a chumacera</b>												
B1	T ø 3/4 cal 16 x 537 mm	2	0.35	0.7	3.63	14.52	29.04					
B2	T ø 3/4 cal 16 x 350 mm	1	0.22	0.22	2.37	9.48	9.48					
B3	T ø 3/4 cal 16 x 100 mm	2	0.06	0.12	0.68	2.72	5.44					
B4	Calcomania	1	0.005	0.005	20	20	20					
<b>C Soporte superior</b>												
C1	T ø 3/4 cal 16 x 716 mm	2	0.48	0.96	4.85	19.4	38.8					
C2	T ø 3/4 cal 16 x 345 mm	1	0.2	0.2	2.34	9.36	9.36					
C3	T ø 3/4 cal 16 x 100 mm	2	0.05	0.1	0.68	2.72	5.44					
C4	Tuerca 5/16 N.F	4	0.1	0.01	0.5	0.5	2					
C5	T. Allen 5/16 x 3/4 N.F	2	0.01	0.02	1.5	1.5	3					
<b>D Soporte pies</b>												
D1	T ø 5/8 cal 16 x 850 mm	1	0.395	0.395	5.35	21.4	21.4					
D2	T ø 5/8 cal 16 x 350 mm	1	0.2	0.2	2.2	8.8	8.8					
<b>E Chumacera/ruedecilla</b>												
E1	Ac ø 1 5/8 x 40 mm	2	0.43	0.86	7.31	58.48	116.96					
E2	Rodamiento	4	0.03	0.12	25	25	100					



TABLA 8.1 (continuación)

(DESCRIPCIÓN DE LAS PIEZAS QUE CONFORMAN LA SILLA)

CAPITULO 8. MANUFACTURA

<b>F</b>	<b>Porta ruedecilla</b>																		
F1	Solera 1 x 1/4 x 200 mm	2	0.14	0.28	3.92	31.36	62.72												
F2	T. Hex 1/4 x 2 1/2 NC	2	0.015	0.03	0.6	0.6	1.2												
F3	Tuerca 1/4 N.C	2	0.005	0.01	0.6	0.6	1.2												
F4	Ac ø 3/4 x 90 mm	2	0.17	0.34	5.3	26.5	53												
F5	Tuerca 12 mm 1.50	2	0.01	0.02	1.5	1.5	3												
F6	Tuerca 12 mm 1.50	2	0.01	0.02	1.5	1.5	3												
<b>G</b>	<b>Eje de llanta</b>																		
G1	T ø 7/8 x 530 mm	1	0.4	0.4	4.1	16.4	16.4												
2/G	Solera 1 1/2 x 1 x 42 mm	2	0.3	0.6	8.4	67.2	134.4												
G4	Ac ø 1 x 70 mm	2	0.2	0.4	4.76	38.08	76.16												
G5	T Allen 5/16 x 1 1/4 N.F	2	0.08	0.16	2.5	2.5	5												
G6	Ac ø 1/4 x 10 mm	2	0.002	0.004	0.15	3	6												
<b>H</b>	<b>Ruedecilla</b>																		
H1	Rueda 3" x 1"	2	0.07	0.14	27	27	54												
<b>I</b>	<b>Llanta</b>																		
I1	Llanta 24 x 1 3/8 37-540	2																	
I1.1	Camara	2	1.84	3.68	270	270	540												
I2	Rin	2																	
I3	Aro T ø 3/4 x 3170 mm	2				25	50												
I4	T Hex 3/16 x 3/4 N.C	8	0.005	0.04	0.6	0.6	4.8												
I5	Tuerca 3/16 N.C	8	0.005	0.04	0.5	0.5	4												
6/I	Rodamiento	4	0.037	0.148	25	25	100												
I8	Solera 3/16 x 1/2 x 50 mm	8	0.02	0.16	2.24	17.92	143.36												

TABLA 8.1 (continuación)

(DESCRIPCIÓN DE LAS PIEZAS QUE CONFORMAN LA SILLA)

CAPITULO 8. MANUFACTURA

<b>J</b>	<b>Eje push de llanta</b>																					
J1	Ac ø 1 5/8 x 85 mm	2	0.5	1	15.26	122.4	244.8															
J2	Ac 12mm x 160 mm	2	0.1	0.2	2.72	184.96	369.92															
J3	Resorte	2	0.05	0.1	0.5	0.5	1															
J4	Bala	4	0.005	0.02	1	1	4															
J5	Tuerca 12 mm 1.50	2	0.015	0.03	1.5	1.5	3															
J6	Ac ø 1/4 x 180 mm	2	0.08	0.16	1	11.88	23.76															
<b>K</b>	<b>Costado</b>																					
K1	Alum cal 20 250 x 300 mm	2	0.15	0.3	11	22	44															
<b>L</b>	<b>Cojines</b>																					
L1	Asiento	1	0.8		350	350	350															
L2	Respaldo	1		0.8																		
L3	Soporte de asiento	1																				
	Ajuste y Ensamble	1			300	300	300															
	Cromado General.	1			220	220	220															
	Pintura General.	1				120	120															
					<b>13.854</b>		<b>3383.6</b>															

Ahora, tomando las más importantes de ellas, explicaremos su proceso en particular, el cual se encuentra definido en las tablas 8.1

### 8.3 DESCRIPCION DE LOS DIAGRAMAS

Del diagrama de proceso 8.2a, tenemos:

La pieza **B1** es un tubo  $\varnothing \frac{3}{4}$  cal 16, que va desde la parte posterior de la silla, sirviendo de base para el tubo **A1** que hace las veces de respaldo y llega hasta la pieza **E1** que es el cuerpo de la chumacera para la ruedecilla.

Inicialmente se requiere de un corte para obtener un tubo de 537 mm, sobre este se lleva a cabo un barrenado  $\varnothing \frac{3}{8}$ , a una longitud de 20 mm partiendo de uno de los extremos, que nos servirá más adelante para la colocación del costado de aluminio **K1**.

Una vez barrenado el tubo, se procede a doblarlo según especificaciones de diseño (diámetro y ángulo).

