

UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Departamento de Mecánica Aplicada y Dibujo



Trabajo de Diploma

Título: "Diseño preliminar de una mesa quirúrgica, para operaciones de cadera".

Autor: Emmanuel Trull Remedios.

Tutor: Dr. Yamil S. Campos.

Curso 2008-2009

“El hombre no logrará lo posible, hasta que se encuentre en busca de lo imposible”.

Max Weber

Dedicatoria:

Por ser mi guía y ejemplo a seguir como futura profesional, le dedico esta tesis a mi abuelo Félix Remedios, mecánico dedicado a su labor.

Agradecimientos:

Quisiera agradecerle primeramente a mis padres, Odalys Remedios y Francisco José Trull, por todo su apoyo y comprensión durante estos cinco años de carrera, a mi mujer y compañera Lirie Ayme González, por estar a mi lado en todo momento. Además agradecer al cirujano ortopédico Orestes Mora, por brindarme su ayuda incondicional durante la realización de este trabajo, a mi tutor Yamíl Campos por su ayuda y a todos mis amigos.

Resumen

El presente trabajo aborda una aplicación de la biomecánica en la medicina desde la óptica del desarrollo sostenible. Específicamente trata sobre el diseño preliminar de una mesa quirúrgica para la operación de cadera, que facilite la colocación y fijación del paciente, así como la manipulación del cirujano. Primeramente se hace una valoración sobre las características geométricas y funcionales de las mesas quirúrgicas y el desarrollo de estos dispositivos biomédicos en Cuba y en el mundo. Se argumenta cómo, con el empleo de las técnicas del diseño asistido por computadoras CAD, es posible proponer un nuevo diseño que supere las limitaciones del equipamiento que existe actualmente en el centro del país. El diseño propuesto consta de siete subensambles, cuatro de ellos son de acero inoxidable 304L y tres son de acero común 1010, también se utilizó el Quartz, por sus propiedades radiotransparentes. La mesa es un producto ergonómico, porque responde a las necesidades del cirujano y las del paciente.

Abstract

The present work approaches an application of the biomechanics in the medicine from the optics of the sustainable development. Specifically the preliminary design of a device articulate motive tries on the design for the hip operation that facilitates the placement and fixation from the patient to the surgical table, as well as the surgeon's manipulation. Firstly a valuation is made on the geometric and functional characteristics of the surgical tables and the development of these biomedical devices in Cuba and in the world. One argues how, with the employment of the techniques of the design attended by computers CAD, it is possible to propose a new design that overcomes the limitations of the equipment that it exists at the moment in the center of the country. The proposed design consists of seven subensambles, four of them are made of stainless steel 304L y three they are made of common steel 1010, the Quartz was also used, for its properties radiotransparentes. The table is an ergonomic product, because she responds to the surgeon's necessities and those of the patient.

Introducción.....	1
Capítulo I: Estado del Arte de las Mesas Quirúrgicas.....	6
1.1 La mesas quirúrgica y su desarrollo en la cirugía ortopédica.....	6
1.2 Descripción de las principales características de las mesas quirúrgicas.....	6
1.3 Tipos y clasificación de las mesas quirúrgicas.....	10
1.4 Mesa quirúrgica utilizada para la cirugía de cadera.....	12
1.5 Dispositivos y accesorios que son utilizados en las mesas quirúrgicas para operaciones de cadera.....	13
1.6 Evolución en el diseño de las mesas quirúrgicas para operaciones de cadera a nivel mundial.....	17
1.7 Los materiales empleados y sus principales características para la fabricación de mesas quirúrgicas.....	19
1.8 Criterios fundamentales y posiciones quirúrgicas para la ubicación del paciente en la mesa quirúrgica para operaciones de cadera.....	20
1.9 Estado actual de las mesa quirúrgicas para operaciones de cadera en la región central del país.....	24
1.10 Conclusiones parciales.....	27
Capítulo II Diseño preliminar.....	28
2.1 Criterios ergonómicos y su función en el diseño mecánico.....	28
2.2 Propuesta de diseño preliminar de una mesa quirúrgica para operaciones de cadera.....	30
2.3 Descripción de las principales características geométricas y funcionales de la mesa quirúrgica para operación de cadera.....	31
2.4 Descripción de las características geométricas y funcionales de los subensambles, que componen la mesa quirúrgica.....	33
2.5 Selección de los materiales que se van a utilizar en la fabricación de la mesa quirúrgica.....	41
2.6 Selección del proceso de soldadura para el acero inoxidable 304L y el acero 1010.....	47
2.7 Selección del electrodo para el acero 304 L y 1010.....	48

2.8 Conclusiones parciales.....	49
Capítulo III Cálculo de la resistencia.....	50
3.1 Análisis mediante el Método de los elementos finitos de la estructura de la mesa.....	50
3.1.1 Creación del modelo geométrico de la estructura o pieza a analizar.....	50
3.1.2 Definición de las propiedades mecánicas del material a utilizar.....	51
3.1.3 Generación de la malla de elementos finitos.....	52
3.1.4 Definición de las cargas que se aplican sobre los apoyos.....	53
3.1.4.1 Criterios para hallar las distancias y proporciones del cuerpo humano.....	55
3.1.4.2 Metodología de cálculo para hallar el peso de cada miembro del cuerpo humano y localización de su centro de masa.....	56
3.1.4.3 Determinación de las distancias y proporciones de las partes del cuerpo humano.....	57
3.1.4.4 Cálculo del peso y localización del centro de masa de las partes del cuerpo humano de proximal a discal.....	59
3.1.4.5 Determinación de los Centros Gravedad.....	61
3.1.4.6 Determinación de las reacciones en los apoyos.....	62
Posición del hombre acostado.....	63
Posición del hombre sentado.....	64
3.1.5 Definición de las condiciones de contorno o apoyos.....	65
3.1.6 Realización del análisis o cálculo.....	66
3.1.7 Visualización y análisis de los resultados.....	67
3.1.7.1 Análisis de los resultados del Soporte de la espalda.....	67
Tensiones equivalentes máximas.....	67
Desplazamientos.....	68
3.1.7.2. Análisis de los resultados del Sistema de tracción.....	68
Tensiones equivalentes máximas.....	68
Desplazamientos.....	69
3.2 Conclusiones parciales.....	70
Conclusiones generales.....	71
Recomendaciones.....	73
Bibliografía.....	74
Anexos.....	76

Introducción

Los orígenes de la cirugía, se remontan a los inicios de la humanidad y aunque los métodos de tratamiento de fracturas, han ido cambiando a lo largo de la historia de la medicina, el objetivo de los médicos ha sido siempre: recuperar y rehabilitar al paciente hasta su estado funcional y óptimo. Se tienen evidencias de intervenciones quirúrgicas realizadas por el hombre, que datan de cientos de miles de años, todas las civilizaciones que surgieron en la antigüedad realizaron aportes a la cirugía como ciencia, unas sobresaliendo más que otras, en dependencia del nivel de desarrollo alcanzado por las mismas.

El término de cirugía, viene del griego “quiros” y aparece, como un ingrediente esencial del acto quirúrgico, que se practicaba desde las civilizaciones antiguas, como una vía de curar las enfermedades. Desde su descubrimiento, la cirugía es considerada como un acto agresivo para el hombre, con fines beneficiosos, que pretende aliviar al paciente de su dolencia. La cirugía es una respuesta a las necesidades humanas, que fueron surgiendo, como resultado de la relación con el entorno, en el que se desarrollaba el hombre antiguo, que ante la pérdida de vidas, se vio obligado a intervenir quirúrgicamente, para evitar la muerte.

En el siglo XIX se producen una serie de hechos, que marcan el desarrollo de la cirugía ortopédica, en primer lugar, se produce una fusión entre la medicina y la cirugía, pasando ésta última, a ser considerada como una ciencia, con todas sus implicaciones. En segundo lugar, el inicio y el desarrollo de la anestesia y la antisepsia, permitió realizar una cirugía enfocada a los resultados, más que a la rapidez, con estas técnicas quirúrgicas más sofisticadas, dejando atrás las amputaciones y logrando así, un aumento espectacular en las tasas de supervivencia de los pacientes, con fracturas graves. Por último, el descubrimiento de los rayos-X, al finalizar el siglo XIX, permitió un abordaje directo a la patología ósea y posteriormente al interior del organismo humano.

Con los avances de la cirugía ortopédica, también fueron perfeccionándose los equipos e instrumentales médicos que facilitan la labor en el quirófano. En ello el diseño mecánico ha jugado un papel fundamental, desarrollando instrumentos de los más complejos diseños y formas, en función de las necesidades surgidas en la práctica.

Debe destacarse, que uno de los elementos imprescindibles dentro de la sala de cirugía, es la mesa quirúrgica, la cual dispone de diversos dispositivos y accesorios, según el tipo de operación a realizar. El propio desarrollo alcanzado por la humanidad en la técnica, ha facilitado, que en la actualidad existan empresas especializadas en el diseño y la fabricación de mesas como: la MARQUET y la OPERON, que se dedican a perfeccionar los diseños de las mesas quirúrgicas, destinadas a las operaciones de cadera, con el objetivo de buscar mayor comodidad al paciente y mayores facilidades a los cirujanos, a la hora de la intervención quirúrgica.

Un gran paso en la evolución de la biomecánica, fue el descubrimiento de materiales más resistentes y ligeros, que garantizan la calidad y durabilidad de la mesa.

Por otra parte, las enfermedades del sistema óseo-muscular, representan la causa más común de incapacidad física, que afecta la calidad de vida de cientos de millones de personas en todo el mundo, en especial los problemas relacionados con la articulación de la cadera, que se han convertido en una prioridad a nivel mundial. En este sentido, se considera que el 30 por ciento de los ingresos en los Servicios de Ortopedia y Traumatología de los países desarrollados, son debidos a las fracturas de cadera. Por tanto, las investigaciones biomecánicas y el desarrollo de dispositivos biomédicos para dar solución a este problema, demanda, cada vez más, la atención de los especialistas multidisciplinarios y de una tecnología de punta.

En Cuba, el desarrollo alcanzado en la medicina, desde el punto de vista de la formación de profesionales, es muy rico, pero referido a la utilización de la tecnología, el país, no ha sido favorecido en este aspecto. Nuestros avances tecnológicos se ven frenados por la situación económica actual y la falta de presupuesto, que impiden la

adquisición de otras tecnologías más avanzadas y de precios superiores. Los dispositivos que se encuentran en los hospitales cubanos, muchos son donados y otros son comprados con grandes esfuerzos.

En la provincia de Villa Clara, se encuentra el hospital Clínico Docente Arnaldo Milián Castro, el único en la provincia que realiza actualmente operaciones de cadera. Su equipamiento está muy deteriorado y ante esta situación, fue adaptado, por la propia inventiva de los especialistas del hospital, adecuándose a las condiciones reales, pero tiene varias limitaciones funcionales y no se garantizan totalmente las condiciones de asepsia requeridas.

En el caso del Hospital Manuel Fajardo de la ciudad de Santa Clara, debe señalarse que actualmente se ve imposibilitado de realizar este tipo de operación por no contar con el equipamiento necesario para ello y la imposibilidad actual de su adquisición en el exterior. El costo de las Mesas quirúrgicas que se ofertan por las grandes compañías de países desarrollados puede llegar a alcanzar cifras que superan los miles de dólares, en dependencia de la complejidad, de la gama de posibilidades con que cuenta y del modelo.

Teniendo en cuenta la problemática anterior, surge la necesidad de hallar una solución a la misma, la cual pudiera estar en el desarrollo de una nueva mesa quirúrgica para operación de cadera. Provista de un sistema de fijación de los miembros inferiores del paciente, de manera que garantice la realización de la técnica operatoria pronosticada en este tipo de operación. Para ello se tomaría como base las características constructivas y funcionales de las mesas existentes a nivel internacional, pero con una serie de modificaciones en función de acomodar sus posibilidades a las necesidades existentes en el Hospital (Militar) Manuel Fajardo de Santa Clara y teniendo en cuenta el criterio de los cirujanos. Además esto permitiría sustituir importaciones y contribuir al desarrollo de las técnicas quirúrgicas en los hospitales de la región central del país.

Por tanto surge la **hipótesis** siguiente:

Es posible realizar el diseño preliminar de una mesa quirúrgica para operaciones de cadera, con vista a facilitar la manipulación de los dispositivos y colocación correcta del paciente durante el procedimiento quirúrgico.

Objetivo General

Desarrollar el diseño preliminar de un prototipo de una mesa quirúrgica para cirugías de cadera que cumpla con los criterios sanitarios, que se ajuste a las necesidades del cirujano y supere las limitaciones que presenta en la actualidad en el hospital Manuel Fajardo de Santa Clara, mediante el uso de herramientas de simulación y modelación por computadoras CAD-CAE.

Objetivos específicos

- Realizar un estudio sobre el desarrollo tecnológico alcanzado a nivel internacional en el diseño y construcción de las mesas quirúrgicas empleadas en operaciones de cadera.
- Realizar un análisis y estudio de las características principales que presentan las mesas quirúrgicas en el centro del país, para las diferentes colocaciones del paciente en las operaciones de cadera, con el fin de perfeccionar y complementar el equipamiento existente.
- Desarrollar el diseño preliminar de una nueva mesa quirúrgica, para operaciones de cadera, que satisfaga las necesidades del cirujano y cumpla con los criterios sanitarios y funcionales, superando las limitaciones que imposibilitan realizar las operaciones de cadera en el Hospital Manuel Fajardo de Santa Clara.
- Realizar el cálculo de resistencia de la estructura de la mesa quirúrgica mediante el uso del método de los elementos finitos.

La incursión de la ingeniería mecánica en la solución de problemas relacionados con la biomecánica médica, constituye un campo de investigación en crecimiento que tiene

una importante repercusión social. El presente trabajo constituye una primera aproximación que brinda una pequeña contribución en ese sentido, con el diseño preliminar de una mesa quirúrgica para operaciones de cadera. Para ello se empleó la técnica del diseño asistido por computadora, conocida como sistema CAD.

Las perspectivas de desarrollo de esta investigación pudieran constituir un aporte a la salud pública al posibilitar el ahorro de recursos materiales por diferentes conceptos; contribuyendo a mejorar la calidad de vida y la atención médica a pacientes, facilitando el proceder quirúrgico al personal médico. Con esto se abre nuevas perspectivas de desarrollo de la bioingeniería aplicada en específico a la ortopedia, fundamentalmente en los países en vías de desarrollo que no cuenta con posibilidades de acceder a las tecnologías de punta.

Capítulo I. Estado del Arte de las Mesas Quirúrgicas.

1.1 La mesa quirúrgica y su desarrollo en la cirugía ortopédica.

En la actualidad se aprecia una evolución en la medicina, producto de los grandes descubrimientos de la ciencia y la técnica, generados a través de los años. Antiguamente se practicaba la cirugía, ante la necesidad de no perder vidas humanas, era una actividad carente de instrumentos e higiene, donde se utilizaban métodos arcaicos y en muchos de los casos el paciente no sobrevivía.

En otros tiempos, la cirugía estuvo ligada a la religión, retrazando su desarrollo como ciencia, era considerada como una sola ciencia en su totalidad, no fue hasta el siglo XIX que comenzó a dividirse por especialidades, según el tipo de cirugía a realizar, apreciándose un auge en la Traumatología y Cirugía Ortopédica. Este avance, fue propiciado por el descubrimiento de los rayos X en 1895, y el desarrollo de nuevos materiales, que hicieron que estos tipos de cirugía fueran considerados, como ciencias independientes. [1]

Con el desarrollo de la tecnología, los ingenieros, trabajan en pos de mejorar la calidad y el funcionamiento de los dispositivos, instrumentos y equipos médicos empleados en las diferentes especialidades quirúrgicas, favoreciendo el surgimiento de nuevos métodos y técnicas, desde el punto de vista mecánico. Estos avances han permitido la evolución de los dispositivos, facilitando la realización de intervenciones quirúrgicas, que hace unos años atrás, eran consideradas imposibles. En ello, la Ingeniería Mecánica y en específico, el diseño mecánico, juega un papel fundamental en la innovación de instrumentos de las más complejas formas y diseños, en función de las necesidades surgidas en la práctica. [2]

Dentro de la gran variedad de accesorios y equipos utilizados en el proceso operatorio, se encuentra la mesa quirúrgica, considerada uno de los dispositivos más importantes e imprescindibles, de los empleados durante la cirugía. Con el desarrollo alcanzado en el

diseño y la fabricación de mesas quirúrgicas, se han elaborado nuevos modelos, que le facilitan movilidad y comodidad, tanto al cirujano, como al paciente, posibilitando que el funcionamiento de la mesa sea eficiente y con este, el éxito de la intervención quirúrgica.

Es necesario señalar la presencia de sistema de ajustes mecánicos, en paralelo con los sistemas hidráulicos o eléctricos, proporcionando seguridad al máximo y evitando que ante cualquier falla en los mismos, se vea afectada la vida del paciente.

La mesa quirúrgica es el elemento principal, que se encuentra dentro del salón de operaciones, generalmente es de acero inoxidable, con una estructura que permita la adaptación de accesorios y sistemas, ya sean: mecánicos, hidráulicos o eléctricos. [3]

1.2 Descripción de las principales características de las mesas quirúrgicas.

Esta estructura debe poseer una serie de requisitos y características técnicas, en correspondencia con el tipo de operación a realizar. Una cómoda posición del paciente, un control de los movimientos y la regulación de todos los accesorios en su conjunto, además de permitir la colocación de los diferentes equipos como: Servo anestesia, el Arco en C, mesa de herramientas entre otros; siendo estas, algunas de las características fundamentales a tener en cuenta en su diseño, como se mencionan a continuación. [3]

- Gran estabilidad.
- Confortable.
- Fácil acceso del cirujano a la zona.
- Resistente a los líquidos desinfectantes utilizados en la limpieza.
- No presentar zonas o cavidades donde se pueda acumular el agua.
- Transporte fácil.
- Cambio de posiciones y de movimientos pocos complejos, con el objetivo de evitar acciones bruscas que afecten el estado del paciente.

- La presencia de materiales radiotransparentes, es una característica indispensable en la mesa de Traumatología y Ortopedia, porque brinda la posibilidad de que los rayos X pasen a través de las estructuras, permitiendo radiografiar la parte del sistema óseo-muscular dañada.
- Acolchado autoadhesivo con un recubrimiento de caucho antideslizante, para evitar el deslizamiento y buscar una mejor comodidad del paciente.
- Poseer guías de deslizamiento laterales, que permitan la colocación de accesorios.
- Sistemas mecánicos, eléctricos e hidráulicos que faciliten el movimiento de la mesa ya sea vertical, lateral o de rotación.
- Permitir la colocación de los equipos de trabajo a su alrededor.

Estas características resultan de gran importancia en el funcionamiento eficiente de la mesa, cada una de ellas, constituye una parte necesaria e indispensable.

Durante el funcionamiento de la mesa quirúrgica, debe facilitarse la realización de diferentes tipos de movimientos, según las particularidades de la cirugía a efectuar. Algunos de estos movimientos son: [3]

- Regulación longitudinal y de la altura (Figura 1): este movimiento se realiza para acomodar al paciente, a determinada distancia o altura, según las características de la operación y buscando que el cirujano tenga un fácil acceso a la parte dañada.

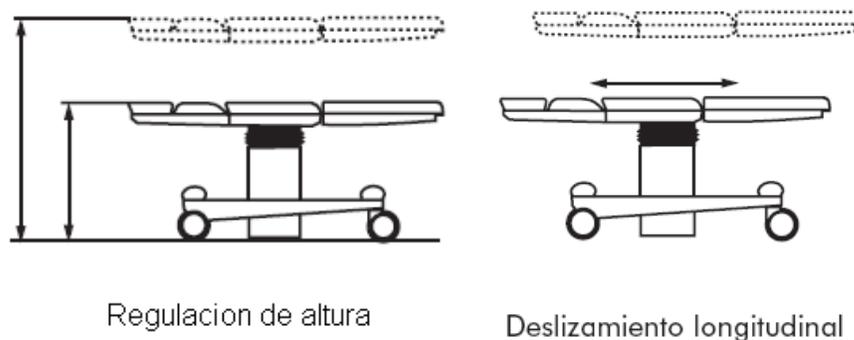


Fig. 1. Regulación longitudinal y de la altura

- Inclinación lateral a ambos lados (Figura 2): este movimiento permite que la mesa se eleve hasta dejar la cabeza más baja que el tronco, descansando las rodillas a nivel de la articulación de la mesa. También, permite que descienda en dirección caudal (pies hacia abajo).

