



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

AUMENTO DE PRODUCTIVIDAD EN PROCESOS DE
NEUROREHABILITACIÓN EN PACIENTES CON PARÁLISIS CEREBRAL

Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos para optar por
el título de Ingeniero en Producción Industrial

Profesor Guía

Ing. Aníbal Andrés Cevallos Jaramillo Ms.

Autor

Bryan Santiago Jarrín Hidalgo

Año

2016

DECLARACIÓN PROFESORES GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos para un adecuado desarrollo del tema escogido, y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”

.....
Aníbal Andrés Cevallos Jaramillo
Master en Ciencias de Ingeniería Industrial
C.I: 1705310280

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

.....
Bryan Santiago Jarrín Hidalgo
C.I 1721542171

AGRADECIMIENTOS

Gracias a mi padre Luis Jarrín, quien me apoyó día a día durante toda mi carrera universitaria; a mi hermana Cyntia Jarrín quien ha sido mi ejemplo a seguir; a mi novia Andrea Vidal y a mi hermoso hijo, ambos la razón fundamental de luchar cada día. Como no agradecer a mi tutor, Ing. Andrés Cevallos, un gran profesional y excelente persona, quien confió en mí y me ayudó en el transcurso de todo el proceso. Y finalmente toda mi gratitud a la Doctora Nancy Hidalgo, mi madre, sin su ayuda nada de esto pudo haber sido realidad.

DEDICATORIA

A todas aquellas personas que padecen parálisis cerebral y a sus familias que comparten su sufrimiento. Espero que este aporte ayude a mejorar su calidad de vida.

RESUMEN

Un rediseño adecuado de procesos marca mucha diferencia en las actividades de cada uno de ellos, generando un aumento de productividad en los factores analizados. En el presente trabajo de titulación se analizaron los procesos tradicionales de tratamiento para pacientes con parálisis cerebral, después de estudiar estos resultados se produjo un rediseño de sus procesos mediante la construcción e implementación de una herramienta mecánica la cual permitió la optimización de tiempos de cada ejercicio, además la reducción en costos por terapia para el paciente, y por otro lado en incremento de las habilidades motrices del paciente en los mismos periodos de tiempo que en una terapia tradicional. Concluyendo y afirmando un aumento de productividad en los procesos de neurorehabilitación de pacientes con parálisis cerebral de un 69 % en cuanto a tiempos y costos, y diferentes valores superiores al 50 % en relación a las habilidades motrices del paciente.

ABSTRACT

A suitable redesign process can make a difference between the activities of each process, giving as result an increase in the productivity in the analyzed factors. In the present work the traditional treatment processes for patients with cerebral palsy were analyzed, after studying these results the idea of the process redesign came out through the construction and implementation of a power tool which allowed the optimization of times in each exercise; in addition this will reduce the cost of the therapy for the patient, and will increase the motor skills of the patient in the same time periods than traditional therapy.

Concluding and affirming that the increased of productivity in the process of neurorehabilitation of patients with cerebral palsy improve with 69% in terms of time and costs, and different values higher than 50% in relation to motor skills of the patient.

ÍNDICE

1. CAPÍTULO I. GENERALIDADES	1
1.1 Introducción	1
1.2 Antecedentes.....	2
1.3 Alcance	4
1.4 Objetivo General.....	4
1.5 Objetivos Específicos	4
1.6 Marco Teórico	5
1.6.1 Productividad.....	5
1.6.2 Gestión de Procesos	7
1.6.3 Parálisis cerebral	11
2. CAPÍTULO II: ESTUDIO DEL PACIENTE CON PARÁLISIS CEREBRAL Y METODOLOGÍA.....	17
2.1 Análisis del paciente.....	17
2.2 Metodología.....	18
2.2.1 Posiciones	19
3. CAPITULO III: ANÁLISIS DE LOS PROCESOS TRADICIONALES DE NEUROREHABILITACIÓN	26
3.1 Posición Arrodillado.....	28
3.2 Posición Caballero	31
3.3 Posición Cuatro Puntos	34
3.4 Posición de Pies	37
3.5 Posición Prono.....	40
3.6 Posición Sentado.....	43
3.7 Posición Supino	46
4. CAPITULO IV: PLAN DE MEJORA PARA OPTIMIZACIÓN DE TIEMPOS EN PROCESOS DE NEUROREHABILITACIÓN.....	49
4.1 Diseño prototipo inicial.....	49
4.1.1 Tentáculo T1.....	50

4.1.2 Tentáculo T2.....	51
4.1.3 Tentáculo mano y pie.....	51
4.1.4 Carro T.....	52
4.1.5 Carro mano.....	52
4.1.6 Carro pie.....	53
4.1.7 Acople riel ruedas.....	53
4.1.8 Base giratoria.....	54
4.2 Pruebas funcionalidad prototipo inicial.....	54
4.3 Rediseño prototipo.....	56
4.3.1 Tentáculo T1.....	57
4.3.2 Tentáculo T2.....	58
4.3.3 Tentáculo mano.....	58
4.3.4 Tentáculo pie.....	59
4.3.5 Carro T.....	59
4.3.6 Carro mano.....	60
4.3.7 Carro pie.....	60
4.3.8 Acople riel ruedas.....	61
4.3.9 Base giratoria.....	61
4.3.10 Asiento.....	62
4.3.11 Cubo central.....	62
4.4 Pruebas funcionalidad prototipo final.....	63
5. CAPITULO V: ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE NEUROREHABILITACIÓN CON LA IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA.....	67
5.1 Posición Arrodillado.....	68
5.2 Posición Caballero.....	71
5.3 Posición Cuatro Puntos.....	74
5.4 Posición de Pie.....	77
5.5 Posición Prono.....	80
5.6 Posición Sentado.....	83
5.7 Posición Supino.....	86

6. CAPÍTULO VI: RESULTADOS DE MEJORA Y PRODUCTIVIDAD	89
6.1 Comparación resultados.....	89
6.1.1 Posición Arrodillado.....	90
6.1.2 Posición Caballero.....	94
6.1.3 Posición Cuatro Puntos.....	98
6.1.4 Posición de Pie.....	102
6.1.5 Posición Prono.....	106
6.1.6 Posición Sentado.....	110
6.1.7 Posición Supino.....	114
6.2 Resultados globales.....	117
6.3 Aumento productividad.....	122
6.3.1 Tiempos.....	122
6.3.2 Costos.....	123
6.3.3 Habilidades Motrices.....	124
7. CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	125
7.1 Conclusiones.....	125
7.2 Recomendaciones.....	126
REFERENCIAS	132
ANEXOS	135

1. CAPÍTULO I. GENERALIDADES

1.1 Introducción

La parálisis cerebral es un trastorno no progresivo que aparece en los primeros años de desarrollo, los procesos de neurorehabilitación no alcanzan los resultados esperados y son muy costosos. Es por esta razón que a través del análisis de la metodología de tratamiento tradicional se desarrollará una propuesta que nos permitirá rediseñar estos procesos para optimizar tiempos, costos y además incrementar las habilidades motrices del paciente.

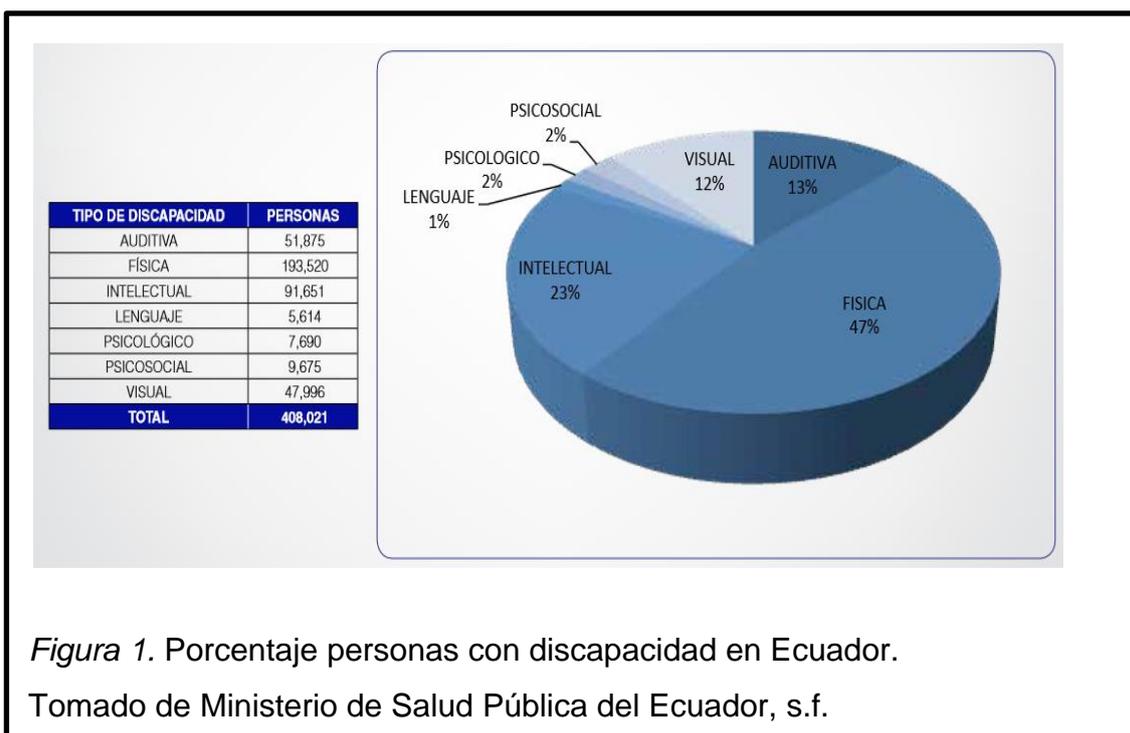
A diario los pacientes con Parálisis Cerebral (PC) se enfrentan a un sinnúmero de problemas, además de las limitaciones producidas por este trastorno son sometidos a diferentes tipos de tratamientos: algunos poco eficaces y otros muy costosos y de difícil acceso. Es por esta razón que el diseño y construcción de una herramienta innovadora permitirá acelerar los procesos de neurorehabilitación mejorando tiempos, costos y habilidades motrices que beneficiaran al paciente.

Nuestro principal enfoque será aumentar la productividad de los procesos de neurorehabilitación en pacientes con PC, para hacerlo es importante clasificar que tipo de productividad se va a evaluar. En el caso puntual de este trabajo nos enfocaremos en el análisis de la productividad parcial que será estudiada en tres aspectos diferentes: Tiempo, costo y habilidades motrices.

En la actualidad no existen mediciones de productividad en procesos de neurorehabilitación en pacientes con este trastorno, y menos aún la creación de una herramienta que permita mejorar cada uno de los procesos, es por esto que este trabajo contribuirá con el desarrollo de los pacientes con PC y con los profesionales especializados en el tratamiento de este desorden.

1.2 Antecedentes

En la actualidad el índice de discapacidad en el Ecuador ha incrementado en el transcurso de los años, a principios de este año se clasificó la discapacidad bajo los siguientes parámetros: auditiva, física, intelectual, lenguaje, psicológico, psicosocial y visual. (Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades, s.f.)



La parálisis cerebral (PC) dependiendo su nivel de gravedad puede ser clasificada dentro de varios tipos de discapacidades, siendo así la (PC) un trastorno motor con una ocurrencia en el mundo que varía de 2 a 2,5 casos por cada 1.000 nacimientos en los países desarrollados y de 2,5 a 5 casos por cada 1.000 nacimientos en los países en desarrollo. Es importante mencionar que este desorden es una de las principales causas de discapacidad motora en la edad pediátrica. (Universidad Tecnológica de Pereira, s.f.)

La parálisis cerebral se define como un grupo de trastornos del desarrollo del movimiento y la postura, la causa principal de este desorden se debe a una agresión no progresiva sobre un cerebro en desarrollo, en la etapa fetal o

durante los primeros años de vida. Este trastorno motor viene acompañado por una serie de trastornos cognitivos, sensoriales, de comunicación y perceptivos. (Póo, 2008, p. 271)

Hasta el momento no se ha encontrado una cura para la (PC) salvo llevar un tratamiento continuo para mejorar el control del sistema nervioso central del paciente. Por lo que existen distintos tipos de tratamiento como: neuropsicología, fisioterapia, terapia ocupacional, educación compensatoria, logopedia y escolaridad. Además, existen diversos y diferentes enfoques terapéuticos a lo largo de los tiempos, conocidos como: Temple-Fay, Votja, Bobath, Peto, Doman Delacato, Control motor, Kabat, Le Metayer, Brunkow, Perfetti, Collins, Pohl, entre otros. (Hidalgo, N. 2015. Com.perso) (García, 2004, p. 15) (Ruiz y Arteaga, 2006, pp. 384-387).

En la actualidad se han desarrollado muy pocas metodologías que incluyan la intervención de equipos que ayuden a optimizar tiempos, costos y habilidades motrices del paciente. Una de estas es el Therasuit que se encarga de fortalecer físicamente a los pacientes mediante un traje especial, suspendiéndolos en el aire con ayuda de una jaula de metal, generando un fortalecimiento intensivo y personalizado. (TherasuitMethod, s.f.).

Otra herramienta similar al Therasuit es la denominada Jaula de Rocher que permite la colocación de sistemas de suspensión como cuerdas, mosquetones, resortes, entre otros. (Arcas et al., 2004, pp. 103-105).

Por otro lado, tenemos equipos como el Exo esqueleto robótico LOKOMAT una de las herramientas más tecnológicas. Consta de un arnés para mantener al paciente de pie, una banda sin fin y unas órtesis mecánicas las cuales se ajustan en las piernas y fijan todo el cuerpo produciendo un movimiento automático. El LOKOMAT se ha posicionado como uno de los métodos más efectivos para el tratamiento de este desorden, pero a causa de sus altos costos muy pocas personas pueden acceder a este. (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, s.f.)

En conclusión, la neurorehabilitación cuenta con diferentes métodos para el tratamiento de la parálisis cerebral, pero en Ecuador no existen herramientas que optimicen los procesos fisioterapéuticos y tampoco se han hecho estudios enfocados en la mejora de la productividad de los mismos.

1.3 Alcance

El presente trabajo de titulación tiene como alcance medir los índices de productividad y rediseñar los procesos relacionados a la neurorehabilitación en un paciente con diagnóstico de parálisis cerebral tipo hemiparesia espástica derecha de grado leve a moderado, mediante la implementación de una herramienta que permitirá la optimización de tiempos, costos y el incremento de las habilidades motrices. Para lo cual se rediseñaran los procesos y se implementará un prototipo de herramienta para realizar diferentes pruebas con 7 ejercicios tomados de las metodologías tradicionales. Finalmente verificaremos su correcto funcionamiento y determinaremos el aumento de productividad.

1.4 Objetivo General

- Aumentar la productividad en procesos de neurorehabilitación en pacientes con parálisis cerebral.

1.5 Objetivos Específicos

- Realizar un estudio del paciente con parálisis cerebral.
- Analizar los procesos tradicionales de neurorehabilitación en personas con parálisis cerebral.
- Diseñar, construir e implementar una herramienta mecánica para mejorar los procesos de neurorehabilitación optimizando tiempos, costos y habilidades motrices en pacientes con parálisis cerebral.

- Analizar los procesos de neurorehabilitación en personas con parálisis cerebral después de la implementación de la herramienta mecánica.
- Comparar los resultados de productividad entre los procesos de neurorehabilitación tradicionales vs. el rediseño y el uso de la herramienta propuesta.

1.6 Marco Teórico

1.6.1 Productividad

Definición

Según (Carro y González, 2014, p. 1): *“La productividad implica la mejora del proceso productivo. La mejora significa una comparación favorable entre la cantidad de recursos utilizados y la cantidad de bienes y servicios producidos. Por ende, la productividad es un índice que relaciona lo producido por un sistema (salidas o producto) y los recursos utilizados para generarlo (entradas o insumos)”*

En el año 1990 el Dr. Jackson Grayson destacó la importancia de incrementar la productividad en las empresas y estableció que el mejor camino para alcanzarla es a través del logro de la calidad total. Para poder entender de mejor manera este término es necesario conceptualizarlo, de esta forma podremos analizarlo y aplicarlo de manera correcta dentro de los distintos procesos que realicemos. (Rodríguez, 1993, p. 22)

Tradicionalmente podemos representar este concepto a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Productividad} = \text{Salidas/Entradas} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Entonces entenderíamos que la productividad es un proceso en el que se relaciona la entrada (mano de obra, capital, materia prima) y la salida (bienes y servicios producidos) dentro de cualquier sistema de producción.

Clasificación

Es importante diferenciar las distintas expresiones de productividad: La productividad parcial y productividad total.

Productividad parcial

La productividad parcial es la que relaciona todo lo producido por un solo sistema de salida, se resume en la siguiente fórmula: (Carro y González, 2014, p. 3)

$$\text{Productividad Parcial} = \text{Salida Total} / \text{Una entrada} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Productividad total

La productividad total involucra a todos los recursos (entradas) utilizados por el sistema; es decir, el cociente entre la salida y el agregado del conjunto de entradas. (Carro y González, 2014, p. 3)

$$\text{Productividad Total} = \text{Salida total} / \text{Entrada total} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Además de la productividad total y parcial existen distintas clasificaciones como: productividad física y valorizada; productividad promedio y marginal; y productividad bruta y neta. (Carro y González, 2014, pp. 1-3)

Este trabajo de titulación se enfocó especialmente en la productividad parcial, ya que se valora por separado el tiempo y los costos (entradas) en relación al número de ejercicios que realiza el paciente en cada posición (salidas).

Parámetros de la Productividad

Los parámetros para evaluar la productividad han cambiado con el paso del tiempo, la evaluación del desempeño de las organizaciones se mide a partir del convencimiento de que la productividad de una institución se analiza a raíz de su misión o razón de ser. (Rodríguez, 1993, p. 26).

Para evaluar los parámetros de la productividad es necesario hacerlo teniendo como principal variable la misión de la empresa. Por ejemplo: Si la misión definida por la empresa es ganar dinero, entonces resulta productiva toda acción que les permita recibir ganancias e improductiva toda aquella que les impida ganar dinero. (Goldratt y Fox, 1986, pp. 40-41).

1.6.2 Gestión de Procesos

Definición

“La gestión de procesos es una forma sistémica de identificar, comprender y aumentar el valor agregado de los procesos de la empresa para cumplir con la estrategia del negocio y elevar el nivel de satisfacción de los clientes. La gestión de procesos con base en la visión sistémica apoya el aumento de la productividad y el control de gestión para mejorar en las variables clave, por ejemplo, tiempo, calidad y costo”. (Bravo, 2008, pp. 22-23).

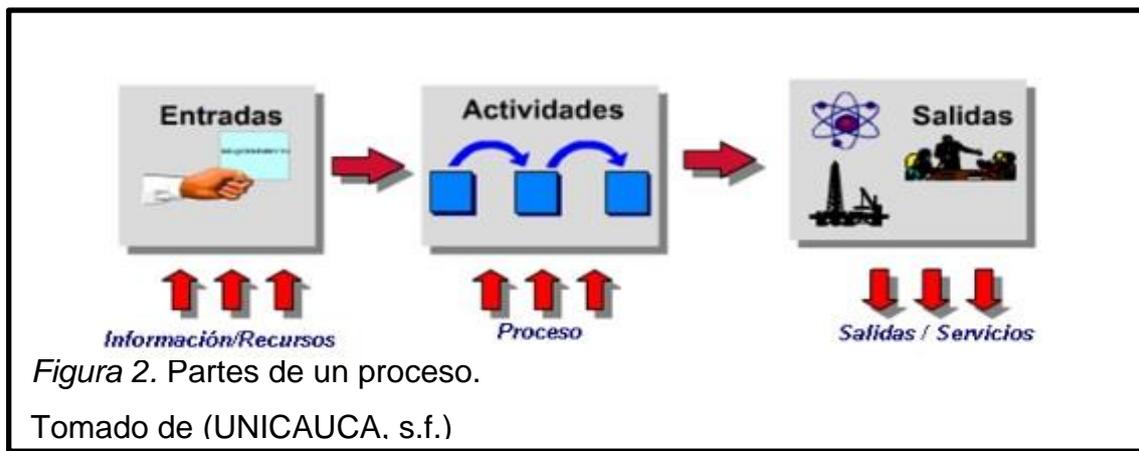
En otras palabras, la gestión por procesos consiste en el enfoque de cada uno de los resultados obtenidos y no únicamente en las tareas o actividades realizadas. Las actividades y tareas ayudan al flujo continuo, integral y rápido del proceso hasta su finalización, dando como resultado la salida de un producto o servicio que cumpla con las expectativas del cliente. (Fernández, 2003, p. 37).

Tradicionalmente los procesos se controlan por área o departamento, cada una de las actividades tiene un responsable con el objetivo único de realizar un buen trabajo, sin tomar en cuenta otras actividades del mismo proceso. Todas estas teniendo la misma función, obtener el producto o servicio final. La gestión por procesos trata de eliminar este pensamiento, a través de la administración de estos de forma general, se trata de comunicar a todos los departamentos, y así tener una conexión funcional y horizontal entre todos los procesos, actividades y tareas. (Fernández, 2003, pp. 37-39).

Conceptos

Proceso.- Según ISO 9000 (2005, p. 8). Proceso es un: "Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan las cuales transforman elementos de entrada en resultados."

Es decir, proceso es un flujo de actividades interrelacionadas que transforman entradas en salidas y que agregan valor al cliente en un periodo determinado de tiempo. (Bravo, 2008, p. 27).



Actividad.- Conjunto de tareas realizadas por una persona o grupo de personas con la finalidad de suministrar una salida a un cliente interno o externo efectuadas a partir de un conjunto de entradas. (Lorino, 1993, p. 36)

Tarea.- Desarrollo de actividades con operaciones muy específicas y delimitadas. (Bravo, 2008, p. 29).

Entrada.- Suministro que proviene de un proveedor, sea este interno o externo. También es la salida de otro proceso convirtiéndose en una entrada para uno nuevo. (Pérez, 2010, pp. 54-55).

Salida.- Producto o servicio terminado destinado a un cliente interno o externo. Si el cliente es interno la salida se convierte en una nueva entrada para otro proceso. (Pérez, 2010, p. 55).

Como pudimos observar un proceso no es nada más que la transformación de una entrada en una salida, con la ayuda de un conjunto de actividades y tareas las cuales aportan de manera directa para obtener buenos resultados. Un proceso es la base de un Macroproceso.

Macroproceso.- Estructura de procesos en la cual los procesos se desagregan en otros procesos. (Bravo, 2008, p. 27)

Dentro del Macroproceso se identifican tres tipos de procesos: estratégicos o visionarios, operativos o misionales, y de soporte o apoyo.

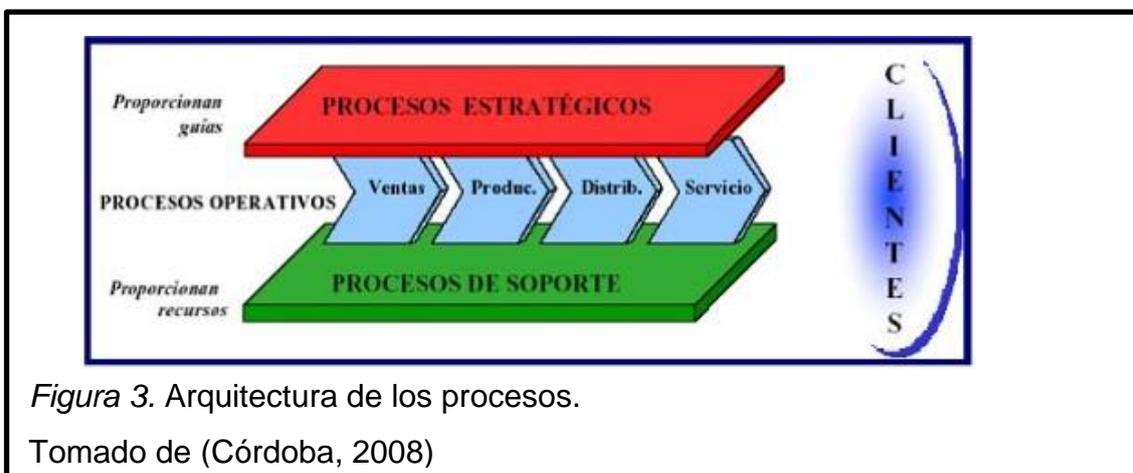


Figura 3. Arquitectura de los procesos.

Tomado de (Córdoba, 2008)

Estratégicos.- Procesos relacionados netamente con la estrategia de la organización, proporcionando directrices a los demás procesos dando pautas para que se pueda lograr la visión del negocio. (Córdoba, 2008) (Bravo, 2008, p. 30)

Operativos.- Procesos relacionados directamente con la misión del negocio, con impacto directo sobre la satisfacción del cliente sustentando la forma de ser del negocio. (Bravo, 2008, pp. 30-31) (Córdoba, 2008)

Soporte.- Procesos transversales, no se relacionan directamente con la misión del negocio, es decir, son servicios internos necesarios para realizar los procesos estratégicos y operativos dando un sustento para el cumplimiento de sus objetivos. (Córdoba, 2008) (Bravo, 2008, p. 31).

Mapa de procesos.- Representación gráfica de la visión en conjunto de todos los tipos de procesos de la organización, los cuales mencionamos anteriormente. Este mapa de procesos muestra todos los procesos, cada uno detallado para tener un entorno global de la visión de la organización. (Bravo, 2008, pp. 37-39)

El mapa de procesos únicamente es la representación gráfica y detallada de un Macroproceso.

Flujograma.- Representación gráfica de un proceso, utilizado para describir paso a paso, es decir, actividad por actividad las operaciones realizadas dentro del mismo. En un flujograma se utilizan diversos símbolos según diferentes normas. (Definición, s.f.) (ISO9001Calidad, s.f.).

Para el levantamiento de procesos de este trabajo de titulación vamos a utilizar la Norma ANSI, con sus siglas en inglés y traducidas al español como: Instituto Americano Nacional de Estándares. Teniendo en cuenta la siguiente simbología:

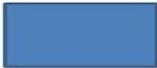
SÍMBOLO	SIGNIFICADO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	Terminal. Indica el inicio o la terminación del flujo del proceso		Actividad. Representa una actividad llevada a cabo en el proceso.
	Decisión. Indica un punto en el flujo en que se produce una bifurcación del tipo "SÍ" – "NO"		Documento. Se refiere a un documento utilizado en el proceso, se utilice, se genere o salga del proceso.
	Multidocumento. Refiere a un conjunto de documentos. Por ejemplo, un expediente que agrupa distintos documentos.		Inspección/ firma. Empleado para aquellas acciones que requieren supervisión (como una firma o "visto bueno")
	Base de datos/ aplicación. Empleado para representar la grabación de datos.		Línea de flujo. Proporciona una indicación sobre el sentido de flujo del proceso.

Figura 4. Simbología ANSI diagramación de procesos.
Tomado de (Universidad de Guadalajara, s.f.)

Muchas veces el levantamiento de procesos se realiza luego de que la empresa o institución ya está consolidada, en base a conocimientos empíricos y la mayoría de las veces por conocimientos adquiridos por la experiencia en el negocio. Por lo cual, es recomendable realizar un levantamiento de procesos en todas las empresas o instituciones antes de su funcionamiento, ya que esto nos permitirá analizar de mejor manera todas y cada una de las actividades que se realizan en las diferentes áreas o departamentos. De esta manera se logrará entender todas las actividades y problemas de la empresa para obtener resultados más efectivos.

Este trabajo de titulación utilizará el levantamiento de procesos operativos realizando diferentes flujogramas para cada uno de los procesos que se evaluarán, tanto antes como después de la implementación de la herramienta, de esta manera podremos medir los resultados obtenidos y analizar las diferencias y mejoras de productividad.

1.6.3 Parálisis cerebral

Definición:

Según Confederación ASPACE (2002), la parálisis cerebral se define como: *"Un trastorno global de la persona consistente en un desorden permanente y no inmutable del tono, la postura y el movimiento, debido a una lesión no progresiva en el cerebro antes de que su desarrollo y crecimiento sean completos. Esta lesión puede generar la alteración de otras funciones superiores e interferir en el desarrollo del sistema nervioso central."*

Es decir, la parálisis cerebral se describe como un conjunto de consecuencias derivadas de un trastorno de la persona, consiste en un desorden permanente, pero no inmutable del tono muscular y del movimiento debido a una lesión progresiva sufrida en el cerebro. Las lesiones neurológicas son irreversibles, el desorden es permanente pero no inmutable ya que sus características podrán

cambiar evolutiva o involutivamente dependiendo del grado de la lesión y del tratamiento al que esté sometida la persona. (Ruiz y Arteaga, 2006, p. 364)

En la actualidad se considera que la parálisis cerebral está compuesta como un grupo de trastornos del desarrollo del movimiento y la postura, la causa principal de este desorden se debe a una agresión no progresiva sobre un cerebro en desarrollo, en la etapa fetal o durante los primeros años de vida. Este trastorno motor viene acompañado por una serie de trastornos cognitivos, sensoriales, perceptivos, etc. De 1000 nacidos vivos dos a tres padecen este trastorno. (Póo, 2008, p. 271) (Christopher & Dana Reeve Foundation, s.f.)

Etiología:

Existen diferentes factores de clasificación de la parálisis cerebral en cuanto a su etología, gracias a esta podemos detectar precozmente el tipo de discapacidad que se desarrollará, de esta forma se podrá hacer un seguimiento adecuado y brindar un tratamiento temprano. Los factores de riesgo se clasifican en: factores prenatales que aparecen durante la gestación del bebe; factores perinatales que aparecen durante el nacimiento; y factores postnatales que aparecen después del nacimiento y en los primeros años de vida del paciente antes de que el cerebro alcance su plenitud madurativa. (Ruiz y Arteaga, 2006, pp. 364-366) (Póo, 2008, pp. 271-272)

Tabla 1: Factores de riesgo parálisis cerebral

Factores de riesgo de parálisis cerebral	
1. FACTORES PRENATALES	
Factores maternos	Alteraciones la coagulación, enfermedades autoinmunes, HTA, Infección intrauterina, Traumatismo, sustancias tóxicas, disfunción tiroidea
Alteraciones de la placenta	Trombosis en el lado materno, trombosis en el lado fetal, Cambios vasculares crónicos, Infección.
Factores fetales	Gestación múltiple, Retraso crecimiento intrauterino, Polihidramnios, hidrops fetalis, malformaciones.
2. FACTORES PERINATALES	
	Prematuridad, bajo peso
	Fiebre materna durante el parto, Infección SNC o sistémica
	Hipoglucemia mantenida, hiperbilirrubinemia
	Hemorragia intracraneal
	Encefalopatía hipóxico-isquémica
	Traumatismo, cirugía cardíaca, ECMO
3. FACTORES POSTNATALES	
	Infecciones (meningitis, encefalitis)
	Traumatismo craneal
	Estatus convulsivo
	Parada cardio-respiratoria
	Intoxicación
	Deshidratación grave

Tomado de (Póo, 2008, p. 272)

Clasificación:

La clasificación de la parálisis cerebral se realiza en función del trastorno motor y de la extensión de la afectación, por lo cual es de vital importancia diferenciar el cada uno de los criterios para tener una correcta orientación del tratamiento que se aplicará al paciente con parálisis cerebral. (Póo, 2008, pp. 271-272)

La tipología en la parálisis cerebral se clasifica en tres ramas: topográfico, se relaciona a la zona anatómica de la persona; nosológico, se relaciona a los síntomas neurológicos con referencia al tono muscular, movimientos, equilibrio, reflejos y patrones de postura; y funcional, también llamado motriz, relacionado al grado de afectación neuromotora. (Ruiz y Arteaga, 2006, pp. 367-370).

A continuación se detalla cada uno de los criterios utilizados para clasificar la parálisis cerebral:

Tabla 2: Factores de riesgo parálisis cerebral: Criterio Topográfico

Tipología del síndrome atendiendo a las manifestaciones neuromotoras		
Criterio	Tipo de cuadro	Características
• Topográfico	<ul style="list-style-type: none"> • Tetraparesia o tetraplegia. • Disparexia , diplegia o paraplegia. • Hemiparesia o hemiplegia • Monoparesia o monoplegia. 	<p>Afectación de los miembros superiores e inferiores.</p> <p>Afectación mayor de los miembros inferiores.</p> <p>Afectación de ambos miembros de uno u otro lado del cuerpo.</p> <p>Afectación de un único miembro, superior o inferior.</p>

Tomado de (Ruiz y Arteaga, 2006, p. 367)

Tabla 3: Factores de riesgo parálisis cerebral: Criterio Nosológico

Tipología del síndrome atendiendo a las manifestaciones neuromotoras		
• Nosológico	• Espástico	Tono muscular aumentado (hipertonía). Afectación de la musculatura antigravitatoria. Dificultades para disociar los movimientos de las diferentes partes del cuerpo.
	• Discinético o atetoide	Movimientos involuntarios acentuados, gesticulación facial y dificultades en la movilidad bucal. El cuadro se acentúa cuando el sujeto se activa emocionalmente y cuando trata de realizar movimientos voluntarios.
	• Atáxico	Afecta a la coordinación de los movimientos, a su precisión y al equilibrio.
	• Formas mixtas	La mayor parte de los cuadros de PC reúnen dos o más de las características citadas en lo tipos anteriores.

Tomado de (Ruiz y Arteaga, 2006, p. 368)

Tabla 4: Factores de riesgo parálisis cerebral: Criterio Funcional

Tipología del síndrome atendiendo a las manifestaciones neuromotoras		
• Funcional	• Leve	Capacidad de deambulación autónoma. Capacidad de manipulación de objetos pequeños al menos con una de las manos.
	• Moderada	Afectación de dos o más miembros. Desplazamientos autónomos muy limitados. Se requiere la utilización de ayudas técnicas para la deambulación y la manipulación. Se requieren ayudas para la realización de actividades de la vida diaria.
	• Grave	Afectación de los cuatro miembros. Sin posibilidades de de marcha autónoma y capacidad manipulativa.

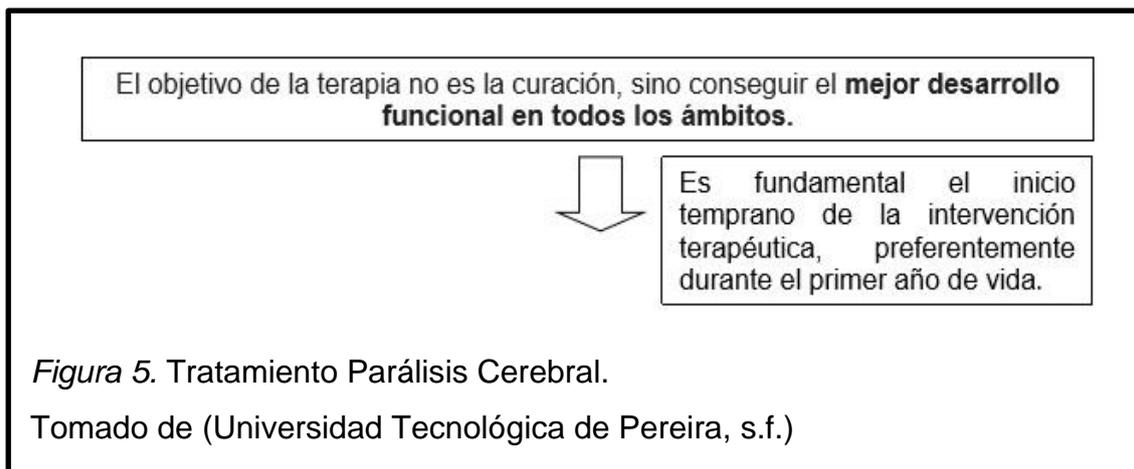
Tomado de (Ruiz y Arteaga, 2006, p. 368)

Por otro lado, también se puede clasificar según el nivel funcional de movilidad, enumerados del I al V (en números romanos).

Según la GMFCS (*Gross Motor Function Classification System*), se clasifican en: Nivel I, donde el paciente se moviliza sin límites; Nivel II, donde el paciente se moviliza con límites; Nivel III, donde el paciente utiliza un dispositivo de

movilidad con sujeción manual; Nivel IV, donde el paciente tiene autonomía para moverse con limitaciones, usando sistemas motorizados o asistencia física; y por último Nivel V, donde el paciente es incapaz de moverse, siendo únicamente transportado en una silla de ruedas. (Cerebral Palsy Alliance, s.f.)

Tratamiento:



Un tratamiento adecuado para un paciente con parálisis cerebral puede mejorar significativamente sus necesidades. Sin embargo, los síntomas pueden cambiar con el transcurso del tiempo, es decir que, si aumenta la incapacidad puede tratarse de otro problema. Por otro lado, muchos niños con parálisis cerebral desarrollan otro tipo de incapacidades como: retardo mental, dificultades de aprendizaje, convulsiones, problemas de visión, habla y audición. (Christopher & Dana Reeve Foundation, s.f.)