Posteriormente es colocado en el dispositivo para armado de la estructura tubular y se procede a soldar contra las piezas que tiene relación, en este caso **E1, A1, B2, B3**.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL  
DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
CAMPUS ARAGÓN



INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

ESPECIFICACIONES

- Silla de ruedas urbano-deportiva,
- Estructura fabricada en tubo de acero al carbono comercial,
- Eje "push" fabricado en acero SAE 4140,
- Ajuste de respaldo y descansapiés,
- Llantas  $\phi$  24" x 1 3/8,
- Ruedecillas  $\phi$  3"
- Acabado: pintura homeada,
- Peso total de 13.854 Kg,
- Costo de fabricación \$ 3384

TÍTULO

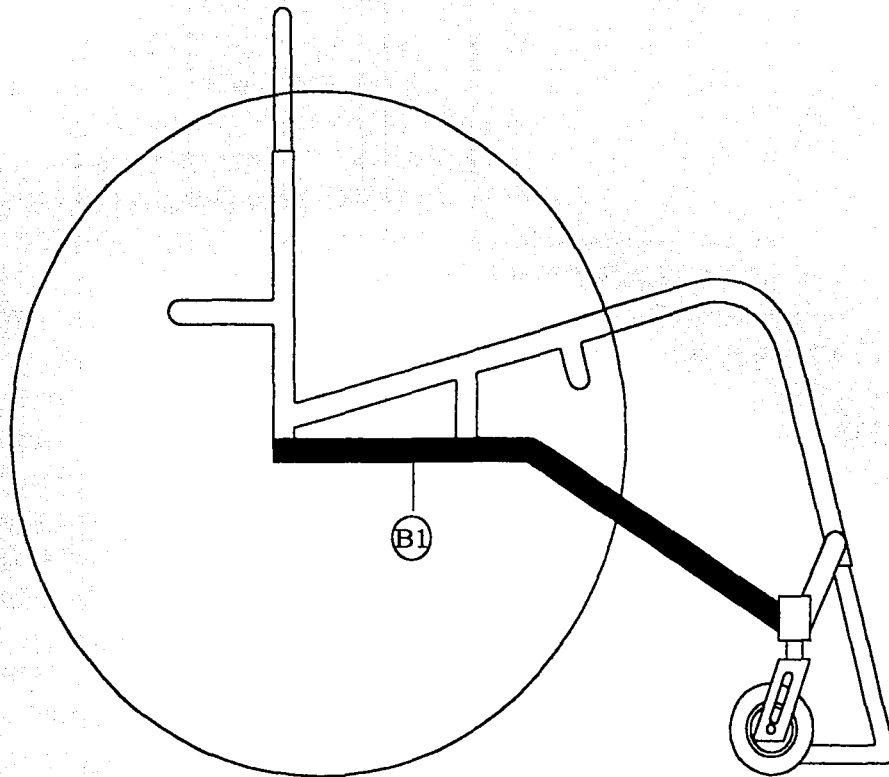
DISEÑO Y MANUFACTURA DE UNA  
SILLA DE RUEDAS DEPORTIVA

TESIS PROFESIONAL

SERGIO R. LARRAÑAGA MIRELES

ASESOR

CUITLAHUAC OSORNIÓ CORREA  
MAESTRO EN INGENIERÍA



PROCESO DE PIEZA B1

## 8.2 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO A

CAPITULO 8. MANUFACTURA

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO/INSPECCIÓN	CODIGO	Xp 1
	MODIFIC.	0
	FECHA	00/00/00
	FOLIO	1

Descripción:	tubo ø ¾ cal 16	No. de Parte:	<b>B1</b>	Rev. SRLM
Ensamblado en:	EEMSA	Cliente:	Xp 1	

Operación	○	Transporte ▽	Inspección □	Almacenaje ◇	Demora ▲		
SEC	EVENTO		DESCRIPCION DE LA OPERACIÓN		EVALUACION		
10	●	▽	□	◇	▲	Habilitado de material a 537 mm	
20	○	▽	■	◇	▲	Inspección de longitud	Medir con flexometro
30	●	▽	□	◇	▲	Trazar posiciones de barrenos	Calibrador de alturas
40	●	▽	□	◇	▲	Barrenado	
50	○	▽	■	◇	▲	Inspección de barrenos	Visual-Vernier
60	○	▽	□	◇	▲	Transporte al doblador	
70	●	▽	□	◇	▲	Doblés	
80	○	▽	■	◇	▲	Inspección del doblés	Visual-Cal. altura-Plantilla
90	○	▽	□	◇	▲	Transporte a dispositivo de armado	
100	●	▽	□	◇	▲	Fijar al dispositivo y piezas correspondientes	
110	○	▽	■	◇	▲	Inspección de la colocación	Visual
120	●	▽	□	◇	▲	Soldadura	
130	○	▽	■	◇	▲	Inspección de Soldadura	Visual-Mecánico
140	●	▽	□	◇	▲	Limpieza de soldadura	
150	●	▽	□	◇	▲	Acabado	

Del diagrama de proceso 8.2b tenemos:

La pieza **A3** es un tubo  $\varnothing \frac{3}{4}$  cal 16, su colocación corresponde a la parte posterior de la silla, sirviendo como un elemento estructural, al cerrar el marco formado por las dos piezas **A1** que hacen las veces de respaldo.

Inicialmente se requiere de un corte para obtener un tubo de 442 mm de longitud.

Una vez que se cuenta con la pieza cortada, la siguiente operación es limpiar los dos extremos tanto en el exterior como en el interior.

Se procede a doblarlo según especificaciones de diseño (diámetro y ángulo).

Posteriormente es colocado en el dispositivo para el armado de la estructura tubular y se procede a soldar contra las piezas que tiene relación, en este caso solamente con las piezas **A1**.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL  
DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
CAMPUS ARAGÓN



INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

ESPECIFICACIONES

- Silla de ruedas urbano-deportiva,
- Estructura fabricada en tubo de acero al carbono comercial,
- Eje "push" fabricado en acero SAE 4140,
- Ajuste de respaldo y descansapiés,
- Llantas  $\varnothing 24" \times 1\frac{3}{8}$ ,
- Ruedecillas  $\varnothing 3"$
- Acabado: pintura horneada,
- Peso total de 13.854 Kg,
- Costo de fabricación \$ 3384

