

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fué diseñar, construir y validar un prototipo funcional de un dispositivo permitiendo la correcta aplicación de la Técnica contraer – relajar en la articulación del codo, por lo tanto se realizó una exhaustiva investigación de los parámetros anatómicos, fisiológicos y biomecánicos implicados en esta técnica; se contó con la asesoría de un Ingeniero Mecánico quién se encargó de realizar los cálculos pertinentes para la construcción del dispositivo, basado en el diseño realizado por las investigadoras a cargo de este proyecto. La validez del instrumento se determinó a través del juicio de 7 Fisioterapeutas quienes probaron el dispositivo con una muestra de 2 pacientes, con un diagnóstico no específico; cada paciente recibió mínimo 5 sesiones de fisioterapia. El resultado final es la presentación del prototipo acompañado de un manual de instrucciones, y con las observaciones requeridas para su funcionamiento efectivo. Se encontró que en términos generales el dispositivo permite una aplicación más precisa que la técnica convencional objetivizando la graduación de una resistencia, obteniendo como resultado final, un prototipo con características aceptables de funcionamiento, que está sujeto a mejoras debido a las observaciones obtenidas luego de su validación.

**PALABRAS CLAVE:** (DeCS), codo, parámetros anatómicos, fisiológicos y biomecánicos , resistencia.

## **DISPOSITIVO FUNCIONAL PARA CODO, APLICANDO LA TÉCNICA CONTRAER – RELAJAR: DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN A TRAVÉS DEL CONCEPTO DE UN GRUPO DE FISIOTERAPEUTAS**

Este proyecto se justifica en la necesidad de brindar una alternativa objetiva e innovadora que permita al fisioterapeuta utilizar una herramienta funcional para aplicar una resistencia estándar en la articulación de codo utilizando la técnica contraer-relajar, y así mismo generar un proceso laboral independiente para él mismo, así como una intervención activa del paciente en su proceso de rehabilitación.

Para dicho efecto el fisioterapeuta puede emplear diversidad de aparatos cuya resistencia se ejerce por frotamiento, resistencia hidráulica, por un sistema de palancas, por resistencia elástica o que facilitan el movimiento.

Todas estas técnicas de mecanoterapia son complementarias de los ejercicios de movilización que empleadas con prudencia integrarán una verdadera fisioterapia eficaz y variada; ya que estos aparatos han sido construidos con el fin de proporcionar versatilidad al tratamiento fisioterapéutico, pues el profesional a cargo tiene el criterio necesario para combinar estos aparatos con diferentes técnicas de tratamiento según las necesidades del paciente.

Este Ejercitador de codo constituye una excelente alternativa para el tratamiento de lesiones osteomusculares como fracturas de miembro superior que impliquen afección del codo directamente o por periodos de inmovilización prolongada, moderada disminución de la fuerza en la musculatura de codo, disminución en los rangos de movilidad articular de codo, lesiones de motoneurona superior (no espásticas), en deportistas, en lesiones de nervio periférico, entre otros que el profesional a cargo considere necesario.

El uso del Ejercitador de codo puede ser suprimido del tratamiento cuando el paciente presenta espasticidad, Neurotnesis o lesión completa de nervio periférico, alteración de las funciones mentales superiores (que impidan al paciente entender las instrucciones), Hiperestesia, Sepsis, limitación para la supinación, fracturas no consolidadas, quemaduras recientes en miembros superiores o tórax, estados agudos (inflamaciones), síndrome regional complejo.

La realización de este proyecto se llevó a cabo en compañía de un Ingeniero Mecánico, quien se encargó únicamente de la construcción de dicho dispositivo, con base en el diseño realizado por las investigadoras a cargo del proyecto, teniendo en cuenta los aspectos anatómicos, fisiológicos y biomecánicos con los cuales se establecieron parámetros funcionales para el correcto funcionamiento de este equipo.

Fue importante determinar también los puntos de fijación del aparato con el fin de evitar sustitución muscular por parte del paciente sin que esta fijación obstaculice el movimiento.

Este aparato permite la adaptación del miembro superior derecho e izquierdo, que esta sujeto a la necesidad que tiene el paciente según su patología.

Todos estos factores determinaron la selección de los materiales con el fin de que estos se ajusten al mecanismo que se utilizó resistiendo la carga, la cual es variable según las condiciones del individuo.

Los materiales que conforman este dispositivo fueron cuidadosamente seleccionados con el fin de evitar la aparición de efectos colaterales en el paciente como alergias, zonas de presión, cambios tróficos y circulatorios.

Por otro lado cabe resaltar que este proyecto pretende propender la participación activa del fisioterapeuta en el campo científico, específicamente en avances tecnológicos en rehabilitación, para lo cual es necesario interactuar con otras profesiones que contribuyan a crear herramientas funcionales que favorezcan el mejoramiento en la calidad de vida de quienes lo requieran.

Otras de las ventajas que ofrece la mecanoterapia serán permitir la precisión de la medición de la fuerza y la reproducibilidad de los ejercicios sin subestimar la disminución de fatiga del fisioterapeuta con frecuencia recargado de trabajo en algunos servicios (Xhardez, 2000).

Debido a la creciente demanda de pacientes y al poco tiempo del que disponen los profesionales en rehabilitación para atender a cada paciente en forma individual, se ve la necesidad de colaborar con el desempeño laboral del fisioterapeuta además de lograr la correcta ejecución del movimiento por parte del paciente. Esto es posible mediante la creación de un aparato que permita la correcta aplicación de la técnica contraer – relajar que actualmente se aplica de forma manual, y que implica la asistencia permanente del fisioterapeuta sobre el paciente con el fin de supervisar la correcta ejecución de la misma (no sustitución, aplicación precisa de la resistencia, entre otras).

Cabe resaltar que con la creación de este dispositivo funcional no se pretendió reemplazar al fisioterapeuta puesto que éste siempre liderara el proceso de rehabilitación, utilizando este equipo como una conducta de tratamiento que contribuye en la evolución del proceso de recuperación, el fisioterapeuta es quién toma la decisión de utilizar o no el equipo en cada paciente según sus necesidades individuales y por supuesto instruir al paciente indicándole como utilizar correctamente el aparato y supervisar el uso del mismo, teniendo la certeza de que el paciente que está utilizando el dispositivo lo esté haciendo correctamente, pues el aparato está en la capacidad de permitir la correcta aplicación de la técnica.

De hecho el diseño y la construcción de un aparato que permita la aplicación de la técnica contraer – relajar, generando una resistencia estándar constituye una novedad y un gran beneficio para el paciente puesto que cada fisioterapeuta aplica una resistencia manual que no es cuantificable debido a que cada profesional ejerce una fuerza diferente con mayor o menor resistencia según sus capacidades físicas.

Además, actualmente en el mercado no se encuentran variedad de aparatos que trabajen el fortalecimiento de la musculatura de codo y ninguno que aplique la técnica contraer – relajar. Los aparatos que se encuentran disponibles en el mercado no son accesibles a consultorios particulares debido a su alto costo y solo se limitan a centros especializados de tratamiento. Dada la complejidad del diseño y la construcción del aparato este proyecto pretendió construir un dispositivo funcional y validarlo a través de un grupo de fisioterapeutas la efectividad y funcionalidad del mismo, con el ánimo de dejar una base para futuras investigaciones que pretendan llevar a cabo estudios en una población de pacientes que requieran la utilización de dicho

Instrumento y realicen ajustes a las variables del diseño y llevar a cabo el proceso de reingeniería del prototipo en caso de que este lo requiera.

Para la realización de este proyecto fue necesario conocer la variedad de aparatos disponibles en el mercado que se relacionaban o semejaban con el diseño elaborado resultando infructuoso lo explorado en esta disciplina a nivel nacional.

Dentro de los diseños disponibles internacionalmente se encontraron:

*Grahamizer II – Modelo clínico, Ejercitador de miembro superior:* se usa para ejercitar la extremidad superior en tratamientos de pacientes con secuelas de ECV, hombro congelado y alteraciones neurológicas. Aumenta rangos de movilidad articular, resistencia y fuerza de hombro y codo. Tiene un sistema ajustable de doble pivote, permitiendo un gran ángulo de movimiento en forma circunferencial (Fig. 1).

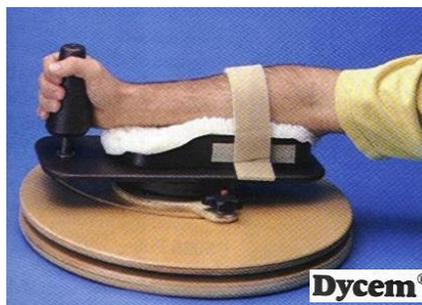


Fig. 1 Grahamizer II Modelo Clínico, Ejercitador de miembro superior

---

*Ortesis estática y ajustable para codo:* especial para contracturas y en posicionamientos post – operatorios. Es ajustable para una flexión y extensión completa de codo. Tiene un sistema de atornillamiento acompañado de un gancho que puede ser interno o externo; la fuerza puede ser monitoreada por el paciente. Posee cuatro cojines con correas ajustables distribuidas: en la parte anterior y posterior del miembro superior y un resorte sujetado de la parte distal y proximal del aparato, de tal manera que permite la flexión cuando esta acortado y la extensión cuando esta distendido. Se ajusta al brazo izquierdo o derecho según la talla y la circunferencia del bíceps del paciente (Fig. 2).



Fig. 2 Ortesis estática y ajustable para codo

*Patín para hombro – codo de resistencia progresiva:* es usado para el trabajo de extensión de hombro y codo, con ejercicios de resistencia progresiva para tratamiento de lesiones cerradas de miembro superior donde se incrementa la fuerza y resistencia. Tiene tres tipos de puño intercambiable (disco, varilla, medio disco) que están sujetos a una base que se desliza sobre una tabla que se acomoda a todos los tipos de agarre. Los ángulos se pueden ajustar con un tope máximo de 45° (inclinación de la tabla) (Fig. 3).



Fig. 3 Patín para Hombro – Codo, de resistencia progresiva

---

*Tabla inclinada:* Este es usado para trabajar la extensión de hombro; esta compuesto por una mesa de madera, con una tabla inclinada que da la posibilidad de variar los ángulos. Se puede usar uni o bilateralmente, el peso de la carga puede ser variado con el tamaño de la caja. Las medidas de la tabla son 33 cms de largo x 10 cms de ancho y x 31/2 de alto (Fig. 4)



Fig. 4 Tabla inclinada

---

*Theraplus de codo con entablillador ajustable:* Este entablillador estático progresivo esta diseñado para el tratamiento de contracturas de codo. Esta compuesto por dos tablillas distribuidas en el tercio medio del brazo y tercio medio del antebrazo, conectadas por un goniómetro ajustable que da la posibilidad de incrementar el movimiento cada 10° (Fig. 5).



Fig. 5 Theraplus de Codo con entablillador ajustable

En investigaciones realizadas acerca de los efectos de la técnica contraer -relajar se encontró un estudio basado en la aplicación de la técnica contraer relajar asociado al ultrasonido y calor húmedo en el manejo de acortamientos adaptativos isquiotibiales, La población de estudio estuvo conformada por 17 individuos clínicamente sanos, 5 hombres y 12 mujeres entre 18 y 35 años con acortamientos adaptativos de la musculatura isquiotibial.

Se aplicaron dos tipos de tratamiento durante 7 días cada uno, el primero utiliza el Ultrasonido combinado con técnica contraer- relajar Y el segundo combina el paquete caliente con la técnica contraer – relajar.

Finalmente no se detecto una diferencia estadísticamente significativa entre la evolución del tratamiento de los grupos, por lo tanto los resultados de este estudio reafirman la importancia del estiramiento dentro del ejercicio terapéutico y llevan a cuestionar el efecto de los medios físicos en la preparación del tejido para el estiramiento en este tipo de acortamientos. Universidad industrial de Santander (1999).

Se han realizado otros estudios acerca de la efectividad de la técnica contraer-relajar en pacientes posquirúrgicos con traumatismos o procesos degenerativos como la artritis o anquilosis de la articulación temporomandibular, con el fin de disminuir dolor y aumentar movilidad en esta articulación, se aplico en 10 pacientes con rangos de edad entre los 12 y 60 años, sometidos a sesiones

de una hora durante 15 días. Finalmente se concluyó que la técnica sostener-relajar contribuyó al mejoramiento de la movilidad de la ATM debido a que activa el órgano tendinoso de golgi, produciendo un estiramiento y estimulando la motoneurona gamma lo que genera relajación de las estructuras sometidas al estiramiento llevando esto a conseguir un aumento en la movilidad articular.

Fundación universitaria Manuela Beltrán, Bucaramanga 1998.

Con el fin de puntualizar los temas pertinentes para la elaboración de este proyecto se realizó una aproximación teórica acerca de los argumentos anatómicos, biomecánicos y ergonómicos involucrados en el mismo.

El codo es una articulación monoaxial cuyo movimiento consiste en flexión y extensión. La tróclea y el cóndilo humeral se articulan con la escotadura troclear del cubito y la cabeza del radio, respectivamente. Sus caras articulares están recubiertas de cartílago hialino, estas se acercan más cuando el antebrazo se encuentra en una posición intermedia entre la pronación y la supinación y flexionado en ángulo recto.

En el codo se encuentran tres articulaciones importantes en su estructura anatómica; la articulación Humerocubital que se encuentra entre la tróclea del humero y la escotadura troclear del cubito. Se trata de una articulación monoaxial ginglymoide, que permite movimiento en un solo eje: flexión y extensión. La articulación humeroradial que se encuentra entre el cóndilo humeral y la cabeza del radio; el cóndilo encaja en la superficie ligeramente deformada, a modo de copa, de la cabeza del radio; por último encontramos la articulación radiocubital proximal hallada entre la cabeza del radio y la escotadura radial del cubito. Se trata de una articulación en pivote, permitiendo la rotación del radio sobre el cubito.

El codo posee una cápsula articular fibrosa que rodea por completo a dicha articulación. Sus porciones anterior y posterior son débiles y finas, pero ambos lados están reforzados por ligamentos colaterales. La cápsula fibrosa se inserta en los bordes proximales de la fosa coronoidea y radial, por delante, pero no llega hasta el límite distal, la cápsula fibrosa se inserta en los bordes de la

escotadura troclear, el borde anterior en la apófisis coronoides y el ligamento anular.

Dentro de sus ligamentos encontramos los colaterales que se asemejan a bandas triangulares y robustas que constituyen un engrosamiento medial y lateral de la cápsula fibrosa y, en consecuencia se trata de ligamentos intrínsecos. El ligamento colateral radial es una banda triangular poderosa, cuyo vértice se inserta proximalmente en el epicóndilo lateral del humero y cuya base se une con el ligamento anular del radio. Otro ligamento de suma importancia en dicha articulación es el colateral cubital, que se compone de una banda anterior y otra posterior, unidas por una banda delgada, oblicua y relativamente débil. El vértice se inserta en el epicóndilo medial del húmero. La porción anterior, acordonada y robusta se inserta en el tubérculo de la apófisis coronoides del cubito, mientras que la porción posterior, más débil y en abanico, lo hace en el borde medial del olécranon: El nervio cubital pasa por detrás del epicóndilo medial y se halla íntimamente adherido al ligamento colateral cubital; este nervio penetra en el antebrazo entre las cabezas del músculo flexor cubital del carpo.

La membrana sinovial de la articulación del codo tapiza la cápsula fibrosa y se refleja sobre el humero, revistiendo las fosas coronoidea y radial por delante y la fosa olecraneana en la cara posterior. La cápsula sinovial se continúa hasta la articulación radiocubital proximal. El pliegue redundante de la cápsula sinovial denominado receso sacciforme, emerge distal al ligamento anular y facilita la rotación de la cabeza del radio durante la pronación y supinación del antebrazo.

Los movimientos de la articulación del codo están supeditados a una flexión producida por los músculos braquial y braquioradial, aunque el principal músculo flexor es el braquial. Cuando se supina el antebrazo, el músculo bíceps braquial también flexiona esta articulación y cuando está pronado, lo hace el músculo pronador redondo. La flexión está limitada por la oposición de las caras anteriores del antebrazo y del brazo, por la tensión de los músculos posteriores del brazo y por los ligamentos colaterales radial y cubital. La

flexión del antebrazo o la sacudida del músculo bíceps braquial que ocurre tras percutir las aponeurosis bicipitales sin ningún tipo de movimiento, se denomina reflejo bicipital. El centro reflejo se sitúa en los segmentos C5 y C6 de la medula espinal. El principal músculo extensor del codo es el tríceps braquial, la gravedad y el músculo anconeo ayudan a este movimiento: La extensión queda limitada por el impacto del antebrazo o fasciculación del tríceps, sin movimiento alguno que ocurre tras percutir el tendón tricipital, se denomina reflejo tricipital. El centro reflejo, se encuentra en los segmentos C6, C7 y C8 de la medula espinal.

El codo es una articulación bastante estable en el adulto, por la disposición en bisagra de la escotadura troclear del cubito, con forma de mordaza, en donde encaja la tróclea que tiene una forma de carrete. Por otra parte, la articulación esta reforzada por los potentísimos ligamentos colaterales del cubito y del radio.

La vascularización del codo. Las arterias articulares se originan a partir de las anastomosis que rodean el codo, que esta formadas por ramas colaterales de las ramas braquial y recurrente de las arterias cubital y radial.

La inervación del codo. Los nervios articulares proceden, en su mayoría, de los nervios musculocutaneos y radial, aunque los nervios cubital, mediano e interóseo anterior también emiten ramos articulares (Moore, 1998).

Una vez relacionados los aspectos anatómicos, fisiológicos y biomecánicos, es conveniente puntualizar acerca de las alternativas generales de tratamiento utilizadas por la fisioterapia.

Dentro de estas, la que atañe al proyecto es la mecanoterapia, cuyo término engloba un conjunto de técnicas de tratamiento que requieren el uso de aparatos diversos, tales como: Aparato de Guthrie Smith, jaula de Rocher, eslingas, cinchas, empuñaduras, mesas, cojines, pesas, poleas, resortes bandas elásticas, collar de Sayre, bicicleta, patines.

## 1. TERAPIA DE SUSPENSIÓN

Los ejercicios de suspensión permiten: Sustraer un músculo al efecto de gravedad, el trabajo de un músculo responsable de un movimiento bien determinado

El movimiento se realiza en un plano horizontal. Se distinguen:

1.1 Movimientos activos rítmicos pendulares que permiten la alternancia de una fase de reposo y otra de trabajo muscular

1.2 Movimientos pasivos rítmicos pendulares que permiten aprender o volver a aprender la contracción de un músculo o de un grupo de músculos determinado (imagen motriz)

## 2. TERAPIA CON POLEAS

2.1 Sistema de poleas recíprocas Una o varias poleas actúan sobre una cuerda fijada a las extremidades de dos miembros diferentes: un miembro es activo y el segundo es pasivo.

La movilización podrá ser:

### 2.1.1 Autopasiva simétrica

Cuando el montaje de la polea se realice de manera tal que el miembro activo (sano) y el miembro pasivo (enfermo) se movilicen en el mismo sentido (facilitación de la recuperación según el principio de los movimientos asociados que despiertan los reflejos colaterales)

### 2.1.2 Autopasiva asimétrica

Cuando el montaje de la polea se realice de manera tal que el miembro sano activo y el miembro enfermo pasivo se movilicen en sentidos opuestos

## 2.2 Sistema de pesas y poleas

El montaje se realiza de manera tal que a la movilización de un miembro se le oponga una resistencia por intermedio de un circuito de poleas; dicho miembro podrá eventualmente, ser suspendido (para eliminar la acción de la gravedad).

La poleaterapia se adaptará muy bien a los esquemas de facilitación neuromuscular propioceptiva (PNF) de Kabat, ya sea sobre una mesa de reeducación o en posición de pie.

## 3. TERAPIA CON RESORTES

Creada por Guthrie Smith, la terapia con resortes implica el empleo de resortes para el tratamiento. También pueden utilizarse con el mismo fin extensores o bandas elásticas de diferentes resistencias (Thera – Band). Este tipo de banda elástica es particularmente interesante para los ejercicios que el paciente ha de realizar en su hogar.

Los ejercicios podrán ser:

### *3.1 De Fortalecimiento*

Contra la resistencia del resorte o del elástico, que aumenta a medida que se eleva la tensión

### 3.2 Activos Oscilatorios

Suspensión vertical con resorte o elástico que permite relajar la musculatura en caso de contractura o de espasticidad muscular

Suspensión axial con resorte o elástico que permite la estimulación de los músculos suspensores de un miembro

### 3.3 De decoaptación articular

Por tracción en el eje de un miembro o de una articulación que permite un alivio de presión sobre el cartílago

### 3.4 De postura

Al instalar la tracción del resorte o del elástico en un eje que no sea el de la movilidad articular límite.

