



ÓRTESIS DINÁMICA PARA REHABILITACIÓN
DE FRACTURA DE TOBILLO

Presentado Por:

Fernández González Araceli



Centro de Investigaciones
de Diseño Industrial
Facultad de Arquitectura



2002



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.

16



**ÓRTESIS DINÁMICA PARA REHABILITACIÓN
DE FRACTURA DE TOBILLO**

Tesis Profesional que para obtener el Título de Licenciado en Diseño Industrial presenta:

Fernández González Araceli

Con la Dirección de:

D.I. FERNANDO RUBIO GARCIDUEÑAS.

Y la Asesoría de:

D.I. Luis Equihua Zamora

Dr. Oscar Salinas Flores

D.I. Joaquín Alvarado Villegas

M.D.I. Cecilia Flores Sánchez



Centro de Investigaciones
de Diseño Industrial
Facultad de Arquitectura

“Declaro que este proyecto de tesis es totalmente de mi autoría y que no ha sido presentado previamente en ninguna otra Institución Educativa.”



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE DISEÑO INDUSTRIAL

Facultad de Arquitectura Universidad Nacional Autónoma de México

Coordinador de Exámenes Profesionales
Facultad de Arquitectura, UNAM
PRESENTE

E P 0 1 Certificado de aprobación de
impresión de Tesis

El director de tesis y los cuatro asesores que suscriben, después de revisar la tesis del alumno

NOMBRE **FERNANDEZ GONZALEZ ARACELI** No. DE CUENTA **9233720-4**
NOMBRE DE LA TESIS **Ortesis dinámica para rehabilitación de fractura de tobillo**

Consideran que el nivel de complejidad y de calidad de la tesis en cuestión, cumple con los requisitos de este Centro, por lo que autorizan su impresión y firman la presente como jurado del

Examen Profesional que se celebrará el día de de a las hrs.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Ciudad Universitaria, D.F. a 19 abril 2002

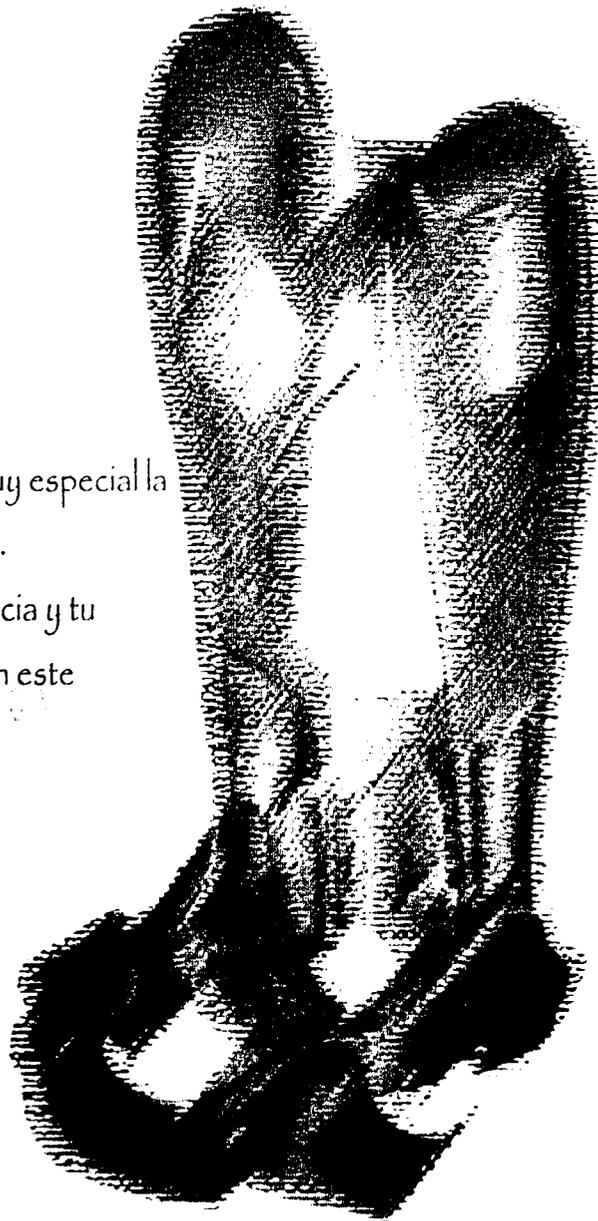
NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE D.I. FERNANDO RUBIO GARCIDUEÑAS	
VOCAL D.I. LUIS EQUIHUA ZAMORA	
SECRETARIO DR. OSCAR SALINAS FLORES	
PRIMERSUPLENTE D.I. JOAQUIN ALVARADO VILLEGAS	
SEGUNDOSUPLENTE M.D.I. CECILIA FLORES SANCHEZ	

ARQ. FELIPE LEAL FERNANDEZ
Vo. Bo. del Director de la Facultad

Ciudad Universitaria, Coyoacán 04510, México, D.F. Tel. 5622 08 35 y 36 Fax 5616 03 03

<http://ce-atl.posgrado.unam.mx> * Correo electrónico: cidi@servidor.unam.mx

Agradezco de manera muy especial la
colaboración de "vacco"...
por tu dedicación, paciencia y tu
talento, que compartes en este
proyecto de tesis...



También le doy las gracias a:

Dr. Gaspar González A.
Ing. Guillermo Paz

Ing. Jorge Letechipia
T.O. Alejandra Rivera
Dra. María del Pilar Díez
Ing. Lidia Núñez

Ing. Ivett Quiñones

Ing. Martha Fuentes

A los Ingenieros: Romy P., Victor D.,
Octavio, Aldo, Rodrigo, Diana,
Mich....

Que sin querer los involucré de una
manera u otra...

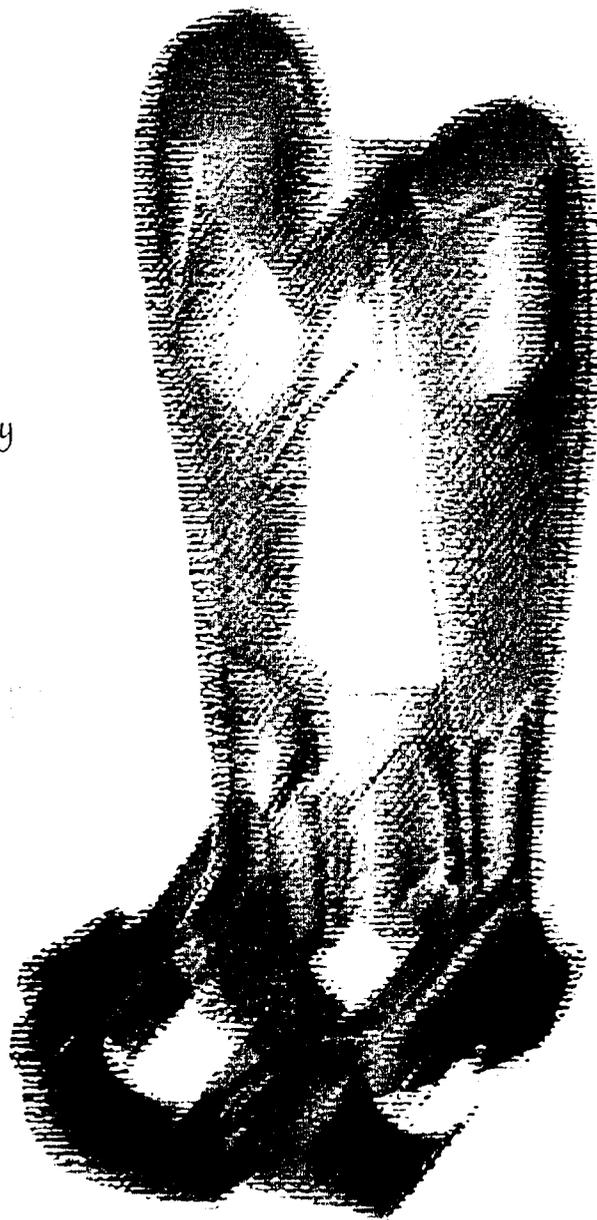
A mi Director de Tesis Fernando
Rubio y a cada uno de los sinodales
que hicieron que este proyecto
culminará más que bien...

A todos y cada uno de los profesores
de talleres...

D.I. Mari José

A el coordinador Académico Jorge V.

A mis hermanos:
Que con toda paciencia y
presión involuntaria, me
ayudaron...



A mis padres:
Por ser tan grandes,
maravillosos y enigmáticos
como el amanecer...



I. Introducción	2
II. Objetivos	4
III. Antecedentes	6
Anatomía del tobillo	7
Fisiología del tobillo	9
Cómo caminamos	12
Esquemas de movimiento al caminar	13
Antropometría	15
Fractura de tobillo	17
Rehabilitación	19
IV. Desarrollo de la Órtesis Dinámica "Diez-Rivera"	21
Mejoras	23
V. Mercado	26
Comercialización	28
VI. Materiales y Procesos	29
Mecanismo	32
Perfil del Producto	33
VII. Generación de Nuevas Propuestas	34
Simulador	36
Propuesta Final	37
Planos	38
VIII. Descripción de la Órtesis Dinámica-Activa (ODA).....	45
Modelo	46
Diagrama de uso	48
uso en el paciente	49
Estética	50
Logotipo, marca y empaque	51
Costo del proyecto	53
IX. Bibliografía	55

1. Introducción



Este proyecto de tesis se basa en la necesidad de mejorar ergonómica, fisiológica y estéticamente un aparato ortopédico (órtesis dinámica) que agilizó la recuperación del patrón de marcha normal de los adultos post-operados de una fractura de tobillo en 45 días. Normalmente, el tiempo de recuperación es de 90 a 120 días, sin utilización de una órtesis o férula.

En el Centro Nacional de Rehabilitación, antes Instituto Nacional de Ortopedia, de 1994 a 1997 se creó una órtesis dinámica, que apoyó el programa de ejercicios en la rehabilitación, hecha con material intrahospitalario dando muy buenos resultados biomecánicos en la rehabilitación, acortándola hasta en un 70%.

Esta consta de un cinturón conectado a una muslera, de esta salen dos ligas de látex a la altura de la rodilla que se anclan hasta la suela del zapato a la altura de los metatarsos de los dedos del pie.

Actualmente existen férulas activas y pasivas. Las Activas son las que tienen movimiento permitiendo exista cierto margen de movilidad y estabilidad a la vez. Las Pasivas son rígidas solamente inmovilizan y estabilizan.

En el párrafo anterior les comento de la existencia de las férulas activas y pasivas, y el interés de esta tesis es una órtesis dinámica. Para poder explicarles que significa cada una de estas palabras veamos que significan;

Férula: Cirujía. Aparato de madera, hierro, alambre, cartón, etcétera, rígido o flexible que se aplica a alguna región del cuerpo para mantener en determinada posición partes de él patológicamente desplazadas, en especial a causa de fractura ósea o de luxación. (Enciclopedia Espasa, vol. 15)

La definición de órtesis solamente la pude localizar en una página de internet especializada en aparatos ortopédicos que tenía diccionario incluido:

Órtesis: Dispositivo ortopédico que sirve para sostener, alinear ó corregir deformidades y para mejorar la función del aparato locomotor.

Pero al preguntar a los doctores y protesistas me dijeron que casi era lo mismo: surgieron muchas opiniones y concluyeron en que la férula es un entablillado y que la órtesis es un aditamento que ayuda a mejorar la función después del entablillado.



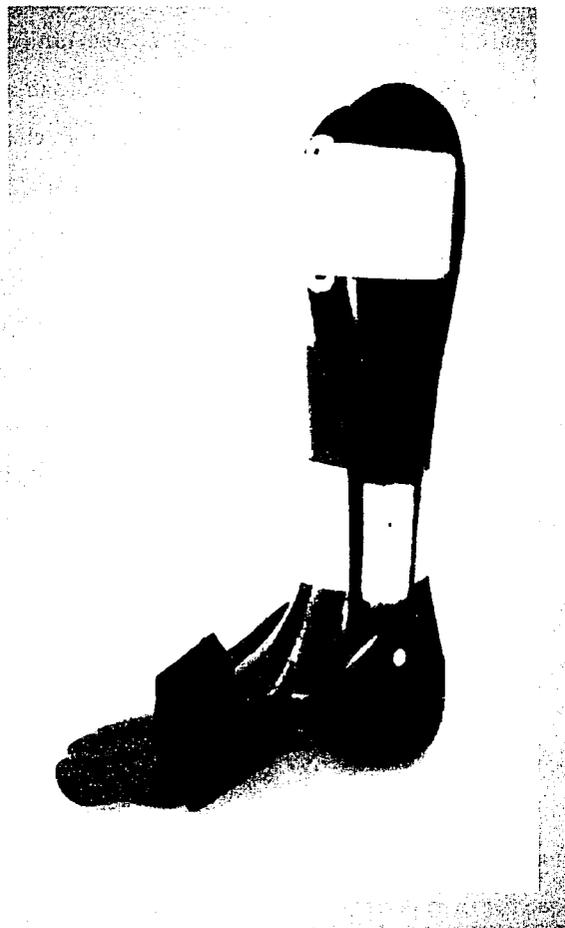


Bueno, regresando al proyecto, este quedó sin concluir porque le faltaba el trabajo de un diseñador industrial para también darle una visión comercial, que sea de fácil manufactura, que no eleve el costo ni el precio al público y ofrecer un producto ortopédico terminado.

Para esto trabajé conjuntamente con un equipo de ingenieros en rehabilitación, ingenieros biomecánicos y mecánicos, la doctora y la terapeuta que crearon la órtesis "Diez-Rivera" y se concluyó con un proyecto viable para la fabricación del nuevo producto que ofrece un servicio completo al paciente.

Donde éste tiene la satisfacción y la seguridad de adquirir un aparato ortopédico que cura fisiológica y psicológicamente la fractura de tobillo.

El producto terminado es como lo ven en la fotografía, el material es Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS) inyectado, con acojinamiento de Etilo Vinilo Acetato (EVA); con sujetadores de velcro comerciales, soporte elástico en el talón y el soporte inferior del pie es velcro. Esta órtesis podrá ser adquirida en el Centro Nacional de Rehabilitación, como parte del programa de rehabilitación, para darlo a conocer y posteriormente ser distribuido en las tiendas ortopédicas a un precio aproximado de \$400.00 a \$600.00



II. Objetivos



Este proyecto de tesis tiene la finalidad de ayudar a los lesionados de fractura de tobillo y a las instituciones que tratan esta lesión, al mismo tiempo dar a conocer el diseño industrial aplicado en aparatos ortopédicos y la manufactura totalmente mexicana.

El interés personal hacia este proyecto es debido a que no existen actualmente órtesis dinámicas para tratar la fractura de tobillo que permitan la rápida recuperación e integración de los afectados a sus actividades diarias.

Considero que el campo ortopédico está olvidado por parte de las instituciones médicas del gobierno en México y éstas se conforman con hacer que funcionen sus aparatos intrahospitalarios manufacturados con materiales "caseros" como ganchos de ropa, ligas de látex, vendas de yeso, cartón y cinta adhesiva.

Las instituciones médicas aseguran que el paciente no podrá ni querrá pagar por un aparato que les ayude a mejorar su "situación" de vida; se dice "situación" porque en

algunos casos es pasajera la lesión, aproximadamente de 4 a 6 meses y después recuperan su vida habitual, pero hay otros casos en que la lesión es irreversible y tienen que aprender a vivir con ella.

Se les tiene que ayudar de una manera u otra y llegarán a la conclusión que sí pagarán por un aparato que les facilite su "estancia" en el periodo de recuperación y rehabilitación del cual obtendrán un 100% de satisfacción.