TÍTULO

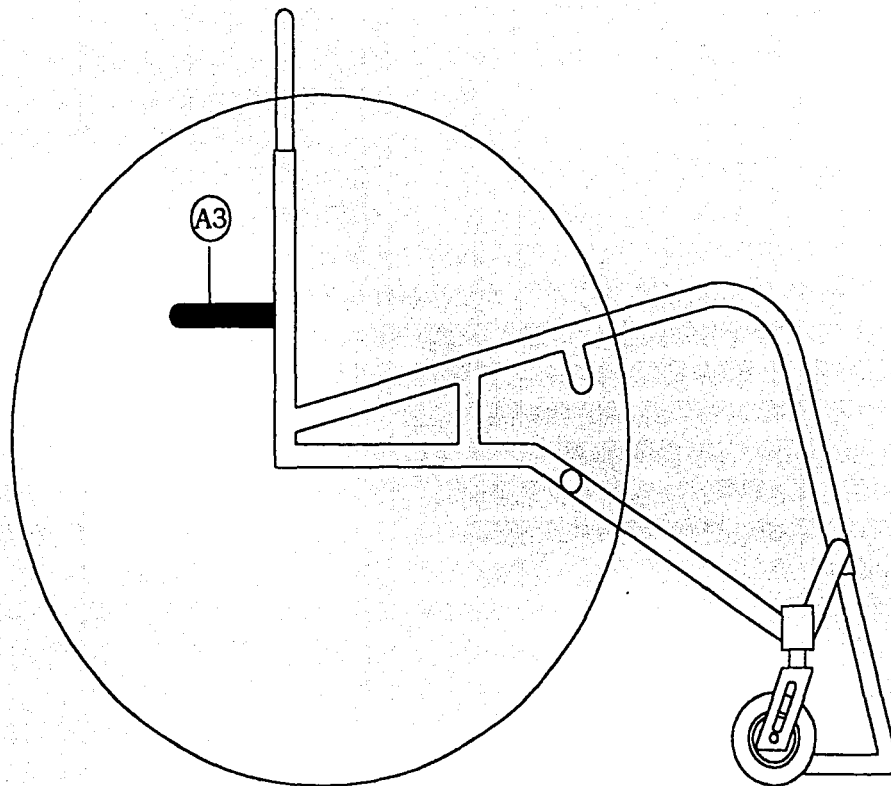
DISEÑO Y MANUFACTURA DE UNA  
SILLA DE RUEDAS DEPORTIVA

TESIS PROFESIONAL

SERGIO R. LARRAÑAGA MIRELES

ASESOR

CUITLAHUAC OSORNIO CORREA  
MAESTRO EN INGENIERÍA



PROCESO DE PIEZA A3

## 8.2 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO B

CAPITULO 8. MANUFACTURA

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO/INSPECCIÓN	CODIGO	Xp 1
	MODIFIC.	0
	FECHA	00/00/00
	FOLIO	2

Descripción: tubo $\varnothing$ 3/4 cal 16		No. de Parte: <b>A3</b>	Rev. SRLM		
Ensamblado en: EEMSA		Cliente: Xp 1			
Operación	○	Transporte ▽	Inspección □	Almacenaje ◇	Demora △
SEC	EVENTO		DESCRIPCION DE LA OPERACIÓN	EVALUACION	
10	● ▽ □ ◇ △		Habilitado de material a 442 mm		
20	○ ▽ ■ ◇ △		Inspección de longitud	Medir con flexometro	
30	● ▽ □ ◇ △		Limpieza de superficies de corte		
40	● ▽ □ ◇ △		Limado interior		
50	○ ▽ ■ ◇ △		Inspección de limpieza	Visual	
60	○ ▽ ▽ □ ◇ △		Transporte al doblador		
70	● ▽ □ ◇ △		Doblés		
80	○ ▽ ■ ◇ △		Inspección del doblés	Visual-Cal. altura-Plantilla	
90	○ ▽ ▽ □ ◇ △		Transporte a dispositivo de armado		
100	● ▽ □ ◇ △		Fijar al dispositivo y piezas correspondientes		
110	○ ▽ ■ ◇ △		Inspección de la colocación	Visual	
120	● ▽ □ ◇ △		Soldadura		
130	○ ▽ ■ ◇ △		Inspección de Soldadura	Visual-Mecánico	
140	● ▽ □ ◇ △		Limpieza de soldadura		
150	● ▽ □ ◇ △		Acabado		



Del el diagrama de proceso 8.2c tenemos:

La pieza **C1** es un tubo  $\varnothing \frac{3}{4}$  cal 16, que va desde la parte posterior de la silla, sirviendo de base para el asiento.

Parte de la pieza **A1** que es el cuerpo del respaldo y es sujeta en su trayectoria por las piezas **C2** y **C3**, las que le proporcionan resistencia y posición, llegando hasta la pieza **D1**, con la que solo llevará un ensamble final.

Inicialmente se requiere de un corte para obtener un tubo de 720 mm, sobre este se llevan a cabo dos barrenos  $\varnothing \frac{3}{8}$ , a una longitud de 20 mm en uno de los extremos y a 50 mm del otro extremo, estos nos servirán más adelante para la colocación del costado de aluminio **K1** y el ensamble de la pieza **D1**.

Una vez barrenado el tubo, se procede a doblarlo según especificaciones de diseño (diámetro y ángulo), cuidando la posición del barrenado.

Posteriormente es colocado en el dispositivo para armado de la estructura tubular y se procede a soldar contra las piezas que tiene relación, en este caso **C2** y **C3**.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL  
DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
CAMPUS ARAGON



INGENIERIA MECÁNICA ELECTRICA

ESPECIFICACIONES

- Silla de ruedas urbano-deportiva,
- Estructura fabricada en tubo de acero al carbono comercial,
- Eje "push" fabricado en acero SAE 4140,
- Ajuste de respaldo y descansapiés,
- Llantas  $\varnothing$  24" x 1 3/8,
- Ruedecillas a 3"
- Acabado: pintura homeada,
- Peso total de 13.854 Kg,
- Costo de fabricación \$ 3384

TITULO

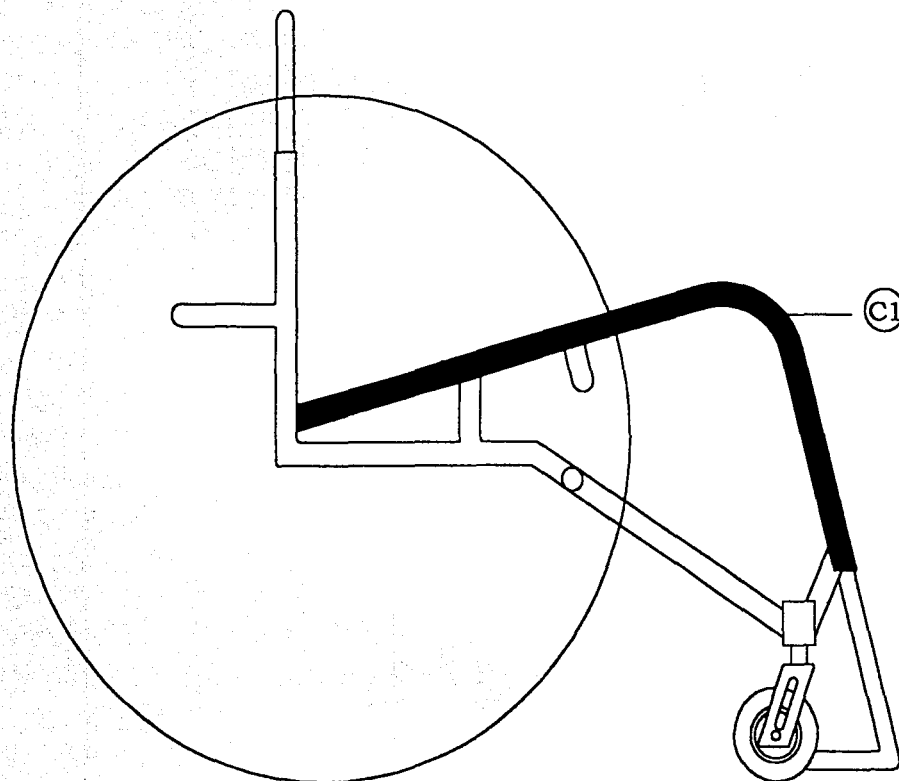
DISEÑO Y MANUFACTURA DE UNA  
SILLA DE RUEDAS DEPORTIVA