Estos dos últimos tipos de ejercicios podrán acompañarse provechosamente con masaje, electroterapia o termoterapia con fines descontracturantes y antálgicos.

## 4. APARATOS DE RESISTENCIA ISOCINETICA

Se trata de aparatos bastante perfeccionados, destinados al fortalecimiento muscular, en los que la resistencia (electromagnética) opuesta al movimiento depende del momento motor desarrollado. Esto permite, frente a los métodos tradicionales de poleaterapia o de cargas directas, oponer al movimiento una resistencia siempre máxima, cualquiera que sea el recorrido del movimiento, mientras que la velocidad de ejecución se mantiene constante. La graduación a

una velocidad mínima de ejecución permite además disminuir la resistencia cuando el movimiento se ejecuta más lentamente que esa velocidad mínima, por ejemplo, en caso de dolor (arco doloroso) ante cierta angulación del movimiento.

El trabajo de todas las cualidades musculares (fuerza, velocidad, resistencia) se facilita mucho. Este tipo de aparatos permiten una evaluación muy precisa de las capacidades musculares del paciente en un movimiento determinado, lo cual constituye un complemento privilegiado para supervisar la evolución y la eficacia de un programa de reeducación y poder ajustarlo adecuadamente. El análisis de la contracción muscular con ayuda de un dinamómetro isocinético es el método de evaluación más confiable y mejor reproducible para evaluar la función muscular. Ciertos aparatos perfeccionados permiten movimientos alternados o simultáneos de los dos miembros y hasta una carga progresiva del peso corporal cuantificada de manera exacta.

Actualmente se ha acuñado un nuevo concepto: la isoaceleración o isodesaceleración. Ya no es la velocidad la que se mantiene constante (isocinetismo), sino la aceleración o la desaceleración.

Dado que todos estos aparatos, muy sofisticados, son controlados por computadoras, su costo es, por desgracia, muy alto, y hasta el momento su uso se ha limitado a grandes centros especializados de tratamiento o de investigación.

No obstante, en vista de la intensidad de trabajo efectuado, el trabajo isocinético se reservará para los pacientes jóvenes sin afecciones cardiovasculares ni pulmonares. Las lesiones ligamentarias, musculares u óseas recientes también constituirán una contraindicación (Xhardez, 2000)

Además de la mecanoterapia existen otras herramientas que permiten el fortalecimiento o desarrollo muscular sin la utilización de aditamentos, dentro de estas se encuentran los siguientes tipos de fortalecimiento muscular:

#### 1. ACTIVO SIN RESISTENCIA O ACTIVO PURO

Se trata de la primera etapa del fortalecimiento muscular. El movimiento que se va a realizar debe ser bien comprendido por el paciente y ejecutado con

lentitud. También es importante observar si el paciente no compensa con un movimiento más fácil.

## 2. ACTIVO CONTRA RESISTENCIA:

Progresivamente el paciente recupera la fuerza y se puede intensificar el trabajo muscular oponiéndole una resistencia. Esta puede ser:

### 2.1 Manual :

2.1.1 Por el Fisioterapeuta: lo que presenta la ventaja de mantener el contacto con el paciente y de poder dosificar la resistencia de acuerdo con las posibilidades y la aparición de dolores y contracturas eventuales. La desventaja consiste en que no se puede medir o calcular la resistencia y el paciente no puede, entonces, constatar objetivamente sus progresos.

2.1.2 Por el paciente mismo: quién también puede oponer resistencia a un movimiento, aunque no es lo ideal pues la contracción muscular no se efectúa siempre en la dirección y con la intensidad correcta. Sin embargo, es muy interesante practicar este tipo de ejercicios en casa.

### 2.2 Mecánica :

La resistencia al movimiento se realiza mediante la instalación de un dispositivo mecánico como pesas, pesas-poleas, resortes, halteras, lazos elásticos, etc. Puede hacerse con carga directa o indirecta, compás de acoplamiento o resistencia isocinética controlada.

También se puede utilizar la contraresistencia del agua, fijando, por ejemplo, palmetas o aletas a las extremidades de los miembros.

## 3 PASIVO MEDIANTE ELECTROESTIMULACIÓN

La electroestimulación ha sido aplicada desde hace considerable tiempo a músculos total o parcialmente denervados, desde hace poco también se la emplea en el campo del deporte y de la reeducación sobre músculos sanos sin denervación alguna. En este caso debe acompañarse, sin embargo, de contracciones voluntarias del músculo por parte del paciente. Este modo de fortalecimiento muscular es, muy poco confortable y la contracción inducida por electroestimulación debe ser la más potente posible.

Es importante conocer los diferentes tipos de contracciones musculares para poder entender los mecanismos de fortalecimiento antes mencionados

### 1. CONTRACCIÓN DINÁMICA O ISOTÓNICA:

Trabajo que da lugar a una modificación de la longitud de un músculo. Hay pues una modificación del ángulo de la articulación sobre la cual actúa el músculo.

La fuerza producida por el músculo en contracción dinámica es el resultado de la contracción y de las fuerzas pasivas generadas por los elementos elásticos cuya importancia aumenta con la velocidad del movimiento.

Esta contracción dinámica o isotónica puede ser:

#### 1.1 Concéntrica:

El músculo se acorta, los dos puntos de inserción se aproximan. La fuerza muscular es superior a la resistencia que la opone. Se trata de un trabajo positivo motor.

#### 1.2 Excéntrica:

El músculo se estira, los dos puntos de inserción se alejan. La resistencia opuesta al músculo es más grande que la fuerza liberada por él. Se trata de un trabajo negativo resistente.

Cabe notar que el trabajo excéntrico es esencialmente de tipo anaeróbico e involucra a menos fibras musculares, que el trabajo concéntrico o estático para una misma carga. La fuerza desarrollada en la contracción excéntrica puede sobrepasar en un 50 a 100% la fuerza máxima estática voluntaria y es máxima en posición de estiramiento extremo. El riesgo de lesión de las fibras musculares en el trabajo excéntrico es por ende mucho más alto. En cambio, el trabajo excéntrico para mejorar la resistencia al estiramiento del tejido conectivo de sostén esta particularmente indicado en la última fase del tratamiento de las tendinitis o en el marco de la prevención de las lesiones musculares y tendinosas. No obstante, se halla prohibido antes que concluya la etapa de crecimiento (fragilidad de los cartílagos de crecimiento y de las inserciones).El rendimiento esta dado por la relación entre el trabajo suministrado (fuerza utilizada) y el trabajo realizado.

## 2. CONTRACCIÓN ESTÁTICA O ISOMÉTRICA:

Trabajo muscular que no da lugar a ninguna modificación (o a una modificación muy pequeña) de la longitud del músculo. No hay, por lo tanto, ninguna modificación (o bien esta es mínima) del ángulo de la articulación sobre la cual actúa el músculo.

Se trata de una tensión interna y se produce un bloqueo momentáneo de la circulación del músculo.

Cabe notar que los movimientos dinámicos realizados a ritmo lento son asimilables a ejercicios isométricos desde el punto de vista de la fisiología de la contracción (G. Péninou).

## 3. TRABAJO MUSCULAR ISOCINÉTICO:

Como en fisiología humana no existe en forma pura, se trata de un tipo de trabajo muscular permitido por ciertos aparatos de resistencia electromagnética y que consiste en un movimiento en contra de la resistencia máxima, cualquiera que sea el grado de amplitud de la articulación, y a una velocidad determinada (Xhardez, 2000).

El diseño del dispositivo está relacionado en efecto con los diferentes tipos de palancas, consistentes en una barra rígida en la que pueden reconocerse tres puntos. Uno es el fulcro, el lugar sobre el cual gira la palanca. Otro es la resistencia o carga, sobre el cual está situado lo que se eleva. Finalmente, la potencia, o trabajo motor, que es donde se aplica la fuerza que la acciona.

Las palancas más sencillas son de dos versiones opuestas, en una versión, amplificadora de fuerza, la distancia que hay entre el fulcro y la potencia es mayor que la que hay entre el fulcro y la resistencia. En la otra, amplificadora de distancia o de velocidad, la distancia que hay entre el fulcro y la potencia es menor que la que hay entre el fulcro y la resistencia.

Una palanca es casi la transmisión más sencilla posible. No efectúa trabajo (definido como fuerza por distancia). Solo cambia la particular combinación de fuerza y distancia de un motor (muscular o mecánico) por otra combinación más cómoda de fuerza y distancia. Las palancas permiten aplicar una potencia inferior a la resistencia y también permiten mover la potencia desde una

distancia más corta que la resistencia (como cuando se mueve un palo de golf o un bate de béisbol).

Las palancas son sólo los más sencillos de una diversidad de dispositivos que negocian fuerza por distancia y encuentran aplicación como transmisiones. Todas dan la misma opción entre amplificación de fuerza y amplificación de distancia.

Algunas de las palancas que se utilizan en la tecnología humana son: un torno en el que las cuerdas se arrollan en dos ruedas de diferente diámetro, el torno trabaja como una palanca sencilla, tanto por su estructura como por su funcionamiento; un polipasto en el que la cuerda pasa por varias poleas y una transmisión por correa, y emplea poleas de diferentes tamaños.

Un músculo efectúa su mayor trabajo (fuerza por distancia) cuando se contrae solamente un 10% de su longitud, aunque muchos músculos pueden contraerse hasta un 30% con cargas más ligeras. Para hacer que los brazos y las piernas se muevan a lo largo de grandes arcos, para hacer que sus extremos se muevan a grandes distancias, para permitir que los músculos se deslicen a lo largo de los huesos que los sustentan, son tareas que necesitan amplificadores de distancia. Un ejemplo es la articulación de codo, tanto el músculo bíceps situado por delante del húmero y el tríceps ubicado en la parte posterior del mismo, se comportan como amplificadores de distancia; esta disposición permite una corta y poderosa contracción de tales músculos con la que se consiguen movimientos del antebrazo amplios pero de menor potencia. Por tanto los músculos son especialistas en fuerza y se compensan con las palancas internas de amplificación de distancia de los tendones y los huesos (Vogel, 2000)

La biomecánica aplica las leyes de la mecánica a las estructuras del aparato locomotor, ya que el ser humano está formado por palancas (huesos), tensores (tendones), muelles (músculos), elementos de rotación (articulaciones), etc, que cumplen muchas de las leyes de mecánica. La biomecánica permite analizar los distintos elementos que intervienen en el desarrollo de los movimientos.

La búsqueda de adaptación física, o interfaz, entre el cuerpo humano en actividad y los diversos componentes del espacio que lo rodea, genera la necesidad de analizar las posibilidades del hombre por parte de los ingenieros, fisiólogos y psicólogos, etc. Lo cual hace de la ergonomía un aspecto fundamental para el desarrollo de cualquier proyecto que incluya el mejoramiento de la calidad de vida humana, de hecho existen dos formas de entender lo que debe ser la intervención ergonómica y como se debe aplicar: para unos, la ergonomía debe elaborar manuales, catálogos de recomendaciones o normas que deben servir de guía a los proyectistas; detrás de esta concepción aparece arraigada la necesidad de dotar de herramientas útiles a los encargados de dirigir proyectos o de poner a punto equipamientos y servicios.

La otra forma de entender la ergonomía requiere la presencia activa del ergónomo en la fase de proyecto y en el lugar de trabajo posibilitando el análisis de la actividad, para entender la forma de actuación real de los usuarios diferenciando “ lo que dicen, de lo que hacen “, infiriendo los procesos que subyacen en su actuación, las variaciones no reseñadas en las condiciones de la realización de la tarea, el uso “otros “ medios de trabajo, etc, todo lo cual es necesario para elaborar estrategias más eficaces a la hora de corporizar el proyecto.

## 1. ETAPAS DE INTERVENCIÓN ERGONOMICA

Podemos reducir la intervención ergonómica a una serie de etapas fácilmente identificables en cualquier proyecto:

1.1 Análisis de la situación: esta se realiza cuando aparece cualquier tipo de conflicto.

1.2. Diagnostico y propuestas: una vez detectado el problema, el siguiente paso reside en diferenciar lo latente de lo manifiesto, destacando las variables relevantes en función de su importancia para el caso.

1.3. Experimentación: simulación o modelaje de las posibles soluciones.

1.4. Aplicación: se aplican las propuestas ergonómicas que se consideran pertinentes al caso.

1.5. Validación de los resultados: grado de efectividad, valoración económica de la intervención y de la fiabilidad.

1.6. Seguimiento: por último cabe retroalimentar y comprobar el grado de desviación para ajustar las diferencias obtenidas a los valores pretendidos mediante un programa. (Mondelo,Gregori,Barrau,2000)

El objetivo que se persigue siempre en la ergonomía es el de mejorar la calidad de vida del usuario, para lo cual se concreta la reducción de los riesgos de error y el incremento de bienestar de usuario.

Facilitar la adaptación al usuario de los nuevos requerimientos funcionales es incrementar la eficiencia del sistema. La intervención ergonómica no se limita a identificar los factores de riesgo y las molestias, si no que propone soluciones positivas que se mueven en el ámbito posibilista de las potencialidades efectivas de los usuarios, y de la viabilidad económica que enmarca cualquier proyecto. (O'Neill,1998)

El aspecto más relevante dentro de la revisión bibliográfica y en el cual se basó el desarrollo del proyecto, hace referencia a la Facilitación Neuromuscular Propioceptiva donde se incluye la técnica contraer – relajar (CR), Las técnicas de Facilitación Neuromuscular Propioceptiva se desarrollan como modelos de movimiento para aumentar fuerza, coordinación y la flexibilidad a lo largo de rangos completos de movimiento.

La Facilitación Neuromuscular Propioceptiva es una forma de estiramiento que emplea una contracción isométrica antes del estiramiento para obtener mayores ganancias que con los estiramientos solos.

Con esta técnica es posible obtener ganancias en flexibilidad, debido al uso creativo de unos pocos mecanismos neurológicos para optimizar la capacidad de un músculo para elongarse.

La Facilitación Neuromuscular Propioceptiva se basa en varios mecanismos neurofisiológicos. La comprensión de esta diversidad de contracción y reflejos musculares proporciona la necesaria percepción de los fundamentos de las

prácticas con Facilitación Neuromuscular Propioceptiva, y ayuda a evitar el mal uso de los procedimientos (Mc Atee, Charland, 2000).

Dentro de la técnica de Facilitación Neuromuscular Propioceptiva se encuentra la técnica contraer – relajar, que es una técnica de relajación, por consiguiente en pacientes con pérdida de la movilidad articular esta indicada para mejorar el arco de movimiento; puede ser aplicada dentro de los patrones de masa.

La técnica consiste en llevar el músculo retraído hasta el punto de la limitación articular o del dolor. En este punto se pide una contracción isométrica al grupo muscular (predeterminado), momento en el cual se le pide al paciente que sostenga o mantenga. La contracción dura entre 5 a 8 segundos, enseguida se le pide que relaje, posteriormente se le pide al paciente que movilice la articulación en dirección de la limitación; este movimiento puede ser activo o pasivo. Dicha operación se repite cuantas veces sea necesario cada vez buscando mejorar el rango de movilidad articular.

El soporte teórico de la técnica contraer – relajar se basa neurofisiológicamente en los siguientes puntos:

1. Dependiendo del número de repeticiones y el tiempo de aplicación, puede causar fatiga a las unidades motoras en la unión neuromuscular. Esta va a llevar a una relajación muscular y disminución de la tensión muscular.
2. Los órganos tendinosos de Golgi son sensibles a la tensión activa de tal manera que cuando se estimulan provocan impulsos inhibitorios en la células del asta anterior, aunque esta inhibición no es muy duradera; se piensa que pueden haber otros elementos que contribuyan a mantener la relajación.
3. Los receptores articulares debido a su umbral de adaptación lenta pueden ser estimulados por cambios que produce la contracción isotónica, de tal manera, que estos receptores pueden producir efectos inhibitorios en los músculos alrededor de la articulación.
4. La relajación que produce contraer y luego relajar cuando se aplica al músculo contrario, se atribuye a la inhibición recíproca del músculo contrario a través de las aferencias primarias (Acosta, Barajas, Rojas, 1998)

Las técnicas de relajación específica sustituyen al estiramiento pasivo. El paciente que en apariencia cuenta con muy pocas fuerzas, puede que consiga producir en un músculo acortado una contracción de suficiente intensidad como para fomentar la relajación, siempre que esta contracción se le resista con habilidad. Con estas técnicas se evitan las reacciones dolorosas al estiramiento y se corren menos riesgos (Voss, Ionta, Myers, 1998).

Dentro de la mecánica de dichos estiramientos es importante mantener y o mejorar la extensibilidad existente, se debe traccionar la estructura implicada, en este caso de la unidad funcional miotendinosa, es decir, de la pareja funcional formada por el músculo y el tendón.

Aunque esta unidad miotendinosa sea compleja y heterogénea, se compara con una goma elástica, la cual posee propiedades de extensibilidad.

De esta forma se dispone de una goma elástica con una extremidad atada a un punto fijo, y la otra bajo un esfuerzo de tracción constante, por ejemplo 10 daN (aproximadamente 10 Kj), se va a producir en la goma una deformación tipo elongación. Esta deformación en elongación se debe al hecho de que la fuerza externa de tracción que se le aplica a la goma, es superior a la fuerza interna de reacción que se genera en el mismo seno de la goma, y precisamente porque existe un desequilibrio entre la fuerza de acción externa y la fuerza de reacción interna, es decir intratisular, hay alargamiento.

Así, se puede concluir que una fuerza determinada de tracción aplicada a un cuerpo, no produce una fuerza interna reactiva equivalente mientras persista la fase de elongación. Esta deformación va a aumentar progresivamente hasta alcanzar un valor límite de elongación, que está en relación directa con el valor de la fuerza de tracción aplicada al objeto.

La fuerza de tracción externa es equivalente a la fuerza de reacción intratisular o interna, únicamente cuando se logra el estado de estabilidad, es decir, el cese del alargamiento. De hecho, para que exista un estado de equilibrio es necesario que la reacción sea equivalente a la acción, es decir que la suma del conjunto de momentos de fuerza (fuerzas de acciones externas y reacciones internas) debe ser nula. De esta forma, si se le aplicara a la goma una fuerza

externa de tracción de 10 daN, ésta experimentaría un esfuerzo reactivo interno equivalente, en este caso a 10 daN, pero solamente al final de la fase de alargamiento.

La aplicación de una fuerza determinada de estiramiento sobre un músculo produce un fenómeno de alargamiento, cuya importancia va unida al valor de la fuerza de tracción aplicada a la estructura implicada; esta fase de alargamiento hace que aparezca de forma concomitante una fuerza interna reactiva a la tracción, que aumenta progresivamente hasta alcanzar un valor idéntico al de la fuerza aplicada al músculo, pero sólo cuando el alargamiento del mismo ha finalizado.

En la práctica conviene estirar las diversas estructuras implicadas con esfuerzos distintos, dependiendo de lo que se pretenda conseguir. Alargarlos más o menos, o darles un carácter más o menos permanente de alargamiento, incluso cuando el esfuerzo de tracción ha finalizado.

Esto se ve reflejado por el comportamiento dinámico de un cuerpo homogéneo que se somete a un esfuerzo de tracción.

Un cuerpo sometido a esfuerzos de tracción, soporta en primer lugar una deformación en alargamiento, en un sector denominado elástico, es decir, que cuando se suelta el esfuerzo de tracción aplicado al objeto, éste vuelve a su longitud inicial, sin que persista ninguna deformación. La deformación elástica no significa que exista necesariamente una relación proporcional entre la fuerza de tracción y el alargamiento observado.

Por el contrario, si ejercemos esfuerzos de tracción cada vez más intensos sobre ese cuerpo, se produce en primer lugar una fase imperceptible de desorganización del orden molecular, es decir, de modificación de la arquitectura de los diferentes elementos que componen la estructura bajo tracción. Este primer tiempo se corresponde con el inicio de la fase plástica, seguido de una fase de deformación neta. Esto significa que persiste una deformación en alargamiento incluso cuando se interrumpen los esfuerzos de tracción; existe por lo tanto una acción duradera en la organización y la

arquitectura de la estructura, que acarrea un estado duradero de aumento de longitud.

Si se aplican esfuerzos mayores se entra en la fase de ruptura, primero parcial y finalmente total; conviene recalcar que en esta fase de ruptura, los esfuerzos requeridos para un aumento de longitud son cada vez más reducidos. Esto es totalmente lógico ya que consecuentemente a las rupturas parciales sucesivas, el tejido implicado es cada vez menos voluminoso y necesita de esfuerzos cada vez menores para romperse.

