

*Nº 1 A*  
*2 EJ.*  
**UNIDAD PARA LA REHABILITACION DE**

## **MIEMBROS TORACICOS**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ARQUITECTURA**

# **reha**

**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE DISEÑO INDUSTRIAL**

**Pablo Andrés Barroeta Pansza**

**México 1992**

**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 está 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.

# **EQUIPO PARA LA REHABILITACION**

## **DE MIEMBROS TORACICOS**

**TESIS PROFESIONAL QUE PARA OBTENER EL TITULO DE LICENCIADO EN DISEÑO INDUSTRIAL**

**PRESENTA**

**Pablo Andrés Barroeta Pansza**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**UNIDAD ACADEMICA DE DISEÑO INDUSTRIAL**

**México febrero de 1992**

---

---

**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE DISEÑO INDUSTRIAL**

FACULTAD DE ARQUITECTURA

Coordinador de Exámenes Profesionales de la  
Facultad de Arquitectura, UNAM  
PRESENTE

EP01 Certificado de Aprobación de  
Impresión

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

NOMBRE BARROETA PANSZA PABLO ANDRES No DE CUENTA 8230229-6

NOMBRE DE LA TESIS UNIDAD DE REHABILITACION DE MIEMBROS TORACICOS

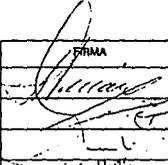
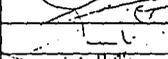
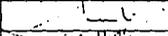
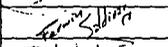
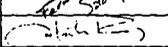
Consideran que el nivel de complejidad y de calidad de la tesis en cuestión, cumple con los requisitos de este Centro, por lo que autorizan su impresión y firman la presente como jurado del

Examen Profesional que se celebrará el día de 199 a las hrs

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Ciudad Universitaria, D.F. a 27 de mayo, 1991.

NOMBRE	FRAMA
PRESIDENTE PROP. HORACIO DURAN NAVARRO	
VOCAL D. I. RENATO GARZA GONZALEZ	
SECRETARIO D. I. FERNANDO RUBIO CARCIDIENAS	
PRIMER SUPLENTE D. I. FERMIN SALDIVAR CASANOVA	
SEGUNDO SUPLENTE D. I. MARTA RUIZ GARCIA	

Va. Bo. del Director de la Facultad

## INDICE

Introducción	7
<b>1.-Aspectos generales.</b>	<b>9</b>
Marco de referencia.	9
Planteamientos iniciales	13
Equipo en el mercado	16
Aspecto social.	23
Aspectos biológicos	25
<b>2.-El proyecto</b>	<b>32</b>
Consideraciones especiales.	40
Ergonomía aplicada.	42
Mecánica aplicada.	48
Uso y manejo.	49
Procesos	53
Costos	61
Estética	70
<b>3.-Conclusiones</b>	<b>72</b>
<b>4.-Bibliografía.</b>	<b>75</b>
<b>5.-Apendices</b>	
Apendice A	79
Apendice B	81
Apendice C	82
Apendice D	83

## **INTRODUCCION**

Dentro de la medicina, en nuestro país, existe un campo llamado tecnología médica, que es la encargada de proveer los auxiliares, herramientas y equipos que requieren los grupos de médicos, investigadores, terapeutas y en general los grupos de profesionales en el área de la salud. Entre estos grupos están los encargados de la rehabilitación.

La rehabilitación es un tema ampliamente abordado por distintos grupos de profesionales de las más diversas ramas de actividad, sin embargo, pese a esto, existen pocos resultados de estos trabajos cristalizados en objetos concretos. Es decir, existen pocos auxiliares para realizar esta labor, en la gran mayoría de los casos los equipos que se utilizan son adaptaciones u objetos concebidos o creados para otro tipo de actividades.

Desde esta perspectiva, el objetivo de esta tesis profesional es el de brindar un auxiliar en la labor de rehabilitación de las articulaciones de los miembros toracicos -hombro, codo y muñeca-, que ofrezca ayudas y elementos especialmente creados para facilitar tanto la labor del terapeuta como la de la persona que va a recibir la rehabilitación.

La complejidad del tema exigió una investigación teórica y práctica en aspectos tales como ergonomía, fisiología, terapéutica de rehabilitación, procesos biológicos y mecánicos implicados

---

---

-tanto de el funcionamiento de órganos sanos, como de las desviaciones posibles de funcionamiento-, áreas y personal destinado a estas labores, costo, usuarios potenciales e inmediatos y aspectos sociales implicados, que fueron los puntos que condicionaron muchas de las decisiones, en los aspectos formales y de procesos de manufactura de la tesis.

A lo largo del documento se incluyen los datos y las conclusiones a las que se llegó en cada uno de los puntos particulares, después de hacer un análisis de los mismos. Adicionalmente también se incluyen copias de los cuestionarios de evaluación que se aplican a las personas en tratamiento, para evaluar tanto su estado inicial, como el avance particular a lo largo de el tratamiento.

De tal forma, el producto final de todo este proceso es un auxiliar para la rehabilitación física, que permitirá a un grupo de población reincorporarse a sus actividades cotidianas, en la medida que sus padecimientos lo permitan. Su funcionamiento está orientado para simular de una manera controlada, los movimientos naturales de los distintos tipos de articulaciones que presentan los brazos, no tanto para el desarrollo de volumen muscular sino, para control de la extremidad. Así mismo, se busco hacerlo compacto y accesible en términos de precio, para una aplicación en una escala media.

Otro de los elementos que se buscó fue el de la motivación del paciente, mediante una serie de trayectorias con distinto grado de dificultad, que le van dando variedad a la rehabilitación misma. Es muy importante, que dentro de los conceptos motivacionales, el que se consideré el que el paciente sea consciente de para que sirve cada uno de los ejercicios y que es lo que se busca en cada uno de ellos, de esta manera, el paciente buscará el hacer lo mejor posible sus ejercicios.

---

---

## **1.-ASPECTOS GENERALES**

### **MARCO DE REFERENCIA**

Al hablar del término rehabilitación se esta considerando "el restablecer a su primer estado" un sistema. En el caso que nos atañe se trata del músculo esquelético y, a través de este proceso, ofrecerle a la persona, la oportunidad de reincorporarse a la vida productiva, después de haber sufrido una lesión que lo incapacito de manera total ó parcial.

El tema de la rehabilitación es extenso, la información es mucha, pero sumamente dispersa, lo que dificulta el acceso a ella, aunado a esto existen pocos equipos auxiliares para realizar dicha labor, los terapistas en rehabilitación se ven obligados a improvisar constantemente para poder desempeñar su labor; por lo tanto me incliné a realizar la tesis buscando el ofrecer equipo especializado, que facilite el acceso a la rehabilitación a una población más numerosa de pacientes en el país. Mi planteamiento esta centrado en un ejercitador para miembros toracicos, que haga trabajar cada una de las articulaciones dentro de los rangos considerados normales,

---

---

entre los rangos de sus movimientos extremos, y que sirva como apoyo a la terapia de personas con padecimientos tales como fracturas, falta de tonicidad muscular por inmovilización prolongada, problemas neurológicos, inflamación de los tendimientos del supraespinoso, apoyo en postoperatorios, parálisis cerebral y problemas articulares en general donde exista contracción muscular voluntaria.

Las unidades de rehabilitación que existen en el país quedan englobadas principalmente en las instituciones de carácter gubernamental y algunas privadas, casi todas ó la gran mayoría en la zona metropolitana de la Ciudad de México y en las principales ciudades de la república, de tal manera, que se observa una gran centralización, misma que obliga a los pacientes que viven en pequeños poblados a trasladarse hasta la ciudad más cercana, donde le puedan proporcionar estos servicios, ó sufrir la pérdida de movilidad ó función del miembro afectado, por no contar con estos servicios en su comunidad.

Dentro de las instituciones que presentan una infraestructura mejor implementada para llevar a cabo esta labor, se encuentra el Instituto Mexicano del Seguro Social, que en la zona Metropolitana cuenta con tres Unidades de Medicina Física, en las cuales se proporciona terapia a distintos niveles, de acuerdo a las necesidades de cada paciente, organizando la terapia en base a dos criterios:

### **Area de aplicación:**

**Terapia de mano**

**Terapia de la vida diaria**

**Terapia de lenguaje**

---

---

---

## **Tipo tratamiento:**

---

**Hidro-terapia**

**Termo-terapia**

**Electro-terapia**

Antes de pasar a cualquiera de ellas, el paciente es sometido a una evaluación de "CAPACIDADES RESIDUALES" (anexos A y B), para determinar con precisión y de una manera objetiva el estado del paciente y como plantear el programa de ejercicios y terapias, además del orden en que se deben de realizar estos.

Cada paciente tiene que recibir una atención especial debido a las particularidades que se presentan en cada caso, sin embargo pese a esto, existe una serie de rutinas básicas que le son indicadas al paciente por la terapeuta, de acuerdo a el punto del programa en el que se este haciendo énfasis, y estos pueden ser:

**Aprensión**

**Fuerza**

**Habilidad**

**Destreza**

**Movimiento grueso**

**Movimiento fino**

---

---

---

**Velocidad****Repeticiones****Simulación laboral****Secuencias de armado ó ensamble**

Al planear la serie de ejercicios para cada individuo, las terapeutas seleccionan las secuencias en base a los puntos de la lista que son prioritarios ó básicos para el tratamiento del paciente, de acuerdo al plan.

De tal forma que el programa de rehabilitación del paciente puede ser una combinación de varios tipos de ejercicios tendientes a mejorar las habilidades de varias de estas, dependiendo de cual sea el padecimiento particular y la actividad del paciente.

Con cierta regularidad el paciente es sometido a evaluaciones posteriores para determinar el avance de la rehabilitación, y adecuar las terapias en función de las nuevas necesidades.

Uno de los problemas que se buscó eliminar es el de callosidades ó adherencias que se forman en el proceso de curación de una articulación fracturada, acrecentadas por el largo período de inactividad, que se presenta durante la inmovilización en la mayoría de los padecimientos estudiados y la posterior convalecencia. Algunos de los problemas podrían evitarse en gran medida, si se le proporcionara al paciente un programa de ejercicios desde los primeros momentos en que se desinmoviliza el miembro, en la misma unidad de medicina familiar, que es el sitio donde considero que se deba de aplicar principalmente una rehabilitación inicial, para después poder continuarse tanto en unidades especializadas, como en las clínicas rurales, hospitales de zona, clínicas de barrio, etc.

---

## **PLANTEAMIENTOS INICIALES**

El punto de partida fue el de desarrollar mobiliario para rehabilitación física, de tal forma que, la investigación inicial se enfocó principalmente en este campo. Como apoyo a está, se realizaron una serie de visitas a hospitales y a las tres Unidades de Medicina Física en el área metropolitana, que tiene el IMSS, para observar el mobiliario con que se cuenta y entrevistar a el personal encargado de realizar estas tareas: pacientes, terapeutas, médicos relacionados y, encargados de mantenimiento. Durante estas visitas se hizo patente la necesidad de equipo para apoyar las actividades de rehabilitación laboral. En está, el objetivo primordial es el de aplicar una terapia específica a el trabajador que ha sufrido un accidente, a fin de permitirle reintegrarse a sus actividad anterior, si esto es posible.

---

El motivo principal por el que el presente trabajo esta orientado hacia los padecimientos del sistema músculo-esquelético de las extremidades torácicas, es el número de pacientes de este tipo que llegan anualmente a las unidades de rehabilitación, estos casos representaron el 11.2% de los asegurados que fueron remitidos a la Unidad de Medicina Física Norte durante el año 1984-85<sup>1</sup>. En el año de 1988 los riesgos de trabajo sumaron un total de 589,010 casos en todo el país con un promedio de 20.6 días de incapacidad<sup>2</sup>, de los cuales el 35.8% corresponden a los que afectaron los miembros superiores<sup>3</sup>. De acuerdo a los datos obtenidos del E.N.I.(Encuesta Nacional de Inválidos) un 2.4%<sup>4</sup> de la población total del país sufre algún tipo de invalidez destacándose, que un 57.4% corresponde a personas que se encuentran entre los 15 y los 59 años<sup>5</sup>, es decir, población económicamente activa presentándose este fenómeno principalmente en personas del sexo masculino con un 61.55% del total estudiado<sup>6</sup>; lo cual es particularmente importante por ser estas personas en muchos de los casos el principal sostén de la familia.

Dado el gran número de casos de este tipo que se presentan anualmente, era importante la facilidad de transporte para poder implementar centros de apoyo a la rehabilitación en las clínicas de barrio y pequeños hospitales, descentralizado la rehabilitación y brindándoles a los

- 1 ELEMENTOS DE APOYO PARA EL INCAPACITADO FISICO, Dirección General de Obras y Patrimonio Inmobiliario, Jefatura de Proyectos, IMSS, México
  - 2 Anuario estadístico de los Estados Unidos Mexicanos 1988-1989, INEGI, México 1990
  - 3 INEGI, Op.Cit.
  - 4 ASPECTOS SOCIO-ECONOMICOS DE LA INVALIDEZ, Ponencia. Dr. Ruben Ricalde Noriega, Lic.T.S.Araceli Taltoa, SINTEX, México D.F. 1981
  - 5 Op.Cit.
  - 6 Ibd.
-

pacientes de este tipo, más oportunidades de reintegrarse su ocupación, en menor tiempo y en mejores condiciones. Adicionalmente a esto, en muchos de los casos que llegan a las Unidades de Medicina Física no sería necesario tratamiento posterior y rehabilitación, si se les hubiera brindado un plan de ejercicios en la clínica donde los atendieron a lo largo de la convalecencia, brindándoles una atención temprana.

---

## **EQUIPO EN EL MERCADO**

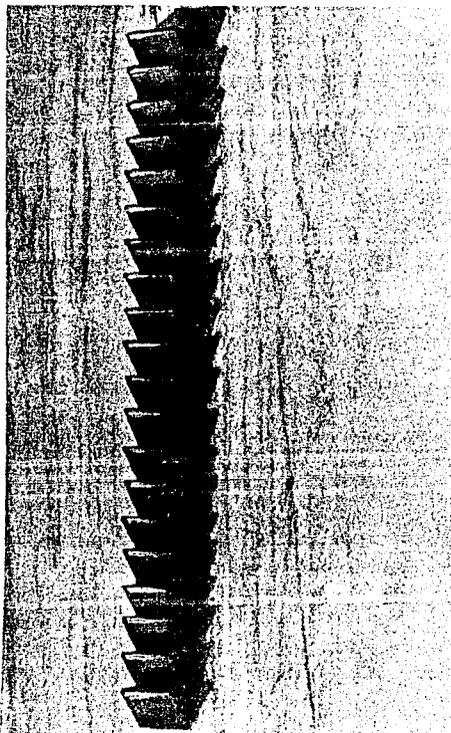
Antes de describir los distintos sistemas que se encontraron en el mercado nacional, es preciso aclarar que dichos equipos no son especiales para este tipo de actividades, sino que ofrecen la posibilidad de adaptarse a estas aplicaciones, en un mayor o menor grado. El poco equipo que si fue creado expresamente para esto, son lotes fabricados por orden de una institución dedicada a estas actividades.

La mayor parte del equipo con que trabaja en las unidades especializadas, son adaptaciones de objetos cotidianos tales como conos de hilo, amortiguadores, planchas, algunas herramientas particulares a la actividad del paciente, cubetas, poleas, cuerdas, etc. En general, cosas muy diversas, que les permiten hacer distintas rutinas de movimientos particulares, y otros coherentes con el movimiento natural del miembro, que es lo que se busca principalmente.