Es necesario de un equipo de profesionales para dar un completo y correcto diagnóstico al paciente con parálisis cerebral, se involucran profesionales en: neuropediatría, fisioterapia, ortopedia, psicología, logopedia, pediatría de atención primaria y la colaboración de otros especialistas. Una de las cosas más importantes es la atención temprana e intensiva durante los primeros años y un tratamiento a largo plazo. El tratamiento debe de ser evaluado según las características que presente el paciente, analizando aspectos como: edad, afectación motriz, capacidades cognitivas, patología asociada, teniendo en cuenta el entorno familiar, social, escolar. (Póo, 2008, pp. 275-276).

Existen algunos pilares básicos para tratar a este tipo de pacientes, el principal es la fisioterapia que utiliza: órtesis, prótesis, fármacos, logopedia, escolaridad y tratamientos quirúrgicos. (García, 2004, p. 15) (Póo, 2008, pp. 275-276) (Universidad Tecnológica de Pereira, s.f.)

Una atención especializada, temprana e intensiva durante los primeros años y un tratamiento continuo garantizarán los mejores resultados para el paciente. Cada niño será valorado por la limitación motora que padezca, de esta forma el fisioterapeuta puede determinar qué tipo de método utilizará para obtener resultados óptimos que beneficien la evolución del paciente (Póo, 2008, pp. 275-276).

Históricamente, el tratamiento de pacientes con Parálisis Cerebral ha consistido en una serie de métodos que pretenden, en mayor o menor medida, aportar una solución global al tratamiento de las manifestaciones de la lesión en los diferentes ámbitos funcionales de la persona. De estos, los más efectivos han sido de carácter fisioterapéutico: el método Bobath y el método Votja. El primero de ellos se fundamenta en el modelamiento del comportamiento motor y el segundo en la provocación del comportamiento motor reflejo. También existen métodos como: el método Doman- Delacato y el método Peto, los cuales no han demostrado que sus resultados sean mejores que los logrados con otras modalidades de intervención terapéutica. Así mismo hay metodologías complementarias como: Temple-Fay, Control motor, Kabat, Le Metayer, Brunkow, Perfetti, Collins, Pohl, entre otros. (Hidalgo, N. 2015. Com.perso) (Ruiz y Arteaga, 2006, pp. 384-387)

Para lograr cumplir con los objetivos planteados en este trabajo, la Dra. Hidalgo tomará como base la metodología Bobath y otros métodos complementarios y se creará una nueva metodología que se implementará en el uso de una nueva herramienta para optimizar los procesos de neurorehabilitación tradicionales teniendo como objetivo final el aumento de su productividad.

2. CAPÍTULO II: ESTUDIO DEL PACIENTE CON PARÁLISIS CEREBRAL Y METODOLOGÍA

2.1 Análisis del paciente

Existe una amplia clasificación en cuanto a pacientes con parálisis cerebral. En el siguiente estudio, únicamente se realizará las pruebas en uno de ellos. El paciente que se evaluará pertenece a un Centro de Rehabilitación Infantil (C.R.I) en la ciudad de Quito. Este centro fue fundado en el año 1995 y hasta la actualidad es uno de los mejores a nivel nacional. Fundado y dirigido por la reconocida Doctora Nancy Hidalgo. C.R.I ofrece atención especializada con las técnicas y metodologías más avanzadas para el tratamiento de personas con parálisis cerebral.

Eduardo, un niño de 8 años de edad será nuestro colaborador a lo largo de todos los procesos. Eduardo es un paciente con parálisis cerebral, una de las incidencias de su discapacidad fue una hemorragia intracraneal durante su nacimiento. Hemiplegia es un tipo de PC, la cual limita la movilidad de su brazo y pierna derecha. En cuanto a su nosología, tiene espasticidad, caracterizada por el aumento del tono muscular que dificulta la movilidad correcta de las diferentes partes del cuerpo, y su funcionalidad es de un rango leve a moderado. Es importante recalcar que puede moverse de forma independiente, sin embargo, algunas veces necesita de ayuda. En la escala GMFCS se encuentra en el nivel II, donde el paciente anda con límites.

En conclusión Eduardo tiene un diagnóstico de parálisis cerebral tipo hemiplegia espástica derecha de tipo leve a moderada con un rango GMFCS de nivel II. Para llegar a tener un cálculo positivo de productividad en los procesos de neurorehabilitación del paciente se ha realizado una pequeña ficha médica para tener claro que ejercicios se evaluarán como parte de su tratamiento.

Tabla 5. Ficha médica paciente.

ETIOLOGÍA	PRENATAL	PERINATAL	POSTNATAL		OBSERVACIONES
		x			Hemorragia intracraneal
TOPOGRAFÍA	TETRAPLEGIA	DIPLEGIA	HEMIPLEGIA	MONOPLEGIA	OBSERVACIONES
			x		Pierna y brazo derecho
NOSOLOGÍA	ESPÁSTICO	ATETOIDE	ATÁXICO	MIXTO	OBSERVACIONES
	x				Hipertonía
FUNCIONALIDAD	LEVE	MODERADA	GRAVE		OBSERVACIONES
	x	x			De leve a moderada
NIVEL GMFCS	NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	NIVEL IV	OBSERVACIONES
		x			Movilidad con límites

Uno de los objetivos de este trabajo de titulación es la comparación de resultados de la metodología tradicional del tratamiento con la metodología creada por la Dra. Hidalgo con la implementación de la herramienta construida, para lo cual el paciente será evaluado durante un periodo de tres meses con cada tipo de metodología y posteriormente se analizarán los resultados de tiempos, costos, y el aumento de sus habilidades motrices, para determinar si existe o no incremento en la productividad del tratamiento de neurorehabilitación.

2.2 Metodología

Existen varios métodos para la neurorehabilitación de las secuelas de una lesión del sistema nervioso central, pero pocas metodologías tienen herramientas que ayudan en diferentes maneras a la optimización de los procesos de neurorehabilitación en pacientes con parálisis cerebral.

La metodología que se utilizará es cuantitativa, nace de la iniciativa de la Dra. Nancy Hidalgo y consiste en la fusión de varias técnicas tradicionales con la combinación del conocimiento que ha adquirido a lo largo de su carrera como profesional en la neurorehabilitación. Nos enfocaremos en el análisis de la productividad parcial a través del estudio de las variables: tiempo, costo y

habilidades motrices, para comprobar que con el implemento de la herramienta construida conseguiremos los siguientes beneficios:

- Facilitar el movimiento, eliminando el peso de la extremidad o segmento a movilizar.
- Impregnar patrones de marcha mediante técnicas de gateo.
- Integrar reflejos.
- Aumenten la amplitud articular.
- Mejorar la coordinación entre miembros superiores e inferiores.
- Brindar seguridad y confianza en cada uno de los ejercicios reeducando el sistema nervioso central.
- Fortalecer musculatura en general y músculos específicos aislándolo y evitando compensaciones.
- Incrementar arcos de movimiento.
- Adquirir patrones correctos.
- Prevenir contracturas musculares.
- Movilizar los segmentos en todos los planos.
- Transferir peso en forma segura.
- Mejorar la integración sensorio-motora.
- Evitar la atrofia muscular.
- Mejorar el balance y la coordinación.
- Promover independencia.
- Mejorar estabilidad.
- Corregir alineamiento.
- Impregnar patrones a través de la repetición. (Hidalgo, N. 2015. Com. perso)

2.2.1 Posiciones

Durante el estudio y análisis de los diferentes aspectos a evaluar en el paciente con parálisis cerebral y su posible tratamiento, la Dra. Nancy Hidalgo propone una evaluación de siete posiciones, teniendo en cuenta que cada una de ellas

tenga una serie de ejercicios específica para las extremidades que serán tratadas a lo largo del proceso de neurorehabilitación.

A continuación se detalla las siete posiciones con sus respectivos ejercicios:

Posición Arrodillado:



Figura 6. Posición Arrodillado.

Ejercicios:

- Elongación de psoas.
- Fortalecimiento de glúteo mayor unilateral
- Fortalecimiento de psoas.
- Elongación de abductores unilateral.
- Elongación de abductores bilateral.
- Fortalecimiento de abductores unilateral.
- Fortalecimiento de abductores bilateral.

Posición Caballero:

Figura 7. Posición Caballero.

Ejercicios:

- Elongación de psoas media rodilla.
- Fortalecimiento de glúteo mayor en media rodilla.

Posición Cuatro Puntos:

Figura 8. Posición Cuatro Puntos.

Ejercicios:

- Fortalecimiento de extensores de cadera y tronco inferior.
- Fortalecimiento de glúteo mayor.
- Disociación de miembros superiores e inferiores, patrones de alternancia.
- Disociación de miembros
- Fortalecimiento de flexores de cadera unilateral.
- Diagonales en miembros superiores.

Posición de Pies:

Figura 9. Posición de Pies.

- Fortalecimiento de extensores de cadera.
- Elongación de psoas.
- Elongación y/o fortalecimiento de abductores de cadera unilateral.
- Elongación y/o fortalecimiento de abductores de cadera bilateral.

Posición Prono:

Figura 10. Posición Prono.

Ejercicios:

- Elongación de flexores cadera y tronco.
- Carga unilateral de peso en miembros superiores.
- Fortalecimiento de abdominales bilaterales.
- Abducción horizontal unilateral.
- Abducción horizontal bilateral.
- Fortalecimiento de extensión de codo con hombro abducido unilateral.
- Fortalecimiento de extensión de codo con hombro abducido bilateral.
- Fortalecimiento de extensión de codo con hombro flexionado unilateral.
- Fortalecimiento de extensión de codo con hombro flexionado bilateral.
- Elevación anterior bilateral.

Posición Sentado:

Figura 11. Posición Sentado.

Ejercicios:

- Elongación de abductores.
- Fortalecimiento de abductores unilateral.
- Fortalecimiento de abductores bilateral.
- Triple flexión bilateral.
- Extensión recíproca y/o bilateral.
- Fortalecimiento de oblicuos.
- Fortalecimiento de músculos del abdomen.

Posición Supino:

Figura 12. Posición Supino.

Ejercicios:

- Fortalecimiento unilateral de psoas.
- Fortalecimiento bilateral recíproco de psoas.
- Abducción horizontal unilateral.
- Abducción horizontal bilateral.

Con Eduardo trabajaremos un ejercicio en cada posición para poder realizar el levantamiento de procesos, la medición de tiempos y el análisis los resultados obtenidos. Todo esto se realizará primero en metodología tradicional para luego poder compararla con la metodología propuesta.

Los ejercicios que se evaluarán en Eduardo son los siguientes:

Tabla 6. Posiciones y ejercicios a evaluar.

POSICIÓN	EJERCICIO
ARRODILLADO	FORTALECIMIENTO DE PSOAS
CABALLERO	FORTALECIMIENTO DEL GLÚTEO MAYOR EN MEDIA RODILLA
CUATRO PUNTOS	FORTALECIMIENTO GLUTEO MAYOR
DE PIE	ELONGACIÓN DE ABDUCTORES DE CADERA UNILATERAL
PRONO	FORTALECIMIENTO DE EXTENSIÓN DE CODO CON HOMBRO FLEXIONADO UNILATERAL
SENTADO	FORTALECIMIENTO DE ABDUCTORES UNILATERAL
SUPINO	FORTALECIMIENTO UNILATERAL DE PSOAS

Para el diseño de la herramienta trabajaremos en conjunto con la Dra. Hidalgo para lograr que cada ejercicio se desarrolle de forma correcta en cada una de las posiciones antes descritas.

3. CAPITULO III: ANÁLISIS DE LOS PROCESOS TRADICIONALES DE NEUROREHABILITACIÓN

El primer paso para cumplir con algunos objetivos del presente trabajo será el análisis de los procesos de neurorehabilitación. Utilizando la metodología tradicional podremos realizar el levantamiento de información, es decir la fabricación de los flujogramas de los procesos de cada una de las posiciones antes mencionadas. Cabe recalcar que se analizará únicamente un ejercicio por cada posición, teniendo un total de siete ejercicios.

Luego del levantamiento de procesos se procederá a la toma de tiempos de cada actividad involucrada en el proceso.

"El Estudio de Tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida". (Salazar, 2012).

Una vez analizados los flujogramas y las hojas de medición de tiempos procederemos al cálculo de trabajo efectivo y no efectivo.

El término efectivo tiene referencia a aquello que es real o verdadero, y por otra parte es un sinónimo de eficaz. (Definición, s.f.).

Por lo cual, trabajo efectivo es el trabajo que agrega valor al proceso, y trabajo no efectivo es el que no agrega valor alguno.

Para analizar las mediciones debemos destacar los siguientes puntos a evaluar:

- *SET UP / Desensamble*: Medido en segundos, es el tiempo que el terapeuta se toma para la preparación del ejercicio y en desarmar el mismo.
- Tiempo de repetición: Medido en segundos, tiempo en que el paciente se demora en realizar la repetición de cada ejercicio.
- Número repeticiones: Medido en unidades, número de repeticiones que realiza el paciente durante cada ejercicio.
- Series: Medido en unidades, número de series que realiza el paciente en cada ejercicio.
- Descanso entre serie: Medido en segundos, tiempo que toma el paciente de descanso en el lapso de cada serie.

Además, para calcular la ENTRADA, debemos tomar en cuenta ciertos puntos como el tiempo de descanso entre serie y el número de series a realizar. En este caso tenemos tres series, por lo que existen tres descansos entre cada serie. El descanso entre serie no agrega valor al proceso por lo que podemos definirlo como trabajo no efectivo. Por otro lado al ser tres series, se altera el resultado de trabajo efectivo multiplicándolo por tres. La suma de ambas cantidades nos da como resultado la ENTRADA.

Además analizamos los costos para el paciente, teniendo en cuenta que cada sesión tiene un valor de veinte y cinco dólares americanos, y analizando el número de sesiones, suponiendo que cada una dura una hora, calculamos el número de sesiones por cada ejercicio obteniendo el costo sesión por el número de sesión que finalmente no da como resultado el costo de cada ejercicio.

Por otro lado evaluaremos las habilidades motrices del paciente, se asignarán diferentes objetivos para cada uno de los ejercicios y se medirá el cumplimiento de los mismos.

3.1 Posición Arrodillado

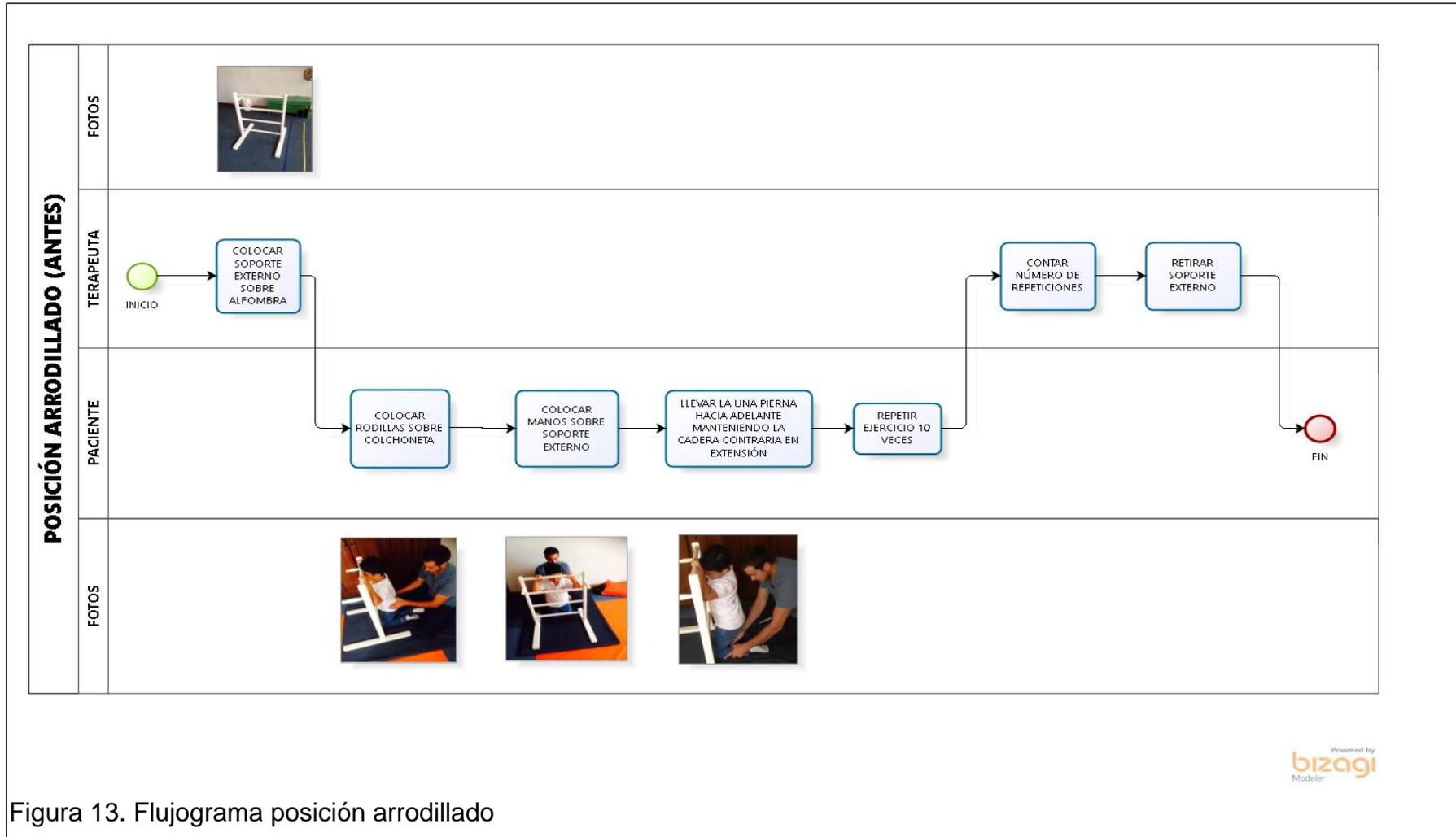


Figura 13. Flujograma posición arrodillado

Levantados los procesos se procedió a la toma de tiempos:

Tabla 7. Hoja de medición de tiempos posición arrodillado.

PROCESO	POSICIÓN ARRODILLADO (ANTES)	TRABAJO		HOJA DE MEDICIÓN DE TIEMPOS		Fecha análisis: 08-06-2015				
						Hora análisis: 14h00 - 16h00		Observador: Bryan Jarrín		
No.	ACTIVIDAD	EFFECTIVO	NO EFFECTIVO	1	2	3	4	5	PROMEDIO	
1	COLOCAR SOPORTE EXTERNO SOBRE ALFOMBRA		X	8,56	9,09	10,12	8,23	9,30	9,06	
2	COLOCAR RODILLAS SOBRE COLCHONETA		X	6,80	8,10	7,12	7,50	6,80	7,26	
3	COLOCAR MANOS SOBRE SOPORTE EXTERNO		X	1,90	2,30	2,10	1,80	2,00	2,02	
4	LLEVAR LA UNA EXTREMIDAD INFERIOR A ABDUCCIÓN	X		50,30	48,20	51,80	50,50	49,80	50,12	
5	RETIRAR SOPORTE EXTERNO		X	8,06	8,56	9,20	7,67	9,00	8,50	
Tiempos de ciclo				67,56	67,69	71,14	68,03	67,9	76,96	

Una vez medidos los tiempos de cada actividad, se obtuvo como resultado que el proceso tarda 76,96 segundos en una sola serie de trabajo. Un trabajo no efectivo de 26,84 segundos y 50,12 segundos de trabajo efectivo por las 10 repeticiones realizadas, es decir, un tiempo de 5,01 por repetición.

Tabla 8. Análisis tiempos y costos posición arrodillado

POSICIÓN ARRODILLADO		
	UNIDAD	ANTES
SET UP / DESENSAMBLE	SEG	26,84
TIEMPO REPETICION	SEG	5,01
# REPETICIONES	U	10
SERIES	U	3
DESCANSO ENTRE SERIE	SEG	20
TRABAJO EFECTIVO	SEG	150,3
TRABAJO NO EFECTIVO	SEG	86,84
INPUT	SEG	237,14
NÚMERO DE SESIONES	U	0,07
COSTO SESIÓN	\$	25
COSTO PACIENTE	\$	1,65

El descanso entre serie no agrega valor al proceso por lo cual es trabajo no efectivo, alterando el resultado antes mencionado a 86,84 segundos. Además, al ser tres series, se altera el resultado de trabajo efectivo multiplicándolo por tres obteniendo como resultado 150,3 segundos. La suma de ambas cantidades nos da como resultado la ENTRADA, obteniendo 237,14 segundos. Por otro lado, el costo del paciente por el ejercicio es de 1,65 dólares, tomando en cuenta que se necesita 0,07 sesiones para la ejecución del mismo.

Tabla 9. Análisis habilidades motrices posición arrodillado.

POSICIÓN	EJERCICIO	OBJETIVO	UNIDAD	ANTES
ARRODILLADO	FORTALECIMIENTO DE PSOAS	PEDALEAR UNA BICICLETA 360 °	GRADOS	0,50

Durante la evaluación del ejercicio propuesto, no se alcanzó a cumplir con el objetivo en su totalidad ya que el paciente llegó a pedalear 180 grados de los 360 grados propuestos inicialmente, dando así un resultado de 0,5 grados.

3.2 Posición Caballero

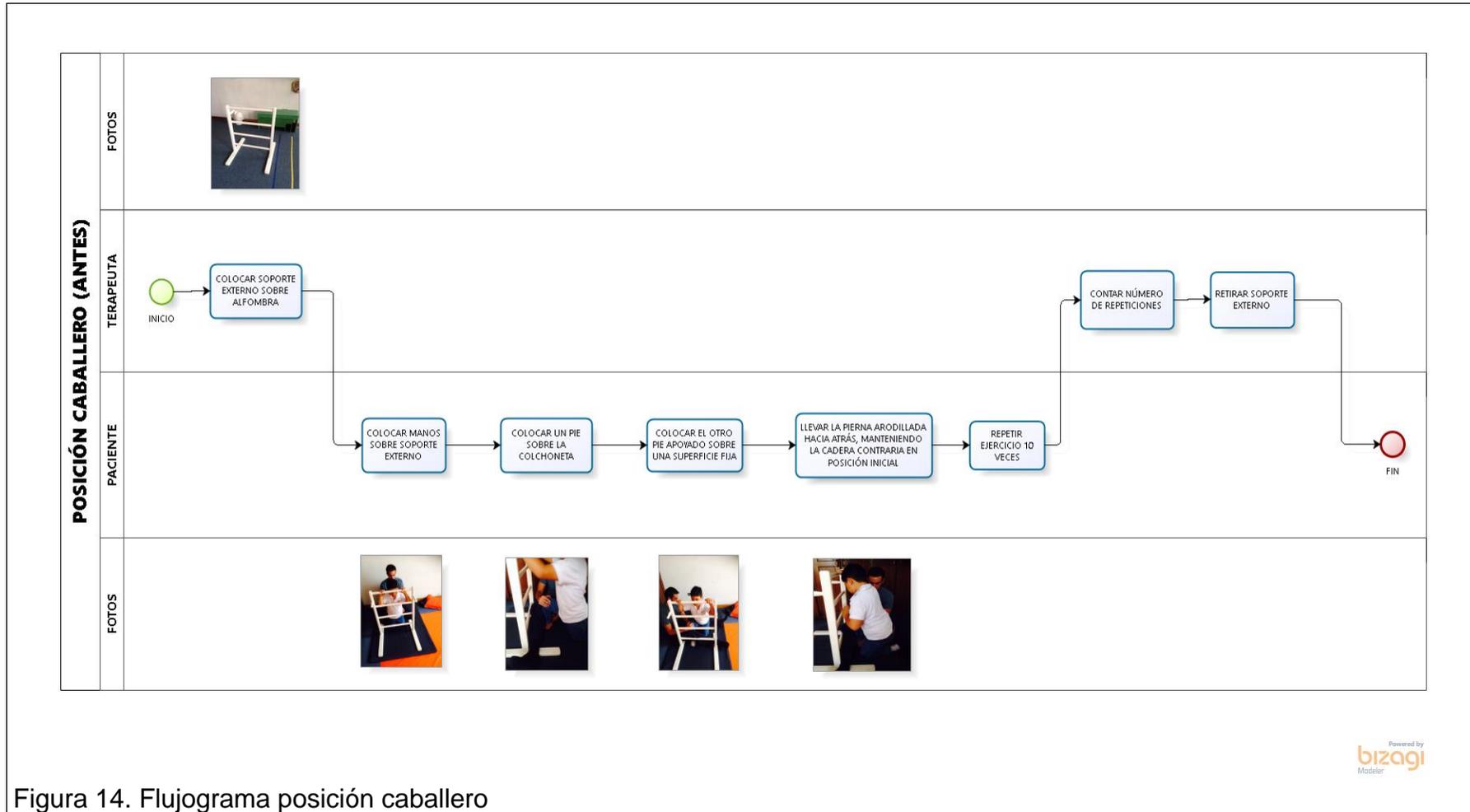


Figura 14. Flujograma posición caballero

Levantados los procesos se procedió a la toma de tiempos:

Tabla 10. Hoja de medición de tiempos posición caballero

PROCESO	POSICIÓN CABALLERO (ANTES)	TRABAJO		HOJA DE MEDICIÓN DE TIEMPOS					Fecha análisis: 11-06-2015	
									Hora análisis: 14h00 - 16h00	Observador: Bryan Jarrín
No.	ACTIVIDAD	EFFECTIVO	NO EFFECTIVO	1	2	3	4	5	PROMEDIO	
1	COLOCAR SOPORTE EXTERNO SOBRE ALFOMBRA		X	8,56	9,09	10,12	8,23	9,30	9,06	
2	COLOCAR MANOS SOBRE SOPORTE EXTERNO		X	1,90	2,30	2,10	1,80	2,00	2,02	
3	COLOCAR UN PIE SOBRE LA COLCHONETA		X	5,22	4,99	5,67	4,80	4,70	5,08	
4	COLOCAR EL OTRO PIE APOYADO SOBRE UNA SUPERFICIE FIJA		X	2,34	1,50	2,20	1,90	2,10	2,01	
5	LLEVAR LA PIERNA ARODILLADA HACIA ATRÁS, MANTENIENDO LA CADERA CONTRARIA EN POSICIÓN INICIAL	X		60,30	58,90	61,20	60,12	59,89	60,08	
6	RETIRAR SOPORTE EXTERNO		X	8,45	8,79	9,30	9,05	8,99	8,90	
Tiempos de ciclo				78,32	76,78	81,29	76,85	77,99	87,14	

Una vez medidos los tiempos de cada actividad, se obtuvo como resultado que el proceso tarda 87,14 segundos en una sola serie de trabajo. Un trabajo no efectivo de 27,06 segundos y 60,08 segundos de trabajo efectivo por las 10 repeticiones realizadas, es decir, un tiempo de 6,01 por repetición.

Tabla 11. Análisis tiempos y costos posición caballero

POSICIÓN CABALLERO		
	UNIDAD	ANTES
SET UP / DESENSAMBLE	SEG	27,06
TIEMPO REPETICION	SEG	6,01
# REPETICIONES	U	10
SERIES	U	3
DESCANSO ENTRE SERIE	SEG	20
TRABAJO EFECTIVO	SEG	180,3
TRABAJO NO EFECTIVO	SEG	87,06
INPUT	SEG	267,36
NÚMERO DE SESIONES	U	0,07
COSTO SESIÓN	\$	25
COSTO PACIENTE	\$	1,86

El descanso entre serie no agrega valor al proceso por lo cual es trabajo no efectivo, alterando el resultado antes mencionado a 87,06 segundos. Además, al ser tres series, se altera el resultado de trabajo efectivo multiplicándolo por tres obteniendo como resultado 180,3 segundos. La suma de ambas cantidades nos da como resultado la ENTRADA, obteniendo 267,36 segundos.

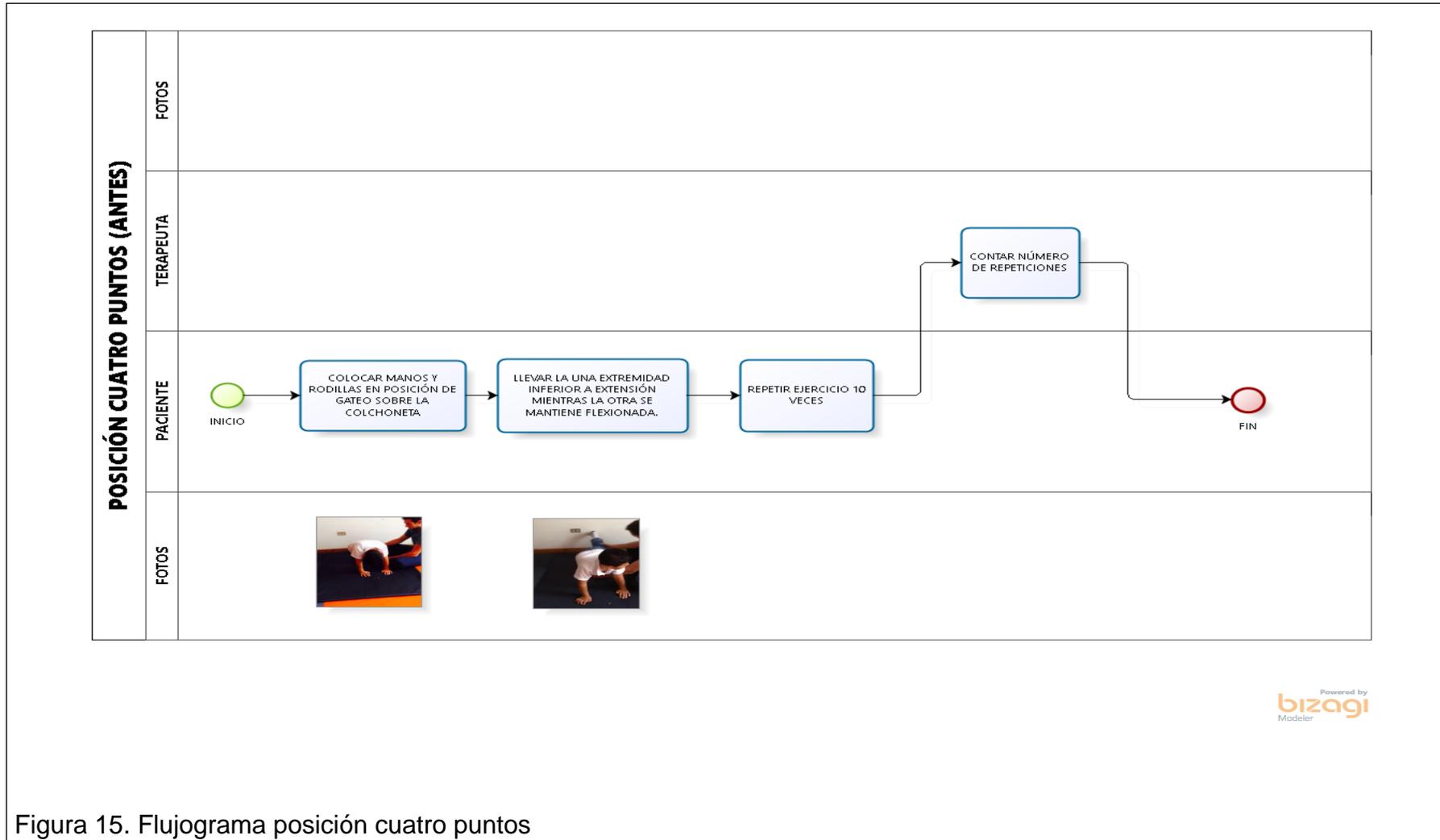
Por otro lado, el costo del paciente por el ejercicio es de 1,86 dólares, tomando en cuenta que se necesita 0,07 sesiones para le ejecución del mismo.

Tabla 12. Análisis habilidades motrices posición caballero.

POSICIÓN	EJERCICIO	OBJETIVO	UNIDAD	ANTES
CABALLERO	FORTALECIMIENTO DEL GLÚTEO MAYOR EN MEDIA RODILLA	LEVANTAR CUERPO DEL PISO UTILIZANDO UNA PIERNA (5 VECES)	UNIDAD	0,2

Durante la evaluación del ejercicio propuesto, no se alcanzó a cumplir con el objetivo en su totalidad ya que el paciente levantó su cuerpo del piso utilizando una pierna 1 unidad de las 5 unidades propuestas inicialmente, dando así un resultado de 0,2 unidades.

3.3 Posición Cuatro Puntos



Levantados los procesos se procedió a la toma de tiempos:

Tabla 13. Hoja de medición de tiempos posición cuatro puntos

PROCESO	POSICIÓN CUATRO PUNTOS (ANTES)	TRABAJO		HOJA DE MEDICIÓN DE TIEMPOS		Fecha análisis: 15-06-2015				
						Hora análisis: 08h00 - 13h00		Observador: Bryan Jarrín		
No.	ACTIVIDAD	EFFECTIVO	NO EFFECTIVO	1	2	3	4	5	PROMEDIO	
1	COLOCAR MANOS Y RODILLAS EN POSICIÓN DE GATEO SOBRE LA COLCHONETA		X	7,15	7,20	6,78	7,60	7,40	7,23	
2	DESPLAZAR MIEMBROS HACIA FLEXIÓN Y ABDUCCIÓN EN UNA DIAGONAL DE FORMA ALTERNADA Y RECÍPROCA	X		45,70	46,12	48,08	47,90	47,86	47,13	
Tiempos de ciclo				52,85	53,32	54,86	55,50	55,26	54,36	

Una vez medidos los tiempos de cada actividad, se obtuvo como resultado que el proceso tarda 54,36 segundos en una sola serie de trabajo. Un trabajo no efectivo de 7,23 segundos y 47,13 segundos de trabajo efectivo por las 10 repeticiones realizadas, es decir, un tiempo de 4,71 por repetición.

Tabla 14. Análisis tiempos y costos posición cuatro puntos.

POSICIÓN CUATRO PUNTOS		
	UNIDAD	ANTES
SET UP / DESENSAMBLE	SEG	7,23
TIEMPO REPETICION	SEG	6,71
# REPETICIONES	U	10
SERIES	U	3
DESCANSO ENTRE SERIE	SEG	20
TRABAJO EFECTIVO	SEG	201,3
TRABAJO NO EFECTIVO	SEG	67,23
ENTRADA	SEG	268,53
NÚMERO DE SESIONES	U	0,07
COSTO SESIÓN	\$	25
COSTO PACIENTE	\$	1,86

El descanso entre serie no agrega valor al proceso por lo cual es trabajo no efectivo, alterando el resultado antes mencionado a 67,23 segundos. Además, al ser tres series, se altera el resultado de trabajo efectivo multiplicándolo por tres obteniendo como resultado 201,3 segundos. La suma de ambas cantidades nos da como resultado la ENTRADA, obteniendo 268,52 segundos. Por otro lado, el costo del paciente por el ejercicio es de 1,86 dólares, tomando en cuenta que se necesita 0,07 sesiones para la ejecución del mismo.

Tabla 15. Análisis habilidades motrices posición cuatro puntos.

POSICIÓN	EJERCICIO	OBJETIVO	UNIDAD	ANTES
CUATRO PUNTOS	FORTALECIMIENTO GLÚTTEO MAYOR	CAMINAR DE RETRO (5 METROS)	m	0,1

Durante la evaluación del ejercicio propuesto, no se alcanzó a cumplir con el objetivo en su totalidad ya que el paciente caminó de retro 1/2 metro de los 5 metros propuestos inicialmente, dando así un resultado de 0,1 metros.