Sin embargo, es necesario subrayar que los ejercicios de estiramiento no provocan y no deben provocar rotura de los elementos implicados, al menos en el plano macroscópico. De hecho, el aumento prolongado de la longitud que se observa después de una sesión de estiramientos se explica por modificaciones de la organización interna de los diversos tejidos solicitados, eventualmente por microlesiones, como es el caso de la reorganización molecular, pero no podemos comparar esto con una fase de verdadera ruptura.

Podemos ver que los estiramientos están clasificados también por modalidades es este caso es estiramiento Activo ( Interno ) que se caracteriza por el hecho de que el estiramiento se produce por una fuerza de tracción, cuyo origen principal se sitúa en el mismo seno del segmento corporal implicado. La fuerza de tracción se debe a la contracción de un conjunto de músculos, incluyendo particularmente el grupo muscular directamente opuesto al que pretende estirar. Esta modalidad activa caracteriza de forma general lo que se denomina stretching.

Dentro de los mecanismos activos del estiramiento contrario a los anteriores (estiramientos externos o pasivos), en lo que concierne a la modalidad del estiramiento activo, no existe más de un mecanismo que produce la fuerza de tracción necesaria; se trata principalmente de la contracción del grupo muscular directamente opuesto a la unidad miotendinosa que se pretende estirar; es decir, el grupo muscular antagonista, lo que explica que también se denomine estiramiento interno.

Dentro de las características y particularidades de los estiramientos internos se produce a través de una actividad muscular desarrollada por el individuo; de aquí se deduce que existe una determinada seguridad ya que el propio individuo es el que controla la intensidad de la tracción, la amplitud de la longitud y la duración del ejercicio. Los ejercicios de estiramiento activos producen una mejor relajación de los grupos musculares que se pretenden estirar. Esto es el resultado de un fenómeno neurofisiológico, denominado inhibición recíproca; de hecho cuando se contrae activamente un grupo muscular se observa, la mayor parte del tiempo, una relajación de los grupos musculares antagonistas.

Los ejercicios de estiramientos internos recurren a la contracción muscular activa que desarrolla el individuo, el cual desempeña un doble papel: el individuo al que se estiran algunos músculos, y el del terapeuta que los lleva a cabo. Para estos, los ejercicios activos requieren de un aprendizaje más largo, un buen conocimiento del cuerpo, y una concentración y vigilancia importantes, a fin de poder realizar constantemente las autocorrecciones que se imponen. Los ejercicios de estiramientos activos, con respecto a los estiramientos pasivos (externos), son potencialmente menos analíticos en los músculos de los miembros superiores e inferiores; por el contrario se puede observar que son particularmente analíticos cuando se trata de los músculos del tronco (Neiger, 2000)

Teniendo en cuenta la anterior recopilación conceptual el interés de este proyecto fue indagar en un campo específico de la ciencia con el fin de obtener una respuesta al siguiente interrogante:

¿Puede un dispositivo funcional permitir la utilización de la técnica contraer -relajar haciendo más objetiva la aplicación de la resistencia sin la acción directa del fisioterapeuta sobre el paciente?

Con el fin de responder al problema planteado anteriormente, se planteó como principal objetivo, diseñar, construir y validar un prototipo funcional de un dispositivo que permitiera utilizar la Técnica contraer – relajar en la articulación de codo para optimizar la aplicación de dicha técnica.

A partir del objetivo principal se plantearon los siguientes objetivos específicos:

1. Establecer parámetros funcionales para el diseño y la elaboración del dispositivo.
2. Diseñar el dispositivo funcional que permita la aplicación de la técnica contraer-relajar.
3. Construir el dispositivo funcional con la colaboración de un profesional en Ingeniería Mecánica.
4. Validar a través del concepto de expertos en Fisioterapia, la efectividad y funcionalidad del dispositivo.

Con el fin de cumplir los requisitos metodológicos propuestos para la realización de este proyecto se consideraron las siguientes variables intervinientes:

- Talla: la superficie donde se apoyara el miembro superior debe ser adaptable a la longitud y trofismo del mismo.
- Fuerza: la resistencia a aplicar depende de las condiciones físicas del paciente y será graduable a las necesidades del mismo.
- Rango articular: este aspecto será modificable para permitir el ejercicio activo del paciente y el reposo durante la ejecución del movimiento.
- Fijación del miembro superior: se refiere a las correas que estabilizaran el miembro superior fijándolo a su base de apoyo ya sea distal o proximalmente según sea el objetivo del tratamiento.
- Base de apoyo del miembro superior: para su diseño se tendrá en cuenta que su superficie sea rígida, plana y liviana con el fin de que no interfiera

en la realización del movimiento y a la vez permita la adaptación de un aditamento que proteja el miembro superior y le de estabilidad.

- Tamaño del aparato: esta variable incluye peso y volumen del mismo, este será acondicionado de tal manera que permita su fácil manipulación y adaptación a una superficie pequeña.
- Materiales: para el diseño del dispositivo es importante realizar una adecuada selección de materiales que constituyan el mismo, con el fin de evitar afecciones en la piel, y que permitan una completa adaptación a las estructuras anatómicas del individuo; además de constituir una sólida estructura que haga del dispositivo una herramienta confiable y duradera.

## **MÉTODO**

### **Tipo de Investigación**

Este proyecto de investigación puede considerarse como investigación metodológica la cual denota las pesquisas controladas sobre las formas para obtener, organizar y analizar datos.

Los estudios metodológicos se orientan al desarrollo, comprobación de la validez, y valoración de herramientas técnicas de investigación. Este método permite contar con medidas firmes y confiables para procedimientos refinados a fin de obtener y analizar datos; los estudios de naturaleza metodológica son indispensables en cualquier disciplina científica, y quizá especialmente en ámbitos consagrados a fenómenos intangibles y muy complejos, como el comportamiento o bienestar humano, como es el caso en investigación en ciencias de la salud (Polit y Hungler,2000). Este proyecto pretendió desarrollar un instrumento confiable, eficaz y funcional que permitiera adaptar la técnica contraer – relajar en el dispositivo ya mencionado; adicionalmente se consideró como un proyecto de investigación aplicada la cual se concentró en la solución de un problema inmediato induciendo un cambio en una situación problemática; en este caso se utilizó con el objetivo de planear sistemáticamente los parámetros requeridos para el diseño y creación del dispositivo elaborado.

### **Participantes**

Para la validación del instrumento se contó con el juicio de 7 Fisioterapeutas

con las siguientes características: profesionales en Fisioterapia, con experiencia entre 2 y 5 años en el área Osteomuscular, que atiendan pacientes en consultorio particular; y que aceptaron voluntariamente servir como expertas para la evaluación y validación del instrumento.

La lista de expertos aparece relacionada en el Anexo 1

### **Instrumento**

El instrumento principal es el resultado final de este trabajo de investigación, está acompañado de un manual de instrucciones para la correcta utilización del mismo. Para esto fué necesario puntualizar las características generales y específicas del equipo como: definición, componentes del equipo, instrucciones, indicaciones, precauciones y contraindicaciones para la utilización del dispositivo.

Otro instrumento adicional fué la encuesta de evaluación que se aplicó a los expertos en Fisioterapia (Anexo 6)

### **Procedimiento**

Se dividió en 3 fases básicas a saber:

#### **Fase creativa**

Identificación de los medios requeridos para el desarrollo del dispositivo propuesto.

Planteamiento de los parámetros anatómicos, fisiológicos y biomecánicos necesarios de la aplicación de la técnica contraer – relajar para la adaptación de estos al dispositivo funcional a elaborar.

Planteamiento de diferentes modelos adecuados para la aplicación de la técnica contraer – relajar, con el fin de seleccionar el más adecuado.

Diseño del modelo seleccionado.

Elaboración de planos de fabricación del modelo elegido.

### **Fase Ejecutiva**

Consecución de los materiales necesarios para la elaboración del dispositivo

Fabricación del prototipo funcional, adaptando los parámetros funcionales de la técnica contraer – relajar requeridos para el funcionamiento adecuado de dicho aparato.

Evaluación del prototipo a través del juicio de 7 expertos en Fisioterapia quienes compartieron un prototipo el cual fue rotado por los diferentes consultorios por solicitud previa de las Fisioterapeutas, quienes lo solicitaban por horarios o por días según la disponibilidad de los pacientes que requerían del equipo, previniendo que los horarios de las sesiones de tratamiento de cada paciente no se cruzaran con el fin de agilizar el proceso de aplicación; cada Fisioterapeuta diligenció la encuesta una vez culminaban las sesiones de tratamiento de los pacientes.

### **Fase Informativa**

Realización del Manual de Instrucciones del dispositivo el cual esta compuesto por: presentación, recomendaciones para la correcta utilización del mismo, señalando indicaciones, contraindicaciones y precauciones, una grafica del dispositivo y de los aditamentos que lo componen señalando y explicando cada uno de los componentes del mismo, instrucciones detalladas del manejo del dispositivo y la adaptación de los diferentes aditamentos, beneficios y mantenimiento del mismo.

## RESULTADOS

Con el fin de responder a los objetivos de esta investigación , se plantearon los parámetros anatómicos y biomecánicos funcionales necesarios para el correcto diseño del dispositivo; dentro de estos parámetros se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- 1) Se considero necesario prever el promedio en cuanto a la longitud del miembro superior de adultos de diferente sexo, con el fin de diseñar un aditamento que proporcionara una base apoyo al antebrazo , por lo tanto se diseño una palmeta que soporta la mano del paciente en supinación con los dedos levemente abducidos, de tal forma que esta permanece relajada para no generar tensión en la muñeca ni en la mano del paciente. La palmeta es estándar y unisexo para adulto que mantiene la mano en posición anatómica ajustable a miembro superior derecho e izquierdo.
- 2) El dispositivo debía permitir el ejercicio activo , y reposo de la articulación de codo durante todo el recorrido del rango normal de movimiento de esta articulación (0-145°), con el fin de permitir a los pacientes iniciar y terminar el movimiento desde o hasta cualquiera que fuese su grado de limitación.
- 3) Se tuvo en cuenta la composición anatómica de la articulación de codo en el adulto , lo cual solo permite al codo los movimientos de flexo extensión que se realizan dentro de un plano sagital con un eje transverso, debido a que el codo es una articulación monoaxial, dispuesta en forma de bisagra de la escotadura troclear del cubito que encaja con la tróclea y que esta reforzada por los ligamentos colaterales del cubito y del radio. Por lo tanto se vio la necesidad de proporcionar una adecuada fijación que permitiera la ejecución correcta de los movimientos, es decir dentro del plano y eje correspondiente para lo

cual es necesario evitar la intervención de musculatura de hombro y escápula, para esto se diseñó un fijador de hombro y escápula, que se describe a continuación:

El fijador de hombro se ubica en un tercio medio del tórax del paciente, y rodea el brazo que se está ejercitando manteniéndolo adosado al cuerpo limitando así los movimientos de hombro y dejando libre el otro brazo.

El fijador de escápula posee en cada extremo un velcro ajustable que se sujeta al fijador de hombro, desde el ángulo inferior de la escápula rodeando el hombro hasta aproximadamente el cuadrante superior externo del hemitorax correspondiente al codo que se está ejercitando; estos puntos de partida y llegada dependen de la constitución física del paciente que está utilizando el aparato. Esta disposición debe hacerse en sentido posteroanterior.

- 4) Se tuvo en cuenta la vascularización e innervación del codo, debido a que las arterias articulares se originan a partir de las anastomosis que rodean el codo, y que están formadas por ramas colaterales de las ramas braquial y recurrente de las arterias cubital y radial, y el nervio cubital que pasa por detrás del epicondilo medial y se halla adherido al ligamento colateral cubital; por lo tanto se estimó necesario respetar esta disposición anatómica, diseñando un brace que proporcionara soporte al antebrazo manteniendo un espacio que abarca la articulación del codo la cual permanece libre de compresión alguna evitando complicaciones y permitiendo el rango total de movimiento.
- 5) Con el fin de lograr uno de los principales objetivos de la técnica contraer-relajar, aumentar rangos de movilidad articular, el diseño del dispositivo está relacionado con el tipo de palanca que ejerce la articulación del codo, la cual es de 1°, es decir, tiene el fulcro

(Lugar donde gira la palanca) entre la resistencia(carga) y la fuerza aplicada o potencia (trabajo motor). Lo cual evidencia la necesidad de aplicar una palanca amplificadora de velocidad y distancia ubicando una distancia menor entre el fulcro y la potencia que entre el fulcro y la resistencia.

- 6) Todos los aditamentos que están en contacto con la piel del paciente están recubiertos por cauchoespuma , el cual es un material antialérgico, respirable y dúctil que se adapta fácilmente a los contornos óseos del paciente y no produce alteraciones en la piel.
- 7) Otro de los objetivos principales fue proporcionar una resistencia más precisa a la utilizada en la técnica convencional, para tal efecto se dispuso una resistencia cuantificable dada por 5 pesas, cada una de 1 libra las cuales pueden ser intercambiables dependiendo del diagnóstico y la necesidad del paciente, y según el criterio del profesional a cargo del proceso de rehabilitación.

Por otro lado , es necesario especificar el mecanismo de funcionamiento del dispositivo, el cual esta dado por un sistema mecánico hidráulico compuesto de tres partes fundamentales: ( ver Anexo 3 )

- 1) **Estructura:** vigas y columnas que conforman un rectángulo que tiene como función principal dar un soporte físico al mecanismo completo, esta hecha de acero al carbono y recubierta con una pintura electrostática la cual protege a la estructura de la corrosión y garantiza una superficie homogénea lo cual no ocasiona ningún riesgo para el paciente. (plano 1)
- 2) **Mecanismo de transmisión:** Compuesto por un eje de acero el cual soporta un sprocket (o piñón para cadena) que transmite movimiento a una cadena en ambos sentidos de giro, sirviendo de conexión entre la fuerza efectuada por el paciente a través de la palmeta sujeta a una lamina de acero ultraliviano , que tiene una longitud de 15 pulgadas

(37.5cm) y la posibilidad de ajustarse para miembro superior derecho o izquierdo y el mecanismo de resistencia. (plano 2 y 2.3)

- 3) **Mecanismo de resistencia:** Esta básicamente compuesta de dos cilindros hidráulicos que contienen aceite de silicona lo cual ejerce una resistencia física al movimiento realizado por el paciente a través del mecanismo de transmisión, y tiene la posibilidad de ajustar un contrapeso dado por las pesas disponibles de 1 a 5 libras. ( plano 3).

Con el fin de profundizar acerca de el diseño y el funcionamiento del dispositivo, se creo un manual de instrucciones que contiene una especificación mas detallada acerca de todas las partes del Ejercitador de codo, su función y todas las especificaciones necesarias para la correcta utilización del dispositivo. ( ver Anexo 4).

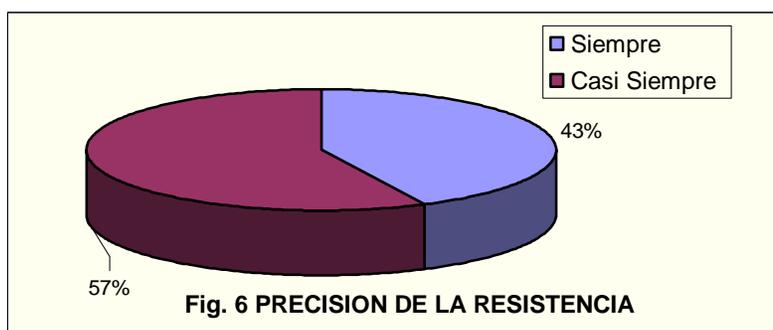
Después de haber realizado el diseño y la construcción del dispositivo y elaborar el manual de instrucciones se procedió a validar este instrumento a través del juicio de 7 fisioterapeutas quienes utilizaron el dispositivo cada una con 2 pacientes durante 5 sesiones cada uno, compartiendo un mismo prototipo el cual fue rotado por los diferentes consultorios por solicitud previa y a conveniencia de los pacientes y según la disponibilidad del dispositivo.

El instrumento se validó a través de una encuesta de evaluación que consiste en un formato de 13 preguntas referentes al funcionamiento del dispositivo utilizado por las 7 Fisioterapeutas en su consultorio (Anexo 5). Estas evaluaciones se sintetizaron en una matriz de información (Anexo 2).

## Resultados de las encuestas aplicadas a las Fisioterapeutas

TABLA 1 PRECISION DE LA RESISTENCIA

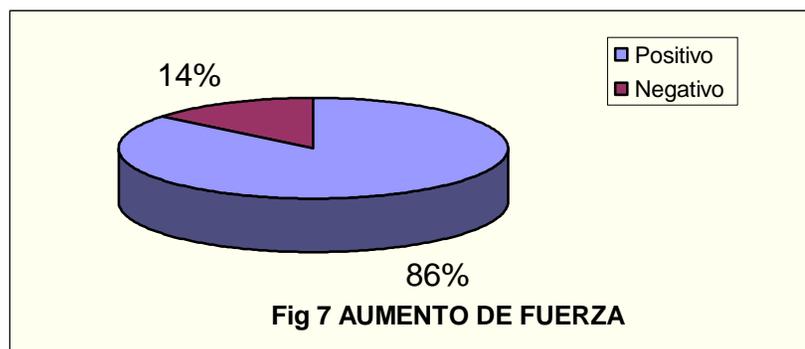
PRECISION DE LA RESISTENCIA	CANTIDAD	PORCENTAJE
Siempre	3	43%
Casi Siempre	4	57%
Total	7	100%



El 57% de las profesionales encuestadas concluye que casi siempre la resistencia aplicada por el dispositivo es más precisa que la aplicada con la técnica convencional y el 43% concluye que siempre fue más precisa.

TABLA 2 AUMENTO DE FUERZA

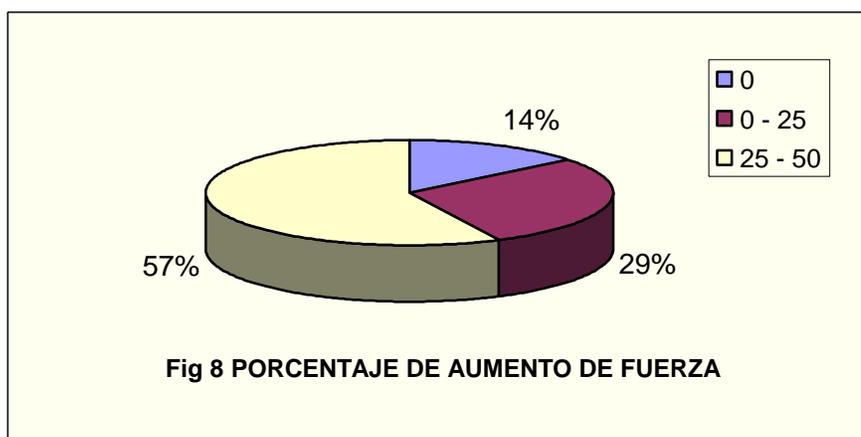
AUMENTO DE FUERZA	CANTIDAD	PORCENTAJE
Positivo	6	86%
Negativo	1	14%
Total	7	100%



El 86% de las profesionales encuestadas concluye que el dispositivo cumple en su funcionalidad en cuanto al aumento de fuerza y el 14% concluye que no cumple con su funcionalidad en cuanto al aumento de fuerza se refiere.

**TABLA 3 PORCENTAJE DE AUMENTO DE FUERZA**

<b>PORCENTAJE DE AUMENTO DE FUERZA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE</b>
0	1	14%
0 - 25	2	29%
25 - 50	4	57%
Total	7	100%



Del 86% de las profesionales que concluyeron que el dispositivo si cumple con su funcionalidad en cuanto al aumento de fuerza, el 29% concluye que lo hace del 0 – 25%, el 57% concluye que lo hace del 25 – 50%.

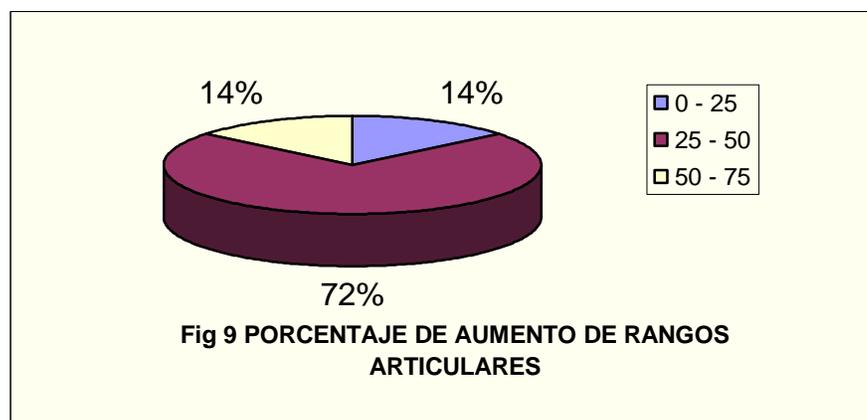
TABLA 4 AUMENTO DE RANGOS ARTICULARES

<b>AUMENTO DE RANGOS ARTICULARES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Positivo	7	100%
Total	7	100%

El 100% de las profesionales encuestadas concluye que el dispositivo si cumple con su funcionalidad en cuanto al aumento de rangos articulares.