No se encontraron entre los proveedores nacionales de este tipo de equipos, ninguno que proporcionara equipo específico para rehabilitación, básicamente a lo que se dedican es a proveer prótesis, muletas, sillas de ruedas y equipo de hospital. El equipo que se puede encontrar son ejercitadores físicos, para personas sanas, cuyo objetivo es el aumento del volumen muscular y adicionalmente un acondicionamiento físico.

---

---



1 Escalerilla de dedos, lote especial para el IMSS

Se realizó un investigación analizando la capacidad de aplicación de estos productos para la rehabilitación, a lo largo de este proceso, en el que se cuestionó la manera a través de la cual los equipos existentes realizan esta labor y, en función de los datos recabados se hizo notar, que en la realidad, como se está trabajando actualmente, no es la manera más adecuada para las primeras etapas de la rehabilitación. Los objetos que usan los terapeutas como auxiliares, son en cierta forma, recursos desesperados para el desempeño de su labor, más que grandes auxiliares, que si bien, algunos, a través de los años de uso y la creación de ejercicios y rutinas propias que los han vuelto eficientes, son difícilmente sustituibles, como los conos de hilo; otros como los amortiguadores presentan problemas por su peso, no disponen de asas, manijas o similares para su operación (ni tendría por que tenerlas de fabrica), ni un control del esfuerzo realizado. Los equipos comerciales por otro lado, tampoco se adecúan en la mayoría de los casos, por que ofrecen muchos obstáculos en la operación como equipo especializados, estos son ocasionados, no por deficiencias de operación de los equipos,

sono por las limitaciones de distinta índole de los propios usuarios en rehabilitación, ya que los que crearon los equipos, asumieron que los usuarios finales son gente sana ó deportistas, en pleno goce de sus facultades físicas, capaces de realizar esfuerzos mínimos o máximos, muy distintos a los que pueden realizar algunos de los pacientes.

Dentro de los equipos que se encontraron en el mercado como ejercitadores físicos, tenemos que se les puede dividir en cuanto a:

### Fijos

### Portátiles

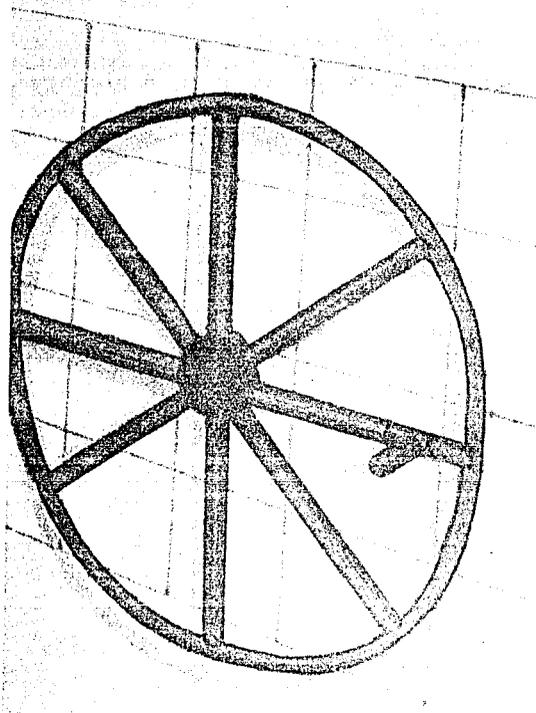
Un equipo portátil ofrece la opción, de poderse utilizar en cualquier sitio, con poca ó ninguna instalación, casi todos son de peso reducido y se requiere un desembolso inicial normalmente más pequeño.

Si se trata de una estación fija, ocupa, siempre un lugar específico en un habitación, en muchos de los casos requiere de instalación especial y su traslado casi siempre es difícil de realizar, dentro de este tipo de aparatos existen las llamadas máquinas universales, que ofrecen una amplia variedad de posibilidades, para ejercitar distintos grupos musculares, ofreciendo la posibilidad de utilizar integralmente el espacio en gimnasios.

Dentro de estas dos divisiones, también hay ejercitadores por área particular, que estimulan determinados grupos musculares, con distintas maneras de aumentar el volumen muscular y, a la vez, la elasticidad en algunos casos. Algunas



2 Máquina universal de la marca YORX, versión casera.



de las áreas que desarrollan son pectoral, abdomen, piernas, extremidades superiores, para reducción de peso, etc. Aunque muchos de ellos pueden trabajar con varios grupos de músculos, utilizándolos de distintas maneras.

Todos los ejercitadores, cualquiera que sea su aplicación, lo que realizan es el ofrecer una resistencia al músculo por distintos sistemas y esto se puede realizar de manera isométrica, es decir, de una manera estática comprimiendo, manteniendo una fuerza sobre un solo eje de fuerza, ó de manera isotónica, es decir realizando arcos o trayectorias en el espacio, de movimiento completo, venciendo una resistencia, es decir, desplazando el miembro. Pese a estas dos divisiones fundamentales de la formas de realizar el trabajo, existen muchas maneras de ofrecer la resistencia como son:

**Pesas****Poleas****Muelles, resortes metálicos****Elasticos****Brazos de palanca combinados con pesas****Aros, rodamientos libres, cintas****Utilizando la fuerza de la gravedad**

Dentro de todos estos los hay de acción simple y de acción combinada. Los de acción simple son aquellos en los cuales no interviene para su utilización o manejo ningún elemento mecánico (polea, palanca, resorte, etc.) y que todos los movimientos los realiza el miembro al manipularlos. En el caso de los de acción combinada constan normalmente de múltiples componentes mecánicos que trabajan para aumentar o generar la resistencia del aparato contra el músculo, entre ellos tenemos los que trabajan con elementos mecánicos sencillos como poleas, planos inclinados y los que tienen un suministro adicional de energía operando mediante motores, pistones neumáticos y elementos similares. También existen equipos que ofrecen retroalimentación (Biofeedback), mediante el empleo de simulaciones hechas por computadora, generan ambientes o gráficos para hacer más amigable el ejercicio ó visualizar la calidad del comportamiento más fácilmente, además ofrecen estadísticas, valoraciones, comparación de los resultados actuales con los del último mes ó los últimos seis meses, etc. Todo de manera instantánea.

Los precios de estos equipos varían notablemente dependiendo de la complejidad, el tamaño, el tipo de acabados y la marca que se este buscando. Existen para casi todos los presupuestos. Van desde los \$12,000.00 del CROAC GRIP (ejercitador para las manos) hasta los \$20,000 Us

---

Dólar de algunos equipos llamados universales ó más en algunos equipos. Su utilidad es variable, es decir, que no existe en muchos de los casos una relación costo-beneficio directa, no por ser más caro son mejores los resultados. La gran mayoría de ellos son importados de los Estados Unidos, Japón y Europa, aunque cada día los productores nacionales le prestan más atención a este mercado.

Al analizarlos uno puede observar que muchos de ellos que parecen ser muy completos, tienen el problema de ser demasiado compleja su utilización, para determinados grupos musculares, son de poca utilidad ó que su acción particular es más bien deficiente.

Como equipos de rehabilitación se presentan problemas debido a que la ergonomía que se aplicó en ellos, no es adecuada para una persona con problemas de aprensión, las distancias y trayectorias son demasiado largas entre otras cosas. Otro de los problemas detectados no esta relacionado con la operación del aparato, sino por el espacio y la instalación especial que se requiere para operarlo y utilizar todas las posibilidades que se ofrecen.

La labor de rehabilitación requiere de características especiales en cuanto a duración, facilidad de adaptarse a las necesidades de cada paciente (dimensiones físicas, limitaciones de movimiento, etc.), graduación de las pesas bajas, auxiliares en los guantes de agarre y en los mecanismos de operación, para ser operados por personas con problemas de movimiento fino, además de la estabilidad para personas que tengan un control muscular deficiente.

En las tiendas especializadas que se visitaron, no existe nada específico para está labor. El tipo de productos que venden son prótesis, muletas y equipo de hospital, más bien substitutos para el miembro, que rehabilitadores.

Dentro de los ejemplos, se presenta el Cosmo Gym de la marca YORK, con un costo de \$5,775,000 M.N. Es un equipo de estación fija casero, que ofrece la resistencia mediante un sistema de poleas y contrapesos ofreciendo la posibilidad de ejercitar los músculos de los brazos, piernas, abdomen y tórax; requiere de un área libre de 9m<sup>2</sup> aproximadamente para su operación.

---

Entre las ventajas o puntos buenos se encuentra: el bajo número de partes sueltas o "perdibles", el acceso para varios usuarios desde distintos puntos de trabajo, dentro de los equipos de su tipo es compacto y robusto, no requiere de instalación especial y los materiales en contacto con la piel no son agresivos a esta. Sin embargo las áreas para sentarse son estrechas, con accesos difíciles para una persona con problemas de locomoción, no ofrecen ayudas para mantener el equilibrio una vez estando en estas, presenta aristas y bordes filosos, la graduación de los contrapesos es en libras y requiere de herramientas para colocar algunos de sus elementos para su operación.

Con los resultados del análisis de estos y otros productos se decidió buscar otras maneras de realizar esta labor.

---

## **ASPECTO SOCIAL**

La situación en la que se encuentra un obrero que ha sufrido un accidente y requiere de rehabilitación es mas bien precaria, debido a que pese a que en el mejor de los casos sigue recibiendo su sueldo -o partedel, si no fue un accidente de trabajo- por parte de la institución de asistencia, no puede reincorporarse de una manera rápida a su trabajo, además del desajuste en la vida familiar, el rechazo social hacia los incapacitados y la resistencia a la auto aceptación de la incapacidad, lo que le ocasiona problemas psicológicos tales como depresiones, aunados a los generados por el propio accidente y, los gastos adicionales que implica un paciente de este tipo a su familia, son sumamente altos debido a la necesidad de comida especial, transporte a donde se este realizando la rehabilitación o la atención médica, ropa etc.

En la mayoría de los casos el paciente es el principal sostén económico de la familia y si pierde su trabajo, con las secuelas de un accidente, esta en desventaja al intentar reincorporarse al mercado laboral, dado que compite contra gente sana y en ocasiones se ven relegados del mercado laboral.

Muchas de estas personas no se encuentran postradas en una silla de ruedas, pero sí, impedidos de reincorporarse a su vida productiva, de una manera normal ó más integrada y se

---

---

mantienen de la fabricación de objetos de tipo artesanal (llaveros, separadores, etc.), piden limosna ó venden cosas en los semáforos. En general pasan a engrosar la economía subterránea en un pequeño número, ó significan un gasto constante para sus parientes y las instituciones que los atienden, al no poderse valer por sí mismos.

En el seno de las instituciones existen equipos de trabajadoras sociales que ayudan en algunos casos, a reubicar a los trabajadores en puestos similares a los que ocupaban, si es posible para el trabajador y, si existe el puesto disponible ó en algún otro trabajo que puedan desarrollar. El campo de acción de estas trabajadoras, es limitado debido principalmente a que los patrones presionan para que se le de a el trabajador un retiro por necesidad y, deshacer cualquier compromiso entre la empresa y el trabajador. Simplemente se cubre la plaza que quedo vacante con un trabajador eventual. El trabajador se encuentra totalmente desvalido legalmente, puesto que ninguna ley contempla el tema de la rehabilitación en particular. Unicamente existe la previsión social, pese a los esfuerzos de grupos de minusvalidos y de organizaciones nacionales e internacionales como la Organización Internacional del Trabajo de la ONU y el Congreso del Trabajo entre otros.

---

---

## **ASPECTOS BIOLOGICOS**

Para que la rehabilitación en los miembros torácicos se requiera, lo mas usual es que el estado actual de la persona se encuentre afectado a consecuencia de algún padecimiento inmovilizante, semimovilizable o de disfunción tales como artritis, fractura, traumatismo, parálisis cerebral entre otras.

Es particularmente importante conocer el proceso normal de la naturaleza y, las distintas operaciones que realiza para enfrentar un problema específico, sea de la índole que sea, el cuerpo humano cuenta con un cierto grado de previsión para los posibles eventos que se susciten; toda esta información necesaria la almacenamos en moléculas de DNA.

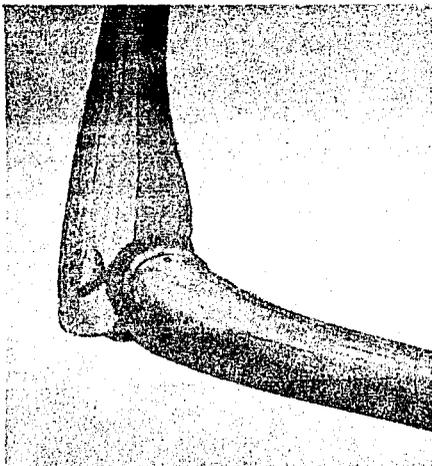
De acuerdo a los datos obtenidos, un gran número de los casos que se presentan en una unidad de rehabilitación, está dado por pacientes con afecciones del sistema músculo-esquelético, por lo cual, comenzaremos a estudiar detenidamente los, aspectos biológicos implicados en un proceso de autocuración que son múltiples y complejos. Comienzan desde el momento mismo en que se presenta el accidente, los pasos que se den en el momento de proporcionar los primeros auxilios son decisivos, para una buena recuperación posterior.

---

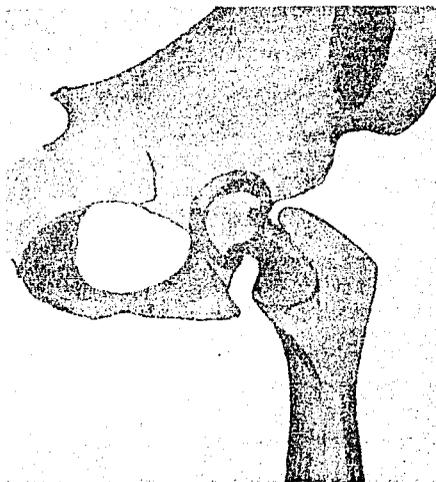
En el momento que el hueso se fractura no sucede únicamente una rotura en la continuidad del hueso, sino que, en el mismo momento los tejidos que circundan al hueso como son músculos, tendones, ligamentos y vasos sanguíneos, resultan dañados en mayor ó menor medida. El proceso de autocuración comienza con la formación de un coágulo circundante a el ó los lugares que se encuentran fracturados, la función de este es el que se mezclen en la sangre los distintos minerales que conforman el hueso y, que se encuentren dispersos entre los tejidos en forma de astillas. Este proceso es equivalente a que se desensamblara el hueso, retirando los elementos minerales de la parte flexible que los aglutina. También se redondean los cantos ó aristas filosas que pudieran volver a lastimar los tejidos aledaños, quedando únicamente la parte elástica que conforma el hueso. Paralelo a este proceso de absorción se desarrolla el tejido conjuntivo que se encarga de unir los pedazos de hueso, segregando un pegamento natural que une los pedazos entre si; cumplido este procesos se genera una célula especial llamada osteoblasto (constructor de hueso) para fortalecer las extremidades del hueso fracturado, depositando fosfato de calcio y otros minerales insolubles que se amalgaman con el colágeno. Dos semanas después se puede observar un hueso blando nuevo que se le llama callo, y el hueso esta listo para hacer de nuevo su trabajo. Sin embargo cuando una fractura sucede en una articulación ya sea de bisagra (fig. 4), pivote (fig. 5) ó bola (fig. 6), la formación del callo de una manera adecuada es de particular importancia, ya que si este es demasiado protuberante ó permite la formación de tejido ligamentoso en las áreas de giro, afecta el movimiento de la parte afectada llegando a su inutilización total, impidiendo el trabajo del tejido conjuntivo, que es el que sirve para reducir la fricción que se genera en las articulaciones.