3.4 Posición de Pies

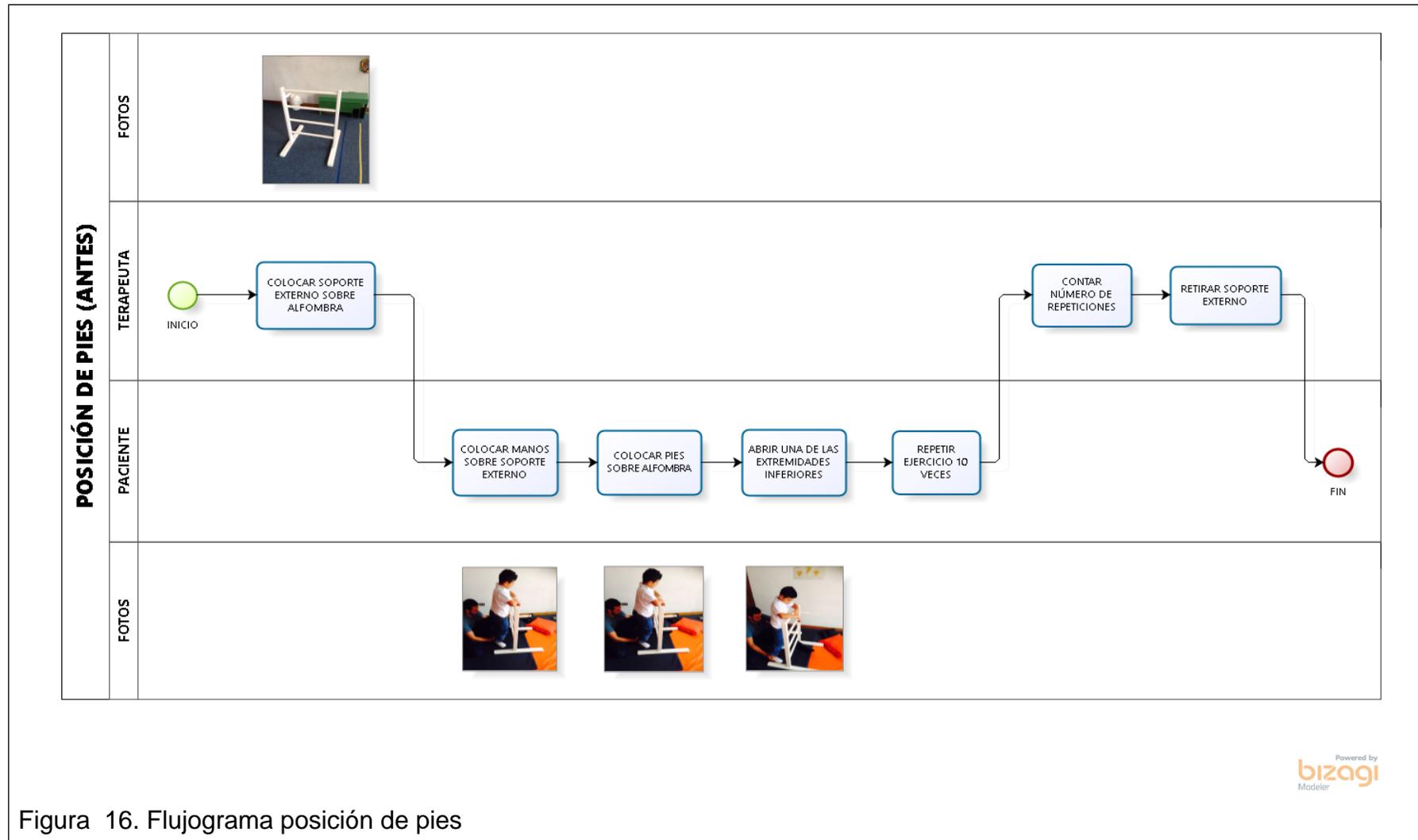


Figura 16. Flujograma posición de pies

Levantados los procesos se procedió a la toma de tiempos:

Tabla 16. Hoja de medición de tiempos posición de pie

PROCESO	POSICIÓN DE PIE (ANTES)	TRABAJO		HOJA DE MEDICIÓN DE TIEMPOS					Fecha análisis: 18-06-2015	
									Hora análisis: 08h00 - 13h00	Observador: Bryan Jarrín
No.	ACTIVIDAD	EFFECTIVO	NO EFFECTIVO	1	2	3	4	5	PROMEDIO	
1	COLOCAR SOPORTE EXTERNO SOBRE ALFOMBRA		X	8,56	9,09	10,12	8,23	9,30	9,06	
2	COLOCAR MANOS SOBRE SOPORTE EXTERNO		X	1,90	2,30	2,10	1,80	2,00	2,02	
3	COLOCAR PIES SOBRE ALFOMBRA		X	2,50	2,10	1,89	1,98	1,90	2,07	
4	ABRIR UNA DE LAS EXTREMIDADES INFERIORES	X		64,43	62,89	61,56	65,70	64,78	63,87	
5	RETIRAR SOPORTE EXTERNO		X	8,67	8,45	7,94	8,04	7,99	8,22	
Tiempos de ciclo				77,39	76,38	75,67	77,71	77,98	85,24	

Una vez medidos los tiempos de cada actividad, se obtuvo como resultado que el proceso tarda 85,24 segundos en una sola serie de trabajo. Un trabajo no efectivo de 21,37 segundos y 63,87 segundos de trabajo efectivo por las 10 repeticiones realizadas, es decir, un tiempo de 6,39 por repetición.

Tabla 17. Análisis tiempos y costos posición de pie.

POSICIÓN DE PIE		
	UNIDAD	ANTES
SET UP / DESENSAMBLE	SEG	21,37
TIEMPO REPETICION	SEG	6,39
# REPETICIONES	U	10
SERIES	U	3
DESCANSO ENTRE SERIE	SEG	20
TRABAJO EFECTIVO	SEG	191,7
TRABAJO NO EFECTIVO	SEG	81,37
INPUT	SEG	273,07
NÚMERO DE SESIONES	U	0,08
COSTO SESIÓN	\$	25
COSTO PACIENTE	\$	1,90

El descanso entre serie no agrega valor al proceso por lo cual es trabajo no efectivo, alterando el resultado antes mencionado a 81,37 segundos. Además, al ser tres series, se altera el resultado de trabajo efectivo multiplicándolo por tres obteniendo como resultado 191,7 segundos. La suma de ambas cantidades nos da como resultado la ENTRADA, obteniendo 273,07 segundos.

Por otro lado, el costo del paciente por el ejercicio es de 1,90 dólares, tomando en cuenta que se necesita 0,08 sesiones para le ejecución del mismo.

Tabla 18. Análisis habilidades motrices posición de pie.

POSICIÓN	EJERCICIO	OBJETIVO	UNIDAD	ANTES
DE PIE	ELONGACIÓN DE ABDUCTORES DE CADERA UNILATERAL	MANTENER DISTANCIA CORRECTA ENTRE PIERNAS DURANTE EL CICLO FINAL DE LA MARCHA (0,2 m)	m	0,50

Durante la evaluación del ejercicio propuesto, no se alcanzó a cumplir con el objetivo en su totalidad ya que el paciente mantuvo la distancia entre piernas durante el ciclo final de la marcha 0,1 metros de los 0,2 metros propuestos inicialmente, dando así un resultado de 0,5 metros.

3.5 Posición Prono

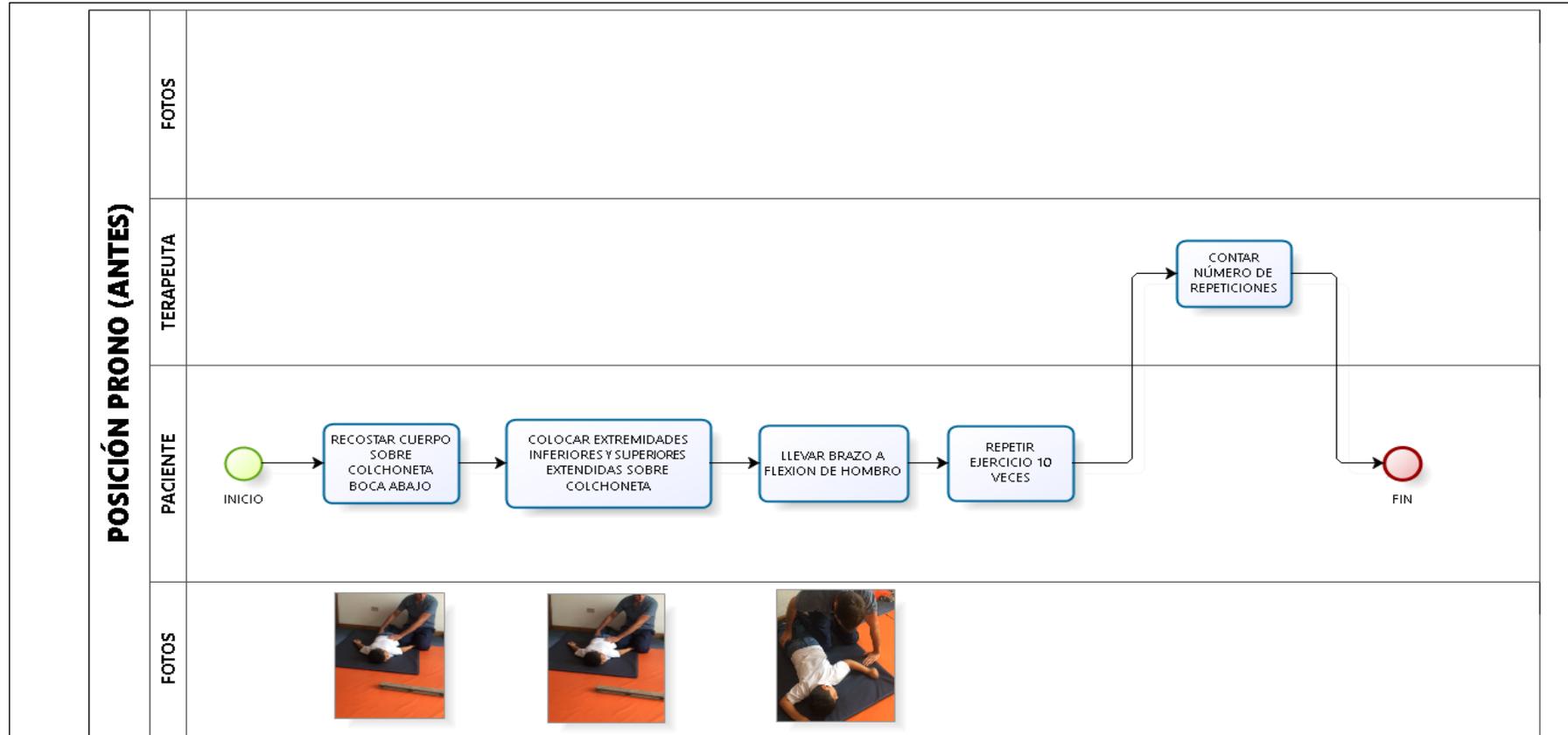


Figura 17. Flujograma posición prono
 Levantados los procesos se procedió a la toma de tiempos:

Tabla 19. Hoja de medición de tiempos posición prono

PROCESO	POSICIÓN PRONO (ANTES)	TRABAJO		HOJA DE MEDICIÓN DE TIEMPOS					
				Fecha análisis: 22-06-2015					Observador: Bryan Jarrín
No.	ACTIVIDAD	EFFECTIVO	NO EFFECTIVO	1	2	3	4	5	PROMEDIO
1	RECOSTAR CUERPO SOBRE COLCHONETA BOCA ABAJO		X	6,34	5,97	6,20	5,89	6,00	6,08
2	COLOCAR EXTREMIDADES INFERIORES Y SUPERIORES EXTENDIDAS SOBRE COLCHONETA		X	2,10	2,02	2,13	1,99	2,30	2,11
3	LLEVAR BRAZO A FLEXION DE HOMBRO	X		94,33	96,70	97,06	99,20	97,99	97,06
Tiempos de ciclo				102,77	104,69	105,39	107,08	106,29	105,24

Una vez medidos los tiempos de cada actividad, se obtuvo como resultado que el proceso tarda 105,24 segundos en una sola serie de trabajo. Un trabajo no efectivo de 8,19 segundos y 97,06 segundos de trabajo efectivo por las 10 repeticiones realizadas, es decir, un tiempo de 9,71 por repetición.

Tabla 20. Análisis tiempos y costos posición de prono.

POSICIÓN PRONO		
	UNIDAD	ANTES
SET UP / DESENSAMBLE	SEG	8,18
TIEMPO REPETICION	SEG	9,71
# REPETICIONES	U	10
SERIES	U	3
DESCANSO ENTRE SERIE	SEG	20
TRABAJO EFECTIVO	SEG	291,3
TRABAJO NO EFECTIVO	SEG	68,18
ENTRADA	SEG	359,48
NÚMERO DE SESIONES	U	0,10
COSTO SESIÓN	\$	25
COSTO PACIENTE	\$	2,50

El descanso entre serie no agrega valor al proceso por lo cual es trabajo no efectivo, alterando el resultado antes mencionado a 68,18 segundos. Además, al ser tres series, se altera el resultado de trabajo efectivo multiplicándolo por tres obteniendo como resultado 291,3 segundos. La suma de ambas cantidades nos da como resultado la ENTRADA, obteniendo 359,48 segundos.

Por otro lado, el costo del paciente por el ejercicio es de 2,50 dólares, tomando en cuenta que se necesita 0,10 sesiones para le ejecución del mismo.

Tabla 21. Análisis habilidades motrices posición de prono.

POSICIÓN	EJERCICIO	OBJETIVO	UNIDAD	ANTES
PRONO	FORTALECIMIENTO DE EXTENSIÓN DE CODO CON HOMBRO FLEXIONADO UNILATERAL	ENCESTAR PELOTA CON EXTENSIÓN DE CODO (5 VECES)	UNIDAD	0,2

Durante la evaluación del ejercicio propuesto, no se alcanzó a cumplir con el objetivo en su totalidad ya que el paciente encestó una pelota con extensión de codo 1 unidad las 5 unidades propuestas inicialmente, dando así un resultado de 0,2 unidades.

3.6 Posición Sentado

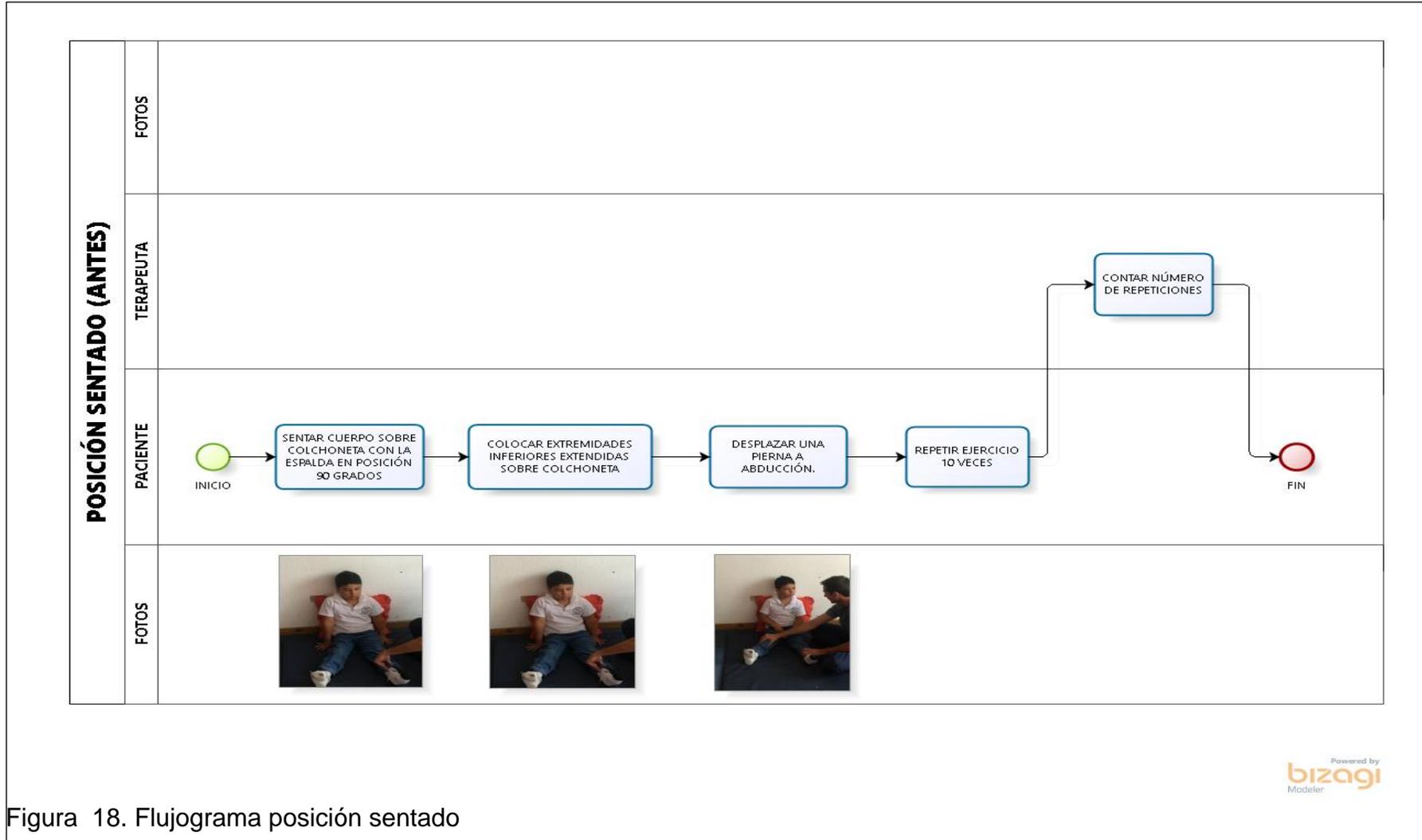


Figura 18. Flujograma posición sentado

Levantados los procesos se procedió a la toma de tiempos:

Tabla 22. Hoja de medición de tiempos posición sentado

PROCESO	POSICIÓN SENTADO (ANTES)	TRABAJO		HOJA DE MEDICIÓN DE TIEMPOS					Fecha análisis: 25-06-2015	
									Hora análisis: 08h00 - 13h00	Observador: Bryan Jarrín
No.	ACTIVIDAD	EFFECTIVO	NO EFFECTIVO	1	2	3	4	5	PROMEDIO	
1	SENTAR CUERPO SOBRE COLCHONETA CON LA ESPALDA EN POSICIÓN 90 GRADOS		X	10,12	9,78	9,90	10,23	10,56	10,12	
2	COLOCAR EXTREMIDADES INFERIORES EXTENDIDAS SOBRE COLCHONETA		X	4,10	4,00	4,31	3,89	4,23	4,11	
3	DESPLAZAR UNA PIERNA A ABDUCCIÓN.	X		160,70	140,90	150,87	170,02	160,03	156,50	
Tiempos de ciclo				174,92	154,68	165,08	184,14	174,82	170,73	

Una vez medidos los tiempos de cada actividad, se obtuvo como resultado que el proceso tarda 170,73 segundos en una sola serie de trabajo. Un trabajo no efectivo de 14,22 segundos y 156,50 segundos de trabajo efectivo por las 10 repeticiones realizadas, es decir, un tiempo de 15,65 por repetición.

Tabla 23. Análisis tiempos y costos posición sentado.

POSICIÓN SENTADO		
	UNIDAD	ANTES
SET UP / DESENSAMBLE	SEG	14,22
TIEMPO REPETICION	SEG	15,65
# REPETICIONES	U	10
SERIES	U	3
DESCANSO ENTRE SERIE	SEG	20
TRABAJO EFECTIVO	SEG	469,5
TRABAJO NO EFECTIVO	SEG	74,22
ENTRADA	SEG	543,72
NÚMERO DE SESIONES	U	0,15
COSTO SESIÓN	\$	25
COSTO PACIENTE	\$	3,78

El descanso entre serie no agrega valor al proceso por lo cual es trabajo no efectivo, alterando el resultado antes mencionado a 74,22 segundos. Además, al ser tres series, se altera el resultado de trabajo efectivo multiplicándolo por tres obteniendo como resultado 469,5 segundos. La suma de ambas cantidades nos da como resultado la ENTRADA, obteniendo 543,72 segundos. Por otro lado, el costo del paciente por el ejercicio es de 3,78 dólares, tomando en cuenta que se necesita 0,15 sesiones para le ejecución del mismo.

Tabla 24. Análisis habilidades motrices posición sentado.

POSICIÓN	EJERCICIO	OBJETIVO	UNIDAD	ANTES
SENTADO	FORTALECIMIENTO DE ABDUCTORES UNILATERAL	MANTENER DISTANCIA CORRECTA ENTRE PIERNAS DURANTE EL CICLO FINAL DE LA MARCHA (0,2 m)	m	0,50

Durante la evaluación del ejercicio propuesto, no se alcanzó a cumplir con el objetivo en su totalidad ya que el paciente mantuvo la distancia entre piernas durante el ciclo final de la marcha 0,1 metros de los 0,2 metros propuestos inicialmente, dando así un resultado de 0,5 metros.

3.7 Posición Supino

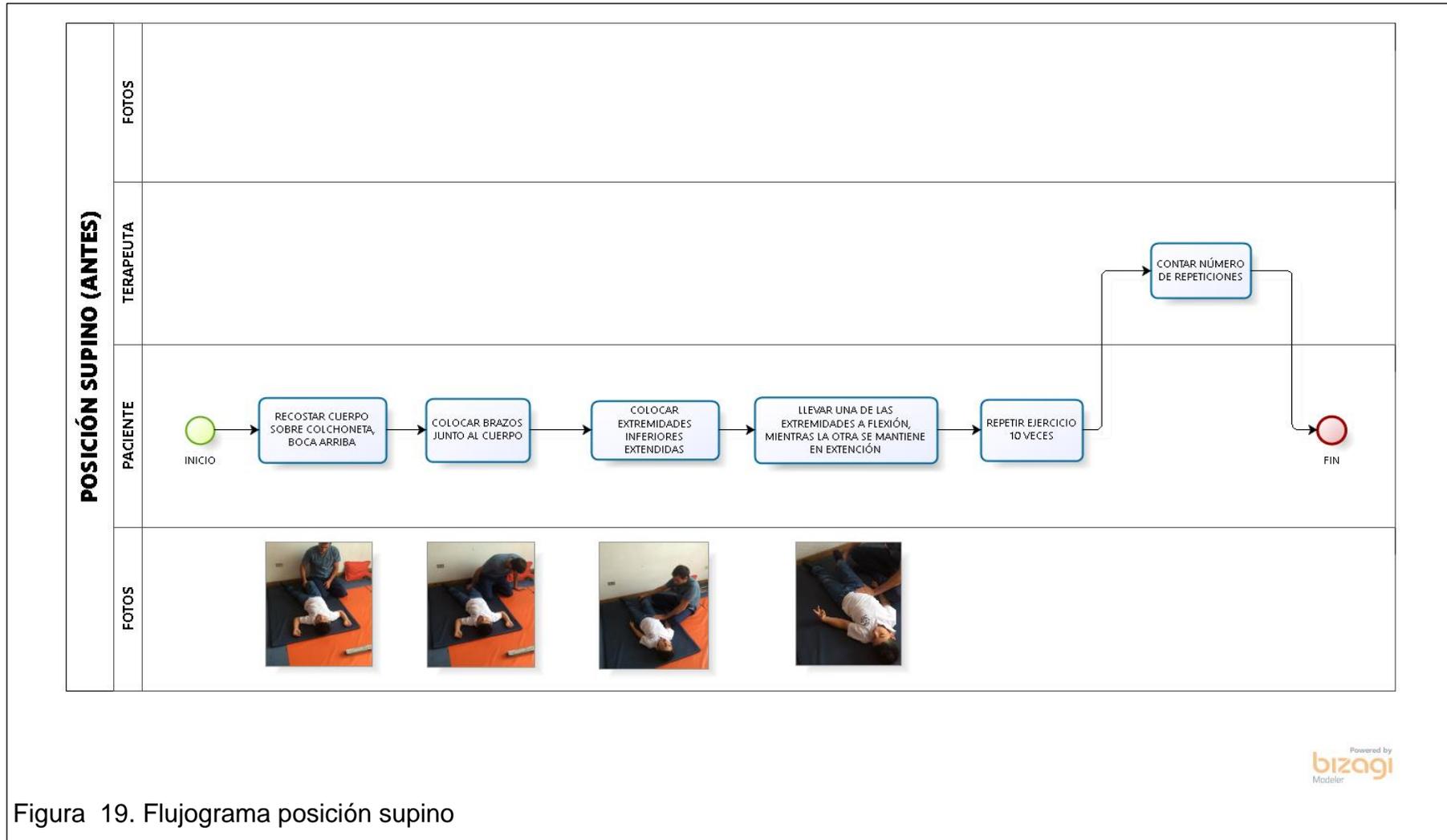


Figura 19. Flujograma posición supino

Levantados los procesos se procedió a la toma de tiempos:

Tabla 25. Hoja de medición de tiempos posición supino

PROCESO	POSICIÓN SUPINO (ANTES)	TRABAJO		HOJA DE MEDICIÓN DE TIEMPOS					Fecha análisis: 29-06-2015	
									Hora análisis: 08h00 - 13h00	Observador: Bryan Jarrín
No.	ACTIVIDAD	EFFECTIVO	NO EFFECTIVO	1	2	3	4	5	PROMEDIO	
1	RECOSTAR CUERPO SOBRE COLCHONETA, BOCA ARRIBA		X	6,34	6,12	5,89	5,56	6,25	6,03	
2	COLOCAR BRAZOS JUNTO AL CUERPO		X	2,10	2,00	2,34	1,97	2,06	2,09	
3	COLOCAR EXTREMIDADES INFERIORES EXTENDIDAS		X	3,23	2,67	3,35	3,70	3,54	3,30	
4	LLEVAR UNA DE LAS EXTREMIDADES A FLEXIÓN, MIENTRAS LA OTRA SE MANTIENE EN EXTENSIÓN	X		162,54	157,80	160,50	156,78	165,76	160,68	
Tiempos de ciclo				174,21	168,59	172,08	168,01	177,61	172,10	

Una vez medidos los tiempos de cada actividad, se obtuvo como resultado que el proceso tarda 172,10 segundos en una sola serie de trabajo. Un trabajo no efectivo de 11,42 segundos y 160,68 segundos de trabajo efectivo por las 10 repeticiones realizadas, es decir, un tiempo de 16,07 por repetición.

Tabla 26. Análisis tiempos y costos posición supino.

POSICIÓN SUPINO		
	UNIDAD	ANTES
SET UP / DESENSAMBLE	SEG	11,42
TIEMPO REPETICION	SEG	16,07
# REPETICIONES	U	10
SERIES	U	3
DESCANSO ENTRE SERIE	SEG	20
TRABAJO EFECTIVO	SEG	482,1
TRABAJO NO EFECTIVO	SEG	71,42
ENTRADA	SEG	553,52
NÚMERO DE SESIONES	U	0,15
COSTO SESIÓN	\$	25
COSTO PACIENTE	\$	3,84

El descanso entre serie no agrega valor al proceso por lo cual es trabajo no efectivo, alterando el resultado antes mencionado a 71,42 segundos. Además, al ser tres series, se altera el resultado de trabajo efectivo multiplicándolo por tres obteniendo como resultado 482,1 segundos. La suma de ambas cantidades nos da como resultado la ENTRADA, obteniendo 553,52 segundos. Por otro lado, el costo del paciente por el ejercicio es de 3,84 dólares, tomando en cuenta que se necesita 0,15 sesiones para la ejecución del mismo.

Tabla 27. Análisis habilidades motrices posición supino.

POSICIÓN	EJERCICIO	OBJETIVO	UNIDAD	ANTES
SUPINO	FORTALECIMIENTO UNILATERAL DE PSOAS	PEDALEAR UNA BICICLETA 360°	GRADOS	0,50

Durante la evaluación del ejercicio propuesto, no se alcanzó a cumplir con el objetivo en su totalidad ya que el paciente llegó a pedalear 180 grados de los 360 grados propuestos inicialmente, dando así un resultado de 0,5 grados.

4. CAPITULO IV: PLAN DE MEJORA PARA OPTIMIZACIÓN DE TIEMPOS EN PROCESOS DE NEUROREHABILITACIÓN

Una vez medidos los tiempos en los procesos antes mencionados, se analizaron los resultados llegando a la conclusión de que los tiempos tomados y evaluados en el paciente pueden reducirse significativamente, pudiendo llegar así a una optimización tanto de tiempos y costos, como el incremento de las habilidades motrices del paciente. Concluyendo que se debe crear un sistema mecánico de ruedas. Denominando así a la metodología de terapia propuesta: Terapia sobre ruedas.

4.1 Diseño prototipo inicial

El prototipo inicial se construyó enfocado en los ejercicios que necesitaba realizar el paciente, para conseguir reproducir los mismos, pero con mayores facilidades de movimiento, para que estos sean realizados por el paciente sin ayuda del terapeuta. Tomando en cuenta lo propuesto por la doctora Hidalgo, se intentó dar soluciones con ruedas, por lo cual se diseñó cada pieza de la máquina con la finalidad de tener movimiento mediante la implementación de cualquier tipo de pieza del mercado que ofrezca un sistema de rodaje.

En primera instancia se diseñó el sistema mecánico formando cuatro cuadrantes en los cuales el paciente pueda trabajar, con una idea inicial en la que cada cuadrante ocupe una extremidad del cuerpo del paciente. La propuesta planificada tuvo como objetivo la creación de diferentes piezas del sistema mecánico con los cuales se podría realizar los diferentes ejercicios propuestos por la doctora Hidalgo. Estas son algunas de las piezas diseñadas:

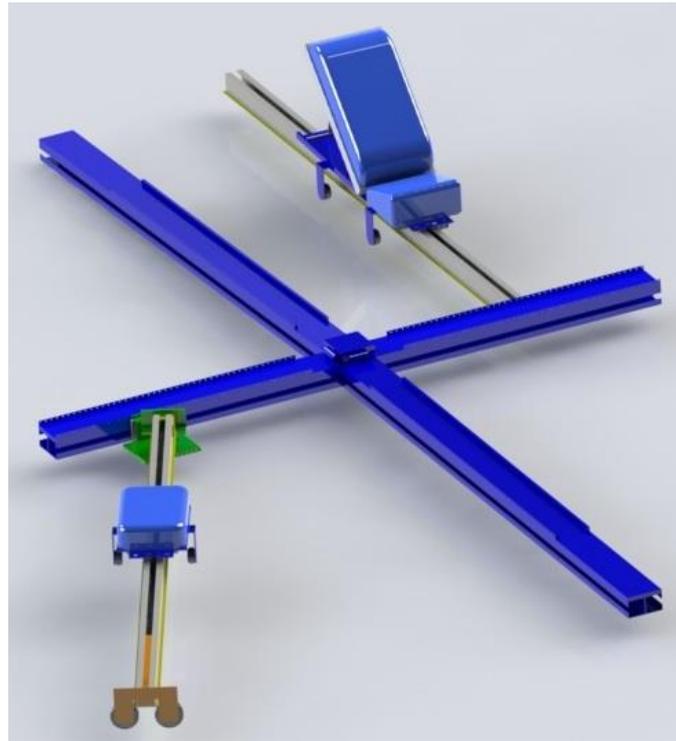


Figura 20. Prototipo inicial.

4.1.1 Tentáculo T1

Tentáculo T1 es uno de los cuatro tentáculos fijo y principal del sistema mecánico, logrando así con la unión de todos formar los cuatro cuadrantes antes mencionados. Utilizando así dos piezas Tentáculo T1 formando así el EJE Y.

Para la construcción de esta pieza se utilizó hierro negro y perfiles de aluminio.

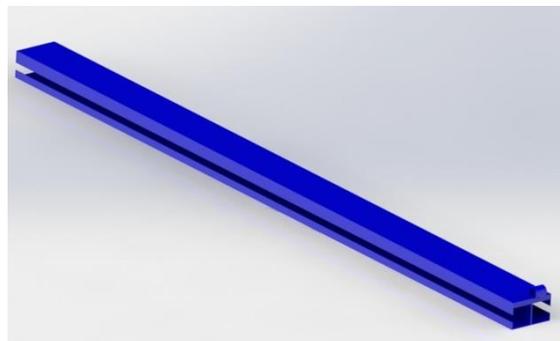


Figura 21. Tentáculo T1.

4.1.2 Tentáculo T2

Tentáculo T2 es uno de los cuatro tentáculos fijo y principal del sistema mecánico, logrando así con la unión de todos formar los cuatro cuadrantes antes mencionados. Utilizando así dos piezas Tentáculo T2 formando así el EJE X.

Para la construcción de esta pieza se utilizó hierro negro y perfiles de aluminio.

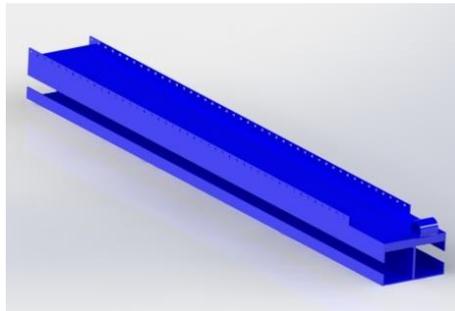


Figura 22. Tentáculo T2.

4.1.3 Tentáculo mano y pie

Tentáculo mano y pie son piezas movibles que pueden ser acopladas a los EJES X y Y respectivamente, tanto en forma paralela como perpendicular.

Para la construcción de esta pieza se utilizó hierro negro y perfiles de aluminio.

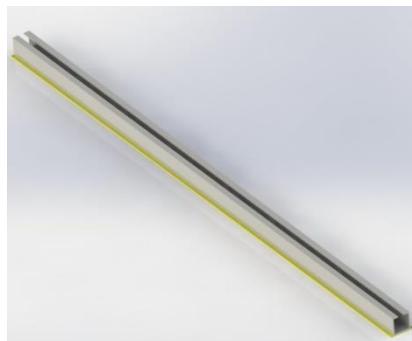


Figura 23. Tentáculo mano y pie.

4.1.4 Carro T

Carro T es el elemento que da movilidad a los Tentáculos de mano y pie, logrando así posicionar dichos tentáculos en cualquier posición de los EJES X y Y.

Esta pieza se encuentra en el mercado conocida como rodachin. Únicamente se le acopló al diseño de los tentáculos explicados anteriormente. Soporta un peso de 80 kg.

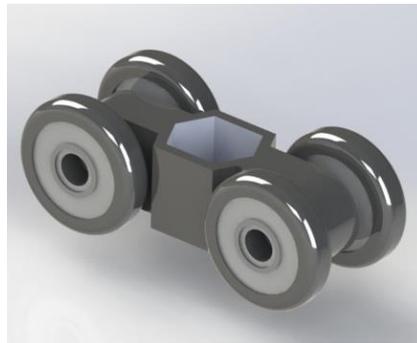


Figura 24. Carro T.

4.1.5 Carro mano

Carro mano va sobre Tentáculo de mano, el cual tiene una riel interna que permite el desplazamiento del mismo en toda la longitud del tentáculo.

Para la construcción de esta pieza se utilizó hierro negro, rodachines y como apoyo para la mano del paciente un cojín de esponja.



Figura 25. Carro mano.

4.1.6 Carro pie

Carro mano va sobre Tentáculo de pie, el cual tiene una riel interna que permite el desplazamiento del mismo en toda la longitud del tentáculo.

Para la construcción de esta pieza se utilizó hierro negro, rodachines, bisagras y como apoyo para la pierna del paciente dos cojines de esponja.



Figura 26. Carro pie.

4.1.7 Acople riel ruedas

Acople riel ruedas permite el desplazamiento del Tentáculo mano en un rango de 90 grados, es decir, a lo largo de un cuadrante.

Para la construcción de esta pieza se utilizó hierro negro y unos rodachines acoplados a la pieza.

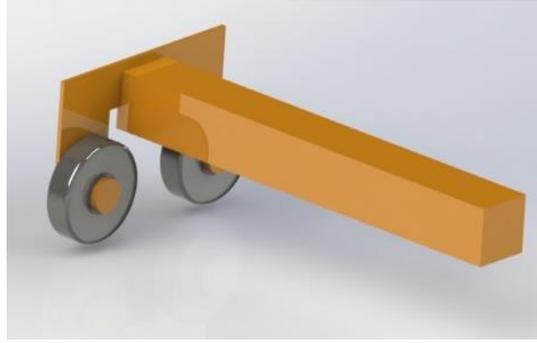


Figura 27. Acople riel ruedas.

4.1.8 Base giratoria

Base giratoria tiene una rotación de 360 grados sobre su propio eje, permitiendo el desplazamiento de Tentáculo mano junto a Acople riel ruedas en un rango de 90 grados entre EJE X y Y.

Para la construcción de esta pieza se utilizó hierro negro, un rulimán y un pequeño tubo como eje.



Figura 28. Base giratoria.

4.2 Pruebas funcionalidad prototipo inicial

Prototipo 1 fue diseñado con la finalidad de reducir tiempos en los procesos de neurorehabilitación en pacientes con parálisis cerebral. Se construyó el prototipo según lo planificado obteniendo resultados no tan alentadores. Los

tiempos si reducían pero no con los resultados esperados, pero lo más importante y no tomado en cuenta fueron las habilidades motrices de los pacientes. Es decir, un paciente con parálisis cerebral no tiene la misma capacidad que una persona normal. Existen diversos factores que impiden el correcto funcionamiento del sistema mecánico con el paciente con parálisis cerebral. El más importante es la estabilidad del paciente al momento de realizar los ejercicios, los carros de pie y mano fueron muy inestables y no realizaban su correcto funcionamiento. Por otro lado tuvimos la sujeción y el acoplamiento de una pieza con otra, lo cual causaba problemas al momento del desplazamiento de los carros. Por lo cual se sugirió un rediseño del prototipo tomando en cuenta todo lo observado en el primer prototipo.