TABLA 5 PORCENTAJE DE AUMENTO DE RANGOS ARTICULARES

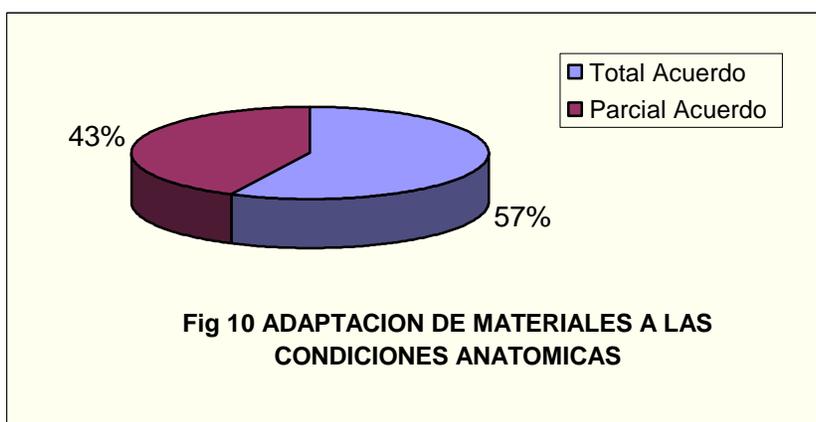
<b>PORCENTAJE DE AUMENTO DE RANGOS ARTICULARES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE</b>
0 - 25	1	14%
25 - 50	5	72%
50 - 75	1	14%
Total	7	100%



El 14% de las Fisioterapeutas concluye que lo hace de un 0 – 25%, un 72% concluye que lo hace de un 25 – 50% y un 14% concluye que lo hace de un 50 -- 75%.

**TABLA 6 ADAPTACIÓN DE MATERIALES A LAS CONDICIONES ANATOMICAS**

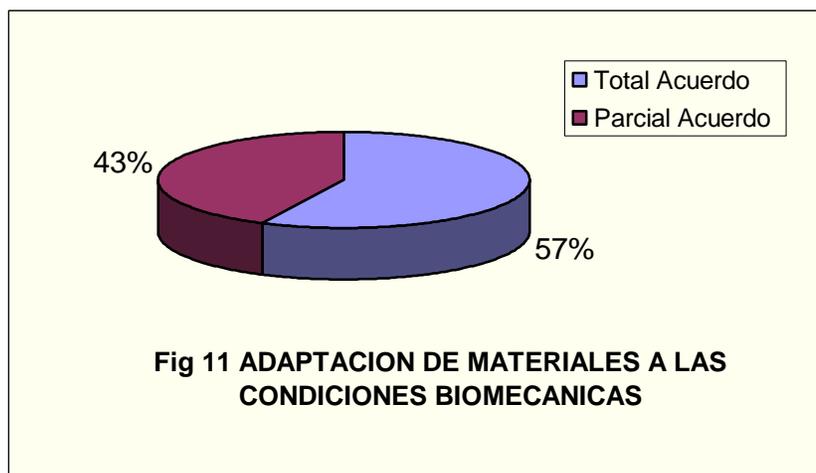
<b>ADAPTACION DE MATERIALES A LAS CONDICIONES ANATOMICAS</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Total Acuerdo	4	57%
Parcial Acuerdo	3	43%
Total	7	100%



El 57% de las profesionales encuestadas está totalmente de acuerdo con la adaptación anatómica de los materiales al paciente y el 43% está parcialmente de acuerdo.

**TABLA 7 ADAPTACIÓN DE MATERIALES A LAS CONDICIONES BIOMECÁNICAS**

<b>ADAPTACION DE MATERIALES A LAS CONDICIONES BIOMECANICAS</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Total Acuerdo	4	57%
Parcial Acuerdo	3	43%
Total	7	100%



El 57% de las profesionales encuestadas esta totalmente de acuerdo con la adaptación biomecánica de los materiales al paciente y el 43% está parcialmente de acuerdo.

TABLA 8 FIJACIÓN DEL MIEMBRO SUPERIOR EJERCITADO

FIJACION DEL MIEMBRO SUPERIOR EJERCITADO	CANTIDAD	PORCENTAJE
Positivo	4	57%
Negativo	3	43%
Total	7	100%



el 57% de las profesionales encuestadas concluye que el dispositivo sí tiene una fijación adecuada que evita sustituciones musculares y el 43% concluye que no es así.

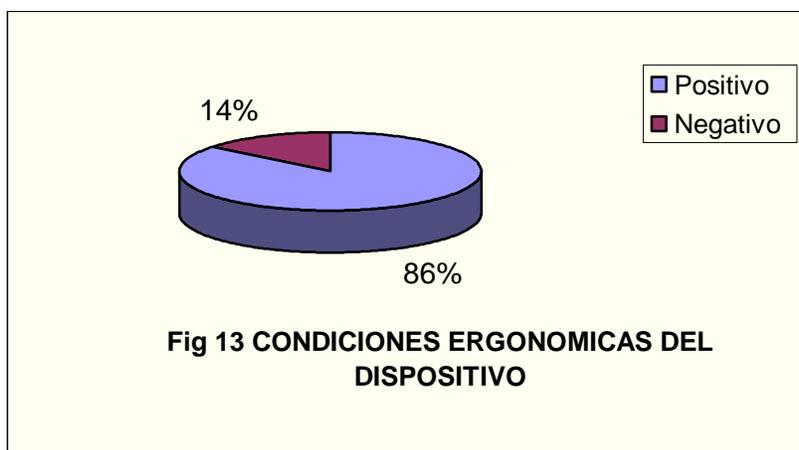
**TABLA 9 COMPLEJIDAD EN LA UTILIZACIÓN DEL EQUIPO**

<b>COMPLEJIDAD EN LA UTILIZACION DEL EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Negativo	7	100%
Total	7	100%

El 100% de las profesionales encuestadas concluye que el dispositivo no es fácil de utilizar.

**TABLA 10 CONDICIONES ERGONOMICAS DEL DISPOSITIVO**

<b>CONDICIONES ERGONÓMICAS DEL DISPOSITIVO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Positivo	6	86%
Negativo	1	14%
Total	7	100%



El 86% de las profesionales encuestadas concluye que el dispositivo es ergonómico el 14% concluye que no lo es.

**TABLA 11 ASISTENCIA DEL PROFESIONAL SOBRE EL PACIENTE**

<b>ASISTENCIA DEL PROFESIONAL SOBRE EL PACIENTE</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Siempre	1	14%
Casi Siempre	5	72%
Casi Nunca	1	14%
Total	7	100%



el 14 % de las profesionales encuestadas concluye que siempre, el 72% que casi siempre y el 14% que casi nunca el paciente requiere la asistencia continua del Fisioterapeuta durante la sesión de tratamiento.

**TABLA 12 RECEPTIVIDAD DEL PACIENTE CON RESPECTO AL DISPOSITIVO**

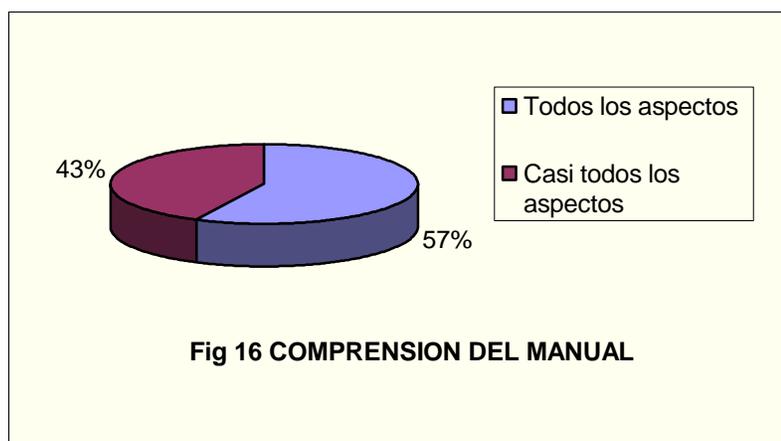
<b>RECEPTIVIDAD DEL PACIENTE CON RESPECTO AL DISPOSITIVO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Buena	5	71%
Regular	2	29%
Total	7	100%



El 71 % de las profesionales encuestadas concluye que la receptividad del paciente con respecto al dispositivo fué buena y el 29% concluye que fué regular.

TABLA 13 COMPRENSIÓN DEL MANUAL

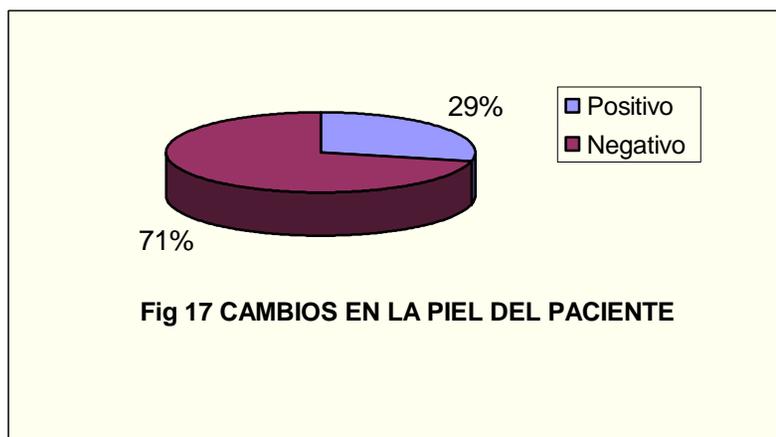
COMPRESION DEL MANUAL	CANTIDAD	PORCENTAJE
Todos los aspectos	4	57%
Casi todos los aspectos	3	43%
Total	7	100%



El 57% de las profesionales encuestadas concluye que el manual cumple con las especificaciones necesarias para la correcta utilización del dispositivo en todos los aspectos , y el 43% concluye que lo hace en casi todos los aspectos.

**TABLA 14 CAMBIOS EN LA PIEL DEL PACIENTE**

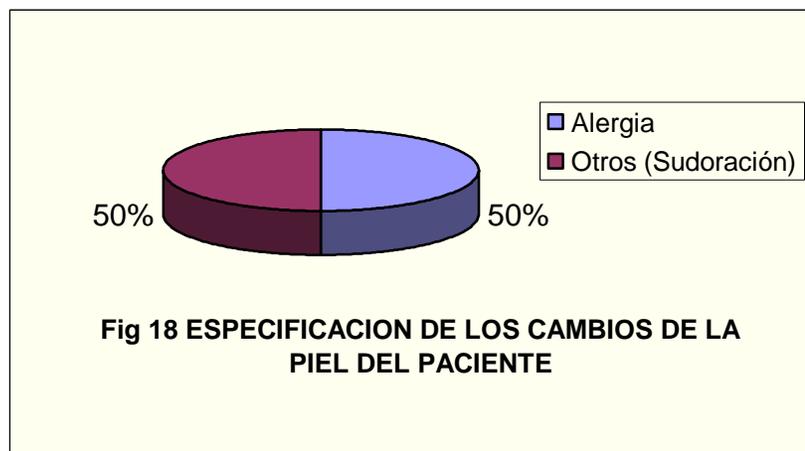
<b>CAMBIOS EN LA PIEL DEL PACIENTE</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Positivo	2	29%
Negativo	5	71%
Total	7	100%



El 71% de las profesionales encuestadas concluye que no se producen cambios en la piel de los pacientes luego de la utilización del equipo y el 29% concluyó que si.

**TABLA 15 ESPECIFICACIONES DE LOS CAMBIOS DE LA PIEL DEL PACIENTE**

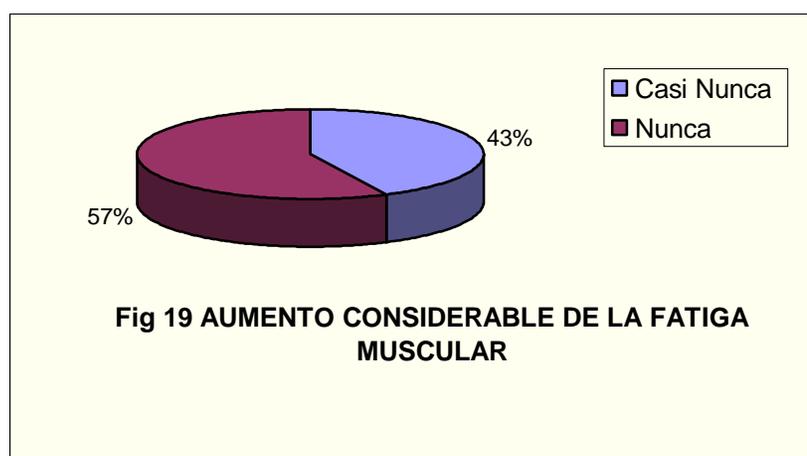
<b>ESPECIFICACION DE LOS CAMBIOS DE LA PIEL DEL PACIENTE</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Alergia	1	50%
Otros (Sudoración)	1	50%
Total	2	100%



Del 29% de las profesionales encuestadas concluyo que si se presentaron cambios en la piel del paciente después de la utilización del dispositivo, el 50% dice que se presentaron alergias y el otro 50% afirma que se observo un leve aumento en la sudoración en el antebrazo del paciente.

TABLA 16 AUMENTO CONSIDERABLE DE LA FATIGA MUSCULAR

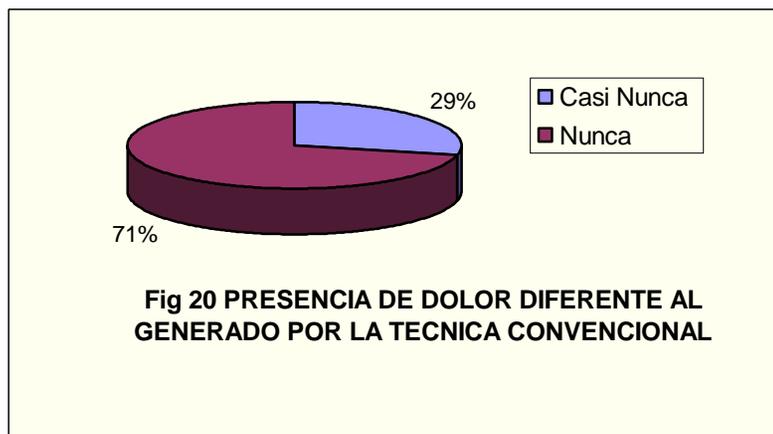
AUMENTO CONSIDERABLE DE LA FATIGA MUSCULAR	CANTIDAD	PORCENTAJE
Casi Nunca	3	43%
Nunca	4	57%
Total	7	100%



El 57% de las profesionales encuestadas concluye que nunca se presentó un aumento considerable de la fatiga muscular en el miembro superior ejercitado del paciente y el 43% concluyo que casi nunca sucedió .

**TABLA 17 PRESENCIA DE DOLOR DIFERENTE AL GENERADO POR LA TÉCNICA CONVENCIONAL**

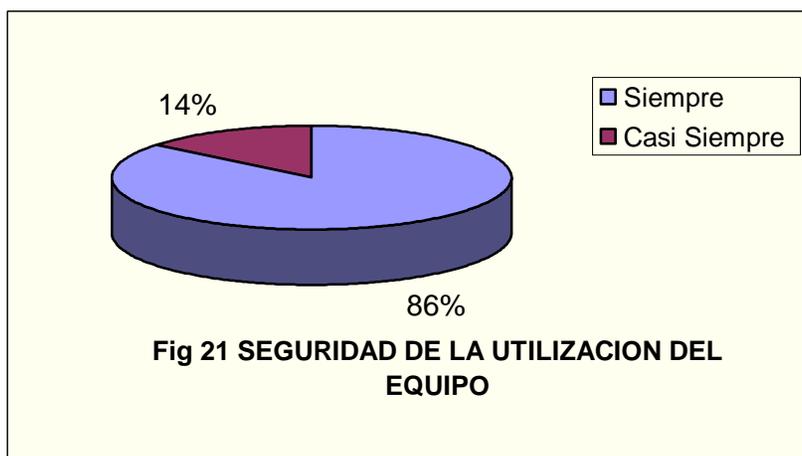
<b>PRESENCIA DE DOLOR DIFERENTE AL GENERADO POR LA TÉCNICA CONVENCIONAL</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Casi Nunca	2	29%
Nunca	5	71%
Total	7	100%



El 71% de las profesionales encuestadas concluye que el paciente nunca presento un dolor diferente al que se genera por la aplicación de la técnica convencional y el 29% restante concluye que casi nunca fue así.

**TABLA 18 SEGURIDAD DE LA UTILIZACIÓN DEL EQUIPO**

<b>SEGURIDAD DE LA UTILIZACION DEL EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Siempre	6	86%
Casi Siempre	1	14%
Total	7	100%

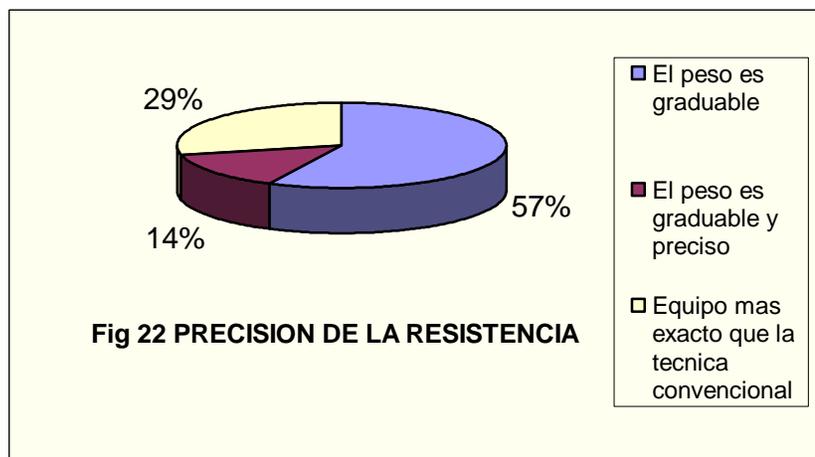


El 86% de las profesionales encuestadas concluye que la utilización del equipo siempre es segura para el paciente y el 14% concluye que casi siempre es así.

### Interpretación cualitativa de los resultados

**TABLA 19 PRECISIÓN DE LA RESISTENCIA**

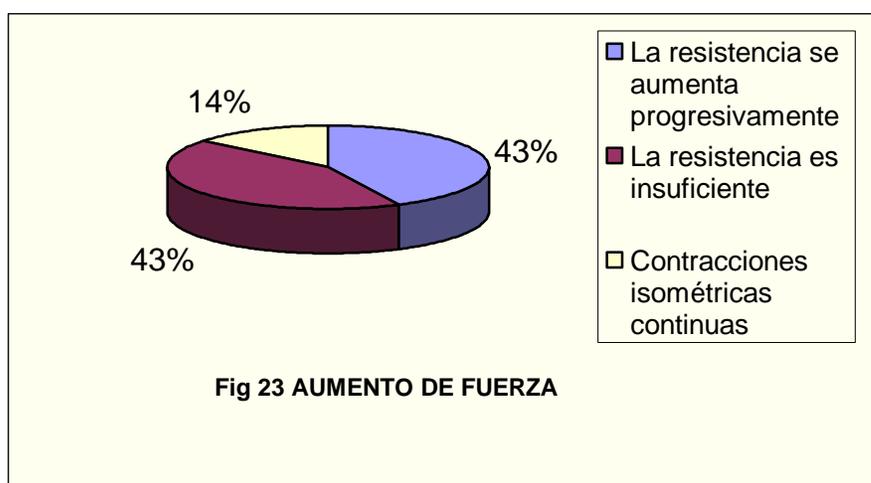
<b>PRECISION DE LA RESISTENCIA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE</b>
El peso es graduable	4	57%
El peso es graduable y preciso	1	14%
Equipo más exacto que la técnica convencional	2	29%
Total	7	100%



El 57% de las profesionales encuestadas concluye que el peso es graduable, el 14% concluye que el peso es graduable y preciso y el 29% restante concluye que el equipo es más exacto que la técnica convencional.