TESIS PROFESIONAL

SERGIO R. LARRAÑAGA MIRELES

ASESOR

CUITLAHUAC OSORNIO CORREA  
MAESTRO EN INGENIERIA



PROCESO DE PIEZA C1

8.2 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO C

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO/INSPECCIÓN	CODIGO	Xp 1
	MODIFIC.	0
	FECHA	00/00/00
	FOLIO	3

Descripción:	tubo $\varnothing$ ¾ cal 16	No. de Parte:	C1	Rev. SRLM
Ensamblado en:	EEMSA	Cliente:	Xp 1	

Operación	○	Transporte ▽	Inspección □	Almacenaje ◇	Demora △	
SEC	EVENTO				DESCRIPCION DE LA OPERACIÓN	EVALUACION
10	●	▽	□	◇	△	Habilitado de material a 720 mm
20	○	▽	■	◇	△	Inspección de longitud Medir con flexometro
30	●	▽	□	◇	△	Trazar posiciones de barrenos Calibrador de alturas
40	●	▽	□	◇	△	Barrenado
50	○	▽	■	◇	△	Inspección de barrenos Visual-Vernier
60	●	▽	□	◇	△	Limpieza de superficies de corte Calibrador de alturas
70	●	▽	□	◇	△	Limado interior/externo
80	○	▽	■	◇	△	Inspección de limpieza Visual
90	○	▽	□	◇	△	Transporte al doblador
100	●	▽	□	◇	△	Doblés
110	○	▽	■	◇	△	Inspección del doblés Visual-Cal. altura-Plantilla
120	○	▽	□	◇	△	Transporte a dispositivo de armado
130	●	▽	□	◇	△	Fijar al dispositivo y piezas correspondientes
140	○	▽	■	◇	△	Inspección de la colocación Visual
150	●	▽	□	◇	△	Soldadura
160	○	▽	■	◇	△	Inspección de Soldadura Visual-Mecánico
170	●	▽	□	◇	△	Limpieza de soldadura
180	●	▽	□	◇	△	Acabado

Del diagrama de proceso 8.2d tenemos:

La pieza **D1** es un tubo  $\varnothing$  5/8 cal 16, su colocación corresponde a la parte delantera de la silla, sirviendo como un elemento estructural de apoyo para los pies de usuario, el marco formado por ésta pieza, es complementado por la pieza **D2**.

Inicialmente se requiere de un corte para obtener un tubo de 849 mm de longitud.

Una vez que se cuenta con la pieza cortada, la siguiente operación es limpiar los dos extremos tanto en el exterior como en el interior.

Se procede a doblarlo según especificaciones de diseño (diámetro y ángulo).

Posteriormente es colocado en el dispositivo para el armado de la estructura tubular, contra las piezas que tiene relación, en este caso solamente con las piezas **C1**.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL  
DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
CAMPUS ARAGON



INGENIERÍA MECÁNICA ELECTRICA

ESPECIFICACIONES

- Silla de ruedas urbano-deportiva,
- Estructura fabricada en tubo de acero al carbono comercial,
- Eje "push" fabricado en acero SAE 4140,
- Ajuste de respaldo y descansapie,
- Llantas  $\varnothing$  24" x 1 3/8,
- Ruedecillas  $\varnothing$  3"
- Acabado: pintura horneada,
- Peso total de 13.854 Kg,
- Costo de fabricación \$ 3384

TITULO

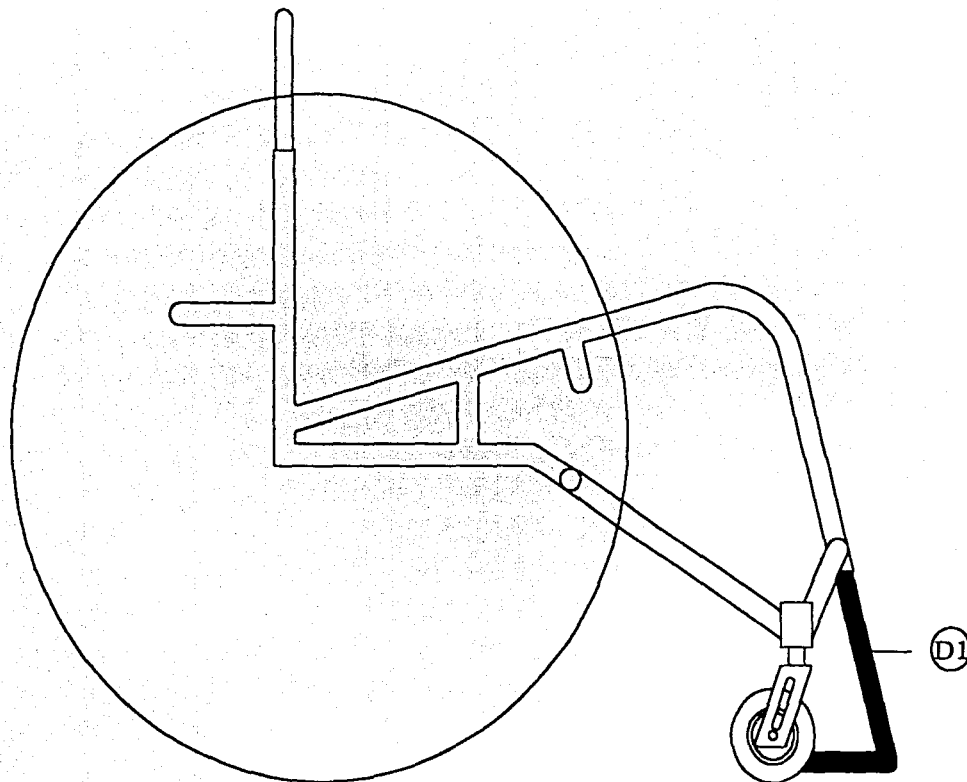
DISEÑO Y MANUFACTURA DE UNA  
SILLA DE RUEDAS DEPORTIVA