4 Articulación tipo bisagra (dedo)



5 Articulación tipo pivote (codo)



6 Articulación tipo bola (cadera)

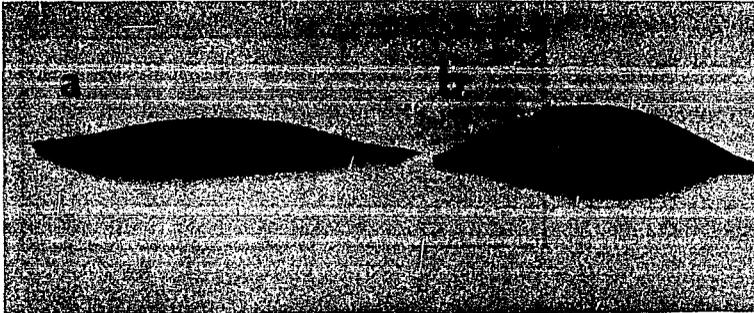
Otro tipo de problema puede ser originado por los tendones y ligamentos que en el momento del traumatismo, pueden llegar a separarse ó romperse, dejando sin movimiento el miembro a partir del punto donde se seccionó, muchos de estos pacientes tienen que ser atendidos quirúrgicamente para unir los tendones seccionados, sin embargo, las terminales nerviosas son muy difíciles de regenerar y es frecuente que dejen secuelas de una gravedad variable, muchos de estos pacientes tienen que ser sometidos a electro-terapia con el fin de obligar a los músculos a realizar trabajo de contracción y relajación alternados, con el fin de que no sufran de atrofia muscular, en lo que el cuerpo completa su trabajo. Ahora bien, una vez que la naturaleza hizo su parte uniendo los pedazos de hueso, el siguiente paso es el volver a usar el miembro afectado, para que, con un aumento de trabajo paulatino, acabe de endurecer el hueso y los

músculos comiencen a cobrar el vigor que les ha restado la inactividad forzada. En este punto de la curación es donde se aplica fundamentalmente una terapia de ejercicios de resistencia progresiva, gracias a los cuales se pueden simular movimientos de la vida diaria, pero, graduando con cierta precisión la carga que se aplica, y cuantas veces se va a repetir el ejercicio, para que se llegue a un punto óptimo, en el cual se minimizan las secuelas que pudiera haber quedado.

Al analizar detenidamente lo anterior, es fácil darse cuenta que una atención inmediata después del período de inmovilización ahorraría muchos problemas de secuelas y, disminuiría otros de ellos.

La premisa principal para operar el equipo, es el que el paciente pueda realizar contracción voluntaria en sus músculos.

Los músculos de los miembros superiores son estriados, es decir, que se organizan alineándose las fibras todas en un sólo sentido y, la manera como realizan el esfuerzo es a través de una contracción de la fibra. Cada fibra solo puede tener dos estados el de reposo en el que la fibra se encuentra a su máxima longitud y el de contracción, en el cual, mediante la descomposición



7 Fibra muscular estriada, a distensión. b contracción.

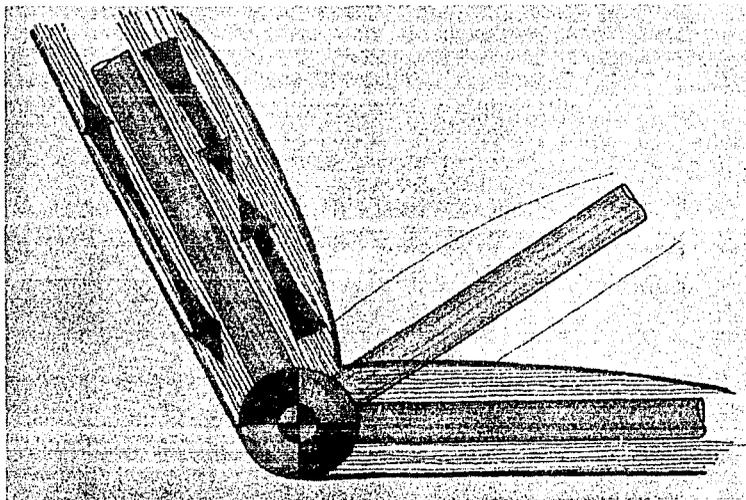
de la molécula de ATF (Adenisin-tri-fosfato) obtiene la energía necesaria para contraerse, a partir de este estado, se requiere otro suplemento de energía, es decir, la descomposición de otra molécula para regresar al estado de relajamiento. En este tipo de músculo estas contracciones son principalmente voluntarias

El proceso oxigenación es muy importante durante el período de trabajo del músculo, ya que, mientras los índices de contenido de oxígeno no bajen de ciertos límites no se presenta la fatiga, la sangre es la encargada de proveer el oxígeno necesario. Una de las razones por las que se planteo un ejercicio dinámico, es el tener un flujo sanguíneo abundante, proporcionado por el trabajo del corazón y la contracción de los músculos, que funcionan a manera de bombas en las primeras etapas del movimiento, ya que la respuesta cardíaca no es instantánea. La labor que se realiza al ejercitar el miembro es a distintos niveles, una vez que se ha retirado los elementos de inmovilización, es el hacer trabajar primeramente la articulación afectada, para obligar al callo que se formó en el proceso de curación a tomar una forma adecuada, para que no afecte la función, una vez que la articulación comienza a tener movimiento impide el engrosamiento del callo en las zonas que están teniendo trabajo, además de esto, al ejercer un determinado esfuerzo de manera controlada, se esta sometiendo al hueso a tensiones que no había sufrido durante el proceso de inmovilización, obligando al organismo a reforzar secciones específicas ayudando, a su vez, a la consolidación como un elemento monolítico. En el caso contrario, si la inmovilización se prolonga por más del tiempo necesario ó, si una vez retirado el yeso no se mueve el miembro, el callo que se forma comienza a invadir zonas que son vitales para el movimiento, es decir, "construye muros" que llegan a unir de una manera sólida, los extremos que en un principio fueron dos unidades independientes, formando un elemento de una sola pieza, no restandole al médico tratante otra opción, que el someter a una intervención quirúrgica ó al empleo de ultrasonido, para separar de una manera mecánica (rompiendo) los dos elementos y, a su vez, crear los elementos faltantes ó deteriorados necesarios para formar la articulación de una manera artificial, con alambres, clavos, placas, prótesis, injertos, etc. para substituir las partes faltantes de hueso, ya sean del accidente original o de la(s) operaciones posteriores. Todo con el riesgo de infección, ya que los huesos son particularmente propensos a las infecciones por su bajo flujo sanguíneo.

---

---

Los músculos y tendones trabajan en conjunto para hacer que los miembros se muevan. Para que el brazo se contraiga es necesario que trabajen el bíceps contrayéndose y el tríceps relajándose, sin esta labor de conjunto no se podría realizar este un simple movimiento (fig 8).



8 Diagrama de la contracción del brazo.

Si un músculo permanece mucho tiempo sin actividad ó con una actividad limitada, se va perdiendo poco a poco volumen en la fibra y, la capacidad de respuesta ante un estímulo dado, es decir van perdiendo elasticidad y la capacidad de realizar trabajo -ejercer fuerza-, si este proceso continua por un período largo de tiempo, se puede llegar a la atrofia total de el miembro afectado.

---

El tejido ligamentoso sirve para "amarrar" los elementos que conforman la articulación, siendo importante el hacerlos trabajar evitando de esta manera que se endurezcan (pierdan parte de su elasticidad), que dificultaría el movimiento natural de la articulación, en el mismo momento en el que se ejercitan los músculos el tejido ligamentoso también trabaja, adaptándose a los cambios de dimensión que sufren con el movimiento articular.

Los procesos de la vida son sumamente complejos y sutiles, pero a la vez efectivos para la mayoría de las situaciones normales. La capacidad para adaptarse a las nuevas situaciones optimamente, hace a los organismos más capaces de enfrentar las eventualidades, de una mejor manera, a través de las adaptaciones funcionales.

---

---

## **EL PROYECTO**

El proyecto en sí, de inicio planteo una serie de retos que hubo que ir resolviendo de una manera gradual. El definir el área de aplicación fue el primero. Con este fin, se realizaron una serie de visitas a las tres unidades de medicina física del IMSS entrevistando a médicos, terapeutas, pacientes y jefes de área, de estas visitas, se hizo notar, que la rehabilitación laboral era la que más carencias tenía en lo referente a equipo, razón por lo cual, se definió el tema en base a estas necesidades.

La problemática que se planteaba era que, cuando un trabajador sufre un accidente y, tiene la necesidad de rehabilitación, los útiles con que se cuentan, ofrecen pocas ayudas reales para la simulación de ambientes de trabajo.

Los primeros intentos buscaban diseñar un simulador, que brindara las condiciones similares, a las que se tendría que enfrentar el trabajador, al reincorporarse a su trabajo, pero de una manera controlada, desde el punto de vista de los esfuerzos a realizar, tiempos, precisión, etc. de tal forma que las deficiencias ó fallas las pudieran ir compensando a lo largo del entrenamiento progresivo en la unidad de rehabilitación.

---

Se plantearon tres alternativas iniciales de solución, para tres supuestos grupos de usuarios, de distintos tipos de actividad, siendo estos: operarios de máquinas herramientas, mecánicos, oficinistas y encargados de tableros de control; que son los tipos de trabajadores más representativos que indicaron los terapeutas.

La primera de ellas consistía en un simulador de operación de los controles de operación de tornos, fresadoras, etc. formado por palancas, volantes e interruptores. En los cuales se tenía que hacer girar una serie de manivelas en distintas posiciones (mismas que son similares a las más comunes de las encontradas en este tipo de máquinas). A todos los controles se les podía variar la resistencia a el movimiento de una manera controlada de acuerdo a las necesidades del paciente dependiendo de la aplicación que se le estuviera dando (aprehensión, movimiento grueso, movimiento fino, etc) en ese punto particular de la rehabilitación. Desde el punto de vista de la rehabilitación laboral en el área metal-mecánico, ofrecía buenas posibilidades de una buena aplicación; sin embargo, su construcción era costosa, ocupaba mucho espacio, era pesada y su aplicación era muy específica a determinados gremio.

Para el trabajador mecánico se planteaba la creación de una serie de herramientas con los mangos y guantes modificados, para facilitarles su uso en problemas de agarre y similares. Actualmente se usan herramientas normales y se les amarran trapos, algodón y cosas similares, con el fin de aumentar el diámetro de sus mangos. Era la más sencilla de operar y no contaba con elementos mecánicos que pudieran ocasionar problemas; sin embargo, su construcción representaba problemas de diseño, ya que obligaba a generar distintos tipos de mangos de varios diámetros, para la misma herramienta, seguía siendo sumamente particulares y para una población reducida.

Por último, se generó una alternativa en la cual, se simulaban las condiciones en las cuales los empleados de oficina, tienen que realizar sus trabajos cotidianos. Manejo máquinas de escribir, calculadoras, copiadoras, etc. Esta consistía en un tablero en el cual, se encontraban dispuestos una serie de interruptores y teclas, simulando tableros de operación y teclados, mediante la operación de ellas, se buscaba que los oficinistas recobraran la habilidad necesaria para realizar

---

estas labores. Como las dos anteriores era para una población limitada y era sumamente específico, a determinado gremio.

Planteadas las alternativas iniciales, en función de la premisa de un rehabilitador laboral y, haciendo un análisis detenido de los movimientos que se realizan en cada una de ellas, se optó por una variación del simulador de máquina herramienta, quitándole lo específico, ampliando de esta manera los usuarios potenciales y, haciéndolo más versátil, de tal manera que, se permitió que fuera para rehabilitación de miembros superiores en general. Lo que fundamentalmente se buscó es un rehabilitador que sirviera para el desarrollo del control del movimiento del brazo, tanto fino como grueso.

Otra de las limitaciones, fue el circunscribirme a las extremidades superiores y principalmente a las articulaciones. El tomar únicamente las extremidades superiores, está fundamentado en el hecho de que el mayor número de casos de accidentes de trabajo se da en estas extremidades, dado que al ser las que realizan las operaciones cotidianas están más expuestas; otro factor fue el hecho de que los equipos existentes para rehabilitar ó para ejercitar, cumplen en buena medida las exigencias de movimiento que se requieren, en las extremidades inferiores. Como caso contrario, los ejercitadores ó equipos de rehabilitación que trabajan en los miembros superiores, son de trabajo lineal y, su labor básica es el desarrollo de volumen muscular.

Una vez que el problema se definió de una manera más concreta, lo siguiente fue generar distintas alternativas de solución que cumplieran con las condicionantes básicas de trabajo que exigía la ergonomía, fisiología, biomecánica, producción, y costos. De esta búsqueda surgieron artículos muy diferentes entre sí, pero que cubrían en mayor ó menor medida con el cometido esperado.

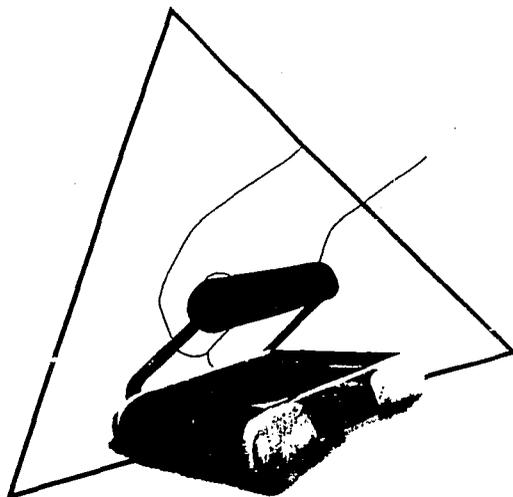
De lo anterior surge el perfil del producto que se encuentra en consideraciones especiales. Posteriormente se gestaron alternativas de solución distintas.

Estas se basaban en dos medios poco usados por el equipo en el mercado para generar la resistencia: a través de rodamientos y mediante péndulos. Una de las alternativas era un sistema

---

de dos rodillos (fig.9), que ofrecían resistencia al avance al ser impulsados sobre una mesa o superficie cualquiera; su costo era bastante bajo, fácil de producir, sin embargo, tenía la desventaja de que su funcionamiento era lineal únicamente, los simuladores que se realizaron tenían también el problema de necesitar una superficie con un grado de rugosidad muy alto y especial. Una variación de ésta, era una esfera de giro restringido (fig. 10), que operaba bajo los mismos principios; al igual que en el caso anterior los problemas de fricción se presentaron, dificultando su implementación, aunque ésta, si ofrecía la posibilidad de trayectorias circulares, rectas, arcos, etc. La tercera, -la seleccionada- es un bastón (fig. 11), oscilante con contrapesos en la parte inferior. Se dio en dos versiones, una de ellas contaba con un eje de giro horizontal, fijo a una mesa, en la cual oscilaba el bastón, al cual, se le colocaban contrapesos a distintas

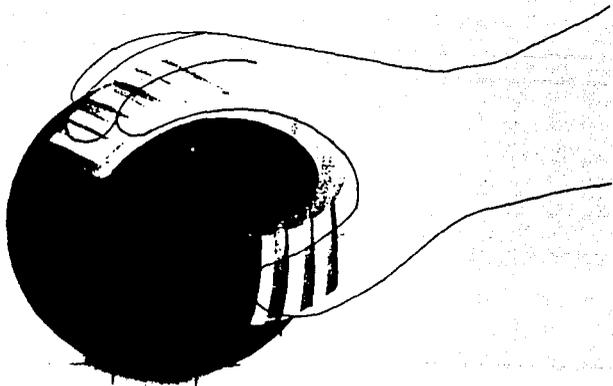
alturas. La segunda versión es más versátil y permite trayectorias en arco completo (fig. 12), además de contar con una serie de osciladores -discos- que obligan al bastón a oscilar dentro de determinada trayectoria prefijada, de acuerdo con las necesidades específicas del paciente. Consta de un bastón que oscila libremente apoyado en una base, que se sujeta a una mesa en la cual se apoya. En la parte inferior cuenta con una serie de contrapesos que se pueden colocar a



9 Alternativa de rodillos.

distintas alturas a lo largo de la barra, para modificar el comportamiento del aparato de acuerdo a lo que se desea.