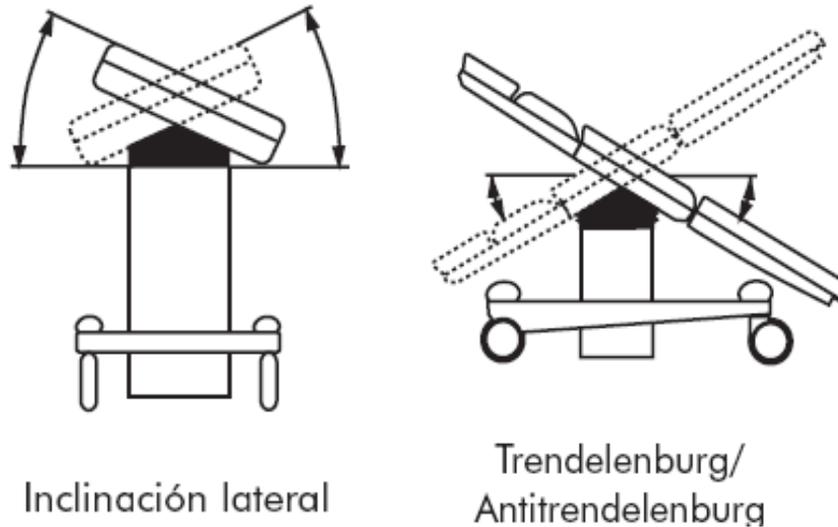
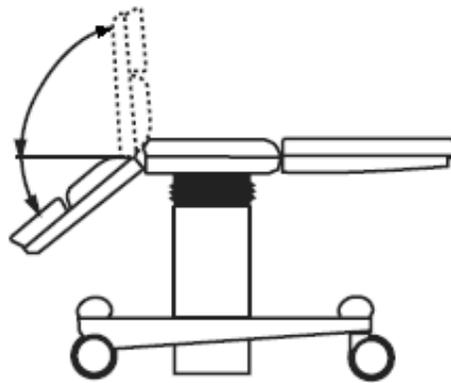


Fig. 2. Inclinación lateral a ambos lados.

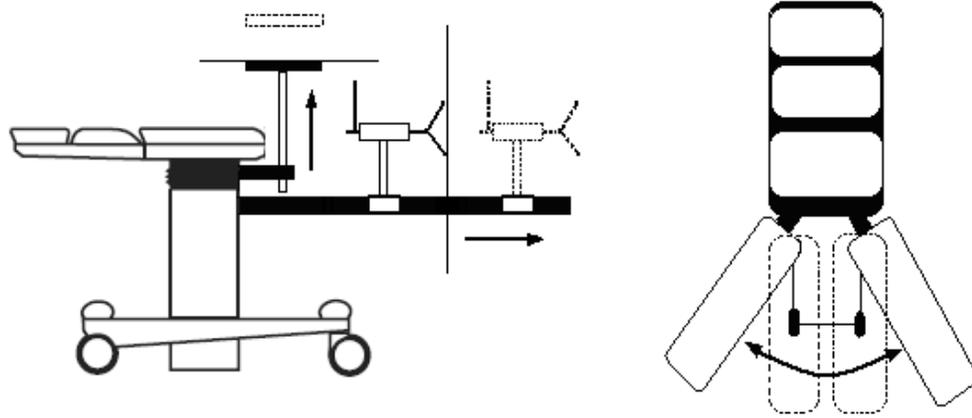
- Regulación de la placa lumbar arriba y abajo (Figura 3): es un movimiento que le permite al cirujano levantar la espalda del paciente hasta quedar sentado.



Regulacion de la placa lumbar arriba y abajo

Fig. 3. Regulación de la placa lumbar arriba y abajo.

- Regulación de las piernas por separado y juntas (Figura 4): permite independizarlas, con el objetivo de facilitar el trabajo del cirujano. (solo manualmente). Movimiento necesario para realizar la flexión y extensión permitiendo la fijación de las piernas para las intervenciones de la rodilla.



Regulacion de las piernas por separado

Cerrar y abrir las piernas

Fig. 4. Regulación de las piernas por separado y juntas.

1.3 Tipos y clasificación de las mesas quirúrgicas.

En la actualidad las empresas, se han especializado en una amplia gama de variedades, con el propósito de mejorar la estética y la funcionalidad de las mesas quirúrgicas actuales, buscando que las mismas cumplan con la seguridad e higiene requeridas, evitando infecciones que afecten el estado del paciente.

Existen diferentes clasificaciones de mesas quirúrgicas, según las especialidades de la Medicina. Se pueden encontrar mesas quirúrgicas, para la Cirugía General, Urología, Ginecología, Neurología, Cirugía Vasculat, Oftalmología, Cirugía de columna y para otras muchas especialidades. [4]

La mesa quirúrgica universal, la cual es considerada como la mesa más completa a nivel internacional, ya que posee diferentes dispositivos, que le permiten realizar operaciones de todas las especialidades médicas. Según la Empresa Marquet, después de la mesa universal, la mesa quirúrgica más utilizada es la de Traumatología y Ortopedia, (ver anexos, Clasificación de las mesas quirúrgicas respecto al tipo de

especialidad tabla 1a), b), c)) debido a que esta posee una gran complejidad de manipulación por los diferentes tipos de movimientos y desplazamientos que puede efectuar y la diversidad de posiciones que puede adoptar el paciente durante la cirugía, logrando una correcta colocación anatómica [4]. Provista además, de una serie de accesorios de fijación y dispositivos. Otra característica que la distingue del resto de las mesas, es la compatibilidad con el equipamiento existente haciéndola adaptable a cualquier especialidad con los accesorio para ortopedia y traumatología.

La compañía Marquet, propone una clasificación detallada, dividiéndolas según el tipo de especialidad. [4] Clasificándolas de la siguiente forma.

- Cirugía general.
- Cirugía Urología.
- Traumatología y Ortopedia.
- Cirugía de Columna.
- Neurocirugía.
- Cirugía vascular.
- Oftalmología ORL.

De acuerdo a esta clasificación, la mesas quirúrgicas que se pueden utilizar para la Cirugía de Traumatología y Ortopedia son: Tablero quirúrgico 1150.20, Beta Star, Ortho Star, Betha Classic, Alpha Classic, Alpha Star, Alpha Maxx. (Ver anexos, Clasificación de las mesas quirúrgicas respecto al tipo de especialidad tabla 1a), b), c)) [4]

Estas mesas quirúrgicas son empleadas en la realización de operaciones de cadera, una cirugía que se encuentra dentro de la amplia variedad de intervenciones que se pueden efectuar con la utilización de este tipo de mesas.

1.4 Mesa quirúrgica utilizada para la cirugía de cadera.

La cirugía de cadera, es una especialidad que surge ante la necesidad médica, de intervenir en el sistema óseo-muscular. En sus primeros años, era parte de la cirugía general, pero con la evolución de la medicina y de las ciencias tecnológicas, la cirugía se fue separando por especialidades, según las funciones del cuerpo humano, apareciendo así, la Ginecología, la Urología, Cardiología, Oftalmología, Traumatología y Ortopedia, entre otras cirugías, que se fueron desarrollando, con el paso del tiempo.

En el caso específico de la cirugía de cadera, fue adquiriendo particularidades que la diferencia del resto, ya sea por los diferentes accesorios utilizados en su aplicación, como por las características propias de este tipo de cirugía. [5]

La mesa quirúrgica utilizada para este tipo de especialidad se caracteriza por tener una estructura esquelética, con el objetivo de facilitar la llegada del equipo de radiografía a todas las extremidades del paciente, además presenta un tubo entre piernas y un sistema de tracción del pie, con la función de sujetar al paciente y ubicar al mismo en las distintas posiciones que necesite el cirujano, (ver figura 5) , es por ello que su diseño se encuentra muy vinculado a los criterios de especialistas, como el anestesiólogo, el radiólogo y el cirujano ortopédico.



Fig. 5. Mesa quirúrgica para la cirugía de cadera.

La complejidad de esta intervención, provoca que exista variedad en los tipos de dispositivos a utilizar para su realización. Cada accesorio tiene particularidades, que se ajustan a las características de la operación, facilitando el trabajo del cirujano en el salón.

1.5 Dispositivos y accesorios que son utilizados en las mesas quirúrgicas para operaciones de cadera.

Las mesas quirúrgicas están formadas por una gran diversidad de dispositivos, según las características propias de la mesa y de las particularidades de la operación a realizar. En cuanto a los accesorios, debe señalarse que son piezas o dispositivos que se les añaden a la mesa, dependiendo del tipo de intervención quirúrgica a realizar y de la posición específica que esta necesita, para su eficaz desenvolvimiento. Los accesorios que requiere la mesa quirúrgica para cirugía de cadera, no deben tener rozamiento con la piel del paciente, es decir, no puede existir un contacto directo, por lo que, la mesa debe estar acolchonada, con el fin de evitar posibles complicaciones, al adoptar cualquier posición durante la intervención quirúrgica. [3]

El diseño de estos dispositivos, lleva implícito la posibilidad de variación ante cualquier cambio en la técnica operatoria. Los mismos, están diseñados para adaptarse a las nuevas condiciones que se impongan, siempre buscando una mayor comodidad, tanto para el paciente, como para el cirujano, durante la intervención y lograr que la manipulación sea lo más eficiente posible. [3]

En el caso específico de la mesa quirúrgica para operación de cadera, se pueden mencionar los siguientes dispositivos:

- 1. Soportes de guías de piernas** (Figura 6): son fijados a la estructura de la mesa, para darle movilidad y sostén a la pierna. Su forma y diseño, le permite ser intercambiable, facilitando la utilización de otros accesorios durante la operación.



Fig. 6. Soportes de guías de piernas.

2. **Soportes de guías de brazos** (Figura 7): son ajustados a la estructura de la espalda de la mesa, permitiendo la rotación y ajuste de las extremidades superiores del paciente, según su tamaño.



Fig. 7. Soportes de guías de brazos.

3. **Sistema de tracción** (Figura 8): este sistema se encarga de traccionar, sostener y ubicar el pie del paciente, de forma correcta, de acuerdo a la necesidad del cirujano.



Fig. 8. Sistema de tracción.

4. **Perneras** (Figura 9): es un accesorio, que por sus características resulta indispensable en Ginecología, Urología, Cirugía Perianal y también puede ser utilizado para la realización de la Cirugía de Cadera. facilitando que el paciente adopte las posiciones necesarias para la intervención.



Fig. 9. Perneras.

5. **Tubo entre piernas** (Figura 10): es utilizado en combinación con el sistema de tracción para el ajuste de las piernas.



Fig. 10. Tubo entre piernas.

6. **Almohadillas** (Figura 11): Su función es brindarle comodidad al paciente, puesto que este, se encuentra en un contacto directo durante la intervención. Las

almohadillas son las encargadas de recubrir el metal de la mesa, tiene diferentes formas, según la estructura a cubrir, pueden ser: rectangulares, redondas y cilíndricas.



Fig. 11. Almohadillas.

7. Apoyo pélvico (Figura 12): su función es sostener la cadera, además presenta propiedades de radiotransparencia, con el objetivo de facilitar la realización de radiografías.



Fig.12. Apoyo pélvico.

El diseño de estos dispositivos, ha evolucionado a la par del desarrollo tecnológico, alcanzado por la humanidad, a lo largo de los siglos. Cada diseño nuevo supera al anterior, los especialistas trabajan por lograr diseños más eficientes, que se ajusten a los requisitos pedidos por los cirujanos y que sean adaptables para las diferentes posiciones que adquiere el paciente durante la cirugía.

1.6 Evolución en el diseño de las mesas quirúrgicas para operaciones de cadera a nivel mundial.

La tecnología alcanzada, ha posibilitado el surgimiento y desarrollo de mesas quirúrgicas más especializadas, con diversas formas y facilidades de operación. En la historia de la biomecánica, aparecen las primeras mesas, bajo el nombre del científico que las creó. En la actualidad, con la evolución del diseño, se encuentran nuevos modelos de una elevada calidad, identificados por la marca de la empresa que las fabrica.

A nivel internacional existen distintas compañías que se dedican a la fabricación de mesa quirúrgicas, creando diseños modernos y novedosos, entre estas se encuentran: la MARQUET, OPERON, SATURN y J. PROCÓPIO (Equipamiento Hospitalares), con la mesa quirúrgica ortopédica (JP 683 PL PLUS), como se indica a continuación.

Con la idea de mejorar la manipulación, las condiciones estéticas y funcionales de las mesas, se han desarrollado una amplia gama de variedades de alta tecnología, para todo tipo de operaciones. La compañía Marquet, desde su fundación, ha sido sinónimo de innovación y desarrollo tecnológico, en el campo de la medicina, con el objetivo de responder óptimamente a los requerimientos del personal quirúrgico, desarrollando para ello, dispositivos especiales para las mesas quirúrgicas, destinadas a las operaciones de cadera. [4]



Fig. 13. Mesas quirúrgicas fabricadas por Empresa MARQUET.

Los materiales de alto valor, utilizados por SATURN, en la fabricación de la mesa, como el acero inoxidable y el acolchado Confort Plus, ambos cumplen con los máximos requisitos de seguridad e higiene en la sala quirúrgica. Junto a un gran confort de manejo y dispositivos que le permiten al cirujano un trabajo cómodo y eficiente. [6]



Fig. 14. Mesas quirúrgicas fabricadas por Empresa SATURN.

En el caso de la compañía brasileña J. PROSCÓPIO, que se ha especializado en el diseño y fabricación de la mesa quirúrgica ortopédica (JP 683 PL PLUS), facilita con su diseño la realización de diferentes tipos de cirugías, incluyendo la ortopédica. Esta mesa realiza todos los movimientos que requiere este tipo de cirugía y además está fabricada de acero inoxidable, lo cual evita los procesos de oxidación. [7]



Fig. 15. Mesas quirúrgicas fabricadas por la Empresa J. PROSCÓPIO (Mesa quirúrgica ortopédica. (JP 683 PL PLUS))

Por otra parte la compañía Operon, ha concebido una mesa quirúrgica de quirófano universal, que puede ser utilizada en cualquier tipo de operaciones. La mesa permite ser adaptada fácilmente a las posiciones del paciente, lo que facilita a los cirujanos y personal quirúrgico la aplicación del tratamiento. [8]



Fig. 16. Mesas quirúrgicas fabricadas por Empresa OPERON.

Actualmente se encuentran diseños modernos, fabricados con materiales resistentes y que corresponden con los requisitos en el quirófano. Estas mesas quirúrgicas, son un producto de la tecnología actual y de la inteligencia humana, que ha evolucionado en pos de mejorar sus condiciones de vida y alcanzar un estado total de plenitud.

1.7 Los materiales empleados y sus características para la fabricación de mesas quirúrgicas.

Los materiales son de gran importancia en la fabricación de cualquier dispositivo empleado en las mesas quirúrgicas. La selección de ellos, dependen de la función de trabajo a realizar, teniendo en cuenta la ubicación, movimiento y medio de trabajo al que van estar expuestos. Uno de los aspectos fundamentales que deben cumplir los mismos es, la alta resistencia a la corrosión.

Los materiales que poseen este tipo de propiedad, son: los Aceros inoxidable y sus aleaciones al níquel, al cromo y cromo-níquel, como el acero X15Cr13, el 304, 304 L y el 316, entre otros. Además de estos, son utilizados otros metales como: el Aluminio, Titanio y Aceros convencionales, con tratamientos superficiales de cromado o niquelado. [9]

La radiotransparencia, es otra de las características o propiedades, que deben tener algunos de los materiales, que vayan a ser utilizados en la zona de la cadera y la espalda, para facilitar la radiografía, utilizando el Arco en C. Algunos de los materiales más utilizados, son la Baquelita y el Quartz, de tipo 214 y 219.

1.8 Criterios fundamentales y posiciones quirúrgicas para la ubicación del paciente en la mesa quirúrgica para operaciones de cadera.

En el momento de la cirugía, resulta necesario tener en cuenta los criterios para un posicionamiento correcto del paciente, que están condicionados por la duración de la intervención, edad del paciente y peso del mismo, sobre ciertas áreas comprometidas. Con estos criterios se trata de buscar la máxima seguridad del paciente, evitando cualquier lesión que pueda surgir debido al mal funcionamiento de la mesa. [6] Los criterios fundamentales de posicionamiento son los siguientes:

- Evitar las complicaciones potenciales respiratorias, garantizando que pueda mantener una adecuada función respiratoria y comprobando que el cuello, tórax y abdomen están libres de compresiones.
- Evitar las complicaciones potenciales cardiovasculares.
- Tener cuidado con los posibles trastornos circulatorios
- Evitar las lesiones de riesgo, es decir, la presión sobre nervios periféricos o la posición forzada de las extremidades durante un largo periodo de tiempo, pueden provocar pérdidas sensitivas y motoras leves e incluso lesiones graves.

Estos criterios son de vital importancia, puesto que el éxito de la cirugía y la salud del paciente, estará en dependencia de la puesta en práctica o no, de los mismos. Son considerados como normas de seguridad, que deben ser cumplidas a cabalidad, para preservar la vida del paciente, durante la intervención quirúrgica, buscando una mayor comodidad del paciente cuando se va a colocar sobre la mesa.

La colocación correcta del paciente durante la cirugía, es otro de los criterios a seguir, para lograr el éxito en la realización de cualquier intervención quirúrgica. Estos criterios se encuentran estrechamente relacionados, con los criterios explicados anteriormente, para evitar las complicaciones en el posicionamiento, debido a que, durante cirugía, el paciente debe adoptar diferentes posiciones, que son necesarias para efectuar la operación y que se encuentran determinadas por el tipo de cirugía a realizar [10].

El paciente debe ser colocado sin complicaciones en cualquier posición, con la unidad de extensión y con la fuerza de dos personas, facilitando movilidad y rapidez en la acción, con el fin de evitar movimientos bruscos que afecten el estado actual del mismo.

A continuación se muestran algunas de las posiciones más usadas en las cirugías. [6]

- **Posición enclavijado de fémur en posición supina** (Ver figura 17): el paciente en posición decúbito dorsal, debe quedar con los pies fijados a las placas mediante una venda y un buen acolchado. Esta posición permite traccionar, rotar, aducir o abducirlas extremidades inferiores, según sea necesario. Los brazos del paciente deben descansar sobre el abdomen o sobre el apoyabrazos.



Fig.17. Enclavijado de fémur en posición supina

- **Posición enclavijado de tibia** (Ver figura 18): El paciente está en posición decúbito dorsal, las piernas se mantienen suspendidas en soportes, como estribos o perneras más gruesas, protegidas con un cojín para evitar el contacto de las piernas con el metal. En el momento de poner al paciente en esta posición, es importante que las piernas se eleven en forma simultánea con una leve rotación externa de las caderas. Por lo que se requiere de dos personas; las piernas se deben levantar lentamente ya que un cambio brusco de postura puede provocar un desequilibrio.



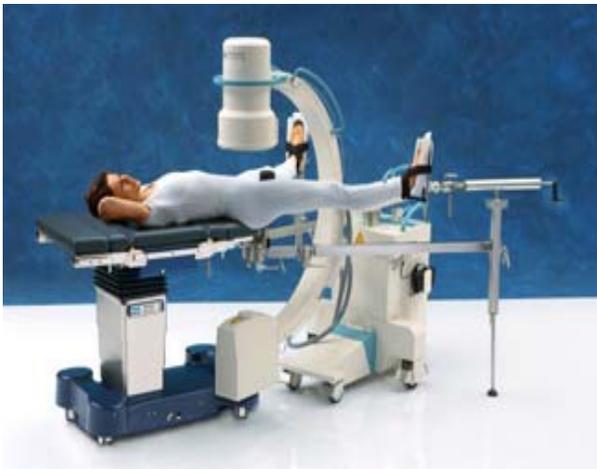
Fig. 18. Enclavijado de tibia

- **Posición Supina ó Decúbito Dorsal** (Ver figura 19): El paciente se coloca de espalda, la cabeza alineada con el resto del cuerpo, los brazos y manos al lado del cuerpo o sobre un apoyabrazos en un ángulo no mayor de 90 grados, con respecto al cuerpo, con abrazaderas de seguridad para evitar la caída del brazo. Los pies deben descansar sobre la mesa; además, no deben estar cruzados para evitar lesiones del nervio peronéo.