Los objetivos a resolver para este proyecto de tesis serán:

- Mejorar la sujeción.
- Mejorar la comodidad física.
- Ajustarla a tallas para los usuarios (Ch, M, G).
- Tomar en cuenta el apoyo psicológico al paciente por medio de esta órtesis.
- Culminando como un producto de catálogo con una excelente calidad mexicana capaz de colocarse dentro del mercado existente en aparatos ortopédicos.





Para lograr estos objetivos necesito:

- 1.- Conocer el desarrollo y función biomecánica de la órtesis dinámica Diez-Rivera
- 2.- Establecer objetivos y metas comunes con el equipo de trabajo
- 3.- Cuantificar la demanda
- 4.- Identificar y conocer al paciente
- 5.- Identificar materiales, procesos y posibles proveedores para la manufactura de la órtesis
- 6.- Rango del precio a pagar
- 7.- Perfil del Producto
- 8.- Primera generación de conceptos
- 9.- Evaluación con el equipo de trabajo
- 10.- Segunda generación de conceptos
- 11.- Evaluación con el equipo de trabajo
- 12.- Construcción de simuladores
- 13.- Pruebas de simuladores
- 14.- Ajuste de simuladores
- 15.- Desarrollo de los planos
- 16.- Registro del Modelo Industria

Esta lista de objetivos serán mi metodología a seguir para el desarrollo de este proyecto de tesis.



III. Antecedentes



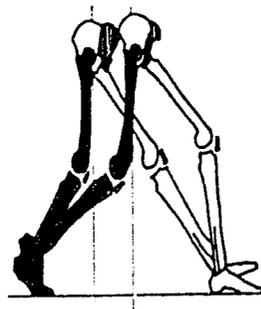
Durante los años de 1994 a 1997 en el Centro Nacional de Rehabilitación, se realizó un estudio a 30 personas ingresadas con fractura de tobillo tipo Weber clasificación B y C, donde se observó que el 56.4% eran hombres y el 43.6% eran mujeres, sus edades eran entre los 15 y 45 años.⁽²⁾

Esta fractura de tobillo es tratada con una placa 1/3 de caña y un tornillo de situación para sujetar, regenerar y

consolidar el hueso.

Su manejo requiere de una rehabilitación que logre una rápida recuperación del paciente para continuar con sus actividades diarias. Para garantizar la efectividad de la rehabilitación en este Centro se sugirió la creación y utilización de una órtesis dinámica llamada "Diez-Rivera" (primer apellido de sus creadoras), que evitó las secuelas secundarias como la atrofia muscular y la fibrosis.

Para entender la importancia de la propuesta de utilizar una órtesis, hay que comenzar por conocer el miembro inferior en su anatomía, la fisiología, cómo es que caminamos; para comprender como funciona en su estado natural, su antropometría y como es que queda en condiciones de una fractura.



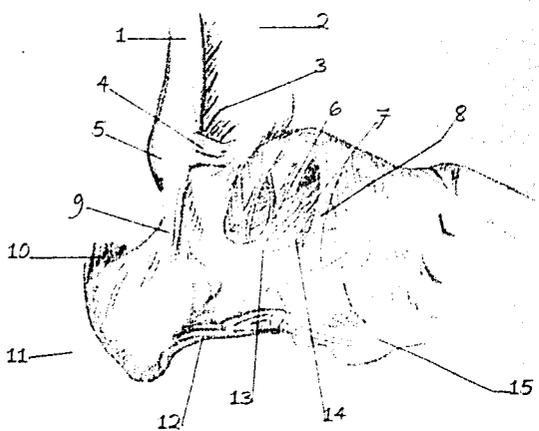


Anatomía del Tobillo

En las siguientes ilustraciones se muestra la anatomía de un tobillo sano, esto será como una introducción para poder comprender que es lo que pasa en una fractura de tobillo.

Sólo se encuentran marcados los huesos, ligamentos y tendones involucrados en la fractura y alrededor de está, también para ver que es lo que pasa cuando caminamos.

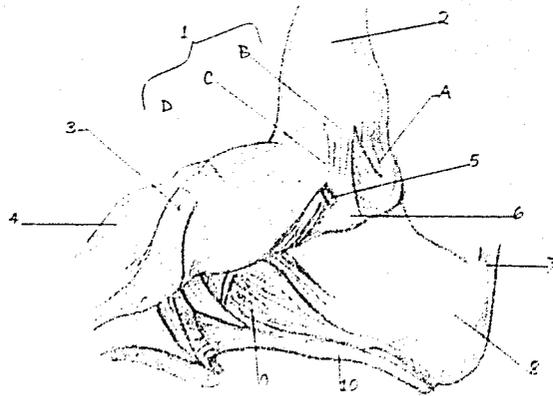
Vista Lateral Externa



- 1. Peroné
- 2. Tibia
- 3. Ligamento Tibioperoneo Anterior
- 4. Ligamento Calcaneoastragalino Lateral
- 5. Ligamento astragaloperoneo Anterior
- 6. Maléolo Anterior
- 7. Ligamento Bifurcado
- 8. Ligamento Escafo cuboideo Dorsal
- 9. Ligamento Calcaneo peroneo
- 10. Tendón de Aquiles
- 11. Calcáneo
- 12. Ligamento Plantalargo
- 13. Ligamento Calcaneo escafoideo
- 14. Ligamento Neocuboideo
- 15. Tendón del Medio Peroneo Corto



Vista Lateral Interna



1. Ligamento Medio Deltoides

2. Tibia

3. Tendón del Medio Tibial Anterior

4. Ligamentos Tarsometatarsianos

5. Tendón del Medio Tibial Posterior

6. Apófisis Menor del Calcáneo

7. Tendón del Calcáneo

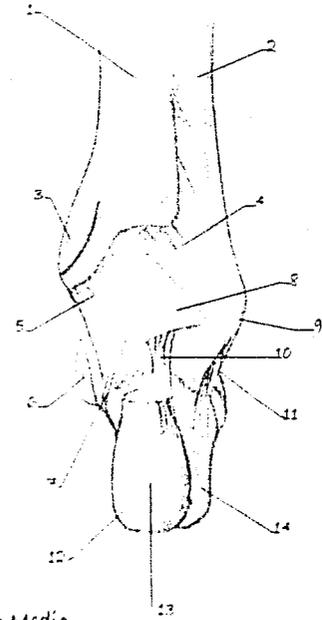
8. Calcáneo

9. Ligamento Calcaneocuboideo Plantar

10. Ligamento Plantar Largo

A. Porción Tibial Posterior
 B. Porción Tibiocalcánea
 C. Porción Tibiotalar Anterior
 D. Porción Tibiocalcánea

Vista Posterior



1. Tibia

2. Peroné

3. Maleólo Medio

4. Ligamento Tibioperoneo Posterior

5. Ligamento Tibiotalar Posterior
del Ligamento Medio

6. Astrágalo

7. Ligamento Calcaneoastragalino Medio

8. Ligamento Astragaloperoneo

9. Maleólo Lateral

10. Ligamento Astragalocalcaneo Lateral

11. Ligamento Calcaneoperoneo

12. Tuberosidad Calcánea

13. Tendón de Aquiles (del calcáneo)

14. Calcáneo

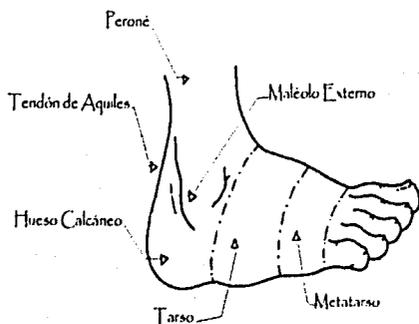


Fisiología del Tobillo

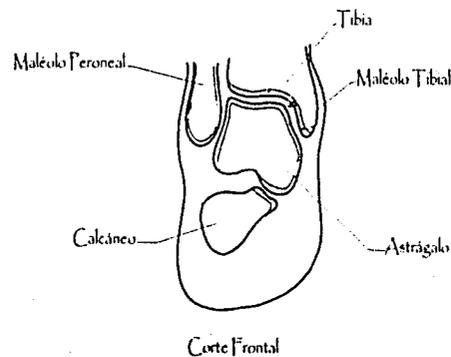
Estos son esquemas estáticos del tobillo sano. Se muestran los huesos estabilizadores, el movimiento del pie, los músculos y los tendones que ayudan a esta

compleja estructura a darnos estabilidad y adaptabilidad en cualquier terreno.

ARTICULACIÓN DEL TOBILLO

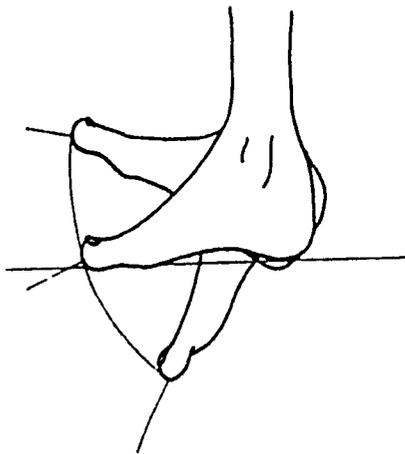


ELEMENTOS DE ESTABILIZACIÓN

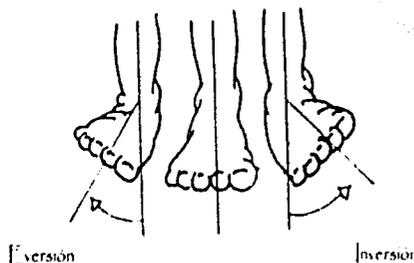


MOVIMIENTOS DEL TOBILLO

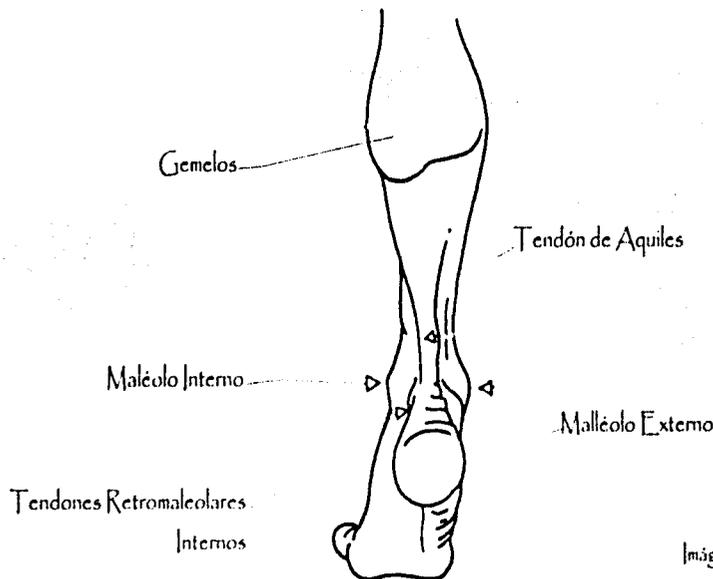
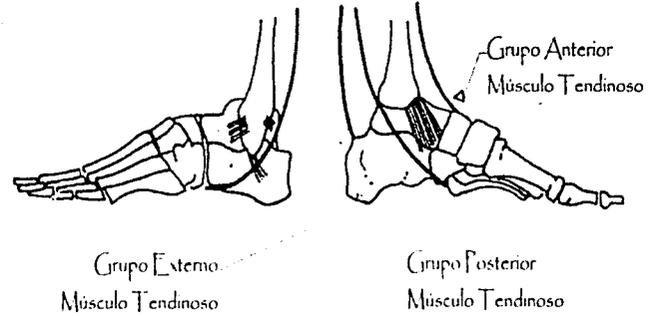
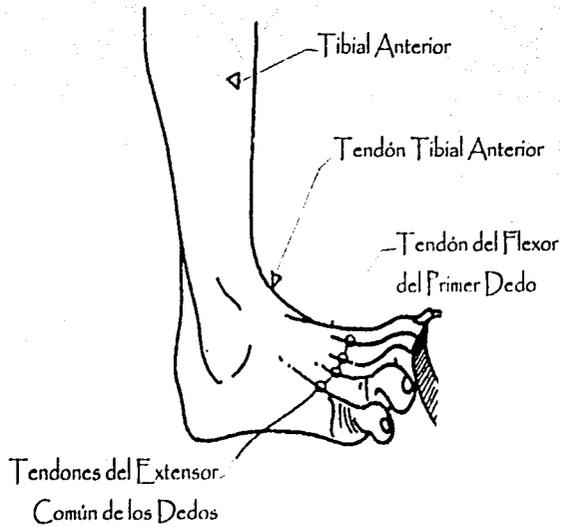
Flexión Dorsal
(20-35°)



Flexión Plantar
(30-45°)



MÚSCULOS DE LA MOVILIDAD DEL TOBILLO



Imágenes "El movimiento Humano" (5)



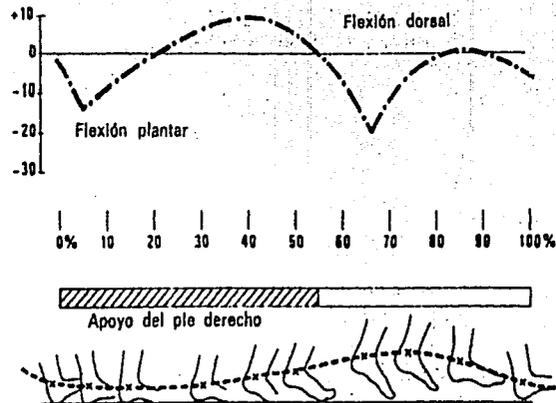


Estas son dos gráficas que ayudarán a entender mejor el movimiento aislado del tobillo y de qué manera se registra este movimiento de la cadencia al dar un paso.

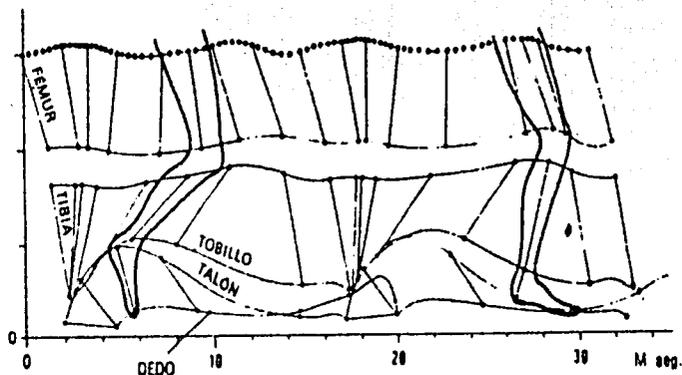
En la primer gráfica se muestran "los movimientos del tobillo durante la fase de apoyo, la caída hacia adelante se traduce por una flexión dorsal de alrededor de 10° ; en la fase de avance, el tobillo se eleva respecto al suelo, pero el pie no se levanta: la dorsiflexión es nula. El pie contacta con el suelo a 90° de flexión sobre la pierna."

En la segunda gráfica nos muestra un "registro cinematográfico (a 600 imágenes/seg) que aísla las trayectorias de los diferentes segmentos en movimiento durante la marcha:

1. Distalmente, el tobillo describe una trayectoria periódica con puntos de inversión de dirección.
 2. En la rodilla, la trayectoria periódica se suaviza
 3. En la cadera, la trayectoria se hace casi sinusoidal.
- La amplitud de la cresta a nivel de la cadera es cinco veces menor que la amplitud de la trayectoria del talón."



Gráfica 1



Gráfica 2

Imágenes y texto "La Marcha Humana" (e)





Ahora entenderemos como caminamos y se analizará con más detalle cómo y qué partes del tobillo, la rodilla y la cadera se involucran al dar un paso.

El caminar es un ciclo repetitivo. El caminar se empieza cuando los dos pies se encuentran apoyados en el suelo; una pierna es el apoyo, y la otra se balancea mientras el cuerpo se va hacia delante y se detiene cuando el talón toca el suelo.