Analizando las ventajas y desventajas de las distintas alternativas que se crearon en papel (conceptos de funcionamiento) y algunas como simuladores, se decidió por el camino de los osciladores.

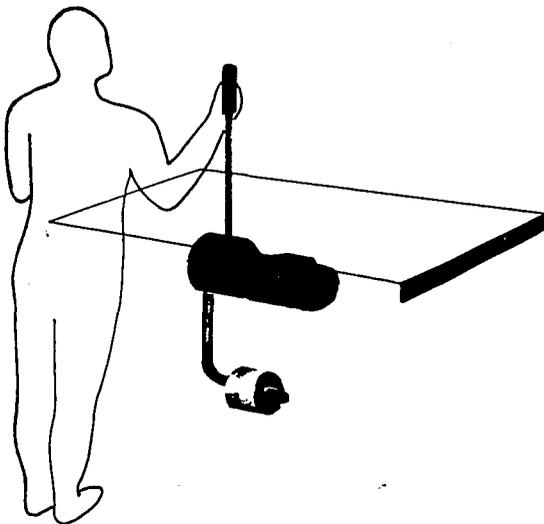


10 Alternativa de la esfera de giro restringido.

Al final, la alternativa de un bastón oscilante brindaba más ventajas inmediatas que las otras alternativas. La aplicación era más específica para las articulaciones, es muy sencillo el variar

---

el esfuerzo que se tiene que vencer a través de las tres posiciones de los contrapesos, ó el adicionar contrapesos, las variaciones antropométricas en cuanto a alcance se ajustan en el momento con el simple apretar un tornillo, los requerimientos en cuanto a instalación son mínimos, dado que lo único que requiere es el borde de una mesa en la cual fijar la prensa, los movimientos que realiza son mas coherentes con las alturas de trabajo, además de poderse adaptar con facilidad a espacios reducidos de trabajo, dado que forma una estación de trabajo, en la cual todo está integrado y concentrado.



Adicionalmente se le incorporó el dispositivo necesario para ofrecer otras alternativas -los discos de oscilación- a el movimiento que se ejecuta, cambiando la trayectoria. Esta alternativa esta fundamentada desde el punto de vista de hacerlo mas específico, para las necesidades del paciente y, para brindar mas variedad en cada sesión de trabajo cambiando los recorridos que se realizan con el bastón. Esta capacidad es importante de considerar, y de incluir en el aparato, para hacerle más motivante la sesión de rehabilitación a el paciente, ya que, en muchos de los casos el tedio de las sesiones, las presiones económicas y un avance lento, hacen que los pacientes abandonen la

11 Primera alternativa del bastón.

---

rehabilitación resignándose a quedar con secuelas.

Uno de los aspectos más importantes que se tenía que considerar era la retroalimentación que le debía brindar a el usuario en el trabajo cotidiano. El medio que se encontró es una evaluación de los resultados a través de una tabla, donde se considera, la posición de los contrapesos, el color de los mismos y la altura a la que se encuentra en la barra, por el número de revoluciones que se efectuaron, en el período de tiempo fijado, asignándole un valor determinado, de tal manera, que el usuario pueda determinar fácilmente su avance en función de los puntos obtenidos.

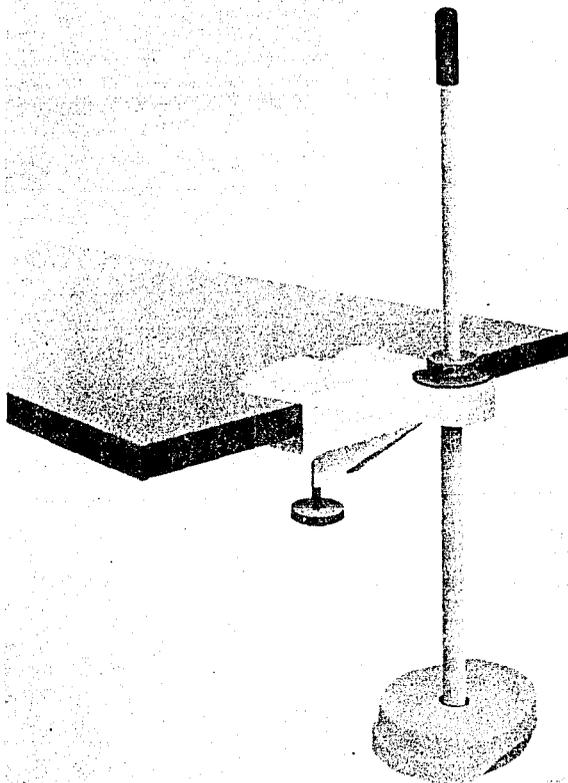
Guantes, topes y seguros se adaptaron de tal forma que fueran fáciles de operar por manos torpes. Adicionalmente se colocaron topes de seguridad, que impiden que la barra inferior con los contrapesos, se suelte, cayendo al suelo pudiendo lesionar a algún usuario. El diámetro del guante del bastón de mando, se buscó que tuviera el mayor diámetro posible, y una superficie exterior lo suficientemente rugosa para evitar resbalones. Los seguros pasados de lado a lado se escogieron por ser más fáciles de operar, brindando la resistencia y seguridad necesaria.

Además de lo anterior, se provee de un espacio destinado a el almacenamiento de los contrapesos y discos de oscilación, que no se encuentren en uso para ese paciente, pero que se requieren para otras sesiones de trabajo. Si se tienen más contrapesos de uso poco frecuente, se cuenta con su caja de transporte para almacenarlos.

---

---

12 Alternativa  
seleccionada, bastón  
oscilante.



## **CONSIDERACIONES ESPECIALES**

Los parámetros ó criterios con los que se comenzó a diseñar y estos son de muy diversa índole y parten principalmente desde los de origen ergonómico, biológico, fisiológico y funcional hasta las de origen económico o las de tipo social, no menos importantes. A cada una de estos parámetros se les evaluó y comparó contra los otros a manera de cruzamiento de datos, para de esta manera de determinar el "peso" o valor final que deben de tener cada uno. La resultante de esto fue un perfil del producto ideal, es decir todas aquellas características que debería de tener el rehabilitador en cada uno de estos campos.

Partiendo, de que, antes que cualquier cosa, era importante que fuera un equipo totalmente enfocado a la rehabilitación y no un injerto; operable con facilidad por personal con poco ó ningún entrenamiento, así mismo, por los propios pacientes. Que sus necesidades de instalación fueran prácticamente nulas, para facilitar la implementación a una escala mayor dentro de el país, dentro de las instituciones de salud, tanto privadas como gubernamentales. Complementando esto, un peso bajo, volumen reducido y minimizar el número de partes sueltas, para facilitar la distribución y, evitar el des uso por falta de alguna parte que "se perdió".

---

El dimensionamiento de las partes y las exigencias de uso, se deberían de adaptar a las dimensiones antropométricas de nuestro pueblo, por lo tanto los rangos de alcance, dimensiones de la mano, trayectorias de giro, etc. se deberían de considerar entre el 5 percentil de las personas de 130cm de sexo femenino para los mínimos y el 95 percentil de las personas de sexo masculino con 175cm para los máximos, de esta manera se asegura que toda persona de cualquier edad, que tenga una estatura comprendida entre estos dos parámetros máximo y mínimo lo pueda operar sin problemas. Así el espectro de población ó posibles usuarios, es más veraz con la población nacional. Bajo esta misma premisa las áreas de agarre, guantes de operación, alturas; guardas, en fin el objeto en sí, debería de estar proporcionado a nuestras medidas.

El usuario - principio y fin del tema - contaría con auxiliares de operación, como diagramas de funcionamiento, guardas adecuadas para evitar bordes filosos ó posibles machucones, elementos motivacionales que le hicieran menos tediosa la rehabilitación y le auxiliaran en la operación del rehabilitador, además de incorporar elementos que le ayudaran a evaluar su actuación de tal manera que pudiera llevar un registro de sus progresos.

Mecánicamente, entre más sencillo fuera, mejor, es decir que contara con pocas partes móviles, susceptibles de sufrir desgaste y, que requiriesen un mantenimiento mínimo. Asimismo optimizar el número de piezas constructivas, para facilitar su producción y ensamble.

Adicionalmente las partes en contacto directo con la piel deberían tener una respuesta neutra, es decir, que no provoquen ninguna reacción en el organismo, ni se degraden con los flúidos corporales. Las superficies deberían de ser lisas, salvo en las partes donde se requiera facilitar la tracción y, fáciles de limpiar, evitando aristas donde se pudiera acumular suciedad.

En el aspecto económico la premisa básica es que se tratara de un producto lo más accesible en terminos de precio, sin sacrificar por ningún motivo la función a desempeñar. Aunado a esto se solicito que fuera fácil de transportar, para permitir su colocación en las poblaciones con dificultades de acceso, ampliando de esta manera, su empleo por un número mayor de usuarios.

---

---

## **ERGONOMIA APLICADA**

Los brazos en sus desplazamientos, generan trayectorias en arco de distintas longitudes y radios de giro, dependiendo de la combinación de las articulaciones que entren en función. Estos movimientos tienen nombres como:

**Abducción**

**Elevación**

**Flexión**

**Hiperextensión**

**Rotación**

**Cubital**

**Radial**

## Supinación

## Pronación

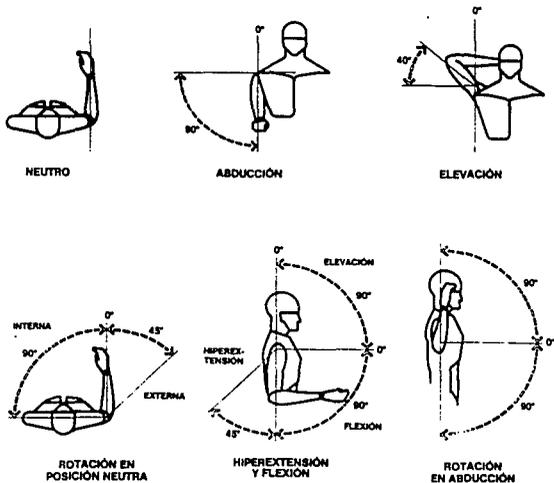
## Combinaciones de las anteriores

El combinar todos estos elementos en un solo objeto obligó a que esté fuera muy versátil, en cuanto a sus posibilidades de aplicación con objetivos distintos; los distintos recorridos que se

crearon, fueron planteados para hacer trabajar las articulaciones tanto de manera individual, como combinadas. En la mayoría de los procesos de rehabilitación estudiados, es más importante el recuperar el movimiento regular y uniforme del miembro que el esfuerzo que se realiza, todos estos ejercicios buscan principalmente que las fibras musculares recuperen su elasticidad. Las cargas ó pesos se aplican de manera posterior para recuperar el volumen muscular y, esto es mas

## HOMBRO

## MOVIMIENTO ARTICULATORIO



13 Movimiento articulatorio del hombro.

---

bien trabajo de gimnasio que de terapia inicial.

Al estar el paciente realizando sus ejercicios es muy importante que sea consciente de los que está realizando, para que colabore intentando realizar los ejercicios, de la mejor manera posible en cada ocasión que los tenga que realizar, al saber exactamente cual es la función de cada uno de sus movimientos, podrá evaluar el mismo su actuación y, de esa manera podrá ir conociendo su avance día a día, esto se confirma cuando se realiza la evaluación de capacidades residuales y la evaluación particular por parte de la terapeuta.

Piedra angular en el proceso de creación del ejercitador fue la ergonomía y la antropometría, que se aplicaron para adecuarse lo mas posible a los lineamientos que marcan las necesidades tanto, de los pacientes como los de los terapeutas y doctores, que son los usuarios inmediatos.

La graduación apropiada de los esfuerzos y radios que se realizan con el rehabilitador, fué una de las condicionantes más importantes que se manejaron para hacerlo más adecuado a los trabajos específicos. Para esto se obtuvieron datos con médicos y terapeutas acerca de las recomendaciones al respecto, además del uso de tablas antropométricas. Ellos, fueron sugiriendo la graduación de los contrapesos y cuantos de ellos colocar.

Aunado a esto se consultaron tablas para determinar los arcos de movimiento que era preciso realizar, para determinar que grupo muscular se esta estimulando y a que articulación se esta haciendo trabajar de determinada manera.

La literatura médica en el área de la rehabilitación recomienda ejercicios de resistencia progresiva, sin embargo, tanto los terapeutas como los médicos entrevistados concordaron en que, si bien, los ejercicios de resistencia progresiva son muy buenos en cierto período de la rehabilitación, en las primeras etapas de ella, tenía mucha más importancia el recuperar la elasticidad de las fibras musculares, la coordinación y el funcionamiento de las articulaciones mediante el empleo de esfuerzos moderados. El desarrollo de un volumen muscular, pasaba a un segundo plano y, además, en ningún caso se buscaba el obtener grandes volúmenes musculares, como en el caso de los fisicoculturistas, sino un volumen adecuado con las

---

---

actividades del paciente, para lo cual no se desarrollan grandes esfuerzos instantáneos, sino secuencias de ejercicios con un esfuerzo controlado todo el tiempo, y a un máximo 75% de la fuerza total que se puede realizar en un momento dado, para no ocasionar desgarres ó fatiga prematura en los músculos.

La retroalimentación del paciente es sumamente importante ya que los resultados de la rehabilitación no son instantáneos, sino que es un proceso que dura un cierto período de tiempo y es fácil, que el paciente se desanime por no ver los resultados inmediatos, razón por la cual son importantes las tablas de avance, en las que se registran los progresos de los pacientes y su evolución durante la terapia, combinado con otros elementos tales como: variación de los recorridos o maneras de hacer los distintos ejercicios.

Al enfrentarse con un posible usuario con problemas de aprehensión, es decir, de agarre deficiente, los planteamientos se basaron en el uso de áreas de agarre más amplias, es decir, mangos más gruesos y la posibilidad de usar auxiliares que ayuden a una mejor sujeción durante la operación, siendo de particular importancia los topes y la rugosidad de las superficies de agarre, además de identificarlas por color, de tal forma se unificaron los colores y la texturas de la superficies en las cuales se va a trabajar, sin descuidar de que se trata de un elemento que va a estar en una unidad hospitalaria, por lo cual, tiene que tener una serie de características en los referente a higiene y mantenimiento.

Otro de los puntos a observar es la posición de la mano desocupada y los pies, dado que es importante la relación de estos con la capacidad para ejercer un esfuerzo en un momento dado. Para este fin se tiene destinado un espacio para la colocar la mano desocupada en la parte superior del cuerpo del ejercitador y, al promover el ser usado en una posición erguida se obtiene una posición paralela de los pies, en el caso del uso en silla de ruedas, el apoyo sobre el cuerpo facilita la estabilidad del tórax.

Los rangos de alcance son particularmente importantes por lo que se adaptaron a los percentiles de adultos de sexo femenino 1.5m y 1.8m de sexo masculino, lo cual se aleja un poco del perfil de consideraciones especiales, pero fue una sugerencia de los usuarios, por considerarlo un

---

rango que cubre un amplio sector de la población mexicana. Dichos rangos se pueden variar dependiendo del lugar donde se coloque el aparato y, como se usen los ajustes de que esta provisto.