Fig.19. Posición Supina ó Decúbito Dorsal.

- **Posición placas apoya piernas** (Ver figura 20 a) y b)): el paciente toma una posición horizontal, buscando comodidad, las piernas extendidas y abiertas, traccionadas por el sistema de tracción de la mesa, permitiendo la entrada del Arco en C, en las zonas dañadas.



a)



b)

Fig.20. Posición de placas apoya piernas

En el caso de la Mesa Ortopédica, el paciente debe quedar en la posición supina ó decúbito dorsal, explicada anteriormente. En esta posición los pies fijados a las placas

mediante un buen acolchonado, buscando una mayor comodidad del paciente y un fácil acceso del cirujano al área dañada. La posición supina ó decúbito dorsal, permite realizar varios movimientos, como: traccionar, rotar, aducir o abducir las extremidades inferiores, según sea necesario. El peroné, es un hueso que debe protegerse, al igual que los brazos del paciente, que deben descansar sobre el abdomen o sobre el apoyabrazos. Esta posición, es muy utilizada para realizar procedimientos de reducción ortopédica, enclavado endomodular de fémur y pierna y algunas cirugías de cadera. [6]

La correcta colocación del paciente, es un aspecto fundamental a tener en cuenta, en las operaciones de cadera. Los cirujanos le prestan un cuidado especial a esta actividad, por lo que, necesitan de un equipamiento que corresponda con la complejidad de esta intervención quirúrgica.

1.9 Estado actual de las mesas quirúrgicas para operación de cadera en la región central del país

En la región central, las mesas quirúrgicas para operaciones de cadera, se encuentran en mal estado, de ellas, están funcionando solamente dos, una en el Hospital Clínico- Docente Arnaldo Milián Castro y otra en un estado de deterioro total, en el Hospital (Militar) Manuel Fajardo, imposibilitando la realización de las operaciones de cadera. Esta situación, unida al funcionamiento poco eficiente de las mesas quirúrgicas existentes, afecta grandemente la salud de esta región.

En el intercambio realizado con algunos cirujanos ortopédicos de los diferentes hospitales de la provincia de Villa Clara, se pudo constatar que en Santa Clara donde único se realizan operaciones de cadera es en el Hospital Clínico Quirúrgico “Arnaldo Milián Castro”, el cual cuenta con una sola mesa de cirugía para operaciones ortopedia de cadera. Dicha mesa, tiene un dispositivo mecánico acoplado para facilitar este tipo de operación que fue fabricado por la inventiva de especialista e innovadores del centro, la cual está en muy malas condiciones por el deterioro ocasionado por los años de uso.

Por otra parte desde el punto de vista constructivo, es un elemento muy complejo que dificulta la maniobrabilidad para el cirujano y que tiene limitaciones para su empleo en pacientes muy obesos. En la figura 21 se muestra algunas imágenes de las condiciones actuales del equipamiento utilizado para las operaciones de cadera en este centro.



Fig.21. Imágenes de las condiciones de la mesa operación de cadera del Hospital Arnaldo Milián Castro de Santa Clara.

Las condiciones críticas del material, debido al grado de oxidación que presentan, afectan grandemente las condiciones sanitarias que debe cumplir dicho dispositivo, para funcionar en el salón.

Ante la necesidad, de mantener las mesas funcionando, se han realizado nuevas innovaciones de dispositivos, que van acoplados a la mesa, con el propósito de alargar su uso, debido al mal estado en el que se encuentran. Estas innovaciones se han

realizado sin tener en cuenta, un cálculo previo de la resistencia a las cargas que son sometidas las estructuras, la comodidad del paciente y que los materiales usados deben ser anticorrosivos, no pueden reaccionar químicamente con el alcohol, con la sangre y con otros tipos de sustancias empleadas en las operaciones.

Por otra parte, el Hospital Militar Manuel Fajardo de ciudad de Santa Clara, no cuenta con el equipamiento necesario, debido a que la mesa existente presenta roturas en su estructura, además de tener un sistema obsoleto, que obstaculiza la realización de los distintos tipos de posiciones y movimientos, requeridos para ejecutar este tipo de operación.

Este Hospital se ve imposibilitado para efectuar cirugía de cadera, a pesar de contar con especialistas preparados para ello. Un factor que influye grandemente, en esta situación, son las limitaciones económicas que presenta el país, para la compra de equipos similares, en algunos mercados internacionales, debido a sus altos precios, que impiden la adquisición de estos productos y otras tecnologías más avanzadas.

Los precios actuales de las mesas quirúrgicas sin accesorios, oscilan entre los 2000 y los 6000 dólares. Al añadirle los dispositivos, sus precios se elevan, en dependencia de la complejidad, tecnología empleada, materiales utilizados y cantidad de accesorios, en un rango de 6000 a 10 000 dólares [11]. En la figura 22 se muestran algunos precios de las mesas quirúrgicas sin accesorios.

Precio: Dlls \$2 800.00



Precio: Dlls \$3 900.00



Precio: Dlls \$5 100.00



Fig.22. Precios de algunas mesas quirúrgicas sin accesorios.

1.10 Conclusiones parciales.

1. El desarrollo científico-técnico de la humanidad ha propiciado una evolución tecnológica en la medicina, específicamente en el diseño y fabricación de mesas quirúrgicas más resistente al efecto de la oxidación y de mayor calidad, lo cual se convierte en una garantía para obtener el éxito de cualquier operación a realizar.
2. Con el desarrollo de los nuevos accesorios quirúrgico se ha alcanzado una mayor comodidad, no sólo para el paciente, sino también para el cirujano, que tiene la posibilidad de maniobrar y ajustar la mesa con mayor facilidad.
3. Los materiales empleados en la fabricación de las mesas quirúrgicas, deben ser radiotransparentes y además resistentes a la oxidación, debido a que están expuestos a un ambiente de trabajo agresivo, donde la corrosión de los metales, es resultado de las sustancias que entran en contacto con la mesa, como: la sangre, alcohol, desinfectantes y otros químicos.
4. La cirugía de cadera, requiere de criterios, movimientos y posiciones en particular, que influyen directamente en el diseño de la mesa quirúrgica. Los movimientos principales que debe cumplir son: la regulación de altura y regulación de las piernas por separado, ya sea flexión o extensión de las piernas, abriendo y cerrando las piernas.
5. La mesa quirúrgica para cirugía de cadera debe permitir las siguientes posiciones partiendo de la Posición Supina o Decúbito Dorsal: el Enclavijado de fémur en posición supina, Enclavijado de tibia y Posición de placas apoya piernas. Estas posiciones son muy particulares de las mesas para operaciones de cadera.
6. Se comprobó la problemática existente, en los hospitales Manuel Fajardo y Arnaldo Milián Castro de Santa Clara, viéndose el primero imposibilitado de

realizar este tipo de operación, por no contar con equipamiento necesario, y siendo el hospital clínico quirúrgico Arnaldo Milián Castro, el único que cuenta con el equipamiento necesario, pero en condiciones de deterioro total, que limitan su uso.

7. Los precios actuales en el mundo de las mesas quirúrgicas, accesorios, y demás instrumentos, son elevados. Nuestro país presenta las dificultades, para acceder a varios mercados de productos y equipamiento médico internacional, haciendo necesario el desarrollo e innovación de una nueva mesa quirúrgica para operaciones de cadera, que se ajuste a los niveles de adquisición del estado cubano y que contribuyan al desarrollo sostenible y la sustitución de importaciones.

Capítulo II. Diseño preliminar de una mesa quirúrgica para operación de cadera.

La aplicación de las nuevas tecnologías en el diseño mecánico, ha permitido notables avances en la fabricación de equipamientos médicos. Han surgido diseños modernos, que brindan a los cirujanos un alto grado de seguridad y éxito, en las intervenciones que realizan. Al igual, que permiten efectuar diferentes movimientos y colocar al paciente en múltiples posiciones, ambos necesarios para lograr una máxima eficiencia en la operación.

El diseño de una mesa quirúrgica para operaciones de cadera, tiene especificidades, determinadas por las características propias de este tipo de intervención, además se debe tener en cuenta una serie de elementos, que resultan fundamentales, como: los criterios ergonómicos, la selección de los materiales y la anatomía del cuerpo humano.

2.1 Criterios ergonómicos y su función en el diseño mecánico de la mesa.

El término ergonomía fue acuñado en Inglaterra, en 1950, por un grupo de físicos, biólogos, psicólogos, médicos e ingenieros, para describir las actividades interdisciplinarias destinadas a resolver los problemas creados por la tecnología.

Conceptualmente la ergonomía, es el campo de conocimientos multidisciplinarios que estudia las características, necesidades, capacidades y habilidades de los seres humanos, analizando aquellos aspectos que afectan el diseño de productos o de procesos de producción, es decir, ilustra las relaciones anatómicas, fisiológicas y psicológicas del hombre con la máquina.

En todas sus aplicaciones, tiene como objetivo adecuar los productos, las tareas, las herramientas, los espacios y el entorno en general, a la capacidad y necesidades de las personas, de forma que mejore la eficiencia, la seguridad y el bienestar de los consumidores, usuarios o trabajadores.

La ergonomía, puede considerarse como una herramienta indispensable en el proceso de diseño de cualquier producto, definiendo las características del mismo (dimensión, estructura, estética), para adecuarlo a las necesidades reales del usuario.

A la hora de enfrentar el diseño de un producto se debe tener en cuenta un conjunto de factores de riesgo, algunos de los cuales se relacionan a continuación:

- 1. Repetición:** Es cuando el trabajador utiliza constantemente sólo un grupo de músculos y tiene que realizar la misma función durante mucho tiempo o gran parte del día.
- 2. Fuerza excesiva:** Es cuando los trabajadores tienen que hacer mucha fuerza continuamente, por ejemplo al levantar, empujar o halar cualquier carga pesada.
- 3. Posturas incómodas:** Es cuando la tarea realizada obliga al trabajador a mantener una parte del cuerpo en una posición incómoda.
- 4. Tensión mecánica:** Es cuando el trabajador tiene que golpear o empujar una superficie dura de la maquinaria o herramienta constantemente.
- 5. Temperatura:** Es cuando los trabajadores tienen que realizar sus labores expuestos a temperaturas altas o bajas, que le imposibiliten cumplir con sus funciones de forma eficiente.

De los factores antes mencionados, para la propuesta de diseño de una mesa quirúrgica para operaciones de cadera, se tuvieron en cuenta los siguientes factores:

Repetición: el diseño de la mesa quirúrgica, le brinda al cirujano una mayor comodidad, ya puede realizar movimientos y poner al paciente en determinadas posiciones necesarias durante la operación, facilitando su trabajo en menos tiempo, evitando el desgaste físico y mental.

Fuerza excesiva: la mesa quirúrgica diseñada, lleva un sistema de elevación mecánica, elaborado a petición de los especialistas que trabajan en el salón. Este sistema requiere del empleo continuo de la fuerza durante su funcionamiento, pero a diferencia de los demás sistemas de elevación, presenta la garantía de ser el más seguro.

Posturas incómodas: el sistema de elevación mecánico de la mesa, posee una posición estratégica, respecto al lugar que ocupa dentro del diseño, de lo contrario, estorbaría el trabajo del cirujano y la colocación de equipos y accesorios, cerca de la mesa.

Tomando como base, los criterios anteriores, se puede afirmar que la mesa quirúrgica para operaciones de cadera, es un producto ergonómico, atendiendo a que la misma, satisface las peticiones de los especialistas, como: la regulación de altura a través de un sistema mecánico, la utilización de aceros inoxidable y resistentes, la realización de diferentes movimientos y colocación del paciente, que la mesa una forma que permitiera la entrada del Arco en C a las zonas de trabajo y un ajuste manual de todos los dispositivos de manera sencilla y segura, brindándole una mayor comodidad tanto al paciente como al cirujano durante la operación.

2.2 Propuesta de diseño preliminar de una mesa quirúrgica para operaciones de cadera.

La propuesta de diseño de una mesa quirúrgica para operaciones de cadera, pretende superar las limitaciones actuales que presentan los hospitales existentes en el centro del país.

Para ello se hizo un estudio de las mesas quirúrgicas existentes en el mundo, y sobre esa base, lograr una modificación en el diseño, teniendo en cuenta las longitudes y peso críticos que puede alcanzar el cuerpo humano para definir su diseño a partir de las

principales características, que aporten mayores posibilidades de comodidad y maniobrabilidad al cirujano durante la intervención.

A continuación en la figura 23 se muestra un modelo en 3D del diseño preliminar de la Mesa Quirúrgica para operación de cadera.

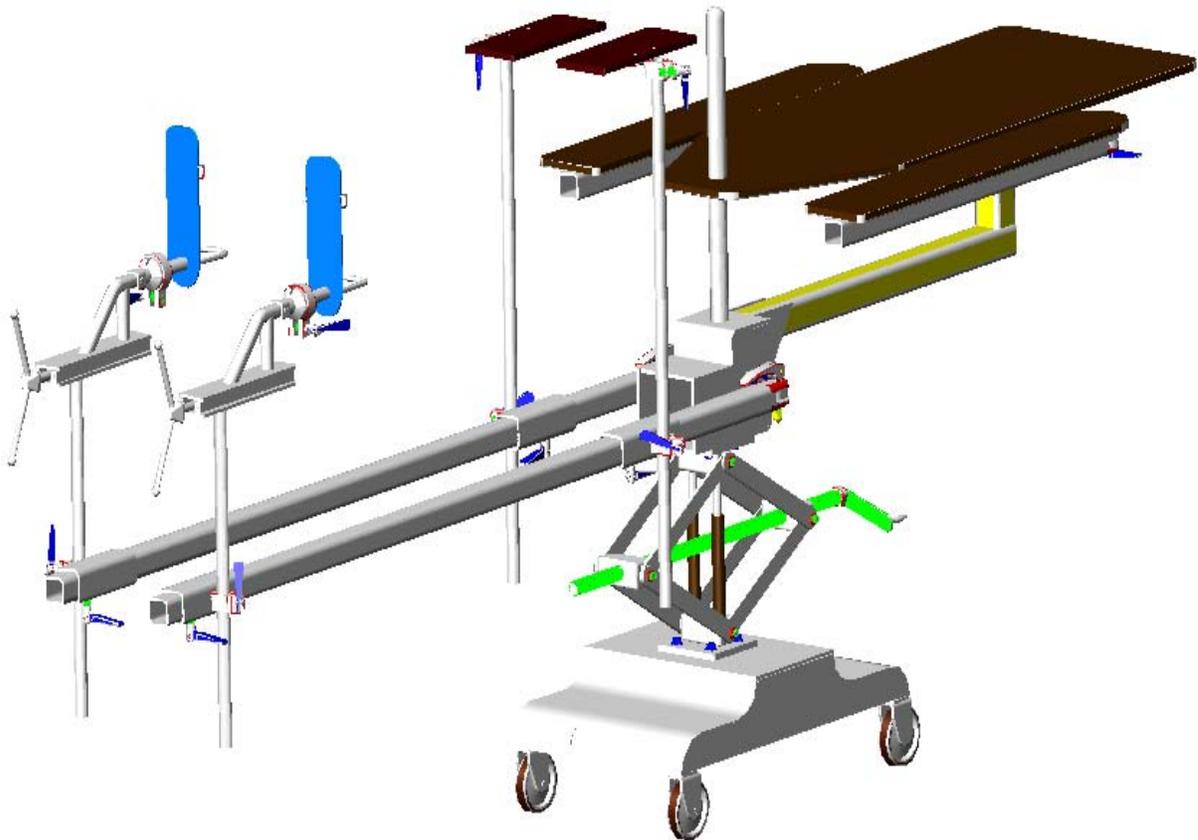


Fig. 23. Modelo en 3D de la mesa quirúrgica para operación de cadera.

2.3 Descripción de las principales características geométricas y funcionales de la mesa quirúrgica para operación de cadera.

El desarrollo del diseño fue elaborado en estrecha combinación con la opinión del cirujano y su necesidad de colocar correctamente al paciente, además se tuvo en cuenta las condiciones higiénicas sanitarias que debe cumplir la mesa y los máximos requisitos de seguridad requeridos por el acto quirúrgico.

Dentro de las características geométricas de la mesa, se aprecia, que la misma, tiene unos 890mm de altura, 650mm de ancho y 1800mm de largo, bajo condiciones normales, como se muestra en la figura 24. En caso de alguna necesidad puede tomar las siguientes dimensiones: 1290mm de altura, 670mm de ancho y 2600mm de largo. El diseño propuesto, es una construcción totalmente estable, con capacidad para soportar un peso corporal de 136.1 Kg equivalente a 300 lb.

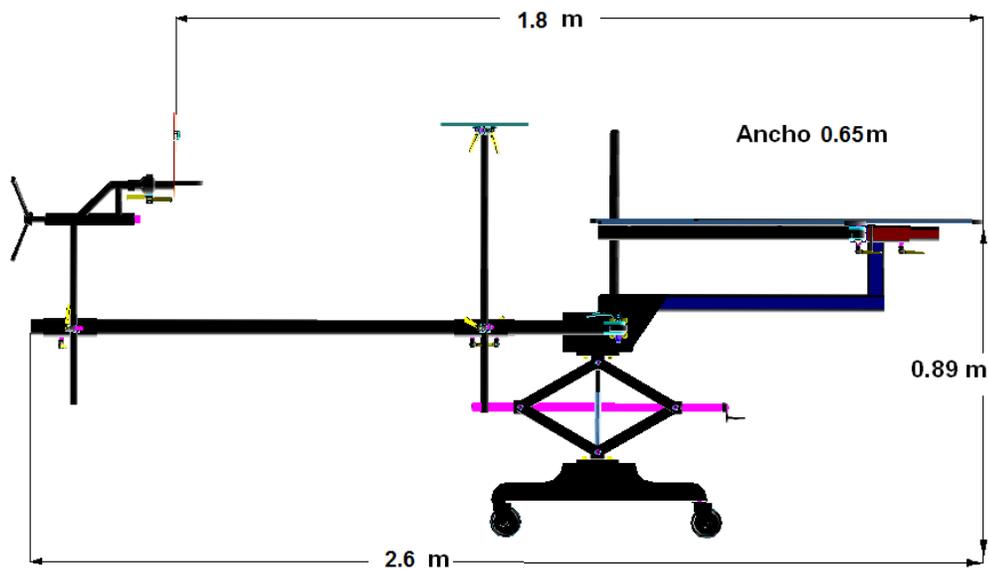


Fig. 24. Vista lateral del diseño propuesto.

Las particularidades mecánicas de la mesa, le atribuyen un gran confort y maniobrabilidad, lo cual, le permite al cirujano y a su equipo de trabajo, una fácil regulación de sus mecanismos, logrando una perfecta adaptación de personas de todos los tamaños y pesos e incluso hasta niños. Su forma esquelética, estructurada por articulaciones, posibilita la realización de radiografías, lo cual favorece el funcionamiento del arco en C, que puede llegar a todos lugares necesarios.

En las visitas efectuadas al hospital Manuel Fajardo, se realizaron varias entrevistas al cirujano Oreste Mora, en las cuales, expuso su sincera confianza en los sistemas mecánicos, debido a su alta resistencia y esfuerzos a los que son sometidos durante la operación. Se apoya en el criterio, que los sistemas hidráulicos y eléctricos, utilizados

para la elevación de las mesas quirúrgicas, deben estar respaldados por un sistema mecánico, con el objetivo de evitar cualquier tipo de falla durante la intervención quirúrgica. Además resaltó la importancia, que representa para la seguridad de la operación, que la mesa tenga una alta resistencia a la corrosión, puesto que el área de operaciones, es considerado un medio totalmente agresivo, donde los metales tienen a oxidarse con una mayor facilidad, debido al contacto que existe con la sangre, desinfectante y otros líquidos usados, en la limpieza de los accesorios empleados. Las superficies que se encuentran en contacto directo con la piel del paciente, deben ser acolchonadas, logrando una mayor comodidad del doliente durante la intervención quirúrgica.

Teniendo en cuenta la opinión del especialista y ajustándose a la realidad económica que tiene nuestro país, el diseño de una nueva mesa quirúrgica para operaciones de cadera, está concebido, a través de la unión de diferentes dispositivos mecánicos, de tal forma, que permitan la realización de todos los movimientos, regulaciones y ajustes, de forma manual.