El caminar se divide en:

1. Apoyo
2. Balanceo

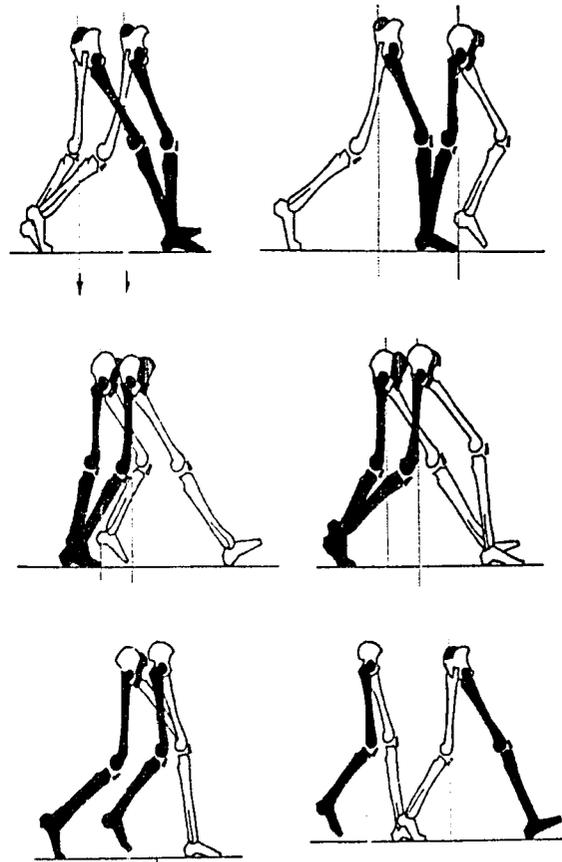
El primero se subdivide en apoyo del talón, apoyo de la planta del pie y despegue del pie del suelo.

El segundo se subdivide en aceleración (presente en el comienzo del ciclo) y desaceleración (sucede antes de tocar el suelo).

El apoyo presenta el 60% total del ciclo y el 40% es el balanceo y así sucesivamente...

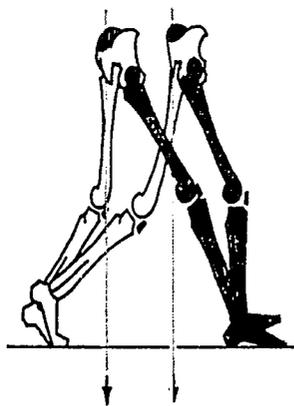
Bueno ya entendimos como caminamos, a continuación lo veremos como en cámara lenta la cadera, la rodilla, el tobillo y el pie derecho, funcionan al dar el paso.

Esquema de la Marcha Humana





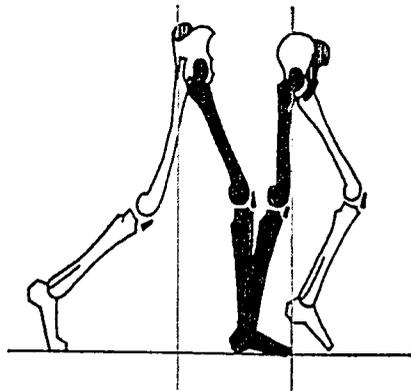
Esquemas de Movimiento al caminar



0% a 15%

Contacto del Talón con el Suelo

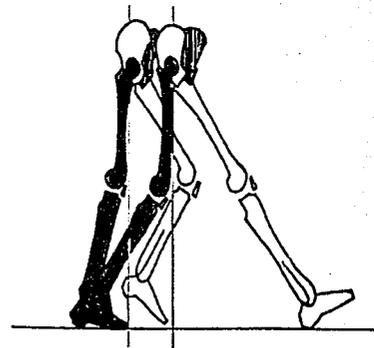
1. El miembro inferior derecho se alarga al máximo
2. La rodilla esta en extensión completa o casi completa
3. El tobillo se halla en posición neutra
4. Estas posiciones son para dar al miembro inferior la máxima longitud



15% a 40%

Pie Plano sobre el Suelo

1. Contacto con el talón
2. Contacto con toda la suela plantar
3. La persona se halla en equilibrio monopodal
4. Longitud máxima del miembro inferior
5. El centro de gravedad se somete a una aceleración vertical
6. Por esto la rodilla se flexiona 15° a 25° (según el sujeto y la rapidez de desplazamiento)

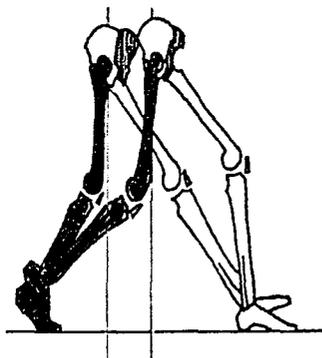


40% a 50%

Despegue del Talón

1. Intensa actividad en los músculos de la planta del pie que actúan sobre el tobillo
2. El tobillo permanece neutro
3. El pie es el elemento esquelético estable a partir del cual se mueven los otros segmentos
4. Durante el despegue del talón, el tobillo se halla colocado en posición alta
5. Se podría someter al centro de gravedad, por eso la rodilla se dobla inmediatamente

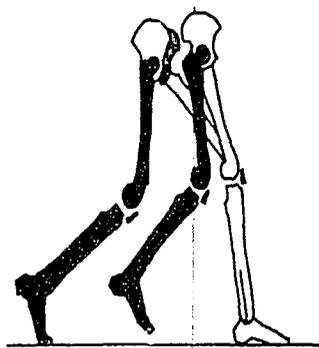




50% a 60%

Despegue de los Dedos del Pie

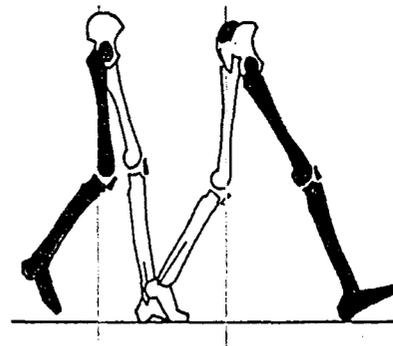
1. Periodo del doble apoyo
2. Momento en que carga todo el peso del cuerpo, para seguir la oscilación
3. Termina el momento en que el talón de este lado se posa de nuevo en el suelo
4. El periodo de elevación de los dedos del pie se caracteriza por una flexión rápida en la rodilla (que puede alcanzar 50°)



60% a 75%

Avance del Miembro Inferior
Oscilante

1. El miembro inferior alcanza su máxima longitud
2. Flexionándose las articulaciones de cadera y rodilla
3. Movilizándose la articulación del tobillo para llevar el pie a dorsiflexión
4. El peso del cuerpo de la persona es soportado por el miembro inferior opuesto



75% a 100%

Extensión Total de la Rodilla

1. El miembro inferior oscilante pasa a gran velocidad
2. El miembro opuesto esta en carga
3. El esqueleto se coloca en posición de mayor longitud para alcanzar el suelo antes que el cuerpo
4. Hay un acortamiento máximo destinado a evitar el suelo flexionando la cadera, la rodilla y el tobillo





ANTROPOMETRÍA

Esta información nos ayudará a entender los parámetros que se considerarán para el diseño de esta nueva órtesis después de la órtesis Diez-Rivera.

Estas medidas son de mexicanos, del estado de Guadalajara, Jalisco, de la edad de 15 a 65 años de edad;

edad a la que estará dirigida esta nueva órtesis.

La talla Chica será del No.21, la Mediana del No. 23.5 y la Grande del No.25 para mujeres.

Para los hombres la Chica del No. 25, la Mediana del No.26 y la Grande No.29.

Información e imágenes del libro "Dimensiones Antropométricas de Población Latinoamericana" (7)

MUJERES (m ³)						
Dimensiones	Medio	DE.	PERCENTIL			Edad
			5	50	95	
Peso Kg	54.2	2.4	52.7	52.4	52.7	15 años
	56.4	3.4	52.5	52	52.5	16 años
	57.4	2.8	52.2	52.5	52.9	17 años
Altura Fémur	450	26	437	445	455	15 años
	451	25	437	451	452	16 años
	447	25	437	442	445	17 años
Perimetro Pectoral	85.2	3.2	82.7	82.7	82.5	15 años
	85.2	3.1	82.5	82	82.7	16 años
	85.8	3.2	82.5	82.5	82.5	17 años
Altura Poplitea	69.1	2.8	67	67	68.1	15 años
	69.5	2.6	67.2	67.5	68.6	16 años
	69.1	2.8	66.5	67.7	68.7	17 años
Longitud Pie	235	12	225	225	232	15 años
	236	11	227	227	235	16 años
	236	11	227	227	235	17 años
Anchura Pie	90	2	89	89	89	15 años
	90	2	89	89	89	16 años
	90	3	89	89	89	17 años
Anchura Talón	61	3	58	60	62	15 años
	61	3	58	61	62	16 años
	62	3	58	61	62	17 años

HOMBRES (m ³)						
Dimensiones	Medio	DE.	PERCENTIL			Edad
			5	50	95	
Peso Kg	67	12.6	44.2	62.5	85.8	15 años
	67.6	12.5	45.5	63.1	85.9	16 años
	66.8	12.9	45.2	64	85.2	17 años
Altura Fémur	472	24	433	472	525	15 años
	474	33	432	481	525	16 años
	464	22	432	485	522	17 años
Perimetro Pectoral	86.7	3.6	83.5	84	83.2	15 años
	84.8	3.1	82.7	84.5	83.2	16 años
	84.5	3	82.5	84.5	83.2	17 años
Altura Poplitea	62.7	2.6	60.4	62.8	67.2	15 años
	63.1	2.6	62.5	63.2	67.4	16 años
	62.4	2.7	60.5	63.5	67.4	17 años
Longitud Pie	242	11	234	242	242	15 años
	242	11	234	242	242	16 años
	241	12	234	242	242	17 años
Anchura Pie	92	2	91	92	92	15 años
	92	2	91	92	92	16 años
	92	2	91	92	92	17 años
Anchura Talón	65	3	62	65	72	15 años
	65	2	62	65	72	16 años
	65	3	62	65	72	17 años



Estas tallas se sacaron de los percentiles mínimo y máximo de estas tablas (5-95).

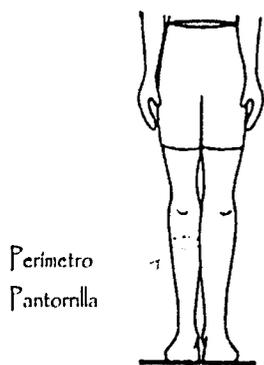
Donde nos interesó el perímetro de la pantorrilla para sacar el aproximado del sujetador superior, la altura de la rodilla y

la altura poplitea para que la órtesis no molestará cuando el usuario esta sentado y el ancho del pie para el sujetador inferior, el ancho del talón para el soporte del talón y el largo del pie para los números de las tallas de la órtesis.

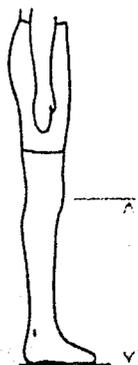


MUJERES 18 a 65 años trabajadoras industriales (mm)					
Dimensiones	Medio	D.E.	PERCENTIL		
			5	50	95
Peso Kg	64	12,45	48	60,5	88
Altura rodilla	449	23,84	411	446	491
Perimetro Pantorrilla	365	34,94	314 e	355	420
Altura Poplitea	574	20,79	558	576	606
Longitud Pie	252	9,79	217	252	280
Anchura Pie	90	4,88	85	90	99

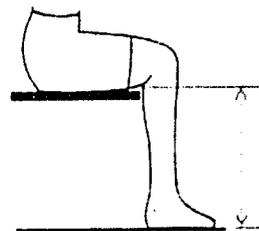
HOMBRES 18 a 65 años trabajadoras industriales (mm)					
Dimensiones	Medio	D.E.	PERCENTIL		
			5	50	95
Peso Kg	75	12,55	55,51	72,1	97,3
Altura rodilla	478	28,76	434	476	526
Perimetro Pantorrilla	366	33,78	316	362	420
Altura Poplitea	612	28,79	475	612	656
Longitud Pie	252	10,15	217	252	280
Anchura Pie	90	4,92	85	90	99



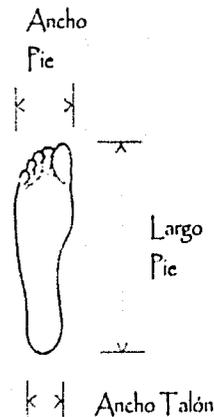
Perimetro
Pantorrilla



Altura
Rodilla



Altura
Poplitea





Fractura de tobillo

Hasta este momento entendemos como funciona un tobillo sano y ahora sabemos que el tobillo es una articulación de gran complejidad estructural.

Si reflexionamos en el instante "en que nos apoyamos sobre un pie, el tobillo carga aproximadamente de 2 a 3 veces el peso del cuerpo". (Comentario de la Jcgt Quñones, Sujepta de la Torre de Investigaciones del CNR)

Entonces podemos concluir en que "el tobillo es el primer transporte del día", inmediatamente nos damos cuenta la falta que haría si este se lesionara y así entenderíamos lo importante que sería en estas circunstancias recuperar el control y el movimiento en el menor tiempo posible.

Bueno, existen varias clasificaciones para la fractura de tobillo dependiendo el movimiento o golpes que haya tenido la persona al momento de fracturarse, ya que se involucran diferentes ligamentos, tendones y huesos.

Una de ellas es la clasificación de Weber tipo A, B y C, pero las fracturas de tobillo tipo B y C en adultos son las

más frecuentes, a demás de que el tiempo de rehabilitación es más tardado por la constitución ósea del adulto que ya dejó de crecer, sumando que la mayoría lleva una vida con poca actividad física o hasta sedentaria. Los deportistas no están exentos de este tipo de fractura sin embargo su rehabilitación es más temprana.

En niños no es muy común: "Debido a la mayor movilidad de los pies de los niños, las lesiones del tobillo son bastante menos frecuente que en los adultos".

La fractura de tobillo tipo Weber clasificación B y C se puede producir por:

1. Un movimiento muy abrupto donde el cuerpo gira hacia un lado y el tobillo gira en contra sentido
2. Por un golpe externo muy fuerte
3. Por ambas cosas.

Estas tres situaciones dan esta clasificación de fractura, cuando suceden alguna de las dos primeras es clasificación B o cuando suceden combinadas es clasificación C.



Figura 1



Figura 2

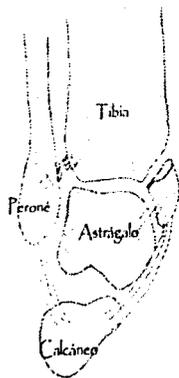


Figura 3

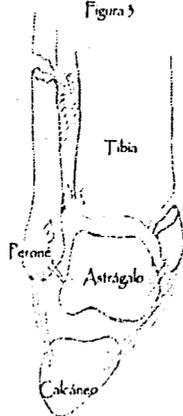
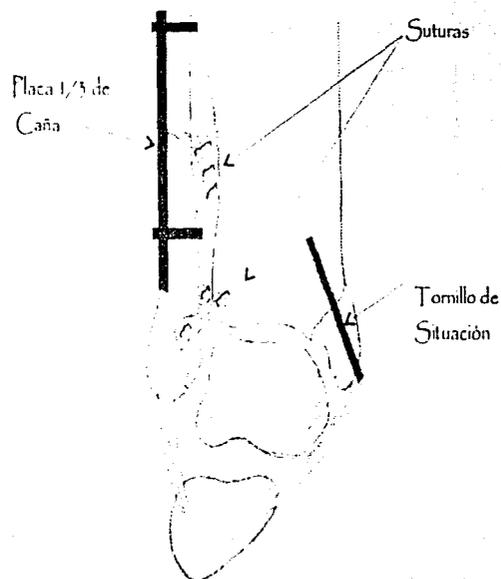


Imagen 1



En la figura 1 vemos que la parte del tobillo que se fracturó fue el maléolo tibial o interno (Clasificación A).