En cuanto a lo que son herrajes, se cuidó particularmente que fueran sencillos, para que el personal encargado los pueda operar sin mayores problemas, y se les identificó con un color distinto, de esta forma son más fáciles de localizar.

Los de cantos de las piezas se redondearon a fin de que no presenten filos cortantes que pudieran ocasionar mayores problemas, así mismo las áreas de giro se cubrieron para evitar en lo posible "machucones", colocando guardas de protección en los sitios de riesgo detectados.

En las partes en contacto directo con la piel se busco que fueran amables al tacto, cuidando que los acabados de las superficies no fueran tóxicos, que los solventes de las pinturas no produjeran reacciones alérgicas una vez ya secos, y que todas las superficies fueran fáciles de limpiar para que no se acumulen gérmenes y bacterias.

Los contrapesos exigían características funcionales importantes en cuanto a su operación y uso. La transportación influyo ya que al considerarse como un elemento móvil que se puede transportar a sitios remotos, se busco que fuera lo mas compacto posible y, pese a que cuente con una cantidad de contrapesos limitada ofreciera la resistencia necesaria para realizar la rehabilitación.

Se implemento un código de color para facilitar el determinar el peso que se esta venciendo en cada sesión de trabajo. De tal forma se uso una gama en amarillos que al ir siendo más oscuro el tono del contrapeso se incrementa el peso del mismo.

Una de las aportaciones de este producto es la posibilidad de poder elaborar un recorrido de acuerdo a las necesidades específicas de la rehabilitación del paciente, además de poderle ofrecer una serie de recorridos básicos de arcos de movimiento, mediante el empleo de los

---

osciladores. Dichos recorridos pueden ser fabricados en un pequeño taller de mantenimiento con herramientas simples.

Se destinó un espacio para la colocar tanto osciladores como contrapesos durante la operación del mismo y que no se encuentren desperdigados por toda la mesa, pudiendo perderse, deteriorarse o estorbar.

Los bastones que soportan los contrapesos están diseñados de tal manera que no es posible que durante la operación caigan al piso, la única manera de retirarlos del cuerpo es por la parte superior. Los contrapesos se encuentran soportados por un tope y un seguro; este cuenta con dos pasos, se tiene que insertar alineando el cuerpo del mismo con la vertical para que pase a través de la perforación destinada para este fin y, una vez que llego al fondo, se gira hasta quedar alineado con la horizontal, la forma del mismo evita que se salga accidentalmente.

El diámetro de la perilla de fijación se buscó que fuera amplio para facilitar la fijación a el tablero de trabajo y se le dio una textura gruesa mediante el moleteado, para aumentar la fricción de la misma.

El ejercitador quedo conformado de todos estos elementos y otros más que le dieron su forma particular.

---

---

## **MECANICA APLICADA**

El principio de funcionamiento del ejercitador es el del péndulo oscilante, desprovisto de fuente motriz. El paciente al operarlo tiene que vencer la inercia inicial del péndulo, para poder comenzar el recorrido. Una vez que ya se venció el momento inicial, tiene que seguir sosteniendo el impulso, para evitar que el movimiento cese. Para poder guiar el recorrido del bastón, tiene que controlar la inercia y la fuerza centrífuga, generadas por la oscilación y rotación del péndulo.

Los esfuerzos que se realizan se van a ir modificando en función de la distancia a la que se encuentre el contrapeso en la barra inferior, el número de operaciones o secuencias realizadas, el ángulo entre la barra y el eje vertical y la altura a la que se este aplicando la fuerza para hacer oscilar la barra.

Entre mayor sea la distancia a la que se encuentre al contrapeso del punto de oscilación, se requiere más esfuerzo; contrariamente entre mayor sea la distancia entre el punto de apoyo de la mano y el punto de oscilación menor será la fuerza a aplicar.

---

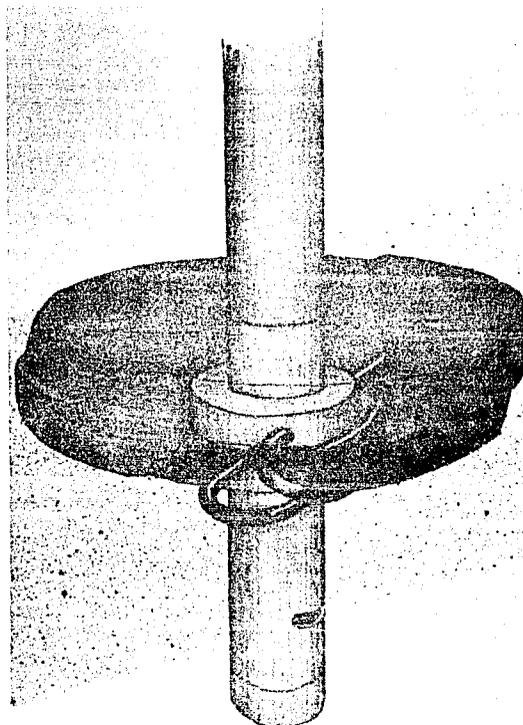
## USO Y MANEJO

Los ejercicios que permite realizar el REHA están basados en trayectorias principalmente en forma de arco. Dependiendo del tipo de oscilador con que se cuente, es el recorrido que se tiene que realizar. Los recorridos se pueden ir modificando de acuerdo a las necesidades del paciente y con la sola substitución de un disco se modifica esta relación de movimiento.

El paso inicial para operar el ejercitador es el de buscar un borde de mesa en el cual se cuente con un área libre tanto en la parte superior, en la parte inferior y, aproximadamente 50 cm hacia cada lado en el tablero de la mesa. La sujeción se realiza utilizando la prensa con que cuenta el cuerpo del ejercitador, que permite fijarla firmemente.

Una vez sujeta, se insertan los contrapesos necesarios en la barra inferior, sujetandolos con la mano izquierda, y en un movimiento de abajo hacia arriba, deslizandolos, a través de la perforación de los contrapesos por el tubo inferior. Se colocan a la altura deseada (alguna de las tres muescas en el tubo) mediante el tope inferior (pieza 20) provisto para este fin. Para asegurar el tope en su sitio se utiliza el seguro (pieza 10); este se inserta tomándolo por la parte curva con la mano derecha, quedando la parte recta arriba y se coloca horizontal, hecho esto se inserta hasta el fondo en la perforación con que cuenta el tope, haciéndolo pasar a través

---



14 Diagrama mostrando la inserción del seguro.

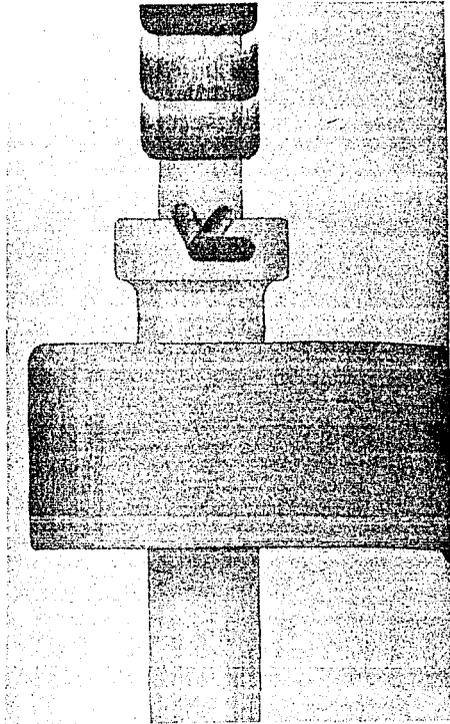
del tope, coincidiendo con la ranura deseada, dispuesta en el tubo inferior. Terminada esta operación se le da un cuarto de vuelta a el seguro (hacia el lado contrario al tubo y hasta que la parte curva quede alineada con la horizontal), esto para evitar que durante la operación se pudiera liberar accidentalmente, provocando la caída de los contrapesos (fig. 14).

La selección del oscilador (pieza 2) y su inserción en la boquilla especial en el cuerpo de REHA es el penúltimo paso para empezar a trabajar, estos se colocan por la parte superior del bastón de 3/4" (pieza 4), deslizando los a lo largo del tubo hasta el alojamiento dispuesto para ellos, teniendo cuidado de hacer que coincidan la muesca del disco oscilador con la saliente dispuesta en el cuerpo de REHA. Posteriormente y de la misma manera se coloca la guarda de protección.

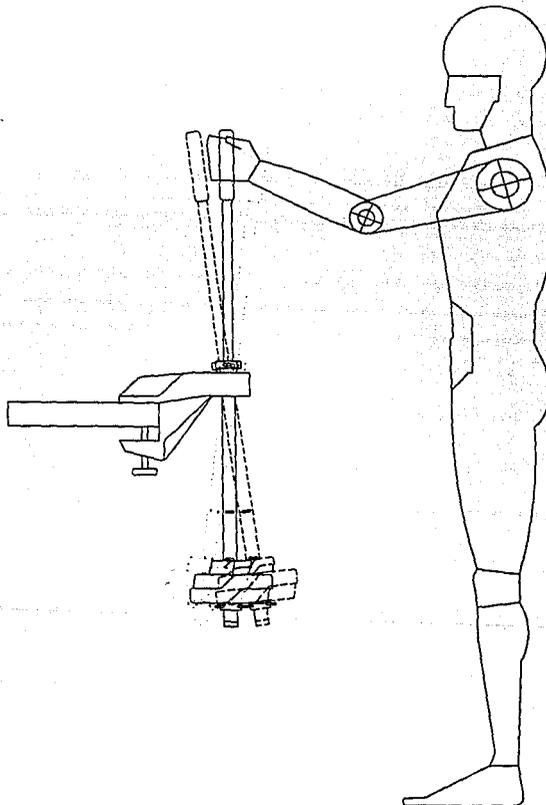
Por último se ajusta la altura del bastón, dependiendo de que

parte del miembro se quiere hacer trabajar y, de la estatura del sujeto. Para hacer esto se tiene que liberar la presión al tornillo de ajuste (pieza 9) sujeto al tope (pieza 8) y deslizar el bastón hasta la altura deseada (fig. 15).

El número de oscilaciones, ritmo, duración y tiempo de trabajo con cada oscilador, va a estar dado por el terapeuta, de acuerdo a el plan de trabajo y las capacidades del usuario.



15 Cambio de altura del bastón.



16 Diagrama mostrando la operación de REHA instalado.

## **PROCESOS DE FABRICACION**

Con una demanda esperada de 1500 piezas al año y, de acuerdo con las características del mercado nacional, el cual se caracteriza por pequeños talleres, las piezas se diseñaron para ser fabricadas por maquila y se ensamblan en un taller independiente.

La elección de los procesos a utilizar se definió en base a costos de fabricación de herramental, moldes y las características de trabajo de la pieza. Sin desligarse de estas limitantes, los resultados formales se adaptaron a este tipo de lenguajes formales. El análisis de los equipos existentes ó en uso, dio pautas en cuanto a materiales y sobre todo en lo referente a los acabados del ejercitador.

El cuerpo y la prensa se decidieron realizar por el método de fundición por gravedad, debido a las características de trabajo de las piezas y, la facilidad para cambiar los volúmenes de producción. En el momento que se requiriera un mayor número de piezas, se fabrican más modelos y se pueden vaciar más piezas. Después de la fundición se rebabean, limpian y se les realiza un maquinado a la prensa para rectificar las áreas que estarán en contacto con la mesa y, posteriormente pasan a el taller de ensamble para hacerles los roscados que las unirán. Por último paso se les da el acabado y pasan a ensamble final.

---

---

El tope, tope inferior y manivela son piezas maquinadas en torno, en latón, que después de ser trabajadas en el torno pasan a un maquinado posterior, para ciertas perforaciones ó roscados, dependiendo de la pieza. Posteriormente pasan a acabado y ensamble. Se selecciono este proceso por su bajo costo -en relación a fundición a presión, inyección ó similares-, las características de trabajo del material, que se adaptaban a las requeridas por las piezas y también por la variación en los volúmenes a producir.

El tornillo de ajuste para variar la longitud del bastón y el tornillo de prensa, también son piezas maquinadas en torno, pero por sus características de trabajo, requirieron de un material más resistente, por lo que se substituyo el latón por cold roll. En el caso de la primera se rosca y dimensiona en el torno, posteriormente pasa a doblado y acabado. El tornillo de prensa se rosca, moletea y dimensiona, hecho esto, pasa al galvanizado y ensamble.

Los osciladores son piezas que se pueden realizar en muchos materiales se proponen en lámina de PVC rígido de 3mm de espesor, pero en la clínica, los pueden manufacturar en acrílico. estireno, fibracel, triplay, aluminio, etc., es decir, en cualquier laminado, que se preste a ser trabajado en los talleres de mantenimiento, de las unidades médicas donde se encuentre. Por supuesto, de la elección del material, dependerá la duración de las pieza.

En cuanto a los acabados de las piezas que lleven pintura se recomiendan pinturas epoxicas por su gran duración y resistencia a golpes, rayaduras y en general al maltrato.

Los seguros se proponen de barra de AC 1035, redondo de 1/8", con un acabado también de pintura epoxica para evitar oxidación.

Por último el protector es una pieza suajada en neopreno de 3mm hecha en un solo paso y, es la última pieza que se ensambla.

Como se puede observar las piezas se fueron agrupando por familias de materiales y de procesos, para reducir en lo posible el número de proveedores tanto de materias primas como de procesos.

---

A continuación se presenta una descripción detallada de la secuencia de producción de cada una de las piezas ordenadas por el número progresivo usado en la tabla de especificaciones (lámina 5).