TESIS PROFESIONAL

SERGIO R. LARRAÑAGA MIRELES

ASESOR

CUITLAHUAC OSORNO CORREA  
MAESTRO EN INGENIERIA



PROCESO DE PIEZA D1

8.2 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO D

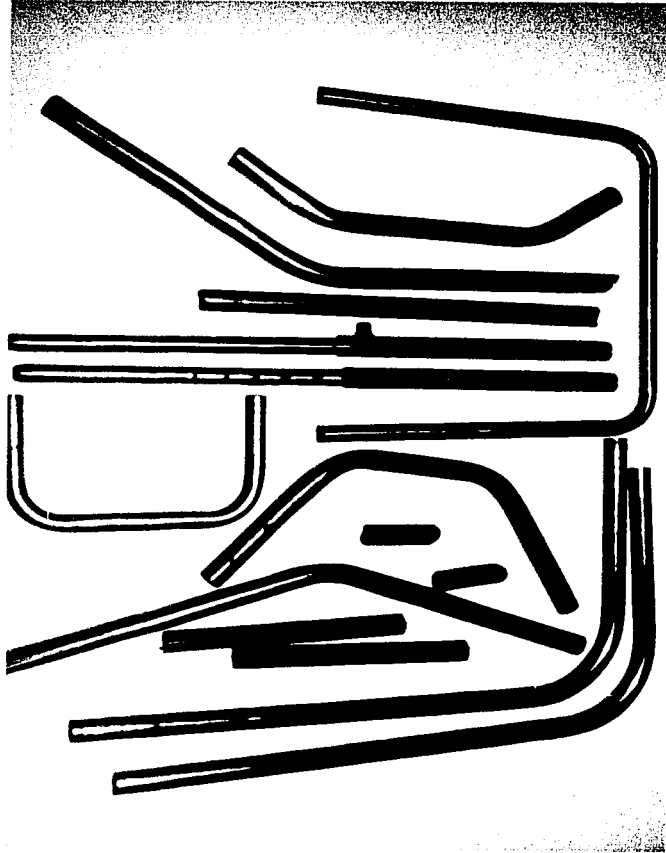
DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO/INSPECCIÓN	CODIGO	Xp 1
	MODIFIC.	0
	FECHA	00/00/00
	FOLIO	4

Descripción:	tubo $\varnothing$ 3/4 cal 16	No. de Parte:	<b>D1</b>	Rev. SRLM
Ensamblado en:	EEMSA	Cliente:	Xp 1	

Operación	○	Transporte	▽	Inspección	□	Almacenaje	◇	Demora	△
SEC	EVENTO					DESCRIPCION DE LA OPERACIÓN	EVALUACION		
10	●	▽	□	◇	△	Habilitado de material a 849 mm			
20	○	▽	■	◇	△	Inspección de longitud			Medir con flexometro
30	●	▽	□	◇	△	Limpieza de superficies de corte			
40	●	▽	□	◇	△	Limado interior			
50	○	▽	■	◇	△	Inspección de limpieza			Visual
60	○	▽	□	◇	△	Transporte al doblador			
70	●	▽	□	◇	△	Doblés			
80	○	▽	■	◇	△	Inspección del doblés			Visual-Cal. altura-Plantilla
90	○	▽	□	◇	△	Transporte a dispositivo de armado			
100	●	▽	□	◇	△	Fijar al dispositivo y piezas correspondientes			
110	○	▽	■	◇	△	Inspección de la colocación			Visual
120	●	▽	□	◇	△	Verificar la posición y la funcion adecuada			
130	○	▽	■	◇	△	Inspección de funciones			Visual-Mecánico
140	●	▽	□	◇	△	Limpieza			
150	●	▽	□	◇	△	Acabado			

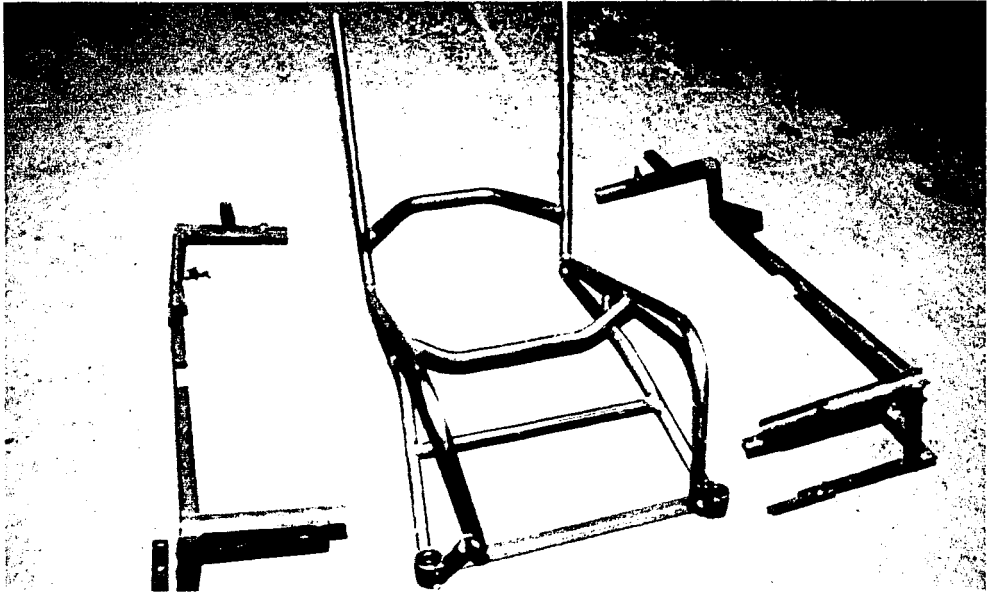
8.4 HISTORIAL FOTOGRAFICO DE MANUFACTURA.