En la figura 2 se rompió el ligamento que une al peroné con la tibia al igual que el maléolo tibial (clasificación B).

En la figura 3 vemos roto el ligamento que une a la tibia con el peroné, fractura en el peroné, rotos los ligamentos posterior y anterior que une al peroné con la tibia y por último fracturado el maléolo de la tibia.

Como se ve en la imagen 1 se una quirúrgicamente huesos, tendones y ligamentos, lo que vemos esquemáticamente es como quedan colocados la placa 1/3 de caña y el tornillo de situación; mientras tanto los ligamentos se suturan.

Rehabilitación

Comúnmente el paciente descansa aproximadamente una semana después de la operación para empezar con la rehabilitación que consta de la aplicación de hielo y compresas de agua caliente en el tobillo (crioterapia), la movilidad articular pasiva, la resistencia, la elevación del pie para favorecer la circulación venosa.

A la semana se sigue con la aplicación de hielo y compresas de agua caliente, movilidad articular activa, ejercicios para darle tonicidad al músculo, marcha sin apoyo del miembro, uso de muletas e integración de actividades de la vida diaria, en todo lo posible.^(1,5)

Al concluir ese periodo se le retira el tornillo del tobillo y el paciente comienza a caminar con la hidroterapia en tanque terapéutico, Kinetron II (máquina para la reeducación de la marcha), cable de columna (aparato para fortalecer los músculos), bicicleta Cybex, marcha con apoyo del miembro pélvico, retiro de muletas, integración laboral, patrón de marcha normal para poder reincorporarse a sus actividades normales, como lo hacía antes de sufrir la fractura.²

Esto es aproximadamente de 4 a 6 meses desde la intervención quirúrgica. Pero como ya mencioné con

anterioridad, se implementó la órtesis "Diez-Rivera" en este programa de rehabilitación, dando excelentes resultados desde un día después de la operación intercalándola con los ejercicios y terapias de este programa.

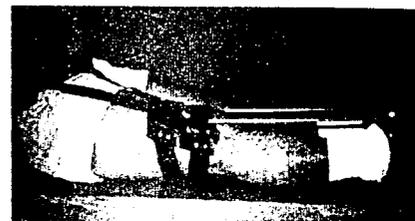


Fig. 2.- Se utiliza sin calzado un día después de la operación. Ejercicios sin apoyo en el suelo.

Fig. 3.- Ejercicio con el calzado para empezar a apoyar el tobillo.



Ahora bien, les explicaré brevemente que son las órtesis o férulas y las prótesis.

Una órtesis o férula es un elemento externo que se utiliza por un tiempo determinado para recuperar un miembro del cuerpo que ha sufrido una lesión o se desea mejorar su condición actual. Y su uso es temporal.

Por ejemplo, el tratamiento de ortodoncia en los dientes es una órtesis temporal para los dientes, que ayuda a enderezarlos y mejorar su función al masticar los alimentos.

Y por el otro extremo se tienen lo que son las prótesis, que son aparatos que reemplazan un miembro amputado o que por sí solo no puede realizar su función normal, como por ejemplo los lentes de aumento.

Después de aclarar estas palabras, a continuación están los comentarios de las creadoras y los involucrados en esta órtesis "Diez-Rivera" que se incluyó en el programa de rehabilitación.





IV. Desarrollo de la "Órtesis "Diez-Rivera"



La Órtesis Dinámica "Diez-Rivera" desarrollada por la Doctora Ma. Del Pilar Diez, la terapeuta ocupacional Alejandra Rivera, la ingeniera Lidia Nuñez y el doctor Daniel Chávez en el Centro Nacional de Rehabilitación (1994-1997), respondió a la demanda interna observada en el número de pacientes que acudieron a consulta externa con una fractura de tobillo y que requirieron de un aparato ortopédico para la rehabilitación en menos tiempo con un 100% de recuperación total. La elaboración del soporte dinámico estuvo a cargo de la terapeuta Alejandra Rivera y nos comenta:

"Inicialmente propuse una muslera de cuero de la cual en la parte media frontal del muslo se sujetaba con agujetas, así el anclaje de dos ligas de látex sujetas con remaches en posición anteromedial.

Dicha extensión elástica se prolongaba hasta la altura de la articulación metatarsofalangica del pie lesionado con una banda de velcro para iniciar el trabajo dinámico.

En el segundo diseño esta órtesis evolucionó debido a que los materiales propuestos no cumplían con las características anatómicas, bueno pues cambie el cuero por piel más flexible, respeté la s agujetas y añadí sujeción de velcro con resorte y la manguera de látex se mantenía remachada hasta la extensión de las primeras cuñas del metatarso del pie, fijándolas con pijas o tornillos a la suela del zapato.

La última modificación que hice fue quitar las agujetas, dejé el resto y añadí unas hebillas para el velcro con resorte para un ajuste más fácil.

Tenia que hacer una órtesis por paciente, por tal motivo me provoqué una lesión de tendones del pulgar derecho, por lo que concluí con la fabricación artesanal de la órtesis".





La Doctora Pilar Díez comenta:

“Lo que se intentó fue hacer un “aparato” que levantara el pie a 15° de dorsiflexión para lograr un patrón de marcha normal. Le pedí a la terapeuta ocupacional Alejandra Rivera me ayudará en la elaboración de este “aparato” que aún no sabíamos que era.

En un principio me mostró un aparato que se sujetaba en la parte frontal de la espinilla, más bien era un gancho de ropa doblado a 90° como a unos 15 centímetros arriba del tobillo; el doblez salía en paralelo del pie hasta la zona metatarsal y tenía ligas para realizar la dorsiflexión del pie, pero el material de las ligas que se utilizaban para ferulas de mano no ofrecían la resistencia necesaria para jalar el pie y el material del gancho de ropa no era suficientemente rígido para soportar el pie al caer.

Posteriormente me mostró una muslera de cuero sujeta con agujetas y ligas de mechero que bajaban hasta el pie sujetas al calzado, pero seguía poco estable su sujeción se bajaba la muslera al caminar y le provocaba al paciente estrangulación a la circulación de la pierna y sudaba mucho la piel con ese material. Cambió el material de la muslera y se decidió sujetarla hasta la cintura para evitar que se bajara progresivamente al caminar.

Esta primer órtesis dinámica seguía fisiológicamente los músculos naturales que actúan en la marcha; desde la cadera, rodilla hasta el tobillo.

Los resultados mostraron que el tiempo de rehabilitación se acortó notablemente, con el uso de esta órtesis, y que el patrón de marcha normal se logró en un 100%.”

La Ingeniera Lidia Nuñez encargada de verificar el patrón de marcha normal en el Laboratorio de Análisis de Movimiento nos dice al respecto:

“Esta órtesis dinámica logró un patrón de marcha normal en un 100% aunque un regalo extra fue acortar el tiempo de la rehabilitación.

Junto con otros ingenieros en rehabilitación verificamos este patrón de marcha logrado en poco tiempo, con 30 pacientes colocándoles marcadores reflejantes de luz y cámaras para captar el movimiento de los huesos al caminar, en el laboratorio contamos con un tapete electrónico para checar las pisadas del paciente e ir controlándolas y comprobar la efectividad de la órtesis. Pero su diseño se me hace muy poco ergonómico.”



MEJORAS

1a. Órtesis



Al momento de caminar o subir escaleras comienza a bajarse la muslera.

Agujetas para la sujeción junto con la muslera de cuero.



Ligas de latéx.

Ancladas con pijas y rondanas al calzado.

1a. Modificación



Se cambió el cuero por piel pero estrangula el muslo.



Agujetas y velcro para sujeción.

Ligas de latex remachadas.



Ligas de latex sujetas a una vanda de velcro con pijas y rondanas..

2a. Modificación



Sujeción con un cinturón

Vandas de velcro

Muslera sujeta con resorte y velcro



Media Muslera

Remaches para unir la muslera y el resorte con velcro.



En esta tabla se analiza las ventajas y desventajas de la órtesis "Diez-Rivera" que ayudó a todo el equipo de trabajo a entender mejor las mejoras de esta órtesis.

En los tres casos el mecanismo fuerza al paciente a usar ropa holgada. Y se utiliza solo un calzado, el perforado.

1a. Órtesis "Diez-Rivera"		1a. Modificación		2a. Modificación	
Ventaja	Desventaja	Ventaja	Desventaja	Ventaja	Desventaja
Ayuda en la rehabilitación	Mala sujeción	Ayuda en la rehabilitación	Estrangula el muslo	Ayuda en la rehabilitación	La sujeción pasa del muslo a la cintura
	Perfora el calzado con pijas	Mejor sujeción	La piel no transpira bien	Mejor sujeción	Perfora el calzado con pijas
	Incómoda		Incómoda	Deja de estrangular el muslo	
	La piel no transpira bien		Las pijas marcan el dorso del pie	Ya no tiene tanto movimiento	
	Mucho movimiento lateral		Perfora el calzado con pijas	La piel transpira mejor	





La "Órtesis Dinámica DIEZ-RIVERA" funciona biomecánicamente en la rehabilitación a un 100%", ya que el periodo de recuperación del patrón normal de marcha con la órtesis es sólo de 41 días y sin ella es de aproximadamente de 120 días.

También se habla de un apoyo psicológico, se necesita que la órtesis brinde confianza y seguridad al paciente cuando tiene contacto visual con ella, que le garantice que lo curará de su lesión.

Entonces las mejoras para esta primer órtesis serán:

1.- ESTÉTICA y FUNCIONALIDAD para el nuevo producto, sumado al servicio que ya ofrece la órtesis analizada en páginas anteriores .

"Al usar la órtesis "Diez-Rivera" el paciente tiene que adaptar su ropa de uso diario para que no entorpezca el mecanismo de está. Y evitar esa similitud que encuentra el usuario con un ligero de corsetería."

2.- ERGONOMÍA . "Hasta el momento, el ajuste de la órtesis "Diez-Rivera".en cada uno de los pacientes implica una inversión de tiempo no deseada por el terapeuta al iniciar la rehabilitación grupal. Existen detalles en la sujeción de la muslera para el usuario, como lo es el

deslizamiento durante el andar, debido a la resistencia que oponen las ligas; a la fisionomía y antropometría del muslo, lo cual hace que el paciente tenga que ajustar la órtesis cada determinado tiempo."

El nuevo diseño de la órtesis debe de ser fácil ponersela y fácil poder quitársela, que sea cómoda; que no pese, no roce, no lastime y no estorbe. Contemplar tres tallas; chica, mediana y grande. Es importante, también que no provoque una sensación de frío (partes metálicas) y de calor (que permita la transpiración.)

3.- PRODUCCIÓN INDUSTRIAL. La órtesis que se proponga necesita ser planeada para una producción industrial que sea competitiva en el mercado existente. Si ya se observó que existe una alta demanda de la órtesis ¿por qué no hacerla industrialmente y darle un acabado de un buen producto ortopédico de una calidad similar a la de un producto importado de catálogo.

4.- SEMIÓTICA. Al mejorar la semiótica de la órtesis será posible que el usuario la utilice durante todo el día aceptándola como parte de su ropa y que su apariencia lo haga sentir que no trae "un aparato de rehabilitación" sino una "prenda extra" que le ayudará a recuperarse, sin decir: "tengo que volverme a poner esa cosa".



V. Mercado

Datos proporcionados en el Anuario Estadístico de la Secretaría de Salud y Servicios de Salud en los Estados, durante el año de 1997 (datos más recientes) en fractura de tobillo, tibia y peroné, muestran que el egreso de hospitales por accidente, en hombres 696 de 5 a 14 años y 3,982 son de 15 a 44 años; en mujeres 246 son de 5 a 14 años y 1,382 son de 15 a 44 años: dando un total de 6,306 personas atendidas al año sólo en la ciudad de México, que requieren de una rehabilitación y de un aparato de apoyo para poder recuperarse en poco tiempo.

Sin olvidar los lugares de urgencias como la Cruz Roja, Hospitales Particulares de todos los estados de la República Mexicana. Sin olvidar la excelente posibilidad de exportar a Centro y Sudamérica del Continente.

Como podemos observar en la tabla, en el Centro Nacional de Rehabilitación al año hay en promedio de 500 pacientes atendidos por este tipo de lesión al año.

AÑO	EDAD	PACIENTES	HOMBRES	MUJERES
1995	5 a 65	486	253	233
1996	5 a 65	401	193	208
1997	5 a 65	483	275	248
1998	5 a 65	554	271	283
1999	10 a 65	508	254	254
2000	10 a 65	549	275	274

* Datos proporcionados en el Centro Nacional de Rehabilitación.





A continuación se presentan los hospitales, clínicas y centros de salud pública y algunos hospitales privados que atienden este tipo de lesión en el tobillo donde se puede distribuir el producto. En la siguiente página muestro un diagrama de distribución para cubrir el mercado existente.

MERCADO

NORTE

IMSS	Unidad de traumatología y ortopedia "Magdalena de la Salinas"
ISSSTE	Hospital Regional "1 de Octubre"
ISSSTE	Clínica (Urgencias) tlaxelolco
SSA	Hospital traumatología Zona Ticoman
	Cruz Roja de México polanco
	Hospital Militar de México
IMSS	Hospital General de Traumatología Lomas verdes
Privado	Hospital x MG Lindavista
Privado	Hospital "Angeles de las Lomas"
Privado	Hospital "Español"
	Hospital PEMEX teotihuacan
IMSS	Hospital General de Especialidades "La Raza
SSA	Hospital General "La Villa"
ISSSTE	Clínica Hospital "Gonzalo Castañeda"
	Unidad Medica y Rehabilitación region norte

CENTRO

D.D.F Salubridad	Hospital General "Ruben Leñero"
	Hospital General de México
IMSS	Centro Médico Nacional
Privado	Hospital "Dalinde"
	Hospital durango
Privado	Hospital "Alvaro obregon"
Privado	Hospital "Santa Fe"
Privado	Hospital "Santa Elena"
	Hospital General Juarez
Privado	Hospital "Clinica Londres"

SUR

ISSSTE	Hospital Regional "20 de Noviembre"
SSA	Hospital General "Cca González"
ISSSTE	Hospital Regional "Lopez Mateos" universidad y lopez mateos
	"Diez Lombarlia" san angel
IMSS	Hospital General "Gabriel Mancera"
SSA	Hospital "Xoco"
IMSS	Hospital de zona traumatología clinica 32
	Hospital Privado "Los Angeles del Pedregal"
IMSS	Clínica urgencias "Parque de los Venados"
ISSSTE	Hospital Regional "Dario Fernández"
	C.U.
SSA	Centro Nacional de Rehabilitación
IMSS	Hospital de Urgencias de Traumatología "Ontaga Dominguez"
IMSS	Hospital General Regional I
IMSS	Hospital General Zona Medica Familiar 8
IMSS	Hospital General Medica Familiar 26
IMSS	Hospital General Urgencias Traumatologicas
	Unidad de Medicina Fisica y Rehabilitación
IMSS	Hospital General de Zona 1a
IMSS	Hospital General de Zona 2*
IMSS	Hospital General de Zona 30
IMSS	Hospital General de Zona 47

