



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES  
NO RENOVABLES

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

“MANUAL DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DE  
EJERCICIOS PARA EL CLUB DEPORTIVO PODER DE LA CIUDAD DE LOJA”.

TESIS DE GRADO PREVIO A OPTAR POR  
EL TÍTULO DE INGENIERO  
ELECTROMECAÁNICO

Autor: Gustavo Vicente Loján Abarca

Director: Ing. Julio César Cuenca Tinitana, Mg. Sc

Loja - 2016

## CERTIFICACIÓN

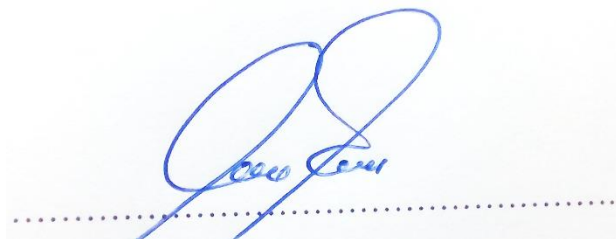
**Ing. Julio César Cuenca Tinitana, Mg. Sc**  
**DIRECTOR DE TESIS**

CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, en su proceso de investigación cuyo tema versa en **“MANUAL DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DE EJERCICIOS PARA EL CLUB DEPORTIVO PODER DE LA CIUDAD DE LOJA”**, previa a la obtención del título de Ingeniero Electromecánico, realizado por el señor egresado:

**Gustavo Vicente Loján Abarca**, la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.

Loja, Junio del 2015



**Ing. Julio César Cuenca Tinitana, Mg. Sc**  
**DIRECTOR DE TESIS**

## **AUTORÍA**

Yo **GUSTAVO VICENTE LOJÁN ABARCA**, declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos y acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de la tesis en el Repositorio Institucional- Biblioteca Virtual

Firma:

Cédula: 1104601313

Fecha: 19 – 01 – 2016

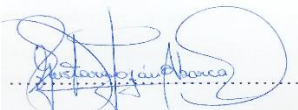
**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.**

Yo **GUSTAVO VICENTE LOJÁN ABARCA**, declaro ser el autor de la tesis titulada: “**MANUAL DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DE EJERCICIOS PARA EL CLUB DEPORTIVO PODER DE LA CIUDAD DE LOJA**”, como requisito para optar al grado de: **INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**; autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 19 días del mes de enero del 2016.

**Firma:** 

**Autor:** Gustavo Vicente Loján Abarca

**Cédula:** 1104601313

**Dirección:** Loja (San Cayetano Bajo, calle Venecia y Av. Guayaquil)

**Correo Electrónico:** gustavolojan@hotmail.com

**Teléfono:** 072611040

**Celular:** 0988367321

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Director de Tesis:** Ing. Julio César Cuenca Tinitana, Mg. Sc

**Tribunal de Grado:** Ing. Luis Armando Salgado Valarezo, Mg. Sc.

Ing. Byron Agustín Solórzano Castillo, Mg. Sc.

Ing. Darwin Giovanni Tapia Peralta, Mg. Sc.

## **DEDICATORIA**

Este proyecto se lo dedico con mucho cariño a personas muy especiales que me han apoyado a lo largo de todo este tiempo:

A mis Padres Vicente y Silvania por ser cada día mi ejemplo de una familia unida, superación, trabajo y honradez, por el amor impartido a lo largo de todo este tiempo, su ayuda y apoyo de superación.

A mi esposa Yuliana, mi compañera y complemento de todos los días.

A mi Hijo Alejandrito, mi inspiración y el valor de la perseverancia para superar los retos de la vida.

A mis hermanas Yohanna, Gabriela, Daniela, mis sobrinas Yohenna y Damaris por su ayuda y cariño.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi Dios Padre, a mi Señor Jesucristo y al Espíritu Santo por haberme creado, por haberme dado vida cuando estaba muerto. Hasta aquí he podido llegar por su Gracia.

Doy gracias a la Universidad Nacional de Loja. Al Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables, a la Carrera de Ingeniería en Electromecánica representada por sus autoridades y docentes a los cuales debo mi formación como profesional.

Al **Ing. M. Sc. Julio César Cuenca Tinitana**, Director de Tesis, por todo su apoyo, interés y compromiso con el desarrollo y culminación del proyecto de Tesis.

A toda mi familia y las personas que han estado detrás de mí respaldándome, animándome e inspirándome para que logre mi objetivo.

**GRACIAS A TODOS**

## ÍNDICE

CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA .....	iii
CARTA DE AUTORIZACIÓN .....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE.....	vii
1 Título .....	1
2 Resumen .....	2
3 Introducción.....	4
3.1 Objetivos.....	6
4 Revisión de la literatura.....	7
4.1 Estado del arte de las máquinas de ejercicio .....	7
4.1.1 Gymnasticon.....	7
4.1.2 Las primeras máquinas de gimnasio.....	7
4.1.3 El renacimiento del fitness .....	8
4.1.4 Máquinas caseras .....	8
4.2 Cuerpo humano .....	8
4.3 Sistema muscular.....	9
4.3.5 Músculo Pectoral .....	13
4.3.5.1 Pectoral mayor.....	13
4.3.5.2 Pectoral menor.....	14
4.3.5.3 El Serrato Anterior.....	14
4.3.5.4 Tipos de ejercicios para pectorales .....	15
4.3.6 Músculo espalda .....	16

4.3.6.1 Músculos profundos de la espalda (intrínsecos).....	16
4.3.6.2 Músculos intermedios de la espalda .....	18
4.3.6.3 Músculos superficiales de la espalda.....	18
4.3.6.4 Tipos de ejercicios para espalda .....	19
4.3.7 Músculo del Brazo.....	20
4.3.7.1 Bíceps braquial .....	20
4.3.7.2 Braquial anterior .....	21
4.3.7.3 Coracobraquial.....	21
4.3.7.4 Braquiorradial o supinador largo .....	21
4.3.7.5 Tríceps braquial .....	22
4.3.7.6 Músculo flexor común profundo de los dedos .....	22
4.3.7.7 Músculo flexor común superficial de los dedos .....	22
4.3.7.8 Tipos de ejercicios para Brazos .....	23
4.3.8 Músculos de la Pierna.....	23
4.3.8.1 Tipos de Ejercicio para piernas .....	26
4.4 Ejercicio para el cuidado de la salud .....	27
4.5 Instrucciones de entrenamiento .....	28
4.5.1 Intensidad de entrenamiento.....	28
4.5.2 Frecuencia de entrenamiento .....	28
4.5.3 Organización de su sesión de entrenamiento:.....	28
4.5.4 El ejercicio con máquinas.....	29
4.5.5 Motivación.....	29
4.6 Antropometría.....	29
4.6.1 Antropometría estática y dinámica .....	29
4.6.2 Ergonomía .....	30