2.4 Descripción de las características geométricas y funcionales de los subensambles, que componen la mesa quirúrgica.

La mesa quirúrgica para operaciones de cadera, se caracteriza por tener dispositivos especiales, que facilitan este tipo de intervención, la misma, esta conformada por una serie de subensambles, que le dan la posibilidad de moverse y ajustarse a las diferentes dimensiones y posiciones que requiera el cirujano.

Para realizar un análisis detallado de esta mesa, se procede a una fragmentación del diseño, con el objetivo de describir cada subensamble, teniendo en cuenta, su forma, movimiento y función, en particular.

En la figura 25, aparece el dispositivo que conforma el centro de la mesa, en el, convergen los demás subensambles, ya sea por soldadura o por uniones roscadas. El mismo está formado por 4 láminas de acero, de 5mm de espesor. Su función es

equilibrar y sostener todas las fuerzas o pesos de los elementos que se acoplan en él, lo cual significa, que el centro de gravedad de la mesa, se encuentra en este dispositivo.

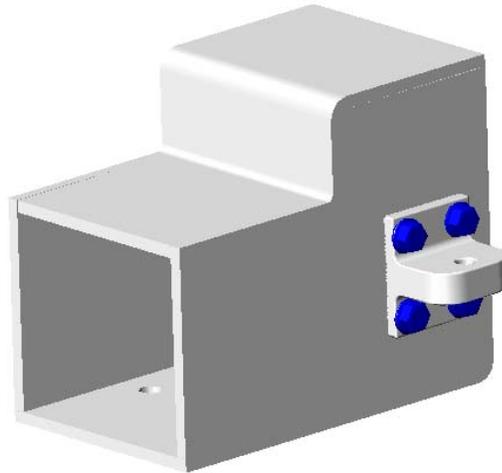


Fig.25. Modelo en 3D del Sub-Ensamble 1. Sistema Central.

El Segundo Sub-ensamble (ver figura 26), es un mecanismo que se acopla al Sub-ensamble Central, por medio de soldadura. En su mayoría esta formado por perfiles de sección cuadrada de (50x50x4) y (40x40x4), lo que permite un mejor apoyo y estabilidad en los ensambles, facilitando el acolchonado de las partes que lo requieran.

Su forma constructiva hace que sea intercambiable y de fácil ajuste, en el salón. Además posee un sistema de fijación manual, brindándole a los cirujanos la posibilidad de variar el tamaño de la espalda, según las características físicas del paciente, de forma longitudinal y transversal. Este mecanismo propicia la movilidad de las extremidades superiores humanas, en un rango bastante amplio, facilitando la rotación de los brazos.

Su función es sostener la parte superior del cuerpo humano y facilitar cualquier movimiento que sea necesario durante la operación. En este subensamble existe una distancia entre la tabla donde se acuesta el paciente y su estructura, con el objetivo de

realizar radiografías, utilizando el arco en C, lo cual garantiza, al cirujano tener un dominio visual de la parte dañada.

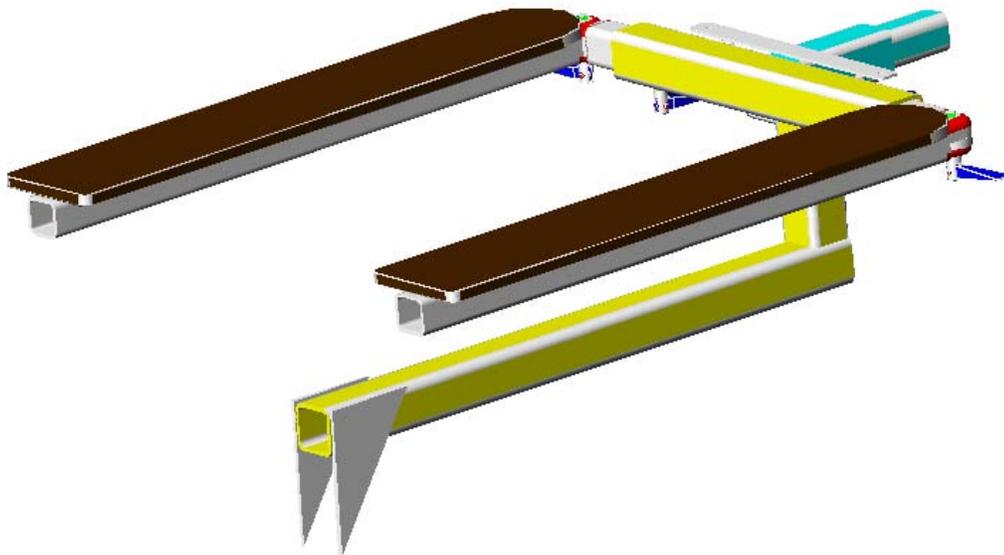


Fig. 26. Modelo en 3D del Segundo Sub-Ensamble. Soporte de la espalda.

El Tercer Sub-ensamble (ver figura 27), nombrado Perneras, está formado por un conjunto de piezas, encargado de controlar y sostener todos los movimientos de la pierna. Presenta sistema de fijación por palanca para el ajuste de los elementos. Estas Perneras permiten de manera sencilla y eficaz, la colocación de las piernas del paciente de forma flexionada, facilitando una ubicación intraoperativa del Arco en C, en la zona de trabajo, para la radiografía. Además tiene una viga de sección cuadrada, que actúa como soporte, por la cual, se deslizan las guías de las piernas, ajustándose a la diferencia de tamaños que pueden presentar los pacientes.

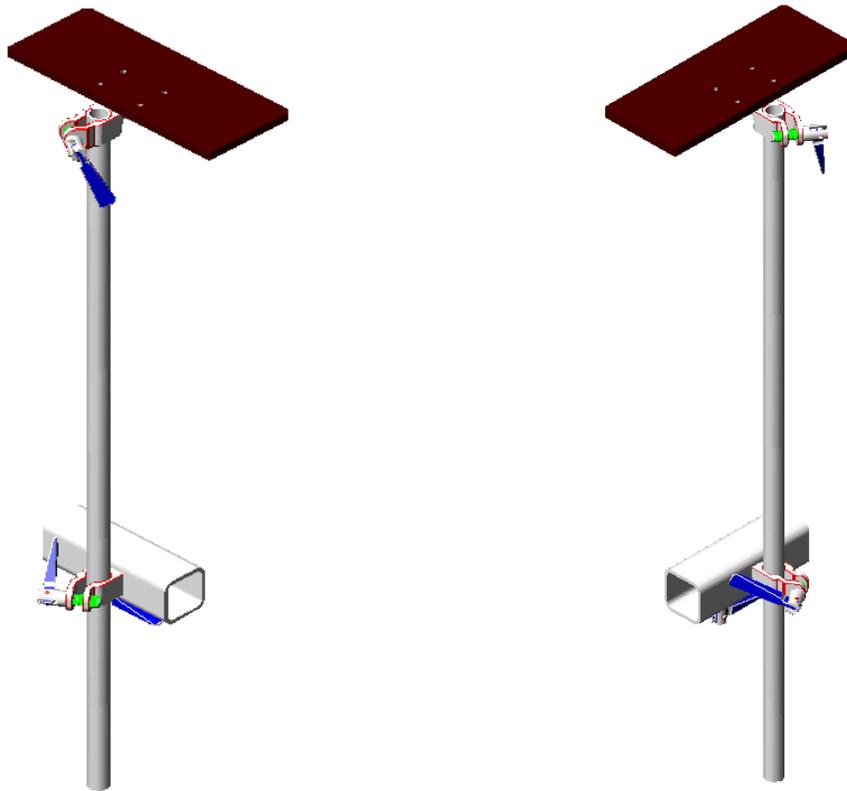


Fig. 27. Modelo en 3D del Tercer Sub-Ensamble. Perneras.

El Cuarto Sub-ensamble (ver figura 28), está formado en su mayoría por perfiles de sección cuadrada. Se decidió que estos fueran de forma cuadrada, buscando que las guías de las piernas se deslicen, por dentro de los soportes de las perneras y del sistema de Tracción, evitando la torsión y proporcionando un deslizamiento longitudinal en una sola dirección más seguro y rígido.

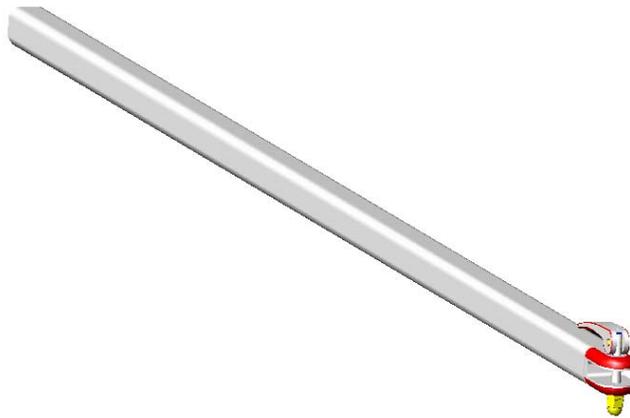


Fig. 28. Modelo en 3D del Cuarto Sub-Ensamble. Guía de piernas.

El sub-ensamble mostrado en la figura 29, se encuentra en uno de los extremos de la mesa. Es un mecanismo formado por 4 dispositivos, que tienen funciones específicas, para lograr una armonía en el ajuste y colocación en la estructura que forman. El primer dispositivo, es una viga deslizante, encargada de ajustarse al tamaño de las extremidades inferiores del paciente, para ello posee una manivela por ajuste enroscado. El segundo, es un tubo, que permite mover el sistema de la pierna en la vertical, ajustado por una presilla roscada de forma manual ver fig. 29 a). El tercero, se encuentra unido por soldadura al anterior. Este mecanismo está compuesto por un dispositivo fijo y otro deslizante (ver figura 30 b)), que sería el Pedal. En el fijo, existen dos elementos que poseen rosca, por donde pasa un Tornillo Tractivo (ver fig. 30 a)), con el objetivo de traccionar la pierna del paciente y lograr un mejor ajuste. El último dispositivo, llamado Pedal (ver fig. 31 a)), posee una rotula que posibilita la rotación, en todas las direcciones del tobillo (ver fig. 31 b)), lo cual permite, que el cirujano obtenga la ubicación correcta de la pierna, para cada paciente, en particular, durante la operación.

Tiene además como función sostener y sujetar la pierna del paciente, al mecanismo del Pedal, por medio de correas.

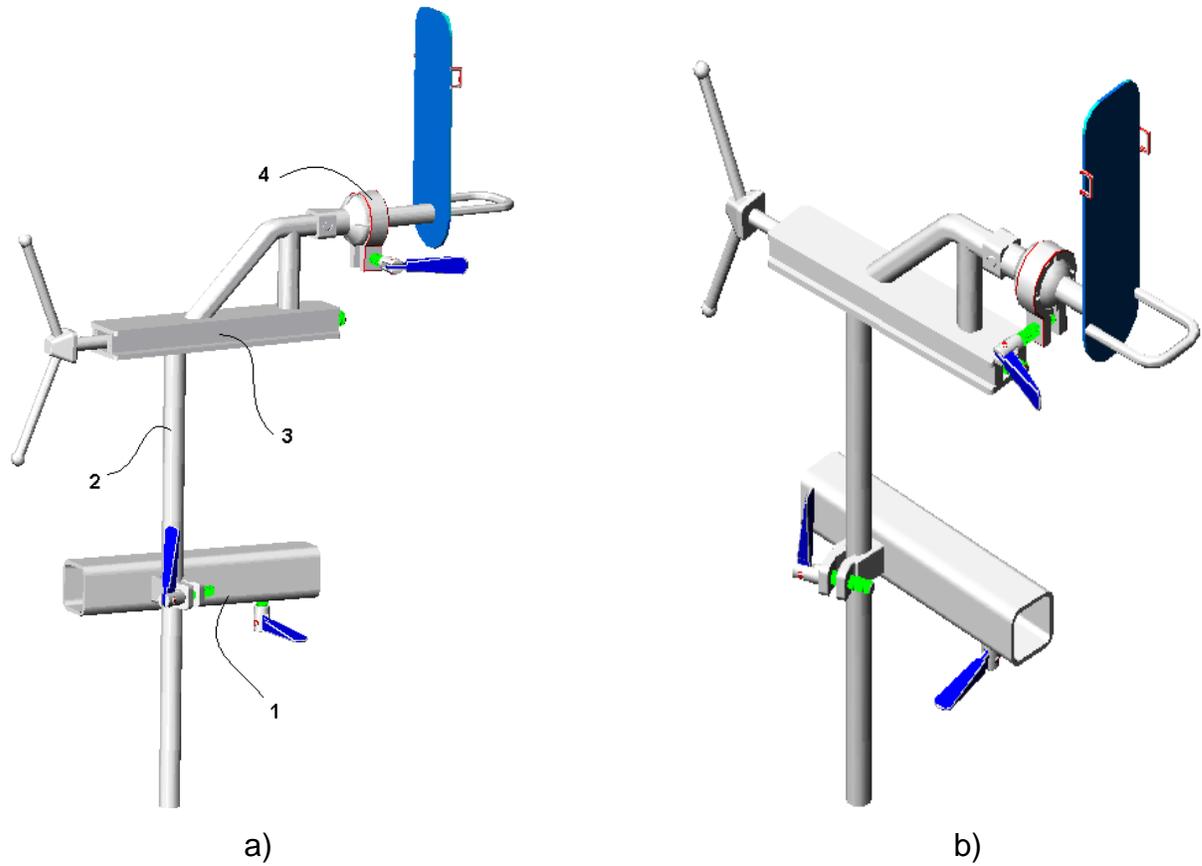


Fig. 29 a) y b). Modelo en 3D del Quinto Sub-Ensamble. Sistema de Tracción.

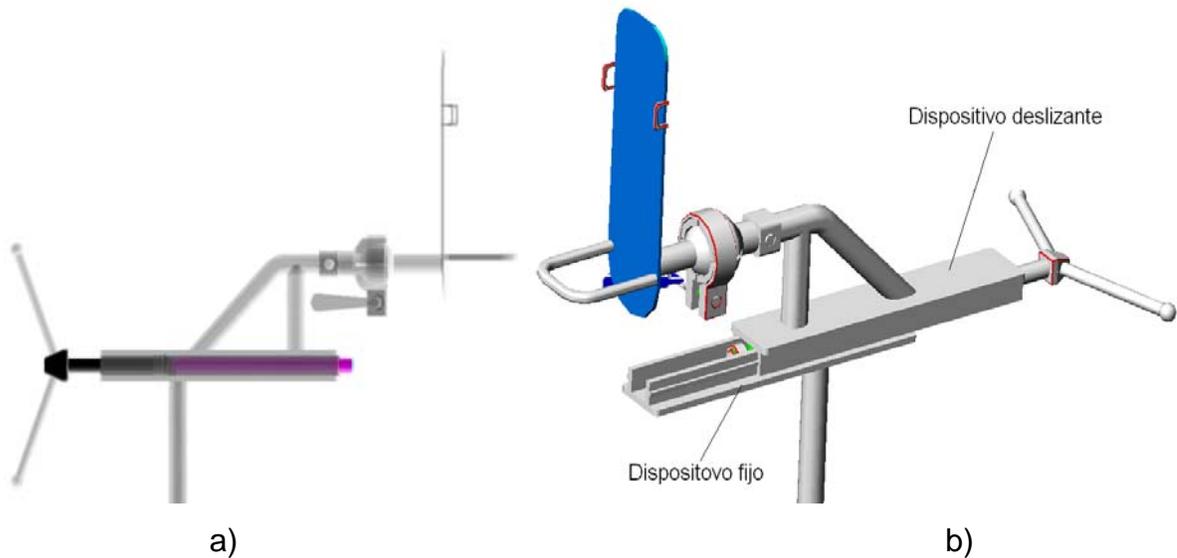


Fig. 30. Representación del Tornillo Tractivo a) y Dispositivos fijo y deslizante b).

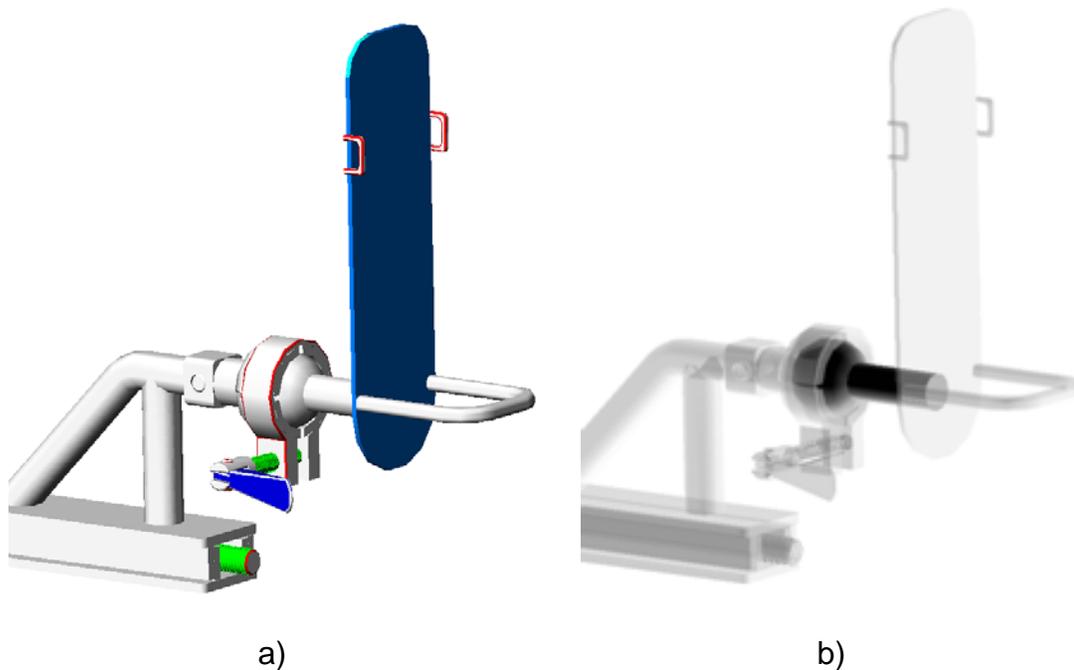


Fig. 31 a) y b). Modelo en 3D del Pedal de Tracción.

El Sexto sub-ensamble (ver fig.32), es el Sistema de Elevación de la mesa, está compuesto por ocho láminas de acero, unidas en cuatro puntos de rotación y por dos guías de desplazamiento, buscando una elevación vertical sin desviamiento hacia los laterales.

Este sistema es muy difundido en la reparación de autos, además de ser de gran utilidad para la medicina, ya que ofrece manualmente una graduación ligera de la altura, capaz de soportar grandes cargas, con una seguridad elevada de sostén, pues no depende de la electricidad, ni de sistemas hidráulicos, que pueden presentar roturas durante la operación, afectando la salud del paciente y el éxito de la intervención.

Por las características de este mecanismo, se decidió incluirlo en el diseño general de la mesa y además como respuesta a la petición del cirujano Orestes Mora, que durante la entrevista realizada, puntualizó la importancia de los sistemas mecánicos, como mecanismos resistentes al desgaste, con un deterioro poco perceptible al paso del tiempo. Es una estructura, que solo fallan ante una rotura eminente, siendo fácil su reparación.

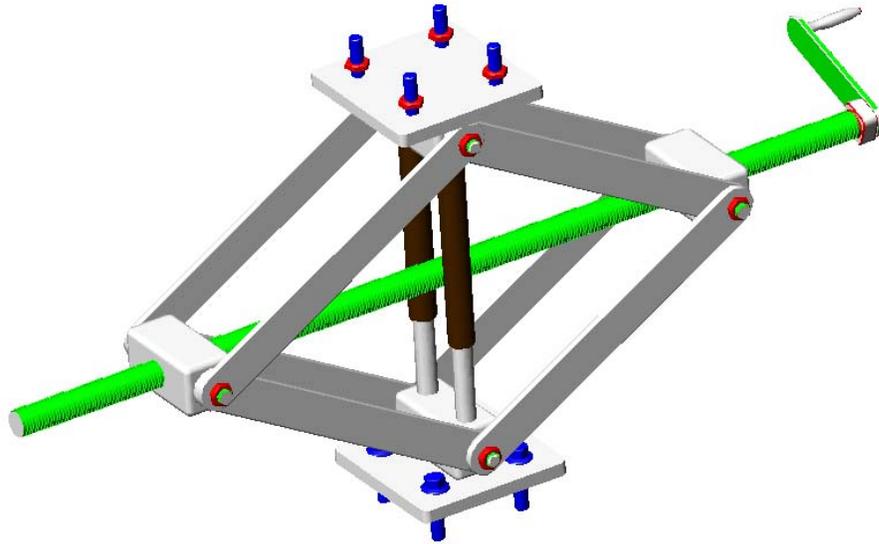


Fig. 32. Modelo en 3D del Sexto Sub-Ensamble. Elevador Mecánico.