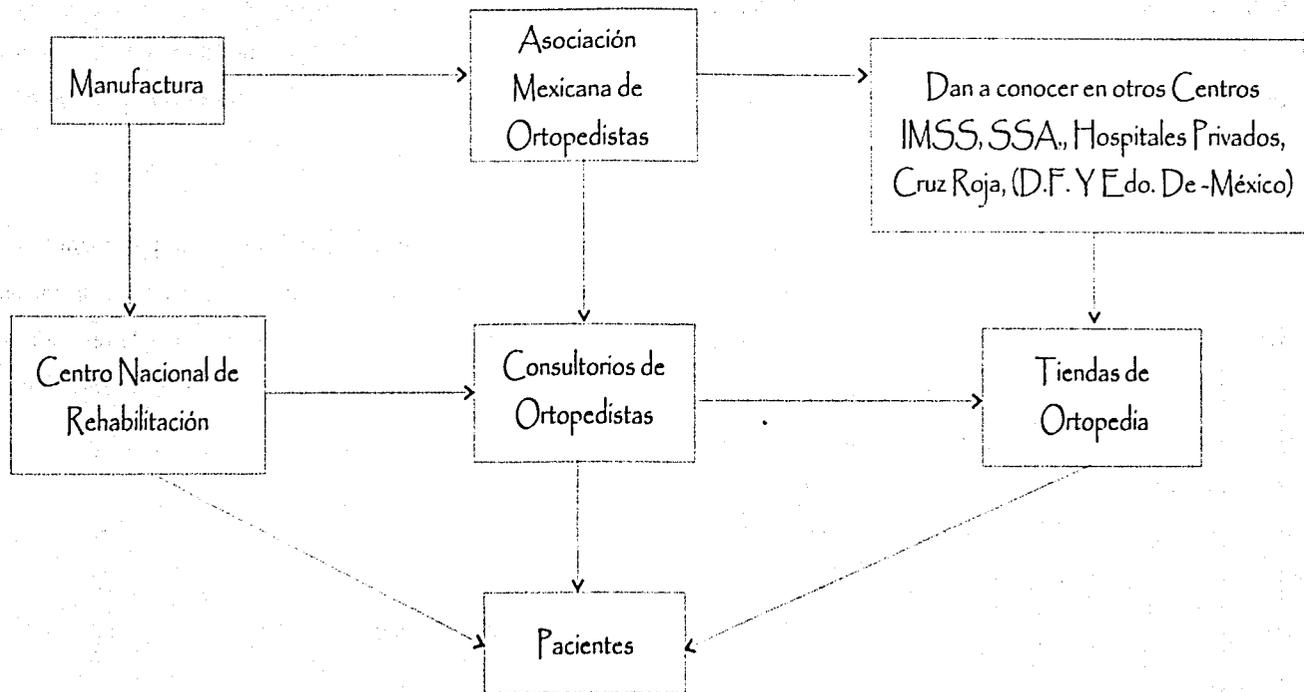
ESTADODE MÉXICO

IMSS	Hospital General de Region 220
IMSS	Hospital General de Zona 58
IMSS	Hospital General de Zona 194
IMSS	Hospital General de Zona Medica Familiar 78
IMSS	Hospital General Region 196
IMSS	Hospital General Region 220
IMSS	Hospital General Region 72
IMSS	Hospital General Zona 53
	Hospital General Zona 58
IMSS	Hospital General Zona 69
IMSS	Hospital General Zona 71
IMSS	Hospital General Zona 57
IMSS	Hospital General Zona 194
ISSSTE	Hospital General Toluca





DIAGRAMA



Esta es una de las posibles distribuciones del producto, tomando en cuenta que la manufatura no es directamente de los talleres del CNR.

La colocación del producto en el mercado es más fácil cuando ya se tiene contacto directo con los

distribuidores y la Asociación Mexicana de Ortopedia. Al momento que la Asociación acredita el producto se da a conocer a todos los miembros de ésta y comienza la publicidad interna.



VI. MATERIALES Y PROCESOS

Para la apropiada selección del material me asesoré con el D.I. Joaquín Alvarado, que es especialista en moldes e inyecciones para plásticos y conoce todas los tipos de plásticos que se utilizan en el mercado; acertadamente propuso el Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS) ya que por sus características ayuda a concluir el concepto del nuevo objeto a desarrollar:

El ABS presenta rigidez, resistencia mecánica incluso a temperaturas menores a -45°C , gran resistencia al impacto. Resiste agua, soluciones salinas, ácidos y bases diluidas, aceites minerales, grasas animales, la resistencia al envejecimiento es buena. No resiste ácidos inorgánicos concentrados, hidrocarburos aromáticos y clorados, éteres y cetonas.

Es opaco pero acepta ser pigmentado en cualquier color; posee una apariencia superficial brillante, estabilidad dimensional, baja contracción al moldeo y baja deformación a altas temperaturas.

Se puede cromar químicamente y es No tóxico. Muestra muy buenas propiedades mecánicas, tanto en

resistencia a la tensión, impacto y dureza.

En conclusión el ABS es un plástico que conjunta propiedades de apariencia, resistencia, procesabilidad, economía y versatilidad.

*Propiedad Ambiental. La exposición prolongada al sol produce una capa delgada quebradiza, causando un cambio de color y reduciendo el brillo de la superficie y la resistencia a la flexión. La pigmentación en negro provee mayor resistencia a la intemperie..

PROCESO.⁽¹⁾

Moldeo por Inyección.

Algunas ventajas de este proceso son las altas tasas de producción a bajo costo por partes; se pueden producir partes de configuración relativamente intrincada; se pueden moldear con insertos metálicos; los acabados superficiales pueden controlarse para obtener piezas lustrosas y la exactitud dimensional del proceso es buena.

⁽¹⁾ Texto de la clase de Plásticos impartida por D.I. Joaquín Alvarado



En esta forma se pueden procesar todos los termoplásticos (excepto los fluorcarburos TFC y algunos termofijos) siendo uno de los métodos más empleados.

Se propone la inyección en molde de Zamac (molde en fundición) debido a que en este tipo de proceso la pieza no necesita refinado posterior al desmoldeo ofreciendo un producto de alta calidad.

El molde es multicavidad, se habla de un sólo molde para las 4 piezas que conforman la órtesis.

Etilo Vinilo Acetato (EVA) en Lámina.

Características:

Presentación en hoja laminada.

Varios colores.

Es utilizado principalmente para la industria del calzado.

Desde hace aproximadamente 2 años se utiliza para protección en férulas y para plantillas ortopédicas.

Material ligero.

Absorbe los golpes (característica presente hasta en sus más

bajas densidades).

Para pegar se utiliza adhesivo de contacto.

Tienen una vida útil de aproximadamente un año.

A demás de que el material es económico y ofrece excelente calidad de acojinamiento durante los 3 meses máximo de uso para la órtesis.

PROCESO

Se necesita de una plantilla.

El suaje de la pieza para acojinamiento.

Pegamento de contacto.

Por medio de una plantilla se coloca directamente en la pieza de ABS, asegurando así que siempre quedará pegada bien y en su lugar. Este proceso será manual.





ACABADOS SUPERFICIALES.

Por higiene y fácil mantenimiento su acabado superficial es liso, sin ninguna clase de textura.

El ABS es pigmentado durante el proceso de inyección evitando cualquier tóxico después de este proceso.

Los colores de la órtesis son azul marino y blanco, combinados con el color del acojinamiento (EVA) de preferencia el color negro.

SUJETADORES SUPERIORES

Son velcros de una pulgada de ancho con hebilla de plástico, que sujetan la órtesis por la parte superior del tobillo son comerciales y se encuentran de color negro de preferencia, blanco y beige. Si se utilizan el color blanco o el beige, para su mantenimiento, estos pueden ser retirados de la órtesis, se pueden lavar y ser colocados sin ningún problema.

SOPORTE DEL TALÓN

Este es elástico de una pulgada de ancho, color negro es comprado por rollos de 10 metros, el cual es cortado y posteriormente sujeto y cocido con hilo nylon negro.

SUJETADOR INFERIOR

Es velcro para la sujeción y ajuste en la zona metatarsal del pie, es de una pulgada de ancho, se compra por rollos 10 metros color negro, tiene que ser cortado y ribeteado en la parte inicial y final con hilo nylon negro.

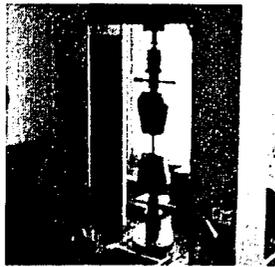
RESORTE DE TORSIÓN.

Este resorte es el mecanismo de la órtesis y es comercial. De acero inoxidable.

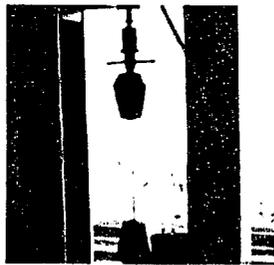




Una ligadura de látex en la Instron 4502



La Instron comienza a aplastar la ligadura de látex para medir su tensión.



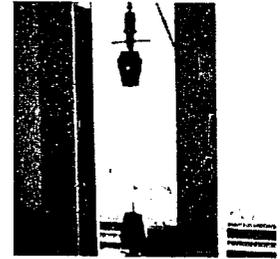
La ligadura de látex en esta fotografía ya llega al límite de su tensión.

En la Torre de Investigaciones del Centro Nacional de Rehabilitación existe el Laboratorio de Biomecánica donde el Ingeniero Romy P. verificó la carga y deformación de las ligas de látex utilizadas en la órtesis "diez-Rivera", esto se realizó en la máquina Instron 4502 de este laboratorio.

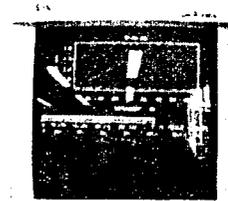
Este dato fue importante para el diseño del mecanismo propuesto para esta nueva órtesis dinámica, que es un resorte de torsión que debe de levantar el pie a 15° de dorsiflexión.

Desarrolló este resorte basado en las normas ASTM D380-94 (reaprobada en el 2000), D412-98, D1566-00 y D3767-96.

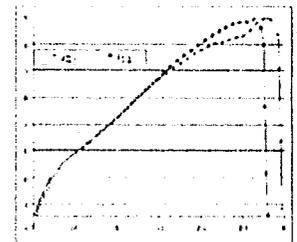
El Ingeniero Romy P. me proporcionó el diámetro del alambre, el diámetro de la espira y el largo de los brazos para mandar a manufacturar los resortes.



En este momento la ligadura se revienta, los datos que dan registrados en la computadora.



Datos para la Gráfica de Carga y Desplazamiento



Gráfica de Carga y Desplazamiento





Perfil del Producto

En el Centro Nacional de Rehabilitación el 95% de la gente atendida su ingreso económico actualmente (2001) es el salario mínimo (\$ 53.º diarios), dándonos un punto de partida para conocer su poder adquisitivo. La nueva órtesis será vendida por este centro a los ingresados por fractura de tobillo, a una población cuyas edades oscilan entre los 15 y 40 años de edad, además de que sea proporcionada a otras instituciones que atienden este mismo tipo de lesión.

Cada año hay aproximadamente 6,306 casos de fractura de tobillo en el Distrito Federal que necesitan de una rehabilitación en poco tiempo.

Esta órtesis dinámica es de uso temporal y con un gran desgaste, debido al uso diario, durante 8 horas en un mes.

Calculado un tiempo de vida de 3 meses de uso máximo y 1 mes y medio mínimo, para este tipo de fractura. Con tres tallas chica, mediana y grande.

Esto indica que la órtesis debe ser fácil de quitar y poner; ser cómoda al usarla, que no rose, que no provoque calor o tenga

partes metálicas (frias) y que no lastime.

El material será ABS (Acrlonitrilo Butadieno Estireno) por sus características proporciona resistencia, durabilidad y un mantenimiento casi nulo.

El costo aproximado de esta órtesis será de \$200.º a \$400.º; precio máximo al público de \$400.º a \$600.º.

Considerando que las férulas pasivas de polipropileno en el mercado tienen un precio de \$400.º y las férulas activas para dorsiflexión de polipropileno cuestan \$450.º y \$500.º.

Existen férulas activas de un material termoplástico (Termoplast, material extranjero) con un precio al público de \$600.º.

Las férulas mencionadas han sido compradas por los pacientes de este centro lo cual nos da esta aproximación de la necesidad y poder adquisitivo de la población a quien va dirigida esta órtesis dinámica.



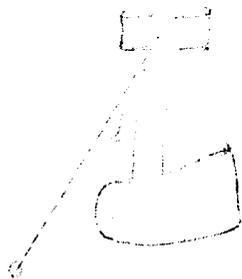
VII. Generación de Nuevas Propuestas



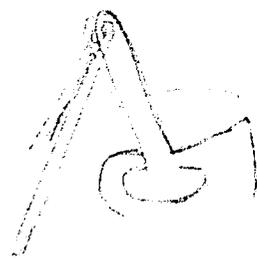
Lo que vemos aquí son mis nuevas propuestas para la segunda generación de la primera órtesis ("Diez-Rivera").

La idea fue acortar el mecanismo, como vemos en los tres dibujos, donde se sujeta en el exterior del calzado a la altura del talón, acortando en mecanismo, se

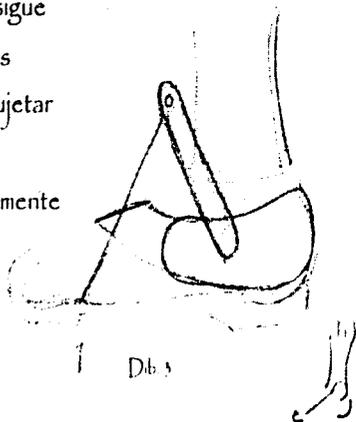
propone que la pieza que sujeta al calzado y las ligas, sea de una sola pieza en fundición de aluminio, debido a la resistencia que ofrece al caminar y lo corto del ángulo de tensión. Visualmente no mejora; el mecanismo sigue a la vista y es necesario sujetar la órtesis permanentemente al calzado...



Dib. 1



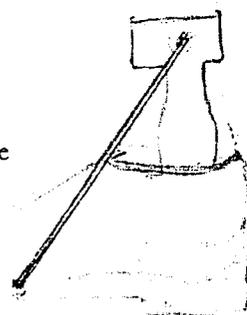
Dib. 2



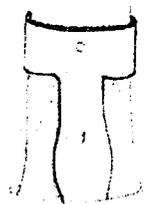
Dib. 3

La siguiente propuesta fue sujetarla en la parte superior del tobillo, pasando por el maléolo, al igual que el soporte del tobillo sobre la calceta y dentro del calzado, pero las ligas siguen al exterior anclado en la suela (dib. 4); después sólo se recorrió hacia abajo la sujeción pasándolo por debajo del talón (dib. 5).

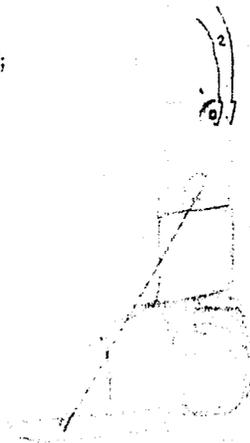
Pero seguía siendo muy incómoda. Posteriormente pensando en comodidad y facilidad para ponersela se anexó a una tobillera (dib. 6). El mecanismo continuaba siendo exterior...