A continuación se reflejará un análisis FODA el cual nos permitirá analizar que se deberá mejorar para el prototipo final:



4.3 Rediseño prototipo

“Antes de proceder a rediseñar, el equipo necesita saber ciertas cosas acerca del proceso existente: qué es lo que hace, cómo lo hace (bien o mal), y las cuestiones críticas que gobiernan su desempeño. Como la meta del equipo no es mejorar el proceso existente, no necesita analizarlo y documentarlo para exponerlo en todos sus detalles. Lo que necesita es más bien una visión de alto nivel, apenas lo suficiente para obtener la intuición y la penetración necesarias para crear un diseño totalmente nuevo y superior. Uno de los errores más frecuentes que se cometen en esta etapa de reingeniería es que los equipos tratan de analizar un proceso en sus más mínimos detalles en lugar de tratar de entenderlo”. (Hammer y Champy, 1993, p. 136)

Para un rediseño del prototipo se analizó y estudió nuevamente cada uno de los procesos para poder entender de mejor manera los ejercicios que se van a realizar, junto a las observaciones del prototipo inicial se obtuvieron nuevos resultados y el diseño cambio totalmente, únicamente quedo la esencia de lo que habíamos denominado terapia sobre ruedas.

Por lo cual se rediseño cada pieza antes construida con la finalidad de eliminar las fallas identificadas como: la estabilidad del paciente, la sujeción y el acoplamiento de las piezas. Para la sujeción se utilizará pernos cilíndricos como elemento de giro, junto a una llave hexagonal la cual será operada por el terapeuta para dar ajuste a las diferentes piezas. Por otro lado para la estabilidad y acoplamiento se rediseño los carros con un acople universal, el cual servirá para todas las piezas de la máquina. Además se agregó nuevos elementos como complemento de los anteriores. A continuación las nuevas y rediseñadas piezas:

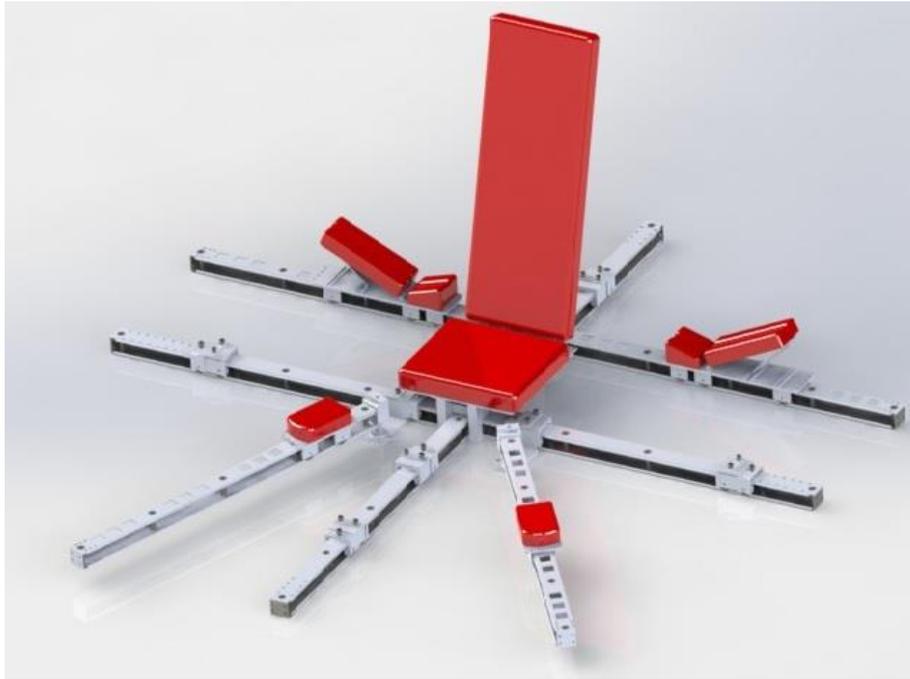


Figura 30. Prototipo final.

4.3.1 Tentáculo T1

Tentáculo T1 es uno de los cuatro tentáculos fijos y principales del sistema mecánico, logrando así con la unión de todos formar los cuatro cuadrantes antes mencionados. Utilizando así dos piezas Tentáculo T1 formando así el EJE Y.

Para la construcción de esta pieza se utilizó platinas, varillas, pernos y tubos. Todo de acero inoxidable.

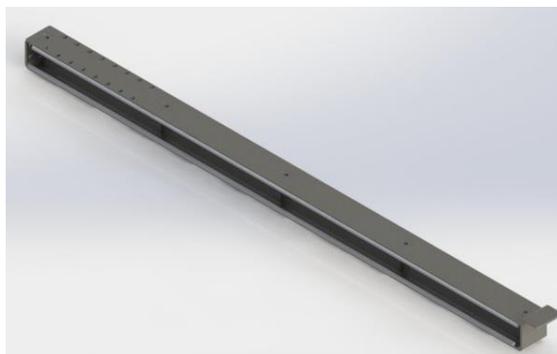


Figura 31. Tentáculo T1.

4.3.2 Tentáculo T2

Tentáculo T1 es uno de los cuatro tentáculos fijos y principales del sistema mecánico, logrando así con la unión de todos formar los cuatro cuadrantes antes mencionados. Utilizando así dos piezas Tentáculo T1 formando así el EJE X.

Para la construcción de esta pieza se utilizó platinas, varillas, pernos y tubos. Todo de acero inoxidable.

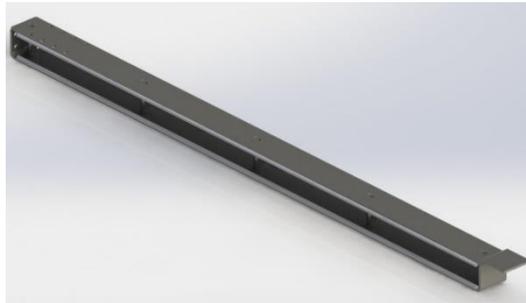


Figura 32. Tentáculo T2.

4.3.3 Tentáculo mano

Tentáculo mano es una pieza móvil que puede ser acoplada a los EJES X y Y respectivamente, tanto en forma paralela como perpendicular.

Para la construcción de esta pieza se utilizó platinas, varillas, pernos y tubos. Todo de acero inoxidable.



Figura 33. Tentáculo mano.

4.3.4 Tentáculo pie

Tentáculo pie es una pieza movable que puede ser acoplada a los EJES X y Y respectivamente, tanto en forma paralela como perpendicular.

Para la construcción de esta pieza se utilizó platinas, varillas, pernos y tubos. Todo de acero inoxidable.



Figura 34. Tentáculo pie.

4.3.5 Carro T

Carro T es el elemento que da movilidad a los Tentáculos de mano y pie, logrando así posicionar dichos tentáculos en cualquier posición de los EJES X y Y. Para la construcción de esta pieza se utilizó platinas y pernos. Todo de acero inoxidable. Además cuatro rodachines por carro.



Figura 35. Carro T.

4.3.6 Carro mano

Carro mano va sobre Tentáculo de mano, el cual tiene una riel interna que permite el desplazamiento del mismo en toda la longitud del tentáculo. Para la construcción de esta pieza se utilizó platinas y pernos. Todo de acero inoxidable. Además cuatro rodachines (capacidad de peso 50 kg cada uno) y como apoyo para la pierna del paciente dos cojines de esponja.



Figura 36. Carro mano.

4.3.7 Carro pie

Carro pie va sobre Tentáculo de pie, el cual tiene una riel interna que permite el desplazamiento del mismo en toda la longitud del tentáculo. Para la construcción de esta pieza se utilizó platinas y pernos. Todo de acero inoxidable. Además cuatro rodachines (capacidad de peso 50 kg cada uno) y como apoyo para la pierna del paciente dos cojines de esponja.



Figura 37. Carro pie.

4.3.8 Acople riel ruedas

Acople riel ruedas permite el desplazamiento del Tentáculo mano en un rango de 90 grados, es decir, a lo largo de un cuadrante.

Para la construcción de esta pieza se utilizó platinas, tubos y pernos. Todo de acero inoxidable. Además dos rodachines por pieza.



Figura 38. Acople riel ruedas.

4.3.9 Base giratoria

Base giratoria tiene una rotación de 360 grados sobre su propio eje, permitiendo el desplazamiento de Tentáculo mano junto a Acople riel ruedas en un rango de 90 grados entre EJE X y Y.

Para la construcción de esta pieza se utilizó platinas y pernos. Todo de acero inoxidable. Además una chumacera y un tubo como eje.



Figura 39. Base giratoria.

4.3.10 Asiento

Asiento permite dar un soporte fijo al paciente, tanto para sentarse, acostarse y sujetarse dependiendo el ejercicio que se va a realizar. Para la construcción de esta pieza se utilizó platinas, ángulos y bisagras. Todo de acero inoxidable. Además como apoyo para el cuerpo del paciente dos cojines de esponja, uno como base y el otro como espaldar.

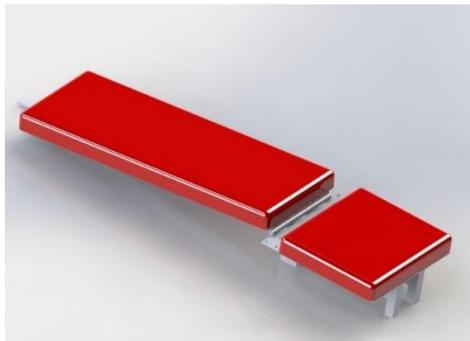


Figura 40. Asiento.

4.3.11 Cubo central

Cubo central permite la unión de Tentáculos T1 y Tentáculos T2 permitiendo la sujeción necesaria para que se arme un solo cuerpo fijo y principal, siendo la base de todo el sistema mecánico. Para la construcción de esta pieza se utilizó platinas, tubos y pernos. Todo de acero inoxidable. Además cuatro rodachines y como apoyo para la pierna del paciente dos cojines de esponja.



Figura 41. Cubo central.

En el anexo 1 podremos ver detalladamente cada una de las piezas diseñadas y construidas.

4.4 Pruebas funcionalidad prototipo final

Como pudimos observar el prototipo dos cambio su aspecto físico mas no su aspecto funcional. Se mantuvo la esencia del prototipo uno, únicamente con la corrección de fallas de estabilidad del paciente y fallas de acoplamiento y sujeción de las piezas para mayor facilidad de la persona encargada de operar el equipo. Los resultados fueron un éxito, se logró mejorar cada una de las fallas que impedían un correcto funcionamiento de la máquina, pero lo más importante de todo es que el paciente ejecutaba los ejercicios con mucha facilidad y con muy poco dolor.

Una vez finalizado el prototipo final procederemos a realizar un Análisis Modal de Fallos y Efectos denominado AMEF, el cual nos permitirá reconocer los fallos de las diferentes actividades del proceso, ver los efectos que cada una de ellas causa, y así, poder encontrar soluciones para obtener un mejor funcionamiento del proceso.

Tabla 28. AMEF de proceso

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E)													Código: 000				
													Edición: 1				
													Fecha: 15-09-2015				
Cliente: Paciente			Denominación producto: Octópoda						Preparado por: Bryan Jarrín								
Planta: Consultorios de Rehabilitación Infantil			Referencia/s: x						Revisado por:								
Proveedores involucrados x			Nivel de modificaciones cliente: x						Aprobado O.T.:								
Función del proceso	Modo de fallo	Efecto de fallo	Severidad	Tipo	Causa de fallo	Ocurrencia	Controles para modo de falla	Detección	NPR	Acciones correctivas recomendadas	Responsable	Resultado de las acciones					
												Acciones realizadas	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR	
Colocar tentáculos, asiento, soporte externo, bases giratorias, acoples riel rueda y fijar anclajes.	Colocar en posición incorrecta Mala fijación de anclaje	Mal funcionamiento de la máquina	3	C	Descuido del terapeuta Desconocimiento de la operación	3	Capacitación del terapeuta Supervisión	5	45	Guía para colocar correctamente los elementos	Bryan Jarrín	KANBAN de ejercicios	3	1	1	3	
Colocar extremidades inferiores y superiores sobre carro de pie y/o mano y ajustar velcros	Mal ajuste de velcros Mala colocación de extremidades en carros	Paciente se puede caer y/o remorder sus extremidades	6	C	Descuido del terapeuta Desconocimiento de la operación	2	Capacitación del terapeuta. Inspección visual de elementos a ser utilizados.	5	60	Aplicar correctamente la capacitación	Bryan Jarrín	Prueba de capacitación	6	1	1	6	
Ejecutar los ejercicios en las diferentes posiciones	Mala ejecución del ejercicio	Terapia mal realizada	8	C	Descuido del terapeuta	2	Supervisión Capacitación	6	96	Prueba de funcionalidad y entendimiento al 100 %	Bryan Jarrín	Prueba de funcionalidad y entendimiento al 100 %	8	1	1	8	
Retirar y desmontar equipo y al paciente	Retirar y colocar elementos en diferentes lugares	Montaje inicial en forma desordenada	6	I	Descuido del terapeuta Desconocimiento de la operación	4	Capacitación del terapeuta Supervisión	5	120	Aplicar orden y clasificación de los elementos Asegurar cada elemento en un lugar determinado	Bryan Jarrín	5's	6	1	1	6	

Tipo: **C:** Crítica;

I: Importante;

S: Significativa

N.P.R. = S x O x D

Una vez analizados los factores críticos e importantes del proceso, procedemos a la aplicación de las siguientes herramientas, las cuales nos ayudarán a solucionar las fallas encontradas en el análisis modal de fallos y efectos.

5's:

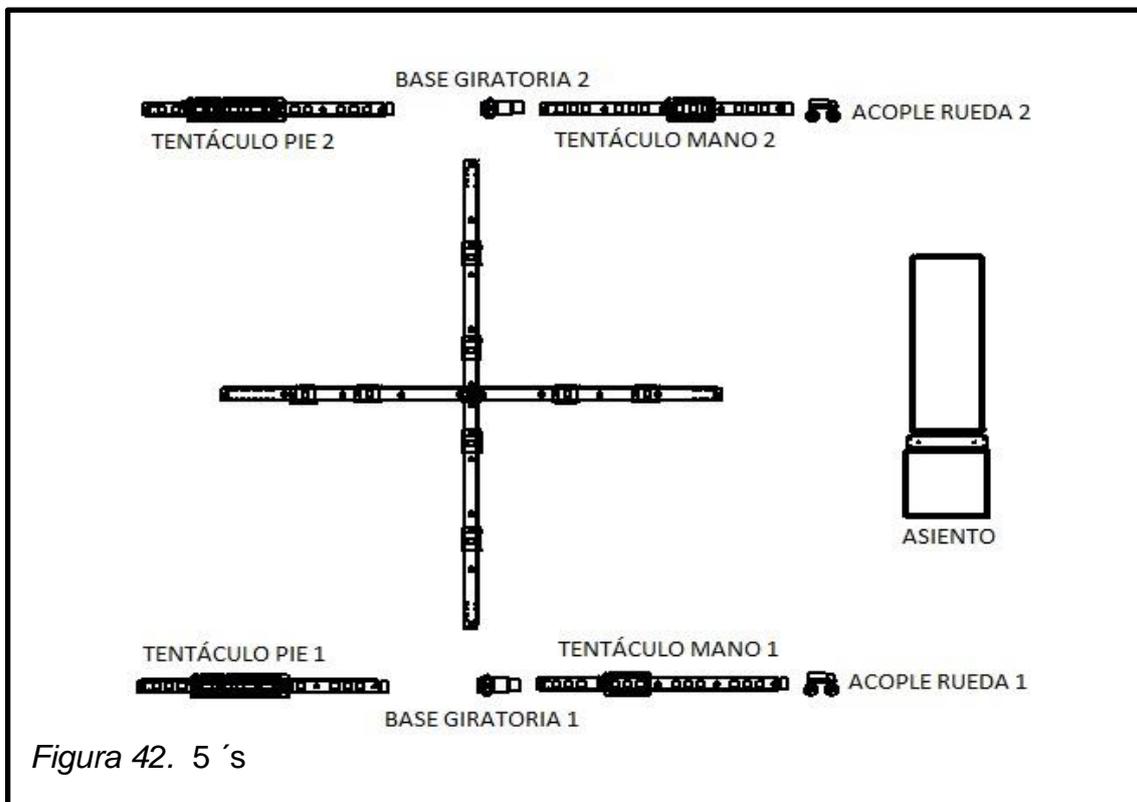
Clasificar: En un espacio de 3x3 metros se separó los elementos innecesarios, quedándose así los elementos funcionales de la máquina.

Ordenar: Se ordenó los elementos funcionales, los número 1 a la izquierda y los números 2 a la derecha.

Limpiar: Suprimir la suciedad constantemente para una correcta ejecución de los ejercicios.

Estandarizar: Se señalizó el espacio en donde se ubican cada elemento de la máquina.

Autodisciplina: Tener un seguimiento de cada una de las actividades anteriores.



KANBAN de ensamble: Nos indicará la manera en que se debe ensamblar cada ejercicio, en cuanto tiempo y en qué cantidades, para un correcto funcionamiento de la máquina. Por ejemplo, en la siguiente figura tenemos una tarjeta KANBAN de ensamble:

Tabla 29. Kanban de ensamble

KANBAN DE ENSAMBLE			
PROCESO	ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (s)
POSICIÓN SENTADO	COLOCAR ASIENTO	1	36,82
# ENSAMBLE	COLOCAR BASES GIRATORIAS	2	50,9
5	COLOCAR TENTÁCULOS	2	68,7
GRAFICO ENSAMBLE	COLOCAR ACOPLERUELAS	2	26,05

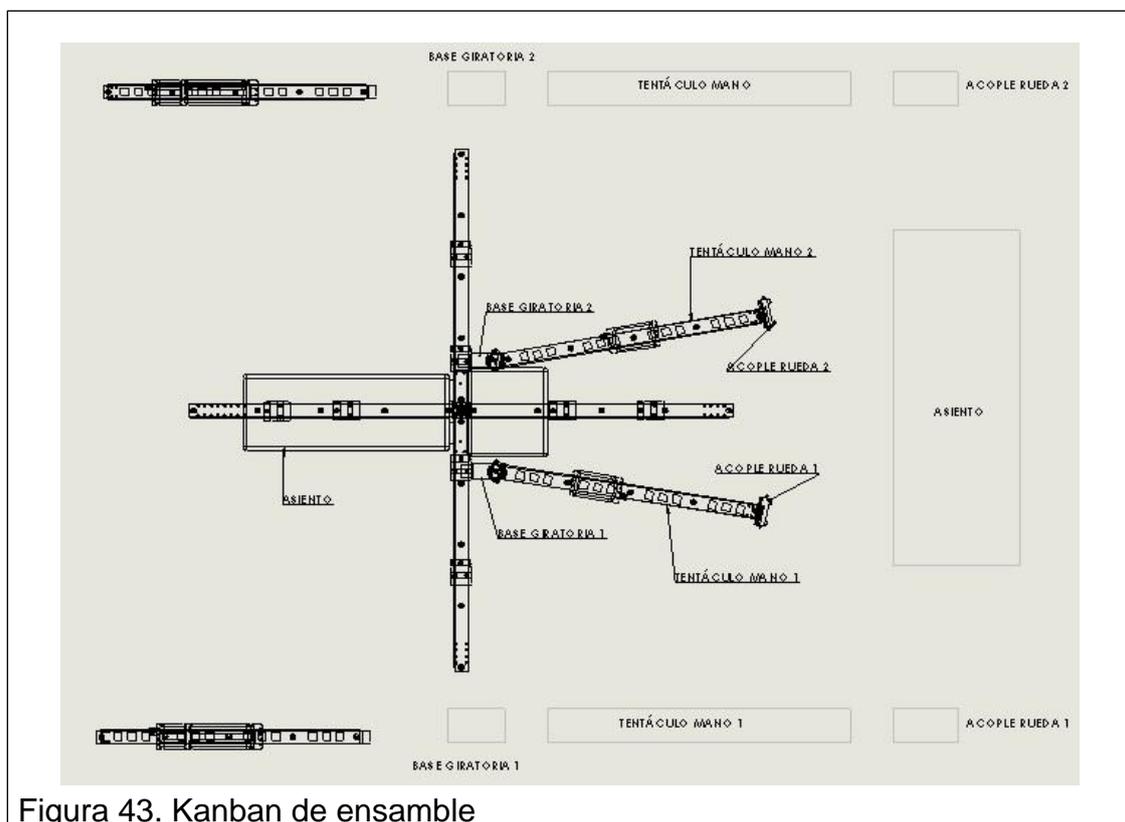


Figura 43. Kanban de ensamble

Una vez aplicadas las mencionadas herramientas de mejora procedemos al levantamiento de procesos y toma de tiempos de los mismos.

5. CAPITULO V: ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE NEUROREHABILITACIÓN CON LA IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA

Con la implementación de la herramienta en los procesos de neurorehabilitación en pacientes con parálisis cerebral, se observaron algunos los siguientes resultados:

1. Existe un aumento en las actividades de SET UP
2. Los tiempos de los ejercicios redujeron drásticamente
3. Los costos bajan proporcionalmente a los tiempos, es decir, también se produjo una reducción de costos en los nuevos procesos.

Es importante mencionar que el aumento de tiempo en SET UP no influye en el resultado de tiempos totales.

De la misma manera se analizaron las habilidades motrices del paciente, en el mismo periodo de tiempo que con los procesos tradicionales.

A continuación se analizó los resultados de los procesos con la implementación de la herramienta en las diferentes posiciones:

5.1 Posición Arrodillado

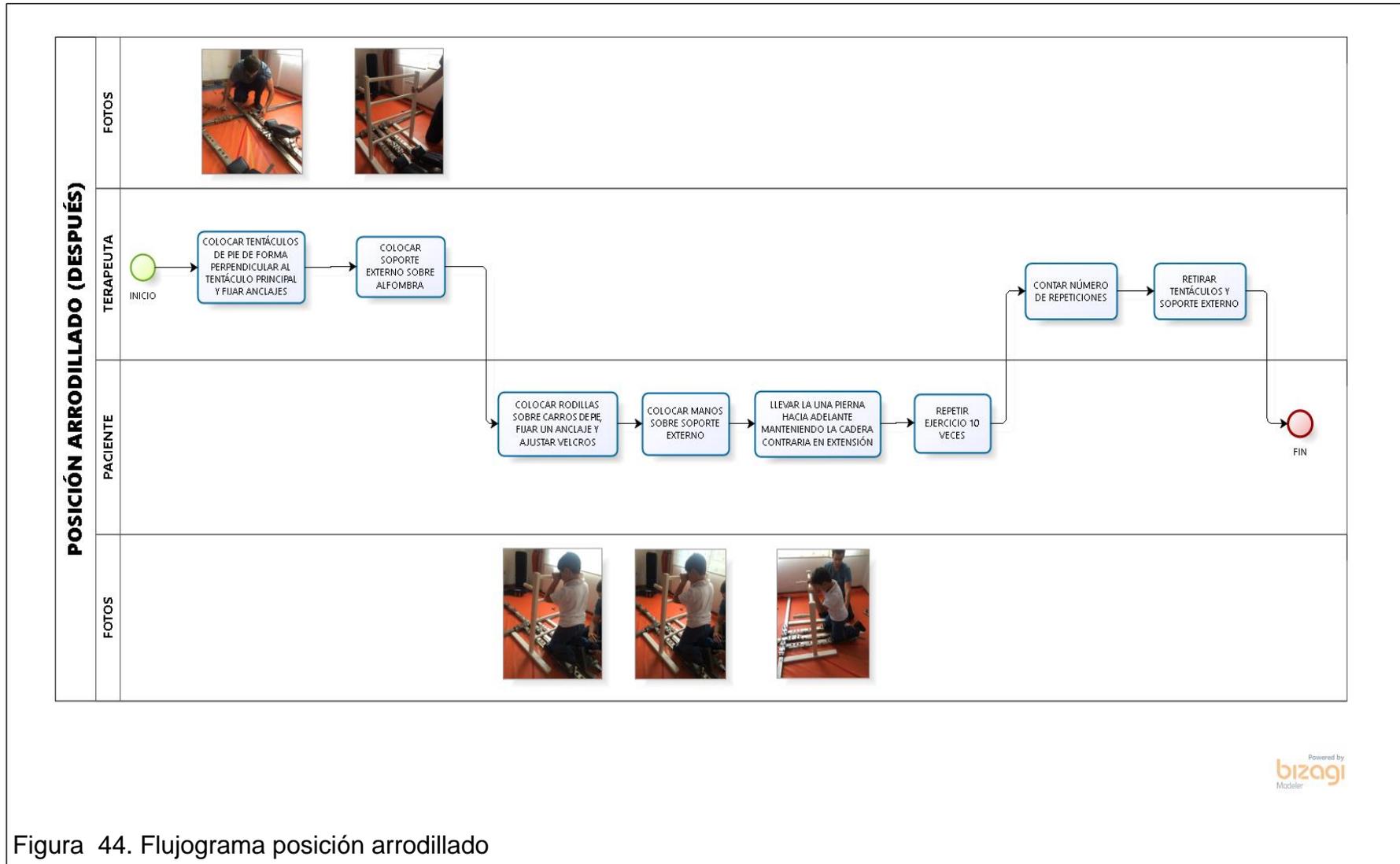


Figura 44. Flujograma posición arrodillado

Levantados los procesos se procedió a la toma de tiempos:

Tabla 30. Hoja de medición de tiempos posición arrodillado

PROCESO	POSICIÓN ARRODILLADO (DESPUÉS)	TRABAJO		HOJA DE MEDICIÓN DE TIEMPOS					Fecha análisis: 04-01-2016	
				1	2	3	4	5	PROMEDIO	Hora análisis: 14h00 - 16h00
No.	ACTIVIDAD	EFFECTIVO	NO EFFECTIVO	1	2	3	4	5	PROMEDIO	
1	COLOCAR TENTÁCULOS DE PIE DE FORMA PERPENDICULAR AL TENTÁCULO PRINCIPAL Y FIJAR ANCLAJES		X	43,67	42,45	45,20	40,87	49,76	44,39	
2	COLOCAR SOPORTE EXTERNO SOBRE ALFOMBRA		X	8,56	9,09	10,12	8,23	9,30	9,06	
3	COLOCAR RODILLAS SOBRE CARROS DE PIE Y AJUSTAR VELCROS		X	29,65	28,45	31,65	29,76	33,54	30,61	
4	COLOCAR MANOS SOBRE SOPORTE EXTERNO		X	1,90	2,30	2,10	1,80	2,00	2,02	
5	LLEVAR LA UNA EXTREMIDAD INFERIOR A ABDUCCIÓN	X		18,54	15,65	16,98	15,23	16,70	16,62	
6	RETIRAR TENTÁCULOS Y SOPORTE EXTERNO		X	38,87	35,60	36,90	40,32	34,90	37,318	
Tiempos de ciclo				58,65	55,49	60,85	55,02	61,54	140,02	

Una vez medidos los tiempos de cada actividad, se obtuvo como resultado que el proceso tarda 140,02 segundos en una sola serie de trabajo. Un trabajo no efectivo de 123,40 segundos y 16,62 segundos de trabajo efectivo por las 10 repeticiones realizadas, es decir, un tiempo de 1,66 segundos por repetición.

Tabla 31. Análisis tiempos y costos posición arrodillado.

POSICIÓN ARRODILLADO		
	UNIDAD	DESPUÉS
SET UP / DESENSAMBLE	SEG	123,4
TIEMPO REPETICION	SEG	1,66
# REPETICIONES	U	10
SERIES	U	3
DESCANSO ENTRE SERIE	SEG	10
TRABAJO EFECTIVO	SEG	49,8
TRABAJO NO EFECTIVO	SEG	153,4
INPUT	SEG	203,2
NÚMERO DE SESIONES	U	0,06
COSTO SESIÓN	\$	25
COSTO PACIENTE	\$	1,41

El descanso entre serie no agrega valor al proceso por lo cual es trabajo no efectivo, alterando el resultado antes mencionado a 153,4 segundos. Además, al ser tres series, se altera el resultado de trabajo efectivo multiplicándolo por tres obteniendo como resultado 49,8 segundos. La suma de ambas cantidades nos da como resultado la ENTRADA, obteniendo 203,2 segundos.

Por otro lado, el costo del paciente por el ejercicio es de 1,41 dólares, tomando en cuenta que se necesita 0,06 sesiones para le ejecución del mismo.

Tabla 32. Análisis habilidades motrices posición arrodillado.

POSICIÓN	EJERCICIO	OBJETIVO	UNIDAD	DESPUÉS
ARRODILLADO	FORTALECIMIENTO DE PSOAS	PEDALEAR UNA BICICLETA 360°	GRADOS	0,75

Durante la evaluación del ejercicio propuesto, no se alcanzó a cumplir con el objetivo en su totalidad ya que el paciente llegó a pedalear 270 grados de los 360 grados propuestos inicialmente, dando así un resultado de 0,75 grados.

5.2 Posición Caballero

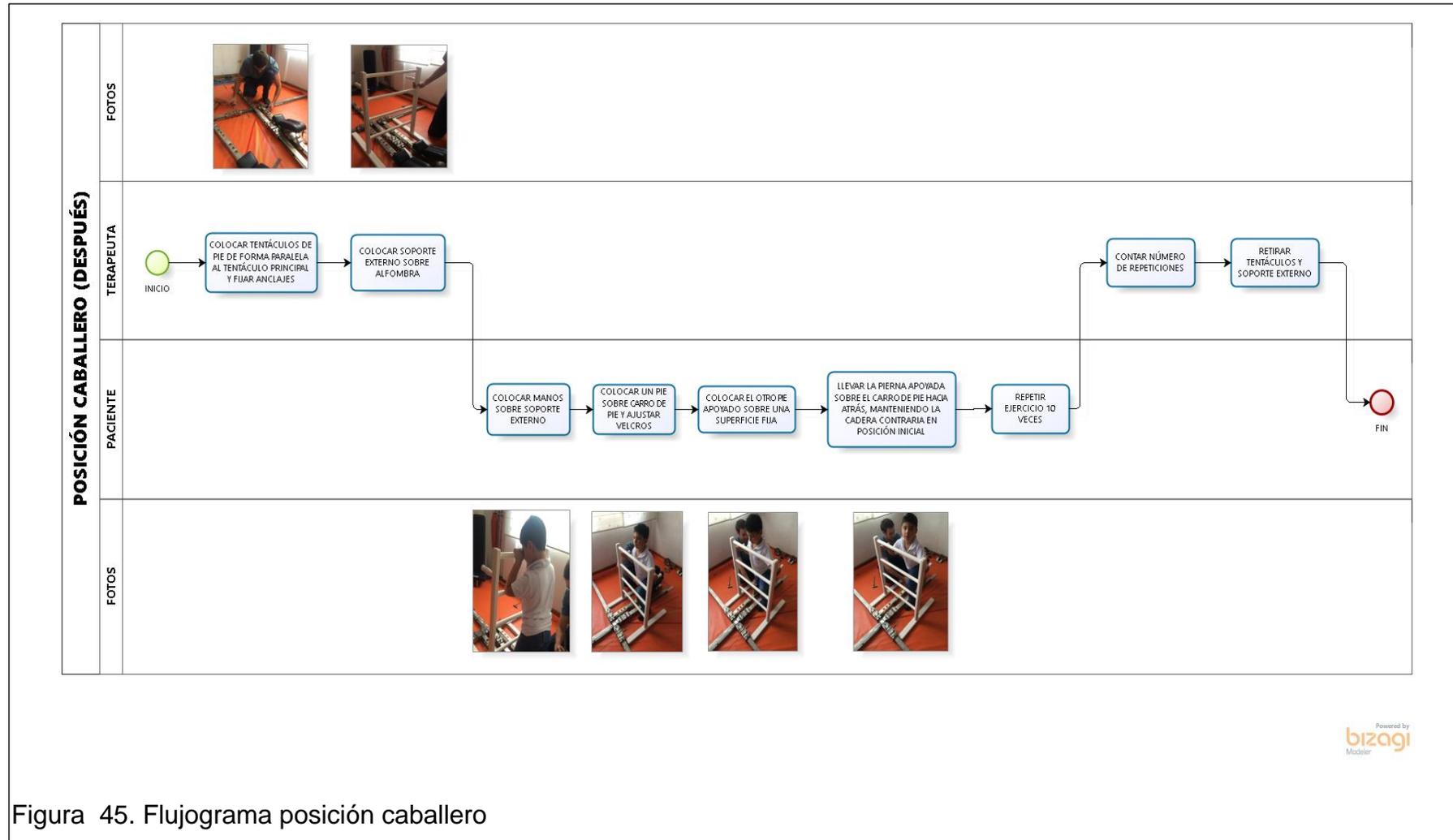


Figura 45. Flujograma posición caballero

Levantados los procesos se procedió a la toma de tiempos:

Tabla 33. Hoja de medición de tiempos posición caballero.

PROCESO	POSICIÓN CABALLERO (DESPUÉS)	TRABAJO		HOJA DE MEDICIÓN DE TIEMPOS						Fecha análisis: 07-01-2016	
				Hora análisis: 14h00 - 16h00		Observador: Bryan Jarrín					
No.	ACTIVIDAD	EFFECTIVO	NO EFFECTIVO	1	2	3	4	5	PROMEDIO		
1	COLOCAR TENTÁCULOS DE PIE DE FORMA PARALELA AL TENTÁCULO PRINCIPAL Y FIJAR ANCLAJES		X	39,76	39,78	38,07	35,46	38,45	38,30		
2	COLOCAR SOPORTE EXTERNO SOBRE ALFOMBRA		X	8,56	9,09	10,12	8,23	9,30	9,06		
3	COLOCAR MANOS SOBRE SOPORTE EXTERNO		X	1,90	2,30	2,10	1,80	2,00	2,02		
4	COLOCAR UN PIE SOBRE CARRO DE PIE Y AJUSTAR VELCROS		X	28,67	29,09	30,78	28,87	29,01	29,28		
5	COLOCAR EL OTRO PIE APOYADO SOBRE UNA SUPERFICIE FIJA		X	5,12	4,45	6,43	5,02	4,89	5,18		
6	LLEVAR LA PIERNA APOYADA SOBRE EL CARRO DE PIE HACIA ATRÁS, MANTENIENDO LA CADERA CONTRARIA EN POSICIÓN INICIAL	X		11,23	10,67	9,08	10,02	10,67	10,33		
7	RETIRAR TENTÁCULOS Y SOPORTE EXTERNO		X	31,23	30,87	29,67	31,56	29,67	30,60		
Tiempos de ciclo				84,01	84,71	87,50	79,38	83,65	124,78		

Una vez medidos los tiempos de cada actividad, se obtuvo como resultado que el proceso tarda 124,78 segundos en una sola serie de trabajo. Un trabajo no efectivo de 114,45 segundos y 10,33 segundos de trabajo efectivo por las 10 repeticiones realizadas, es decir, un tiempo de 1,03 segundos por repetición.

Tabla 34. Análisis tiempos y costos posición caballero.

POSICIÓN CABALLERO		
	UNIDAD	DESPUÉS
SET UP / DESENSAMBLE	SEG	114,45
TIEMPO REPETICION	SEG	1,03
# REPETICIONES	U	10
SERIES	U	3
DESCANSO ENTRE SERIE	SEG	10
TRABAJO EFECTIVO	SEG	30,9
TRABAJO NO EFECTIVO	SEG	144,45
INPUT	SEG	175,35
NÚMERO DE SESIONES	U	0,05
COSTO SESIÓN	\$	25
COSTO PACIENTE	\$	1,22

El descanso entre serie no agrega valor al proceso por lo cual es trabajo no efectivo, alterando el resultado antes mencionado a 144,45 segundos. Además, al ser tres series, se altera el resultado de trabajo efectivo multiplicándolo por tres obteniendo como resultado 30,9 segundos. La suma de ambas cantidades nos da como resultado la ENTRADA, obteniendo 175,35 segundos.

Por otro lado, el costo del paciente por el ejercicio es de 1,22 dólares, tomando en cuenta que se necesita 0,05 sesiones para la ejecución del mismo.

Tabla 35. Análisis habilidades motrices posición caballero.

POSICIÓN	EJERCICIO	OBJETIVO	UNIDAD	DESPUÉS
CABALLERO	FORTALECIMIENTO DEL GLÚTEO MAYOR EN MEDIA RODILLA	LEVANTAR CUERPO DEL PISO UTILIZANDO UNA PIERNA (5 VECES)	UNIDAD	1

Durante la evaluación del ejercicio propuesto, no se alcanzó a cumplir con el objetivo en su totalidad ya que el paciente levantó su cuerpo del piso utilizando una pierna 5 unidades de las 5 unidades propuestas inicialmente, dando así un resultado de 1 unidad.