**TABLA 20 AUMENTO DE FUERZA**

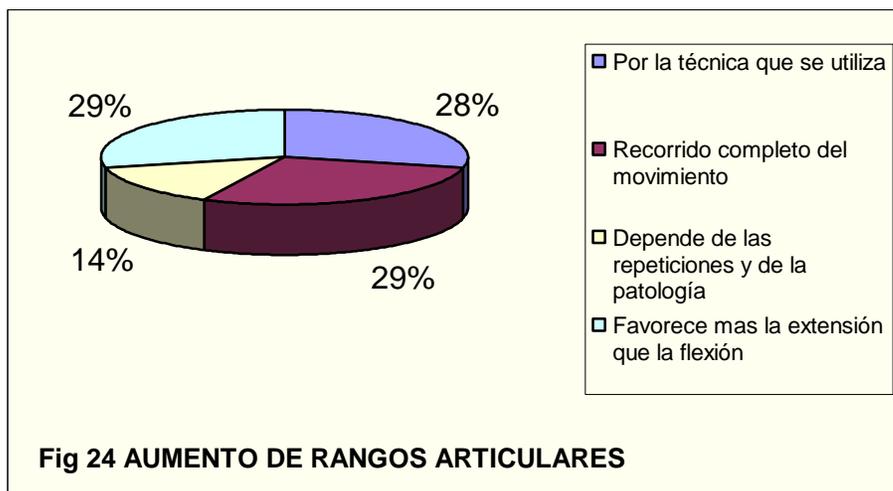
AUMENTO DE FUERZA	CANTIDAD	PORCENTAJE
La resistencia se aumenta progresivamente	3	43%
La resistencia es insuficiente	3	43%
Contracciones isométricas continuas	1	14%
Total	7	100%



El 43% de las profesionales encuestadas concluye que la fuerza aumenta debido a que la resistencia se aumenta progresivamente, el 14% dice que la fuerza aumenta debido a las contracciones isométricas continuas y el 43% restante opina que la fuerza no aumenta debido a que la resistencia es insuficiente.

**TABLA 21 AUMENTO DE RANGOS ARTICULARES**

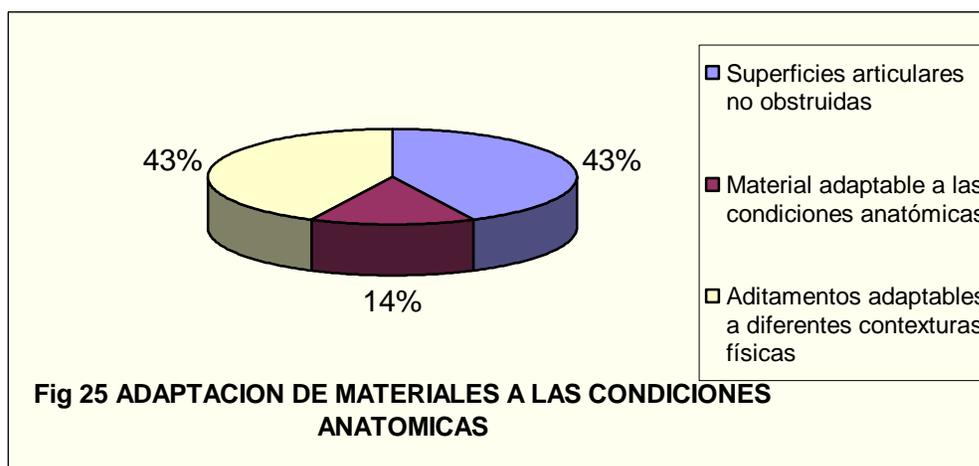
<b>AUMENTO DE RANGOS ARTICULARES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Por la técnica que se utiliza	2	28%
Recorrido completo del movimiento	2	29%
Depende de las repeticiones y de la patología	1	14%
Favorece mas la extensión que la flexión	2	29%
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>100%</b>



El 29% de las profesionales encuestadas concluye que los rangos articulares aumentan debido a que el equipo ofrece la alternativa de un recorrido completo del movimiento, el 29% concluye que la utilización del equipo favorece mas el aumento de rangos hacia extensión que hacia flexión, el 28% dice que el aumento de rangos se da por la técnica utilizada en el equipo y el 14% dice que depende de las repeticiones y de la patología.

**TABLA 22 ADAPTACIÓN DE LOS MATERIALES A LAS CONDICIONES ANATÓMICAS**

<b>ADAPTACION DE LOS MATERIALES A LAS CONDICIONES ANATOMICAS</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Superficies articulares no obstruidas	3	43%
Material adaptable a las condiciones anatómicas	1	14%
Aditamentos adaptables a diferentes contexturas físicas	3	43%
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>100%</b>



El 43% de las profesionales encuestadas concluye que los aditamentos son adaptables a diferentes contexturas físicas, el 14% concluye que los materiales que componen el dispositivo son adaptables a las condiciones anatómicas de los pacientes, el 43% restante dice que las superficies articulares no se encuentran obstruidas.

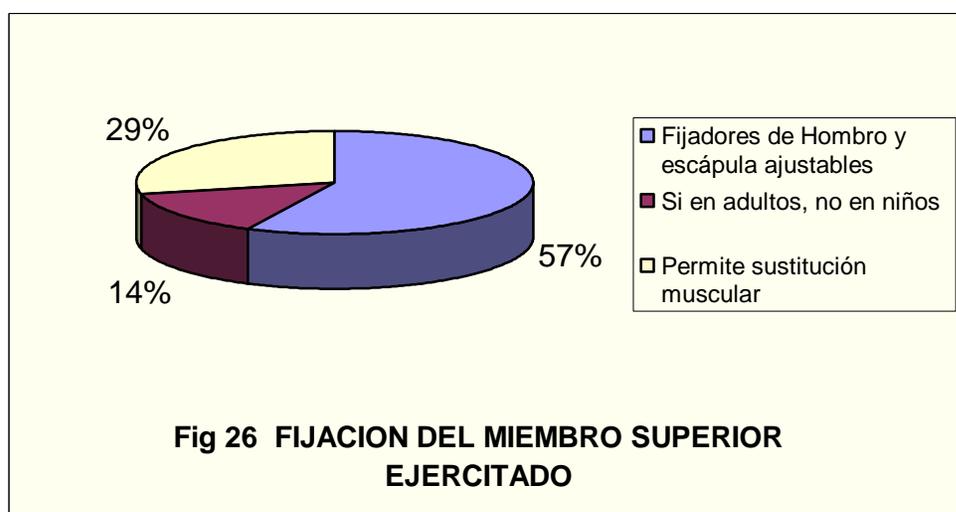
**TABLA 23 ADAPTACIÓN DE LOS MATERIALES A LAS CONDICIONES BIOMECÁNICAS**

<b>ADAPTACIÓN DE LOS MATERIALES A LAS CONDICIONES BIOMECANICAS</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE</b>
No obstaculiza el movimiento	7	100%
Total	7	100%

El 100% de las profesionales encuestadas concluye que los materiales que conforman el equipo se adaptan a las condiciones biomecánicas del paciente sin obstaculizar el movimiento.

**TABLA 24 FIJACIÓN DEL MIEMBRO SUPERIOR EJERCITADO**

<b>FIJACIÓN DEL MIEMBRO SUPERIOR EJERCITADO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Fijadores de Hombro y escápula ajustables	4	57%
Si en adultos, no en niños	1	14%
Permite sustitución muscular	2	29%
Total	7	100%



El 57% de las profesionales encuestadas concluye que la fijación de hombro y escápula es óptima debido a que los fijadores son ajustables, el 14% concluye que si cumple su función en adultos mas no en niños, el 29% dice que los fijadores permiten sustitución muscular.

**TABLA 25 COMPLEJIDAD EN LA UTILIZACIÓN DEL EQUIPO**

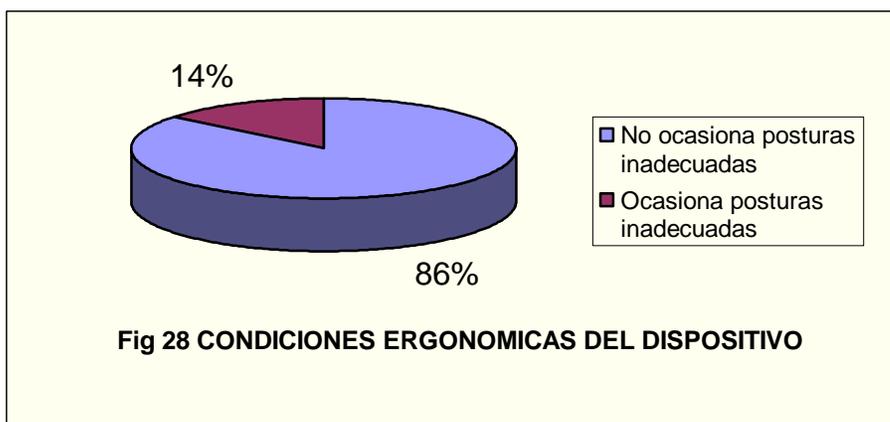
<b>COMPLEJIDAD EN LA UTILIZACION DEL EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Tiempo prolongado en el ajuste de aditamentos	1	14%
Difícil de utilizar	6	86%
Total	7	100%



El 86% de las profesionales encuestadas concluye que el dispositivo es difícil de utilizar y el 14% opina que el tiempo de ajuste de los aditamentos es prolongado.

**TABLA 26 CONDICIONES ERGONÓMICAS DEL DISPOSITIVO**

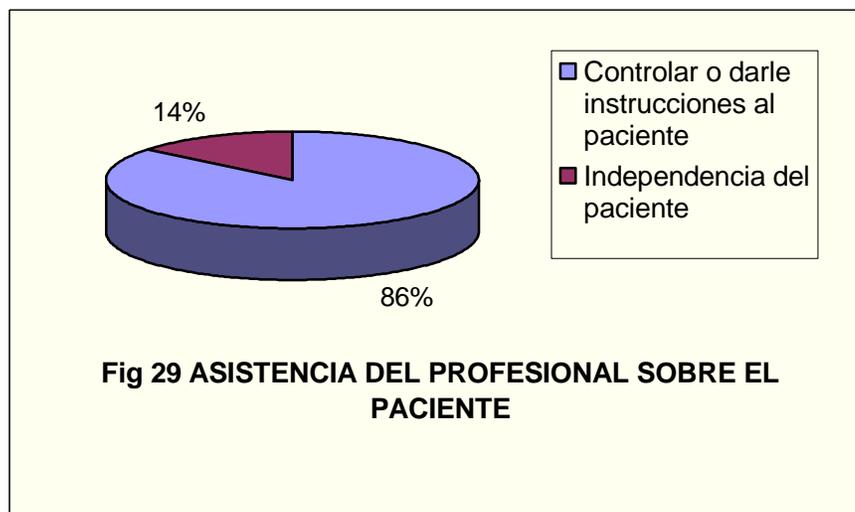
<b>CONDICIONES ERGONÓMICAS DEL DISPOSITIVO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE</b>
No ocasiona posturas inadecuadas	6	86%
Ocasiona posturas inadecuadas	1	14%
Total	7	100%



El 86% de las profesionales encuestadas concluye que la utilización del dispositivo no ocasiona posturas inadecuadas en el paciente, y el 14% concluye que si ocasiona posturas inadecuadas .

**TABLA 27 ASISTENCIA DEL PROFESIONAL SOBRE EL PACIENTE**

<b>ASISTENCIA DEL PROFESIONAL SOBRE EL PACIENTE</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Controlar o darle instrucciones al paciente	6	86%
Independencia del paciente	1	14%
Total	7	100%



El 86% de las profesionales encuestadas concluye que es necesario que el profesional a cargo del proceso de rehabilitación controle y de instrucciones al paciente para la utilización del equipo y el 14% dice que el equipo proporciona total independencia al paciente.

TABLA 28 RECEPTIVIDAD DEL PACIENTE CON RESPECTO AL DISPOSITIVO

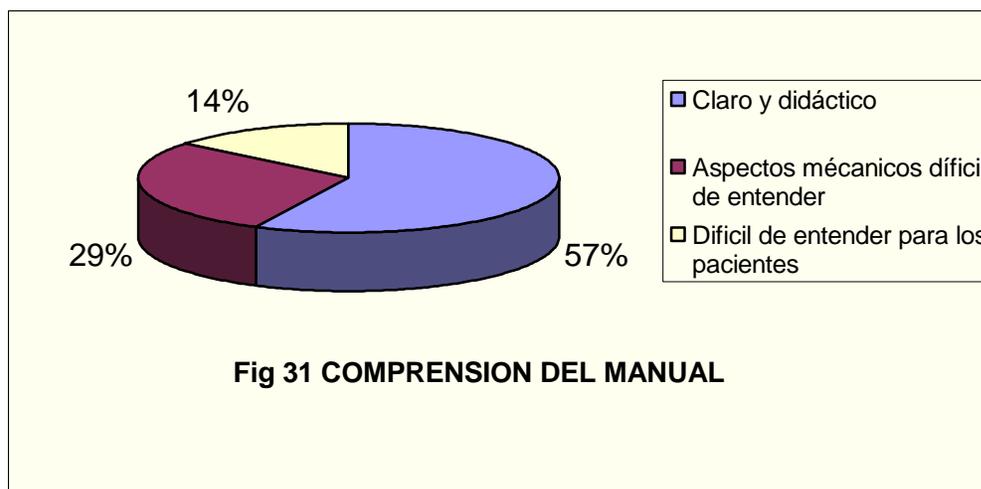
RECEPTIVIDAD DEL PACIENTE CON RESPECTO AL DISPOSITIVO	CANTIDAD	PORCENTAJE
Es novedoso	2	29%
Una opción mas para recuperarse	1	14%
Conformidad del paciente	2	14%
Inconformidad del paciente	2	29%
Total	7	100%



El 28% de las profesionales encuestadas concluye que la receptividad por parte del paciente con respecto al dispositivo es buena ya que lo considera una opción novedosa, el 14% considera al dispositivo como una opción mas para recuperarse, el 29% esta conforme, el 29% restante de los pacientes están inconformes.

TABLA 29 COMPRENSIÓN DEL MANUAL

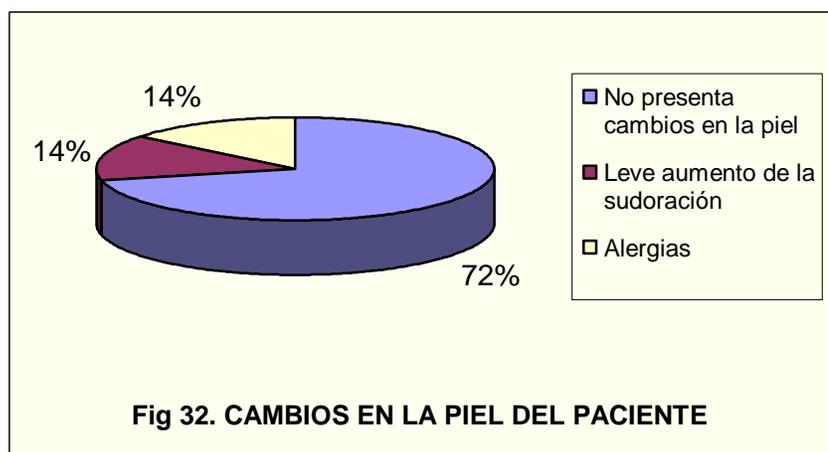
COMPRENSIÓN DEL MANUAL	CANTIDAD	PORCENTAJE
Claro y didáctico	4	57%
Aspectos mecánicos difícil de entender	2	29%
Difícil de entender para los pacientes	1	14%
Total	7	100%



El 57% de las profesionales encuestadas concluye que el manual es claro y didáctico, el 29% opina que los aspectos mecánicos explicados en el manual son difíciles de entender y el 14% dice que el manual es difícil de entender para los pacientes.

**TABLA 30 CAMBIOS EN LA PIEL DEL PACIENTE**

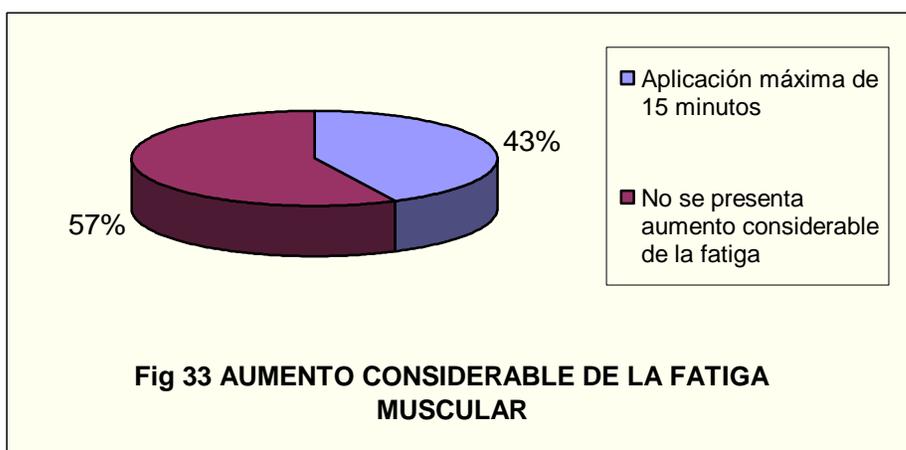
<b>CAMBIOS EN LA PIEL DEL PACIENTE</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE</b>
No se presentan cambios en la piel.	5	72%
Leve aumento de sudoración.	1	14%
alergias	1	14%
Total	7	100%



El 72% de las profesionales encuestadas concluye que el paciente no presenta cambios en la piel , el 14% concluye que se presenta un leve aumento de la sudoración , y el 14% restante que se presentaron alergias.

**TABLA 31 AUMENTO CONSIDERABLE DE LA FATIGA MUSCULAR**

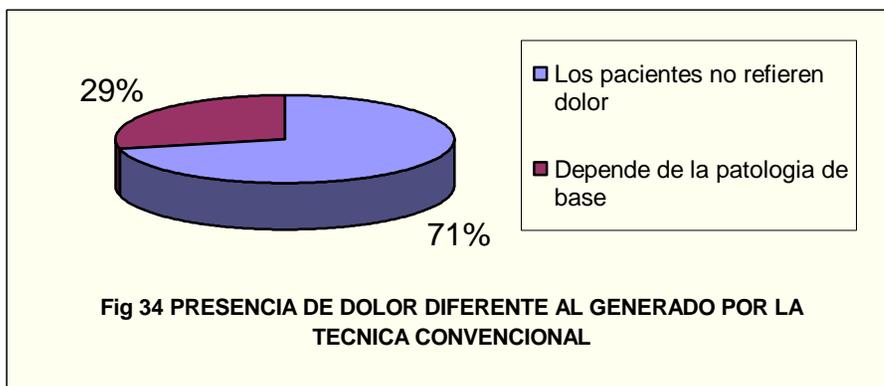
<b>AUMENTO CONSIDERABLE DE LA FATIGA MUSCULAR</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Aplicación máxima de 15 minutos	3	43%
No se presenta aumento considerable de la fatiga	4	57%
Total	7	100%



El 57% de las profesionales encuestadas concluye que no se presenta aumento considerable de la fatiga, el 43% opina que la aplicación máxima de 15 minutos no permite el aumento de la fatiga.

**TABLA 32 PRESENCIA DE DOLOR DIFERENTE AL GENERADO POR LA TÉCNICA CONVENCIONAL**

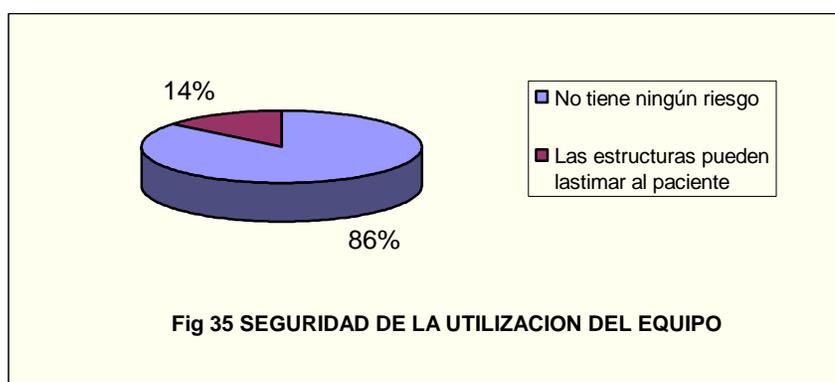
<b>PRESENCIA DE DOLOR DIFERENTE AL GENERADO POR LA TECNICA CONVENCIONAL</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Los pacientes no refieren dolor	5	71%
Depende de la patología de base	2	29%
Total	7	100%



El 71% de las profesionales encuestadas concluye que los pacientes no refieren dolor diferente al aplicado con la técnica convencional con la utilización del equipo, el 29% opina que la presencia de dolor depende de la patología de base del paciente.