El tubular que conforma la estructura, cortado y doblado.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

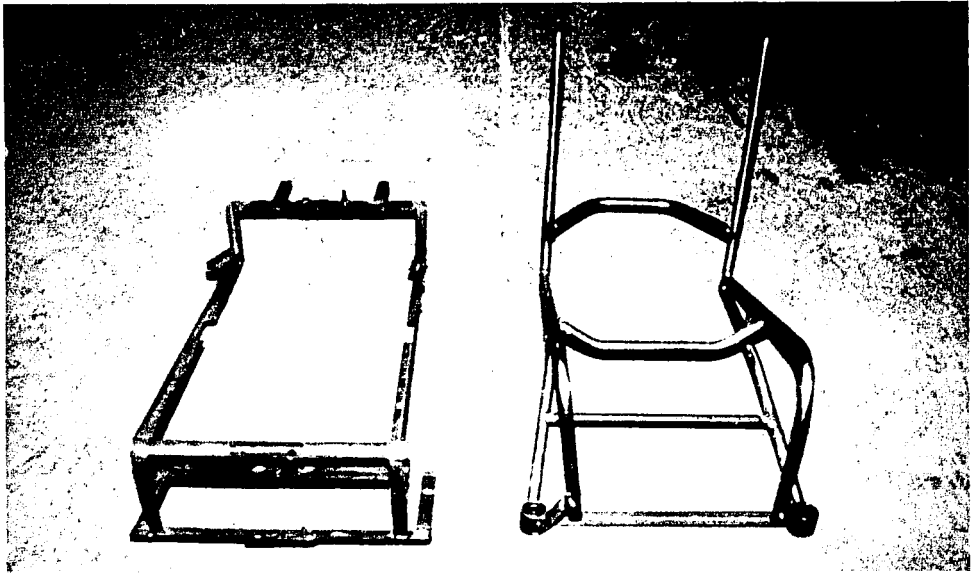
Los tubos son colocados en el dispositivo de armado, se aseguran y puntean. Se retira el dispositivo y se procede a soldar la estructura de la silla.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Una vez soldada, la estructura es preparada para recibir acabado.



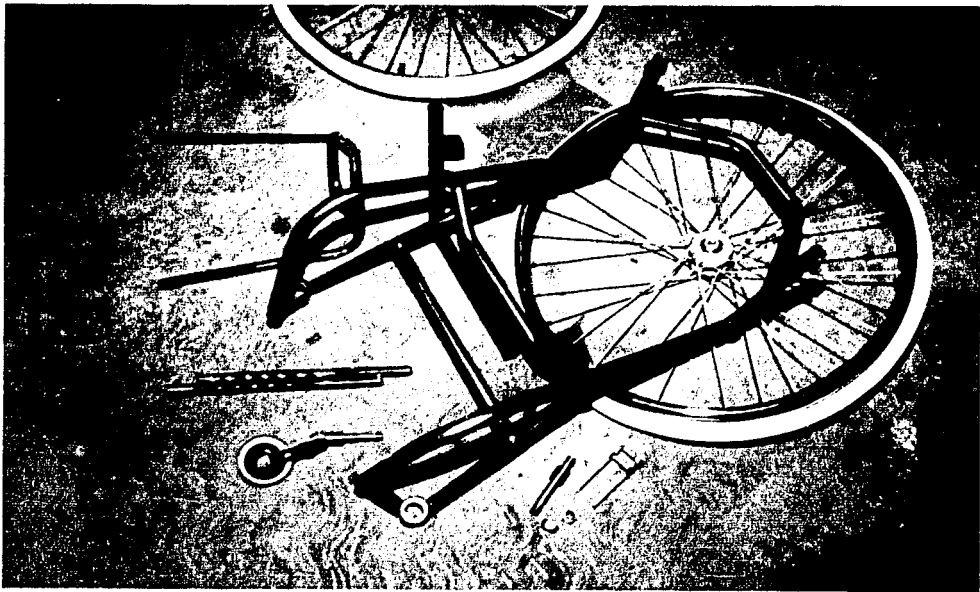
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Estructura con acabado.



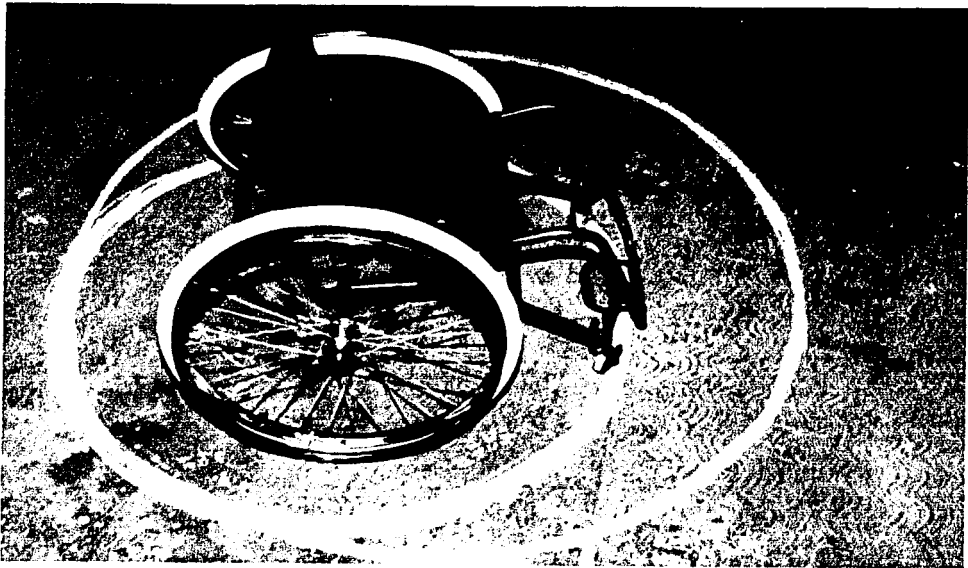
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Se reúnen los elementos para completar el armado.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Es armada y detallada.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Proyecto terminado.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## CONCLUSIONES

La propuesta de una silla de ruedas económica, no fue la primer idea para la realización de la presente tesis.

La idea primordial fue el diseño y la fabricación de una silla de ruedas urbana; una máquina cómoda y ligera, capaz de subir desniveles y salvar obstáculos tan comunes como una banqueta.

Una vez que tomé el proyecto, me di cuenta que la gran mayoría de las personas que requieren una silla de ruedas en nuestro país, no cuentan con los recursos para comprarla.

Terminando de este modo recluidos en sus casas o con una silla de ruedas de mala calidad o de segunda mano, que no cuenta con las características apropiadas para sus necesidades específicas.

De esta manera, surgió la idea de desarrollar una silla que cubriendo las necesidades básicas de confort y movilidad, pudiera prescindir de algunos de los accesorios tales como descansabrazos, manubrio de impulsión externa trasera, e inclusive frenos; logrando una máquina ligera, robusta y al alcance de la mayoría de los usuarios.

Teniendo en mente esta meta, el objetivo era lograr hacer lo mismo que con la tecnología automotriz; lo que se desarrolla y prueba en las pistas, es utilizado en autos de línea.