5.3 Posición Cuatro Puntos

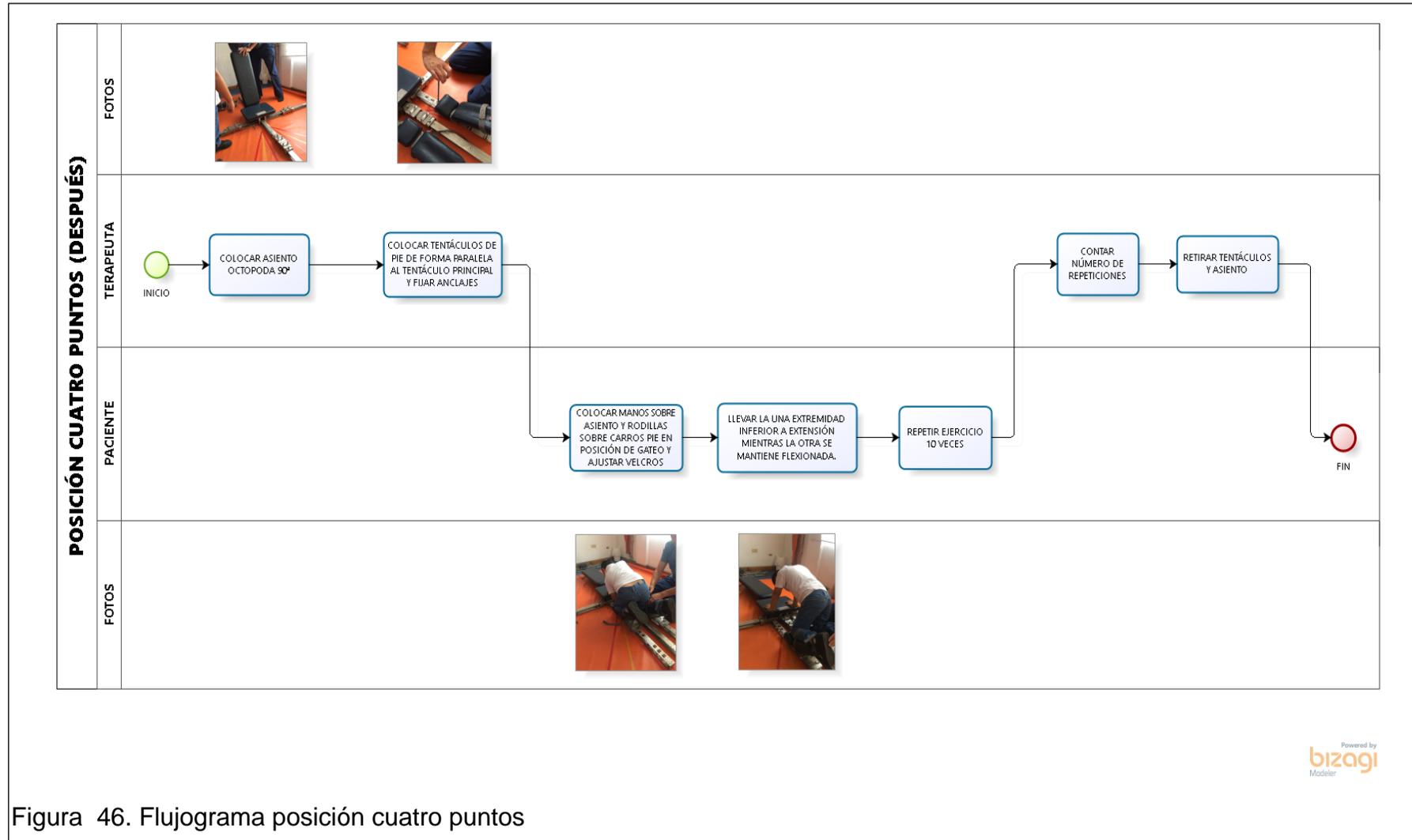


Figura 46. Flujograma posición cuatro puntos

Levantados los procesos se procedió a la toma de tiempos:

Tabla 36. Hoja de medición de tiempos posición cuatro puntos

PROCESO	POSICIÓN CUATRO PUNTOS (DESPUÉS)	TRABAJO		HOJA DE MEDICIÓN DE TIEMPOS					Fecha análisis: 11-01-2016	
									Hora análisis: 14h00 - 16h00	Observador: Bryan Jarrín
No.	ACTIVIDAD	EFFECTIVO	NO EFFECTIVO	1	2	3	4	5	PROMEDIO	
1	COLOCAR ASIENTO OCTOPODA 90ª		X	22,67	24,90	25,76	21,84	23,08	23,65	
2	COLOCAR TENTÁCULOS DE PIE DE FORMA PARALELA AL TENTÁCULO PRINCIPAL Y FIJAR ANCLAJES		X	35,67	32,89	33,90	39,08	32,56	34,82	
3	COLOCAR MANOS SOBRE ASIENTO Y RODILLAS SOBRE CARROS PIE EN POSICIÓN DE GATEO Y AJUSTAR VELCROS		X	20,78	19,67	21,89	21,67	20,34	20,87	
4	DESPLAZAR MIEMBROS HACIA FLEXIÓN Y ABDUCCIÓN EN UNA DIAGONAL DE FORMA ALTERNADA Y RECÍPROCA	X		34,23	37,12	32,65	33,01	31,23	33,65	
5	RETIRAR ASIENTO Y TENTÁCULOS		X	54,30	51,89	50,78	48,67	49,89	51,11	
Tiempos de ciclo				113,35	114,58	114,20	115,60	107,21	164,09	

Una vez medidos los tiempos de cada actividad, se obtuvo como resultado que el proceso tarda 164,09 segundos en una sola serie de trabajo. Un trabajo no efectivo de 130,45 segundos y 33,65 segundos de trabajo efectivo por las 10 repeticiones realizadas, es decir, un tiempo de 3,36 segundos por repetición.

Tabla 37. Análisis tiempos y costos posición cuatro puntos.

POSICIÓN CUATRO PUNTOS		
	UNIDAD	DESPUÉS
SET UP / DESENSAMBLE	SEG	130,45
TIEMPO REPETICION	SEG	3,36
# REPETICIONES	U	10
SERIES	U	3
DESCANSO ENTRE SERIE	SEG	10
TRABAJO EFECTIVO	SEG	100,8
TRABAJO NO EFECTIVO	SEG	160,45
INPUT	SEG	261,25
NÚMERO DE SESIONES	U	0,07
COSTO SESIÓN	\$	25
COSTO PACIENTE	\$	1,81

El descanso entre serie no agrega valor al proceso por lo cual es trabajo no efectivo, alterando su resultado antes mencionado a 160,45 segundos. Además, al ser tres series, se altera el resultado de trabajo efectivo multiplicándolo por tres obteniendo como resultado 100,8 segundos. La suma de ambas cantidades nos da como resultado la ENTRADA, obteniendo 261,25 segundos.

Por otro lado, el costo del paciente por el ejercicio es de 1,81 dólares, tomando en cuenta que se necesita 0,07 sesiones para le ejecución del mismo.

Tabla 38. Análisis habilidades motrices posición cuatro puntos.

POSICIÓN	EJERCICIO	OBJETIVO	UNIDAD	DESPUÉS
CUATRO PUNTOS	FORTALECIMIENTO GLÚTTEO MAYOR	CAMINAR DE RETRO (5 METROS)	m	0,4

Durante la evaluación del ejercicio propuesto, no se alcanzó a cumplir con el objetivo en su totalidad ya que el paciente caminó de retro 2 metros de los 5 metros propuestos inicialmente, dando así un resultado de 0,4 metros.

5.4 Posición de Pie

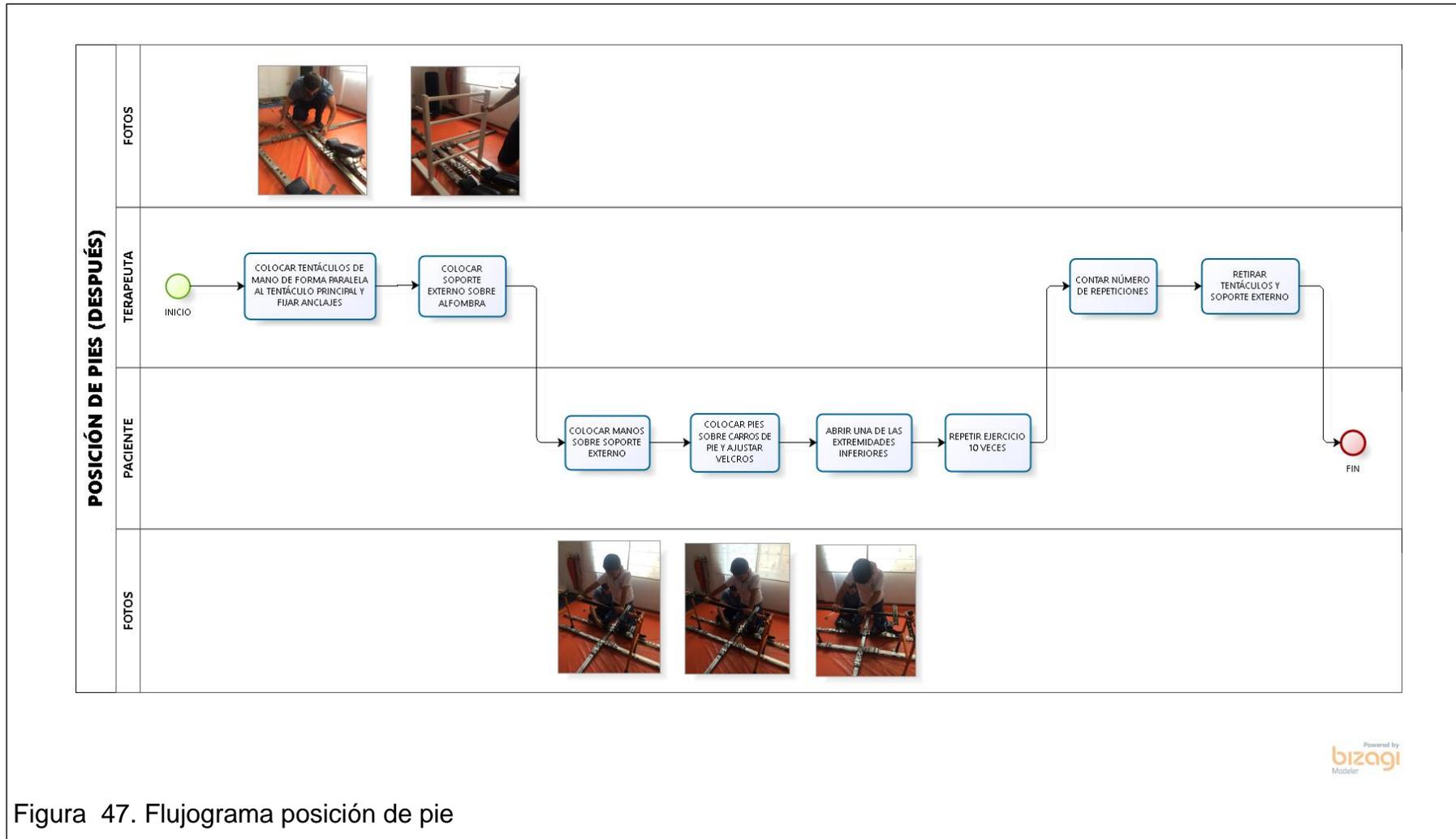


Figura 47. Flujograma posición de pie

Levantados los procesos se procedió a la toma de tiempos:

Tabla 39. Hoja de medición de tiempos posición de pie

PROCESO	POSICIÓN DE PIE (DESPUÉS)	TRABAJO		HOJA DE MEDICIÓN DE TIEMPOS					Fecha análisis: 14-01-2016	
									Hora análisis: 14h00 - 16h00	Observador: Bryan Jarrín
No.	ACTIVIDAD	EFFECTIVO	NO EFFECTIVO	1	2	3	4	5	PROMEDIO	
1	COLOCAR TENTÁCULOS DE MANO DE FORMA PARALELA AL TENTÁCULO PRINCIPAL Y FIJAR ANCLAJES		X	41,23	39,78	38,07	38,56	38,45	39,22	
2	COLOCAR SOPORTE EXTERNO SOBRE ALFOMBRA		X	8,56	9,09	10,12	8,23	9,30	9,06	
3	COLOCAR MANOS SOBRE SOPORTE EXTERNO		X	1,90	2,30	2,10	1,80	2,00	2,02	
4	COLOCAR PIES SOBRE CARROS DE PIE Y AJUSTAR VELCROS		X	25,67	24,98	26,95	24,87	23,90	25,27	
5	ABRIR UNA DE LAS EXTREMIDADES INFERIORES	X		19,32	20,09	17,98	18,54	19,65	19,12	
6	RETIRAR TENTÁCULOS Y SOPORTE EXTERNO		X	48,90	47,53	51,98	52,67	50,71	50,36	
Tiempos de ciclo				96,68	96,24	95,22	92,00	93,30	145,05	

Una vez medidos los tiempos de cada actividad, se obtuvo como resultado que el proceso tarda 145,05 segundos en una sola serie de trabajo. Un trabajo no efectivo de 125,93 segundos y 19,12 segundos de trabajo efectivo por las 10 repeticiones realizadas, es decir, un tiempo de 1,91 segundos por repetición.

Tabla 40. Análisis tiempos y costos posición de pie.

POSICIÓN DE PIE		
	UNIDAD	DESPUÉS
SET UP / DESENSAMBLE	SEG	125,93
TIEMPO REPETICION	SEG	1,91
# REPETICIONES	U	10
SERIES	U	3
DESCANSO ENTRE SERIE	SEG	10
TRABAJO EFECTIVO	SEG	57,3
TRABAJO NO EFECTIVO	SEG	155,93
INPUT	SEG	213,23
NÚMERO DE SESIONES	U	0,06
COSTO SESIÓN	\$	25
COSTO PACIENTE	\$	1,48

El descanso entre serie no agrega valor al proceso por lo cual es trabajo no efectivo, alterando el resultado antes mencionado a 155,93 segundos. Además, al ser tres series, se altera el resultado de trabajo efectivo multiplicándolo por tres obteniendo como resultado 57,3 segundos. La suma de ambas cantidades nos da como resultado la ENTRADA, obteniendo 213,23 segundos.

Por otro lado, el costo del paciente por el ejercicio es de 1,48 dólares, tomando en cuenta que se necesita 0,06 sesiones para le ejecución del mismo.

Tabla 41. Análisis habilidades motrices posición de pie.

POSICIÓN	EJERCICIO	OBJETIVO	UNIDAD	DESPUÉS
DE PIE	ELONGACIÓN DE ABDUCTORES DE CADERA UNILATERAL	MANTENER DISTANCIA CORRECTA ENTRE PIERNAS DURANTE EL CICLO FINAL DE LA MARCHA	m	1,00

Durante la evaluación del ejercicio propuesto, no se alcanzó a cumplir con el objetivo en su totalidad ya que el paciente mantuvo la distancia entre piernas durante el ciclo final de la marcha 0,2 metros de los 0,2 metros propuestos inicialmente, dando así un resultado de 1 metro.

5.5 Posición Prono

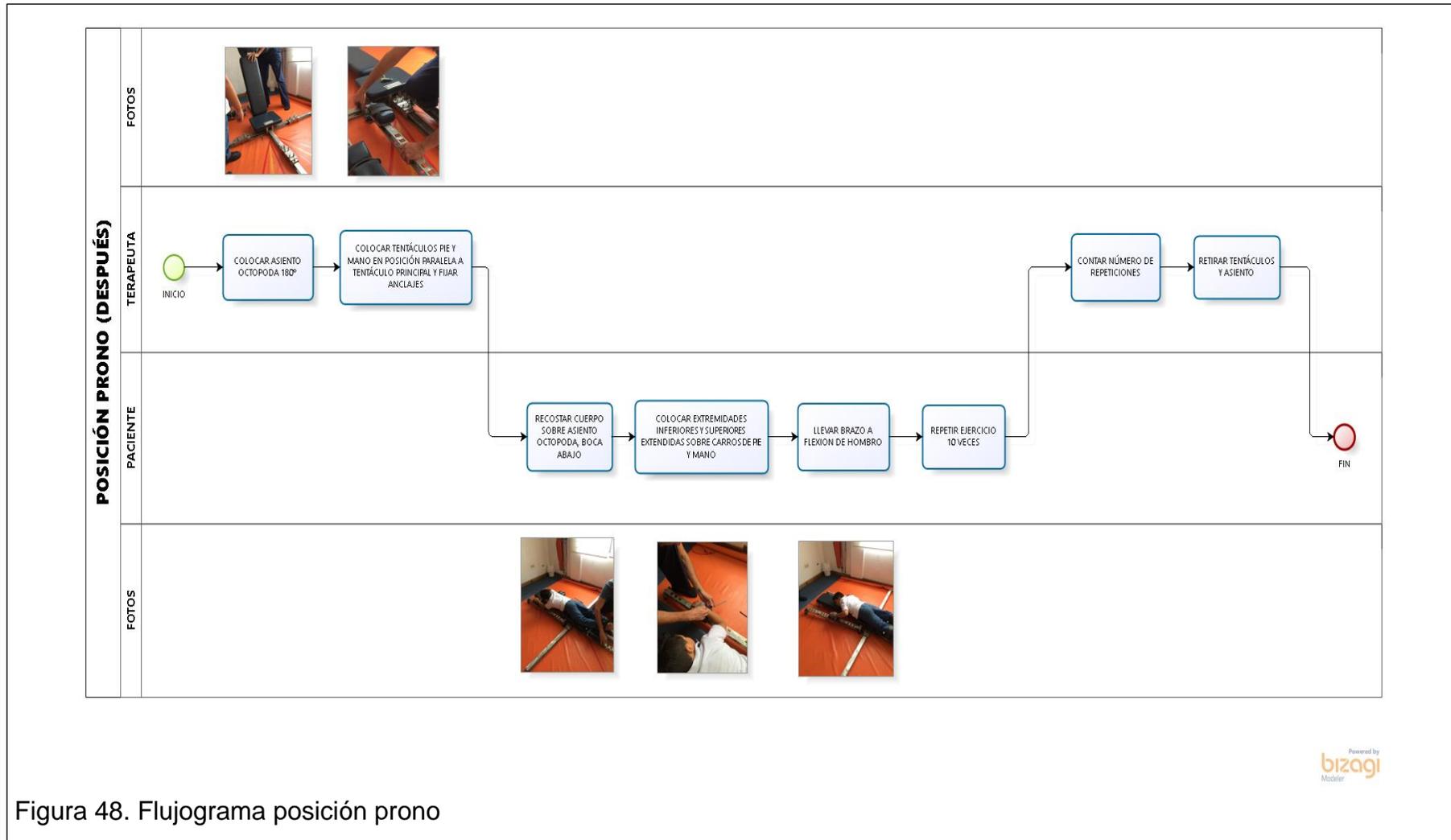


Figura 48. Flujograma posición prono

Levantados los procesos se procedió a la toma de tiempos:

Tabla 42. Hoja de medición de tiempos posición prono

PROCESO	POSICIÓN PRONO (DESPUÉS)	TRABAJO		HOJA DE MEDICIÓN DE TIEMPOS					Fecha análisis: 18-01-2016	
									Hora análisis: 14h00 - 16h00	Observador: Bryan Jarrín
No.	ACTIVIDAD	EFFECTIVO	NO EFFECTIVO	1	2	3	4	5	PROMEDIO	
1	COLOCAR ASIENTO OCTOPODA 180°		X	35,47	36,90	34,67	32,80	34,54	34,88	
2	COLOCAR TENTÁCULOS PIE Y MANO EN POSICIÓN PARALELA A TENTÁCULO PRINCIPAL Y FIJAR ANCLAJES		X	72,90	70,87	71,23	72,00	71,98	71,80	
3	RECOSTAR CUERPO SOBRE ASIENTO OCTOPODA, BOCA ABAJO		X	15,43	13,40	12,65	12,09	13,10	13,33	
4	COLOCAR EXTREMIDADES INFERIORES Y SUPERIORES EXTENDIDAS SOBRE CARROS DE PIE Y MANO		X	17,89	17,09	16,76	15,87	15,54	16,63	
5	LLEVAR BRAZO A FLEXIÓN DE HOMBRO	X		32,54	28,98	30,65	33,87	27,56	30,72	
6	RETIRAR ASIENTO Y TENTÁCULOS		X	65,00	64,78	63,45	67,46	63,98	64,93	
Tiempos de ciclo				174,23	167,24	165,96	166,63	162,72	232,29	

Una vez medidos los tiempos de cada actividad, se obtuvo como resultado que el proceso tarda 232,29 segundos en una sola serie de trabajo. Un trabajo no efectivo de 201,57 segundos y 30,72 segundos de trabajo efectivo por las 10 repeticiones realizadas, es decir, un tiempo de 3,07 segundos por repetición.

Tabla 43. Análisis tiempos y costos posición prono.

POSICIÓN PRONO		
	UNIDAD	DESPUÉS
SET UP / DESENSAMBLE	SEG	201,57
TIEMPO REPETICION	SEG	3,07
# REPETICIONES	U	10
SERIES	U	3
DESCANSO ENTRE SERIE	SEG	10
TRABAJO EFECTIVO	SEG	92,1
TRABAJO NO EFECTIVO	SEG	231,57
TOTAL TRABAJO	SEG	323,67
NÚMERO DE SESIONES	U	0,09
COSTO SESIÓN	\$	25
COSTO PACIENTE	\$	2,25

El descanso entre serie no agrega valor al proceso por lo cual es trabajo no efectivo, alterando el resultado antes mencionado a 231,57 segundos. Además, al ser tres series, se altera el resultado de trabajo efectivo multiplicándolo por tres obteniendo como resultado 92,1 segundos. La suma de ambas cantidades nos da como resultado la ENTRADA, obteniendo 323,67 segundos.

Por otro lado, el costo del paciente por el ejercicio es de 2,25 dólares, tomando en cuenta que se necesita 0,09 sesiones para le ejecución del mismo.

Tabla 44. Análisis habilidades motrices posición prono.

POSICIÓN	EJERCICIO	OBJETIVO	UNIDAD	DESPUÉS
PRONO	FORTALECIMIENTO DE EXTENSIÓN DE CODO CON HOMBRO FLEXIONADO UNILATERAL	ENCESTAR PELOTA CON EXTENSIÓN DE CODO (5 VECES)	UNIDAD	0,6

Durante la evaluación del ejercicio propuesto, no se alcanzó a cumplir con el objetivo en su totalidad ya que el paciente encestaró una pelota con extensión de codo 3 unidades las 5 unidades propuestas inicialmente, dando así un resultado de 0,6 unidades.

5.6 Posición Sentado

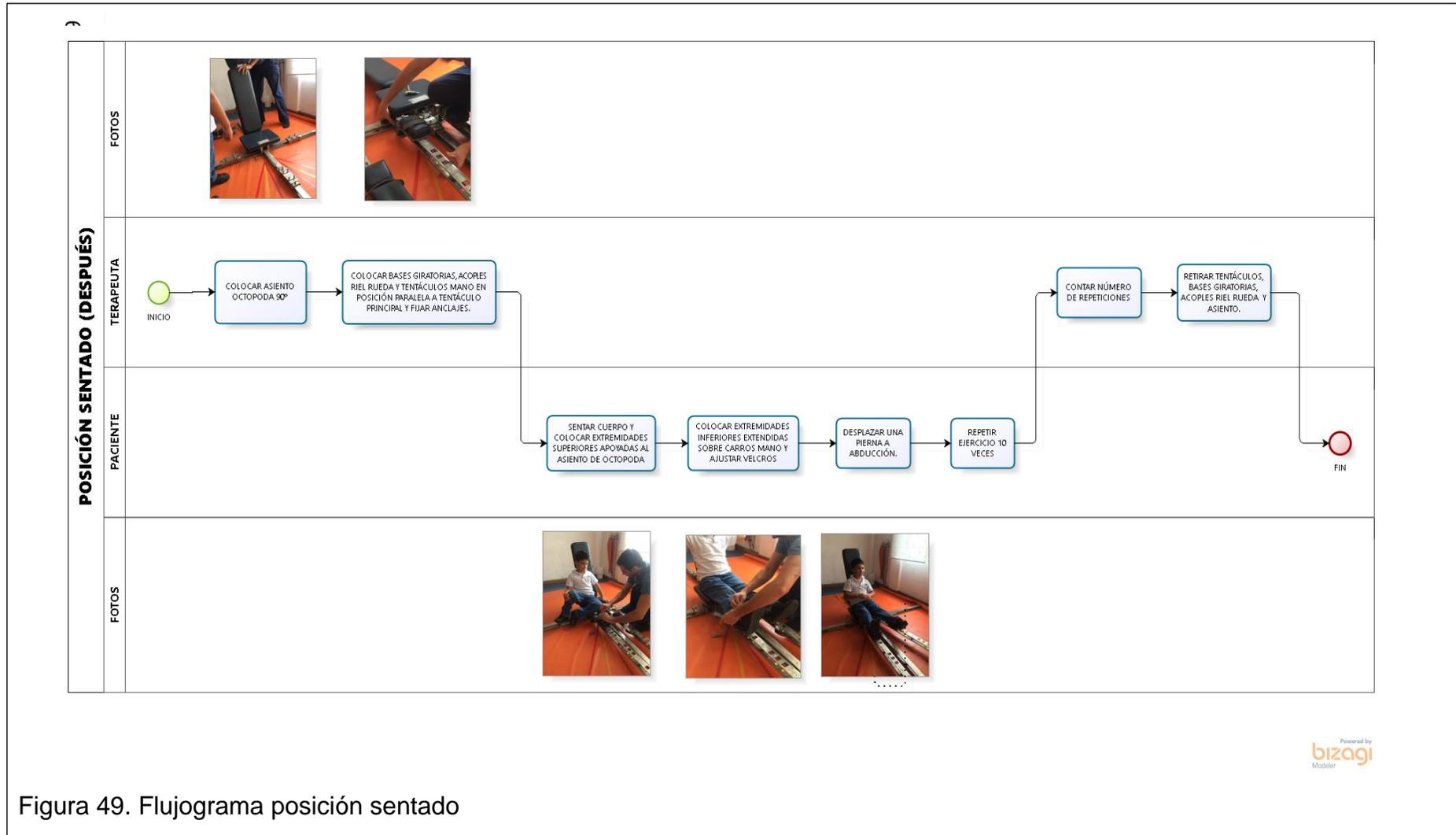


Figura 49. Flujograma posición sentado

Levantados los procesos se procedió a la toma de tiempos:

Tabla 45. Hoja de medición de tiempos posición sentado

PROCESO	POSICIÓN SENTADO (DESPUÉS)	TRABAJO		HOJA DE MEDICIÓN DE TIEMPOS					Fecha análisis: 21-01-2016	
									Hora análisis: 14h00 - 16h00	
No.	ACTIVIDAD	EFFECTIVO	NO EFFECTIVO	1	2	3	4	5	PROMEDIO	
1	COLOCAR ASIENTO OCTOPODA 90°		X	36,76	37,87	35,89	36,70	36,90	36,82	
2	COLOCAR BASES GIRATORIAS, ACOPLER RIEL RUEDA Y TENTÁCULOS MANO EN POSICIÓN PARALELA A TENTÁCULO PRINCIPAL Y FIJAR ANCLAJES.		X	143,76	147,87	146,98	142,76	146,90	145,65	
3	SENTAR CUERPO Y COLOCAR EXTREMIDADES SUPERIORES APOYADAS AL ASIENTO DE OCTOPODA		X	13,43	12,54	11,98	11,54	10,78	12,05	
4	COLOCAR EXTREMIDADES INFERIORES EXTENDIDAS SOBRE CARROS MANO Y AJUSTAR VELCROS		X	22,54	21,76	20,78	20,56	21,00	21,33	
5	DESPLAZAR UNA PIERNA A ABDUCCIÓN.	X		37,43	35,76	33,87	32,45	34,07	34,72	
6	RETIRAR ASIENTO, BASES GIRATORIAS, ACOPLER RIEL RUEDA Y TENTÁCULOS.		X	105,80	104,80	100,87	99,54	98,45	101,89	
Tiempos de ciclo				253,92	255,80	249,50	244,01	249,65	352,47	

Una vez medidos los tiempos de cada actividad, se obtuvo como resultado que el proceso tarda 352,47 segundos en una sola serie de trabajo. Un trabajo no efectivo de 317,75 segundos y 34,72 segundos de trabajo efectivo por las 10 repeticiones realizadas, es decir, un tiempo de 3,47 segundos por repetición.

Tabla 46. Análisis tiempos y costos posición sentado.

POSICIÓN SENTADO		
	UNIDAD	DESPUÉS
SET UP / DESENSAMBLE	SEG	317,75
TIEMPO REPETICION	SEG	3,47
# REPETICIONES	U	10
SERIES	U	3
DESCANSO ENTRE SERIE	SEG	10
TRABAJO EFECTIVO	SEG	104,1
TRABAJO NO EFECTIVO	SEG	347,75
INPUT	SEG	451,85
NÚMERO DE SESIONES	U	0,13
COSTO SESIÓN	\$	25
COSTO PACIENTE	\$	3,14

El descanso entre serie no agrega valor al proceso por lo cual es trabajo no efectivo, alterando el resultado antes mencionado a 347,75 segundos. Además, al ser tres series, se altera el resultado de trabajo efectivo multiplicándolo por tres obteniendo como resultado 104,1 segundos. La suma de ambas cantidades nos da como resultado la ENTRADA, obteniendo 451,85 segundos. Por otro lado, el costo del paciente por el ejercicio es de 3,14 dólares, tomando en cuenta que se necesita 0,13 sesiones para le ejecución del mismo.

Tabla 47. Análisis habilidades motrices posición sentado.

POSICIÓN	EJERCICIO	OBJETIVO	UNIDAD	DESPUÉS
SENTADO	FORTALECIMIENTO DE ABDUCTORES UNILATERAL	MANTENER DISTANCIA CORRECTA ENTRE PIERNAS DURANTE EL CICLO FINAL DE LA MARCHA	m	1,00

Durante la evaluación del ejercicio propuesto, no se alcanzó a cumplir con el objetivo en su totalidad ya que el paciente mantuvo la distancia entre piernas durante el ciclo final de la marcha 0,2 metros de los 0,2 metros propuestos inicialmente, dando así un resultado de 1 metro.

5.7 Posición Supino

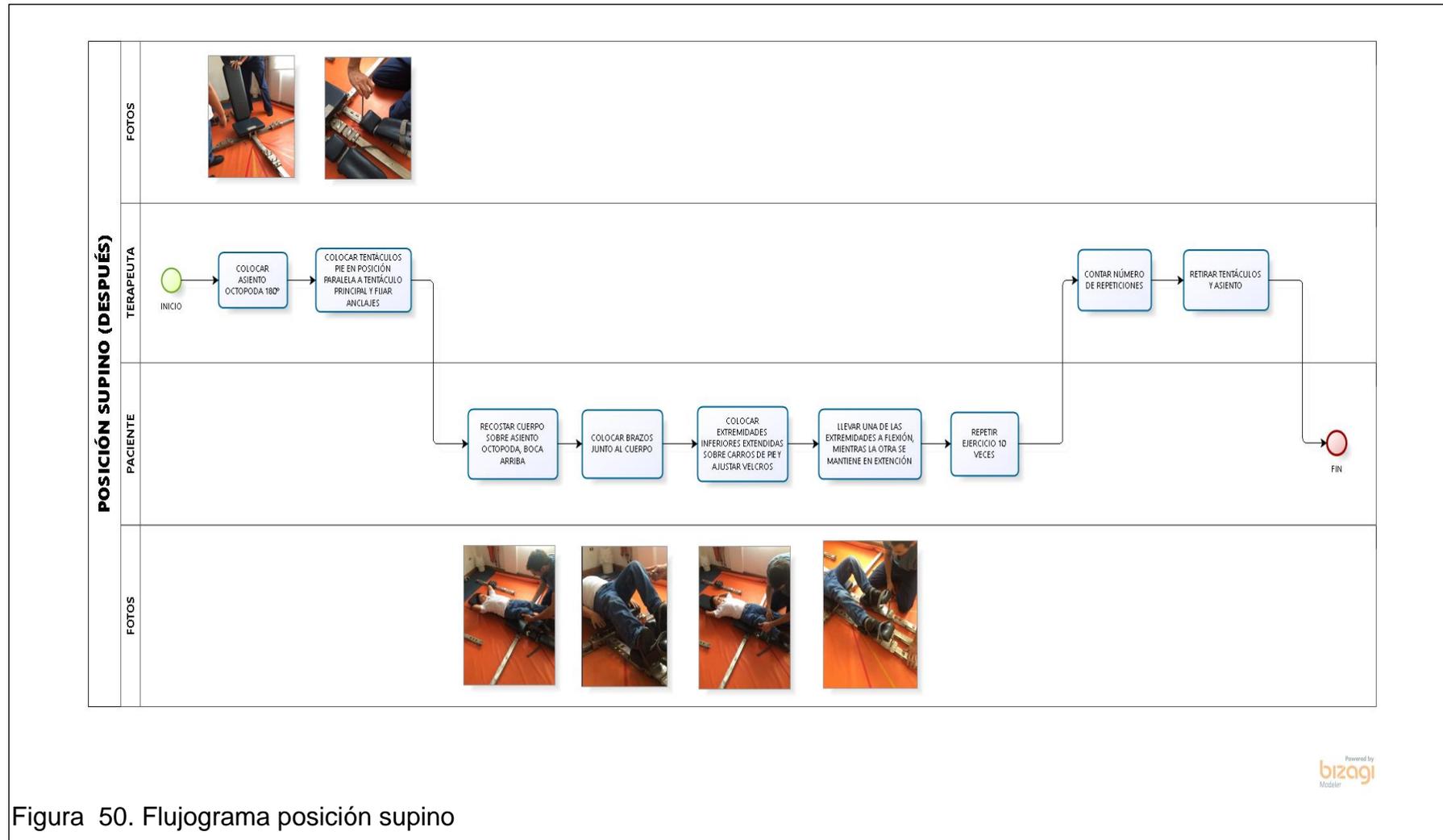


Figura 50. Flujograma posición supino

Levantados los procesos se procedió a la toma de tiempos:

Tabla 48. Hoja de medición de tiempos posición supino

PROCESO	POSICIÓN SUPINO (DESPUÉS)	TRABAJO		HOJA DE MEDICIÓN DE TIEMPOS					Fecha análisis: 25-01-2016	
									Hora análisis: 14h00 - 16h00	Observador: Bryan Jarrín
No.	ACTIVIDAD	EFFECTIVO	NO EFFECTIVO	1	2	3	4	5	PROMEDIO	
1	COLOCAR ASIENTO OCTOPODA 180°		X	34,89	33,67	35,98	36,07	32,67	34,66	
2	COLOCAR TENTÁCULO PIE EN POSICIÓN PARALELA A TENTÁCULO PRINCIPAL Y FIJAR ANCLAJES		X	40,78	41,60	39,87	40,80	42,56	41,12	
3	RECOSTAR CUERPO SOBRE ASIENTO OCTOPODA, BOCA ARRIBA		X	13,45	12,09	11,78	12,56	11,67	12,31	
4	COLOCAR BRAZOS JUNTO AL CUERPO		X	2,43	1,99	2,09	2,43	1,56	2,10	
5	COLOCAR EXTREMIDADES INFERIORES EXTENDIDAS SOBRE CARROS DE PIE Y AJUSTAR VELCROS		X	29,89	27,65	28,98	28,04	27,45	28,40	
6	LLEVAR UNA DE LAS EXTREMIDADES A FLEXIÓN, MIENTRAS LA OTRA SE MANTIENE EN EXTENCIÓN	X		13,23	15,76	12,65	15,21	14,32	14,23	
7	RETIRAR ASIENTO Y TENTÁCULOS		X	50,76	48,54	49,02	47,54	48,98	48,97	
Tiempos de ciclo				134,67	132,76	131,35	135,11	130,23	181,79	

Una vez medidos los tiempos de cada actividad, se obtuvo como resultado que el proceso tarda 181,79 segundos en una sola serie de trabajo. Un trabajo no efectivo de 167,56 segundos y 14,23 segundos de trabajo efectivo por las 10 repeticiones realizadas, es decir, un tiempo de 1,42 segundos por repetición.

Tabla 49. Análisis tiempos y costos posición supino.

POSICIÓN SUPINO		
	UNIDAD	DESPUÉS
SET UP / DESENSAMBLE	SEG	167,56
TIEMPO REPETICION	SEG	1,42
# REPETICIONES	U	10
SERIES	U	3
DESCANSO ENTRE SERIE	SEG	10
TRABAJO EFECTIVO	SEG	42,6
TRABAJO NO EFECTIVO	SEG	197,56
INPUT	SEG	240,16
NÚMERO DE SESIONES	U	0,07
COSTO SESIÓN	\$	25
COSTO PACIENTE	\$	1,67

El descanso entre serie no agrega valor al proceso por lo cual es trabajo no efectivo, alterando el resultado antes mencionado a 197,56 segundos. Además, al ser tres series, se altera el resultado de trabajo efectivo multiplicándolo por tres obteniendo como resultado 42,6 segundos. La suma de ambas cantidades nos da como resultado la ENTRADA, obteniendo 240,16 segundos.