El séptimo sub-ensamble (ver fig. 33), es un mecanismo sencillo, compuesto por varias láminas de acero convencional, con un tratamiento de cromado superficial, ya que no se encuentran en contacto con el paciente, ni con otros químicos que interviene en la limpieza de la mesa. Estas láminas conforman una red en su interior, dándole al sistema la resistencia al peso, al que es sometido. Su función es darle sostén y estabilidad a la mesa.

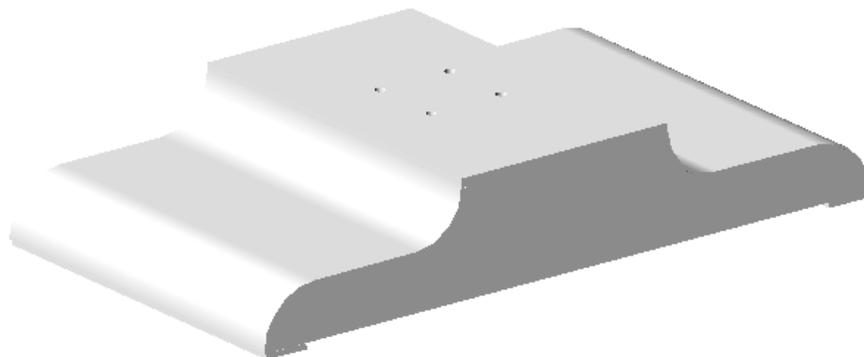


Fig. 33. Modelo en 3D del Séptimo Sub-Ensamble. Base.

Para lograr una ubicación correcta de la mesa dentro del salón, la misma, posee un sistema de rodamiento, que le permite adoptar la posición deseada por el cirujano. La fabricación de estas ruedas se encuentra normalizada, por ello se decidió tomarla del catalogo "Mechanical, Tools, Safety and Office", revista promocional de la Compañía Farnell. [12] La rueda seleccionada, tiene un eslabón giratorio, incluyendo un guarda rosca que la protege de la oxidación, además cuenta con frenos fijos a la cabeza de la misma, lo cual asegura la estabilidad de la mesa durante la operación. El hecho de que posea un recubrimiento de caucho, evita el deslizamiento de la rueda sobre el suelo del salón.

Datos técnicos del tipo de rueda propuesta:

- Manufacturada de acuerdo a la norma ISO 2175.
- Modelo: 60SW TP+BR.
- Dimensiones del Plato: 60x60.
- Numero de lista: 378102.
- Orden de código: 704-3533.

2.5 Selección de los materiales que se van a utilizar en la fabricación de la mesa quirúrgica.

Los materiales, son un elemento fundamental e indispensable en la fabricación de cualquier mecanismo que sea utilizado en la medicina, debido a que los mismos determinan la resistencia y durabilidad de los dispositivos utilizados en las intervenciones quirúrgicas.

A nivel internacional, las compañías que se dedican al diseño y elaboración de accesorios destinados a la cirugía, aprovechan las diferentes propiedades, que presenta algunos materiales, como: la radiotransparencia, anticorrosión, la resistencia al desgaste químico, a la compresión y a la tracción, para garantizar la calidad y durabilidad de los mecanismos, además de satisfacer los criterios higiénicos y sanitarios que deben cumplir los elementos que se encuentran dentro del salón de operaciones.

Siguiendo los criterios encontrados en la literatura revisada, sobre el uso de los materiales, en el diseño de elementos quirúrgicos y apoyándose en las opiniones de cirujanos y radiólogos cubanos, se obtuvieron elementos que sirvieron como base para la selección de los materiales que conforman la propuesta de diseño de la mesa quirúrgica para operación de cadera.

Los materiales fueron escogidos de acuerdo a la función que van a desempeñar, teniendo en cuenta la ubicación, movimiento, cargas y medio de trabajo, al que va estar sometidas las estructuras de la mesa.

Se trató que la selección de estos materiales fuera viable y factible, según las condiciones económicas actuales que presenta el país y su difícil grado de adquisición en el mercado internacional, por sus precios elevados. Esta situación conlleva a que la selección de los materiales a utilizar, sea rigurosa y detallada, buscando una alta calidad, que se ajuste a los requerimientos del trabajo con vidas humanas y con las funciones de las estructuras, que se encuentran en contacto directo con el paciente.

En la tabla 1, se encuentran los materiales designados para el diseño y fabricación de la mesa, por sub-ensamble.

Tabla 1. Materiales escogidos para la fabricación de la mesa quirúrgica.

No	Materiales	Sub-ensambles
1	Acero inoxidable 304 L según la norma AISI.	Soporte de espalda. Pernas. Guía de piernas. Sistema de Tracción.
2	Acero CT3 o el equivalente según la norma AISI 1010.	Sub-ensamble Central Elevador mecánico Base.
3	Quartz.	Apoyo de la espalda. Apoyo del muslo.

El **acero inoxidable 304 L** (Según la Norma AISI), es el idóneo para la fabricación de dispositivos industriales, teniendo en cuenta, que este acero es de base austenítica, muy usado en la soldadura de estructuras, debido a su bajo por ciento de carbono, lo cual evita la corrosión en las uniones soldadas. Estas particularidades lo hacen imprescindible en el diseño y fabricación de la mesa quirúrgica, ya que la mayoría de las piezas que componen la mesa, están unidas por soldadura. Los aceros inoxidables, como 304 L, que estén entre 11-20% de Cromo, poseen una gran resistencia a la corrosión, lo cual brinda seguridad durante la operación. [13]

El **304 L**, es uno de los aceros inoxidables más recomendados para la fabricación y soldadura de estructuras y equipos que estén expuestos a un ambiente agresivo. Este presenta una gran dureza y una elevada resistencia a la rotura y al desgaste.

En las tablas 2, que se encuentran a continuación, se muestra la composición química de este acero y en las tablas 3 y 4 sus propiedades físicas, mecánicas, eléctricas y térmicas.

Tabla 2. Composición química del acero 304 L.

Componentes.	%	Particularidad.
C	0.030	Tiene C, extra bajo para evitar la corrosión en las uniones soldadas
Cr	18 a 20	
Si	Max 1	
Mn	Max 2	
Ni	8 a 12	
P	0.045	
S	0.030	

Tabla 3. Propiedades del Acero 304 L.

Propiedades Físicas.	
Densidad.	8 g/cm ³
Propiedades Mecánicas.	
Dureza Knoop.	158
Dureza, Rockwell B	82
Dureza, Rockwell C.	15
Dureza Vickers.	159
Tensión última.	564 Mpa
Tensión de fluencia.	210 Mpa
Elongación de Rotura.	58 %
Módulo de Elasticidad.	193 a 200 GPa

Tabla 4. Propiedades Eléctricas y Térmicas del Acero 304 L.

Propiedades Eléctricas.	
Permeabilidad Magnética.	1.008
Propiedades Térmicas.	
Capacidad Específica de Calor.	0.500 J/g-°C
Punto de Fusión.	1400 - 1450 °C
Sólido.	1400 °C
Líquido.	1450 °C
Temperatura de Servicio Máxima, en el Aire.	870 °C

El acero CT3, es un acero común, que por sus propiedades es muy utilizado en la fabricación de cualquier estructura mecánica, su equivalente según la norma AISI, es el acero 1010. [13] En el diseño propuesto, este material fue empleado en la base de la mesa, garantizando la resistencia de la estructura a las cargas que estará sometida

durante la operación. En la tabla 5, se observa la composición química del acero CT3 y en la tabla 6, aparecen las propiedades físicas, mecánicas, eléctricas y térmicas.

Tabla 5. Composición química del acero 1010.

Componentes.	%
C	0.08 - 0.13
P	0.04
S	0.05
Mn	0.3 - 0.6
Fe	99.18 - 99.62

Tabla 6. Propiedades Físicas, Mecánicas, Eléctricas y Térmicas del acero 1010.

Propiedades Físicas.	
Densidad.	7.87 g/cm ³
Propiedades Mecánicas.	
Dureza, Rockwell B.	60
Dureza, Brinell.	105
Dureza, Knoop.	123
Dureza, Vickers.	108
Área de reducción.	40%
Tensión última.	365 Mpa
Tensión de fluencia.	305 Mpa
Elongación de Rotura.	20 %
Módulo de Elasticidad.	205 GPa
Maquinabilidad.	55%
Radio de Poissons.	0.29
Propiedades Eléctricas.	
Resistividad Eléctrica.	0.0000143 ohm-cm

Propiedades Térmicas.	
Coef. de Dilatación lineal a 100°C.	12.2 $\mu\text{m}/\text{m}\cdot^\circ\text{C}$
Coef. de Dilatación lineal a 500°C.	14.2 $\mu\text{m}/\text{m}\cdot^\circ\text{C}$
Capacidad Específica de calor.	0.448 $\text{J}/\text{g}\cdot^\circ\text{C}$
Conductividad Térmica.	49.8 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$

El Quartz es un material que por sus propiedades ópticas y mecánicas fue escogido para el diseño de los apoyos de los brazos y la espalda, con la función de hacer posible la radiografía. A continuación se encuentran las tablas 7, 8, 9, 10 y 11, en las que aparecen las propiedades ópticas, físicas, mecánicas, eléctricas y térmicas de este material, en orden de aparición. [13]

Tabla 7. Propiedades Ópticas del Quartz.

Propiedades ópticas.	
Índice de refracción.	1.4585
Transmisión visible.	92 %
Transmisión Infra-roja.	93 %
Transmisión ultra-violeta.	80 %
Color.	Transparente.

Tabla 8. Propiedades Físicas del Quartz.

Propiedades Físicas.	
Densidad.	2.20 g/cm^3
Viscosidad.	7.60e+14 cP

Tabla 9. Propiedades Mecánicas del Quartz.

Propiedades Mecánicas.	
Dureza, Mohs.	5.50 - 6.00
Tensión, última.	48.0 MPa
Modulo de elasticidad.	72.0 GPa
Modulo de rotura.	61.0 GPa
Fuerza de Compresión.	>= 1100 MPa
Radio de Poissons.	0.170

Tabla 10. Propiedades Eléctricas.

Propiedades Eléctricas.	
Resistividad eléctrica.	7.00e+7 ohm-cm Temperatura 350 °C
Constante dialéctrica.	3.75 Frecuencia 1e+6 Hz
Fuerza Dialéctica.	4.00 kV/mm 50.0 kV/mm
Factor de disipación.	<= 0.000100

Tabla 11. Propiedades Térmicas

Propiedades Térmicas.	
Coeficiente de dilatación lineal.	0.400 $\mu\text{m}/\text{m}\cdot^{\circ}\text{C}$ Temperatura 20 °C
Coeficiente de dilatación lineal.	0.700 $\mu\text{m}/\text{m}\cdot^{\circ}\text{C}$ Temperatura 250 °C

2.6 Selección del proceso de soldadura para el acero inoxidable 304L y el acero 1010.

La soldadura, es uno de los procesos más usados para la unión y ensamble de mecanismos en la industria mecánica, ya que presenta una alta resistencia a la tracción. Ante la gran variedad de procesos de soldadura existentes, como: GMAW,

GTAW, SAW, SMAW, resulta necesario realizar una selección rigurosa del tipo de proceso a utilizar, teniendo en cuenta si es una producción unitaria o en serie, con el objetivo de garantizar la calidad de las estructuras. [14]

En la soldadura de los aceros inoxidable, específicamente el 304 L, es muy utilizado el proceso de soldadura por arco con electrodo infusible y protección gaseosa (**TIG**). Este tipo de soldadura, es empleada en producciones unitarias, siendo el idóneo para la fabricación de la mesa quirúrgica.

El Proceso TIG se puede utilizar en la soldadura de algunos materiales, incluidos el aluminio, el magnesio y los materiales muy sensibles a la oxidación como el titanio, circonio y sus aleaciones, puesto que este posee las características necesarias para conseguir una soldadura de alta calidad y de una elevada pureza metalúrgica, exentas de defectos y con un buen acabado superficial.

Es ideal para la soldadura de responsabilidad en la industria del petróleo, química, alimenticia, de generación de electricidad, nuclear y aeroespacial, además de ser empleado en la elaboración de equipos médicos.

El proceso de soldadura seleccionado para las piezas que componen los sub-ensambles, Central, Elevador Mecánico y la Base, de acero 1010, es el proceso (SMAW), debido a que es una producción unitaria. Este proceso es utilizado en las industrias para soldaduras sencillas y con ubicaciones complejas, fáciles de realizar manualmente por el hombre.

2.7 Selección del electrodo para el acero 304 L y 1010.

Para la selección del electrodo, se tomaron referencias de la tabla 12, [15] que representa los aceros inoxidable a unir con su correspondiente electrodo, dentro de los que se encuentra el acero 304 L utilizado en el diseño, siendo seleccionado el electrodo **E 308**.

El electrodo que se va a utilizar en la soldadura del acero 1010, es el E 7018, ya que los sub-ensambles estarán sometidos a cargas dinámicas, garantizando con el empleo del mismo, una alta resistencia a este tipo de cargas.

2.8 Conclusiones Parciales

1. La propuesta de diseño preliminar de la mesa quirúrgica para operaciones de cadera, se concibió con la aplicación del diseño automatizado a través de sistemas CAD de modelado geométrico.
2. El instrumental desarrollado consta de un módulo de siete sub-ensambles principales, siendo cuatro de ellos de acero inoxidable 304L (sub-ensambles 2, 3, 4, 5) y el resto de acero CT3 ó el equivalente según la norma AISI, el acero 1010. También se utilizó el Quartz, en la estructura de apoyo de la espalda, por sus propiedades radiotransparentes, necesarias para radiografiar las partes dañadas.
3. La mesa tiene una altura de 0.89 m, un largo de 2.5 m y un ancho de 0.6 m, con estructuras movibles, que se ajustan al tamaño y peso corporal de cualquier paciente, puede soportar hasta 136.1 Kg. (1335 N).
4. El diseño concebido, cumple con los requisitos y características técnicas que deben tener las mesas quirúrgicas. Su modelo y forma geométrica brinda seguridad, simetría, confort, hecha de una estructura de acero que le da estabilidad y la resistencia necesaria. Sus terminaciones y cavidades evitan la acumulación de líquidos lo cual facilita la limpieza. Permite la colocación de equipos de trabajos, un fácil transporte, la adaptación de dispositivos, cambios de posiciones y movimientos a través de sistemas manuales de fijación. Además cuenta con los dispositivos necesarios que debe tener una mesa quirúrgica para realizar con éxito la cirugía de cadera, como el Sistema de tracción, el Tubo entre piernas, las Guías de piernas y las Perneras.

5. La propuesta de diseño es considerada un mecanismo ergonómico, porque responde a las necesidades operativas, expuestas por el cirujano Ortopédico Orestes Mora en las entrevistas realizadas en el hospital militar como: la regulación de la altura de la mesa, utilizando un sistema mecánico, los diferentes movimientos y regulación de los dispositivos a través de un sistema manual de ajuste y otras mas expuestas anteriormente.

6. El diseño propuesto cuenta con varios dispositivos haciendo capaz a la mesa de adoptar diferentes posiciones para la colocación del paciente como: la posición Supina o Decúbito Dorsal, el Enclavijado de fémur en posición supina, el Enclavijado de tibia en posición supina y Posición de placas apoya piernas para la radiografía.

Capítulo III. Cálculo de Resistencia de la mesa quirúrgica para operación de cadera.

El desarrollo y evolución de la informática ha posibilitado la incorporación de un nuevo método para el cálculo de la resistencia de piezas y conjuntos mecánicos. El Método de los Elementos Finitos (MEF), es uno de los métodos numéricos más usados en la ingeniería para determinar las tensiones y deformaciones de un elemento o conjunto mecánico, además, de permitir determinar los puntos más críticos.

3.1 Análisis mediante el Método de elementos finitos de la estructura de la mesa.

La solución de un problema mediante la aplicación del Método de los Elementos Finitos (MEF) es un proceso que consta de una secuencia lógica de trabajo, la cual se puede dividir como regla general en las siguientes etapas:

1. Creación del modelo geométrico de la estructura o pieza a analizar.
2. Definición de las propiedades mecánicas del material a utilizar.
3. Generación de la malla de elementos finitos.
4. Definición de las cargas que se aplican sobre los apoyos.
5. Definición de las condiciones de contorno o apoyos.
6. Realización del análisis o cálculo.
7. Visualización y análisis de los resultados.

3.1.1 Creación del modelo geométrico de la estructura o pieza a analizar.

El soporte de la espalda esta formado por piezas de acero inoxidable, en su mayoría vigas sección cuadrada. Tiene como función soportar el peso del tronco del paciente y permitir el ajuste a los diferentes tamaños. (Ver figura 34 a)

El sistema de tracción esta formado por un conjunto de piezas de acero inoxidable. Su función en la mesa quirúrgica es, la sujeción de la pierna y tracción de la misma, de forma que la pierna del paciente permanezca extendida sin moverse. (Ver figura 34 b)

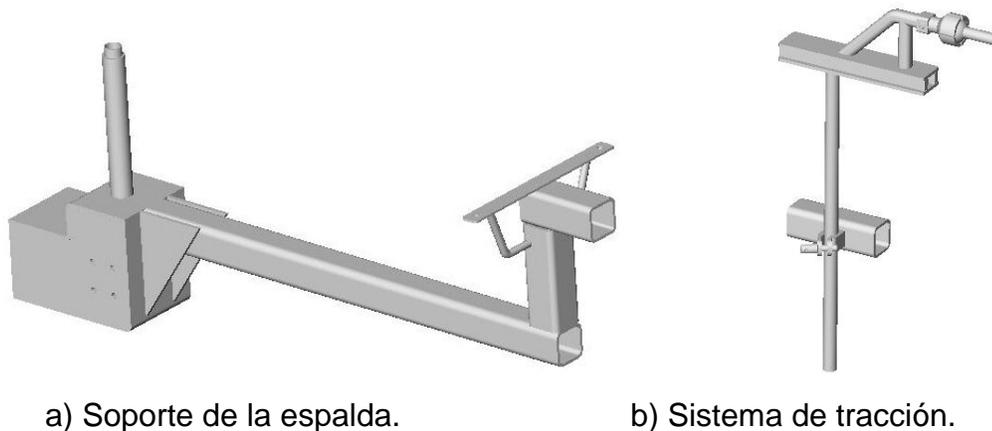


Fig. 34. Estructuras analizadas.

3.1.2 Definición de las propiedades mecánicas del material a utilizar.

En el análisis de ambos subensambles, se tuvieron en cuenta las propiedades mecánicas del material seleccionado, debido a estas estructuras, están sometidas a cargas variables, en dependencia del peso de la persona. Se tomó como caso crítico un hombre de 136.1 Kg (300 lb), por lo que fue necesario escoger un material con propiedades mecánicas que sea resistente a estas cargas.

Como se mencionó anteriormente el cuerpo del Soporte de la espalda y del Pedal de Tracción, está formado por un conjunto de piezas de acero inoxidable 304L, cuyas propiedades mecánicas son las siguientes:

- Módulo de elasticidad : 2×10^5 MPa
- Densidad: 8 g/cm^3
- Coeficiente de Poisson: 0.28

3.1.3 Generación de la malla de elementos finitos

Definidas las propiedades mecánicas y las condiciones de frontera se procede a discretizar el modelo geométrico. La geometría de estudio fue discretizada en pequeños elementos volumétricos tetraédricos de 10 nodos, (ver figura 35 a y b)

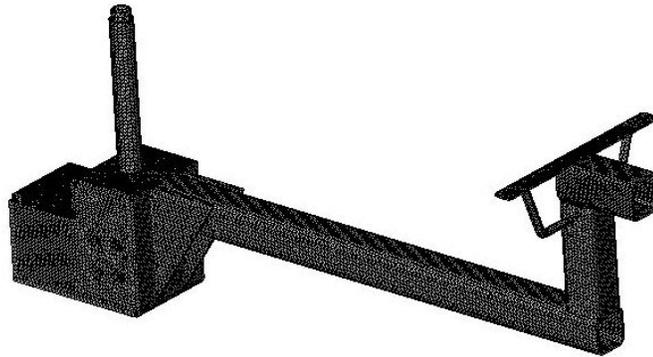


Fig.35 a). Soporte de la espala.