Dib. 4



Dib. 5



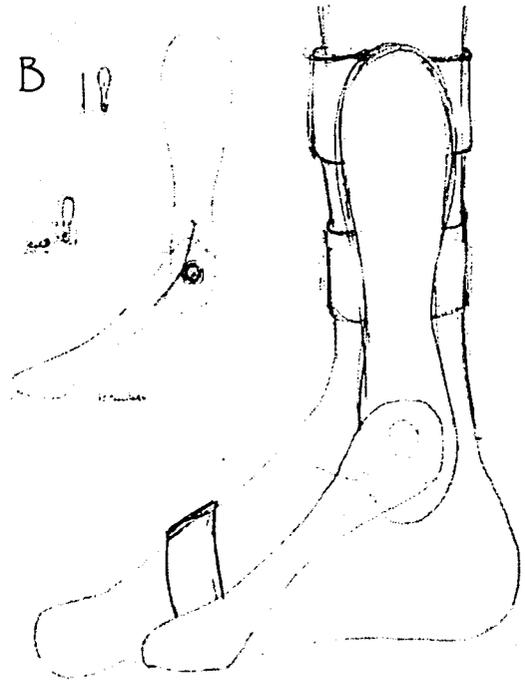
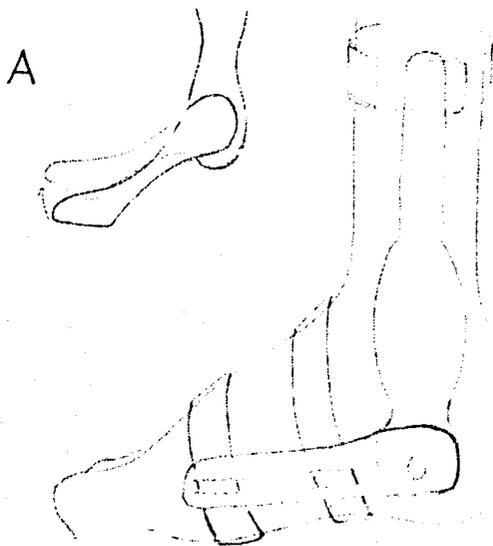
Dib. 6



Esta propuesta (A) va dentro del calzado sobre la calceta. La idea se generó de un principio mecánico simple; la palanca, lo que se necesita es levantar el pie a 15° de dorsiflexión, complementándose con el resorte de torsión, éste se ancla entre las piezas, librando los

maleólos por debajo de estos, por ambos lados. Sujeto con dos bandas de velcro en el cuerpo del pie de $\frac{1}{2}$ pulgada y un velcro en la parte superior de tobillo.

El material propuesto es el polipropileno.....



Era necesaria una mejor sujeción en la parte superior del tobillo (B) y se logró haciendo más ancha esta parte: donde van dos bandas de velcro una de 2 pulgadas de ancho y la segunda de 1 pulgada de ancho.

En el cuerpo del pie se propuso un sólo resorte de 1 pulgada para un

ajuste más sencillo.

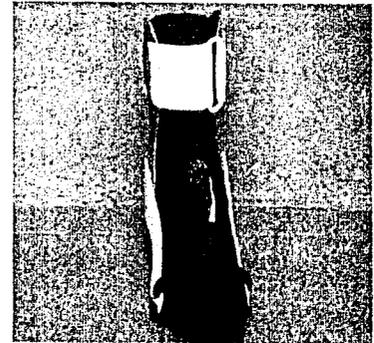
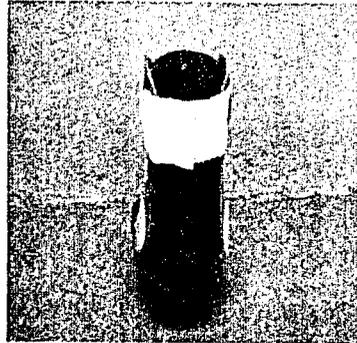
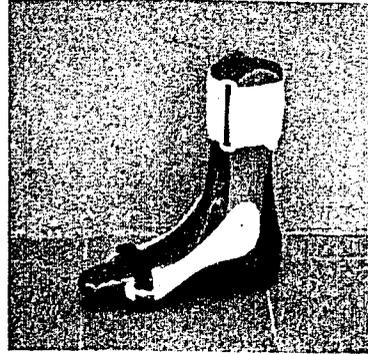
El mecanismo subió a la altura de los maleólos dando así una inclinación a las piezas simulando la unión anatómica del tobillo.

El resorte de torsión sigue anclado entre ambas piezas.





El equipo de trabajo, ingenieros en rehabilitación, ingenieros mecánicos, la terapeuta ocupacional, la doctora y yo, decidimos que la propuesta de la anterior página, se realizará un simulador. Con la ayuda de la terapeuta Alejandra Rivera se hizo con materiales termoplásticos utilizado para férulas de mano y pie, se ancló provisionalmente el resorte, lo probamos entre nosotras, y funcionó como se esperaba. Pero el movimiento que se realiza al caminar jalaba la órtesis hacia abajo del tobillo.

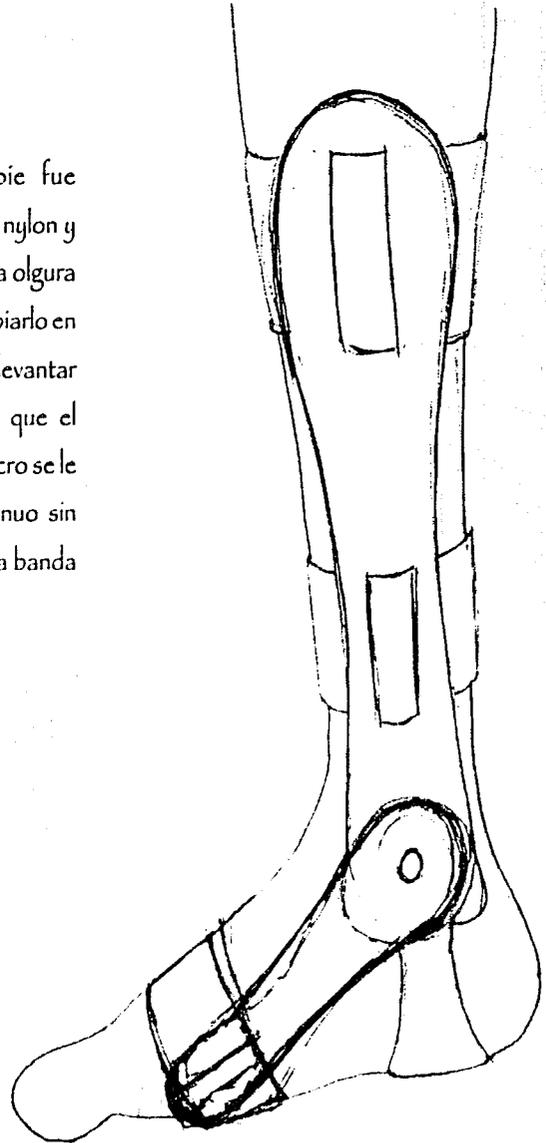


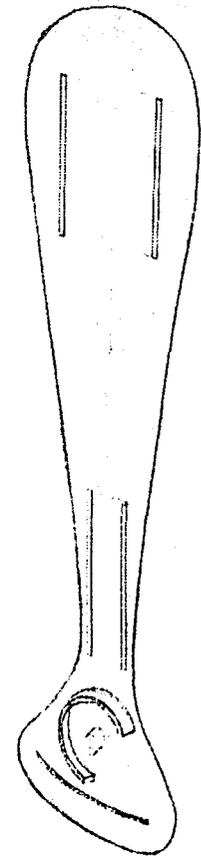


Propuesta Final

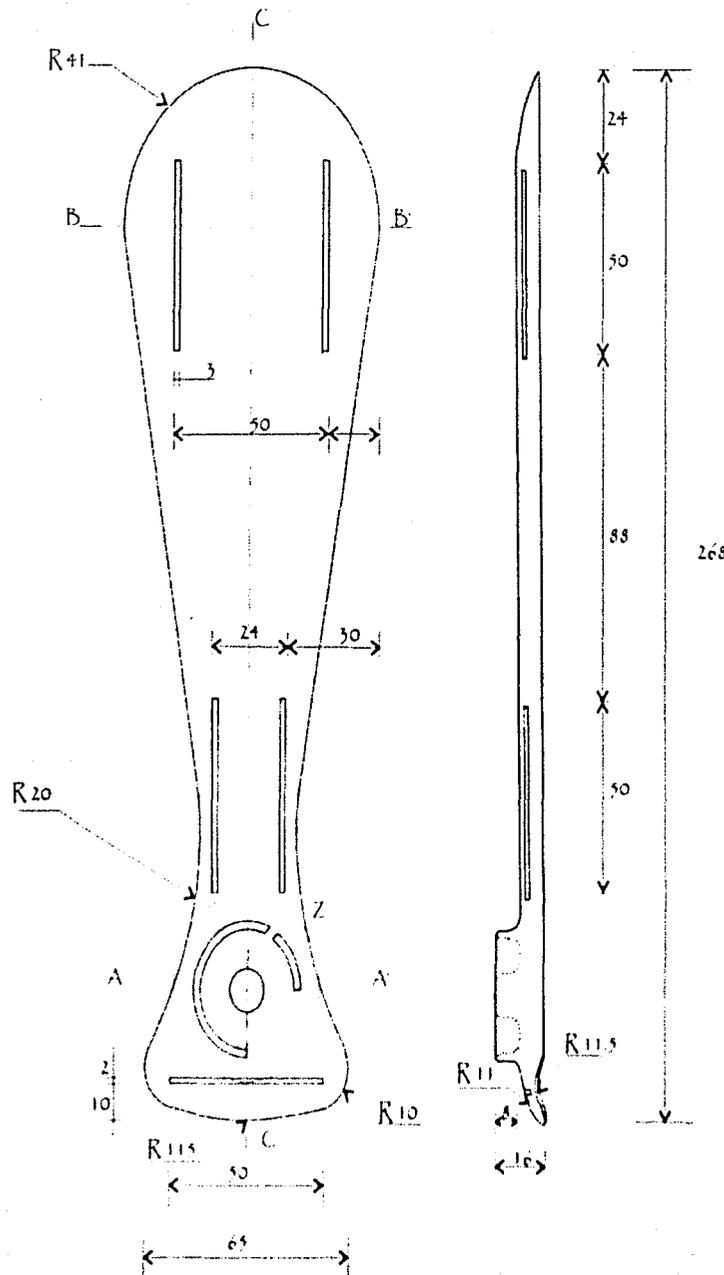
Las mejoras de este nuevo diseño fueron alargar la pieza de sujeción del tobillo hasta la altura de los músculos gemelos. Donde se colocan 2 bandas de velcro de 2" de ancho, mejorando la sujeción al caminar: uno de los velcros se sujeta hacia el lado contrario del otro para evitar que gire sobre el pie. La pieza que va de los maléolos hasta la zona metatarsial del pie es más recta que la anterior, debido a que el esfuerzo necesario para levantar el pie en la primer propuesta la zona angosta de esta pieza presentaba un estrés en el material dando como resultado poca vida de uso a la pieza. El resorte que

sujetaba el cuerpo del pie fue cambiado por una banda de nylon y velcro, ya que se presentaba olgura en el resorte forzando a cambiarlo en poco tiempo y ya no podría levantar el pie con la misma rigidez que el nylon. Y con la ayuda del velcro se puede dar un ajuste continuo sin necesidad de cambiar toda la banda de soporte.





ISOMETRICO



Plano por Pieza

Pieza Superior
Lateral Derecha

Cotas: mm

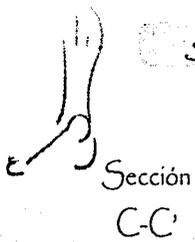
Material:
ABS

Acabado:
Liso y de color

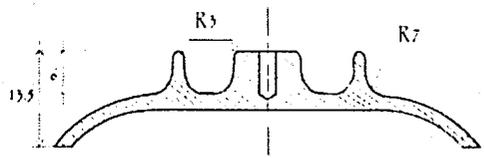
Proceso:
Inyección

Dibujó: Vacco

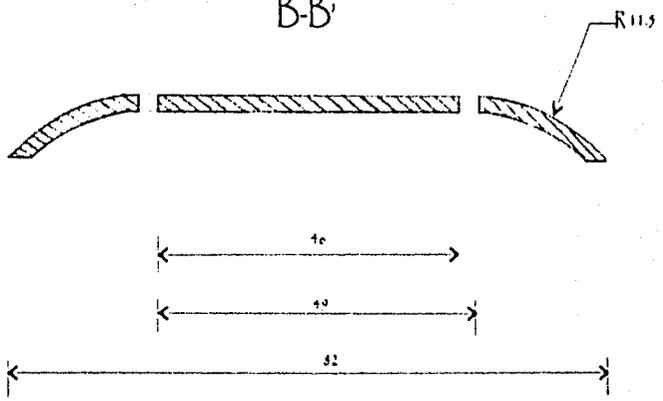
Secciones



Sección A-A'

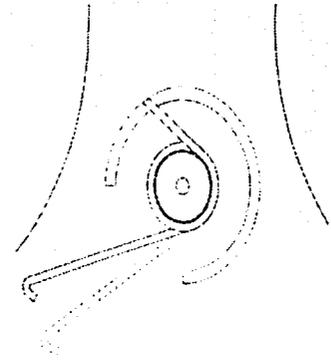
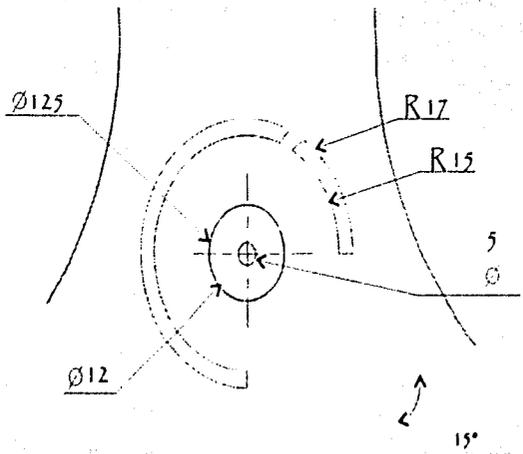


Sección B-B'





Detalle Z



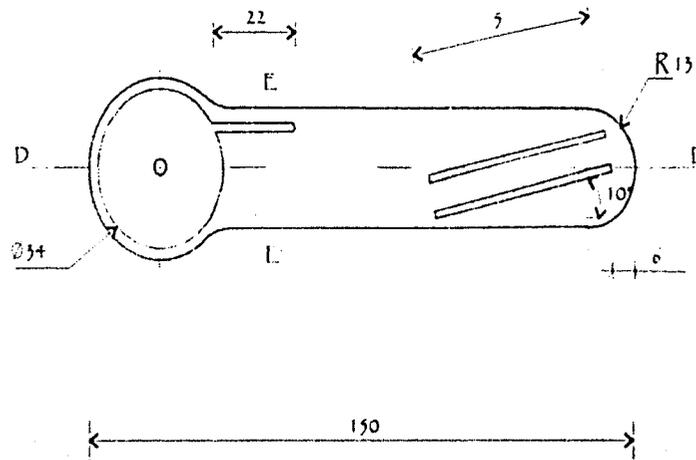
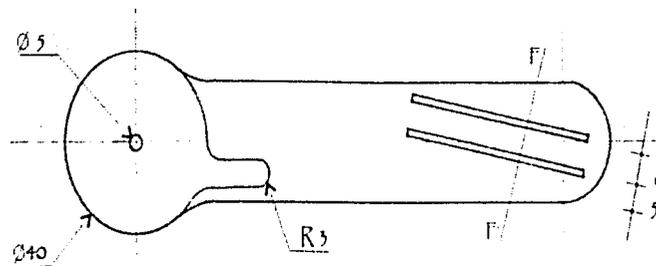
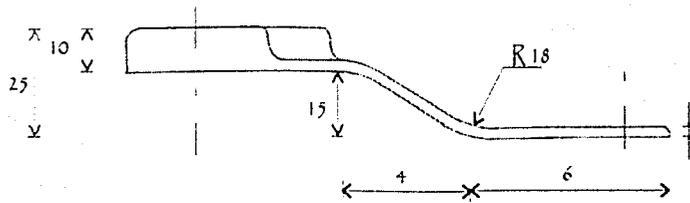
NOTA:

Debido a que las piezas son derecha e izquierda, en su producción se consideran moldes para cada caso, debido al cambio de posición que sufre el resorte.