Por otro lado, el costo del paciente por el ejercicio es de 1,67 dólares, tomando en cuenta que se necesita 0,07 sesiones para le ejecución del mismo.

Tabla 50. Análisis habilidades motrices posición supino.

POSICIÓN	EJERCICIO	OBJETIVO	UNIDAD	DESPUÉS
SUPINO	FORTALECIMIENTO UNILATERAL DE PSOAS	PEDALEAR UNA BICICLETA 360°	GRADOS	0,75

Durante la evaluación del ejercicio propuesto, no se alcanzó a cumplir con el objetivo en su totalidad ya que el paciente llegó a pedalear 270 grados de los 360 grados propuestos inicialmente, dando así un resultado de 0,75 grados.

6. CAPÍTULO VI: RESULTADOS DE MEJORA Y PRODUCTIVIDAD

6.1 Comparación resultados

Una vez analizados ambos procesos: los tradicionales y la terapia sobre ruedas (con la implementación de la herramienta) podemos compararlos a raíz de sus resultados para demostrar que efectivamente logramos incrementar la productividad con el uso de la máquina. La productividad se verá reflejada en tres aspectos diferentes:

- Aumento de productividad de tiempos.
- Aumento de productividad de costos.
- Aumento de productividad de las habilidades motrices.

Gracias a esto, los tiempos y costos redujeron notablemente. Además las habilidades motrices se incrementaron en el mismo periodo de tiempo.

En las siguientes tablas se reflejará las diferencias entre los procesos tradicionales y los procesos propuestos:

6.1.1 Posición Arrodillado

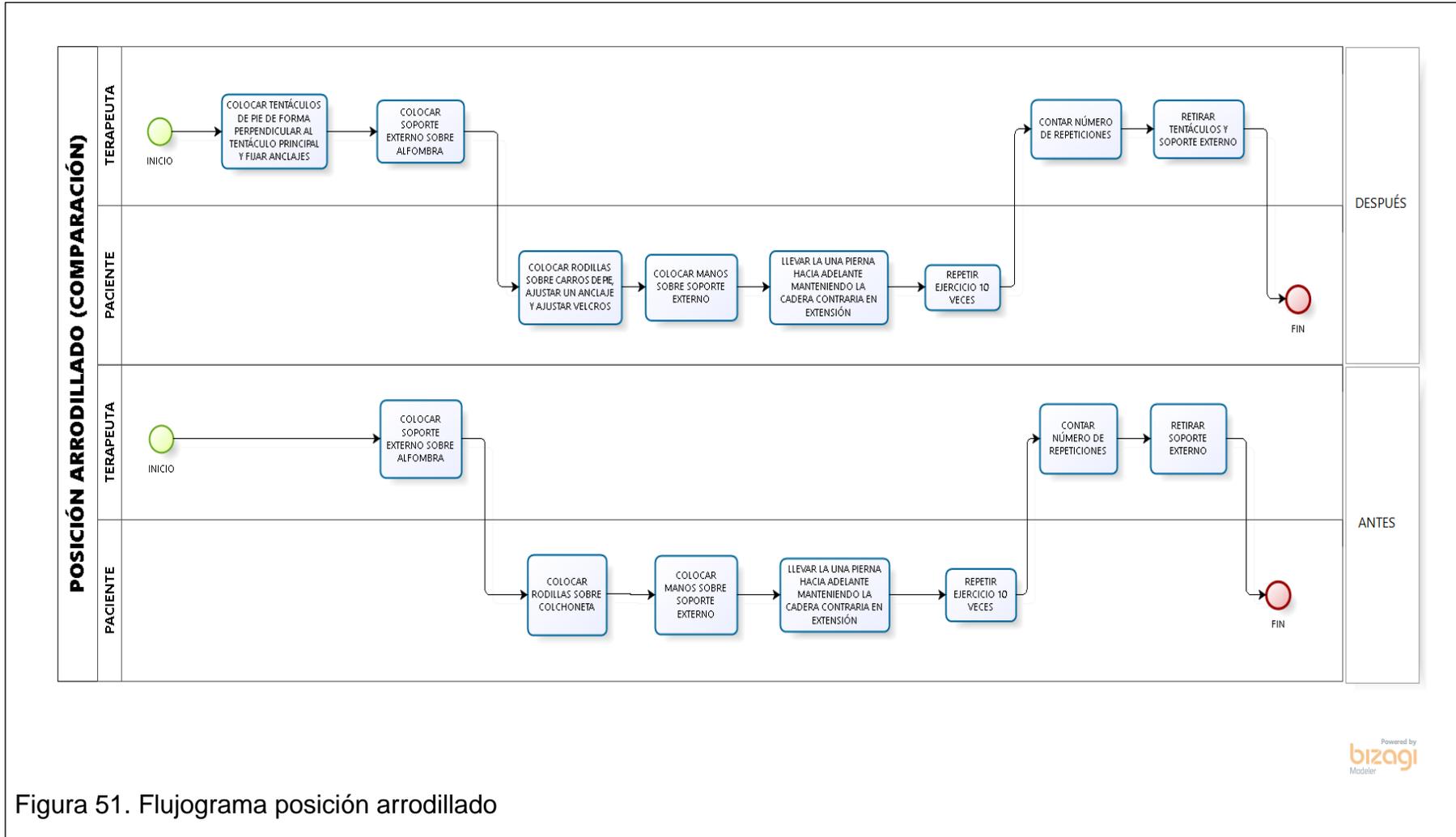


Figura 51. Flujograma posición arrodillado

Tabla 51. Análisis tiempos y costos posición arrodillado.

POSICIÓN ARRODILLADO			
	UNIDAD	ANTES	DESPUÉS
SET UP / DESENSAMBLE	SEG	26,84	123,4
TIEMPO REPETICION	SEG	5,01	1,66
# REPETICIONES	U	10	10
SERIES	U	3	3
DESCANSO ENTRE SERIE	SEG	20	10
TRABAJO EFECTIVO	SEG	150,3	49,8
TRABAJO NO EFECTIVO	SEG	86,84	153,4
INPUT	SEG	237,14	203,2
NÚMERO DE SESIONES	U	0,07	0,06
COSTO SESIÓN	\$	25	25
COSTO PACIENTE	\$	1,65	1,41

Mediante la comparación de los análisis de tiempos y costos tenemos como resultado la optimización de los mismos, llegando a la conclusión de que existe una reducción de tiempos de 237,14 segundos a 203,2 segundos, y una reducción de costos de 1,65 dólares a 1,41 dólares.

Tabla 52. Análisis habilidades motrices posición arrodillado.

POSICIÓN	EJERCICIO	OBJETIVO	UNIDAD	ANTES	DESPUÉS
ARRODILLADO	FORTALECIMIENTO DE PSOAS	PEDALEAR UNA BICICLETA 360°	GRADOS	0,50	0,75

Por otro lado, analizando los ejercicios tenemos como resultado el incremento de las habilidades motrices del paciente, siendo el objetivo pedalear una bicicleta 360 grados, concluyendo que existe un aumento de las habilidades motrices de 0,50 grados a 0,75 grados.

Tabla 53. Análisis tiempos posición arrodillado

POSICIÓN	ANTES	DESPUÉS	PORCENTAJE MEJORA
ARRODILLADO	237,14	203,20	14%

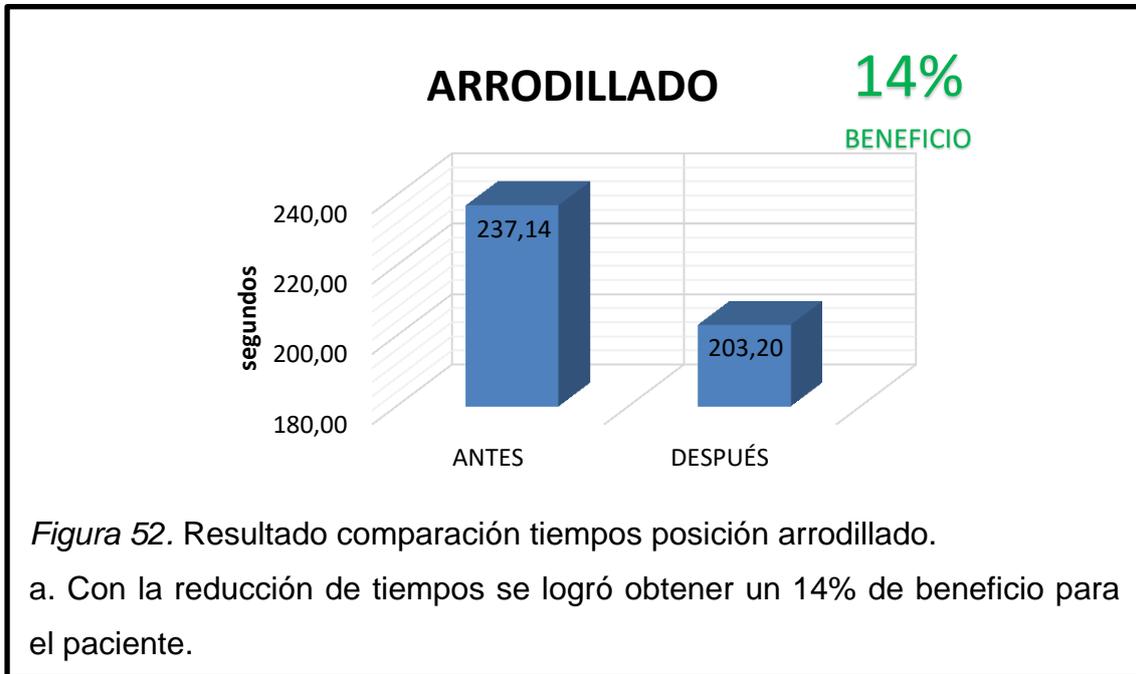


Tabla 54. Análisis costos posición arrodillado

POSICIÓN	ANTES	DESPUÉS	PORCENTAJE MEJORA
ARRODILLADO	1,65	1,41	14%

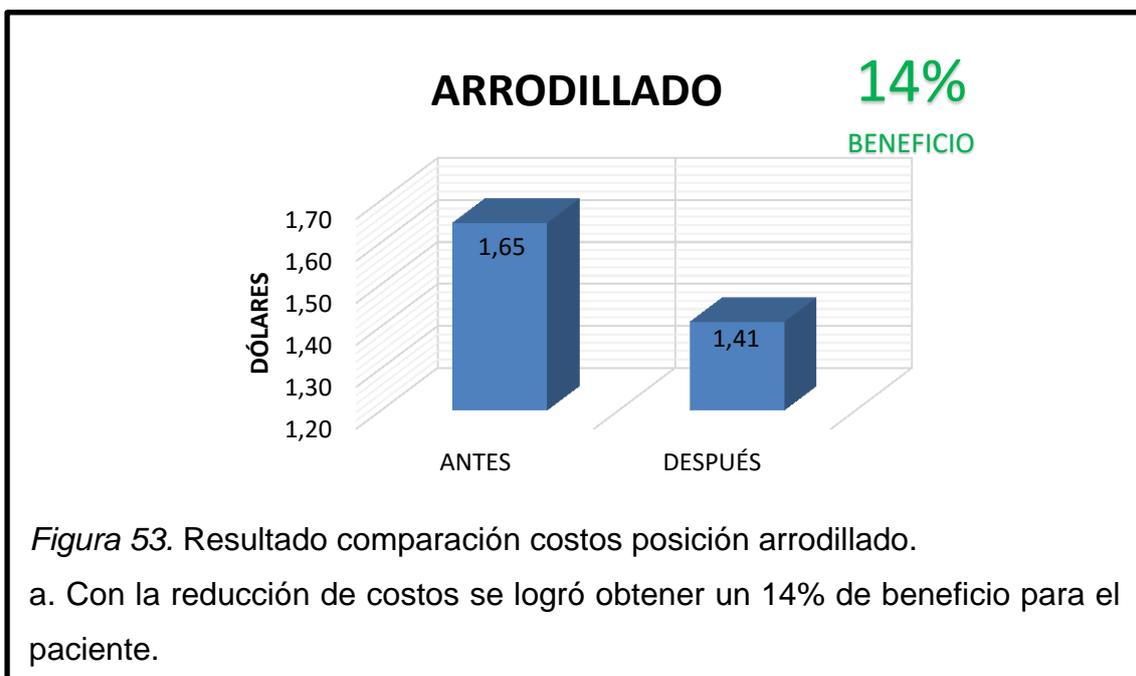
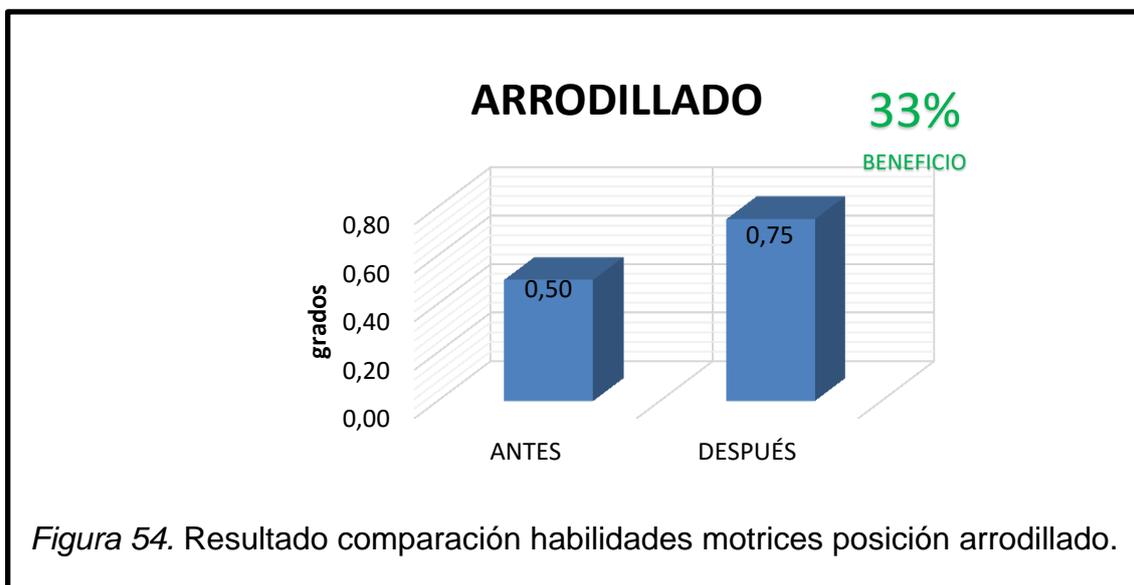


Tabla 55. Análisis habilidades motrices posición arrodillado.

POSICIÓN	ANTES	DESPUÉS	PORCENTAJE MEJORA
ARRODILLADO	0,50	0,75	33%



6.1.2 Posición Caballero

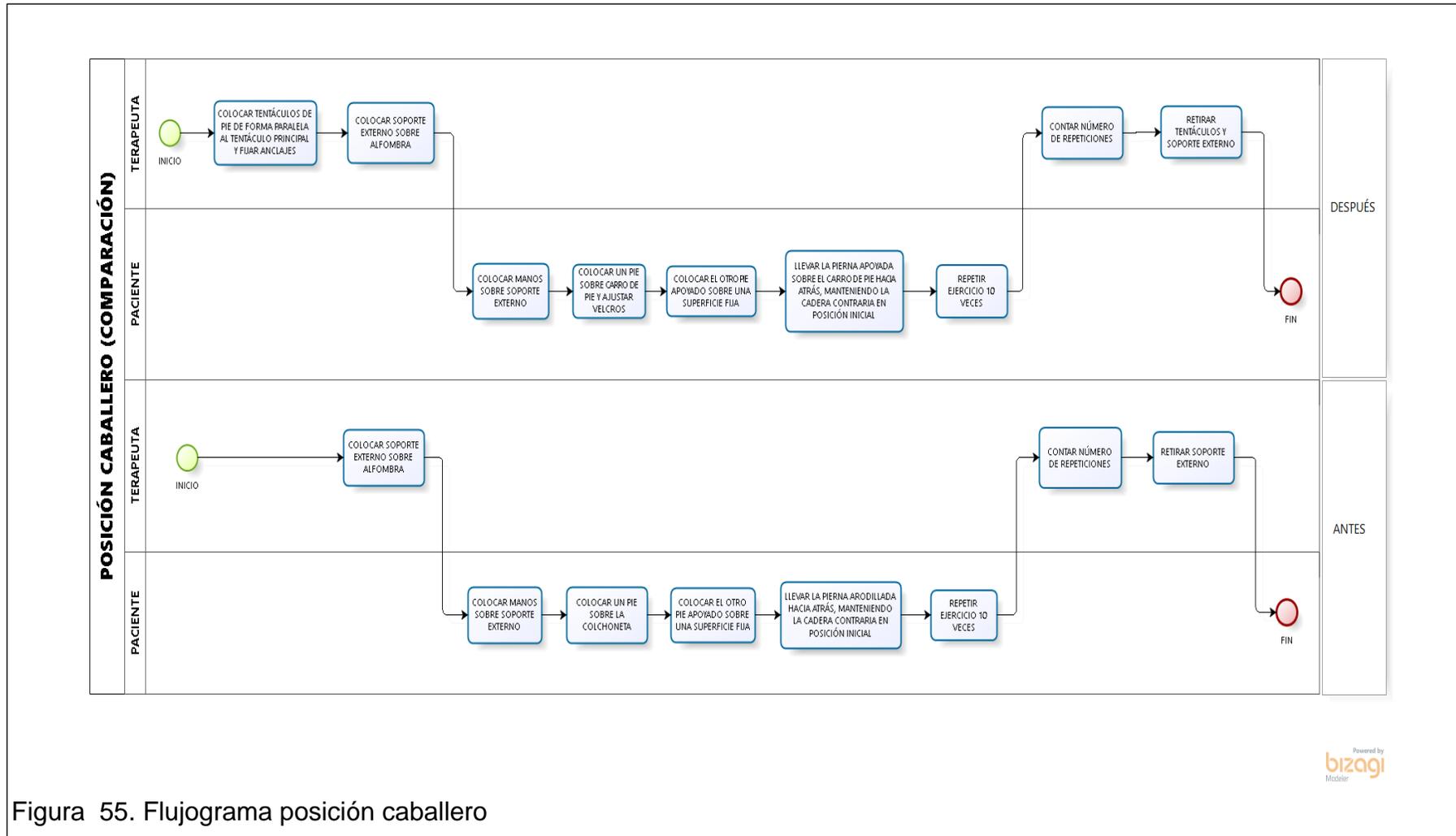


Figura 55. Flujograma posición caballero

Tabla 56. Análisis tiempos y costos posición caballero.

POSICIÓN CABALLERO			
	UNIDAD	ANTES	DESPUÉS
SET UP / DESENSAMBLE	SEG	27,06	114,45
TIEMPO REPETICION	SEG	6,01	1,03
# REPETICIONES	U	10	10
SERIES	U	3	3
DESCANSO ENTRE SERIE	SEG	20	10
TRABAJO EFECTIVO	SEG	180,3	30,9
TRABAJO NO EFECTIVO	SEG	87,06	144,45
INPUT	SEG	267,36	175,35
NÚMERO DE SESIONES	U	0,07	0,05
COSTO SESIÓN	\$	25	25
COSTO PACIENTE	\$	1,86	1,22

Mediante la comparación de los análisis de tiempos y costos tenemos como resultado la optimización de los mismos, obteniendo una reducción de tiempos de 267,36 segundos a 175,35 segundos, y una reducción de costos de 1,86 dólares a 1,22 dólares.

Tabla 57. Análisis habilidades motrices posición caballero.

POSICIÓN	EJERCICIO	OBJETIVO	UNIDAD	ANTES	DESPUÉS
CABALLERO	FORTALECIMIENTO DEL GLÚTEO MAYOR EN MEDIA RODILLA	LEVANTAR CUERPO DEL PISO UTILIZANDO UNA PIERNA (5 VECES)	UNIDAD	0,2	1

Por otro lado, analizando los ejercicios tenemos como resultado el incremento de las habilidades motrices del paciente, siendo el objetivo levantar el cuerpo del piso utilizando una pierna por cinco veces, obteniendo un aumento de las habilidades motrices de 0,2 unidades a 1 unidad.

Tabla 58. Análisis tiempos posición caballero

POSICIÓN	ANTES	DESPUÉS	PORCENTAJE MEJORA
CABALLERO	267,36	175,35	34%



Figura 56. Resultado comparación tiempos posición caballero.

a. Con la reducción de tiempos se logró obtener un 34% de beneficio para el paciente.

Tabla 59. Análisis costos posición caballero

POSICIÓN	ANTES	DESPUÉS	PORCENTAJE MEJORA
CABALLERO	1,86	1,22	34%

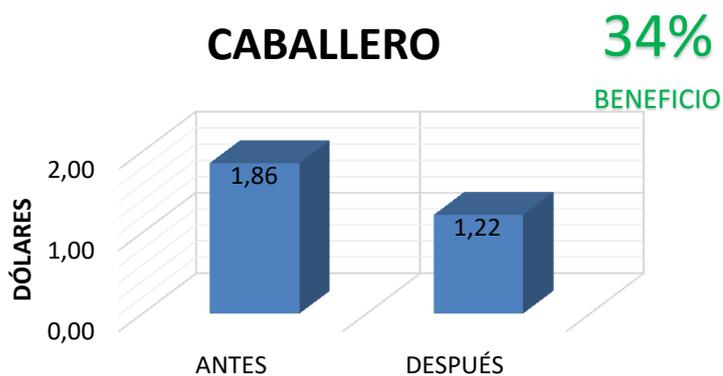
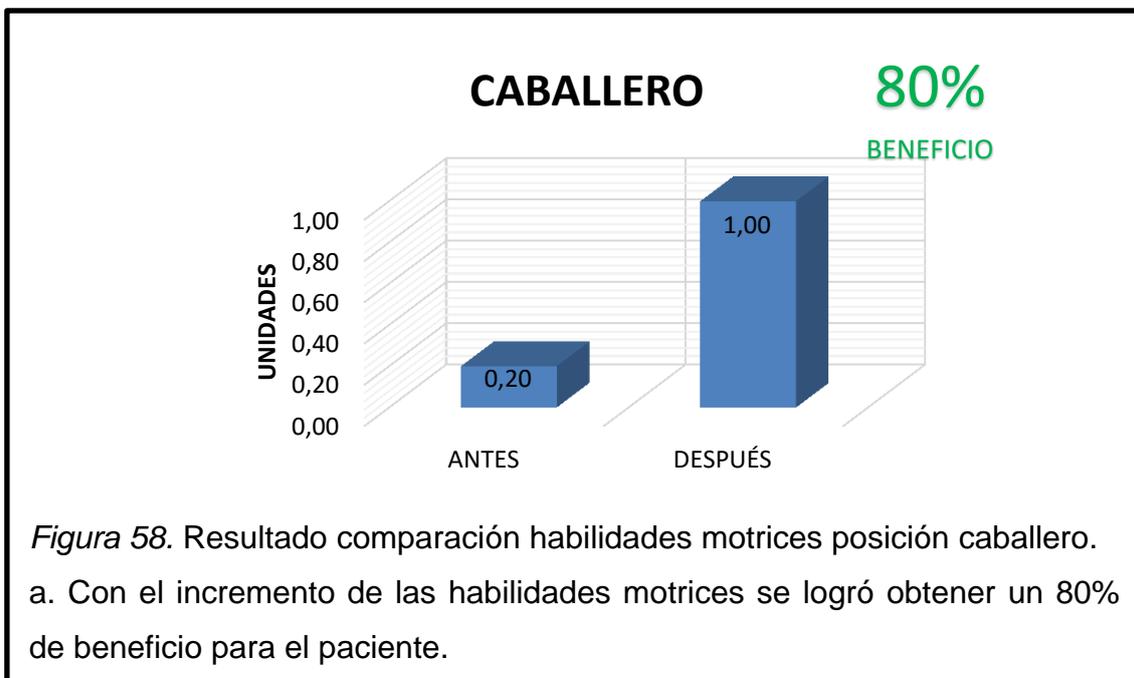


Figura 57. Resultado comparación costos posición caballero.

a. Con la reducción de costos se logró obtener un 34% de beneficio para el paciente.

Tabla 60. Análisis habilidades motrices posición caballero.

POSICIÓN	ANTES	DESPUÉS	PORCENTAJE MEJORA
CABALLERO	0,20	1,00	80%



6.1.3 Posición Cuatro Puntos

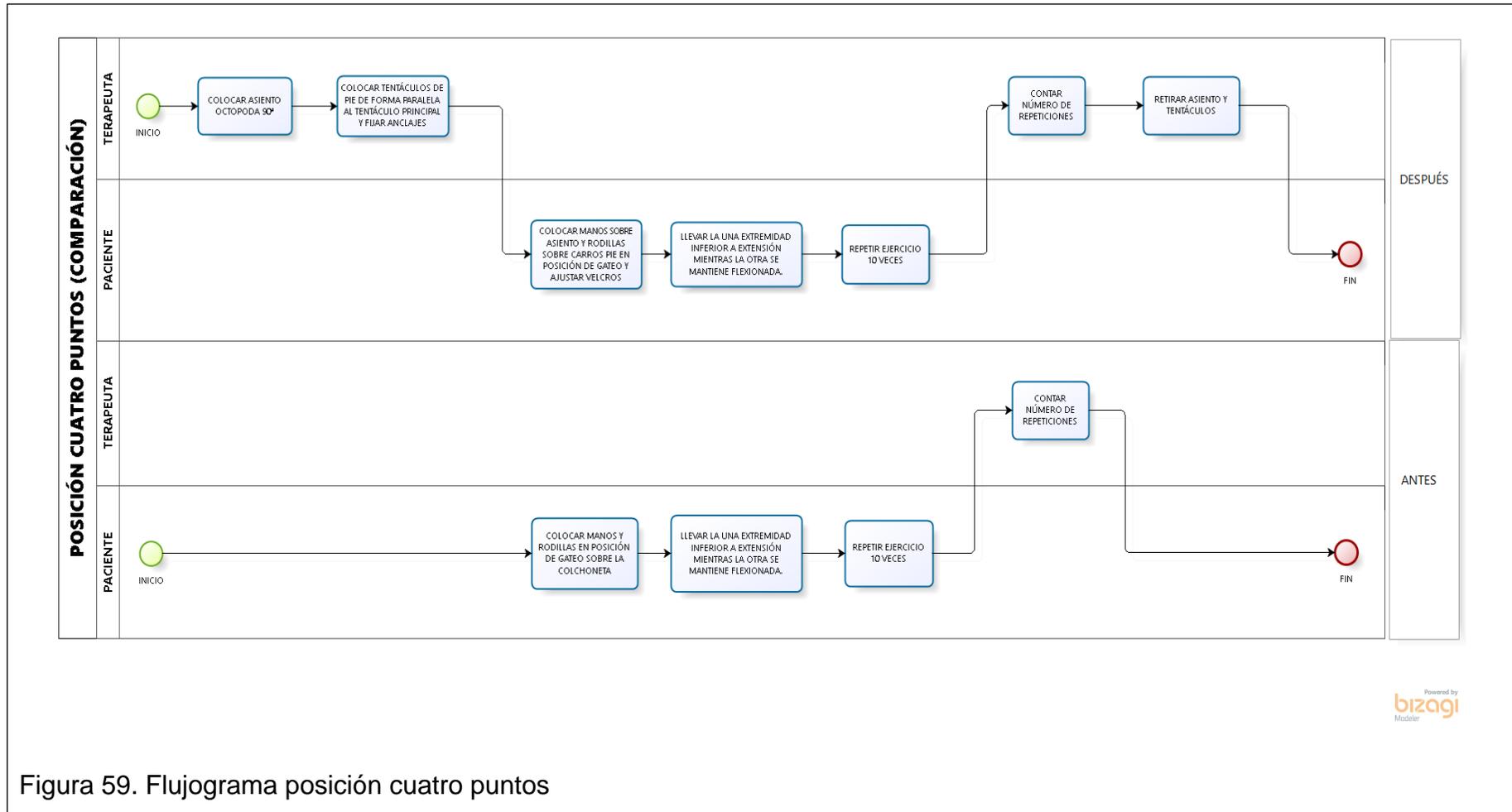


Figura 59. Flujograma posición cuatro puntos

Tabla 61. Análisis tiempos y costos posición cuatro puntos.

POSICIÓN CUATRO PUNTOS			
	UNIDAD	ANTES	DESPUÉS
SET UP / DESENSAMBLE	SEG	7,23	130,45
TIEMPO REPETICION	SEG	6,71	3,36
# REPETICIONES	U	10	10
SERIES	U	3	3
DESCANSO ENTRE SERIE	SEG	20	10
TRABAJO EFECTIVO	SEG	201,3	100,8
TRABAJO NO EFECTIVO	SEG	67,23	160,45
INPUT	SEG	268,53	261,25
NÚMERO DE SESIONES	U	0,07	0,07
COSTO SESIÓN	\$	25	25
COSTO PACIENTE	\$	1,86	1,81

Mediante la comparación de los análisis de tiempos y costos tenemos como resultado la optimización de los mismos, llegando a la conclusión de que existe una reducción de tiempos de 268,53 segundos a 261,25 segundos, y una reducción de costos de 1,86 dólares a 1,81 dólares.

Tabla 62. Análisis habilidades motrices posición cuatro puntos.

POSICIÓN	EJERCICIO	OBJETIVO	UNIDAD	ANTES	DESPUÉS
CUATRO PUNTOS	FORTALECIMIENTO GLÚTTEO MAYOR	CAMINAR DE RETRO (5 METROS)	m	0,1	0,4

Por otro lado, analizando cada uno de los ejercicios tenemos como resultado el incremento de las habilidades motrices del paciente, siendo el objetivo caminar de retro a una distancia de 5 metros, se llegó a la conclusión de que existe un aumento de las habilidades motrices de 0,1 metros a 0,4 metros.

Tabla 63. Análisis tiempos posición cuatro puntos.

POSICIÓN	ANTES	DESPUÉS	PORCENTAJE MEJORA
CUATRO PUNTOS	268,53	261,25	3%



Tabla 64. Análisis costos posición cuatro puntos.

POSICIÓN	ANTES	DESPUÉS	PORCENTAJE MEJORA
CUATRO PUNTOS	1,86	1,81	3%

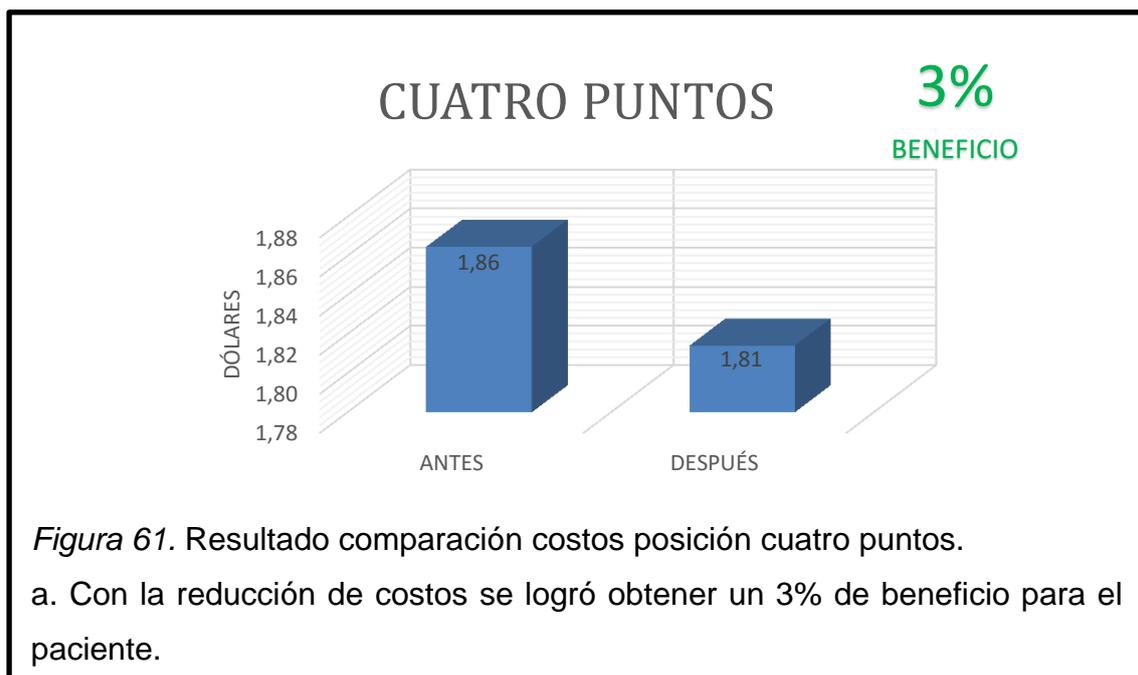
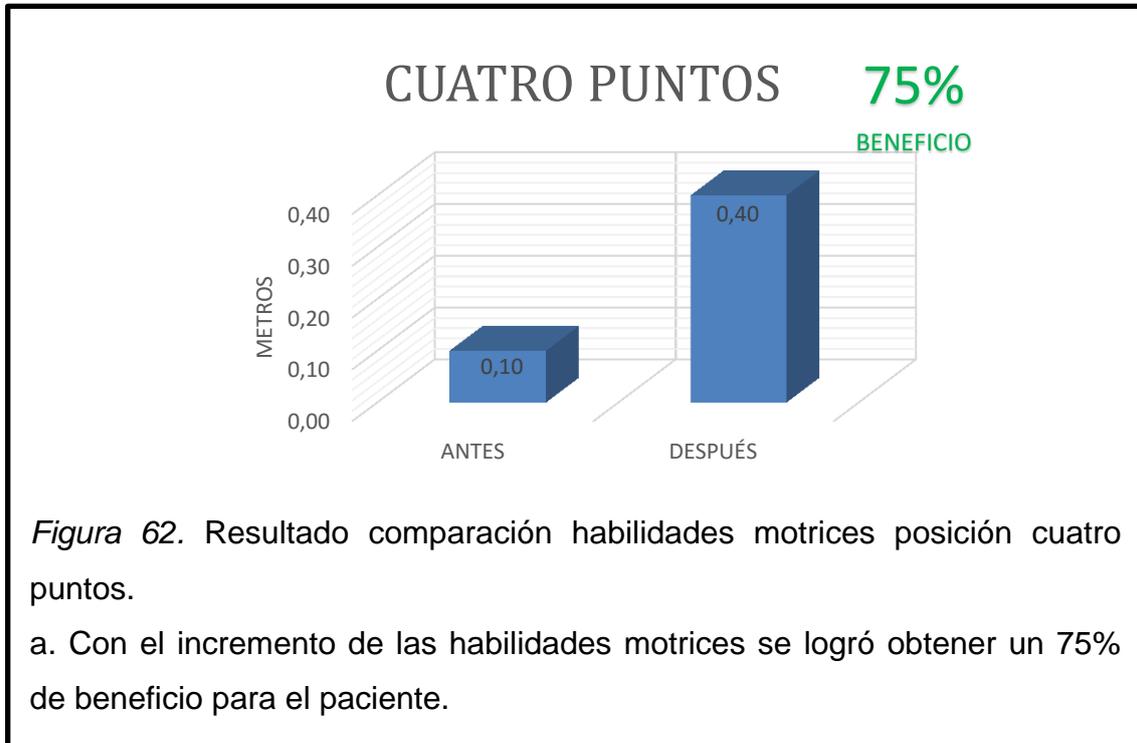


Tabla 65. Análisis habilidades motrices posición cuatro puntos.