4.6.3 Percentiles.....	31
4.6.4 Adecuación antropométrica.....	32
4.6.5 Datos antropométricos.....	32
4.6.5.1 Hombre y Mujer Adultos.....	32
4.6.5.2 Áreas para ejercicio gimnástico.....	32
4.7 El diseño mecánico.....	38
4.8 Esfuerzo simple .....	40
4.9 Esfuerzo Corte .....	41
4.10 Esfuerzo a Flexión.....	41
4.10.6 Módulo de resistente.....	41
4.11 Cables de alambre o metálicos .....	42
4.11.1 Esfuerzo en el cable.....	43
4.11.2 Factor de seguridad para cables de acero .....	44
4.11.3 Diámetro mínimo de polea para cable de acero .....	44
4.11.4 Cinemática y Cinética.....	44
4.11.5 Fuerza Absoluta.....	45
4.11.6 Fuerza Relativa .....	45
4.11.7 Mecanismos y Máquinas .....	45
5 Materiales y Métodos .....	46
5.1 Organigrama de diseño y construcción .....	46
5.2 Método de diseño estructural.....	47
5.3 Herramienta SolidWorks. ....	47
6 Resultados.....	48
6.1 Geometría de una máquina de ejercicios.....	48
6.1.1 Parámetros de diseño .....	49

6.1.2	Peso Humano.....	50
6.1.3	Peso para realizar ejercicios .....	51
6.1.4	Pesas .....	51
6.1.5	Selección del cable de acero.....	51
6.1.5.1	Tipos de cable.....	52
6.1.5.2	Cálculo del diámetro del cable de acero.....	52
6.1.5.3	Área de sección del cable .....	52
6.1.5.4	Esfuerzo en el cable de acero .....	52
6.1.5.5	Elección de la polea.....	53
6.1.6	Transmisión de movimiento de pesas.....	53
6.1.6.1	Movimiento 1. Espalda, hombros (Fa').....	54
6.1.6.2	Movimiento 2. Pectorales .....	55
6.1.6.3	Movimiento 3 y 4. Piernas y Brazos .....	56
6.2	Análisis de la estructura.....	56
6.2.1	Dimensionamiento.....	57
6.2.2	Análisis en palanca de pies y brazos .....	58
6.2.2.1	Material utilizado en la palanca de brazos y piernas .....	59
6.2.3	Análisis de la barra del asiento .....	61
6.2.4	Análisis de fuerzas en brazos pecho .....	64
6.2.5	Análisis de fuerzas en la palanca superior espalda.....	65
6.2.6	Análisis de fuerzas en travesaño superior de la máquina .....	68
6.2.7	Análisis de fuerzas en columna principal de la estructura.....	74
6.2.8	Análisis de fuerzas en soporte de la estructura.....	79
6.2.9	Dimensionamiento de ejes de las poleas .....	83
7	Manual máquina de ejercicios .....	85

7.1 Manual de diseño.....	85
7.2 Manual de construcción.....	86
7.3 Hojas de proceso de construcción .....	87
7.3.1 Estructura máquina .....	87
7.3.2 Tubo guía pesas .....	87
7.3.3 Soporte palanca de brazo.....	87
7.3.4 Brazo para pecho .....	87
7.3.5 Porta ejes piernas .....	88
7.3.6 Palanca piernas .....	88
7.3.7 Porta poleas .....	88
7.3.8 Apoyo piernas.....	88
7.3.9 Palanca superior.....	89
7.3.10 Palanca baja .....	89
7.4 Instrucciones de seguridad.....	89
7.5 Costo de la máquina .....	90
7.5.1 Materiales Directos.....	90
7.5.2 Materiales indirectos .....	91
7.5.3 Presupuesto total.....	91
8 Discusión .....	92
9 Conclusiones.....	94
10 Recomendaciones .....	95
11 Bibliografía.....	96

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Máquina de Ejercicio .....	5
Figura 2 Gymnasticon .....	7
Figura 3 Sistema muscular Frontal.....	11
Figura 4 Sistema Muscular dorsal .....	12
Figura 5 Pectoral mayor .....	14
Figura 6 Pectoral menor .....	15
Figura 7 Serrato anterior.....	15
Figura 8 Músculo profundo de la espalda y esplenio .....	17
Figura 9 Músculo transversoespinoso .....	17
Figura 10 Músculos superficiales de la espalda .....	18
Figura 11 Músculos del brazo .....	20
Figura 12 Músculos de la pierna .....	24
Figura 13 Músculos femorales posteriores.....	25
Figura 14 Músculo Aductor.....	26
Figura 15 Músculo gastrocnemio .....	26
Figura 16: Medidas Antropométricas .....	30
Figura 17 Ejercicios en el suelo.....	33
Figura 18 Separación necesaria en clase de gimnasia .....	34
Figura 19 Requisitos de espacio para posiciones de elevación .....	34
Figura 20 Holguras mínimas para ejercicios gimnásticos .....	36
Figura 21 Medidas de ejercicio en bicicleta .....	37
Figura 22 Dimensiones de ejercicios de poleas.....	37
Figura 23 Pasos en el proceso de diseño [Moot 2006].....	40
Figura 24 Tipos de cables de acero .....	42

Figura 25 Cables de acero partes y medición .....	43
Figura 27 Organigrama manual de diseño y construcción (Fuente Autor) .....	46
Figura 26 Clasificación de aceptación de los usuarios CAD [Simon 2005]. .....	47
Figura 28 Multigym TE1200DG SEMIKON.....	49
Figura 29 Sistema de transmisión (fuente autor).....	54
Figura 30 Diagrama de cuerpo libre de la polea a y b (fuente autor) .....	55
Figura 31 Diagrama de cuerpo libre de las poleas c y d (Fuente autor) .....	55
Figura 32 Prototipo máquina de ejercicios (fuente autor) .....	57
Figura 33 Palanca manos (fuente autor) .....	58
Figura 34 Diagrama de Cuerpo libre palanca brazos (fuente autor).....	58
Figura 35 Diagrama de esfuerzo cortante palanca de brazos (fuente autor) .....	59
Figura 36 Diagrama Fuerzas del peso del material palanca brazos.....	60
Figura 37 Palanca de piernas (fuente autor) .....	61
Figura 38 Diagrama de cuerpo libre puntos 4-5 de la estructura (fuente autor).....	61
Figura 39 Diagrama de corte y momento flector máximo puntos 4-5 (fuente autor).....	62
Figura 40 Estructura brazos pecho (fuente autor) .....	64
Figura 41 Diagrama de cuerpo libre estructura pecho (fuente autor).....	65
Figura 42 Palanca superior espalda (fuente autor) .....	66
Figura 43 Diagrama de cuerpo libre Palanca superior (fuente autor).....	66
Figura 44 Diagrama de cuerpo libre palanca superior (fuente autor).....	68
Figura 45 Travesaño superior (fuente autor) .....	69
Figura 46 Diagrama de momento máximo travesaño superior (fuente autor).....	71
Figura 47 columna principal de la estructura (fuente autor) .....	74
Figura 48 Diagrama de cuerpo libre columna principal de la estructura (fuente autor). 75	
Figura 49 Diagrama de momentos columna principal de la estructura (fuente autor) ...	76

Figura 50 Diagrama de cuerpo libre soporte estructura (fuente autor).....	80
Figura 51 Diagrama de momento soporte de la maquina (fuente autor).....	81
Figura 52 Diagrama de cuerpo libre de poleas .....	83
Figura 53 Diagrama de cuerpo libre del pasador.....	83