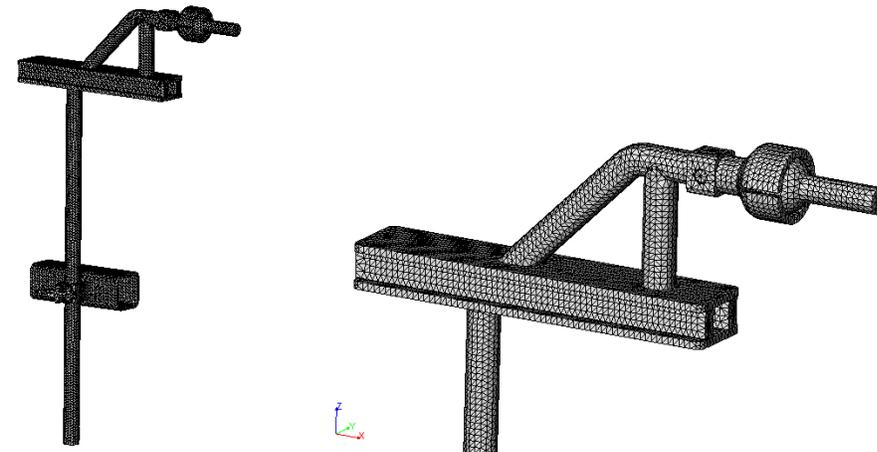


Fig. 35 b). Pedal de tracción.

Para el Soporte de la espala el tamaño promedio de los elementos finitos fue de 5 mm
Para garantizar que la densidad de la malla no influyera en la magnitud de los resultados, se realizó un estudio de convergencia arrojando los siguientes resultados:

Soporte de la espalda.

- Total de nodos: 27436
- Total elementos: 84755

Y para el Pedal de tracción el tamaño promedio de los elementos finitos fue de 4 mm. Para garantizar que la densidad de la malla no influyera en la magnitud de los resultados, se realizó un estudio de convergencia arrojando los siguientes resultados:

Pedal de tracción.

- Total de nodos: 19805
- Total elementos: 71628

3.1.4 Definición de las cargas que se aplican sobre los apoyos.

La mesa quirúrgica propuesta, asimila las cargas a través de tres puntos de apoyo, en los cuales el hombre ejerce una fuerza al quedar acostado sobre la mesa. Para este análisis se tomaron los subensambles más propensos a fallas, debido a su geometría y la ubicación que tienen en la mesa, tratando de garantizar la seguridad del paciente.

A continuación se muestran los puntos de apoyos A, B, C en los subensambles (ver figura 36).

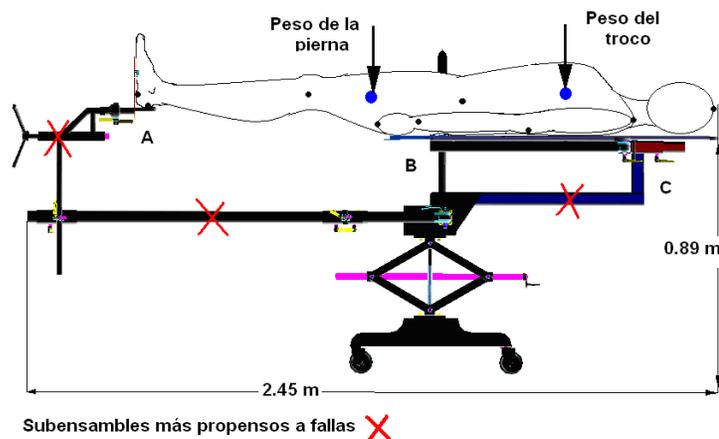


Fig. 36. Representación de los puntos de apoyos de la mesa quirúrgica.

En el cálculo de los puntos de apoyo fue necesario seguir, una serie de pasos, dentro de los cuales se encuentran dos metodologías de cálculos, usadas para obtener los resultados de las distancias y proporciones del cuerpo humano y otra para el cálculo del peso y localización del centro de masa. A continuación se muestran los pasos que se siguieron en este trabajo:

- a) Cálculo de las distancias y proporciones del cuerpo humano.
- b) Cálculo del peso y localización del centro de masa de las partes del cuerpo humano.
- c) Determinación del centro de gravedad de la parte, del cuerpo humano.
- d) Determinación de las reacciones de apoyos en dos posiciones, acostado y sentado dividido por secciones (A-B) y (B-C).

Para hallar las diferentes distancias y proporciones del cuerpo, se utilizó parte de la pintura, “El Hombre de Vitrubio” [16], del famoso ingeniero, arquitecto, pintor y anatomista Leonardo Da Vinci. Los criterios empleados forman parte de la pintura, los cuales resultaron de gran importancia para obtener las distancias y proporciones de las partes del organismo humano.

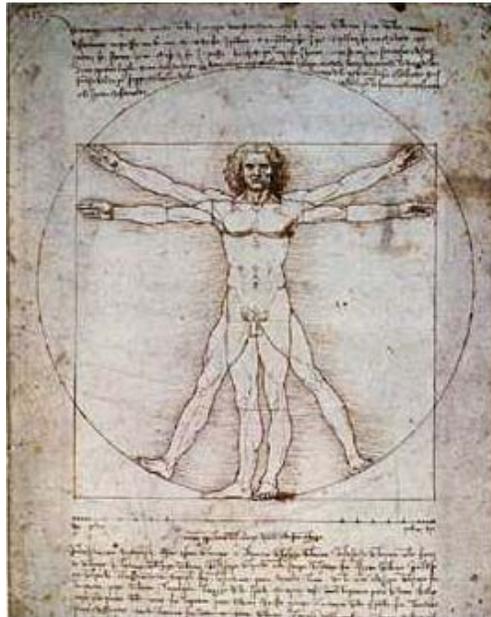


Fig. 37 “El Hombre de Vitrubio” de Leonardo Da Vinci.

3.1.4.1 Criterios para hallar las distancias y proporciones del cuerpo humano.

- La distancia entre el codo y la punta del dedo más largo de la mano es la 3.8 parte de la altura (D1).
- La distancia de la mano es 9.2 parte de la altura y su ancho es la mitad de la distancia (D2).
- El ancho de la mano coincide con la distancia que existe entre el talón y el tobillo, siendo igual a la longitud que hay entre la barbilla y la parte inferior de la oreja (D3).
- La distancia que hay entre la rodilla y la articulación de la cadera es la 4 parte de la altura (D4).
- La distancia que hay entre la rodilla y el talón es la 3.5 parte de la altura (D5).
- El tamaño de la cabeza es la 8 parte de la altura (D6).
- La distancia que hay entre el coxis y la punta del hombro es 3.1 parte de la altura (D7).
- La distancia que hay entre el hombro y el codo es 5.1 parte de la altura (D8).
- El largo del pie es la 6.5 parte de la altura (D9).

Para lograr este conjunto de ecuaciones armónicas, Leonardo Da Vinci inscribió a un hombre en las dos figuras geométricas más perfectas, el círculo y el cuadrado, creando un hombre perfectamente simétrico en todas sus proporciones. Si trazas con la vista, las dos diagonales del cuadrado y el diámetro de la circunferencia, se puede observar, como el centro del cuerpo humano, queda muy cerca del ombligo.

Según los criterios expuestos anteriormente se tomó como referencia para el diseño de la mesa, un hombre de una estatura de 2 m, como caso crítico, mostrado a continuación en la fig. 38. Otras referencias, fueron tomadas de las entrevistas realizadas en el Hospital Militar, Manuel Fajardo al cirujano ortopédico Orestes Mora, la cual fue de gran ayuda.

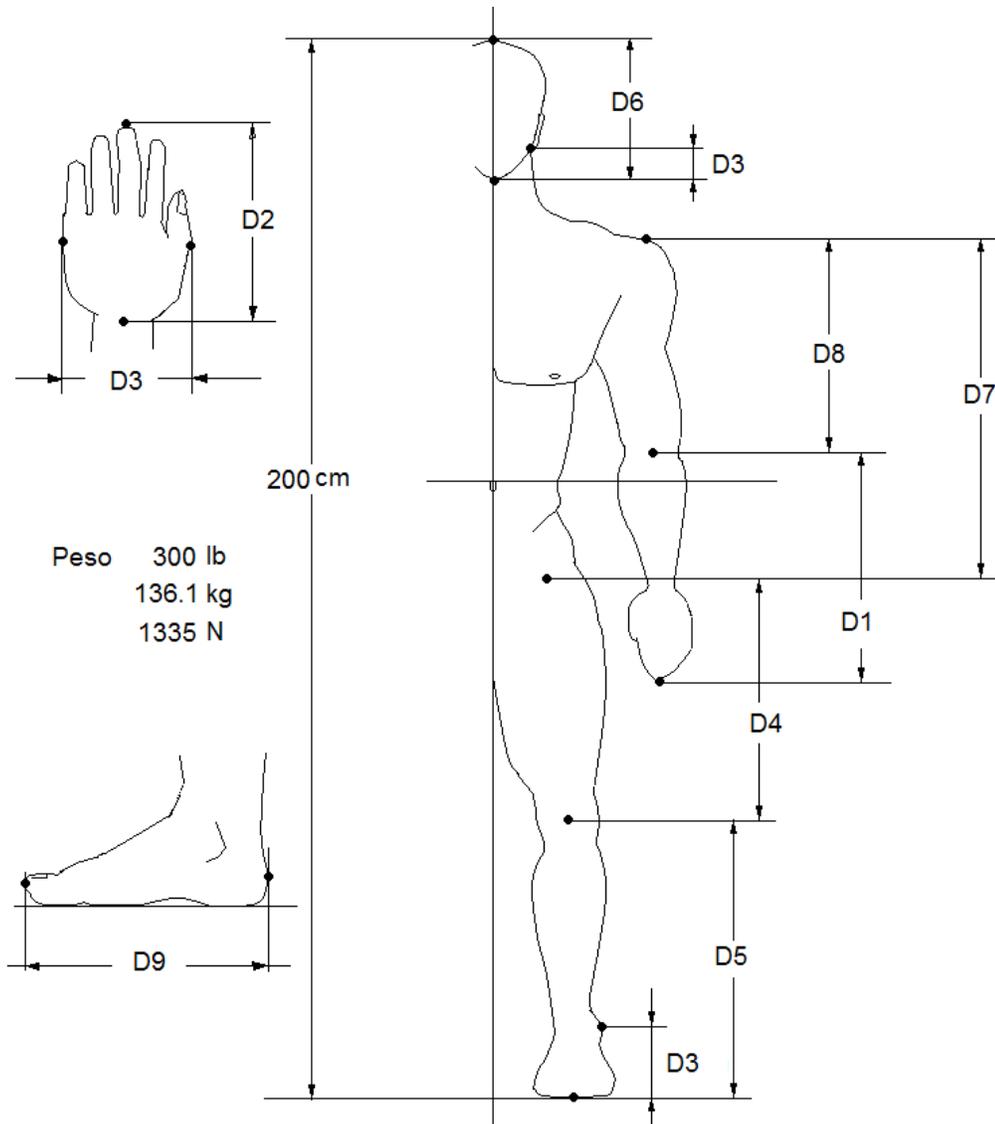


Fig. 38 Representación gráfica del cuerpo humano, tomada como referencia.

3.1.4.2 Metodología de cálculo para hallar el peso de cada miembro del cuerpo humano y localización de su centro de masa.

En el diseño de la mesa quirúrgica para operación de cadera, se tuvo en cuenta la anatomía del cuerpo humano, tomándose como referencia, a un individuo con características críticas en cuanto a su tamaño y peso corporal. Para ello se usaron

métodos muy novedosos a nivel internacional, proporcionando así, los datos necesarios para el cálculo de la resistencia de los materiales.

La metodología de cálculo, que se usó para definir el peso de cada parte del cuerpo humano y localización del centro de masa en cuanto a la proximal, fue tomada del libro “Bases Biomecánicas del Movimiento Humano”. [17]

Cuando se va analizar el cuerpo humano, se trabaja de *arriba hacia abajo*, esto nos dice, que los sistemas de referencia van en la dirección de *proximal a distal*. Llamamos Proximal a la parte superior de las extremidades y Distal a la inferior, esto facilita la localización del centro de masa de cada elemento, bajo un mismo sistema de referencia.

Tabla 13. Metodología de cálculo para hallar el Peso de cada miembro del cuerpo humano y Localización de su Centro de Masa.

Nº Partes	Nombre	Peso (N)	Localización % CM de cada segmento
1	Cabeza	$0.032*PC+18.7$	66.3 proximal
1	Tronco	$0.532*PC-6.93$	52.2 proximal
2	Brazo	$0.013*PC+2.41$	41.7 proximal
2	Antebrazo	$0.022*PC-4.76$	50.7 proximal
2	Mano	$0.005*PC+0.75$	51.5 proximal
2	Muslo	$0.127*PC-14.82$	39.8 proximal
2	Pierna	$0.044*PC-1.75$	41.3 proximal
2	Pie	$0.009*PC+2.48$	40.0 proximal

3.1.4.3 Determinación de las distancias y proporciones de las partes del cuerpo humano.

En la determinación de las distancias y las proporciones del cuerpo humano, se tomó como referencia los criterios dados por Da Vinci, como se muestra en la figura 39. Estas

distancias y proporciones sirvieron para determinar los rangos de variación y tamaño de los elementos que conforman la estructura de la mesa, tratando de ajustarse a la altura máxima posible que pueda tener el paciente. Además fueron utilizados como base para la determinación del centro de masa del cuerpo humano.

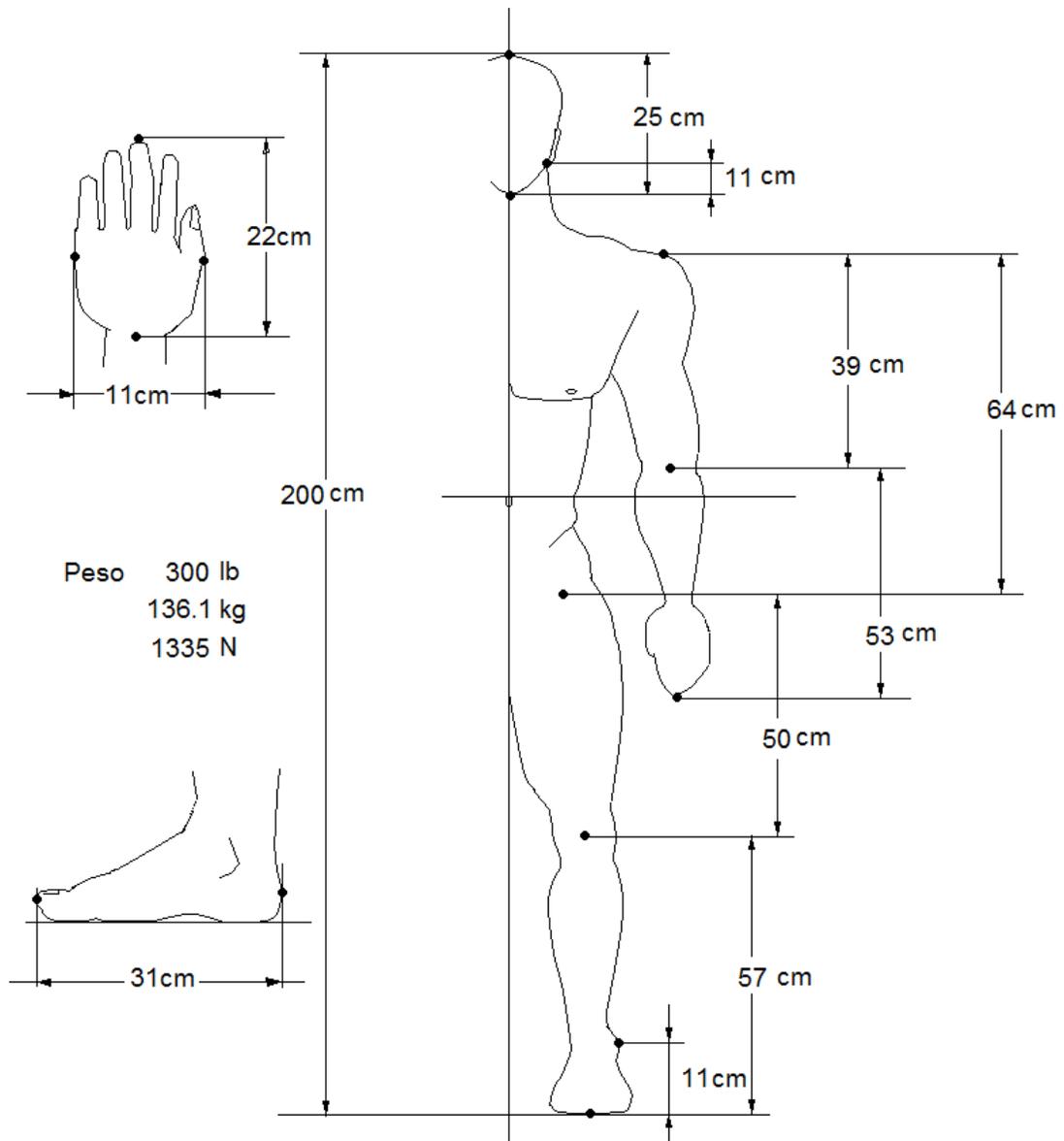


Fig. 39. Representación gráfica de las distancias y proporciones del cuerpo humano, tomadas como referencia.

3.1.4.4 Cálculo del peso y localización del centro de masa de las partes del cuerpo humano de proximal a distal.

Haciendo uso de la metodología de cálculo expuesta anteriormente, para hallar el peso y la localización del centro de masa de las partes que conforman el cuerpo humano, fue necesario dividir el cuerpo en dos partes: la superior e inferior, como se muestra en la fig. 40.

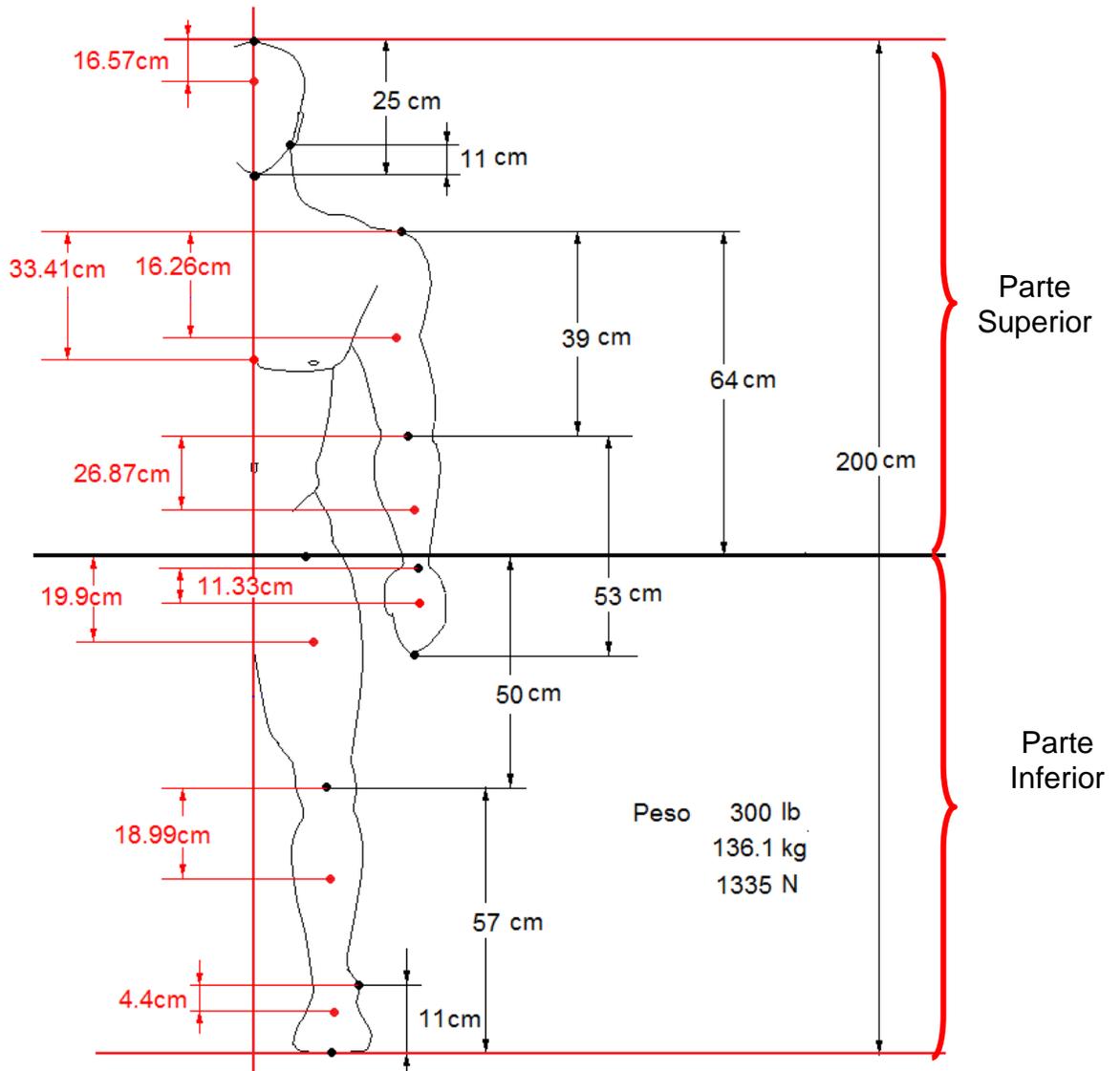


Fig. 40. Representación grafica de la Localización del Centro de Masa de los elementos que conforman el cuerpo humano.