POSICIÓN	ANTES	DESPUÉS	PORCENTAJE MEJORA
CUATRO PUNTOS	0,10	0,40	75%



6.1.4 Posición de Pie

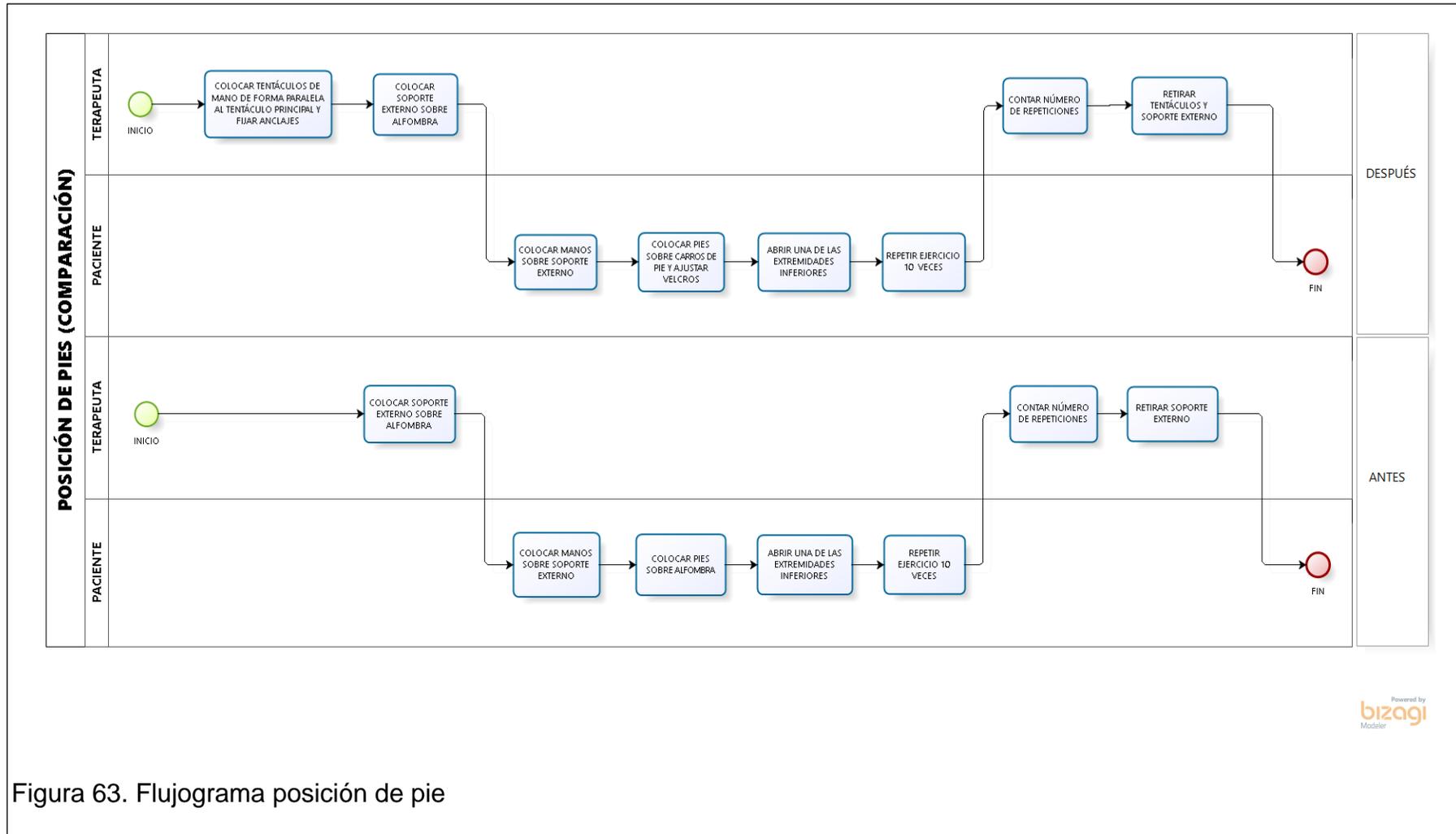


Figura 63. Flujograma posición de pie

Tabla 66. Análisis tiempos y costos posición de pie

POSICIÓN DE PIE			
	UNIDAD	ANTES	DESPUÉS
SET UP / DESENSAMBLE	SEG	21,37	125,93
TIEMPO REPETICION	SEG	6,39	1,91
# REPETICIONES	U	10	10
SERIES	U	3	3
DESCANSO ENTRE SERIE	SEG	20	10
TRABAJO EFECTIVO	SEG	191,7	57,3
TRABAJO NO EFECTIVO	SEG	81,37	155,93
INPUT	SEG	273,07	213,23
NÚMERO DE SESIONES	U	0,08	0,06
COSTO SESIÓN	\$	25	25
COSTO PACIENTE	\$	1,90	1,48

Mediante la comparación de los análisis de tiempos y costos tenemos como resultado la optimización de los mismos, llegando a la conclusión de que existe una reducción de tiempos de 273,07 segundos a 213,23 segundos, y una reducción de costos de 1,90 dólares a 1,48 dólares.

Tabla 67. Análisis habilidades motrices posición de pie.

POSICIÓN	EJERCICIO	OBJETIVO	UNIDAD	ANTES	DESPUÉS
DE PIE	ELONGACIÓN DE ABDUCTORES DE CADERA UNILATERAL	MANTENER DISTANCIA CORRECTA ENTRE PIERNAS DURANTE EL CICLO FINAL DE LA MARCHA (0,2 m)	m	0,50	1,00

Por otro lado, después de analizar cada uno los ejercicios tenemos como resultado el incremento de las habilidades motrices del paciente, siendo el objetivo mantener una distancia correcta de 0,2 metros entre piernas durante el ciclo final de la marcha, se llegó a la conclusión un aumento de las habilidades motrices de 0,50 metros a 1 metro.

Tabla 68. Análisis tiempos posición de pie

POSICIÓN	ANTES	DESPUÉS	PORCENTAJE MEJORA
DE PIE	273,07	213,23	22%

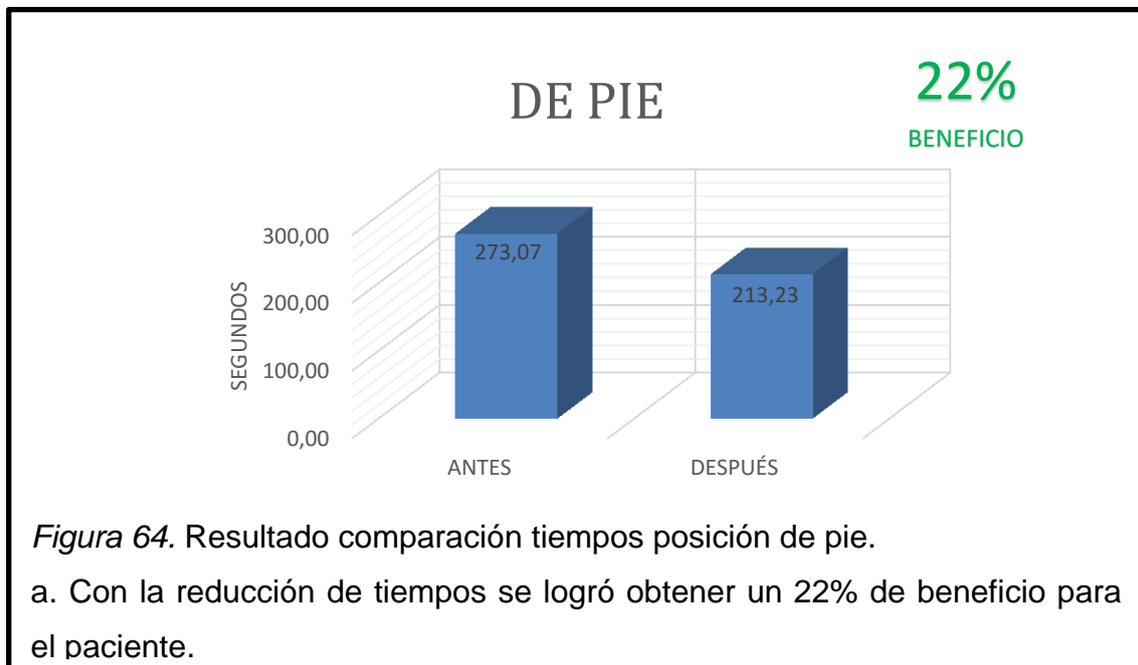


Tabla 69. Análisis costos posición de pie

POSICIÓN	ANTES	DESPUÉS	PORCENTAJE MEJORA
DE PIE	1,90	1,48	22%

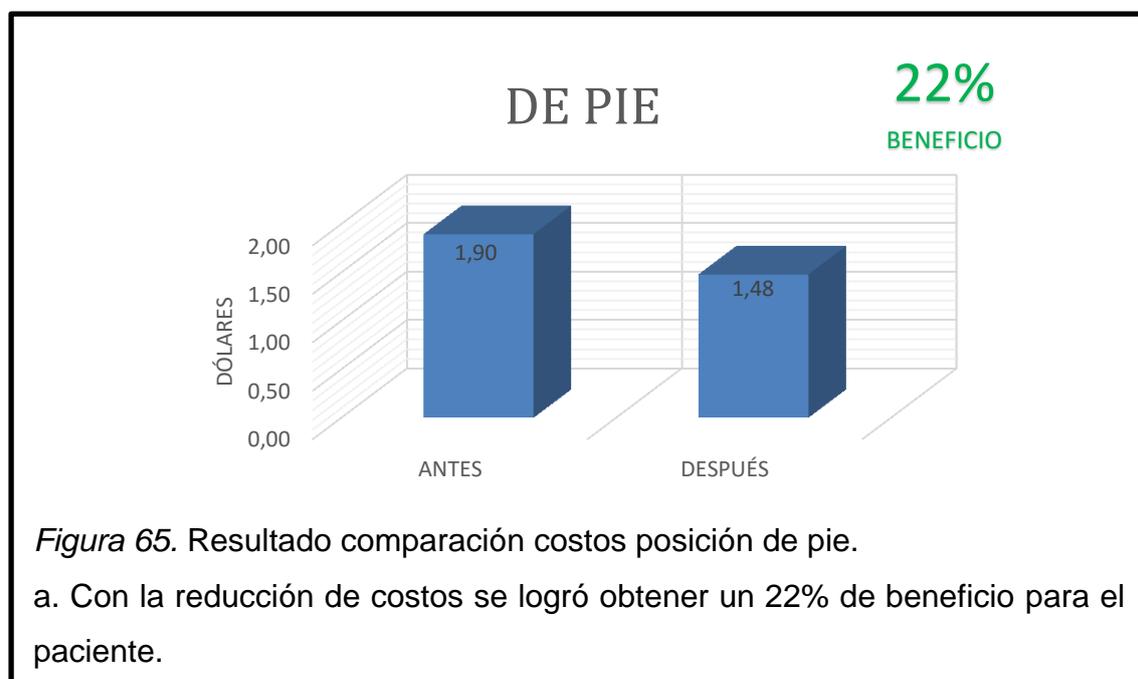


Tabla 70. Análisis habilidades motrices posición de pie.

POSICIÓN	ANTES	DESPUÉS	PORCENTAJE MEJORA
DE PIE	0,50	1,00	50%

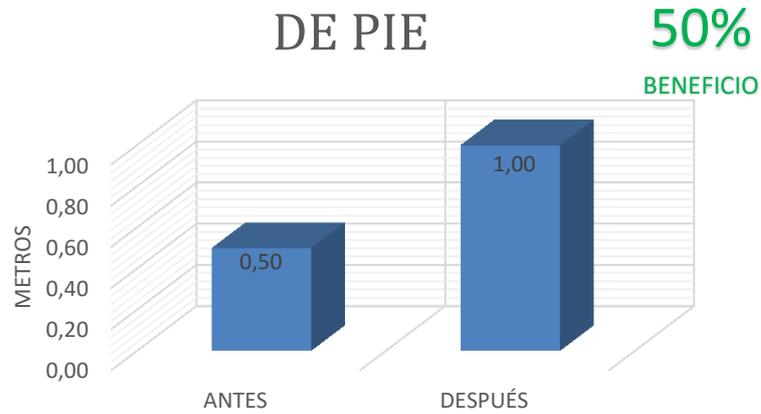


Figura 66. Resultado comparación habilidades motrices posición de pie.

a. Con el incremento de las habilidades motrices se logró obtener un 50% de beneficio para el paciente.

6.1.5 Posición Prono

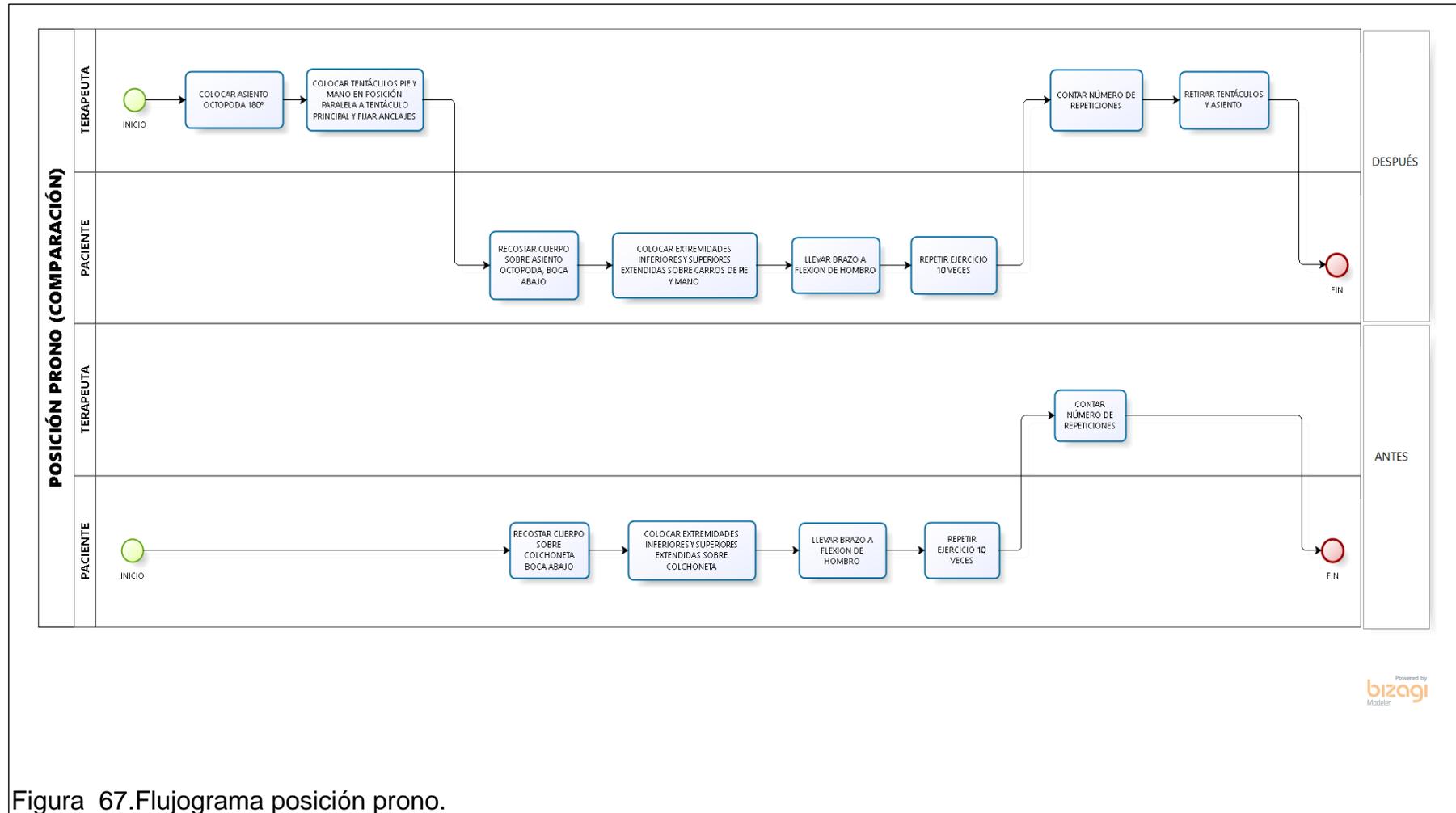


Figura 67. Flujograma posición prono.

Tabla 71. Análisis tiempos y costos posición prono.

POSICIÓN PRONO			
	UNIDAD	ANTES	DESPUÉS
SET UP / DESENSAMBLE	SEG	8,18	201,57
TIEMPO REPETICION	SEG	9,71	3,07
# REPETICIONES	U	10	10
SERIES	U	3	3
DESCANSO ENTRE SERIE	SEG	20	10
TRABAJO EFECTIVO	SEG	291,3	92,1
TRABAJO NO EFECTIVO	SEG	68,18	231,57
TOTAL TRABAJO	SEG	359,48	323,67
NÚMERO DE SESIONES	U	0,10	0,09
COSTO SESIÓN	\$	25	25
COSTO PACIENTE	\$	2,50	2,25

Mediante la comparación de los análisis de tiempos y costos tenemos como resultado la optimización de los mismos, llegando a la conclusión de que existe una reducción de tiempos de 359,48 segundos a 323,67 segundos, y una reducción de costos de 2,50 dólares a 2,25 dólares.

Tabla 72. Análisis habilidades motrices posición prono.

POSICIÓN	EJERCICIO	OBJETIVO	UNIDAD	ANTES	DESPUÉS
PRONO	FORTALECIMIENTO DE EXTENSIÓN DE CODO CON HOMBRO FLEXIONADO UNILATERAL	ENCESTAR PELOTA CON EXTENSIÓN DE CODO (5 VECES)	UNIDAD	0,2	0,6

Por otro lado, analizando los ejercicios tenemos como resultado el incremento de las habilidades motrices del paciente, siendo el objetivo encestar una pelota con extensión de codo por 5 veces, se llegó a la conclusión de que existe un aumento de las habilidades motrices de 0,2 unidades a 0,6 unidades.

Tabla 73. Análisis tiempos posición prono.

POSICIÓN	ANTES	DESPUÉS	PORCENTAJE MEJORA
PRONO	359,48	323,67	10%

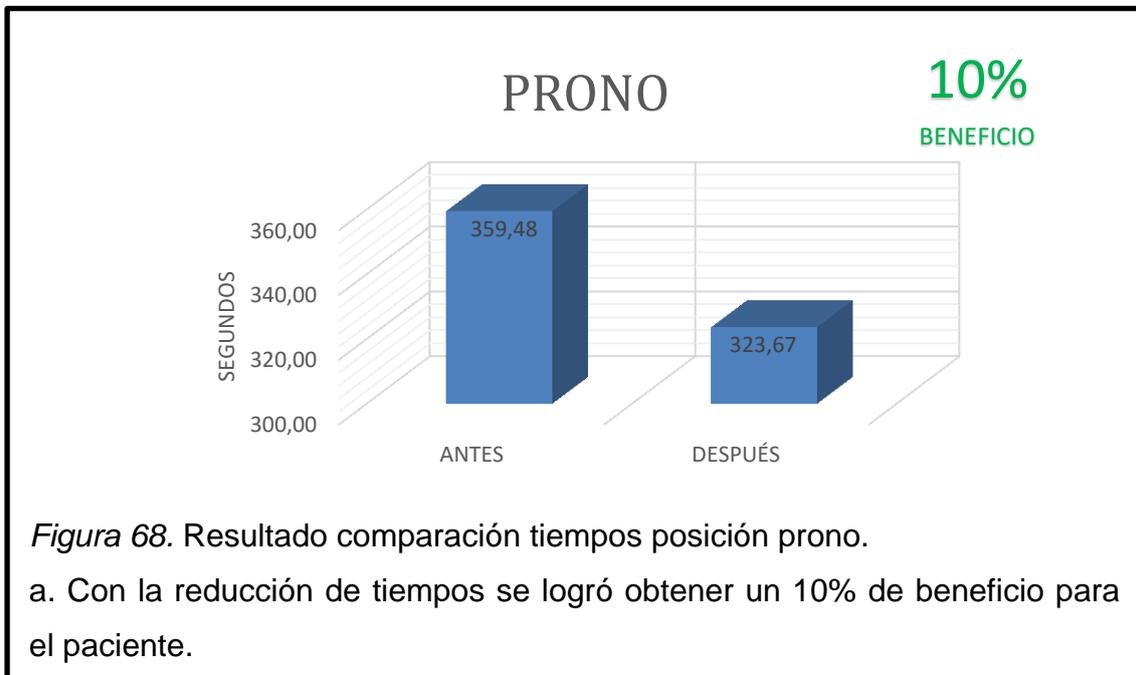


Tabla 74. Análisis costos posición prono.

POSICIÓN	ANTES	DESPUÉS	PORCENTAJE MEJORA
PRONO	2,50	2,25	10%

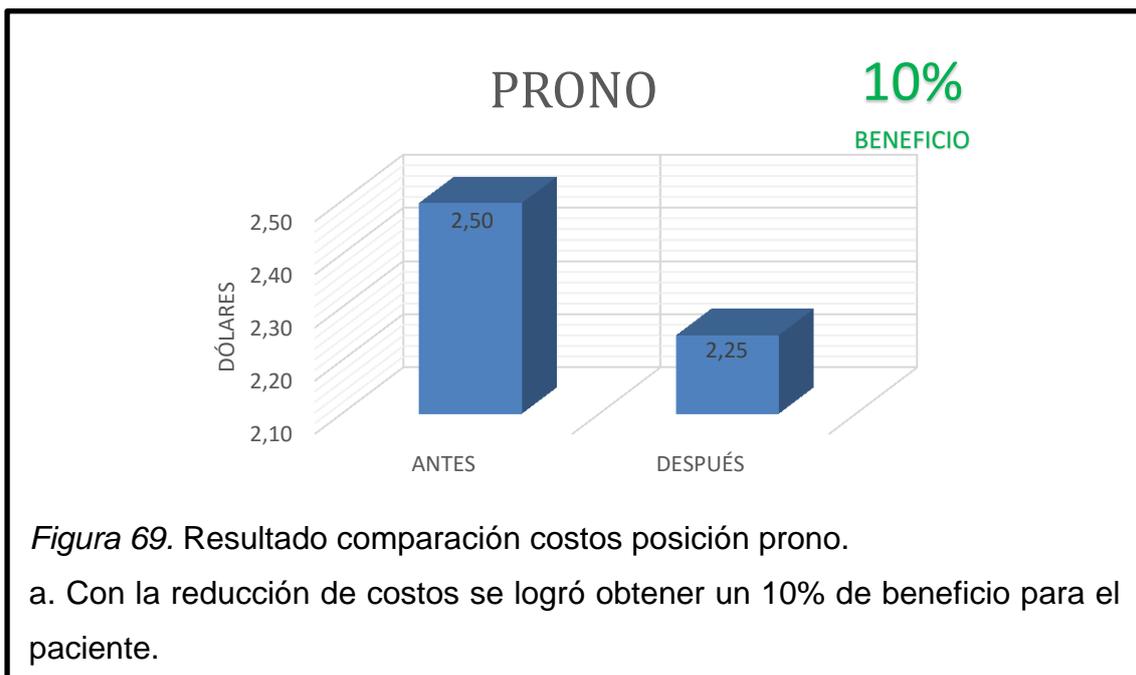


Tabla 75. Análisis habilidades motrices posición prono.

POSICIÓN	ANTES	DESPUÉS	PORCENTAJE MEJORA
PRONO	0,20	0,60	67%

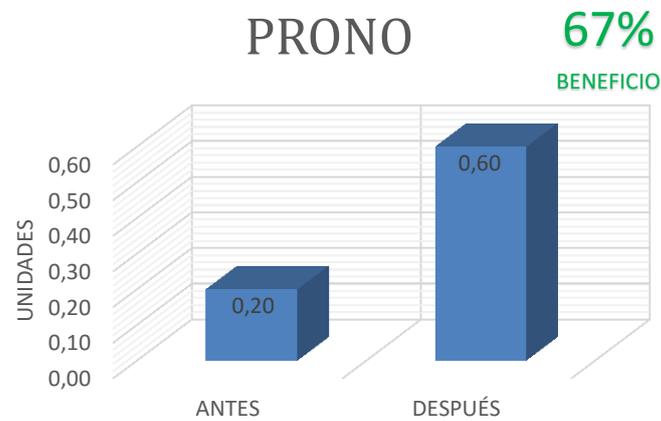


Figura 70. Resultado comparación habilidades motrices posición prono.

a. Con el incremento de las habilidades motrices se logró obtener un 67% de beneficio para el paciente.

6.1.6 Posición Sentado

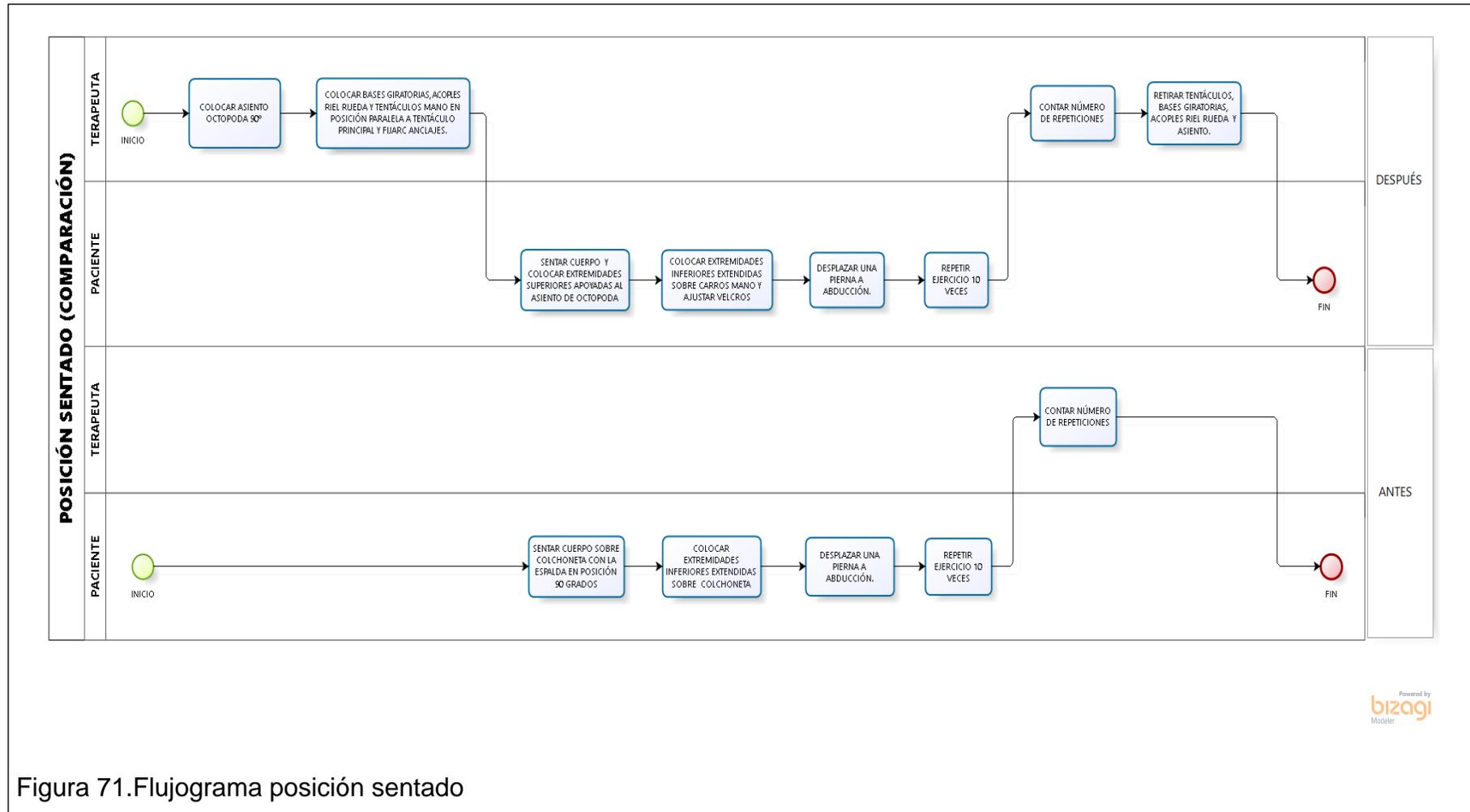


Figura 71. Flujograma posición sentado

Tabla 76. Análisis tiempos y costos posición sentado.

POSICIÓN SENTADO			
	UNIDAD	ANTES	DESPUÉS
SET UP / DESENSAMBLE	SEG	14,22	317,75
TIEMPO REPETICION	SEG	15,65	3,47
# REPETICIONES	U	10	10
SERIES	U	3	3
DESCANSO ENTRE SERIE	SEG	20	10
TRABAJO EFECTIVO	SEG	469,5	104,1
TRABAJO NO EFECTIVO	SEG	74,22	347,75
INPUT	SEG	543,72	451,85
NÚMERO DE SESIONES	U	0,15	0,13
COSTO SESIÓN	\$	25	25
COSTO PACIENTE	\$	3,78	3,14

Mediante la comparación de los análisis de tiempos y costos tenemos como resultado la optimización de los mismos, llegando a la conclusión de que existe una reducción de tiempos de 543,72 segundos a 451,85 segundos, y una reducción de costos de 3,78 dólares a 3,14 dólares.

Tabla 77. Análisis habilidades motrices posición sentado.

POSICIÓN	EJERCICIO	OBJETIVO	UNIDAD	ANTES	DESPUÉS
SENTADO	FORTALECIMIENTO DE ABDUCTORES UNILATERAL	MANTENER DISTANCIA CORRECTA ENTRE PIERNAS DURANTE EL CICLO FINAL DE LA MARCHA (0,2 m)	m	0,50	1,00

Por otro lado, analizando los ejercicios tenemos como resultado el incremento de las habilidades motrices del paciente, siendo el objetivo mantener una distancia correcta de 0,2 metro entre piernas durante el ciclo final de la marcha, se llegó a la conclusión de que existe un aumento de las habilidades motrices de 0,50 metros a 1 metro.

Tabla 78. Análisis tiempos posición sentado.

POSICIÓN	ANTES	DESPUÉS	PORCENTAJE MEJORA
SENTADO	543,72	451,85	17%

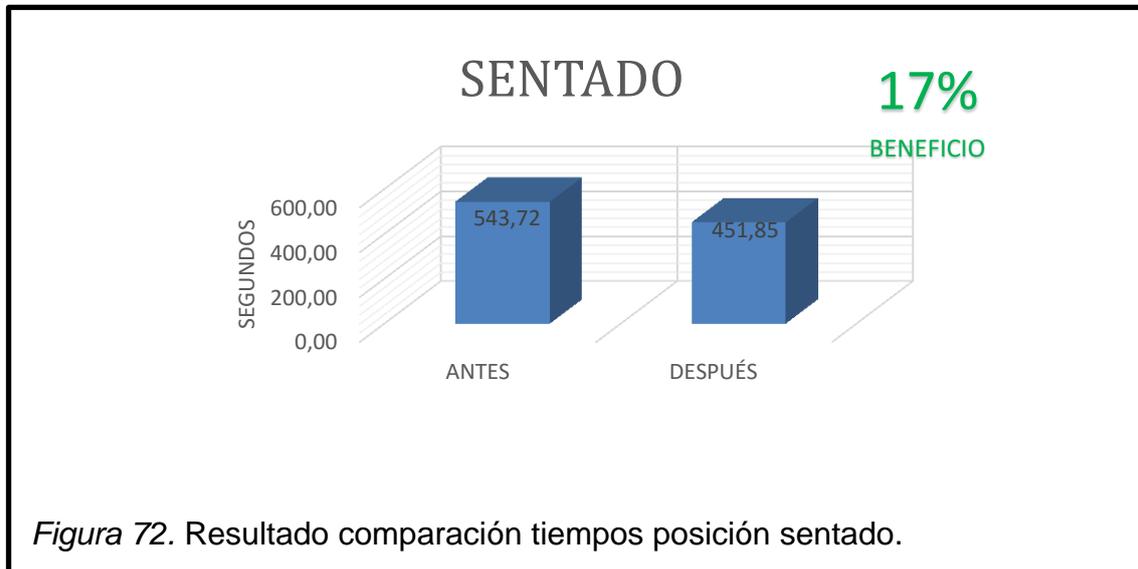


Figura 72. Resultado comparación tiempos posición sentado.

Tabla 79. Análisis costos posición sentado.

POSICIÓN	ANTES	DESPUÉS	PORCENTAJE MEJORA
SENTADO	3,78	3,14	17%

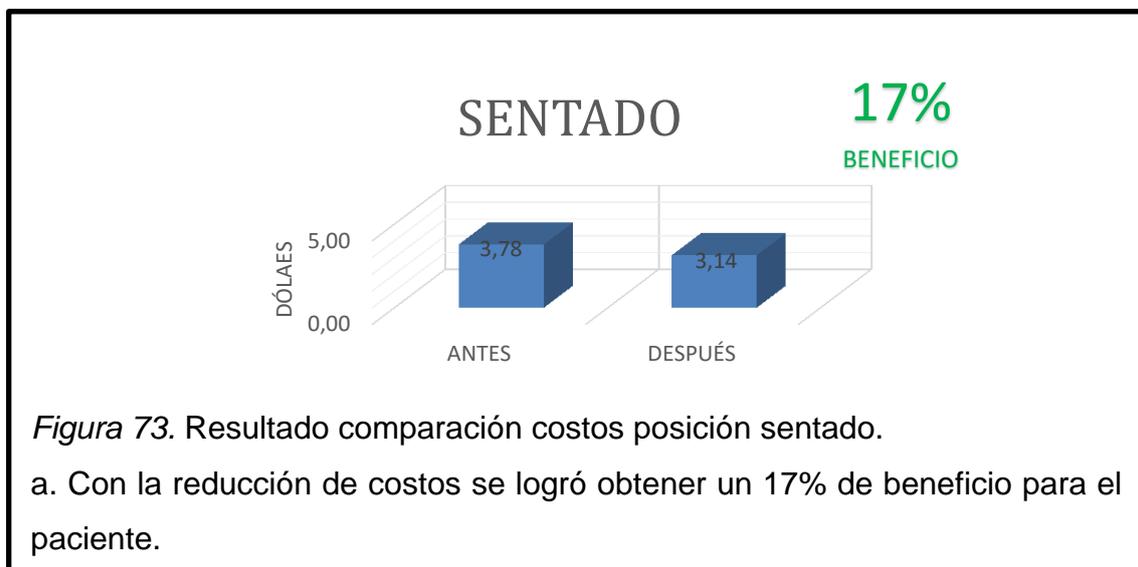
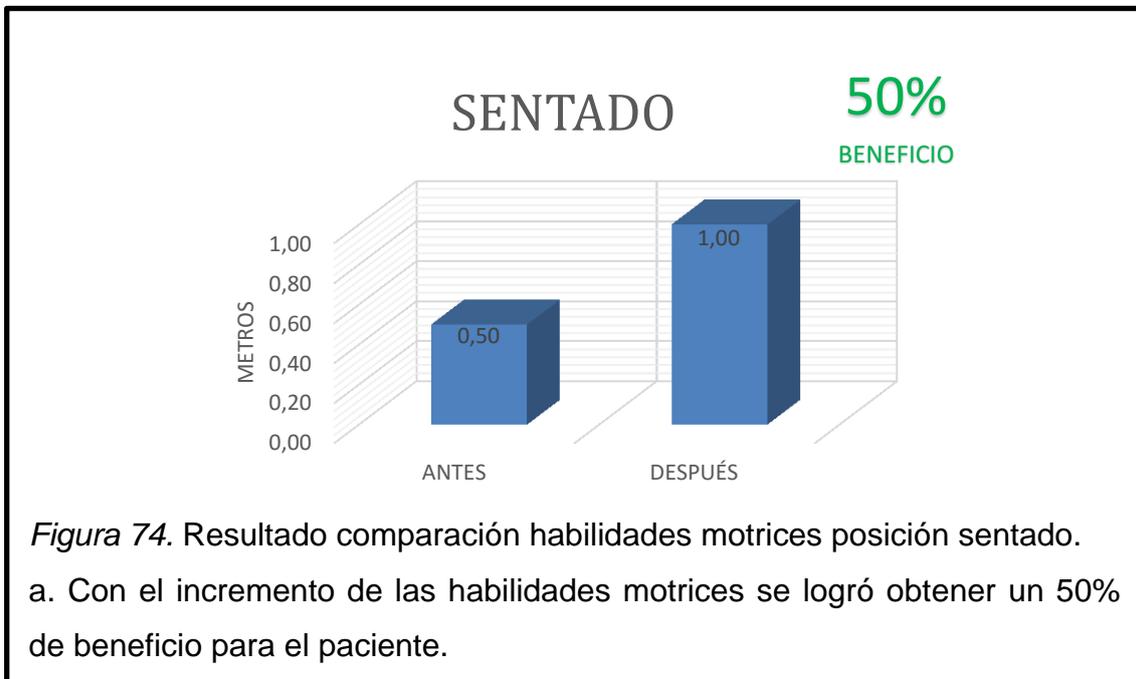


Figura 73. Resultado comparación costos posición sentado.

a. Con la reducción de costos se logró obtener un 17% de beneficio para el paciente.

Tabla 80. Análisis habilidades motrices posición sentado.