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Medidas para ejercicios gimnásticos .....	35
Tabla 2 Medidas para ejercicios gimnásticos .....	36
Tabla 3 Medidas para ejercicios en maquinas .....	38
Tabla 4 Factor de seguridad mínimo para cables de acero .....	44
Tabla 5 Registro Club Deportivo Poder .....	50
Tabla 6 Lista de Piezas .....	86
Tabla 7 Materiales directos.....	90
Tabla 8 Materiales indirectos .....	91
Tabla 11 Presupuesto Total de la máquina de ejercicios.....	91

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Dimensiones estructurales combinadas del cuerpo.....	98
Anexo 2 Dimensiones Funcionales del cuerpo.....	99
Anexo 3 Catálogo de Cables de Acero .....	100
Anexo 4 Diámetro de Polea Catálogo de Acero.....	101
Anexo 5 Catálogo CIRSOC Tubo Redondo.....	102
Anexo 6 Catálogo CIRSOC Tubo Cuadrado.....	103
Anexo 7 Planos y hojas de proceso de la máquina de ejercicio .....	104

## **1 Título**

“MANUAL DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DE EJERCICIOS PARA EL CLUB DEPORTIVO PODER DE LA CIUDAD DE LOJA”.



## **2 Resumen**

Este trabajo de tesis tiene el propósito fundamental de contribuir con un manual de diseño y construcción de una máquina de ejercicios para el “CLUB DEPORTIVO PODER” de la ciudad de Loja.

Para la elaboración de este manual, se analizó primeramente los músculos del cuerpo humano, la estructura muscular, ergonomía y formas de ejercitarlos.

Este diseño está orientado para ejercitar los músculos de espalda, hombros, pectorales, brazos y piernas.

Se realizó un análisis de la geometría de las máquinas de ejercicios multifuncionales existentes y con ello se elaboró el diseño utilizando la herramienta CAD SolidWorks, en base a este diseño se desarrollaron los cálculos de esfuerzos y momentos máximos para el dimensionamiento y selección de perfiles de acero para la estructura y palancas, se realizó la selección del diámetro de pernos para poleas y unión de piezas.

En base al diseño que se desarrolló se realizaron hojas de proceso de las piezas y finalmente se realizó el costo de materiales directos e indirectos.

## **SUMMARY**

This thesis has the primary purpose of contributing to the manual design and construction of an exercise machine for the, "POWER SPORTS CLUB , " of the city of Loja.

For the elaboration of this manual, we firstly analysed the muscles of the human body, the human body's muscular structure, ergonomics and ways of exercising them.

This design is geared to exercise the muscles of the back, shoulders, chest, arms, and legs. An analysis of the existing multifunctional exercise machines was carried out and thus, a design was elaborated using the CAD SolidWorks tool. Based on this design, selections of steels, levers, pulleys and bolts for joining pieces were made using the calculations of the dimensions and the diameters.

Based on these designs, a series of blueprints and process sheets for these machines were created. Finally, the direct and indirect costs of the materials were checked and recorded.

### 3 Introducción

En la actualidad existen máquinas de fuerza para ejercitar ciertos músculos con un diseño práctico, ligero y funcional pero muchas de las veces económicamente no accesibles para todas las personas.

En la ciudad de Loja el proceso de construcción de máquinas de ejercicios a través de trabajos de metal-mecánica y posterior pintado y acabados de las mismas, se viene realizando en forma artesanal y basada en conocimiento empírico de los procesos ya que son escasos los estudios de diseño para este tipo de máquinas.

El objetivo principal de este proyecto está enfocado en la elaboración de un manual que guie un proceso de cómo construir una máquina de ejercicios, es así que realizando un análisis de las partes del cuerpo humano que se ejercitarán mediante la máquina de ejercicios se podrá proporcionar una alternativa de diseño bajo condiciones ergonómicas.

El “Club Deportivo Poder de la ciudad de Loja”, en su proceso de innovación y mejorar los servicios a la localidad y al país, tiene la propuesta de implementar la línea fabricación de máquinas de ejercicios e implementos deportivos para ello necesita de un manual de diseño y construcción de una máquina de ejercicios.

El proyecto de un manual de diseño y construcción de una máquina de ejercicios, está enfocado al diseño de una máquina multifuncional figura 1 para ejercitar:

- Sección 1: Espalda y hombros.
- Sección 2: Pectoral.
- Sección 3: Piernas.
- Sección 4: Brazos (Bíceps y tríceps)

Este diseño está direccionado a las partes principales que se pueden ejercitar durante una rutina de ejercicios diaria.

- Sección 1 Espalda y hombros

Sentado en la máquina de ejercicios y sujetando con ambas manos la palanca superior se procede a inspirar y tirar hasta la nuca dirigiendo los codos hacia el tronco y luego se regresa a la posición inicial y espirar.

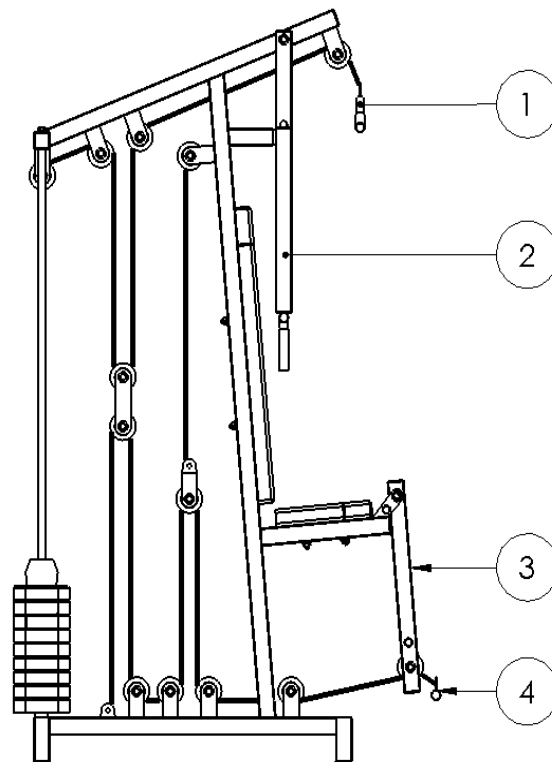


Figura 1: Máquina de Ejercicio

- Sección 2 Pectorales

Sentado en la máquina de ejercicios, con los brazos separados en posición horizontal y tomando los brazos para pectorales de la máquina se procede a inspirar y juntar los brazos al máximo y luego se regresa a la posición inicial y espirar.

- Sección 3 Piernas

Sentado en la máquina, manos agarrando el asiento para mantener el tronco inmóvil, rodillas flexionadas, tobillos colocados debajo de los cojines se procede a inspirar y efectuar una extensión de las rodillas hasta la horizontal, se regresa a la posición inicial y espirar.

- Sección 4 Brazos (Bíceps, tríceps)

De pie y frente a la máquina de ejercicios y sujetando con ambas manos la palanca baja, inspirar y efectuar una flexión de los codos hasta llegar lo más cerca posible de los bíceps, se regresa a la posición inicial y espira.

### **3.1 Objetivos**

#### **Objetivo general**

Elaborar un manual de diseño y construcción de una máquina de ejercicios para el Club Deportivo Poder de la ciudad de Loja.