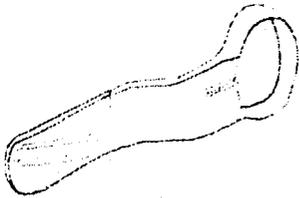
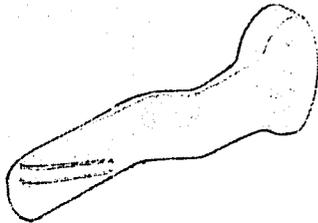
Planos



Plano por Pieza

Pieza Inferior
Lateral Derecha

Cotas: mm



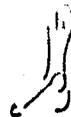
ISOMÉTRICO

Material:
ABS

Acabado:
Liso y de color

Proceso:
Inyección

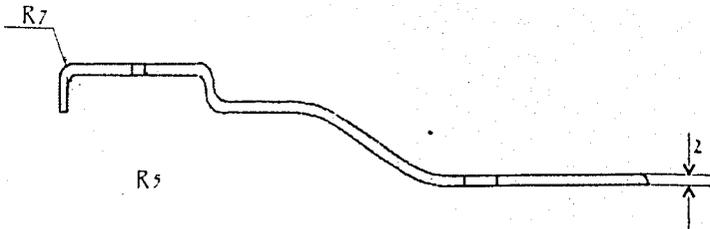
Dibujó: Vacco



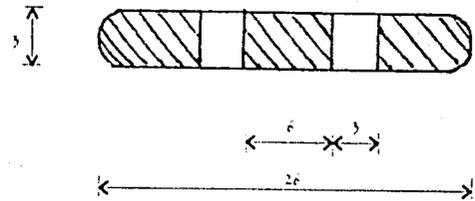
Secciones



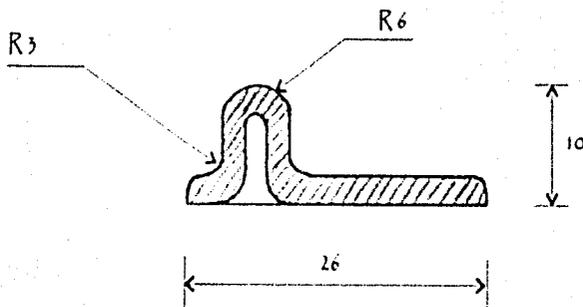
Sección
D-D'



Sección
F-F'



Sección
E-E'



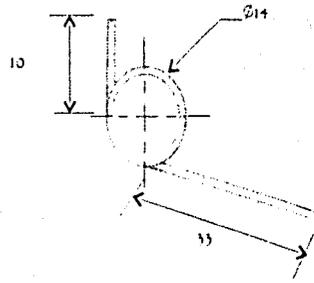
NOTA:

Debido a que las piezas son derecha e izquierda, en su producción se consideran moldes para cada caso, debido al cambio de posición que sufre el resorte.





Planos



∅ Alambre 1.2mm



ISOMÉTRICO



Plano por Pieza
Resorte

Cotas: mm

Esc.: 1:1

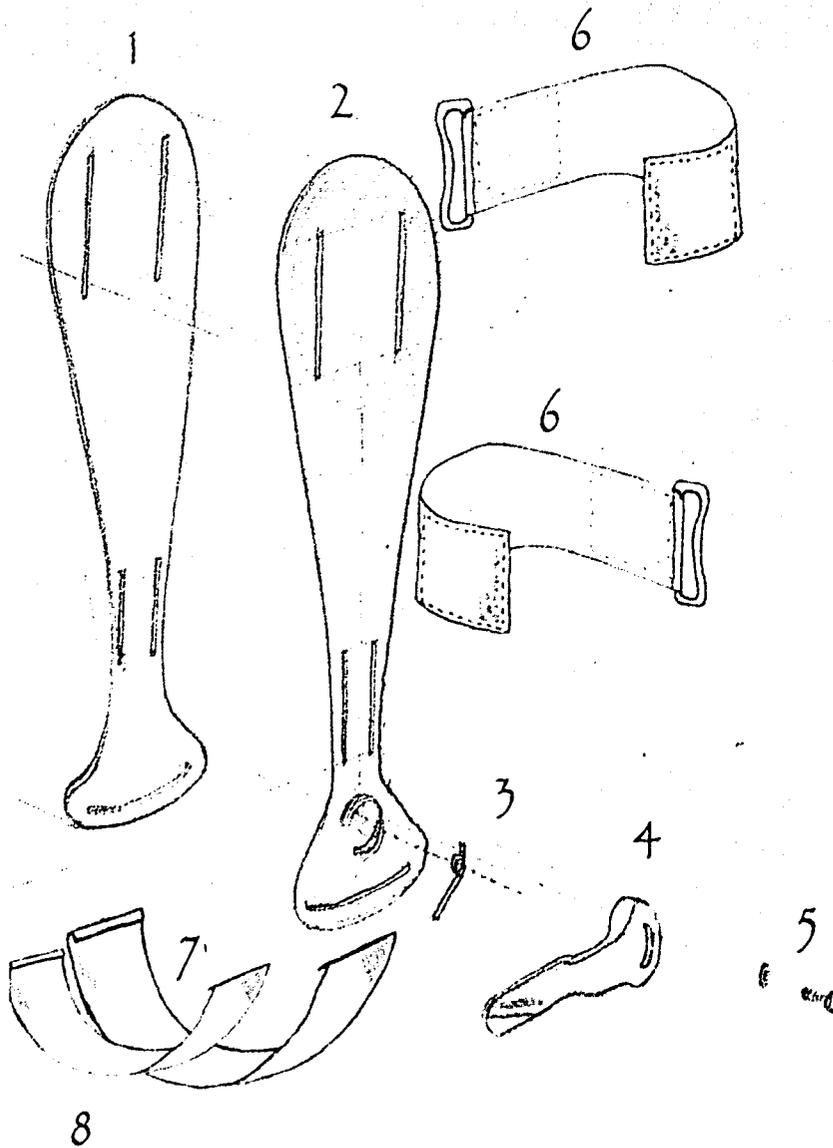
Material:
Alambre de
Piano

Proceso:
Templado/Frio

Dibujó: Vacco



Despiece



1.- Cojín Protector
Etilo Vinilo Acetato (EVA)

2.- Pieza Superior Lateral Derecha
Acronitrilo Butadieno Estireno
(ABS)

3.- Resorte
Alambre templado en frío

4.- Pieza Inferior Lateral Derecha
Acronitrilo Butadieno Estireno
(ABS)

5.- Remache standar de 1/2"

6.- Sujetadores Superiores
(Velcro)

7.- Soporte del Talón
(Resorte)

8.- Sujetador Inferior
(Velcro)



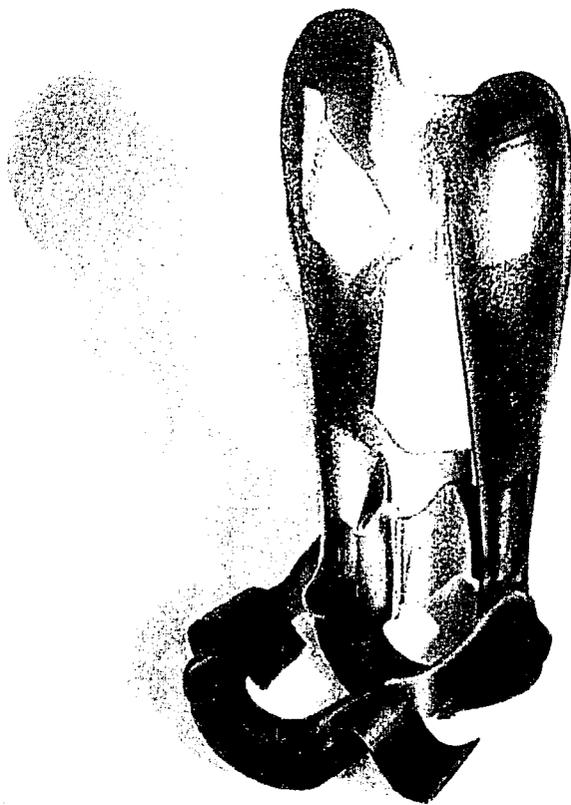


VIII. Descripción de "Oda"

Esta nueva órtesis dinámica para fractura de tobillo, llamada Oda, la sujeción principal son dos piezas laterales de polipropileno a la altura de los músculos gemelos, que llegan hasta los maleólos, unidas por bandas de velcro; continuando lateralmente, partiendo de los maleólos hasta la zona metatarsal del pie, son dos piezas del mismo material unidas con una banda elástica alrededor del pie.

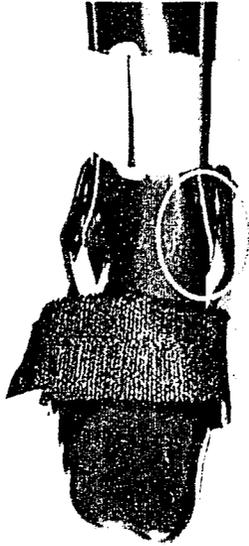
Ambas piezas se unen a la altura de los maleólos donde se ancla el mecanismo que produce 15° de dorsiflexión.

Se tomó en cuenta que el paciente puede pagar aproximadamente por una órtesis de \$350.00 a \$600.00 por un servicio completo de acuerdo a las características de un producto de catálogo.



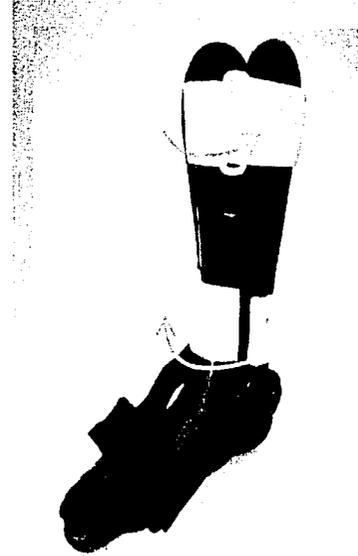
Modelo



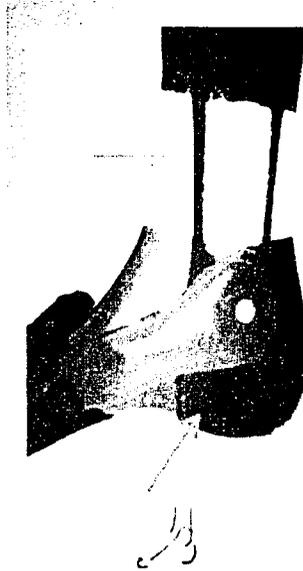


Detalle de ajuste en la zona del tobillo y el pie.

Sujeción en la parte superior del tobillo y en el talón.



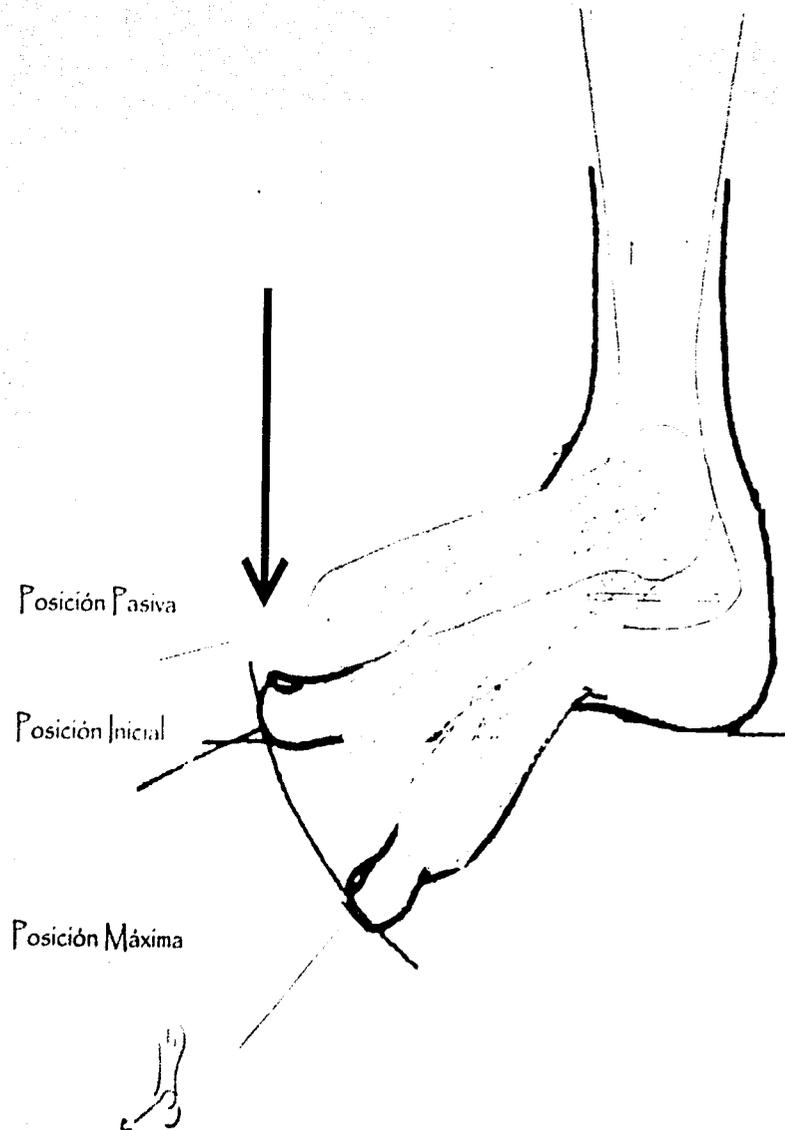
En la sujeción se colocaron los dos velcros en direcciones opuestas para mejor agarre y control de la órtesis al caminar.





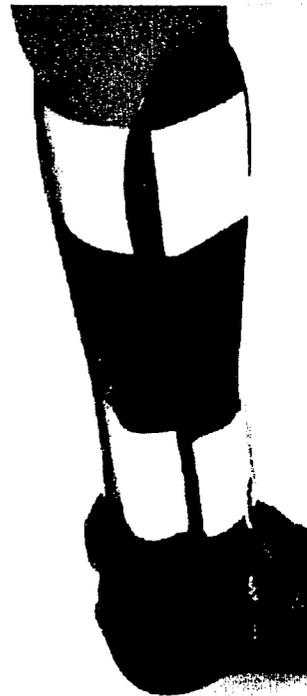
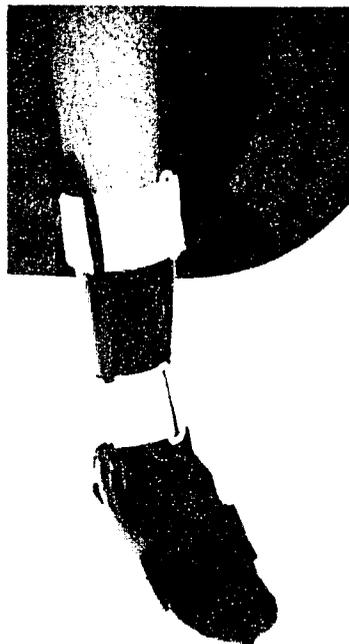
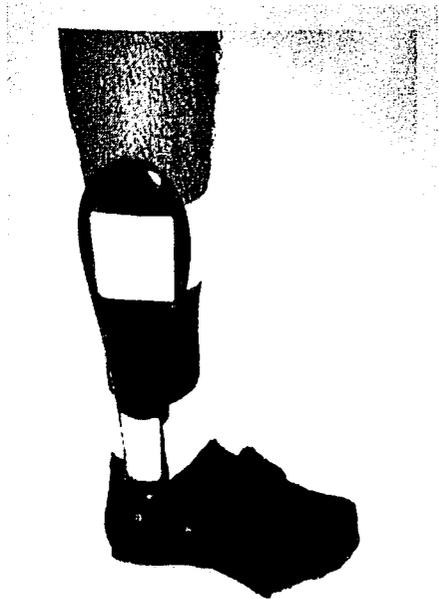
La órtesis tiene tres rangos de movimiento o posiciones:

- 1.- Posición Pasiva; es cuando la órtesis se encuentra en su empaque, el resorte se encuentra en ángulo "0".
- 2.- Posición Inicial; la órtesis se ajusta al ángulo natural del pie, por el peso del mismo; el resorte se tiene un ángulo de -15° a -20° .
- 3.- Posición Máxima; esta posición se logra cuando el paciente tiene el rango de paso normal y su dorsiflexión alcanza hasta los 45° .