Así que, los primeros diseños compartían características con sillas de ruedas usadas en rugby y basquetbol, combinadas del diseño de las sillas de ruedas llamadas estándar, en las que las ruedecillas son de 6 a 8 pulgadas de diámetro.

Este diseño resultaba con exceso de dimensiones, debido al trayecto recorrido por la ruedecilla de 8 pulgadas para hacer un giro; y a pesar de estar dentro de las dimensiones de norma para una silla en espacios interiores, no era lo que buscaba para este trabajo.

Realicé otros dos diseños, ahora con ruedecillas de 6 y 5 pulgadas respectivamente, con los mismos resultados del primer diseño.

La insatisfacción que causaron estos diseños hicieron que visitara las instalaciones de la Confederación Nacional del Deporte, para informarme de los deportes realizados sobre silla de ruedas en nuestro país.

Entrevistándome de este modo con varios deportistas; jugadores de tenis, Tiro con arco, basquetbol y competencias de pista, averigüé que la gran mayoría de ellos, utilizan sillas para uso diario con ruedecillas muy pequeñas, (de 2 1/2 a 4 pulgadas) sin problemas para salvar cualquier obstáculo, bebido a la gran habilidad que han desarrollado sobre sus sillas.

Para este momento, mi diseño tomaba otro enfoque, prefiriendo una ruedecilla pequeña, aún para exteriores, para lograr mayor velocidad y maniobrabilidad sobre cuatro puntos y al momento de salvar obstáculos se maniobra sobre dos puntos, es decir despegando las ruedas pequeñas del piso.

Con esta idea y el objetivo de una silla de ruedas urbana-deportiva y al alcance de cualquier bolsillo, diseñé el actual proyecto, tomando en cuenta materiales comerciales, buscando una silla robusta y ligera, con un costo razonable y poco mantenimiento.

Una vez que conté con el desarrollo de la ingeniería (planos generales, despieces y lista de materiales) el reto era fabricar la silla en el menor tiempo posible.

Para esto, fue necesario fabricar dispositivos de armado para asegurar que los materiales que conforman la estructura y los accesorios de la silla, se mantuvieran de acuerdo a la especificación de los planos.



El resultado, una silla de ruedas con las siguientes características:

- Estructura fabricada en tubo de acero al carbono comercial,
- Eje "push" (mediante el cual las llantas pueden separarse de la estructura) fabricado en acero SAE 4140,
- Ajuste de respaldo y descansapiés,
- Llantas  $\varnothing$  24" x 1 <sup>3</sup>/<sub>8</sub>,
- Ruedecillas  $\varnothing$  3"
- Excelente estabilidad y maniobrabilidad,
- Acabado de estructura, pintura horneada,
- Acabado de ajustes en respaldo y descansapiés, cromo,
- Peso total de 13.854 Kg,
- Costo de fabricación \$ 3383.6

Una vez terminado el proyecto y con acabados finales, convoqué a mis amigos y hermanos a un periodo de pruebas, que corrieron desde las críticas normales del tono de la pintura, hasta recorridos en espacios interiores y exteriores.

Confirmando este modo la preferencia por las ruedas pequeñas para obtener velocidad, salvando los obstáculos al jugar con el centro de gravedad del cuerpo sentado sobre la silla. (Capítulo 6 *Antropometría del asiento*)

Realicé este trabajo buscando un instrumento para lograr explotar el total funcionamiento físico del individuo con lesión de la medula espinal:

- El vehículo esencial para lograr esto, una silla de ruedas.
- Una máquina, que para lograr ampliamente su cometido, debe ser diseñada y construida específicamente para la persona que la usará.

Una máquina personalizada;

- altura,
- ancho,
- alto,
- elementos resistentes según el peso corporal, etc.

Un proyecto que concluye, logrando los objetivos planteados:

Diseñar y fabricar una silla de ruedas urbano deportiva; una máquina cómoda y ligera, capaz de desempeñarse en interiores y exteriores, subir desniveles y salvar obstáculos tan comunes como una banqueta.

Un tema que incide directamente sobre una de las problemáticas sociales vigentes en nuestra realidad.

## GLOSARIO

**Afección.**

Proceso patológico que afecta todo o parte del cuerpo humano.

**Antropometría.**

Tratado de las medidas del cuerpo humano.

**Antropométrico.**

Referente a la antropometría, medida o dato del cuerpo humano con relación a su medio.

**Asimétrico.**

Falto de simetría.

**Biomecánica.**

Estudio de las leyes mecánicas y su aplicación en organismos vivos, en especial al cuerpo humano y su sistema locomotor.

**Cabestrillo.**

Venda sujeta al cuello para sostener la mano o el brazo rotos o heridos.

**Cordotomía.**

Sección del cordón anterolateral de la médula, en los casos de dolores intolerables rebeldes a todo tratamiento.

**Corva.**

Parte de la pierna, detrás de la rodilla.

**Cutánea.**

Referente a la piel del cuerpo humano.

**Deceso.**

Muerte.

**Discapacitado.**

Definición de la OMS (Organización Mundial de la Salud) desde el punto de vista "Físico-clínico":

Se considera discapacitado o minusvalido a aquella persona con "una disminución de la capacidad física que le impide su incorporación en condiciones normales a la sociedad, por lo que necesita de una atención y unos servicios asistenciales específicos para su incorporación y normal funcionamiento en la sociedad", o también: "La existencia de una anomalía o pérdida anatómica o funcional en la persona"

Definición de la ONU (Organización de las Naciones Unidas):

Se entiende por discapacitado o minusvalido toda persona incapaz de atender por sí sola total o parcialmente las necesidades de su vida individual y/o social normal, como consecuencia de una deficiencia, congénita o no, en sus capacidades físicas y mentales.

Definición de los propios discapacitados:

"El minusválido es ese gran desconocido a quien nadie en particular niega sus derechos, pero al que todos en general marginan injustamente."

**Dislocación.**

Cambio de lugar, desplazamiento.

**Distal.**

Que se aleja o está lejos del punto de origen, o de un punto central.

Que se encuentra remoto o periférico.

Opuesto a proximal.

**Edema.**

Hinchazón de una parte del cuerpo producida por infiltración de seriosidad en el tejido celular.

**Ergonómico.**

Que se adapta de manera mas adecuada a las necesidades y/o formas del cuerpo humano.

**Escisión.**

Extirpación de un tejido u órgano.

**Esternomastoideos.**

Relativo al esternón y a la apófisis mastoides. Músculo Esternocleidomastoideo.

**Esternocleidomastoideo.**

Músculo situado en la región anterolateral de cuello; largo, robusto, constituido en su origen torácico por dos manojos o cabezas: esternal y clavicular.

Es un músculo flexor inclinador y rotador de la cabeza.