#### **Objetivos específicos**

- Analizar la parte del cuerpo humano que se va a ejercitar mediante la máquina de ejercicios.
- Diseñar las partes de la máquina de ejercicios.
- Proponer una alternativa de diseño de una máquina de ejercicios bajo consideraciones ergonómicas.

## 4 Revisión de la literatura

### 4.1 Estado del arte de las máquinas de ejercicio

#### 4.1.1 Gymnasticon

Se considera que la primera máquina de gimnasio fue el Gymnasticon, la cual fue creada por el fisiólogo y ortopedista francés Nicolas Andry en el año 1741. Esta primera máquina permitía activar un mecanismo con pilones de engranaje con ayuda de los brazos y las piernas. (Wikipedia, Nicolas Andry de Boisregard, 2015)

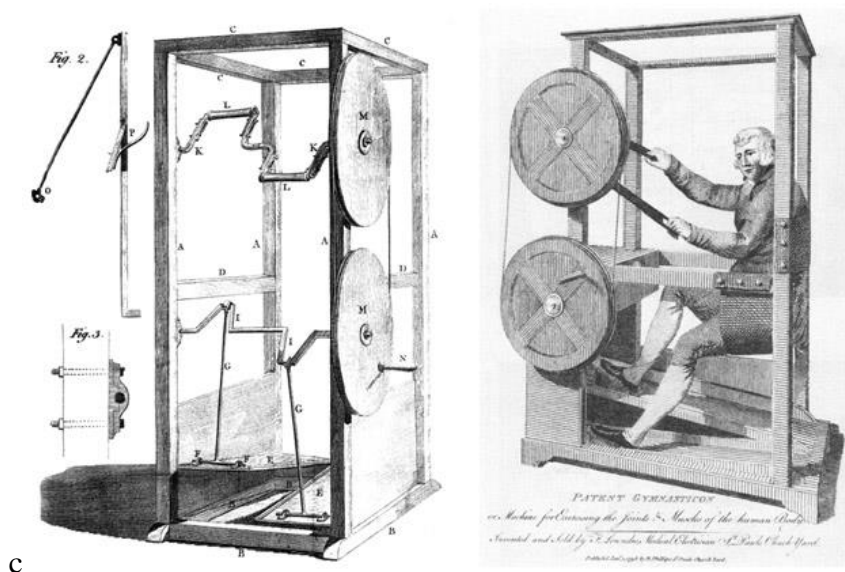


Figura 2 Gymnasticon

(Wikipedia, Nicolas Andry de Boisregard, 2015)

El siguiente paso en la evolución de las máquinas se dio en el año 1876 cuando el científico sueco Gustav Zander presentó un sistema de entrenamientos físicos efectuados con máquinas. Después de unos años, sus máquinas empezaron a venderse en más de 140 países a precios bastante elevados. (Wikipedia, Gustav Zander, 2015)

#### 4.1.2 Las primeras máquinas de gimnasio

A principios del siglo XX, la mayoría de personas no podían imaginar que para tener buen estado físico se podía entrenar con ayuda de máquinas. Luchar contra el sobrepeso, así como intentar marcar el abdomen, eran prioridades que interesaban a muy pocos.

Las máquinas hechas a mano con materiales altamente costosos eran usadas en barcos trasatlánticos para los pasajeros de primera clase y en los Spas de lugares turísticos (en ambos casos, sólo para la elite). Estas personas nunca pudieron imaginar que su uso se difundiría en cada casa de la clase media.

#### **4.1.3 El renacimiento del fitness**

Se considera que el norteamericano Arthur Jones fue el primer fabricante de máquinas de gimnasio modernas y el fundador de la compañía Nautilus. A principios de la década de los setenta, él presentó la Blue Monster, máquina que permitía ejecutar ejercicios básicos para bodybuilding. (The Rise of the Machines, 2007)

Fueron precisamente las máquinas producidas por la compañía Nautilus las que hicieron populares a los entrenamientos de fuerza, la cultura del fitness y los aeróbicos, actividades que daban sus primeros pasos en aquella época: Jane Fonda lanzó su curso de videos y Arnold Schwarzeegger llegó a Estados Unidos.

#### **4.1.4 Máquinas caseras**

Se considera que Joe Weider fue la primera persona que adaptó las máquinas para su uso en casa. La compañía Weider (fundada por el mismo) publicitó estas máquinas a través de sus revistas de ejercicios, fitness y bodybuilding: Muscle & Fitness, Flex, Men's Fitness y Shape. (Joe Weider, Creator of Bodybuilding Empire, 2013)

El objetivo de las revistas era puramente publicitario, hecho que posibilitó que los productos de esta compañía conquistaran el mercado. Weider fue la primera persona que dio trabajo a Schwarzeegger en Estados Unidos, a quien le pagaba 100 dólares a la semana por escribir artículos sobre las ventajas de los suplementos Weider.

Las máquinas de gimnasio fueron creadas en Europa durante el siglo XVIII; sin embargo, éstas se hicieron populares en Estados Unidos hacia los años setenta. Es importante recordar que la industria de las máquinas está interesada, no en la efectividad de sus productos, sino en las ganancias que éstas pueden producir.

### **4.2 Cuerpo humano**

El cuerpo humano es la estructura física y material del ser humano. El cuerpo humano se compone de cabeza, tronco y extremidades; los brazos son las extremidades superiores y las piernas las inferiores; cabe mencionar que el tronco se divide en tórax y abdomen y

es el que da movimiento a las extremidades superiores, inferiores y a la cabeza. (WikipediaCuerpohumano, 2015)

Uno de los sistemas de clasificación del cuerpo humano, respecto a sus componentes constituyentes, es la establecida por Wang y Col. en 1992:

- Nivel atómico: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, azufre y fósforo.
- Nivel molecular: agua, proteínas, lípidos, hidroxapatita.
- Nivel celular: intracelular, extracelular.
- Nivel anatómico: tejido muscular, adiposo, óseo, piel, órganos y vísceras.
- Nivel cuerpo íntegro: masa corporal, volumen corporal, densidad corporal.

El cuerpo humano está organizado en diferentes niveles jerarquizados. Así, está compuesto de aparatos; estos los integran sistemas, que a su vez están compuestos por órganos conformados por tejidos, que están formados por células compuestas por moléculas.

El cuerpo humano posee más de cincuenta billones de células. Éstas se agrupan en tejidos, los cuales se organizan en órganos, y éstos en ocho aparatos o sistemas: locomotor (muscular y óseo), respiratorio, digestivo, excretor, circulatorio, endocrino, nervioso y reproductor.

### **4.3 Sistema muscular**

El sistema muscular permite que el esqueleto se mueva, se mantenga firme y estable y también da forma al cuerpo figura 3 y figura 4. En los vertebrados los músculos son controlados por el sistema nervioso, aunque algunos músculos (tales como el cardíaco) pueden funcionar de forma autónoma. Aproximadamente el 40 % del cuerpo humano está formado por músculos, es decir, que por cada kilogramo de peso total, 400 g corresponden a tejido muscular. (WikipediaSistemaMuscular, 2015)

El sistema muscular es el responsable de las siguientes funciones:

- Locomoción: efectuar el desplazamiento de la sangre y el movimiento de las extremidades.
- Actividad motora de los órganos internos: el sistema muscular es el encargado de hacer que todos nuestros órganos desempeñen sus funciones, ayudando a otros sistemas, como por ejemplo, al sistema cardiovascular o al sistema digestivo.