#### TABLA 33 SEGURIDAD DE LA UTILIZACIÓN DEL EQUIPO

SEGURIDAD DE LA UTILIZACION DEL EQUIPO	CANTIDAD	PORCENTAJE
No tiene ningún riesgo	6	57%
Las estructuras pueden lastimar al paciente	1	14%
Total	7	100%



El 86% de las profesionales encuestadas concluye que el equipo no tiene ningún riesgo para el paciente, el 14% opina que las estructuras pueden lastimar al paciente.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La Facilitación Neuromuscular Propioceptiva donde se incluye la técnica contraer – relajar (CR), es uno de los aspectos más relevantes en esta investigación la cual fue desarrollada con el fin de optimizar la aplicación de la técnica mediante la utilización de un dispositivo que permitiera objetivizar la graduación de una resistencia, y lograr de esta manera llevar un registro lo más exacto posible acerca de la evolución del tratamiento de quien lo está utilizando. La escogencia de la técnica que se iba a aplicar en el dispositivo se supeditó a los beneficios que ésta ofreciera y a una articulación que careciera de herramientas suficientes para su tratamiento en cuanto a mecanoterapia se refiere, es por esto que luego de explorar acerca de los aparatos de mecanoterapia utilizados en consultorio se determinó que la articulación de codo requería de un aditamento específico para su rehabilitación.

Se eligió la técnica contraer-relajar porque ofrece la posibilidad de ser utilizada en varias patologías, además de la versatilidad de sus beneficios, como obtener ganancias en flexibilidad, aumento de rangos articulares, aumento de fuerza, en diferentes afecciones como: lesiones osteomusculares como fracturas de miembro superior que impliquen afección del codo directamente o por periodos de inmovilización prolongada, moderada disminución de la fuerza en la musculatura de codo, disminución en los rangos de movilidad articular de codo, lesiones de motoneurona superior (no espásticas), en deportistas, en lesiones de nervio periférico, entre otros que el profesional a cargo considere necesario.

Para el desarrollo de este proyecto se estableció una metodología clara y precisa, que puede ser tomada como ejemplo para el desarrollo de un trabajo o una investigación que relacione algún área de la salud con la creación de alternativas de diagnóstico o tratamiento que permitan contribuir de alguna manera con el mejoramiento de la calidad de vida de quienes lo requieran.

Este proyecto involucra una serie de factores importantes en el desarrollo de tecnología netamente nacional, ya que la construcción del prototipo se hizo con materiales nacionales disponibles en el mercado, debido a que construir este dispositivo con los materiales ideales para el funcionamiento exacto del mismo representa costos elevados, sin embargo el calcular los beneficios ofrecidos por el desarrollo de este proyecto se planteó la posibilidad de asumir la responsabilidad de innovar y conformar un equipo interdisciplinario junto con la ingeniería mecánica que hoy en día comprueba la factibilidad de la realización de este proyecto porque el resultado final fue un prototipo que cumple con características aceptables de funcionamiento, sin embargo está sujeto a mejoras que se conocieron luego de su validación a través del concepto de un grupo de 7 fisioterapeutas que plantearon observaciones necesarias para optimizar el funcionamiento del dispositivo.

- 1) El equipo debería tener una lámina (base para sujetar el brace) a cada lado, puesto que al tener sólo una sujeta con aditamentos mecánicos, y tener que cambiarse de lado a lado según el miembro superior que se va a ejercitar, se hace difícil su manipulación y se prolonga el tiempo de cada sesión.
- 2) La resistencia que se gradúa debería ser mayor a 5 libras puesto que algunos pacientes tienen la capacidad de levantar una carga mayor a la dispuesta en este dispositivo.
- 3) Los aditamentos dispuestos para el paciente deberían conformar una sola estructura con el fin de hacer menos dispendiosa su colocación.

- 4) La utilización del dispositivo ofrece más beneficios para ganar rangos articulares de extensión de codo que de flexión puesto que hacia extensión el aparato asiste el movimiento y hacia flexión el movimiento debe hacerse activamente.

Luego del diseño y la construcción del dispositivo funcional para codo, aplicando la técnica contraer – relajar , su validación a través del concepto de 7 fisioterapeutas y conocer las observaciones antes mencionadas se concluye que:

- 1) Se dio respuesta al planteamiento del problema de este proyecto ya que con la construcción del Ejercitador de codo se permitió la utilización de la técnica contraer-relajar siendo más objetiva la aplicación de la resistencia puesto que según los resultados obtenidos en las encuestas, es necesario que el fisioterapeuta instruya al paciente acerca de la utilización del Ejercitador de codo y supervise la misma, como sucede con la mayoría de los aparatos utilizados en rehabilitación, mas no permanezca constantemente con el paciente aplicando la resistencia manualmente.
- 2) Luego de los resultados obtenidos después de la validación del dispositivo, se plantearon algunas recomendaciones necesarias para un futuro proceso de reingeniería que facilitarían el funcionamiento ideal de este prototipo; uno de los aspectos más relevantes es la precisión de la resistencia, ya que el prototipo proporciona una resistencia estándar y por ende más objetiva, pero no es suficiente el contrapeso que se dispuso para adicionar al dispositivo (pesas), puesto que algunos pacientes según su patología tienen la capacidad de levantar más peso al dispuesto en el dispositivo, es por esto que se deben aumentar la cantidad de pesas.

También se demuestra que el dispositivo es una excelente herramienta para aumentar rangos articulares, puesto que según las encuestas el 100% de los pacientes que utilizaron el dispositivo aumentaron rangos de movimiento en diferentes porcentajes, es evidente que la ganancia de movilidad articular hacia extensión es mucho mayor que hacia flexión puesto que el dispositivo asiste completamente el movimiento de extensión mas no el de flexión por las características mecánicas del equipo, lo cual podría modificarse en un futuro proceso de reingeniería. El aparato así como cualquier dispositivo mecánico utilizado en rehabilitación que implique algún esfuerzo físico por parte del paciente puede llegar a producir dolor si es utilizado de forma incorrecta y durante tiempos prolongados, como también puede ocasionar posturas inadecuadas si no se adecua la altura del dispositivo para que coincida con el miembro superior ejercitado.

- 3) La realización de este proyecto comprueba la factibilidad de la conformación de un equipo interdisciplinario, aun con áreas ajenas a la salud que contribuyan activamente en la creación de herramientas tecnológicas que complementen los procesos de rehabilitación.
- 4) Para la realización de todo trabajo de diseño e implementación de un sistema mecánico aplicado a cualquier área de la salud, es necesario tener clara la aplicabilidad y viabilidad del proyecto (recursos humanos, técnicos y tecnológicos), que permita un conocimiento pleno de los recursos actuales y un panorama claro del resultado al que se desea llegar.

- 5) El factor económico fue el aspecto más limitante para el desarrollo de este proyecto puesto que para construir un solo prototipo que cumpliera con los más altos estándares de calidad y funcionamiento era necesario construir cada una de las piezas del prototipo y no utilizar las disponibles en el mercado como se hizo en este proyecto con el fin de ajustar costos al presupuesto de las investigadoras a cargo de este proyecto.
- 6) Para futuras investigaciones es recomendable realizar una evaluación de rangos de movilidad articular pre y pos uso del dispositivo con el fin de cuantificar mas exactamente los beneficios de la utilización del mismo frente a la ganancia de rangos articulares en codo, también es necesario ampliar la población de pacientes y especificar las patologías de los mismos para identificar las limitaciones y los beneficios de la utilización del equipo en diferentes afecciones.
- 7) El 100% de las Fisioterapeutas encuestadas manifestaron que el dispositivo es difícil de utilizar, situación que se esperaba debido a que la manipulación del equipo constituye una novedad para las profesionales a cargo de validar el instrumento, condición que puede variar con el uso constante del equipo.
- 8) Con este proyecto se abren nuevas perspectivas para el desarrollo de otros trabajos de investigación que involucren la creación de nuevos instrumentos que contribuyan a satisfacer ciertas necesidades en nuestro campo y a la vez sean útiles con el fin de mejorar la calidad de vida de quienes lo requieran.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Acosta Mariluz, Barajas Ruth, Rojas Samira (1998). Aplicación de la técnica FNP. Contraer – relajar en pacientes postraumáticos y posquirúrgicos con pérdida de la movilidad de la ATM. Entre los 12 y 60 años de edad en el centro clínico quirúrgico de especialistas de Bucaramanga. Fundación Universitaria Manuela Beltrán. Bucaramanga Colombia

Balk Arno. (1997). Estiramientos. Barcelona España. Editorial Paidotribo.

Donnelly Edward L. (2002) Sammons Preston The Preferred Source of Rehabilitation Professionals Catalog. Chicago Estados Unidos.

Mc. Atee Robert y charland Jeff (2000). Estiramientos Facilitados. Barcelona España. Editorial Paidotribo.

Mondelo Pedro, Gregori Torada Enrique, Barrau Bonbardo Pedro (2000). Fundamentos de Ergonomía 1. México D.F. Editorial Alfaomega.

Moore Keith L. (1998). Anatomía con orientación clínica. Estados Unidos. Editorial Médica Panamericana.

Neiger Henri (2000). Estiramientos Analíticos Manuales. Barcelona España. Editorial Paidotribo.

O' Nelly Michael (1998). Ergonomic design for organizational effectiveness. Boca Raton Florida. Editorial Lewis Publishers.

Patiño María Solange, Orozco Luis Carlos. (1999). Escuela de Fisioterapia. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga Colombia.

Polit Dense y Hungler. (2000). Investigación Científica en Ciencias de la Salud. Philadelphia Estados Unidos. Editorial Mc Graw Hill.

Vogel Steven. (2000). Ancas y Palancas (Mecánica natural y Mecánica humana). Barcelona España. Editorial Tusquets S.A.

Voss, Ionta, Myers (1998). Facilitación Neuromuscular propioceptiva Patrones y técnicas. California Estados Unidos. Editorial Médica Panamericana.

Xhardez Yves. (2000). Vademécum de Kinesioterapia y de reeducación funcional. Buenos Aires Argentina. Editorial El Ateneo.

**ANEXO 1**

<b>FISIOTERAPEUTAS</b>	<b>TELEFONO</b>
Consuelo Navarro	2887660
Martha Hernández	2325812
Andrea del Rocío Parra	3618176
Claudia Romero	2787567
Gladys Rocío Florez	6303079
Yaneth Obregon	6694194
Astrid Briceño	2036080

## ANEXO 2

**MATRIZ DE INFORMACION DE LAS EVALUACIONES EMITIDAS POR LOS  
7 EXPERTOS QUE VALIDARON EL DISPOSITIVO**

<b>FISIOTERAPEUTAS</b>	<b>1</b>	<b>2a</b>	<b>2b</b>	<b>%a</b>	<b>%b</b>
1 Martha Hernández	Siempre	Si	Si	25 - 50	25 - 50
2 Consuelo Navarro	Siempre	Si	Si	25 - 50	25 - 50
3 Andrea del Rocío Parra	Casi Siempre	Si	Si	0 - 25	25 - 50
4 Claudia Romero	Casi Siempre	Si	Si	25 - 50	25 - 50
5 Yaneth Obregón	Casi Siempre	Si	Si	0 - 25	25 - 50
6 Gladys Rocío Flórez	Siempre	Si	Si	25 - 50	50 - 75
7 Astrid Briceño	Casi Siempre	No	Si	0 - 25	0 - 25

<b>FISIOTERAPEUTAS</b>	<b>3a</b>	<b>3b</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
1 Martha Hernández	Parcial	Parcial				Casi
	Acuerdo	Acuerdo	Si	No	Si	Siempre
2 Consuelo Navarro	Parcial	Parcial				Casi
	Acuerdo	Acuerdo	No	No	Si	Siempre
3 Andrea del Rocío Parra	Total	Total				
	Acuerdo	Acuerdo	No	No	Si	Siempre
4 Claudia Romero	Parcial	Parcial				Casi
	Acuerdo	Acuerdo	Si	No	Si	Siempre
5 Yaneth Obregón	Total	Total				Casi
	Acuerdo	Acuerdo	Si	No	Si	Siempre
6 Gladys Rocío Flórez	Total	Total				Casi
	Acuerdo	Acuerdo	Si	No	Si	Siempre
7 Astrid Briceño	Total	Total				Casi
	Acuerdo	Acuerdo	No	No	No	Nunca

<b>FISIOTERAPEUTAS</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>10a</b>	<b>10b</b>	<b>10c</b>	<b>10d</b>	<b>10e</b>	<b>10f</b>
1 Martha Hernández	Buena	Todos los aspectos	No						
2 Consuelo Navarro	Buena	Todos los aspectos	Si		Alergia				
3 Andrea del Rocío Parra	Buena	Casi todos los aspectos	No						
4 Claudia Romero	Regular	Casi todos los aspectos	Si						Sudoración
5 Yaneth Obregón	Buena	Todos los aspectos	No						
6 Gladys Rocío Flórez	Buena	Todos los aspectos	No						
7 Astrid Briceño	Regular	Casi todos los aspectos	No						

<b>FISIOTERAPEUTAS</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>
1 Martha Hernández	Casi Nunca	Nunca	Siempre
2 Consuelo Navarro	Casi Nunca	Nunca	Siempre
3 Andrea del Rocío Parra	Casi Nunca	Nunca	Siempre
4 Claudia Romero	Nunca	Casi Nunca	Siempre
5 Yaneth Obregón	Nunca	Nunca	Siempre
6 Gladys Rocío Flórez	Nunca	Nunca	Siempre
7 Astrid Briceño	Nunca	Casi Nunca	Casi Siempre

### CUALITATIVO

<b>FISOTERAPEUTAS</b>	<b>PORQUE 1</b>	<b>PORQUE 2a</b>
1 Martha Hernández	El peso es graduable	La resistencia se aumenta progresivamente
2 Consuelo Navarro	El peso es graduable	La resistencia se aumenta progresivamente
3 Andrea del Rocío Parra	El peso es graduable y preciso	La resistencia es insuficiente
4 Claudia Romero	Equipo mas exacto que la técnica convencional	Contracciones isométricas continuas
5 Yaneth Obregón	Equipo mas exacto que la técnica convencional	La resistencia es insuficiente
6 Gladys Rocío Flórez	El peso es graduable	La resistencia se aumenta progresivamente
7 Astrid Briceño	El peso es graduable	La resistencia es insuficiente

<b>FISOTERAPEUTAS</b>	<b>PORQUE 2b</b>	<b>PORQUE 3a</b>
1 Martha Hernández	Por la técnica que se utiliza	Superficies articulares no obstruidas
2 Consuelo Navarro	Por la técnica que se utiliza	Superficies articulares no obstruidas
3 Andrea del Rocío Parra	Recorrido completo del movimiento	Superficies articulares no obstruidas
4 Claudia Romero	Depende de las repeticiones y de la patología	Material adaptable a las condiciones anatómicas
5 Yaneth Obregón	Favorece mas la extensión que la flexión	Aditamentos adaptables a diferentes contexturas físicas
6 Gladys Rocío Flórez	Recorrido completo del movimiento	Aditamentos adaptables a diferentes contexturas físicas
7 Astrid Briceño	Favorece mas la extensión que la flexión	Aditamentos adaptables a diferentes contexturas físicas

<b>FISOTERAPEUTAS</b>	<b>PORQUE 3b</b>	<b>PORQUE 4</b>
1 Martha Hernández	No obstaculiza el movimiento	Fijadores de Hombro y escápula ajustables
2 Consuelo Navarro	No obstaculiza el movimiento	Si en adultos, no en niños
3 Andrea del Rocío Parra	No obstaculiza el movimiento	Permite sustitución muscular
4 Claudia Romero	No obstaculiza el movimiento	Fijadores de Hombro y escápula ajustables
5 Yaneth Obregón	No obstaculiza el movimiento	Fijadores de Hombro y escápula ajustables
6 Gladys Rocío Flórez	No obstaculiza el movimiento	Fijadores de Hombro y escápula ajustables
7 Astrid Briceño	No obstaculiza el movimiento	Permite sustitución muscular

<b>FISOTERAPEUTAS</b>	<b>PORQUE 5</b>	<b>PORQUE 6</b>
1 Martha Hernández	Tiempo prolongado en el ajuste de aditamentos	No ocasiona posturas inadecuadas
2 Consuelo Navarro	Difícil de utilizar	No ocasiona posturas inadecuadas
3 Andrea del Rocío Parra	Difícil de utilizar	No ocasiona posturas inadecuadas
4 Claudia Romero	Difícil de utilizar	No ocasiona posturas inadecuadas
5 Yaneth Obregón	Difícil de utilizar	No ocasiona posturas inadecuadas
6 Gladys Rocío Flórez	Difícil de utilizar	No ocasiona posturas inadecuadas
7 Astrid Briceño	Difícil de utilizar	Ocasiona posturas inadecuadas

<b>FISOTERAPEUTAS</b>	<b>PORQUE 7</b>	<b>PORQUE 8</b>
1 Martha Hernández	Controlar o darle instrucciones al paciente	Es novedoso
2 Consuelo Navarro	Controlar o darle instrucciones al paciente	Una opción mas para recuperarse
3 Andrea del Rocío Parra	Independencia del paciente	Conformidad del paciente
4 Claudia Romero	Controlar o darle instrucciones al paciente	Inconformidad del paciente
5 Yaneth Obregón	Controlar o darle instrucciones al paciente	Es novedoso
6 Gladys Rocío Flórez	Controlar o darle instrucciones al paciente	Conformidad del paciente
7 Astrid Briceño	Controlar o darle instrucciones al paciente	Inconformidad del paciente

<b>FISOTERAPEUTAS</b>	<b>PORQUE 9</b>	<b>PORQUE 10</b>
1 Martha Hernández	Claro y didáctico	No hay cambios en la piel
2 Consuelo Navarro	Claro y didáctico	Presentó alergia
3 Andrea del Rocío Parra	Aspectos mecánicos difícil de entender	No hay cambios en la piel
4 Claudia Romero		Presentó leve aumento de la sudoración
5 Yaneth Obregón	Claro y didáctico	No hay cambios en la piel
6 Gladys Rocío Flórez	Claro y didáctico	No hay cambios en la piel
7 Astrid Briceño	Aspectos mecánicos difícil de entender	No hay cambios en la piel
	Difícil de entender para los pacientes	No hay cambios en la piel

<b>FISOTERAPEUTAS</b>	<b>PORQUE 11</b>	<b>PORQUE 12</b>
1 Martha Hernández	Aplicación máxima de 15 minutos	Los pacientes no refieren dolor
2 Consuelo Navarro	Aplicación máxima de 15 minutos	Los pacientes no refieren dolor
3 Andrea del Rocío Parra	Aplicación máxima de 15 minutos	Los pacientes no refieren dolor
4 Claudia Romero	No se presenta aumento considerable de la fatiga	Depende de la patología de base
5 Yaneth Obregón	No se presenta aumento considerable de la fatiga	Los pacientes no refieren dolor
6 Gladys Rocío Flórez	No se presenta aumento considerable de la fatiga	Los pacientes no refieren dolor
7 Astrid Briceño	No se presenta aumento considerable de la fatiga	Depende de la patología de base

<b>FISOTERAPEUTAS</b>	<b>PORQUE 13</b>
1 Martha Hernández	No tiene ningún riesgo
2 Consuelo Navarro	No tiene ningún riesgo
3 Andrea del Rocío Parra	No tiene ningún riesgo
4 Claudia Romero	No tiene ningún riesgo
5 Yaneth Obregón	No tiene ningún riesgo
6 Gladys Rocío Flórez	No tiene ningún riesgo
7 Astrid Briceño	Las estructuras pueden lastimar al paciente

## ENCUESTA DE EVALUACIÓN APLICADA A FISIOTERAPEUTAS

Dra. ....; a continuación usted encontrara un formato de preguntas referentes al funcionamiento del dispositivo utilizado por usted en su consultorio.

Marque sólo una respuesta con una X y justifíquela.