**Férula.**

Tablilla de madera, hierro, cartón o alambre; rígida o flexible que se aplica para mantener en su posición partes movibles o desplazadas, especialmente huesos fracturados o luxados.

**Fisiológicos.**

De la fisiología. Ciencia que tiene por objeto el estudio de las funciones de los seres orgánicos.

**Fractura.**

Rotura hecha por un esfuerzo externo.

**Impeler.**

Dar empuje.

**Inervación.**

Conjunto de las acciones nerviosas. Distribución de nervios o de energía nerviosa en una parte, órgano o región.

**Infartación.**

Aumento del tamaño de un órgano enfermo.

**Intercostal.**

Situado o comprendido entre dos costillas.

**Intrínseco.**

Intimo, esencial.

**Isquemia.**

Detención de la circulación arterial en una parte y estado consecutivo de la misma.

**Isquion.**

Una de las tres partes del hueso coxal, que se une al ilion y al pubis para formar el acétabulo o hueso iliaco.

**Laminectomia.**

Escisión del arco vertebral posterior.

**Lesión congénita.**

Lesión de nacimiento, nacido con el individuo; innato, que existe desde el nacimiento o antes del mismo; no adquirido.

**Lumbar.**

Relativo a la parte posterior de la cintura.

**Médula espinal.**

Prolongación del encéfalo, que ocupa la cavidad de la columna vertebral.

Porción intrarraqúidea del sistema nervioso, desde el agujero occipital hasta la vértebra L2. Es cilíndrica con dos engrosamientos (cervical y lumbar) está envuelta por las meninges; está formada por una serie de cordones de sustancia blanca que rodean la sustancia gris central.

**Merma.**  
Disminución.

**Mitigar.**  
Aplacar, disminuir, calmar, suavizar, moderar.

**Necrosis.**  
Muerte tisular local que se produce en grupos de células como respuesta a enfermedades o lesiones.

**Neurológico.**  
De neurología. Parte de la anatomía que trata del sistema nervioso.

**Ortosis.**  
Enderezamiento de una parte torcida. Por medio de ortopedia.

**Plegable.**  
Capaz de doblarse por puntos específicos denominados pliegues.

**Prescripción.**  
Ordenar o mandar una cosa, recetado por el médico.

**Prototipo.**  
Primer ejemplar que se construye industrialmente de una máquina que sirve para experimentar su potencia y rendimiento con el objeto de emprender su fabricación en serie.

**Radiológico.**  
Referente a la radiología, estudio de las radiaciones, especialmente de rayos X, en sus aplicaciones al diagnóstico y tratamiento.

**Rehabilitación.**  
Restablecer a una persona de sus derechos, capacidad o situación, de la que fue desposeída.



**Remanente.**

Lo que resta.

**Rizotomía.**

Sección quirúrgica de las raíces espinales.

**Simpatectomía.**

Escisión quirúrgica de una parte del simpático, especialmente de una parte del ganglio cervical superior.

**Síndrome.**

Cuadro o conjunto sintomático; serie de síntomas y signos que existen a un tiempo y definen clínicamente un estado determinado.

**Taxonómicos.**

Relativo a la taxonomía. Parte de la historia natural que trata de la clasificación de los seres.

**Tenodesis quirúrgica.**

Fijación por medio de cirugía del extremo de un tendón a un hueso.

**Tisular.**

Galicismo por hístico o histológico. Relativo a un tejido, a su composición o estructura.

**Toracolumbar.**

Relativo al tórax y a la región lumbar.

**Traumatismo.**

Término general que comprende todas las lesiones internas o externas provocadas por una violencia exterior. Estado del organismo afecto a una herida o contusión graves.

**Tuberosidad Isquial.**

Protuberancia redondeada de la parte inferior del isquion. Forma de la región ósea sobre la que descansa el cuerpo humano cuando está en posición de tomar asiento.

**Úlcera de decúbito.**

Inflamación, escara o úlcera de la piel sobre una prominencia ósea. Se produce debido a la presión prolongada sobre la parte incriminada.

**Vascular.**

Referente a los vasos sanguíneos.

**Yuxtaposición.**

Situación de una cosa colocada frente a otra.

## BIBLIOGRAFIA

- DISEÑO DE MAQUINAS  
Hall Hollewenco y Laughlin  
Serie Shaum, Mc Graw Hill  
México, 1985
- CATÁLOGO GENERAL SKF  
Italia, 1990
- RESISTENCIA DE MATERIALES  
Andrew Pitel y Ferdinand Singer  
Harla, Madrid España 1990
- DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA  
Edward Shigley y Charles Mischke  
Mc Graw Hill 4ª edición  
México D.F 1990
- MECÁNICA DE MATERIALES  
Russell Hibbeler  
Cecsa, México D.F 1994
- MANUAL DEL INGENIERO MECÁNICO MARKS  
Theodore Baumeister, Eugene Avallone  
Mc Graw Hill México D.F 1982
- MANUAL DE FORMULAS DE INGENIERÍA  
Rafael García Díaz  
Limusa México D.F 1994
- MANUAL PARA CONSTRUCTORES  
Acero Monterrey  
México D.F 1995
- STRENGTH OF MATERIALS  
Timoshenco  
D van nostrand company, inc.  
Princeton N.J 3ª edición 1985
- ENGINEERING DESIGN  
George E. Dieter  
Mc Graw Hill Princeton N.J 1991

- MACHINE DESIGN  
Robert L. Norton  
Prentice Hall Saddle River N.J. 1996
- DESIGN OF MACHINE ELEMENTS  
Virgil Moring Faires  
Macmillan EUA 4ª edición México 1992
- ARTE DE PROYECTAR EN ARQUITECTURA  
Neufert  
Ediciones G Gili S.A de C.V Barcelona 1983
- REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL DISTRITO FEDERAL  
Luis Arnal Simón, Max Betancourt Suarez  
Ed. Trillas México 2000
- LAS DIMENSIONES HUMANAS EN LOS ESPACIOS INTERIORES. Estandares antropométricos  
Julius Panero, Martin Zelnik  
Ed. G. Gili México 1984
- ENCICLOPEDIA BRITÁNICA BARSA, tomo II.
- COLLIER'S ENCICLOPEDIA  
The crowell collier publishing company.
- MANUAL MOSBY, Exploración física  
H. Seidel, J Ball, Dains, G Benedict  
Mosby S.A México 2000
- DICCIONARIO TERMINOLÓGICO DE CIENCIA MEDICAS  
Salvat, 13ª edición México 2001
- CIENCIAS DE LA SALUD  
Bertha Higashida Hirose  
Mc Graw Hill México 2001