- Información del estado fisiológico: por ejemplo, un cólico renal provoca contracciones fuertes del músculo liso, generando un fuerte dolor que es signo del propio cólico.
- Mímica: el conjunto de las acciones faciales o gestos que sirven para expresar lo que sentimos y percibimos.
- Estabilidad: los músculos, conjuntamente con los huesos, permiten al cuerpo mantenerse estable mientras permanece en estado de actividad.
- Postura: el sistema muscular da forma y conserva la postura. Además, mantiene el tono muscular (tiene el control de las posiciones que realiza el cuerpo en estado de reposo).
- Producción de calor: al producir contracciones musculares se origina energía calórica.
- Forma: los músculos y tendones dan el aspecto típico del cuerpo.
- Protección: el sistema muscular sirve como protección para el buen funcionamiento del sistema digestivo y de otros órganos vitales.

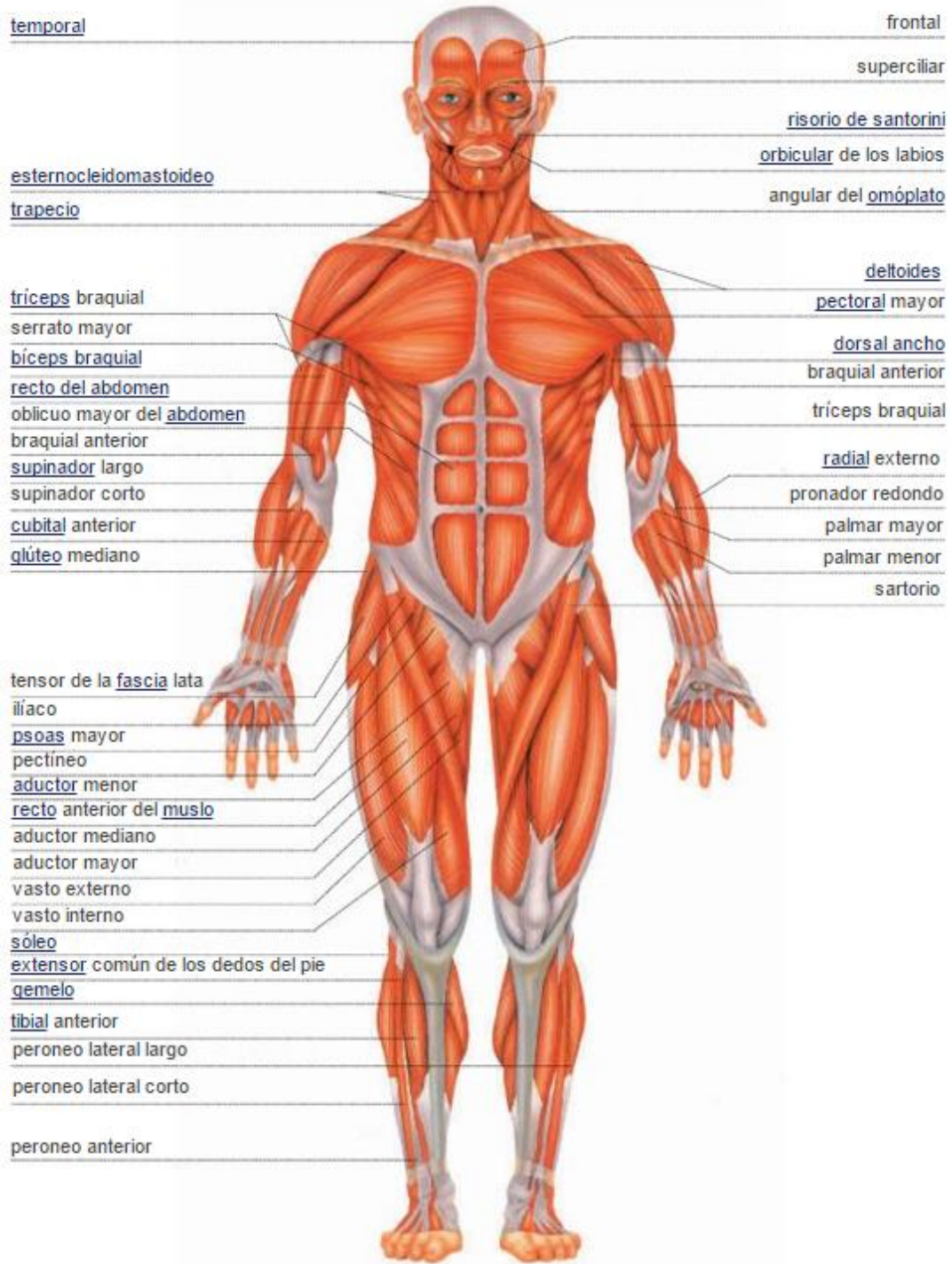


Figura 3 Sistema muscular Frontal

(<http://salud.doctissimo.es/atlas-del-cuerpo-humano/sistema-muscular/musculos-del-cuerpo-humano.html>)