FUNCIÓN	CALIFICACIÓN																																					
1. El dispositivo permite la aplicación de una resistencia más precisa a la utilizada en la técnica convencional.	Nunca ____ Casi nunca ____ Casi Siempre ____ Siempre ____	<b>¿PORQUE?</b>																																				
2. El dispositivo cumple con su funcionalidad en los siguientes aspectos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de la fuerza:</li> <li>• Aumento de los rangos articulares:</li> </ul>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;">Si su respuesta es afirmativa: ¿en que porcentaje?</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td>0 - 25%</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>25 - 50%</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">SI ____</td> <td>50 - 75%</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">NO ____</td> <td>75 - 100%</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>0 - 25%</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">SI ____</td> <td>25 - 50%</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">NO ____</td> <td>50 - 75%</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>75 - 100%</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Si su respuesta es afirmativa: ¿en que porcentaje?				0 - 25%				25 - 50%			SI ____	50 - 75%			NO ____	75 - 100%				0 - 25%			SI ____	25 - 50%			NO ____	50 - 75%				75 - 100%			<b>¿PORQUE?</b>
	Si su respuesta es afirmativa: ¿en que porcentaje?																																					
	0 - 25%																																					
	25 - 50%																																					
SI ____	50 - 75%																																					
NO ____	75 - 100%																																					
	0 - 25%																																					
SI ____	25 - 50%																																					
NO ____	50 - 75%																																					
	75 - 100%																																					
3. Los materiales que componen el dispositivo son adecuados a las condiciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anatómicas,</li> <li>• biomecánicas de su paciente.</li> </ul>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"></td> <td style="width: 50%;">Total acuerdo ____</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Parcial Acuerdo ____</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Parcial Desacuerdo ____</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Total desacuerdo ____</td> </tr> <tr> <td style="border-top: 1px solid black;"></td> <td style="border-top: 1px solid black;">Total acuerdo ____</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Parcial Acuerdo ____</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Parcial Desacuerdo ____</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Total desacuerdo ____</td> </tr> </table>		Total acuerdo ____		Parcial Acuerdo ____		Parcial Desacuerdo ____		Total desacuerdo ____		Total acuerdo ____		Parcial Acuerdo ____		Parcial Desacuerdo ____		Total desacuerdo ____	<b>¿PORQUE?</b>																				
	Total acuerdo ____																																					
	Parcial Acuerdo ____																																					
	Parcial Desacuerdo ____																																					
	Total desacuerdo ____																																					
	Total acuerdo ____																																					
	Parcial Acuerdo ____																																					
	Parcial Desacuerdo ____																																					
	Total desacuerdo ____																																					

4. El miembro superior que se trabaja tiene una fijación adecuada que evita sustituciones musculares que puedan alterar la aplicación de la técnica utilizada en dicho aparato.	SI ____  NO ____	¿PORQUE?	
5. El dispositivo es fácil de utilizar?	SI ____ NO ____	¿PORQUE?	
6. Considera usted que el dispositivo es ergonómico?	SI ____  NO ____	¿PORQUE?	
7. El equipo permite la no asistencia permanente del profesional sobre el paciente.	Siempre ____ Casi Siempre ____ Casi Nunca ____ Nunca ____	¿PORQUE?	
8. La receptividad por parte del paciente con respecto a la utilización del dispositivo fue:	Buena ____ Regular ____ Mala ____	¿PORQUE?	
9. El manual cumple con las especificaciones necesarias para la correcta utilización del aparato.	En todos los aspectos ____ En casi todos los aspectos ____ En ningún aspecto ____ (Indique en los que no cumple)	¿PORQUE?	
10. ¿ Se presentaron cambios en la piel del paciente? Si su respuesta es afirmativa justifíquela.	SI ____ En que aspectos :	NO ____	¿PORQUE?
	a. Zonas de presión		a. Ubicación
	b. Alergias		b. Cuáles
	c. Cambios Tróficos		c. Cuáles
	d. Cambios a nivel circulatorio		d. Ubicación

	e. Edema			e. Ubicación
	f. Otros			f. Cuáles
11. ¿Durante la utilización del equipo, el paciente presentó un aumento considerable de la fatiga muscular?	Siempre___ Casi Siempre___ Casi Nunca___ Nunca___			¿PORQUE?
12. ¿Durante la utilización del equipo, el paciente presentó dolor diferente al que se genera por la aplicación de la técnica convencional?	Siempre___ Casi Siempre___ Casi Nunca___ Nunca___			¿PORQUE?
13. La aplicación del aparato es segura para el paciente?	Siempre___ Casi Siempre___ Casi Nunca___ Nunca___			¿PORQUE?

**Observaciones adicionales :**-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----

**ANEXO 3**

**ANEXO 4**

**MANUAL DE INSTRUCCIONES**



**ELABORADO POR :**  
**BIBIANA CONTRERAS GARCIA**  
**MARIA DEL PILAR GODOY**  
**JOHANNA VALENZUELA**

## COMO UTILIZAR ESTE MANUAL

- Es de suma importancia leer completamente este manual antes de utilizar el equipo.
- Mantenga este manual en un lugar cercano como referencia permanente y conveniente.
- Para el adecuado funcionamiento de este dispositivo es indispensable que usted siga al pie de la letra las instrucciones dadas en este manual.
- La utilización incorrecta o excesiva de este dispositivo puede ser perjudicial para sus pacientes.
- Es su responsabilidad como profesional a cargo del proceso de rehabilitación informar a sus pacientes acerca de los beneficios, precauciones y contraindicaciones de la utilización del dispositivo.
- Este manual constituye una guía para que usted decida con que pacientes utilizar o no este dispositivo, pero solo usted podrá decidir cuando y con quien hacerlo, según su criterio profesional y las condiciones del paciente.
- Dado que esta maquina es un prototipo estamos a la espera de sus comentarios para convertir este prototipo en la maquina funcional que todos deseamos.

## EJERCITADOR DE CODO

Este dispositivo funcional fue construido con el fin de optimizar la aplicación de la técnica contraer- relajar en la articulación del codo haciendo que la resistencia aplicada al paciente en el momento de emplear la técnica sea mas objetiva, para tal efecto el equipo cuenta con resistencia variable en un rango de 1 a 5 libras la cual puede ser graduada según las necesidades del paciente, lo cual permite a usted llevar un registro exacto acerca de la evolución del tratamiento. También cuenta con un arnés que cumple la función de fijar escápula y hombro con el fin de evitar sustituciones musculares y permitir un movimiento selectivo. Otra parte importante del dispositivo es una palmeta estándar unisexo para adulto que mantiene la mano en una posición anatómica ajustable a miembro superior derecho e izquierdo, cubierta por un material antialérgico y respirable, sujeto a un brace que abarca la articulación del codo y antebrazo que se ajusta al trofismo de cualquier persona.

Los materiales que conforman este dispositivo fueron cuidadosamente seleccionados con el fin de evitar la aparición de efectos colaterales en el paciente como; zonas de presión, alergias, cambios tróficos y circulatorios

***El ejercitador de codo*** constituye una excelente alternativa de mecanoterapia para el tratamiento de lesiones musculotendinosas y esta en la capacidad de combinarse con otras técnicas de tratamiento utilizadas en el proceso de rehabilitación.

La técnica aplicada en el prototipo, consiste en llevar el músculo retraído hasta el punto de la limitación articular o del dolor. En este punto se pide una contracción isométrica al grupo muscular (predeterminado), momento en el cual se le pide al paciente que sostenga o mantenga. La contracción dura entre 5 a 8 segundos, enseguida se le pide que relaje, posteriormente se le pide al paciente que movilice la articulación en dirección de la limitación; este

movimiento puede ser activo o pasivo. Dicha operación se repite cuantas veces sea necesario cada vez buscando mejorar el rango de movilidad articular.

A continuación usted encontrara las recomendaciones necesarias para la correcta utilización del ***ejercitador de codo***.

Las indicaciones, precauciones y contraindicaciones que usted encontrara a continuación, no constituyen una obligación, pues según su criterio profesional usted puede utilizarlo e incluso suprimirlo de su tratamiento según la conveniencia del paciente.

#### **INDICACIONES:**

- Fracturas de miembro superior que impliquen afección del codo directamente o por periodos de inmovilización prolongada.
- Moderada disminución de la fuerza en la musculatura de codo.
- Disminución en los rangos de movilidad articular de codo.
- Lesiones de motoneurona superior (no espásticas).
- Deportistas.
- Lesiones de nervio periférico.

#### **CONTRAINDICACIONES:**

- Espasticidad.
- Neurotnesis o lesión completa de nervio periférico..
- Alteración de funciones mentales superiores.( que impidan que el paciente entienda las instrucciones.
- Hiperestesia.
- Sepsis.

- Limitación para la supinación.
- Fracturas no consolidadas.
- Quemaduras recientes en miembros superiores o tórax
- Inflamación..
- Síndrome regional complejo.

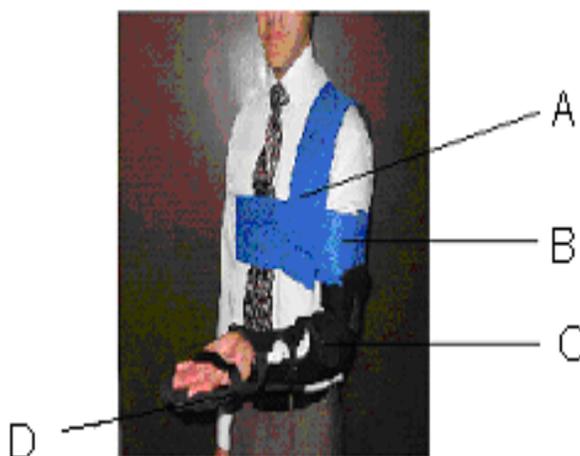
**PRECAUCIONES:**

- Psoriasis.
- Suturas localizadas en miembros superiores y tórax.
- Aversión a la mecanoterapia.
- El arnés y el brace son aditamentos ajustables a la composición anatómica de cualquier paciente adulto, para tal efecto cuenta con correas ajustables que usted debe colocar y graduar de tal manera que no ocasionen al paciente alteraciones circulatorias u otro signo que a su criterio considere inadecuado.
- Manténgase fuera del alcance de los niños.  
El dispositivo debe estar ubicado en un espacio amplio con el fin de facilitar su correcta utilización.

## ADITAMENTOS DISPUESTOS PARA EL PACIENTE

Como se mencionó anteriormente este dispositivo posee aditamentos que usted puede ajustar al cuerpo de su paciente con el fin de utilizar correctamente el equipo.

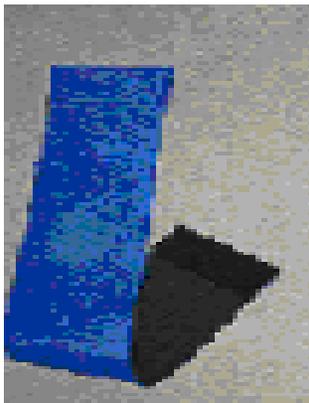
A continuación usted encontrará los componentes del dispositivo y las instrucciones necesarias para la correcta colocación de los mismos.



**Fig 39** Aditamentos dispuestos para el paciente.

- a. Fijador de Escápula
- b. Fijador de Hombro
- c. Brace
- d. Palmeta

## A. FIJADOR DE ESCAPULA

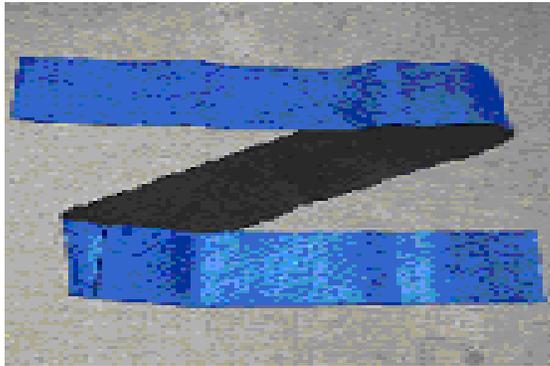


**Fig 40.** Fijador de escápula

Como su nombre lo dice su función es evitar la intervención de la musculatura escapular durante la ejecución de la flexión y la extensión de codo, lo cual facilita la ejecución selectiva de estos movimientos y por lo tanto contribuye a la rehabilitación específica de codo.

Tiene una longitud de 60 cm. de largo x 10 cm. de ancho

## B. FIJADOR DE HOMBRO



**Fig 41.** Fijador de Hombro

Este aditamento cumple la función de evitar la intervención de los movimientos de hombro durante la ejecución de la flexión y extensión de codo.

Tiene una longitud de 1.45 cm. de largo x 10 cm. de ancho.

Los aditamentos a y b: fijador de escápula y fijador de hombro sucesivamente, están hechos de un material resistente y acolchonado de tal manera que no permita elasticidad y se ajuste correctamente al paciente sin causarle incomodidad.

### C. BRACE



**Fig 42.** Brace

Este aditamento esta diseñado con el fin proporcionar soporte al antebrazo que permita unir los aditamentos dispuestos al paciente al mecanismo de funcionamiento. Esta conformado por neopreno antialérgico, resistente y por correas de velcro dispuestas en el extremo distal, medial y proximal de antebrazo y distal de brazo que se ajustan al trofismo de cualquier paciente adulto, tiene un espacio que abarca la articulación del codo que permite la ejecución completa del movimiento.

Para colocársela al paciente extienda el brace como se muestra en la figura C. Tiene una longitud de 42 cm. de largo x 40 cm. de ancho.

#### D. PALMETA



**Fig 43.** Palmeta

Este aditamento soporta la mano del paciente en supinación con los dedos levemente abducidos, de tal forma que esta permanezca relajada para no generar tensión en la muñeca ni en la mano del paciente. Esta palmeta esta elaborada en material de polietileno, forrada con cauchospuma que es respirable, antialérgico y dúctil para proporcionar mayor comodidad al paciente; tiene una correa de velcro en la parte media de la palmeta para fijar los dedos del mismo.

La palmeta es estándar y unisexo para adulto que mantiene la mano en posición anatómica ajustable a miembro superior derecho e izquierdo.

Se debe tener en cuenta que en el momento de colocar el brace, la mano del paciente debe coincidir correctamente en la palmeta.

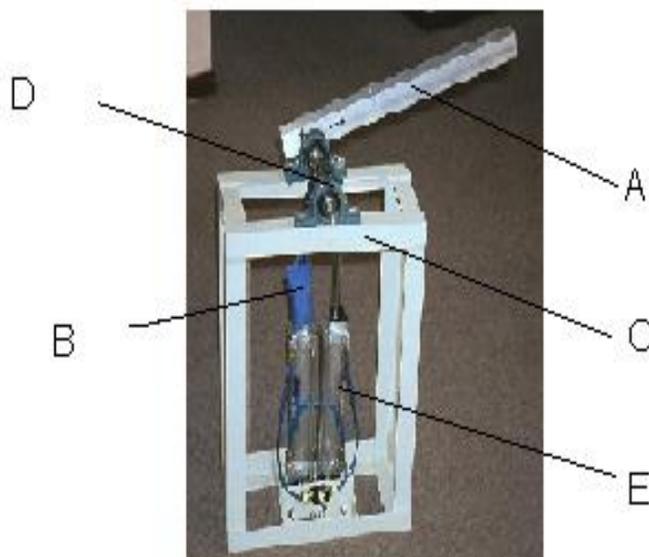
Tiene una longitud de 35 cm. de largo x 16 cm. de ancho



**Fig 44.** Disposición de los aditamentos para el paciente

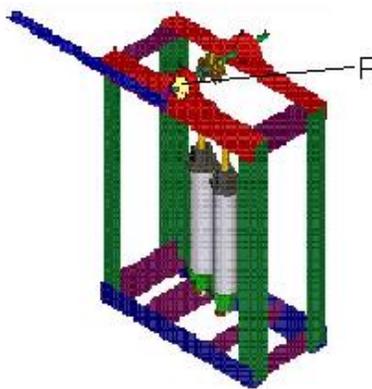
En la figura 44 observe la correcta colocación de los aditamentos dispuestos para el paciente, nótese la adaptación al miembro superior derecho e izquierdo en dos adultos de diferente sexo y talla.

## COMPONENTES DEL EQUIPO

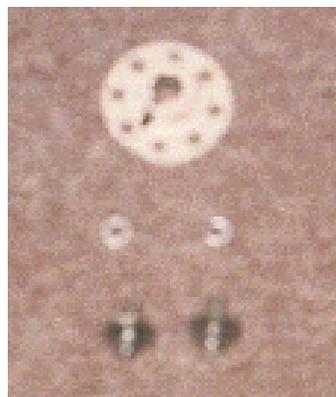


**Fig 45.** Mecanismo de funcionamiento.

- A. Base para sujetar la palmeta
- B. Pesas
- C. Estructura
- D. Mecanismo de transmisión
- E. Mecanismo de resistencia
- F. Buge



**Fig 46 a** Ubicación del buje



**Fig 46 b** Buge

## DESCRIPCIÓN

El Ejercitador de codo es un dispositivo mecánico compuesto de cinco partes fundamentales:

- A. Base para sujetar la palmeta : lamina de aluminio liviana, cuya función es permitir la adaptación de los aditamentos dispuestos para el paciente al mecanismo de funcionamiento.
- B. Pesas : aditamento que proporciona contrapeso a la resistencia ejercida por los cilindros hidráulicos y que tiene la posibilidad de ser ajustable de 1 a 5 libras dependiendo la necesidad del paciente.
- C. Estructura: La cual da el soporte físico al mecanismo completo.
- D. Mecanismo de transmisión: Compuesto por un eje de acero el cual soporta un sprocket (o piñón para cadena) que transmite movimiento a una cadena en ambos sentidos de giro, sirviendo de conexión entre la fuerza efectuada por el paciente a través de la palmeta y el mecanismo de resistencia.
- E. Mecanismo de resistencia: Esta básicamente compuesto de dos cilindros hidráulicos que ejercen resistencia física al movimiento ejercido por el paciente a través del mecanismo de transmisión.

### MANUAL DE OPERACIÓN:

- 1) Determine si la función a realizar con el paciente es de flexión o extensión, el grado de limitación en el rango articular del paciente, y el miembro superior a ejercitar; posicione la base para sujetar la palmeta del lado correcto del Ejercitador de tal forma que el codo se ubique paralelo al buje y de esta manera este no interfiera con el cuerpo del paciente.

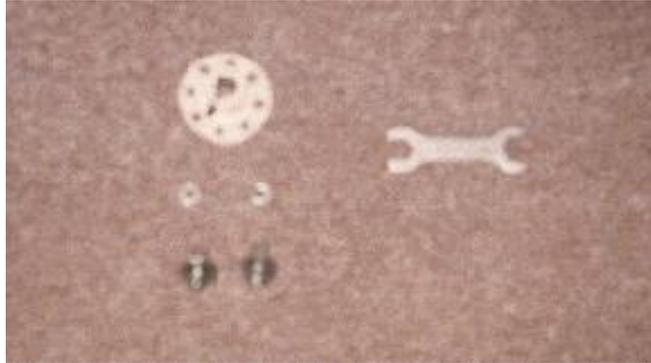
El dispositivo siempre este ubicado en la cara lateral externa del miembro superior que se esta ejercitando.



**Fig. 47** Ubicación del miembro superior a ejercitar

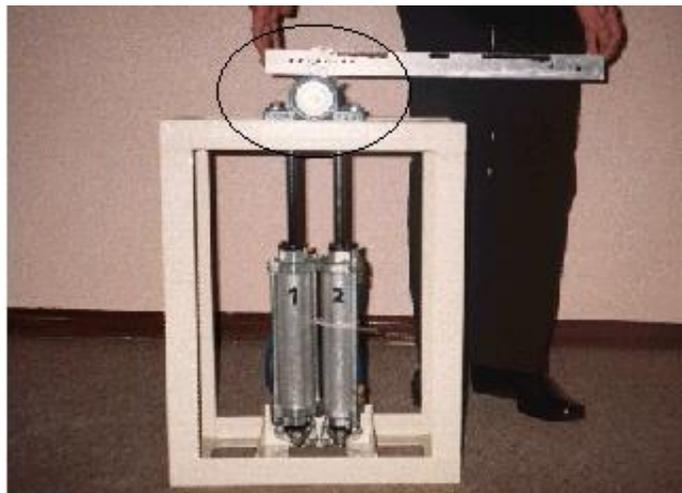
- 2) Si la base para sujetar la palmeta esta del lado opuesto, es decir que si al ubicar el miembro superior a ejercitar sobre el aparato este se encuentra ubicado en la cara lateral interna del mismo, entonces hale la base para sujetar la palmeta desde su punto de apoyo hacia su cuerpo y retírela.

Con el accesorio llave # 12, suelte las tuercas que sujetan el buje a la base para sujetar la palmeta, retire el buje y sus tornillos y colóquelo en el otro extremo de la base para sujetar la palmeta asegurándolo con sus tornillos y tuercas.



**Fig 48.** Bujé, tornillos, tuercas y llave # 12

Asegure el buje a la lámina de tal manera que donde encuentre varios orificios corresponde a la ubicación del miembro superior derecho y solo dos orificios al miembro superior izquierdo y posicione en el lado correcto del eje.