**1 PROTECTOR**

PASO	PROCESO	MAQUINARIA	HERRAMIENTA	DISPOSITIVO
1	Corte	----	Suaje	Prensa

**2 OSCILADOR**

PASO	PROCESO	MAQUINARIA	HERRAMIENTA	DISPOSITIVO
1	Trazado	----	Lápiz	Plantilla
2	Calado	Router	Cortador	
3	Rebabeado	----	Navaja	----

**3 GUANTE**

PASO	PROCESO	MAQUINARIA	HERRAMIENTA	DISPOSITIVO
		----	----	----

**4 BASTON 3/4"**

PASO	PROCESO	MAQUINARIA	HERRAMIENTA	DISPOSITIVO
1	Dimensionado	Sierra radial	----	Tope
2	Rebabeado	Esmeril	----	----
3	Pintado	Compresora	Pistola	Colgador

**5 TUBO INFERIOR**

PASO	PROCESO	MAQUINARIA	HERRAMIENTA	DISPOSITIVO
1	Dimensionado	Sierra radial	----	Tope
2	Abocardado	----	Prensa	Dado
3	Perforado	Taladro	Broca	Prensa
4	Ponchado	----	Dado	Ponchadora
5	Rebabeado	Esmeril	----	----
6	Pintado	Compresora	Pistola	Colgador

**6 PIN 1"**

PASO	PROCESO	MAQUINARIA	HERRAMIENTA	DISPOSITIVO
	----	----	----	----

**7 CABO INFERIOR**

PASO	PROCESO	MAQUINARIA	HERRAMIENTA	DISPOSITIVO
1	Torneado	Torno	Buril	----
2	Corte	Torno	Buril cortador	----
3	Perforado	Taladro	Broca	Prensa
4	Rebabeado	----	Navaja	----
5	Pintado	Compresora	Pistola	Colgador

**8 TOPE**

PASO	PROCESO	MAQUINARIA	HERRAMIENTA	DISPOSITIVO
1	Torneado	Torno	Buril	----
2	Perforado	Torno	Broca	Broquero
3	Abocardado	Torno	Buril	----
4	Corte	Torno	Buril cortador	----
5	Perforado	Taladro	Broca	Prensa
6	Machueleado	----	Machuelo	Prensa
7	Rebabeado	----	Navaja	----
8	Pintado	Compresora	Pistola	Colgador

**9 TORNILLO DE AJUSTE**

PASO	PROCESO	MAQUINARIA	HERRAMIENTA	DISPOSITIVO
1	Roscado	Torno	Dado de reloj	Portadado
2	Dimensionado	Torno	Buril cortador	Tope
3	Doblado	----	Prensa	Doblador
4	Pintado	Compresora	Pistola	Colgador

**10 SEGURO**

PASO	PROCESO	MAQUINARIA	HERRAMIENTA	DISPOSITIVO
1	Dimensionado	----	Cizalla	Tope
2	Doblado	----	----	Doblador #1
3	2o Doblez	----	----	----
4	Pintado	Compresora	Pistola	Colgador

**11 Candado 3/8"**

PASO	PROCESO	MAQUINARIA	HERRAMIENTA	DISPOSITIVO
	----	----	----	----

**12 BASE DE APOYO**

PASO	PROCESO	MAQUINARIA	HERRAMIENTA	DISPOSITIVO
1	Dimensionado	----	Cizalla	Tope
2	Doblado	----	Dado	Doblador
3	Doblado	----	Dado	Doblador
4	Perforado	Taladro	Broca	Soporte
5	Rebabeado	Esmeril	----	----
6	Pintado	Compresora	Pistola	Colgador

**13 CUERPO**

PASO	PROCESO	MAQUINARIA	HERRAMIENTA	DISPOSITIVO
1	Prep. molde	Prensa	----	Modelo
2	Hacer colada	----	Pala	----
3	Hacer respiraderos	----	Baston	----
4	Vaciado	Horno	Crisol	----
5	Desmoldeo	Vibrador	Criba	----
6	Rebabeado	Sand-blast	----	----
7	Perforado(6)	Taladro	Broca	Base
8	Machueleado	----	Machuelo	
9	Pintado	Compresora	Pistola	Colgador

**14 PRENSA**

PASO	PROCESO	MAQUINARIA	HERRAMIENTA	DISPOSITIVO
1	Prep. molde	Prensa	----	Modelo
2	Hacer colada	----	Pala	----
3	Hacer respiraderos	----	Bastón	----
4	Vaciado	Horno	Crisol	----
5	Desmoldeo	Vibrador	Criba	----
6	Rebabeado	Sand-blast	----	----
7	Perforado(6)	Taladro	Broca	Base
8	Perforado(1)	Taladro	Broca	Base
9	Roscado	----	Machuelo	Prensa
10	Pintado	Compresora	Pistola	Colgador

**15 TORNILLOS 3/8" CP**

PASO	PROCESO	MAQUINARIA	HERRAMIENTA	DISPOSITIVO
		----	----	----

**16 TORNILLO DE PRENSA**

PASO	PROCESO	MAQUINARIA	HERRAMIENTA	DISPOSITIVO
1	Torneado	Torno	Buril	----
2	Roscado	Torno	Dado de reloj	Portadado
1	Moleteado	Torno	Moleteadora	----
3	Galvanizado	----	----	----

**17 PERILLA**

PASO	PROCESO	MAQUINARIA	HERRAMIENTA	DISPOSITIVO
1	Torneado	Torno	Buril	----
2	Moleteado	Torno	Moleteadora	----
3	Perforado	Torno	Broca	Broquero
4	Corte	Torno	Buril cortador	----
5	Pintado	Compresora	Pistola	Colgador

**18 PESA DE 1Kg**

PASO	PROCESO	MAQUINARIA	HERRAMIENTA	DISPOSITIVO
1	Prep. molde	Prensa	----	Modelo
2	Hacer colada	----	Paia	----
3	Hacer respiraderos	----	Bastón	----
4	Vaciado	Horno	Crisol	----
5	Desmoldeo	Vibrador	Criba	----
6	Rebabeado	Sand-blast	----	----
7	Pintado	Compresora	Pistola	Colgador

**19 PESA 5 Kg**

PASO	PROCESO	MAQUINARIA	HERRAMIENTA	DISPOSITIVO
1	Prep. molde	Prensa	----	Modelo
2	Hacer colada	----	Pala	----
3	Hacer respiraderos	----	Bastón	----
4	Vaciado	Horno	Crisol	----
5	Desmoldeo	Vibrador	Criba	----
6	Rebabeado	Sand-blast	----	----
7	Pintado	Compresora	Pistola	Colgador

**20 TOPE INFERIOR**

PASO	PROCESO	MAQUINARIA	HERRAMIENTA	DISPOSITIVO
1	Torneado		Torno	Buril
2	Perforado		Torno	Broca
3	Corte		Torno	Buril cortador
4	Perforado		Taladro	Broca
5	Rebabeado		----	Navaja
6	Pintado		Compresora	Pistola

**SUB ENSAMBLES**

(Se recomienda consultar la lamina 5)

**1 ARMADO CUERPO**

PASO	PROCESO	MAQUINARIA	HERRAMIENTA	DISPOSITIVO
1	Atornillado con 15	----	Desarmador	----
2	Prensado 17 a 16	----	Prensa	Base
3	Colocación 16 a 14	----	----	----
4	Colocar 12 a 17	----	----	----
5	Asegurar 12 con 11	----	Pinzas	----

**2 TUBO INFERIOR**

PASO	PROCESO	MAQUINARIA	HERRAMIENTA	DISPOSITIVO
1	Atornillado pieza 9 a 8	----	----	----
2	inserción 9 a 5	----	----	----
3	Colocación 7 a 5	----	----	----
4	Asegurado 7 con 6	----	Pinzas	----

**3 TUBO 3/4"**

PASO	PROCESO	MAQUINARIA	HERRAMIENTA	DISPOSITIVO
1	Colocación 3 a 4	----	----	----

Una vez hechos los subensambles se comienza a armar el producto, insertando el sub ensamble 2 a el sub ensamble 1, se inserta y asegura -mediante el tornillo de ajuste 9- el tubo 3, se colocan el oscilador 2 y la guarda 1, restando la colocación de los contrapesos, asegurandolos mediante el tope 20 y el seguro 10 para que el ejercitador quede armado.





**PIEZA NO.5 TUBO INFERIOR**

OPERACION	MAT.PRIMA	TIEMPO	MANO O.	EQUIPO	M.P C/U	TOTAL
Corte	\$21,450	0.5	\$11	\$10	\$2,383	\$2,404
Abocardado	\$0	1.0	\$23	\$100	\$0	\$123
Perforado	\$0	0.6	\$14	\$28	\$0	\$42
Ponchado	\$0	3.0	\$68	\$85	\$0	\$153
Rebabeado	\$0	1.0	\$23	\$20	\$0	\$43
Pintado	\$780	5.0	\$113	\$300	\$0	\$423

\$3,188

**PIEZA NO.6 PIN 1"**

OPERACION	MAT.PRIMA	TIEMPO	MANO O.	EQUIPO	M.P C/U	TOTAL
Compra	\$320	0.0	\$0	\$0	\$320	\$320

\$320

**PIEZA NO.7 CABO INFERIOR**

OPERACION	MAT.PRIMA	TIEMPO	MANO O.	EQUIPO	M.P C/U	TOTAL
COMPRA	\$3,654	0.0	\$0	\$0	\$3,654	\$3,654

\$3,654

**PIEZA NO.8 TOPE**

OPERACION	MAT.PRIMA	TIEMPO	MANO O.	EQUIPO	M.P C/U	TOTAL
COMPRA	\$2,900	0.0	\$0	\$0	\$2,900	\$2,900

\$2,900

**PIEZA NO.9 TORNILLO DE AJUSTE**

OPERACION	MAT.PRIMA	TIEMPO	MANO O.	EQUIPO	M.P C/U	TOTAL
Compra	\$0	0	\$0	\$0	\$1,560	\$1,560

\$1,560

**OPIEZA NO.10 SEGURO**

OPERACION	MAT.PRIMA	TIEMPO	MANO O.	EQUIPO	M.P C/U	TOTAL
Corte	\$6,800	0.3	\$7	\$10	\$57	\$73
Doblado	\$0	1.0	\$23	\$40	\$0	\$63
Doblado 2	\$0	1.5	\$34	\$40	\$0	\$74
Pintado	\$300	1.0	\$23	\$10	\$3	\$35

\$247

**PIEZA NO.11 CANDADO 3/8"**

OPERACION	MAT.PRIMA	TIEMPO	MANO O.	EQUIPO	M.P C/U	TOTAL
Compra	\$320	0.0	\$0	\$0	\$320	\$320

\$320

**PIEZA NO.12 BASE DE APOYO**

OPERACION	MAT.PRIMA	TIEMPO	MANO O.	EQUIPO	M.P C/U	TOTAL
Corte	\$12,000	0.5	\$11	\$10	\$240	\$261
Doblado (2 op)	\$0	4.0	\$90	\$60	\$0	\$150
Perforado	\$0	2.0	\$45	\$10	\$0	\$55
Rebabeado	\$0	1.0	\$23	\$20	\$0	\$43
Pintado	\$350	2.0	\$45	\$300	\$350	\$695

\$1,204

**PIEZA NO.13 CUERPO**

OPERACION	MAT.PRIMA	TIEMPO	MANO O.	EQUIPO	M.P C/U	TOTAL
Maquila fund.	\$35,000	0.0	\$0	\$0	\$35,000	\$35,000
Perforado (6)	\$0	12.0	\$270	\$10	\$0	\$280
Machueleado (6)	\$0	12.0	\$270	\$200	\$0	\$470
Pintado	\$2,000	4.0	\$90	\$300	\$2,000	\$2,390

\$38,140

**PIEZA NO.14 PRENSA**

OPERACION	MAT.PRIMA	TIEMPO	MANO O.	EQUIPO	M.P C/U	TOTAL
Maquila fund.	\$42,500	0.0	\$0	\$0	\$42,500	\$42,500
Perforado (6)	\$0	12.0	\$270	\$10	\$0	\$280
Perforado (1)	\$0	2.0	\$45	\$10	\$0	\$55
Machueleado	\$0	2.0	\$45	\$150	\$0	\$195

\$43,030

**PIEZA NO.15 TORNILLOS 3/8" CABEZA PLANA**

OPERACION	MAT.PRIMA	TIEMPO	MANO O.	EQUIPO	M.P C/U	TOTAL
Compra (6)	\$150	0.0	\$0	\$0	\$900	\$900

\$900

**PIEZA NO.16 TORNILLO DE PRENSA**

OPERACION	MAT.PRIMA	TIEMPO	MANO O.	EQUIPO	M.P C/U	TOTAL
Compra	\$4,600	0.0	\$0	\$0	\$4,600	\$4,600

\$4,600

**PIEZA NO.17 PERILLA**

OPERACION	MAT.PRIMA	TIEMPO	MANO O.	EQUIPO	M.P C/U	TOTAL
Compra	\$2,200	0.0	\$0	\$0	\$2,200	\$2,200

\$2,200

**PIEZA NO.18 PRENSA 1Kg**

OPERACION	MAT.PRIMA	TIEMPO	MANO O.	EQUIPO	M.P C/U	TOTAL
Compra	\$12,000	0.0	\$0	\$0	\$12,000	\$12,000
Pintado	\$1,200	4.0	\$90	\$300	\$1,200	\$1,590

\$13,590

**PIEZA NO.19 PRENSA 5Kg**

OPERACION	MAT.PRIMA	TIEMPO	MANO O.	EQUIPO	M.P C/U	TOTAL
Compra	\$40,000	0.0	\$0	\$0	\$40,000	\$40,000
Pintado	\$2,400	6.0	\$135	\$300	\$2,400	\$2,835

\$42,835

**PIEZA NO.20 TOPE INFERIOR**

OPERACION	MAT.PRIMA	TIEMPO	MANO O.	EQUIPO	M.P C/U	TOTAL
Compra	\$3,500	0.0	\$0	\$0	\$3,500	\$3,500

\$3,500

**ANALISIS DE COSTOS DE SUB ENSAMBLES****SUB ENSAMBLE 1 ARMADO CUERPO**

OPERACION	TIEMPO	REP.	MANO O.	EQUIPO	herramienta	TOTAL
Atornillado	2.0	6	\$270	\$20	\$20	\$310
Prensado 17-16	2.0	1	\$45	\$25	\$30	\$100
Col. 16-14	1.5	1	\$34	\$0	\$0	\$34
Col. 12-17	1.0	1	\$23	\$0	\$0	\$23
Asegurar 12	1.0	1	\$23	\$0	\$5	\$28

\$495

**SUB ENSAMBLE 2 TUBO INFERIOR**

OPERACION	TIEMPO	REP.	MANO O.	EQUIPO	HERR.	TOTAL
Atornillado 8-9	2.0	6	\$270	\$0	\$0	\$270
Col. 7-5	0.5	1	\$11	\$0	\$0	\$11
Asegurado 7-6			\$0	\$20	\$5	\$25

\$306

**SUB ENSAMBLE 2 TUBO 3/4"**

OPERACION	TIEMPO	REP.	MANO O.	EQUIPO	HERR.	TOTAL
Col. 3-4	1.0	1	\$23	\$0	\$0	\$23

\$23

**OTRAS OPERACIONES**

OPERACION	TIEMPO	REP.	MANO O.	EQUIPO	herramienta	TOTAL
Otros	10.0	1	\$225	\$0	\$0	\$225
Empaque	1.0	1	\$23	\$3,000	\$0	\$3,023

\$3,248

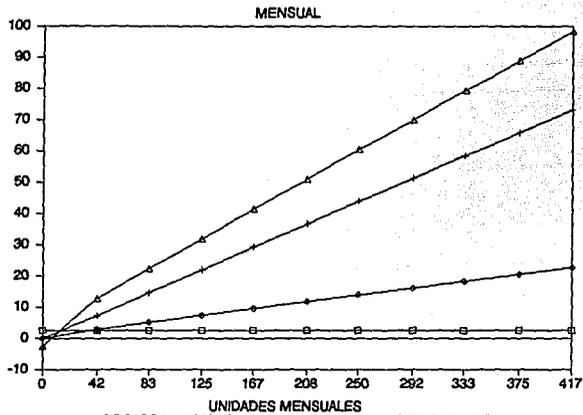
**TOTAL COSTOS VARIABLES****\$175,546****ANALISIS COSTOS FIJOS**

CONCEPTOS	MONTO	T. DEP.	M. DEP.	DEP. MEN	TOTAL
Renta	\$1,000,000	0	\$0	\$0	\$1,000,000
Cia. Luz	\$200,000	0	\$0	\$0	\$200,000
Telefono	\$150,000	0	\$0	\$0	\$150,000
Agua	\$50,000	0	\$0	\$0	\$50,000
Mobiliario	\$1,000,000	10	\$100,000	\$8,333	\$8,333
Secretaria	\$500,000	0	\$0	\$0	\$500,000
Impuestos	\$150,000	0	\$0	\$0	\$150,000
Diseño	\$3,000,000	3	\$1,000,000	\$83,333	\$83,333
Sup. Producción	\$400,000	0	\$0	\$0	\$400,000
Maquinaria	\$1,400,000	5	\$280,000	\$23,333	\$23,333

**TOTAL COSTOS FIJOS****\$2,565,000****PRODUCCION ESTIMADA**

PIEZAS	P/MES.	C.FIJS	C.VARIABLES	C.UNITARIO	P.VENTA	UTI.PZA	UTILIDAD MES	INGRESOS
0	0.0	\$2,565,000	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$-2,565,000
500	41.7	\$2,565,000	\$7,314,417	\$237,106	\$308,238	\$71,132	\$2,963,825	\$12,843,242
1000	83.3	\$2,565,000	\$14,628,833	\$206,326	\$268,224	\$61,898	\$5,158,150	\$22,351,983
1500	125.0	\$2,565,000	\$21,943,250	\$196,066	\$254,886	\$58,820	\$7,352,475	\$31,860,725
2000	166.7	\$2,565,000	\$29,257,667	\$190,936	\$248,217	\$57,281	\$9,546,800	\$41,369,467
2500	208.3	\$2,565,000	\$36,572,083	\$187,858	\$244,215	\$56,357	\$11,741,125	\$50,878,208
3000	250.0	\$2,565,000	\$43,886,500	\$185,806	\$241,548	\$55,742	\$13,935,450	\$60,386,950
3500	291.7	\$2,565,000	\$51,200,917	\$184,340	\$239,642	\$55,302	\$16,129,775	\$69,895,692
4000	333.3	\$2,565,000	\$58,515,333	\$183,241	\$238,213	\$54,972	\$18,324,100	\$79,404,433
4500	375.0	\$2,565,000	\$65,829,750	\$182,386	\$237,102	\$54,716	\$20,518,425	\$88,913,175
5000	416.7	\$2,565,000	\$73,144,167	\$181,702	\$236,213	\$54,511	\$22,712,750	\$98,421,917

UTILIDAD Vs. PRODUCCION



COSTOS FIJOS

+ COSTOS VARIABLES

○ UTILIDAD MES

Δ INGRESOS

## ESTETICA

La conformación de REHA se vio influida por los aspectos funcionales, sin embargo, se buscó el incorporarle ciertas reminiscencias prehispánicas, en cuanto al manejo de un juego de texturas en el cuerpo y las pesas. En ellos maneja la dualidad prehispánica al tener acabados lisos contrastados por texturas ásperas en las zonas en las cuales no se debe de colocar la mano, también este cambio de textura provoca un cambio de tono y un juego de volúmenes.