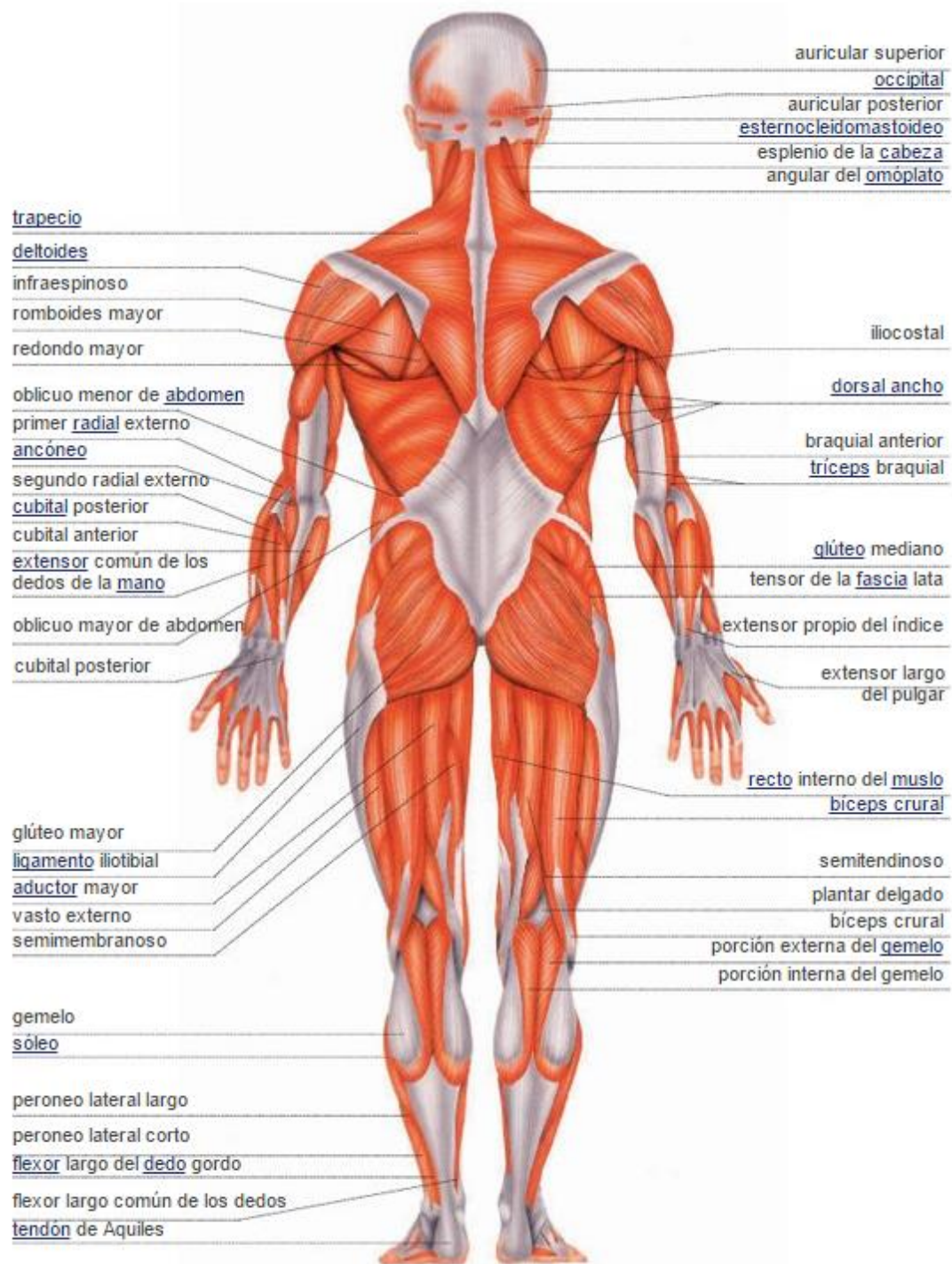


Figura 4 Sistema Muscular dorsal

(<http://salud.doctissimo.es/atlas-del-cuerpo-humano/sistema-muscular/musculos-del-cuerpo-humano.html>)

### **4.3.5 Músculo Pectoral**

El musculo pectoral está formado por tres músculos:

- Pectoral mayor
- Pectoral menor
- El serrato anterior

#### **4.3.5.1 Pectoral mayor**

El pectoral mayor figura 5 es uno de los músculos más importantes del tren superior, con un papel esencial en la movilización del brazo respecto a la articulación del hombro. (Higuero, 2009)

A nivel general, el pectoral mayor es un músculo superficial, es decir no queda cubierto por ningún otro, y resulta muy fácil de distinguir a la vista cuando está bien desarrollado, porque le da al pecho un aspecto abultado y redondeado que aumenta el perímetro del tórax y refuerza así la imagen de fortaleza del individuo.

Está ubicado en la parte anterior del tronco, más concretamente en la mitad superior de la caja torácica, y sus fibras musculares surgen desde la línea del esternón y desde la clavícula para insertarse en los huesos húmeros de cada lado del cuerpo, convirtiendo al pectoral mayor en un músculo con forma de abanico cuyas fibras se extienden en varias direcciones debido a su ancho origen.

En este sentido, en el pectoral mayor existen dos secciones anatómicas, la que surge del esternón y la que se origina en la clavícula, aunque a nivel funcional se pueden diferenciar tres secciones o fascículos musculares, en función de la inclinación que adoptan sus fibras, lo que hace que cada fascículo genere acciones diferentes.

La función principal del pectoral mayor es la de adelantar el brazo cuando está elevado, lo cual puede realizar con gran potencia, de ahí que su concurso sea esencial en acciones de lanzamiento, natación, golpes con raqueta, etc,

En general se puede decir que el pectoral mayor participa en aquellas situaciones en las que se trabaja con los brazos por delante del cuerpo, ya sea tratando de alcanzar o agarrar cosas, o de empujarlas y propulsarlas al frente, aunque también nos permite realizar gestos menos intensos, como dar un abrazo a alguien.

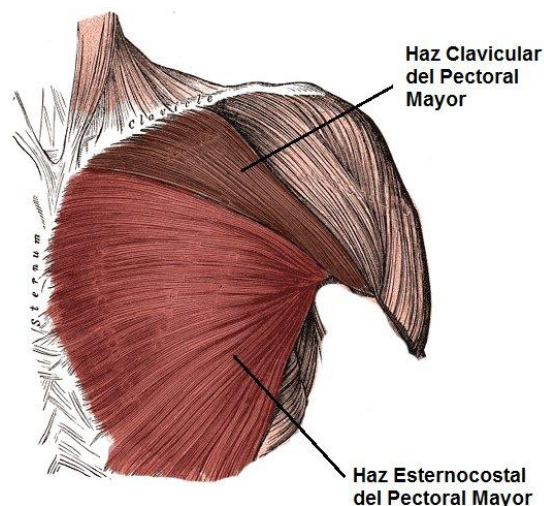


Figura 5 Pectoral mayor

<http://musculaciontotal.com/anatomia/anatomia-musculos-pectorales/>

#### 4.3.5.2 Pectoral menor

El músculo pectoral menor figura 6 es un músculo delgado, aplanado y triangular, que está situado debajo del músculo pectoral mayor. (MusculaciónTotal, Anatomía de los músculos pectorales, 2014)

El músculo pectoral menor es mucho menor que el pectoral mayor, junto al pectoral mayor, forma parte de la pared anterior de la axila. El músculo tiene forma triangular, se origina en la superficie anterior de las costillas 3 y 5. Las fibras luego convergen para asociarse al plexo coracoides de la escápula formando un “puente”, en el cual, por debajo pasan los vasos que recorren los miembros superiores. La contracción del pectoral ayuda a presionar el hombro (un movimiento inferior).

#### 4.3.5.3 El Serrato Anterior

El serrato anterior figura 7 se encuentra lateralmente en el pecho y, forma la pared medial de la axila. El músculo se compone de varias tiras, que se originan en las costillas 2 a 8. Y se adhieren a la superficie costal del borde medial de la escápula (que es el revestimiento de la costilla). La acción principal del serrato anterior es rotar la escápula, permitiendo que el brazo se eleve más de 90 grados. Está inervado por el nervio torácico largo. (MusculaciónTotal, Anatomía de los músculos pectorales, 2014)