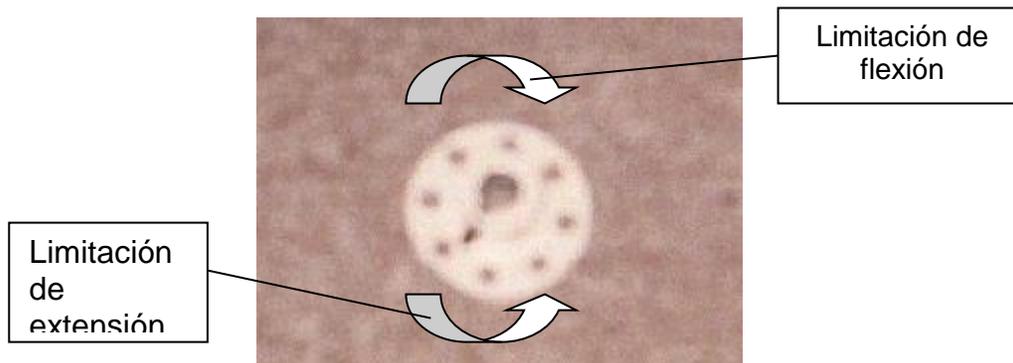


**Fig 49.** Ubicación Miembro Superior derecho



**Fig 50.** Ubicación miembro superior izquierdo

- 3) Desplace la base para sujetar la palmeta hacia arriba y abajo hasta que los dos extremos superiores del mecanismo de resistencia queden al mismo nivel. Si el rango de limitación articular de codo al posicionarlo en la base para sujetar la palmeta no permite que estén nivelados los extremos superiores del mecanismo de resistencia entonces recolocó los tornillos del buje, en sentido de las manecillas del reloj si la limitación es de flexión y en sentido contrario a las manecillas del reloj si la limitación es de extensión, y coloque los tornillos y las tuercas con el aditamento llave # 12.



**Fig 51** Recolocación del buje según limitación articular

- 4) Adose el brace a la base para sujetar la palmeta de la siguiente manera: coloque el brace sobre la base para sujetar la palmeta y rodee la misma con los extremos laterales del sujetador color azul que se encuentra en la parte posteroinferior del brace abrochando los ganchos.



**Fig 52.** Sujetador color azul

- 5) Ubique la palmeta entre la lámina y el brace ajustándola de tal manera que la palmeta coincida con la mano del paciente.



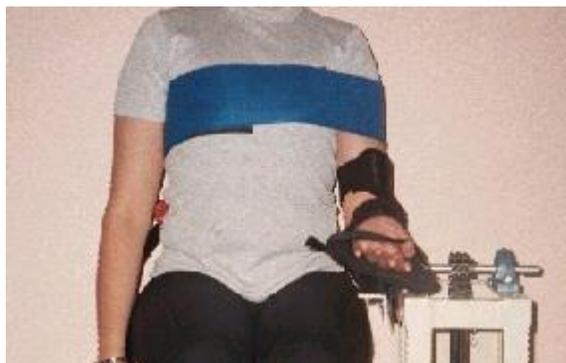
**Fig 53.** Ubicación del brace y la palmeta

- 6) Ubique el antebrazo del miembro superior a ejercitar sobre la palmeta y el brace en completa supinación y teniendo en cuenta que el codo siempre debe estar posicionado paralelo al buje; (el codo coincide con el espacio que hay entre el extremo proximal del antebrazo y distal del brazo); rodee el antebrazo con el brace cuidando que el velcro quede en la cara anterior del antebrazo y ajuste según las características individuales del paciente sin que este sienta alguna molestia.



**Fig 54** Secuencia en la colocación de aditamentos del miembro superior.

- 7) Ubique el fijador de hombro en el tercio medio del tórax del paciente, y rodee el brazo que se está ejercitando manteniéndolo adosado al cuerpo (limitando así los movimientos de hombro) y dejando libre el otro brazo.



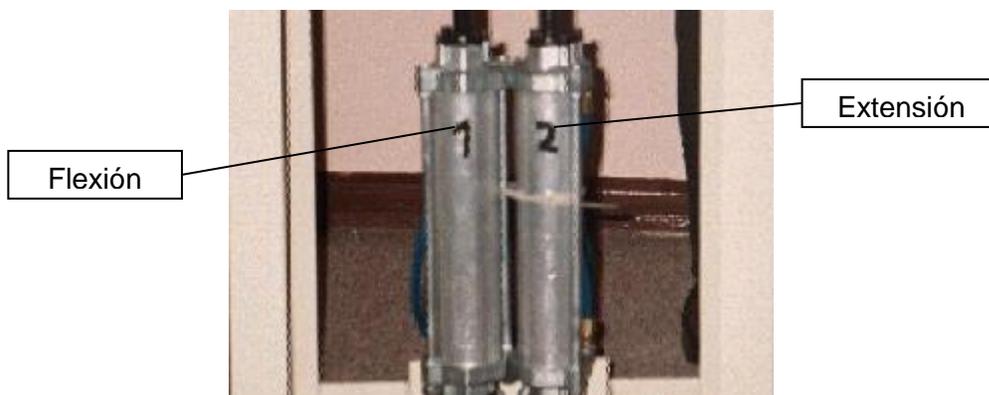
**Fig 55.** Adaptación del Fijador de hombro.

- 8) Ubique el fijador de escápula desde el ángulo inferior de la escápula rodeando el hombro hasta aproximadamente el cuadrante superior externo del hemitorax correspondiente al codo que se esta ejercitando; estos puntos de partida y llegada dependen de la constitución física del paciente que esta utilizando el aparato. Esta disposición debe hacerse en sentido posteroanterior sujetándose al fijador de hombro.



**Fig 56** Adaptación del Fijador de escápula

- 9) Seleccione el peso que desea cargar al paciente y cuélguelo de la cadena en el lado que asciende durante la flexión de codo o la extensión según el movimiento que desee ganar (para ganar flexión coloque las pesas en el cilindro # 1 y para ganar extensión coloque las pesas en el cilindro # 2).



**Fig 57** Adaptación del peso

10) Después de instalado el equipo en el paciente, indique el movimiento que quiere ganar mediante la técnica contraer relajar.

Para ganar extensión : pida a su paciente que lleve la cara anterior de la mano hacia el hombro del lado ejercitado y mantenga la contracción durante el tiempo que el paciente soporte o usted considere necesario, posteriormente pídale que deje caer su mano hasta el máximo rango de extensión que pueda lograr, y desde esta posición pídale al paciente que repita la secuencia y repítala la cantidad de veces que considere necesaria o a tolerancia del paciente.

Para ganar flexión cambie las pesas al cilindro número 1 como ya se había indicado, pida al paciente que lleve el brazo hacia el piso hasta el rango máximo de extensión que pueda lograr y sostenga la resistencia proporcionada por el dispositivo y luego pídale que lleve la mano al hombro y desde esa misma posición la vuelva a llevar hacia el piso.

NOTA : es importante que usted indique a su paciente que no haga fuerza en la mano ni flexione la muñeca, si no que sienta la fuerza en la cara anterior y posterior del brazo (Bíceps y Tríceps)

## **MANUAL DE MANTENIMIENTO**

1. Este Ejercitador esta diseñado de manera que requiera el mínimo mantenimiento por parte del operario. Cuando este fuese requerido siempre recomendamos comunicarse con el fabricante.
2. Dada la naturaleza metálica del Ejercitador evite el contacto excesivo con agua o agentes corrosivos. Un aceite suave es suficiente para lubricar la cadena y prevenir la corrosión.
3. El desajuste de cualquiera de los anclajes de las partes puede generar esfuerzos excesivos para lograr los movimientos y esto fue previsto en el ensamble. No obstante si se llegara a presentar el aflojamiento de algún tornillo asegúrese de ajustarlo correctamente antes de maniobrarlo.

**ANEXO 5**

**ENCUESTAS REALIZADAS A LAS**

**7 FISIOTERAPEUTAS**





































## ANEXO 6

### ENCUESTA DE EVALUACIÓN APLICADA A FISIOTERAPEUTAS

Dra. ....; a continuación usted encontrara un formato de preguntas referentes al funcionamiento del dispositivo utilizado por usted en su consultorio.

Marque sólo una respuesta con una X y justifíquela.

FUNCIÓN	CALIFICACIÓN		¿PORQUE?	
1. El dispositivo permite la aplicación de una resistencia más precisa a la utilizada en la técnica convencional.	Nunca ____ Casi nunca ____ Casi Siempre ____ Siempre ____			
2. El dispositivo cumple con su funcionalidad en los siguientes aspectos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de la fuerza:</li> <li>• Aumento de los rangos</li> </ul>	SI ____ NO ____	Si su respuesta es afirmativa: ¿en que porcentaje?		
		0 -25%		
		25 -50%		
		50 - 75%		
		75 - 100%		
		0 - 25%		
		25 - 50%		

articulares:	SI ___	50 - 75%		
	NO ___	75 - 100%		
<p>3. Los materiales que componen el dispositivo son adecuados a las condiciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anatómicas,</li> <li>• biomecánicas de su paciente.</li> </ul>	<p>Total acuerdo ___</p> <p>Parcial Acuerdo ___</p> <p>Parcial Desacuerdo ___</p> <p>Total desacuerdo ___</p> <hr/> <p>Total acuerdo ___</p> <p>Parcial Acuerdo ___</p> <p>Parcial Desacuerdo ___</p> <p>Total desacuerdo ___</p>			¿PORQUE?
<p>4. El miembro superior que se trabaja tiene una fijación adecuada que evita sustituciones musculares que puedan alterar la aplicación de la técnica utilizada en dicho aparato.</p>	<p>SI ___</p> <p>NO ___</p>			¿PORQUE?
<p>5. El dispositivo es fácil de utilizar?</p>	<p>SI ___</p> <p>NO ___</p>			¿PORQUE?
<p>6. Considera usted que el dispositivo es ergonómico?</p>	<p>SI ___</p> <p>NO ___</p>			¿PORQUE?
<p>7. El equipo permite la no asistencia permanente del profesional sobre el paciente.</p>	<p>Siempre ___</p> <p>Casi Siempre ___</p> <p>Casi Nunca ___</p> <p>Nunca ___</p>			¿PORQUE?
<p>8. La receptividad por parte del paciente con respecto a la utilización del dispositivo fue:</p>	<p>Buena ___</p> <p>Regular ___</p> <p>Mala ___</p>			¿PORQUE?
<p>9. El manual cumple con las especificaciones necesarias para la correcta utilización del</p>	<p>En todos los aspectos ___</p> <p>En casi todos los aspectos ___</p>			¿PORQUE?

aparato.	En ningún aspecto____ (Indique en los que no cumple)				
10. ¿ Se presentaron cambios en la piel del paciente? Si su respuesta es afirmativa justifíquela.	SI ____	NO ____	<b>¿PORQUE?</b>		
	En que aspectos :				
	a. Zonas de presión				<b>a. Ubicación</b>
	b. Alergias				<b>b. Cuáles</b>
	c. Cambios Tróficos				<b>c. Cuáles</b>
	d. Cambios a nivel circulatorio				<b>d. Ubicación</b>
	e. Edema				<b>e. Ubicación</b>
f. Otros		<b>f. Cuáles</b>			
11. ¿Durante la utilización del equipo, el paciente presentó un aumento considerable de la fatiga muscular?	Siempre____ Casi Siempre____ Casi Nunca____ Nunca____		<b>¿PORQUE?</b>		
12. ¿Durante la utilización del equipo, el paciente presentó dolor diferente al que se genera por la aplicación de la técnica convencional?	Siempre____ Casi Siempre____ Casi Nunca____ Nunca____		<b>¿PORQUE?</b>		
13. La aplicación del aparato es segura para el paciente?	Siempre____ Casi Siempre____ Casi Nunca____ Nunca____		<b>¿PORQUE?</b>		

**Observaciones adicionales :**-----

-----

-----







**MATRIZ DE INFORMACION DE LAS EVALUACIONES EMITIDAS POR LOS  
7 EXPERTOS QUE VALIDARON EL DISPOSITIVO**

<b>FISIOTERAPEUTAS</b>	<b>1</b>	<b>2a</b>	<b>2b</b>	<b>%a</b>	<b>%b</b>
1 Martha Hernández	Siempre	Si	Si	25 - 50	25 - 50
2 Consuelo Navarro	Siempre	Si	Si	25 - 50	25 - 50
3 Andrea del Rocío Parra	Casi Siempre	Si	Si	0 - 25	25 - 50
4 Claudia Romero	Casi Siempre	Si	Si	25 - 50	25 - 50
5 Yaneth Obregón	Casi Siempre	Si	Si	0 - 25	25 - 50
6 Gladys Rocío Flórez	Siempre	Si	Si	25 - 50	50 - 75
7 Astrid Briceño	Casi Siempre	No	Si	0 - 25	0 - 25

<b>FISIOTERAPEUTAS</b>	<b>3a</b>	<b>3b</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
1 Martha Hernández	Parcial	Parcial				Casi
	Acuerdo	Acuerdo	Si	No	Si	Siempre
2 Consuelo Navarro	Parcial	Parcial				Casi
	Acuerdo	Acuerdo	No	No	Si	Siempre
3 Andrea del Rocío Parra	Total	Total				
	Acuerdo	Acuerdo	No	No	Si	Siempre
4 Claudia Romero	Parcial	Parcial				Casi
	Acuerdo	Acuerdo	Si	No	Si	Siempre
5 Yaneth Obregón	Total	Total				Casi
	Acuerdo	Acuerdo	Si	No	Si	Siempre
6 Gladys Rocío Flórez	Total	Total				Casi
	Acuerdo	Acuerdo	Si	No	Si	Siempre

7 Astrid Briceño	Total Acuerdo	Total Acuerdo	No	No	No	Casi Nunca
------------------	---------------	---------------	----	----	----	------------

<b>FISIOTERAPEUTAS</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>10a</b>	<b>10b</b>	<b>10c</b>	<b>10d</b>	<b>10e</b>	<b>10f</b>
1 Martha Hernández	Buena	Todos los aspectos	No						
2 Consuelo Navarro	Buena	Todos los aspectos	Si		Alergia				
3 Andrea del Rocío Parra	Buena	Casi todos los aspectos	No						
4 Claudia Romero	Regular	Casi todos los aspectos	Si						Sudoración
5 Yaneth Obregón	Buena	Todos los aspectos	No						
6 Gladys Rocío Flórez	Buena	Todos los aspectos	No						
7 Astrid Briceño	Regular	Casi todos los aspectos	No						

<b>FISIOTERAPEUTAS</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>
1 Martha Hernández	Casi Nunca	Nunca	Siempre
2 Consuelo Navarro	Casi Nunca	Nunca	Siempre
3 Andrea del Rocío Parra	Casi Nunca	Nunca	Siempre
4 Claudia Romero	Nunca	Casi Nunca	Siempre
5 Yaneth Obregón	Nunca	Nunca	Siempre
6 Gladys Rocío Flórez	Nunca	Nunca	Siempre
7 Astrid Briceño	Nunca	Casi Nunca	Casi Siempre

### CUALITATIVO

<b>FISOTERAPEUTAS</b>	<b>PORQUE 1</b>	<b>PORQUE 2a</b>
1 Martha Hernández	El peso es graduable	La resistencia se aumenta progresivamente
2 Consuelo Navarro	El peso es graduable	La resistencia se aumenta progresivamente
3 Andrea del Rocío Parra	El peso es graduable y preciso	La resistencia es insuficiente
4 Claudia Romero	Equipo mas exacto que la técnica convencional	Contracciones isométricas continuas
5 Yaneth Obregón	Equipo mas exacto que la técnica convencional	La resistencia es insuficiente
6 Gladys Rocío Flórez	El peso es graduable	La resistencia se aumenta progresivamente
7 Astrid Briceño	El peso es graduable	La resistencia es insuficiente

<b>FISOTERAPEUTAS</b>	<b>PORQUE 2b</b>	<b>PORQUE 3a</b>
1 Martha Hernández	Por la técnica que se utiliza	Superficies articulares no obstruidas
2 Consuelo Navarro	Por la técnica que se utiliza	Superficies articulares no obstruidas
3 Andrea del Rocío Parra	Recorrido completo del movimiento	Superficies articulares no obstruidas
4 Claudia Romero	Depende de las repeticiones y de la patología	Material adaptable a las condiciones anatómicas
5 Yaneth Obregón	Favorece mas la extensión que la flexión	Aditamentos adaptables a diferentes contexturas físicas
6 Gladys Rocío Flórez	Recorrido completo del movimiento	Aditamentos adaptables a diferentes contexturas físicas

7 Astrid Briceño	Favorece mas la extensión que la flexión	Aditamentos adaptables a diferentes contexturas físicas
------------------	------------------------------------------	---------------------------------------------------------

<b>FISOTERAPEUTAS</b>	<b>PORQUE 3b</b>	<b>PORQUE 4</b>
1 Martha Hernández	No obstaculiza el movimiento	Fijadores de Hombro y escápula ajustables
2 Consuelo Navarro	No obstaculiza el movimiento	Si en adultos, no en niños
3 Andrea del Rocío Parra	No obstaculiza el movimiento	Permite sustitución muscular
4 Claudia Romero	No obstaculiza el movimiento	Fijadores de Hombro y escápula ajustables
5 Yaneth Obregón	No obstaculiza el movimiento	Fijadores de Hombro y escápula ajustables
6 Gladys Rocío Flórez	No obstaculiza el movimiento	Fijadores de Hombro y escápula ajustables
7 Astrid Briceño	No obstaculiza el movimiento	Permite sustitución muscular

<b>FISOTERAPEUTAS</b>	<b>PORQUE 5</b>	<b>PORQUE 6</b>
1 Martha Hernández	Tiempo prolongado en el ajuste de aditamentos	No ocasiona posturas inadecuadas
2 Consuelo Navarro	Difícil de utilizar	No ocasiona posturas inadecuadas
3 Andrea del Rocío Parra	Difícil de utilizar	No ocasiona posturas inadecuadas
4 Claudia Romero	Difícil de utilizar	No ocasiona posturas inadecuadas
5 Yaneth Obregón	Difícil de utilizar	No ocasiona posturas inadecuadas
6 Gladys Rocío Flórez	Difícil de utilizar	No ocasiona posturas inadecuadas
7 Astrid Briceño	Difícil de utilizar	Ocasiona posturas inadecuadas

<b>FISOTERAPEUTAS</b>	<b>PORQUE 7</b>	<b>PORQUE 8</b>
1 Martha Hernández	Controlar o darle instrucciones al paciente	Es novedoso
2 Consuelo Navarro	Controlar o darle instrucciones al paciente	Una opción mas para recuperarse
3 Andrea del Rocío Parra	Independencia del paciente	Conformidad del paciente
4 Claudia Romero	Controlar o darle instrucciones al paciente	Inconformidad del paciente
5 Yaneth Obregón	Controlar o darle instrucciones al paciente	Es novedoso
6 Gladys Rocío Flórez	Controlar o darle instrucciones al paciente	Conformidad del paciente
7 Astrid Briceño	Controlar o darle instrucciones al paciente	Inconformidad del paciente

<b>FISOTERAPEUTAS</b>	<b>PORQUE 9</b>	<b>PORQUE 10</b>
1 Martha Hernández	Claro y didáctico	No hay cambios en la piel
2 Consuelo Navarro	Claro y didáctico	Presentó alergia
3 Andrea del Rocío Parra	Aspectos mecánicos difícil de entender	No hay cambios en la piel
4 Claudia Romero	Claro y didáctico	Presentó leve aumento de la sudoración
5 Yaneth Obregón	Claro y didáctico	No hay cambios en la piel
6 Gladys Rocío Flórez	Aspectos mecánicos difícil de entender	No hay cambios en la piel
7 Astrid Briceño	Difícil de entender para los pacientes	No hay cambios en la piel

<b>FISOTERAPEUTAS</b>	<b>PORQUE 11</b>	<b>PORQUE 12</b>
1 Martha Hernández	Aplicación máxima de 15 minutos	Los pacientes no refieren dolor
2 Consuelo Navarro	Aplicación máxima de 15 minutos	Los pacientes no refieren dolor
3 Andrea del Rocío Parra	Aplicación máxima de 15 minutos	Los pacientes no refieren dolor
4 Claudia Romero	No se presenta aumento considerable de la fatiga	Depende de la patología de base
5 Yaneth Obregón	No se presenta aumento considerable de la fatiga	Los pacientes no refieren dolor
6 Gladys Rocío Flórez	No se presenta aumento considerable de la fatiga	Los pacientes no refieren dolor
7 Astrid Briceño	No se presenta aumento considerable de la fatiga	Depende de la patología de base

<b>FISOTERAPEUTAS</b>	<b>PORQUE 13</b>
1 Martha Hernández	No tiene ningún riesgo
2 Consuelo Navarro	No tiene ningún riesgo
3 Andrea del Rocío Parra	No tiene ningún riesgo
4 Claudia Romero	No tiene ningún riesgo
5 Yaneth Obregón	No tiene ningún riesgo
6 Gladys Rocío Flórez	No tiene ningún riesgo
7 Astrid Briceño	Las estructuras pueden lastimar al paciente