La robustez general, la monumentalidad y parte del manejo de los colores, también son parte de esta influencia, sin embargo también responden a la búsqueda de una sensación de solidez y fortaleza, para que el usuario no tema que durante la operación se despedace ó deteriore.

En los contrapesos se incorporó una greca estilizada como parte de su imagen gráfica. Si bien no es una copia fiel, no se trataba de eso, sino solo una reminiscencia y una continuación del juego de inclinaciones del cuerpo.

Los colores utilizados son neutro en las partes no manipulables como son los bastones y el cuerpo. Por lo cual, se emplearon un juego de grises uno cálido en el cuerpo, contrastando con uno frío en los bastones y topes básicamente para diferenciarlos como elementos independientes.

---

En las partes manipulables se eligieron colores cálidos, por dos motivos: primero diferenciar claramente las partes importantes como el tornillo de ajuste, la manivela y el seguro y, como segundo motivo, por la sensación de fuerza con que estos colores son asociados, por lo cual, a los ya mencionados se les dio un color rojo que se asocia con fuerza y, a los contrapesos, se les asigno tonos de amarillo en graduación, entre más peso, más cercano en la escala cromática al rojo, que también se asocia con precaución.

El guante y la guarda son neutros, el color negro es para que se note lo menos posible la suciedad por manipulación, dado el manejo que van a tener, es principalmente funcional.

## CONCLUSIONES

Después de analizar el perfil del producto ideal propuesto al inicio del tema, saltan varios puntos a la vista y estos son:

En cierta forma se perdió la especificidad en el tema al no ser para rehabilitación laboral, sin embargo, al ampliarse el rango de aplicación, se ganó el beneficio de una población de usuarios más amplia, que tendrá acceso a este tipo de productos, con lo cual se espera poder reducir el número de pacientes que lleguen a las unidades de rehabilitación.

Desde otra perspectiva, el producto final puede tener posibilidades de comercializarse para su uso en gente sana, como un auxiliar en la prevención de padecimientos tales como inflamación de los tendones del supraespinoso, que es uno de los padecimientos más comunes de la población citadina después de los cuarenta y cinco años. Como ayuda en padecimientos reumáticos, traumatismos, etc.

Hubo ganancias importantes en el campo de la ergonomía, aplicaciones médicas y antropométricas que no se contemplan en los aparatos que actualmente se usan. Un ejemplo de éste, es la graduación de los contrapesos, que son sensiblemente más ligeros que los que

---

ofrecen los equipos deportivos. Otra es la posibilidad de adaptar la longitud del bastón de acuerdo al padecimiento y la altura del paciente.

La facilidad de intercambiar los osciladores y, con esto las trayectorias de recorrido, es otra ganancia importante ya que se puede hacer que el aparato se comporte de una manera distinta para cada usuario y, con un costo sumamente reducido.

Se logra facilidad para el transporte, instalación y operación que le brindan al usuario, terapeuta y médico, la capacidad de poder recibir el empaque cerrado y, mediante un sencillo instructivo, ensamblarlo y ponerlo en operación. De esta forma se puede hacer llegar a sitios lejanos, ampliando las posibilidades de acceso a la rehabilitación, ya que puede ser instalado en cualquier superficie horizontal disponible, que permita la oscilación de los contrapesos en la parte inferior del mismo. De esta manera se puede establecer una unidad de trabajo independiente para la rehabilitación de algún usuario, pudiendo ser esta fija ó temporal.

En el área de los procesos de fabricación se adapta a las características específicas de la micro industria nacional y permite a una serie de pequeños talleres el tener trabajo de maquila, no necesitando maquinaria o herramientas sofisticadas ó de vanguardia tecnológica, sino que, los moldes y cortadores son simples.

En las ayudas para la actuación se implementaron códigos de color, áreas de guardado de las partes temporalmente fuera de uso, seguros y topes fáciles de operar, hojas de evaluación para ayudar a la retroalimentación del usuario.

Quizá lo que destaca principalmente es el hecho de que se estableció un cambio del concepto, en el principio de trabajo de lo que es un rehabilitador para las etapas iniciales, de que si bien es superable la base de trabajo, esta lista para ser probada y sobre esto hacer evaluaciones objetivas acerca de su verdadero valor y utilidad.

Lo fundamental de la innovación del concepto estriba en la practica ausencia peso al estar operando REHA, lo que permite al usuario seguir el recorrido prefijado por el disco, haciendo

---

---

trabajar su miembro de una manera muy particular, estimulando ciertos grupos musculares en específico, de acuerdo a sus necesidades particulares.

---

## **BIBLIOGRAFIA**

**ANUARIO ESTADISTICO DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS  
1988-1989.**

INEGI.

INEGI, MEXICO 1990.

**ASPECTOS SOCIO-ECONOMICOS DE LA INVALIDEZ.**

Ponencia Dr. Ruben Ricalde Noriega, Lic T.S. Araceli Taltoa.

SINTEX, México D.F. 1981.

---

---

**BIOLOGIA.**

Nasson, Alvin.

Ed. Limussa, México D.F. 1981.

**DIMENSIONES HUMANAS EN LOS ESPACIOS INTERIORES.**

Panero, Julius; Zelnik, Martin.

Ed. Gustavo Gilli, México 1989.

**EL CUERPO HUMANO.**

Col. Científica TIME-LIFE.

Ed. TIME LIFE, México D.F. 1971.

**EL FISICO VISITA AL BIOLOGO.**

Bogdánov, K.

Ed. MIR MOSCU, U.R.S.S. 1989.

**ELEMENTOS DE APOYO PARA EL INCAPACITADO FISICO.**

Dirección General de Obras y patrimonio Inmobiliario.

Jefatura de proyectos.

IMSS, México 1986.

---

---

**ENCICLOPEDIA LABOR.**

Tomo 3, La vida.

Varios autores.

Ed. Labor, Barcelona España 1956.

**ERGONOMIA EN ACCION.**

Osborne, David J.

Trillas, México 1987.

**HUMAN FACTORS DESIGN HANDBOOK.**

Woodson, Wesley E.

Ed Mc.Graw Hill-Hill Book Co.

**HUMANFACTORS IN ENGINEERING AND DESIGN.**

McCormic.

**LEGISLACION PARA LA REHABILITACION DE INVALIDOS EN MÉXICO.**

**PRIORIDADES PARA LA REHABILITACION DE INVALIDOS.**

S.S.A subsecretaría de asistencia.

Dirección general de rehabilitación.

---

**REHABILITACION MEDICA.**

Ponencia Dr. Alfonso Tohen Zamudio.

SINTEX, México D.F. 1981.

---

---

## APENDICE A

## ACTIVIDADES Y CONDICIONES QUE REQUIERE EL PUESTO

Movimiento de hombro der.	EXTREMIDAD USO	CIUDAD:
Movimiento de hombro izq.		REGISTRO PATRONAL:
Movimiento de mano der.	ESTRÉS	DIRECCIÓN Y TELÉFONO:
Movimiento de mano izq.		LOCALIDAD:
Movimiento de dedos der.	MOVIMIENTO Y POSTURA	NOMBRE DEL JEFE DE PERSONAL:
Movimiento de dedos izq.		NÚMERO DE EMPLEADOS EN LA EMPRESA
Trabajo sedentario	SENTIDOS	PUESTO:
Trabajo ligero		TURNO:
Trabajo medio	ASPECTOS INERTALES	SALARIO:
Trabajo pesado		DESCRIPCIÓN:
Trabajo muy pesado	ASPECTOS INERTALES	1.- TAREAS
Luz solar		2.- MATERIAL, HERRAMIENTA, EQUIPO
Tranz correr	ASPECTOS INERTALES	3.- ACTIVIDADES: DIARIAS, PERIÓDICAS, OCASIONALES.
Bañar		4.- RIESGOS; ACTOS INSEGUROS; CONDICIONES INSEGURAS.
Enfriar	ASPECTOS INERTALES	5.- MEDIDAS DE PROTECCIÓN
Sentado y período eterno		OBSERVACIONES:
Sentado siempre	ASPECTOS INERTALES	
Perodo siempre		
Flexión del tronco	ASPECTOS INERTALES	
Rotación del tronco		
Encorvad. sillón, sillas, etc.	ASPECTOS INERTALES	
Acostado y otras posturas		
Caminar	ASPECTOS INERTALES	
Balancearse		
Trasar	ASPECTOS INERTALES	
Coordinación binocular		
Coordinación visuomotriz	ASPECTOS INERTALES	
Movimientos de precisión		
Dir. palabras	ASPECTOS INERTALES	
Dir. zurdos		
Talón	ASPECTOS INERTALES	
Visión manual		
Visión de bultos y colores	ASPECTOS INERTALES	
Visión binocular		
Discriminación de colores	ASPECTOS INERTALES	
Discriminación de text.		
Discriminación constructiva	ASPECTOS INERTALES	
Discriminación olfatoria		
Vista moderada	ASPECTOS INERTALES	
Vista normal		
Vista alta	ASPECTOS INERTALES	
Visión media		
Visión popular	ASPECTOS INERTALES	
Visión superior		
Visión normal	ASPECTOS INERTALES	
Tracción		
Control	ASPECTOS INERTALES	
Intención		
Intensidad	ASPECTOS INERTALES	
Actividades variadas		
Intelecto	ASPECTOS INERTALES	
In. grupo		
Vendición pública	ASPECTOS INERTALES	
Subordinado		

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Trabajo intelectual	APTITUDES	OBSERVACIONES:
Trabajo psico-físico		
Trabajo físico		
Aptitud verbal		
Aptitud numérica		
Aptitud espacial		
Aptitud de percepción formal		
Aptitud para actividades de oficina		
Primaria incompleta		
Primaria completa		
Secundaria	ESCOLARIDAD	
Pre-universitario		
Universitario		
Obrero calificado		
Técnico medio		
Licenciado	CONDICIONES DEL TRABAJO	
Otros		
Temperatura alta		
Temperatura baja		
Temperatura cambiantes		
Humedad alta		
Iluminación		
Vibra pura no tóxica		
Vibra impura tóxica		
Ultrasonido 00 decibels		
Ultrasonido superior de 100		
Fibraciones 1/2 jornada		
Indicaciones		
En sueldos o agentes químicos		
Con pestilencia		
Exterior		
Locales cerrados		
Alturas		
Otros		