Q		DESPUÉS	PORCENTAJE MEJORA
SENTADO	0,50	1,00	50%



6.1.7 Posición Supino

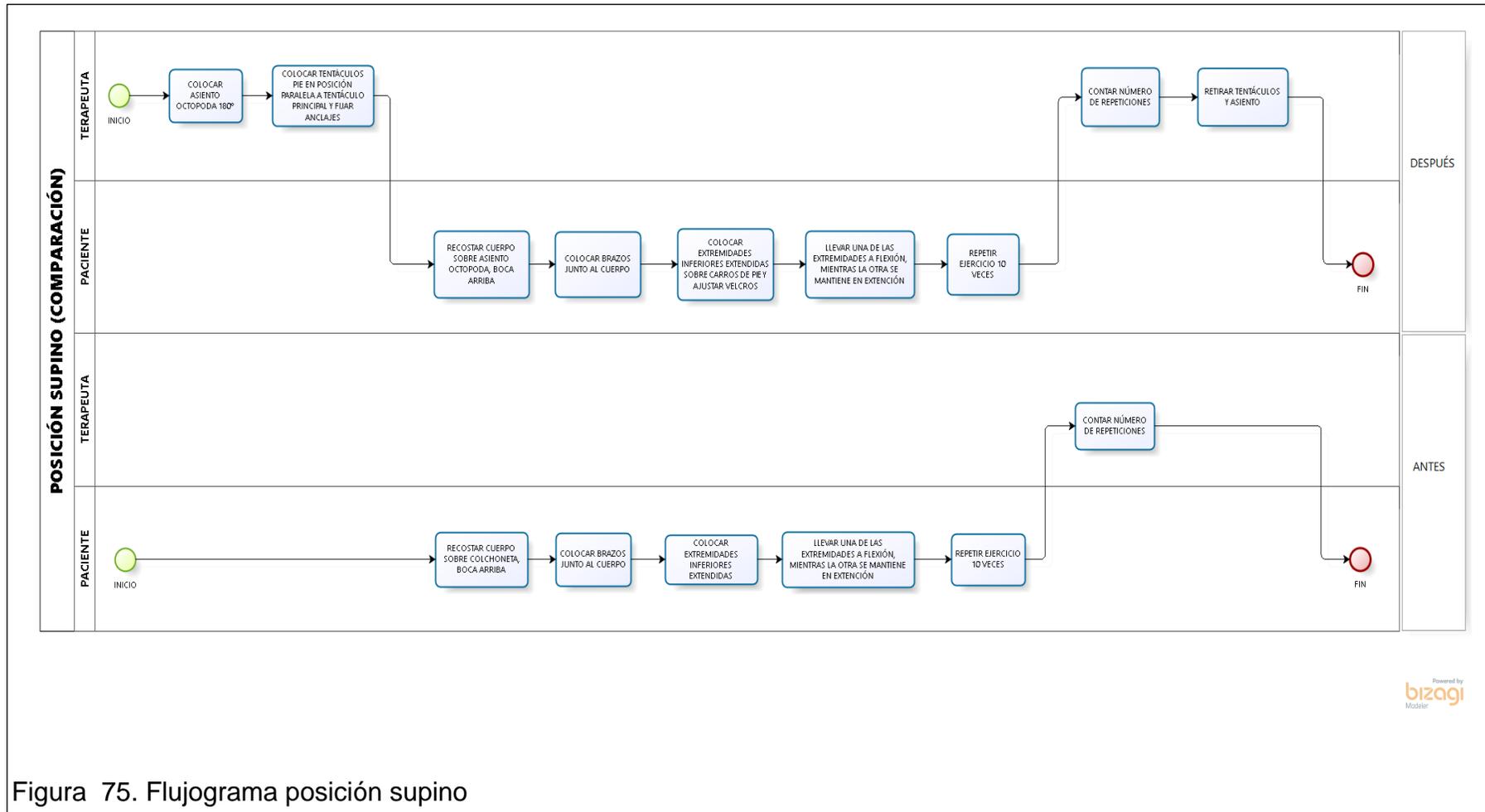


Figura 75. Flujograma posición supino

Tabla 81. Análisis tiempos y costos posición supino.

POSICIÓN SUPINO			
	UNIDAD	ANTES	DESPUÉS
SET UP / DESENSAMBLE	SEG	11,42	167,56
TIEMPO REPETICION	SEG	16,07	1,42
# REPETICIONES	U	10	10
SERIES	U	3	3
DESCANSO ENTRE SERIE	SEG	20	10
TRABAJO EFECTIVO	SEG	482,1	42,6
TRABAJO NO EFECTIVO	SEG	71,42	197,56
INPUT	SEG	553,52	240,16
NÚMERO DE SESIONES	U	0,15	0,07
COSTO SESIÓN	\$	25	25
COSTO PACIENTE	\$	3,84	1,67

Mediante la comparación de los análisis de tiempos y costos tenemos como resultado la optimización de los mismos, llegando a la conclusión de que existe una reducción de tiempos de 553,52 segundos a 240,16 segundos, y una reducción de costos de 3,84 dólares a 1,67 dólares.

Tabla 82. Análisis habilidades motrices posición supino.

POSICIÓN	EJERCICIO	OBJETIVO	UNIDAD	ANTES	DESPUÉS
SUPINO	FORTALECIMIENTO UNILATERAL DE PSOAS	PEDALEAR UNA BICICLETA 360°	GRADOS	0,50	0,75

Por otro lado, analizando los ejercicios tenemos como resultado el incremento de las habilidades motrices del paciente, siendo el objetivo pedalear una bicicleta 360 grados, se llegó a la conclusión de que existe un aumento de las habilidades motrices de 0,50 grados a 0,75 grados.

Tabla 83. Análisis tiempos posición supino.

POSICIÓN	ANTES	DESPUÉS	PORCENTAJE MEJORA
SUPINO	553,52	240,16	57%

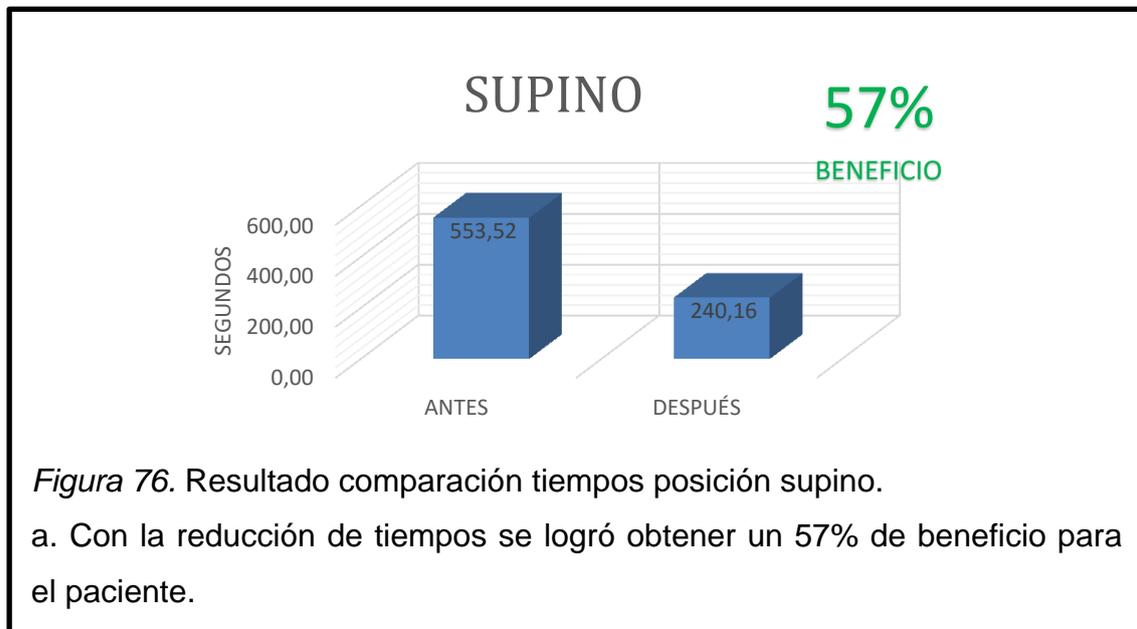


Tabla 84. Análisis costos posición supino.

POSICIÓN	ANTES	DESPUÉS	PORCENTAJE MEJORA
SUPINO	3,84	1,67	57%

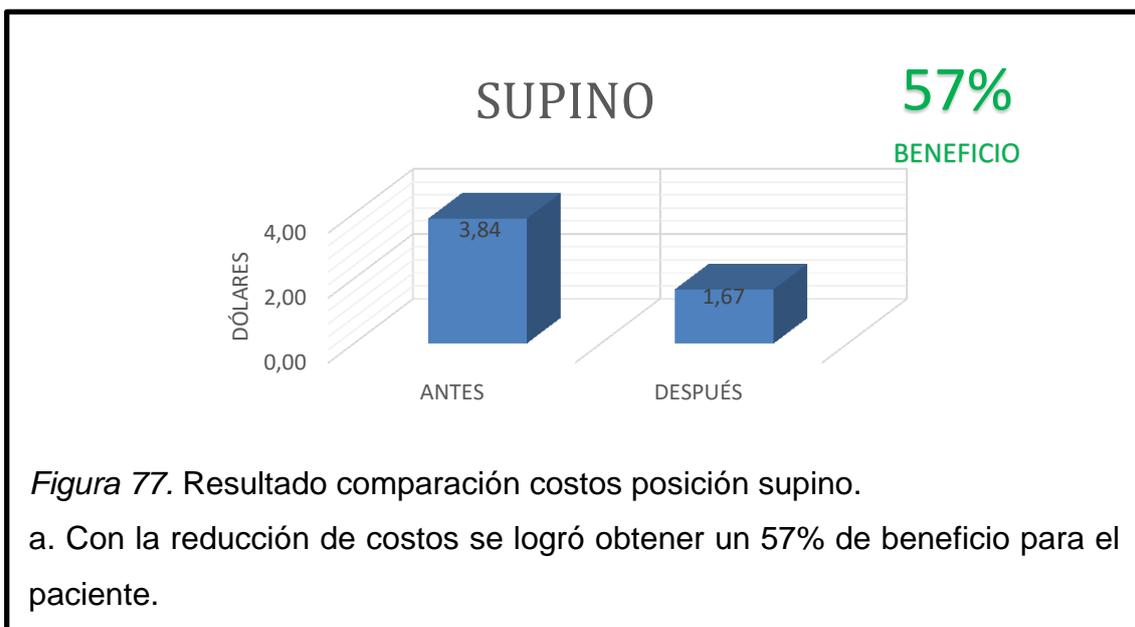
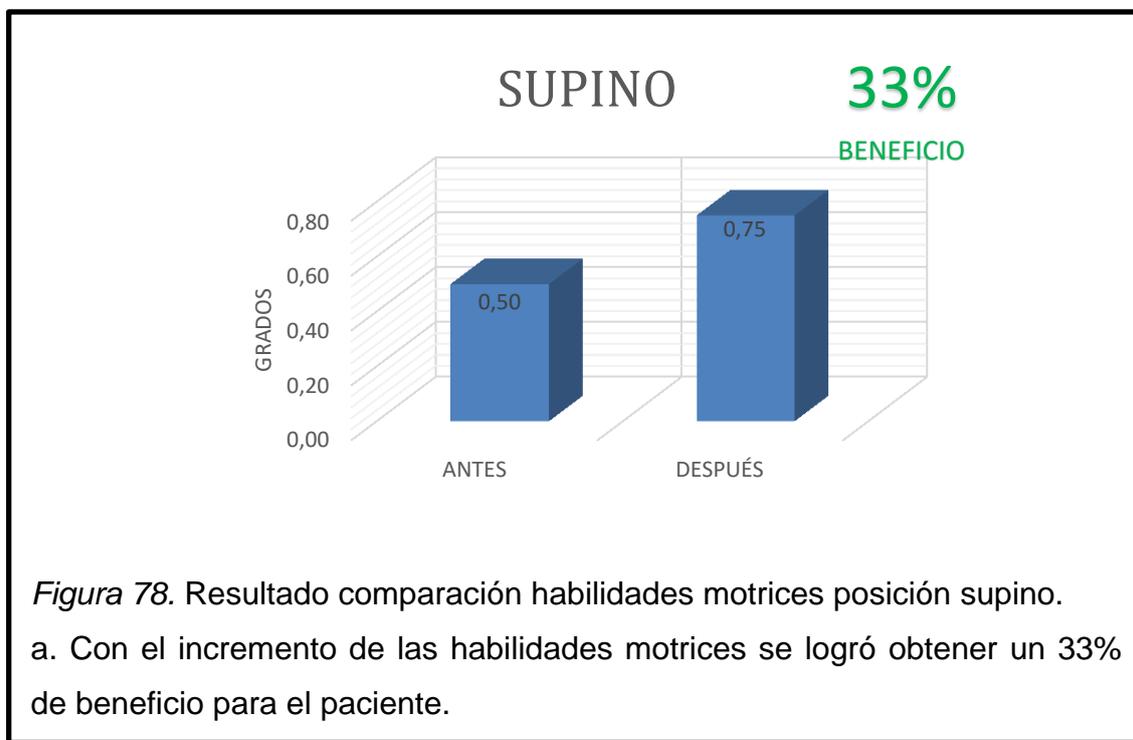


Tabla 85. Análisis habilidades motrices posición supino.

POSICIÓN	ANTES	DESPUÉS	PORCENTAJE MEJORA
SUPINO	0,50	0,75	33%



6.2 Resultados globales

Tabla 86. Análisis global tiempos.

POSICIÓN	ANTES	DESPUÉS	PORCENTAJE MEJORA
ARRODILLADO	237,1	203,2	14%
CABALLERO	267,4	175,4	34%
CUATRO PUNTOS	268,5	261,3	3%
DE PIE	273,1	213,2	22%
PRONO	359,5	323,7	10%
SENTADO	543,7	451,9	17%
SUPINO	553,5	240,2	57%

Se obtuvo una reducción de tiempos en todas las posiciones, generando incrementos en los porcentajes de mejora.

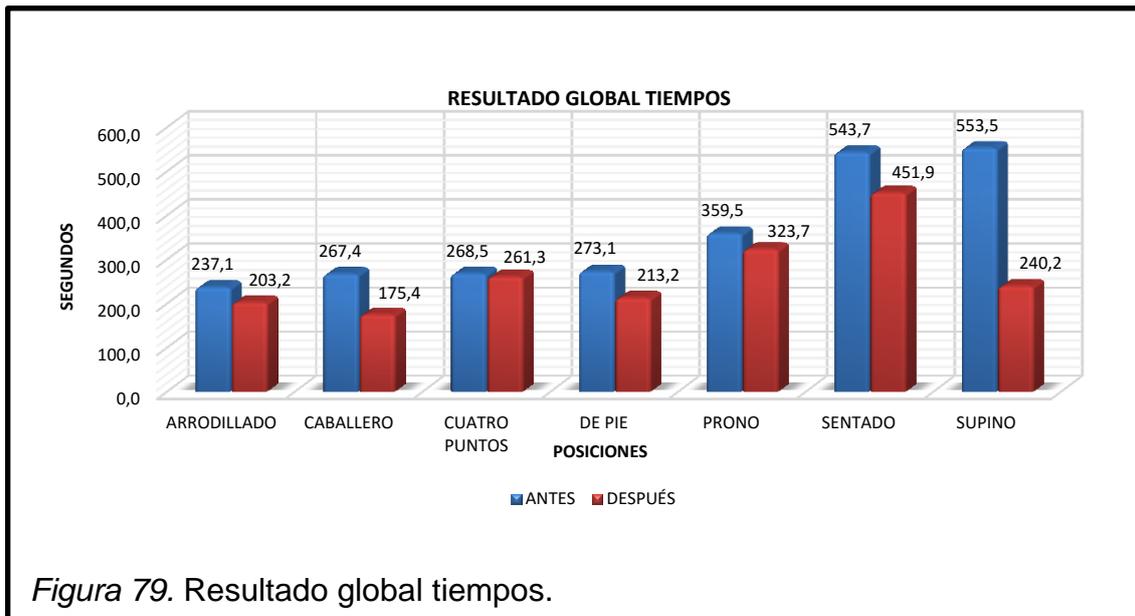


Tabla 87. Análisis global costos.

POSICIÓN	ANTES	DESPUÉS	PORCENTAJE MEJORA
ARRODILLADO	1,65	1,41	14%
CABALLERO	1,86	1,22	34%
CUATRO PUNTOS	1,86	1,81	3%
DE PIE	1,90	1,48	22%
PRONO	2,50	2,25	10%
SENTADO	3,78	3,14	17%
SUPINO	3,84	1,67	57%

Se obtuvo reducción de costos en todas las posiciones, generando incrementos en relación a los porcentajes de mejora.

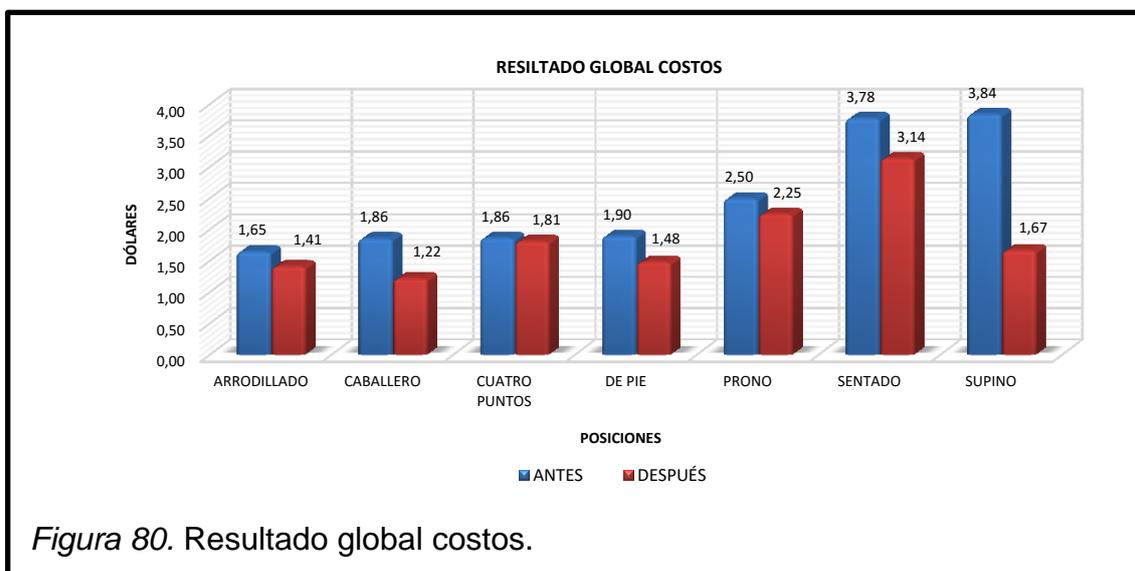


Tabla 88. Análisis global habilidades motrices.

POSICIÓN	ANTES	DESPUÉS	PORCENTAJE MEJORA
ARRODILLADO	0,50	0,75	33%
CABALLERO	0,20	1	80%
CUATRO PUNTOS	0,10	0,40	75%
DE PIE	0,50	1,00	50%
PRONO	0,20	0,60	67%
SENTADO	0,50	1,00	50%
SUPINO	0,50	0,75	33%

Se obtuvo incremento de las habilidades motrices en todas las posiciones, por lo cual incrementos en relación a los porcentajes de mejora.

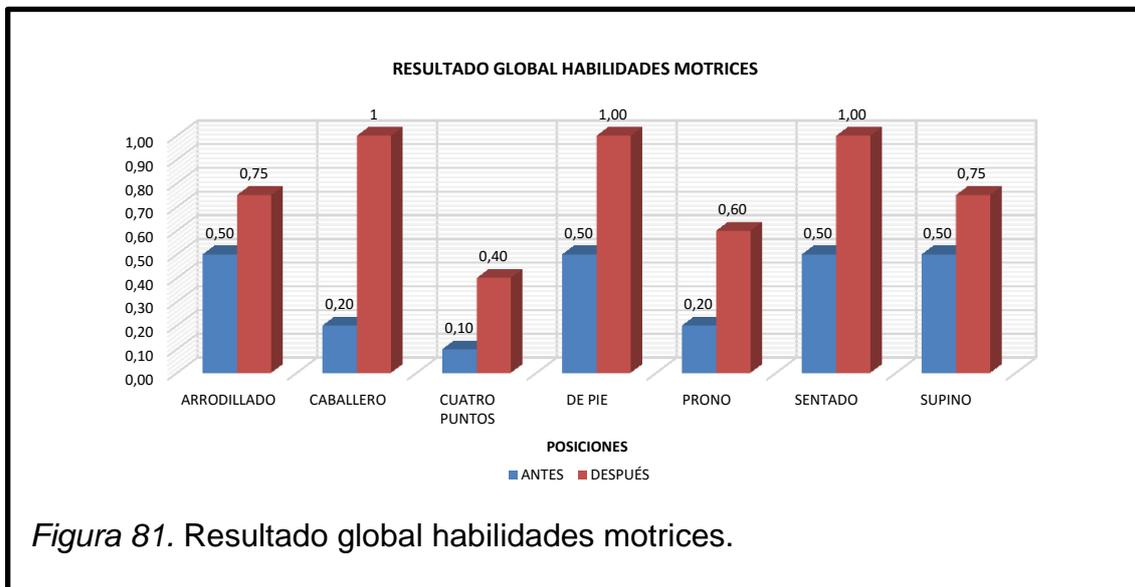


Tabla 89. Análisis tiempos y costos rutina.

RUTINA			
	UNIDAD	ANTES	DESPUÉS
SET UP / DESENSAMBLE	SEG	96	864
TIEMPO REPETICION	SEG	65,55	15,92
# REPETICIONES	U	10	10
SERIES	U	3	3
EJERCICIOS	U	7	7
DESCANSO ENTRE SERIE	SEG	20	10
TRABAJO EFECTIVO	SEG	13765,5	3343,2
TRABAJO NO EFECTIVO	SEG	516	1074
INPUT	SEG	14281,5	4417,2
NÚMERO DE SESIONES	U	3,97	1,23
COSTO SESIÓN	\$	25	25
COSTO PACIENTE	\$	99,18	30,68

Una vez analizado cada uno de los ejercicios por separados, uno de los tiempos más elevados fue el tiempo de SET UP / Desensamble, por lo cual con conocimientos de la doctora Hidalgo se hizo una rutina con 7 ejercicios, permitiendo así reducir significativamente dicho tiempo, ya que solo se toma ese tiempo una vez durante cada sesión.

Mediante la comparación de los análisis de tiempos y costos tenemos como resultado la optimización de los mismos, llegando a la conclusión de que existe una reducción de tiempos de 14281,5 segundos a 4417,2 segundos, y una reducción de costos de 99,18 dólares a 30,68 dólares.

Significando un ahorro total de 9864,3 segundos en cuanto a tiempo, y un ahorro total de 68,50 dólares en costo.

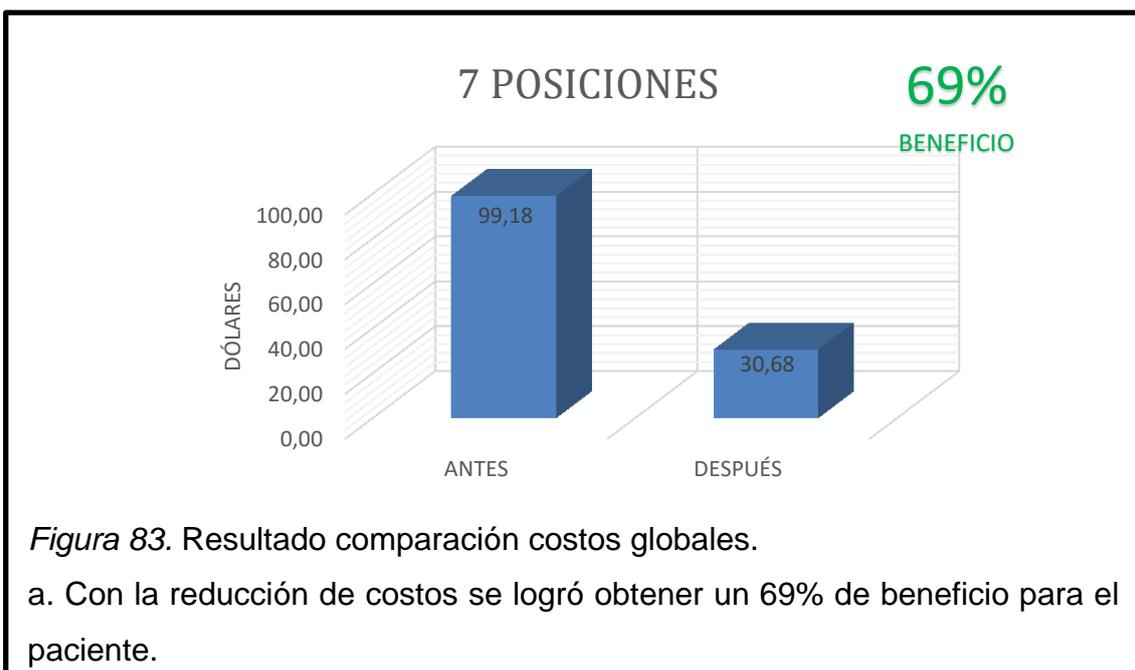
Tabla 90. Análisis tiempos rutina.

POSICIÓN	ANTES	DESPUÉS	PORCENTAJE MEJORA
RUTINA	14281,5	4417,2	69%



Tabla 91. Análisis costos rutina.

POSICIÓN	ANTES	DESPUÉS	PORCENTAJE MEJORA
RUTINA	99,18	30,68	69%



6.3 Aumento productividad

6.3.1 Tiempos

Tabla 92. Aumento productividad parcial: ejercicios/tiempos.

PRODUCTIVIDAD TIEMPOS							
POSICIÓN	ANTES			DESPUÉS			% AUMENTO PRODUCTIVIDAD
	INPUT	OUTPUT	PRODUCTIVIDAD	INPUT	OUTPUT	PRODUCTIVIDAD	
ARRODILLADO	237,14	1	0,004216918	203,20	1	0,00492126	14%
CABALLERO	267,36	1	0,003740275	175,35	1	0,00570288	34%
CUATRO PUNTOS	268,53	1	0,003723979	261,25	1	0,003827751	3%
DE PIE	273,07	1	0,003662065	213,23	1	0,004689772	22%
PRONO	359,48	1	0,002781796	323,67	1	0,003089567	10%
SENTADO	553,52	1	0,001806619	451,85	1	0,002213124	18%
SUPINO	553,52	1	0,001806619	240,16	1	0,004163891	57%
RUTINA	14281,50	7	0,000490145	4417,20	7	0,001584714	69%

Como refleja la Tabla 111. Aumento productividad tiempos, se obtuvo un aumento de productividad en cada una de las posiciones analizadas, siendo así la ENTRADA el tiempo en segundos de cada posición, y la SALIDA, la cantidad de ejercicios por cada posición. Logrando obtener un aumento de productividad en la rutina creada de un 69%.

6.3.2 Costos

Tabla 93. Aumento productividad parcial: ejercicios/costos.

PRODUCTIVIDAD COSTOS							
POSICIÓN	ANTES			DESPUÉS			% AUMENTO PRODUCTIVIDAD
	INPUT	OUTPUT	PRODUCTIVIDAD	INPUT	OUTPUT	PRODUCTIVIDAD	
ARRODILLADO	1,65	1	0,607236232	1,41	1	0,708661417	14%
CABALLERO	1,86	1	0,538599641	1,22	1	0,821214713	34%
CUATRO PUNTOS	1,86	1	0,536252933	1,81	1	0,551196172	3%
DE PIE	1,90	1	0,527337313	1,48	1	0,675327112	22%
PRONO	2,50	1	0,400578614	2,25	1	0,444897581	10%
SENTADO	3,78	1	0,264842198	3,14	1	0,318689831	17%
SUPINO	3,84	1	0,260153201	1,67	1	0,599600266	57%
GLOBAL	99,18	7	0,070580821	30,68	7	0,228198859	69%

Como refleja la Tabla 112. Aumento productividad costos, se obtuvo un aumento de productividad en cada una de las posiciones analizadas, siendo así la ENTRADA el costo en dólares de cada posición, y la SALIDA, la cantidad de ejercicios por cada posición. Logrando obtener un aumento de productividad en la rutina creada de un 69%.

6.3.3 Habilidades Motrices

Tabla 94. Aumento productividad parcial: ejercicios/habilidades motrices.

PRODUCTIVIDAD HABILIDADES MOTRICES								
POSICIÓN	ANTES				DESPUÉS			% AUMENTO PRODUCTIVIDAD
	ENTRADA	SALIDA	PRODUCTIVIDAD		ENTRADA	SALIDA	PRODUCTIVIDAD	
ARRODILLADO	0,50	1	2		0,75	1	1,333333333	63%
CABALLERO	0,20	1	5		1,00	1	1	80%
CUATRO PUNTOS	0,10	1	10		0,40	1	2,5	96%
DE PIE	0,50	1	2		1,00	1	1	50%
PRONO	0,20	1	5		0,60	1	1,666666667	88%
SENTADO	0,50	1	2		1,00	1	1	50%
SUPINO	0,50	1	2		0,75	1	1,333333333	63%

Como refleja la Tabla 113. Aumento productividad habilidades motrices, se obtuvo un aumento de productividad en cada una de las posiciones analizadas, siendo así la ENTRADA las habilidades motrices de cada posición, y la SALIDA, la cantidad de ejercicios por cada posición.

7. CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

De acuerdo con los objetivos planteados se ha llegado a las siguientes conclusiones:

El prototipo dos cumple con las expectativas planificadas, es decir, su diseño es útil y funcional. Se cumplen los parámetros establecidos como estabilidad, sujeción y anclaje.

Los tiempos de cada ejercicio se redujeron logrando un aumento de productividad parcial del 69% suponiendo la ejecución continua de los 7 ejercicios con la rutina creada.

Los costos de cada ejercicio se redujeron proporcionalmente a los tiempos, logrando un aumento de productividad parcial del 69% suponiendo la ejecución continua de los 7 ejercicios con la rutina creada.

Las habilidades motrices del paciente se incrementaron, logrando un aumento de productividad de cada objetivo planteado.

El paciente con parálisis cerebral ejecuta los ejercicios de una forma más rápida, sin dolor y sobre todo efectiva.

Las metodologías tradicionales de neurorehabilitación son efectivas, pero la implementación de una herramienta permitió: acelerar procesos, reducir costos y aumentar las habilidades motrices del paciente.

Durante los 3 meses de evaluación el paciente logró reducir los tiempos de ejecución de cada uno de los ejercicios realizados. Además se logró disminuir los costos de terapia para el paciente, ya que la relación tiempos y costos es proporcional, y lo más importante de todo se logró aumentar sus habilidades motrices.

7.2 Recomendaciones

Los tiempos de SET up en la metodología propuesta son mucho mayores a los de la metodología tradicional, por lo cual se debería hallar una solución para disminuir dichos tiempos. Entre los problemas encontrados fueron:

La manera de anclaje de las diferentes piezas para la ejecución del ejercicio aun es ineficiente, pues se utiliza una llave hexagonal perdiendo tiempo en el ajuste de los pernos.

La colocación de las piezas dependiendo el ejercicio toma mucho tiempo, se debería tratar de armar las diferentes piezas al inicio del día y hacer una rutina fija para todos los pacientes, de tal manera los tiempos de SET UP solo se medirán una vez al día.

Por otro lado, existen diferentes actividades que realizan los pacientes de forma tradicional, por lo cual se recomienda la creación e innovación de nuevas herramientas para ayudar a facilitar los procesos de neurorehabilitación en pacientes con PC.

Así como la herramienta creada ayudará a cientos de pacientes con parálisis cerebral, nuevas ideas ayudarán a mejorar su estilo de vida en un menor periodo de tiempo.

REFERENCIAS

- Arcas, M., Gálvez, D., León, J., Paniagua, S., García, I y Pellicer, A. (2004). *Manual de fisioterapia: Generalidades*. Sevilla, España: MAD.
- Balsera, L. (s.f.). *Fisioterapia Neurológica: Concepto Bobath*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2015, de <http://www.fisioterapianeurologica.es/tratamientos/concepto-bobath/>
- Bravo, J. (2008). *Gestión de procesos*. Santiago, Chile: Evolución S.A.
- Carro, R y González, D. (2014). *Administración de las operaciones*. Mar del plata, Argentina: Nueva librería.
- Cerebral Palsy Alliance. (s.f.). *Gross Motor Function Classification System - Extended and Revised*. Obtenido de <https://www.cerebralpalsy.org.au/what-is-cerebral-palsy/severity-of-cerebral-palsy/gross-motor-function-classification-system/>
- Christopher & Dana Reeve Foundation. (s.f.). *Parálisis Resource Center*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2015, de <http://www.christopherreeve.org/atf/cf/%7Bf94b00e6-d099-4296-9544-1926c81d749a%7D/PAR%C3%81LISIS%20CEREBRAL.PDF>
- Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades. (s.f.). *Estadística personas con discapacidad*. Recuperado el 10 de Enero de 2016, de http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/02/estadisticas_discapacidad.pdf
- Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades. (s.f.). *Estadística personas con discapacidad*. Recuperado el 08 de Noviembre de 2015, de http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/02/estadisticas_discapacidad.pdf
- Córdoba, C. (2008). *Gerenciaprosesos*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2015, de <http://gerenciaprosesos.comunidadcoomeva.com/blog/index.php?/categorias/3-3-Macroprocesos>
- Definición. (s.f.). *Definición de efectivo*. Recuperado el 07 de Enero de 2016, de <http://definicion.de/efectivo/>

- Definición. (s.f.). *Flujograma*. Recuperado el 08 de Enero de 2016, de <http://definicion.mx/flujogramas/>
- Deming, E. (1982). *Out of the crisis*. London, Inglaterra: Massachusetts Institute of Technology.
- Discapnet. (s.f.). *Parálisis Cerebral*. Recuperado el 11 de Enero de 2016, de <http://salud.discapnet.es/Castellano/Salud/Discapacidades/Desarrollo%20Motor/Paralisis%20cerebral/Paginas/Descripcion.aspx#top>
- Fernández, M. (2003). *El Control, Fundamento del la Gestión por Procesos y la Calidad Total*. Madrid, España: ESIC.
- García, A. (2004). *Niños y niñas con Parálisis Cerebral: Descripción, Acción Educativa e Inserción Social*. Madrid: NARCEA S.A.
- Goldratt, E y Fox, R. (1986). *The race*. Massachusetts, Estados Unidos: North River Press.
- Hammer, M. y Champy, J. (1993). *Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution*. Nueva York, Estados Unidos: HarperCollins Publishers Inc.
- Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social. (s.f.). *Exo esquelético robotico: LOKOMAT*. Recuperado el 11 de Noviembre de 2015, de http://www.iess.gob.ec/es/web/mobile/home/-/asset_publisher/0hbG/content/iess-incorporo-equipos-roboticos-para-rehabilitacion-del-paciente/10174?redirect=http%3A%2F%2Fwww.iess.gob.ec%2Fes%2Fweb%2Fmobile%2Fhome%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_0hbG%26p_p_lifecycle%
- ISO9001Calidad. (s.f.). *Cómo elaborar un flujograma*. Recuperado el 02 de Enero de 2016, de <http://iso9001calidad.com/como-elaborar-un-flujograma-136.html>
- Levitt, S. (2001). *Tratamiento de la parálisis cerebral y del retraso motor*. Médica Panamericana.
- Lorino, P. (1993). *El Control de Gestión Estratégico*. Barcelona, España: S.A. MARCOMBO.

- Organization, International Standards. (s.f.). *ISO 9000: Sistemas de gestión de calidad - Fundamentos y vocabulario*. Recuperado el 28 de Enero de 2016, de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9000:ed-3:v1:es>
- Pérez, J. (2010). *Gestión por procesos*. Madrid, España: ESIC.
- Póo, P. (2008). *Parálisis Cerebral Infantil*. Recuperado el 12 de Enero de 2016, de <https://www.aeped.es/sites/default/files/documentos/36-pci.pdf>
- Prokopenko, J. (1987). *Productivity management: A practical handbook*. Ginebra, Suiza: Internacional Labour Organisation.
- Rodriguez, C. (1993). *El nuevo escenario: la cultura de calidad y productividad de las empresas*. Guadalajara, México: ITESCO.
- Ruiz, A y Arteaga, R. (2006). *Síndromes y apoyos: Panorámica desde la ciencia y desde las asociaciones*. Madrid, España: FEAPS.
- Salazar, L. (2012). *Estudio de tiempos*. Recuperado el 08 de Enero de 2016, de <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/estudio-de-tiempos/>
- TherasuitMethod. (s.f.). *Descripción Therasuit*. Recuperado el 12 de Diciembre de 2015, de <http://www.suittherapy.com/spanish.htm>
- UNICAUCA. (s.f.). *Universidad del Cauca*. Recuperado el 22 de Enero de 2016, de <http://vri.unicauca.edu.co:8081/modernizacion/index.php/es/actualidad/79-importancia-de-la-gestion-de-procesos-en-la-universidad>
- Universidad de Guadalajara. (s.f.). *Diagrama de flujo*. Recuperado el Enero 03 de 2016 , de <http://148.202.167.49/portafolio/view/view.php?id=31428>
- Universidad Tecnológica de Pereira. (s.f.). *Abordaje y manejo de la parálisis cerebral*. Recuperado el 12 de Enero de 2016, de <http://academia.utp.edu.co/programas-de-salud-3/files/2014/02/GU%C3%8DA-PAR%C3%81LISIS-CEREBRAL.-FINAL.pdf>

ANEXOS

Anexo 1.- Planos Prototipo Final