La parte superior, comprende la distancia que existe desde la cabeza hasta la articulación de la cadera. Esta parte se compone por la cabeza, el tronco y las extremidades superiores. Mientras que la parte inferior, que abarca la distancia que hay entre la articulación de la cadera y el calcañal, está formada por la cadera y las extremidades inferiores del cuerpo humano.

Esta división se realizó, producto de que el hombre al acostarse en la mesa, se encuentra apoyado principalmente en dos partes, la espalda y el pie. La espalda va a estar apoyada completamente sobre la tabla de Quartz y el pie se encuentra apoyado en voladizo.

En la tabla 14, que se encuentra a continuación, se muestran los resultados obtenidos del cálculo del peso y localización del centro de masa del cuerpo humano, tomando como referencia el extremo proximal.

Tabla 14. Peso y Localización del Centro de Masa de cada segmento del cuerpo humano tomando como referencia el proximal.

Nº Partes	Nombre	Peso (N)	Localización % CM de cada segmento
1	Cabeza	61.42	16.57
1	Tronco	703.29	33.41
2	Brazo	19.76	16.26
2	Antebrazo	34.13	26.87
2	Mano	7.43	11.33
2	Muslo	154.72	19.9
2	Pierna	56.99	18.99
2	Pie	14.49	4.4

3.1.4.5 Determinación de los Centros Gravedad.

Para la determinación de la distancia de los centros de gravedad se empleó la ecuación 3.1

$$\bar{Y} = \frac{\sum y * m}{m_t} \quad (3.1)$$

Donde:

\bar{Y} : es la localización del centro de masa de proximal a discal,

y : es la longitud del segmento.

m : es la masa de un elemento.

m_t : es la sumatoria de las masas de todos los elementos.

Parte Superior.

Sustituyendo los valores de la parte superior en la ecuación 3.1, se obtiene.

$$\bar{Y} = \frac{\sum y * m}{m_t} = \frac{61.42 * 16.57 + 703.29 * 62.41 + 39.52 * 45.26 + 68.26 * 91.87 + 14.86 * 110.33}{887.35} = 61.77cm$$

Parte Inferior.

Sustituyendo los valores de la parte inferior en la ecuación 3.1, se obtiene

$$\bar{Y} = \frac{\sum y * m}{m_t} = \frac{28.98 * 1004.4 + 113.98 * 68.99 + 309.44 * 19.9}{452.4} = 37.42cm$$

En la figura 41, que aparece a continuación se expresan los resultados obtenidos en el cálculo anterior, mostrándose la ubicación del centro de gravedad del cuerpo humano de forma simétrica, para la parte superior e inferior.

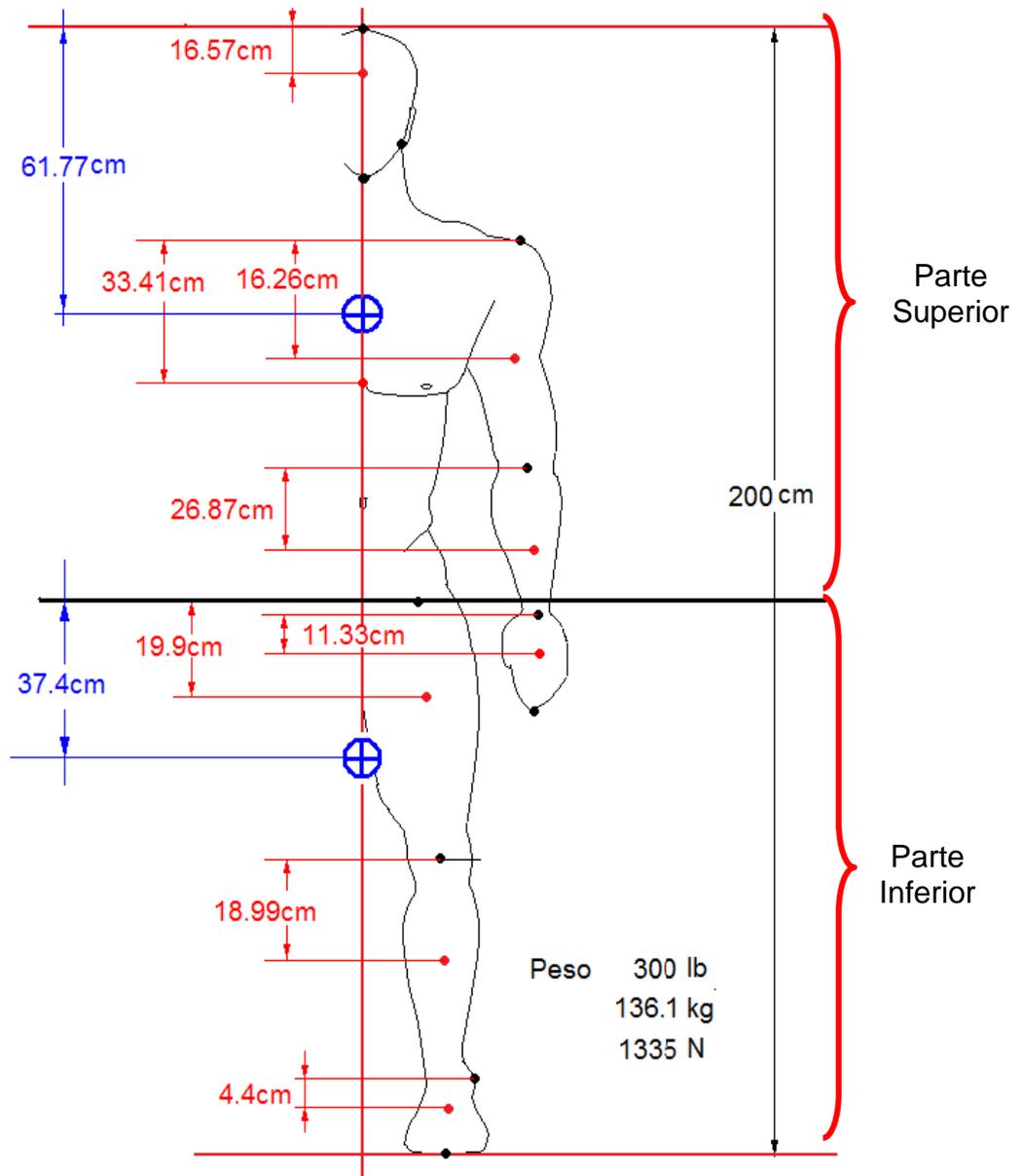


Fig. 41. Representación grafica del Centro de Gravedad de la parte Superior e Inferior del cuerpo humano.

3.1.4.6 Determinación de las reacciones en los apoyos.

El análisis de las cargas que genera el cuerpo humano al quedar acostado sobre la mesa, fue realizado por secciones, para facilitar el cálculo de las reacciones en los apoyos. De haberlo sometido a un análisis de carga en un sistema hiperestático,

hubiese sido necesario considerar al hombre, como un cuerpo rígido y uniforme, siendo una limitante para el cálculo, además este sistema, incluye conocer los momentos de inercia, módulo de elasticidad y desplazamiento de cada elemento, convirtiéndose en un sistema muy complejo de resolver. Por lo que se decidió establecer un sistema de cargas en equilibrio por secciones. [18]

En el caso en que el hombre se encuentra acostado sobre la mesa, hay que señalar tres puntos fundamentales **A**, **B**, **C**, como se muestra en la figura 42:

A punto en se encuentra apoyado el pie.

B punto que existe entre las piernas donde queda ubicado el tubo entre piernas.

C punto al final de la espalda.

Este cálculo es una aproximación de las cargas que puede provocar el peso del hombre sobre la mesa. Una vez teniendo los datos de la reacciones serán introducidos en un programa de cálculo por elemento finito, donde se simulara el efecto que tienen sobre la mesa.

- **Posición del hombre acostado.**

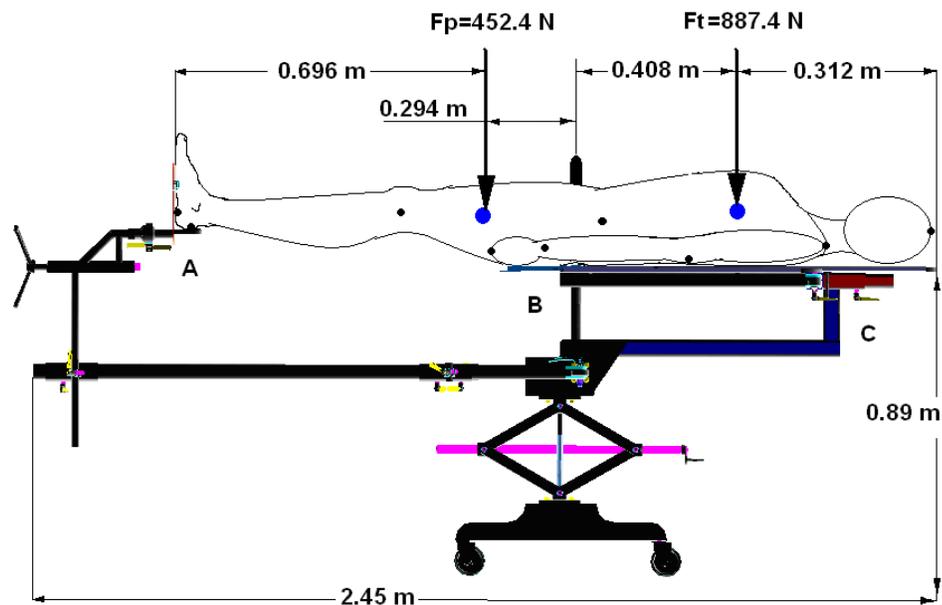


Fig. 42. Representación del cuerpo humano acostado sobre la mesa quirúrgica.

Primeramente se hizo un análisis de la sección (B-C), estableciéndose un sistema de equilibrio, siendo el caso, donde C, alcanza su máximo valor, determinando un punto de peligro para el sistema.

Sección (B-C).

$$\sum M_B = 0 + \curvearrowright$$

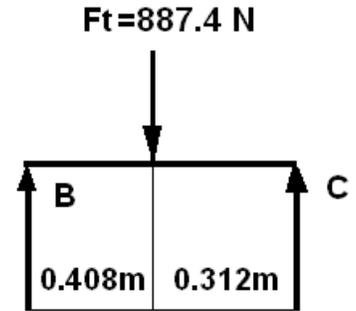
$$F_t * 0.408 - C * 0.72 = 0$$

$$C = \frac{F_t * 0.408}{0.72} = 502.86N$$

$$\sum F_Y = 0 + \uparrow$$

$$B - F_T + C = 0$$

$$B = F_T - C = 887.4 - 502.86 = 384.54$$



• **Posición del hombre sentado.**

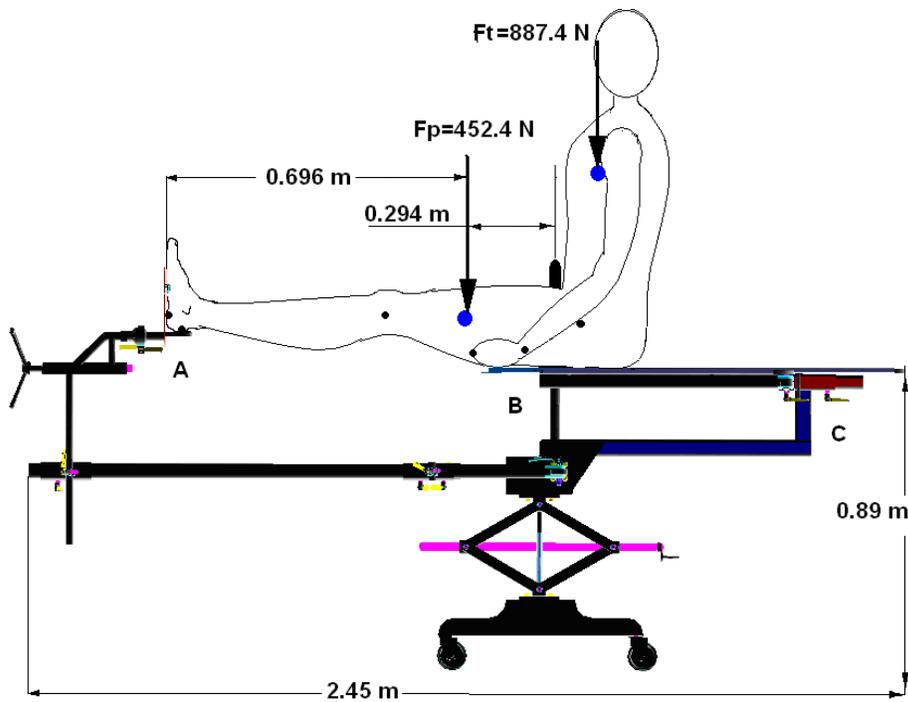


Fig. 43. Representación del cuerpo humano sobre la mesa quirúrgica sentado.

En la sección (A-B), que el hombre aparece sentado, se analizó cómo queda concentrado todo el peso de la parte superior del cuerpo cerca del punto B, distancia que fue despreciada para el cálculo, por ser tan pequeña, lo cual no repercute en los

resultados. En este caso la reacción en B toma su máximo valor y el valor de la reacción en A es igual para cada caso.

Sección (A-B).

$$\sum M_A = 0 + \curvearrowleft$$

$$F_p * 0.696 + F_T * 0.99 - B * 0.99 = 0$$

$$B = \frac{F_p * 0.696 + F_T * 0.99}{0.99}$$

$$B = \frac{314.87 + 878.52}{0.99} = 1205.4 N$$

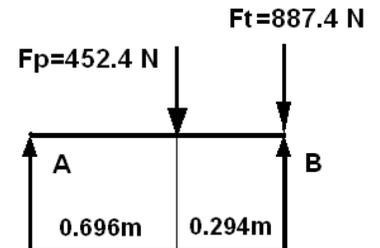
$$\sum F_Y = 0 + \uparrow$$

$$A - F_p - F_T + B = 0$$

$$A = F_p + F_T - B$$

$$A = 452.4 + 887.4 - 1205.4$$

$$A = 134.4 N$$



3.1.5 Definición de las condiciones de contorno o apoyos.

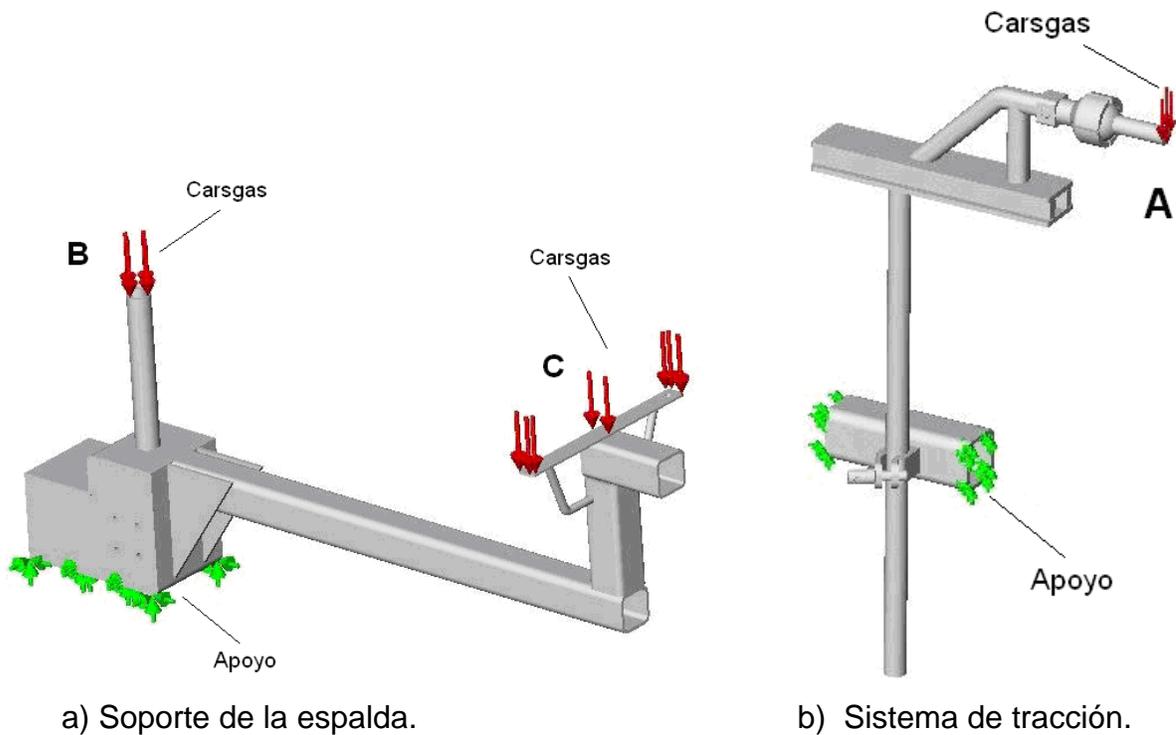


Fig. 44. Representación de las cargas y apoyos de la mesa.

El Soporte de la espalda está fijado al elevador mecánico por la parte inferior por medio de tornillo, quedando en posición vertical, (ver figura 44). Por ello en el modelo se colocaron restricciones sin libertad de rotación y desplazamientos en todos los ejes y sentidos, asumiendo que la estructura del dispositivo queda totalmente empotrada.

Las cargas a las que está sometido el Soporte de la espalda están dadas por el peso que ejercen la espalda del paciente sobre la estructura. Se asume la colocación de las cargas en los puntos B y C (ver figura 44) cuando B y C alcanzan sus valores máximos $B=1205.4\text{ N}$ y $C=502.86\text{ N}$.

El pedal de tracción esta fijado a las guías de piernas, que pasan por dentro del soporte del pie por la parte inferior ajustado por una manivela asumiendo no tiene desplazamiento, rotación en todos los ejes y sentidos de forma que la estructura se encuentra completamente empotrada.

Las cargas a las que esta sometida el sistema de tracción son provocadas por es peso que ejerce la pierna del paciente sobre el punto A (ver figura 44) cuando A alcanza su valor máximo de 134.4 N .

3.1.6 Realización del análisis o cálculo.

El análisis de resistencia de la mesa corresponde a un problema estático lineal, para su solución por el método de los elementos finitos, se utiliza la teoría lineal de las estructuras, basada en la suposición de los desplazamientos pequeños. Primeramente se calculan las deformaciones y a partir de éstas, las tensiones. La solución a los gigantescos sistemas de ecuaciones, que se formaron en todos los casos fue hallada mediante el solver FFEPlus, una de las técnicas más modernas implementadas en estos sistemas de elementos finitos, la cual reduce el tiempo empleado para los cálculos y ofrece resultados confiables.