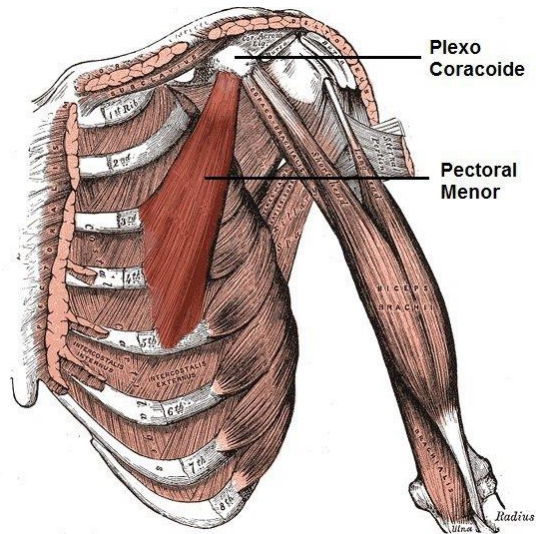


Figura 6 Pectoral menor

<http://musculaciontotal.com/anatomia/anatomia-musculos-pectorales/>

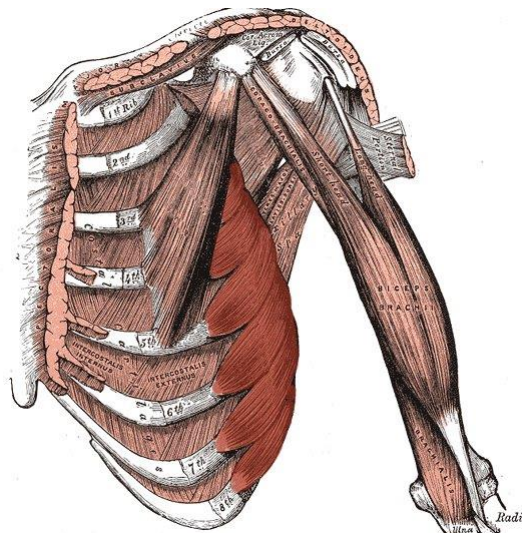


Figura 7 Serrato anterior

<http://musculaciontotal.com/anatomia/anatomia-musculos-pectorales/>

#### 4.3.5.4 Tipos de ejercicios para pectorales

- Press de banco plano.
- Anatomía press banco.
- Press de banco plano, manos juntas.
- Press de banco inclinado.
- Press de banco declinado.
- **Press de banca en máquina.**

- Flexiones de brazos en el suelo.
- Dips o fondos en paralelas.
- Press con mancuernas en banco plano.
- Aperturas con mancuernas en banco plano.
- Press con mancuernas en banco inclinado.
- Aperturas con mancuernas en banco inclinado.
- Aperturas en cotractor de pecho.
- Cruces de pie, con poleas.
- Pull over con mancuerna.
- Pull over con barra en banco plano.

#### **4.3.6 Músculo espalda**

Para organizarnos mejor vamos a dividir a los músculos de la espalda en tres grupos:

- Superficiales: asociados con los movimientos del hombro.
- Intermedios: asociados con los movimientos de la caja torácica.
- Intrínsecos o profundos: asociados con los movimientos de la columna vertebral.

##### **4.3.6.1 Músculos profundos de la espalda (intrínsecos)**

Los músculos profundos de la espalda están bien desarrollados, y colectivamente se extienden desde el sacro a la base del cráneo. Están asociados con los movimientos de la columna vertebral, y el control de la postura. Estos están cubiertos por la fascia profunda, que desempeña un papel clave en su organización. De todos los que forman este grupo veremos tres músculos importantes presentes en esta categoría:

##### **Espinotransversales**

Los músculos espinotransversales figuran 8, formado por dos músculos, el esplenio capitis y esplenio cervicis los cuales están asociados con el movimiento de la cabeza y el cuello.

##### **Esplenio**

El esplenio figura 8, es un músculo situado debajo del trapecio y del esternocleidomastoideo, es un músculo ancho y delgado, que ocupa toda la altura de la nuca y la parte superior del dorso. Los dos músculos esplenios también pueden actuar juntos para extender la cabeza y el cuello.

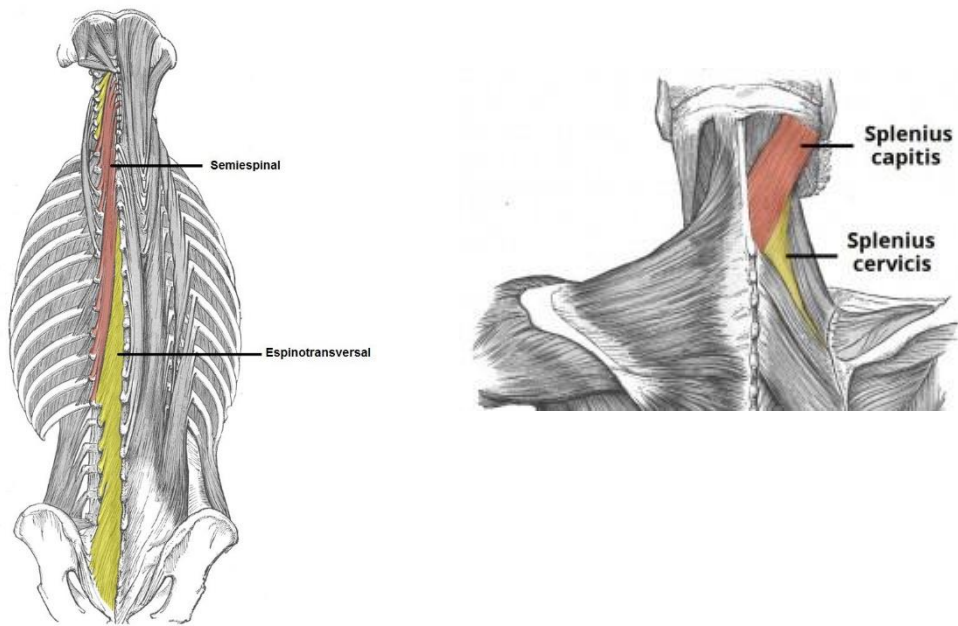


Figura 8 Músculo profundo de la espalda y esplenio

<http://musculaciontotal.com/anatomia/anatomia-musculos-espalda/#prettyPhoto>

### **Músculo transversoespinoso**

El transversoespinoso figura 9, cuyo grupo intermedio contiene dos músculos el serrato posterior superior y serrato posterior inferior. Estos músculos se unen a la columna vertebral y a la caja torácica. El transversoespinoso se encuentra por debajo del músculo semiespinoso. Y se encuentra aún más desarrollado en la zona lumbar.



Figura 9 Músculo transversoespinoso

<http://musculaciontotal.com/anatomia/anatomia-musculos-espalda/#prettyPhoto>



#### 4.3.6.2 Músculos intermedios de la espalda

El grupo intermedio contiene dos músculos, el serrato posterior superior y serrato posterior inferior figura 9. Estos músculos se anclan a la columna vertebral y a la caja torácica, y ayudan en la elevación y depresión de las costillas. También se cree que tienen una función respiratoria leve.

- Serrato posterior superior: El serrato posterior superior es un músculo fino de forma rectangular que se encuentra en lo profundo de los músculos romboides en la espalda superior.
- Serrato posterior inferior: El serrato posterior inferior es ancho y fuerte y se encuentra debajo del dorsal ancho.

#### 4.3.6.3 Músculos superficiales de la espalda

Los músculos superficiales de la espalda figura 10 se sitúan por debajo de la piel y la fascia superficial. Se originan en la columna vertebral y se unen a los huesos del hombro, la clavícula, la escápula (también llamado omóplato) y el húmero. Por consiguiente, todos estos músculos están asociados con los movimientos de la extremidad superior.