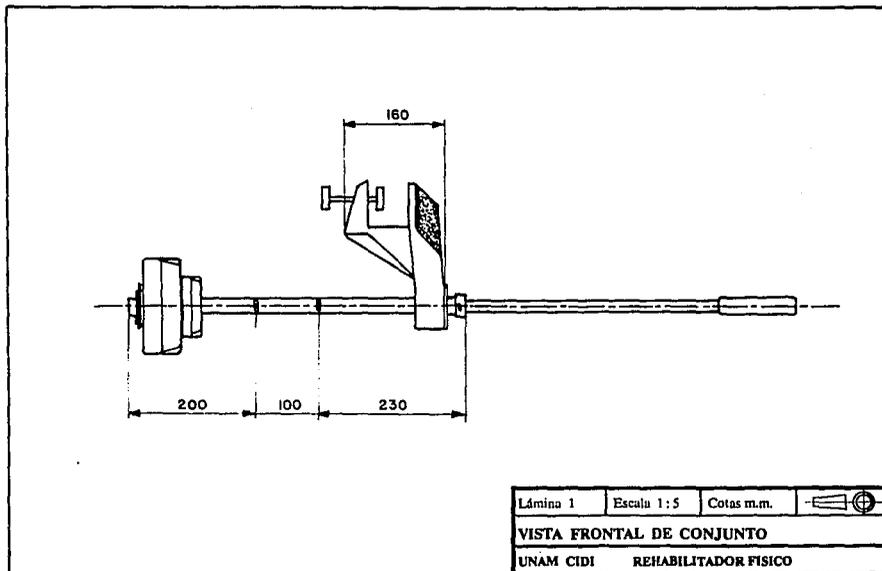
**APENDICE B**

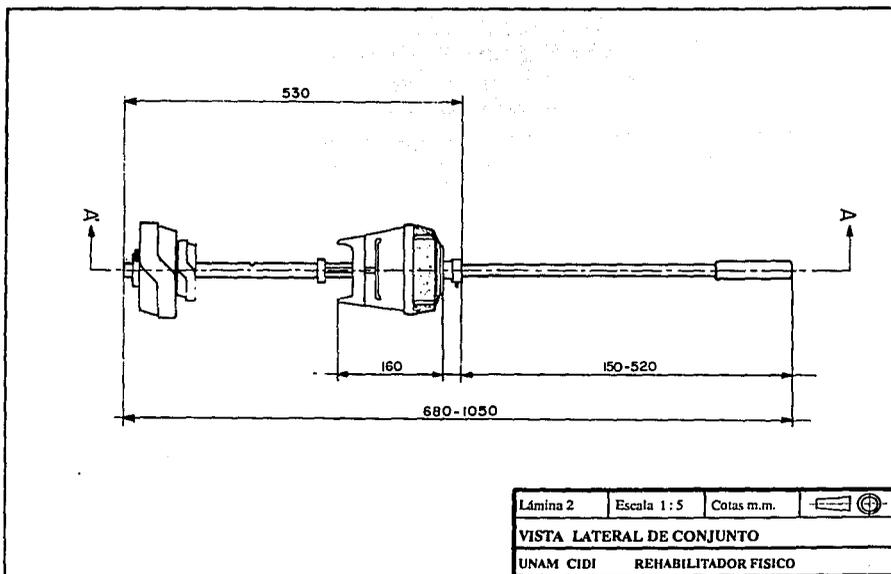
HOJA DE INGRESO DE TERAPIA LABORAL

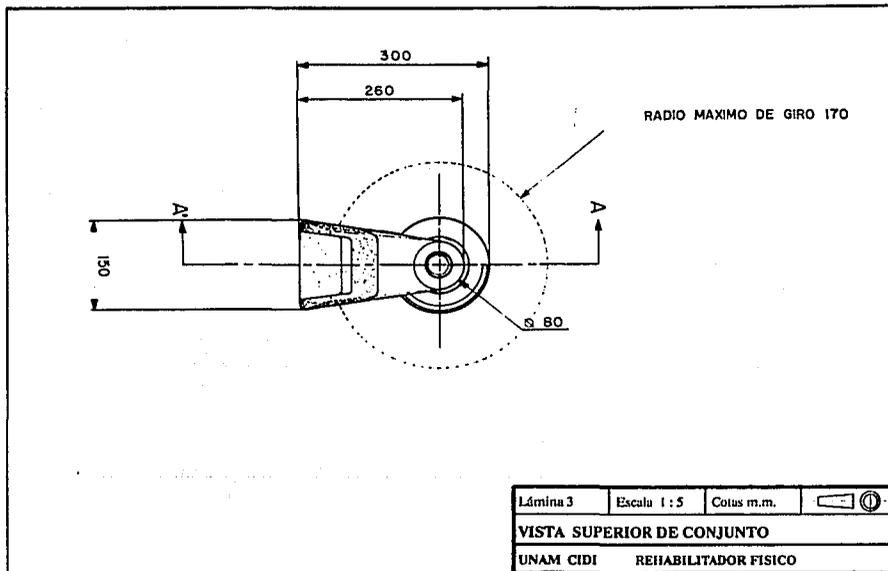
Fecha \_\_\_\_\_ Afiliación \_\_\_\_\_  
 Nombre \_\_\_\_\_ Edad \_\_\_\_\_ Sexo \_\_\_\_\_  
 Ed. Civil \_\_\_\_\_ Escolaridad \_\_\_\_\_  
 DOMINANCIA \_\_\_\_\_ Mano afertada \_\_\_\_\_  
 Médico tratante \_\_\_\_\_ Dr. \_\_\_\_\_  
 Domicilio del paciente \_\_\_\_\_  
 NOMBRE Y DOMICILIO DE LA EMPRESA \_\_\_\_\_  
 Actividad que desempeña \_\_\_\_\_ Actividad anterior \_\_\_\_\_  
 Antigüedad \_\_\_\_\_ Turno \_\_\_\_\_ Días de descanso \_\_\_\_\_  
 Horario: Entrada \_\_\_\_\_ Salida \_\_\_\_\_  
 EQUIPO: \_\_\_\_\_  
 Uniforme o equipo especial \_\_\_\_\_  
 Herramienta y material \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 Maquinaria \_\_\_\_\_  
 DESCRIPCIÓN DE OPERACIONES Y TAREAS (por orden) \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
**AMBIENTE FISICO DEL LUGAR DE TRABAJO:**  
 Iluminación: Buena \_\_\_\_\_ Regular \_\_\_\_\_ Mala \_\_\_\_\_  
 Ruidos: Poco ruido \_\_\_\_\_ Ruidosos \_\_\_\_\_ Muy Ruidoso \_\_\_\_\_  
 Vibraciones: Alta \_\_\_\_\_ Baja \_\_\_\_\_ Nula \_\_\_\_\_  
 Temperaturas: Cálida \_\_\_\_\_ Templada \_\_\_\_\_ Húmedo \_\_\_\_\_ Seco \_\_\_\_\_  
 Ventilación: Suficiente \_\_\_\_\_ Insuficiente \_\_\_\_\_  
 Sucio \_\_\_\_\_ polvo \_\_\_\_\_ otras substancias \_\_\_\_\_  
**EXIGENCIAS DEL TRABAJO:**  
 Posición: Sentado \_\_\_\_\_ De pie \_\_\_\_\_ Arrodillado \_\_\_\_\_ Cuelillas \_\_\_\_\_ Acostado 6  
 Desplazamiento corporal: caminar \_\_\_\_\_ Subir \_\_\_\_\_ Bajar \_\_\_\_\_ Getear \_\_\_\_\_ Trepar \_\_\_\_\_  
 inclinarse \_\_\_\_\_ Rotaciones \_\_\_\_\_  
**DESPLAZAMIENTO DE SEGMENTOS:**  
 alcantar \_\_\_\_\_ jalar \_\_\_\_\_ empujar \_\_\_\_\_ Levantarse \_\_\_\_\_  
 Desplazamiento con cargas (distancia y peso) \_\_\_\_\_  
 6 \_\_\_\_\_  
**EXACTITUD:** motriz, rápidos, manual, destreza digital, pulser \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 Tipos de presión requerida \_\_\_\_\_  
 Armonía: Uso de extremidades en forma alterna o simultánea \_\_\_\_\_  
**FACTORES SENSORIORECEPTIVOS:** el paciente requiere de:  
 Discriminación táctil \_\_\_\_\_ Sentido de posición \_\_\_\_\_  
 Percepción vibratoria \_\_\_\_\_ percepción de formas \_\_\_\_\_  
**FACTORES PSICOLÓGICOS:** el paciente requiere de:  
 Atención: \_\_\_\_\_ Concentración \_\_\_\_\_ Observación \_\_\_\_\_  
 Comprensión \_\_\_\_\_ Memoria \_\_\_\_\_ Iniciativa \_\_\_\_\_  
 Creatividad \_\_\_\_\_  
**CONCLUSIONES** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



## APENDICE D







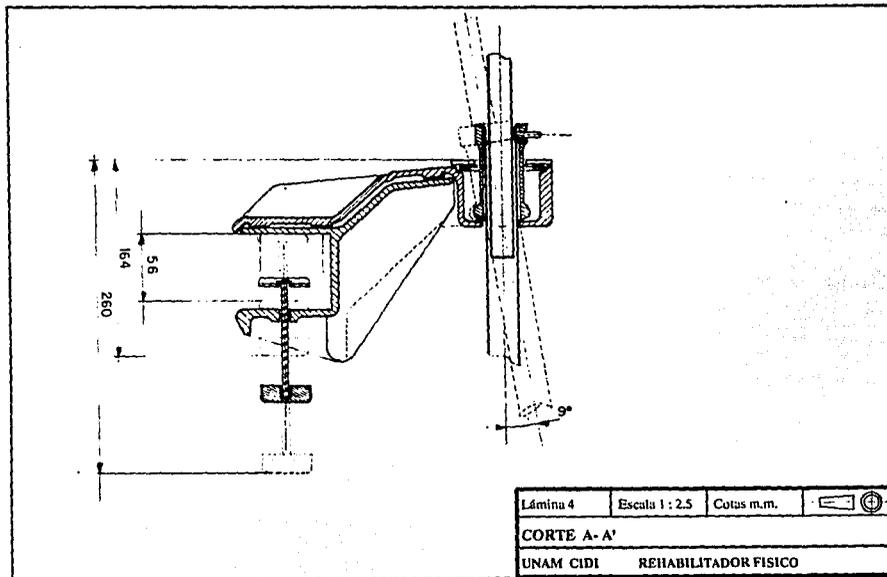


Lámina 4	Escala 1 : 2.5	Cotas m.m.	
----------	----------------	------------	---

**CORTE A- A'**

**UNAM CIDI REHABILITADOR FISICO**

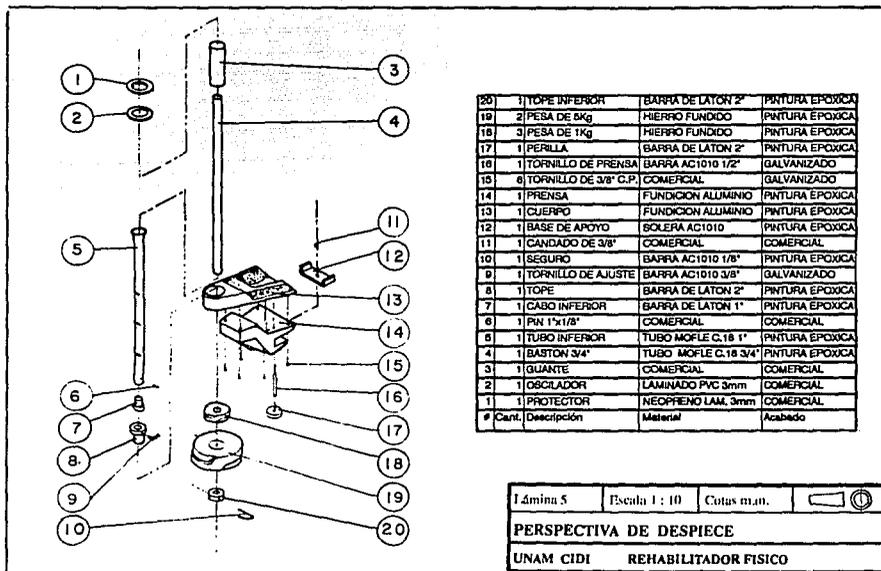
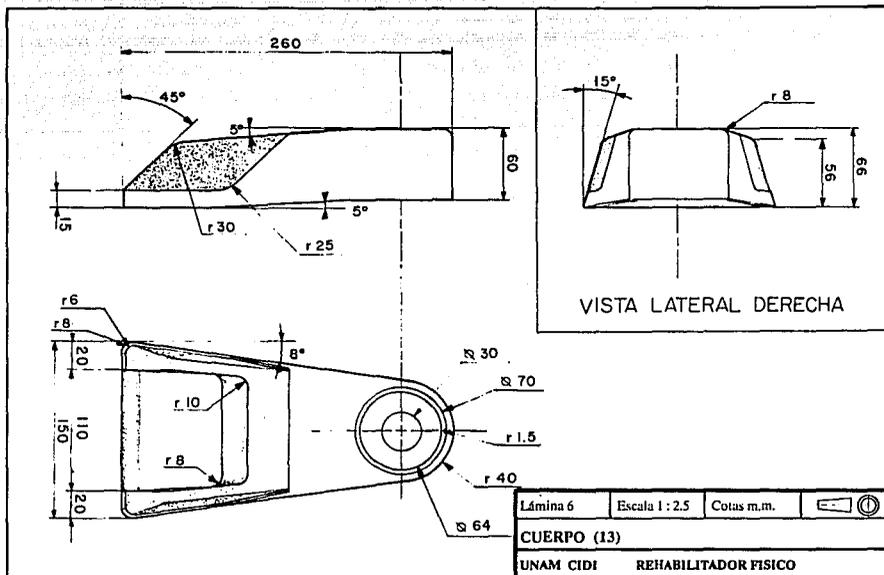
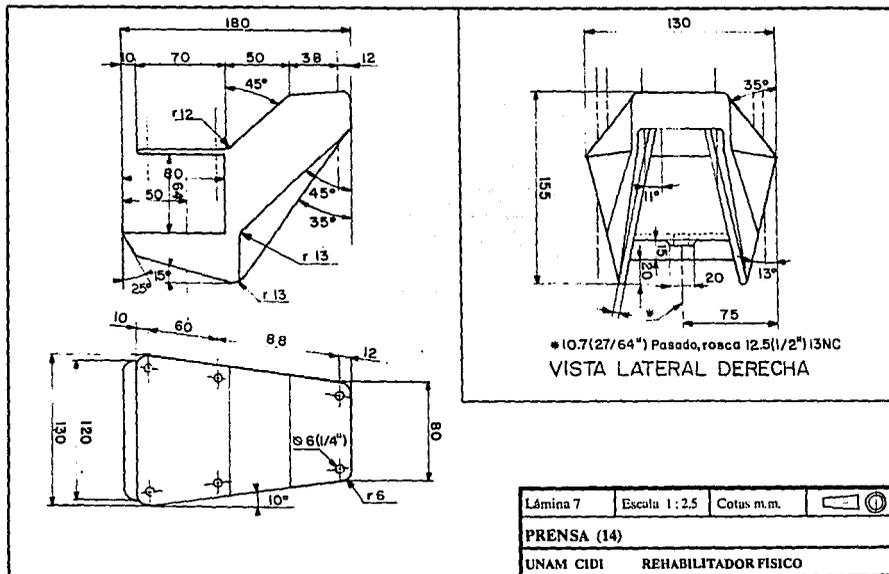


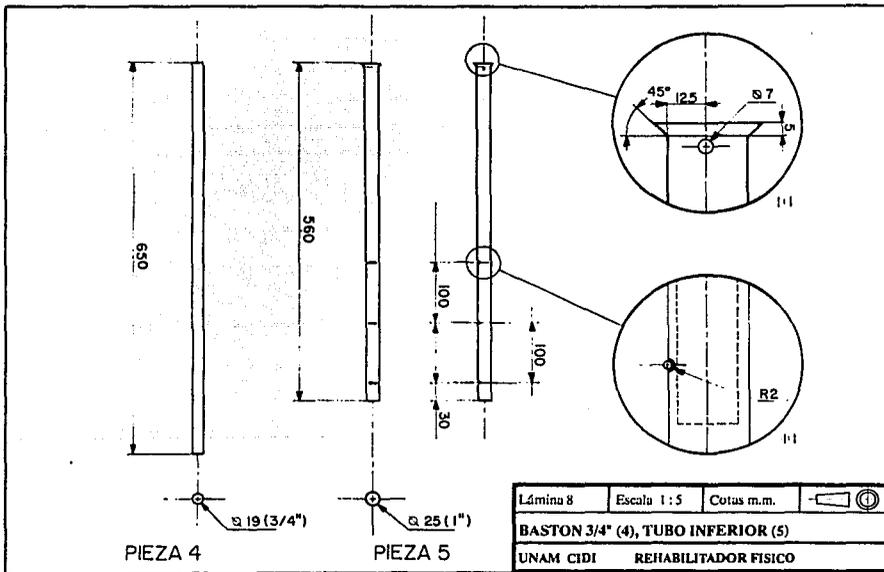
Lámina 5      Escala 1 : 10      Cotas m.m.     

**PERSPECTIVA DE DESPIECE**

UNAM CIDI      REHABILITADOR FISICO







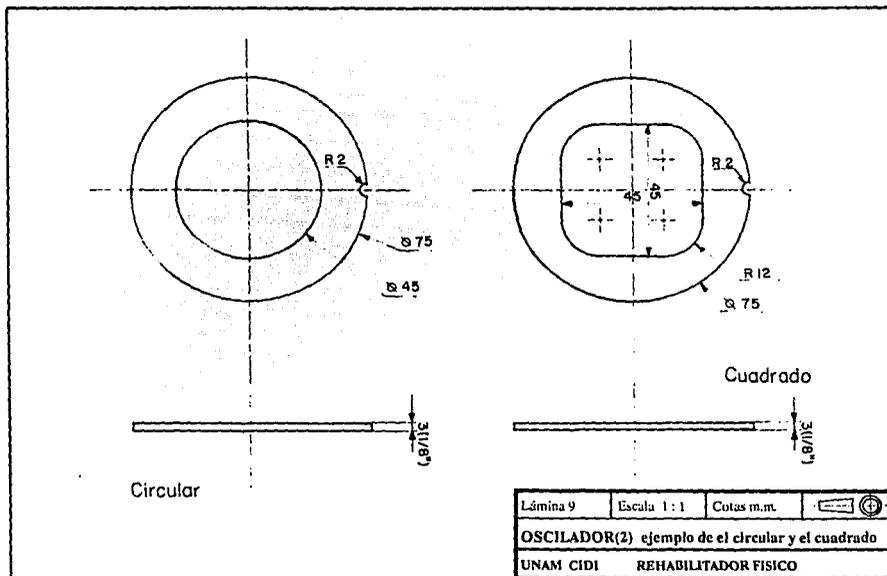


Lámina 9	Escala 1 : 1	Cotas m.m.	
OSCILADOR(2) ejemplo de el circular y el cuadrado			
UNAM CIDI		REHABILITADOR FISICO	