3.1.7 Visualización y análisis de los resultados.

Son muchas las informaciones que se pueden obtener de los resultados a partir de un análisis por el método de los elementos finitos. Las principales son las tensiones equivalentes máximas según la teoría de Von Mises y los desplazamientos resultantes máximos en el conjunto.

3.1.7.1 Análisis de los resultados del Soporte de la espalda.

- **Tensiones equivalentes máximas.**

En la figura 45 se muestran los resultados de las tensiones equivalentes máximas según la teoría de Von Mises. Como se observa, los valores de máximas tensiones alcanza el valor de 26.95 MPa cerca del empotramiento.

Tomando el valor de la tensión de fluencia del acero **304 L** de 210 MPa, y asumiendo un factor de seguridad de $n=1.5$, se obtienen los resultados de la tensión admisible, al sustituir en la ecuación siguiente, demostrando que la estructura resiste.

$$\frac{\sigma_f}{n} \geq 26.95MPa$$

$$140MPa \geq 26.95MPa$$

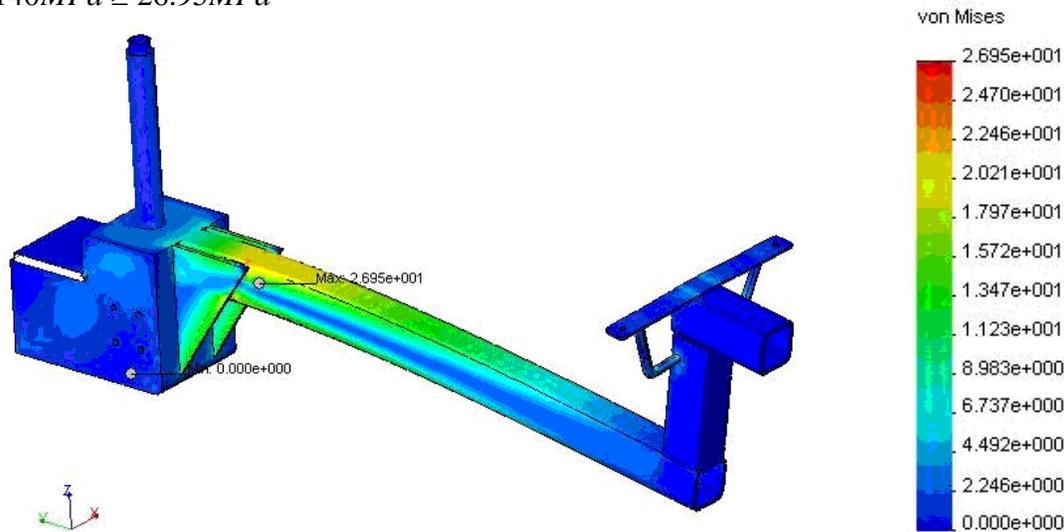


Fig. 45. Representación gráfica de las tensiones equivalentes máximas.

- **Desplazamientos.**

Los desplazamientos resultantes se muestran en la figura 46. El valor máximo se encuentra en el punto mas alejado donde fue considerado el empotramiento con un valor de 1.03 mm. Considerando el tamaño del dispositivo para un desplazamiento tan pequeño se afirmar que el dispositivo es rígido.

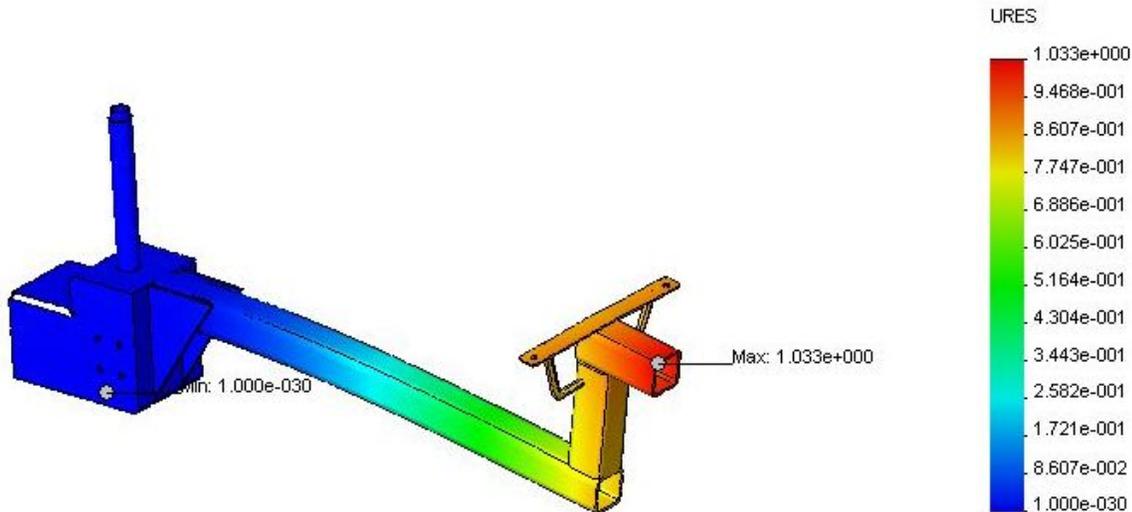


Fig. 46. Representación gráfica de los desplazamientos máximos.

3.1.7.2 Análisis de los resultados del Sistema de tracción.

- **Tensiones equivalentes máximas.**

En la figura 47 se muestran los resultados de las tensiones equivalentes máximas según la teoría de Von Mises. Como se observa, los valores de máximas tensiones alcanza el valor de 67.43 MPa, a lo largo de todo el tubo vertical por encima del empotramiento.

Tomando el valor de la tensión de fluencia del acero **304 L** de 210 MPa, y asumiendo un factor de seguridad de $n=1.5$ se obtienen los resultados de la tensión admisible, al sustituir en la ecuación siguiente, demostrando que la estructura resiste.

$$\frac{\sigma_f}{1.5} \geq 67.43MPa$$

$$140MPa \geq 67.43MPa$$

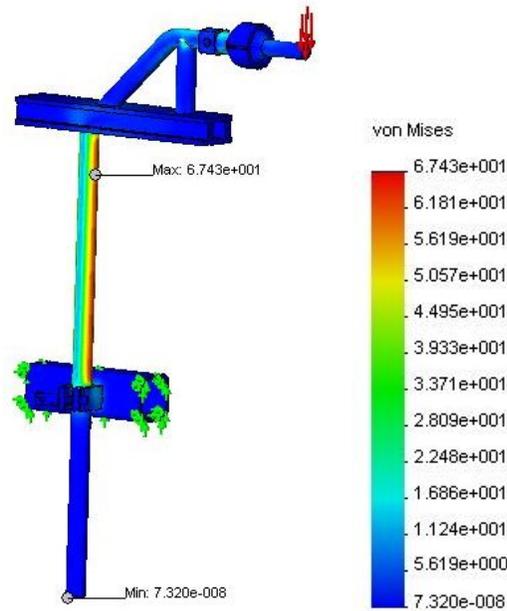


Fig. 47. Representación gráfica de las tensiones equivalentes máximas.

- **Desplazamientos.**

En la figura 48 se muestran los resultados de los desplazamientos resultantes con un valor máximo de 3.57 mm, en el punto mas alejado del empotramiento.

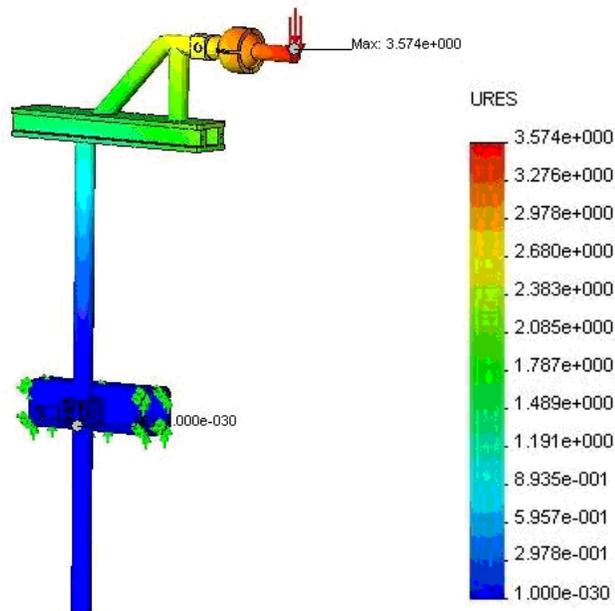


Fig. 48. Representación gráfica de las tensiones equivalentes máximas.

Considerando que el desplazamiento es pequeño en comparación con las dimensiones del dispositivo, más los desplazamientos que se pueden aceptar debido que este dispositivo va a sujetar una pierna y puede admitir más o menos unos milímetros se puede considerar rígido.

3.2 Conclusiones parciales.

1. Para la determinación de las reacciones en los apoyos fue necesario usar dos metodologías de cálculo, mencionadas a continuación: la primera son criterios para hallar las distancias y proporciones del cuerpo humano, mientras que la segunda se utilizó para hallar el Peso y la localización del centro de masa, de cada parte que conforma el cuerpo humano. Estas metodologías ayudaron a obtener las distancias de los centros de masa, de las dos partes del cuerpo, donde quedan concentradas las cargas que el hombre ejerce sobre la mesa.
2. En el modelado de la mesa, se tuvieron en cuenta las partes sobre las cuales las cargas ejercen influencia, simplificando el modelo y el análisis. Las simplificaciones y aproximaciones llevadas a cabo para la obtención de las cargas actuantes sobre el dispositivo no afectan en ninguna medida los resultados obtenidos.
3. La fuerza que actúa como carga sobre los dispositivos, depende del peso máximo de cada paciente y la posición que ocupe el mismo, sobre la mesa.
4. El material escogido y el diseño geométrico satisfacen las necesidades de resistencia y rigidez, necesarias para las exigencias de la mesa quirúrgica para las operaciones de cadera.

Conclusiones generales.

1. Con el estudio realizado sobre el desarrollo alcanzado en el diseño y fabricación de las mesas quirúrgicas para operaciones de cadera, se constató la existencia de compañías especializadas en esta rama, como la Operon, Marquet, Saturn y J. Prósopio entre otras. Basando sus diseños en los criterios del cirujano y funciones de operativas.
2. Las mesas quirúrgicas para operaciones de cadera poseen dispositivos particulares como: el Tubo entre piernas, el Sistema de tracción y las Perneras, además tiene propiedades en su construcción que facilitan la radiografía como: la radiotransparencia y su forma esquelética.
3. En las visitas realizadas a los Hospitales Manuel Fajardo y Arnaldo Milián Castro, del municipio de Santa Clara, se percibió, a través de las entrevistas realizadas a los especialistas en cirugía ortopédica, el mal estado en el que se encuentran los equipos, que son utilizados para operaciones de cadera. Debido al deterioro y a las pésimas condiciones de trabajo, que esta situación provoca, se propuso un diseño preliminar de una nueva mesa quirúrgica para operaciones de cadera, que se ajuste a las condiciones económicas del país y satisfaga las necesidades del cirujano.
4. El diseño propuesto posee una forma esquelética, facilitando el acceso de otros equipos a la mesa durante la operación, como el Arco en C, utilizado para la radiografía. La mesa quirúrgica está compuesta por siete subensambles, de ellos: el subensamble de la Espalda, los Sistemas de Tracción, las Perneras y las Guías de piernas, son de acero inoxidable 304L, debido a que se encuentran en contacto directo con el paciente, mientras que el subensamble Central, el Elevador Mecánico y la Base, son de acero convencional 1010 ó CT3.

5. Dentro de las características técnicas de la mesa quirúrgica propuesta, se pueden mencionar, que la misma tiene 0.89m de alto, 2.6 m de largo y 0.65 m de ancho.

6. La propuesta del diseño preliminar de la nueva mesa quirúrgica, cumplió con las expectativas de los especialistas, ya que permite la colocación del paciente en disímiles posiciones, facilita el ajuste de los dispositivos a los diferentes tamaños y realiza una gran variedad de movimientos, según los requerimientos del cirujano, como: la flexión y tracción de las piernas, cerrar y abrir, los brazos y las piernas, además de la regulación del tobillo en todas las direcciones. La mesa tiene una independencia de acción, que permite trabajar en cada pierna por separado, logrando una mayor comodidad, tanto al paciente como al cirujano durante la intervención quirúrgica.

7. El material escogido para la fabricación de la mesa quirúrgica y el diseño geométrico propuesto satisfacen las necesidades de resistencia y rigidez, necesarias para las exigencias de trabajo de la mesa quirúrgica para las operaciones de cadera.

Recomendaciones

1. Aplicar la Tecnología de Soldadura y la de Maquinado, según el material seleccionado y el tipo de producción a ejecutar.
2. Realizar una valoración económica del costo general de la fabricación de la mesa quirúrgica para operaciones de cadera propuesta, incluyendo el costo de los materiales y el de la tecnología de producción.
3. Continuar el estudio de este proyecto, con el fin de perfeccionar las estructuras de la misma, facilitando la realización, no solo de operaciones de cadera, sino de otras intervenciones quirúrgicas.
4. Fabricar un prototipo con la finalidad de evaluar experimentalmente el diseño propuesto.
5. Analizar la incorporación de sistemas neumáticos y electrónicos al sistema, para brindar mayor comodidad al cirujano, perfeccionando el sistema de elevación de la mesa quirúrgica.

Bibliografía.

1. <http://www.WoldOrtho.com>. Artículo: Historia de la Cirugía Ortopédica. 2008.
2. <http://www.cirugest.com>. Artículo: Marco histórico, social y asistencial de la cirugía. 2008.
3. <http://www.trumpf-med.com>. Artículo: Mesas de operaciones, requisitos. 2008.
4. <http://www.marquet.com>. Catalogo: Accesorios de ortopedia para mesas de operaciones. 2009.
5. <http://fcmfajardo.sld.cu>. Biblioteca Virtual de Ciencias Médicas. Artículo: La Cirugía Ortopédica. 2009.
6. <http://saturn.com>. Catalogo: El líder actual, (Trumpf Medizin Systeme). 2008.
7. <http://www.jprocopio.com>. Catalogo promocional: Mesa Quirúrgica Ortopedica JP 683 Plus. 2009.
8. <http://www.operon.com>. Catalogo promocional: Mesa de Quirófano Universal diseñada para las tareas de su equipo quirúrgico. 2009.
9. Guliaev, A. P. "Metalografía". Editorial MIR. Moscú. Año 1962.
10. <http://www.enfermeraspabellón> y esterilización. cl. Arias Vera, Hilda. Importancia de la Posición Quirúrgica y sus complicaciones. 2002.
11. <http://www.MundoMedico.net>. Catalogo: Mundo Médico. Equipos médicos y material de curación al mejor precio. Mesas quirúrgicas. 2009.

12. Catalogo "Mechanical, Tools, Safety and Office". Revista promocional de la Compañía Farnell. <http://www.farnell.com/uk>
13. <http://www.Matweb.com>
14. Cedré Días, E. Compendio bibliográfico sobre Procesos Metalúrgicos en los Aceros Inoxidables. Ediciones Internas, CIS. UCLV, 2008. Pp 8.
15. Toscano Alfoso, J. M. y Bernal Aguilar, Y. Manual de Tablas de intercambiabilidad. Facultad de ingeniería Mecánica. Febrero 2007.
16. Biblioteca de Consulta Microsoft ® Encarta ® 2008. © 1993-2004 Microsoft Corporation.
17. Hamil, J. y Knutzen, K. "Bases Biomecánicas del Movimiento Humano". Edit. Manole LTDA. Edición brasileña. Año 1999.
18. Hernández Levi, G. Resistencia de Materiales tomo II. Editorial Pueblo y Educación. 1983.
19. Juvinall, R. Fundamentos de Diseño para Ingeniería Mecánica. Editorial Limusa. México, Año 1985.
20. Rodríguez Hernández, O. y Corrugado Méndez, A. Dibujo aplicado para ingenieros tomo II. Editorial Pueblo y Educación. 1986.

ANEXOS

Tabla 1a). Clasificación de las mesas quirúrgicas respecto al Tipo de especialidad.

				
Grado Calidad	Mesa quirúrgica universal 1150.30	Mesa quirúrgica 1150.20	Mesa quirúrgica 1150.19	Mesa quirúrgica 1150.25
Cirugía general	X		X	
Cirugía Urología	X		X	
Traumatología Ortopedia	X	X		
Cirugía de Columna	X			
Neurocirugía	X			X
Cirugía vascular	X			
Oftalmología ORL	X			X
Peso máx. del paciente	360Kg	225Kg	225Kg	225Kg
Ajustes manuales	Respaldo superior. Placa de cabeza	Placas apoya - piernas. Placa superior. Palcas de cabeza	Palcas de cabeza	Placas apoya - piernas. Palcas de cabeza
Ajustes por motor	Altura, inclinaciones laterales, trendelenburg inversa, desplazamiento longitudinal 320mm, respaldo inferior, ajuste individual de las placas apoya-piernas	Altura, inclinaciones laterales, trendelenburg inversa, desplazamiento longitudinal 170mm, respaldo inferior.	Altura, inclinaciones laterales, trendelenburg inversa, desplazamiento longitudinal 420mm, ajuste individual del placas apoya-pierna.	Altura, inclinaciones laterales, trendelenburg inversa, desplazamiento longitudinal 275mm, respaldo
Características especiales	Tablero modular. Como opción: cuadrado de mando. Mural para ajuste individualmente programable.	Tablero modular.		

Tabla b). Clasificación de las mesas quirúrgicas respecto al Tipo de especialidad.

				
Grado Calidad	Delta Classic 1115.01	Beta Classic 1118.01	Alpha Classic 1118.03	Beta Star 1131.12
Cirugía general	X	X	X	X
Cirugía Urología	X	X	X	X
Traumatología Ortopedia		X	X	X
Cirugía de Columna		X	X	X
Neurocirugía		X	X	X
Cirugía vascular		X	X	X
Oftalmología ORL	X	X	X	X
Peso máx. del paciente	135Kg	135Kg	135Kg	225Kg
Ajustes manuales	Altura, inclinaciones laterales, trendelenburg inversa, placas apoya-piernas, respaldo, placa de cabeza	Altura, inclinaciones laterales, trendelenburg inversa, placas apoya-piernas, respaldo, placa de cabeza	Placas apoya-piernas, respaldo, placa de cabeza	Placas de cabeza, respaldo superior
Ajustes por motor			Altura, inclinaciones laterales, trendelenburg inversa	Altura, inclinaciones laterales, trendelenburg inversa, respaldo inferior, placas apoya-piernas
Características especiales	Puente biliar opcional	Desplazamiento longitudinal opcional 290mm Operación por pedal por medio de una calota selección de funciones	Desplazamiento longitudinal opcional 290mm Operación botones de mando con cable Telemando IR Interruptor de pedal y mando auxiliar	Diseño modular colocación a la inversa Operación por pedal por medio de una calota selección de funciones

Tabla c). Clasificación de las mesas quirúrgicas respecto al Tipo de especialidad.

				
Grado Calidad	Alpha Star 1132.12 Low 1132.13 Plus	Alpha Maxx 1133.12	Alpha Star Top 1132.17	Ortho Star 1425.01
Cirugía general	X	X		
Cirugía Urología	X	X		
Traumatología Ortopedia	X	X		X
Cirugía de Columna	X	X		X
Neurocirugía	X	X		
Cirugía vascular	X	X		
Oftalmología ORL	X	X	X	
Peso máx. del paciente	270Kg 450Kg	450Kg	225Kg	160Kg
Ajustes manuales	Placa de cabeza	Placa de cabeza. Respaldo superior.	Respaldo longitudinal extensible	Placas de cabeza.
Ajustes por motor	Altura, inclinaciones laterales, trendelenburg inversa, placas apoya-piernas. Respaldo.	Altura, inclinaciones laterales, trendelenburg inversa, respaldo inferior, ajuste individual de las placas apoya pierna. Desplazamiento longitudinal 230mm.	Altura, inclinaciones laterales, trendelenburg inversa, placas apoya-pierna. Respaldo de cabeza	Altura, inclinaciones laterales, trendelenburg inversa, respaldo
Características especiales	Diseño modular, colocación inversa modular. Sistema de automoción opcional	Diseño modular. Como opción: cuadrado de mando. Mural para ajuste individualmente programable. Sistema de automoción opcional	Con dispositivo motorizado para la colocación correcta de la cabeza	Compatible con el dispositivo de colocación para innervaciones de columna. Respaldo de 3 secciones para el hombro. Dispuesta para el montaje de accesorios especiales.