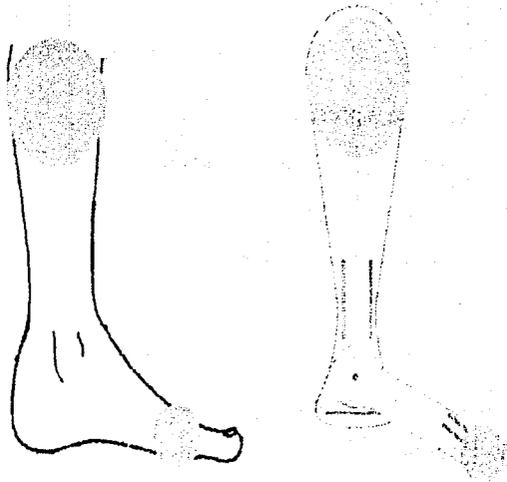
Uso en el Paciente



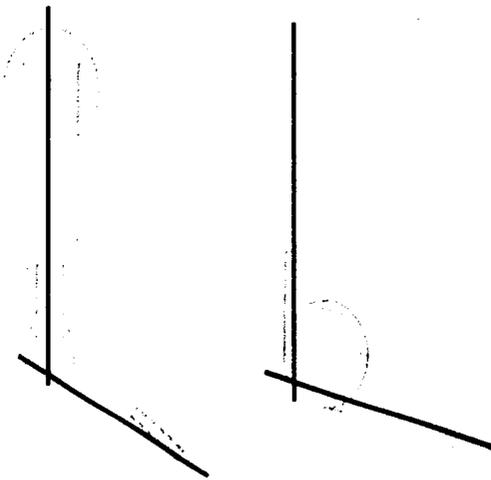
ESTA TESIS NO SALI
DE LA BIBLIOTECA



Relación de la forma natural del pie.



Relación como extensión del mecanismo.



Analizando la estética básica de este diseño vemos que la forma principal de la órtesis es la fisonomía del tobillo y el pie.

Esta forma es para que el usuario, psicológica y visualmente le sea agradable, aportando una parte importante a su rehabilitación, ya que es aceptada más rápidamente.

Desde el punto de vista funcional, mecánicamente el pie funciona como una "palanca" donde su punto de apoyo es el tobillo.

También esta forma tiene su origen en la idea del mecanismo donde se ve que es una extensión del resorte que al estar funcionando comienza la relación de "mecanismo activado" igual a "tobillo sanando", dándole más seguridad al paciente en cada paso que de al caminar.

Su acabado liso simula la piel del paciente en caso de las mujeres que lleven falda; con los colores se puede jugar ya sea para disimular la órtesis o hacerla notar como un accesorio extra.

En conclusión la estética de esta órtesis dinámica tiene una gran carga antropomorfa, basada en la forma del tobillo y el pie, que al estar al mismo tiempo en función sana el tobillo, asegurando que la percepción del usuario sea su recuperación.





Logotipo, Marca y Empaque

LOGOTIPO

En primer lugar tenemos el logotipo de la nueva órtesis. Es la figura gráfica de la órtesis colocada en el pie.

MARCA

Después está la marca que son las letras "Oda".

Que son las iniciales de "Órtesis Dinámica/Activa".

Por arriba de la "a" hay tres esferas, que nos dan una sensación de movimiento y ligereza.

COLORES

El color azul nos indica tranquilidad, bienestar, inteligencia; el color verde nos habla de naturaleza, salud y alegría.

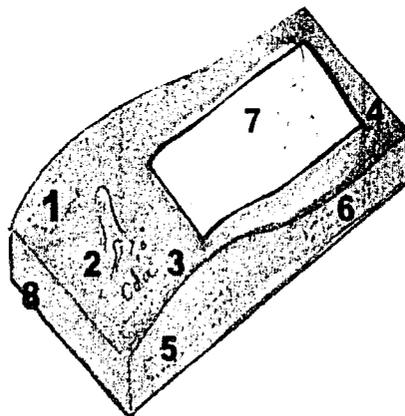
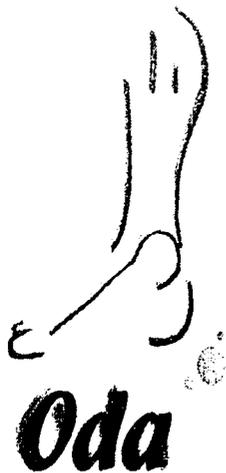
EMPAQUE

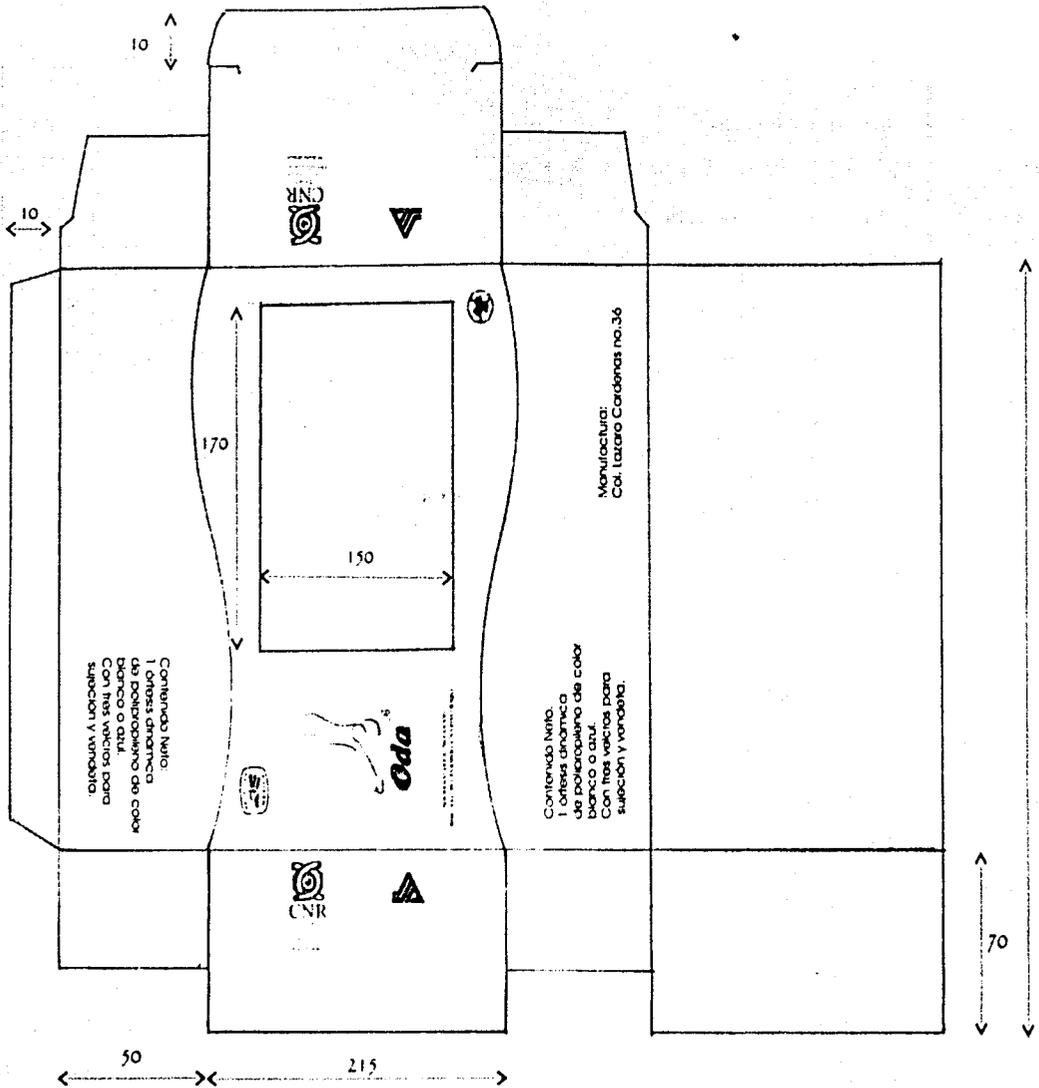
El empaque es de cartón con una ondulación en la parte derecha que permite que el mecanismo de la órtesis quede libre y protegido al momento de almacenar el producto en grandes cantidades y

en el exhibidor.

La caja lleva impreso lo siguiente:

- 1.- Logotipo y leyenda "Hecho en México".(color negro)
- 2.- Logotipo y marca del producto (ver logotipo y marca)
- 3.- Leyenda "Aprobado por la Asociación Mexicana de Ortopedia y Traumatología".
- 4.- Logotipo de "Reciclable".
- 5.- Contenido
- 6.- Quién Manufactura
- 7.- Ventanilla
- 8.- Logotipo de el CNR, Salubridad.







COSTO DEL PROYECTO

Lo que nuestro
continuación es un
aproximado del costo del
proyecto.

Describo las actividades
que se llevaron a cabo.

En la columna de
información escribo los
medios y las personas
que me asesoraron y
forman parte del
proyecto. Pero como
esta gente trabaja con mi
cliente, el Centro
Nacional de
Rehabilitación, no tomo
en cuenta sus honorarios

y horas de trabajo.
En la columna de tiempo
lo marco como horas de
trabajo en las que se
desarrolló lo planteado.

En la columna de gastos,
son los gastos indirectos
como papelería,
impresora, pasajes,
recibo telefónico,
comidas, etc.

El total de \$43,590⁰⁰ es
lo que le cuesta a mi
cliente (C.N.R) este
proyecto.

ACTIVIDAD	Tiempo hrs	INFORMACION	Gastos	Horas/trabajo
CONOCER EL DESARROLLO Y FUNCION DE LA UNICA Módulo de rehabilitación Demostración de campo Desarrollo en campo Iniciativa en evaluación	32	Investigadores Hospital Ing. Bermanas Ing. Mecenas Ing. Roberto B.H. Hacia	\$200	\$4,300
ESTABLECER OBJETIVOS Y METAS CON EQUIPO DE TRABAJO	1	Ing. Jorge Leidygo Dr. Mario Pineda Ing. Luis Nader TO. Alvaro Rizo Ing. Victor Ing. Remy Perez	\$100	\$400
CLASIFICAR LA DEMANDA Consultación de datos	16	Internet Teléfono hospital Procedimientos hospital Datos Hospital C.N.R.	\$200	\$2,400
DEFINIR QUÉ CONCEPTO DE CLIENTE INTERESA EL PROYECTO	26	Telefóno	\$150	\$2,400
DEFINIR QUÉ MATERIALS, PROGRAMAS Y PROVEEDORES DE MATERIALS Señalar proveedores Validación de proveedores de materiales Selección de proveedores de materiales	20	Señalar proveedor Telefóno Visitas Consultar	\$400	\$3,000
PREPARAR EL PROYECTO Telefóno	1	Telefóno	\$100	\$1,200
PREPARAR INFORMACIÓN DE CONCEPTOS Preparar y editar el informe	21	Telefóno	\$170	\$3,600
IMPLEMENTACIÓN CON EQUIPO DE TRABAJO	1	Centro Nacional de Rehabilitación C.N.R.	\$50	\$450
SEGUIMIENTO EN Preparar y editar el informe	21	Telefóno	\$170	\$3,600
IMPLEMENTACIÓN CON EQUIPO DE TRABAJO	1	Centro Nacional de Rehabilitación C.N.R.	\$50	\$450
	149 hrs		\$1,490	\$21,800
TOTAL P. FASE - IVA				\$23,290

CONSTRUCCION DE SERVIDORES	40	Proveedores Servidores	\$2,000	\$6,000
PRUEBAS	22	Proveedores Las Vegas America Las Vegas America Las Vegas America Las Vegas America Las Vegas America	\$700	\$3,300
CONSULTA DE SERVIDORES	22	Las Vegas America Las Vegas America Las Vegas America Las Vegas America Las Vegas America	\$900	\$3,300
DESARROLLO INDUSTRIAL ADECUADO EN DESARROLLO	10	Proveedores	\$800	\$1,500
DESARROLLO EN PARQUE PROYECTIVO	10	Proveedores	\$400	\$1,500
			\$4,700	\$15,600
TOTAL PROMONTE ARIEL - IVA	104			\$20,300
TOTAL GENERAL PROMONTE ARIEL - IVA				\$43,590



Bibliografía



1. Anuario Estadístico de la Secretaría de Salud y Servicios de Salud en los Estados. 1997

2. Díez G. M.P., Núñez C.L., Chávez A.D., Rivera R.A.
"Análisis cinemático en pacientes postoperados de fractura de tobillo y utilización de órtesis dinámica". Torre de Investigaciones del Instituto Nacional de Ortopedia (INO.)

3. Díez G. M.P., y colaboradores. "Biomecánica de órtesis dinámica de tobillo." Rev. Mex. Ortop. Traum. 1999; 13(3): may-jun: 258-260.

4. Brantigan O. "Anatomía Clínica Amplificada"; Cía. Ed. Continental S.A. de C.V. 1984 1a. Publicación.

5. Gorrotxategi A., Aranzabal P. "El Movimiento Humano" Bases Anatómo-fisiológicas. Ed. Gynos, Madrid, España.

6. Plas F., Viel E., Blanc Y. "La marcha humana. Cinesiología, dinámica, biomecánica y patomecánica". Edit. Masson S.A. 1a. Edición. Barcelona, España 1984.

7. Ávila C., Prado L., González M. "Dimensiones Antropométricas de Población Latinoamericana" Universidad de Guadalajara. 1a. Edición 2001.

8. Hughes, S. "Ortopedia y traumatología". Salvat Editores S.A. 4ª. Edición Mallorca, Barcelona, España. 1990.

9. Weber, B.G. "Lesiones traumáticas de la articulación del tobillo". Editorial PACC, Vol. XI de la serie "Problemas actuales de la cirugía clínica"; Barcelona, España, 1982.

10. Silbermón F., Barahona O. "Ortopedia y traumatología". La marcha normal. 1ª. Edición Buenos Aires: El Ateneo, 1995.

11. Mijares G. J. A. "Lesiones de los ligamentos del tobillo". Centro Hospitalario de Andorra. Barcelona, España, 1986.

12. "The foot and its disorders" Edited by Leslie Kleneman. Ed. Blackwell. 3a. Ed. 1991

13. H. Frankel V. H. Burstein A. "Biomecánica Ortopédica". Ed. JIMS. Barcelona, España-1991.

14. Schäfer S.U. "Ingeniería de manufactura"; Cía Editorial Continental S.A. De C.V. México. 1a. Ed. Junio de 1984.

15. Pheasant S. "Body Space" Anthropometry, ergonomics and the design of work. 2a. Ed. Taylor & Francis, 1998.

16. H. Jordán H. "Prótesis Ortopédicas". Ed. JIMS. Barcelona, España-1969