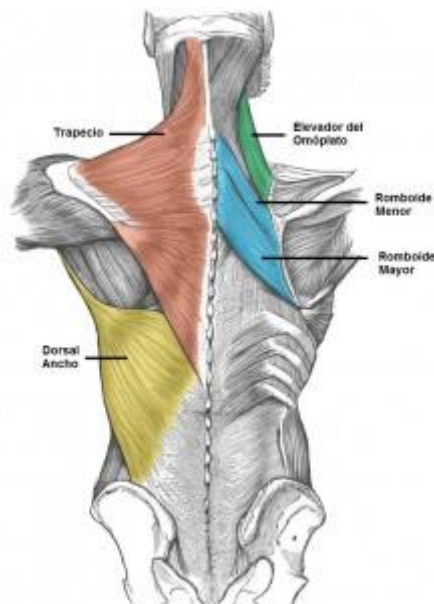


Figura 10 Músculos superficiales de la espalda

<http://musculaciontotal.com/anatomia/anatomia-musculos-espalda/#prettyPhoto>

Los músculos de este grupo son el trapecio, el dorsal ancho, el elevador de la escápula y los romboides. El trapecio y el dorsal ancho se encuentran más superficialmente, mientras que el trapecio cubre el romboide y elevador de la escápula.

- Trapecio: es un músculo ancho, plano y triangular. Los músculos de cada lado forman una forma trapezoidal. Es el más superficial de todos los músculos de la espalda. Las fibras superiores del trapecio eleva la escápula durante la abducción del brazo. Las fibras medias retraen la escápula y las fibras inferiores tiran de la escápula inferior.
- Dorsal ancho: este se origina a partir de la parte inferior de la espalda, en la que cubre un área amplia. Extiende y rota medialmente el miembro superior.
- Elevador de la escápula: es un pequeño músculo en forma de correa. Se inicia en el cuello, y desciende para insertarse en la escápula. Se encarga de elevar la escápula.
- Romboides: hay dos músculos romboides – el mayor y el menor. Ambos participan para retraer y rotar la escápula.

#### **4.3.6.4 Tipos de ejercicios para espalda**

- Dominadas en barra fija.
- Variación en las dominadas en barra fija.
- Dominadas en barra fija, con agarre estrecho en pronación.
- **Polea al pecho**
- **Polea al pecho con agarre estrecho.**
- **Polea tras nuca.**
- **Pull over con polea alta brazos extendidos.**
- Remo en polea baja, agarre estrecho, manos en semipronación.
- Remo horizontal a una mano con mancuernas.
- Remo horizontal con barra, manos en pronación.
- Remo en barra t con apoyo al pecho.
- Peso muerto con barra
- Peso muerto, piernas semirrígidas.
- Extensión del tronco en banco a 90° o hiperextensiones.
- Remo al cuello con manos juntas encogimiento de hombros con barra.

- Encogimientos con barra.
- Encogimiento y rotación de los hombros con mancuernas.
- Encogimientos de hombros con carga guiada o en máquina.
- Anatomía de la espalda

#### 4.3.7 Músculo del Brazo

Los principales músculos del brazo figura 11 están constituidos por un grupo anterior que son los flexores del codo (Bíceps braquial, Braquial anterior, Coracobraquial y braquiorradial o supinador largo), un grupo posterior que son los extensores (Tríceps braquial) y los flexores y extensores de la mano. (EntrenadordeFutbol, 2011)

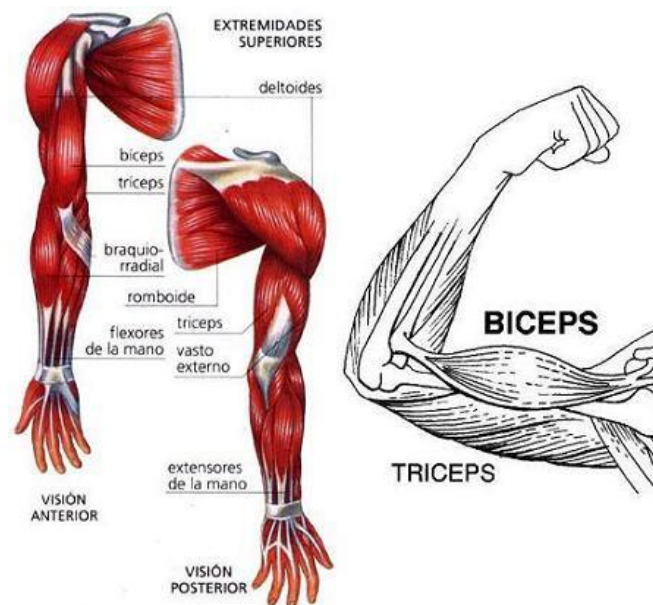


Figura 11 Músculos del brazo

<http://entrenadordefutbol.blogia.com/2011/030401--cuales-son-los-principales-musculos-del-brazo-.php>

##### 4.3.7.1 Bíceps braquial

Es un músculo de la región anterior del brazo, donde cubre a los músculos coracobraquial y braquial anterior. El bíceps braquial está vascularizado por una o dos ramas de la arteria humeral, las arterias bicipitales. Lo inerva una rama propia del nervio musculocutáneo: el nervio del bíceps. En su parte superior se compone de dos porciones o cabezas: una larga y otra corta.

El bíceps largo se origina en tuberosidad o cavidad supraglenoidea de la escápula (omóplato) y desciende por la corredera bicipital del húmero. El bíceps corto se origina en la apófisis coracoides por un tendón común con el coracobraquial; ambos cuerpos musculares se reúnen, e insertan inferiormente mediante un tendón común, en la tuberosidad bicipital del radio.

El bíceps braquial es un músculo biarticular, cruza dos articulaciones, pero realmente tiene tres funciones ya que el codo es una articulación compleja, primeramente flexiona el brazo en relación a la escápula (omóplato), o lo que es lo mismo, lo eleva en sentido anterior por en un plano parasagital, también flexiona el codo, lleva el antebrazo hacia anterior en un plano parasagital, por último, realiza el movimiento de supinación del antebrazo.

#### **4.3.7.2 Braquial anterior**

El músculo braquial es un músculo ancho y aplanado, situado en la región anterior e inferior del brazo, debajo del bíceps. Lo inerva las ramas propias del nervio musculocutáneo.

Su origen está en la cara anterior e inferior del húmero, se inserta, por arriba en la impresión deltoidea, en los bordes y cara interna y externa del húmero; por abajo, por un tendón ancho, en la base de la apófisis coracoides del cúbito, es el principal flexor del antebrazo sobre el brazo (flexor directo del codo).

#### **4.3.7.3 Coracobraquial**

El músculo coracobraquial es un músculo grueso y prismático del brazo, en la región anterior del brazo, por dentro de la porción corta del bíceps braquial.

El coracobraquial es el músculo largo más capacitado para movimientos rápidos que para movimientos de fuerza. No es un músculo que afecte muy determinadamente a los 3 ejes de la articulación escapulohumeral, su acción es elevador del brazo y depresor del hombro. (Equilibrador, coaptador, y restablecedor de la posición anatómica).

#### **4.3.7.4 Braquiorradial o supinador largo**

El músculo braquiorradial o supinador largo es un músculo largo del brazo en la región externa y superficial del antebrazo. Está adherido a la apófisis estiloides distal del radio y cresta supracondílea lateral del húmero. Es un músculo que recorre todo el antebrazo

su acción es de flexionar el antebrazo a nivel del codo y es capaz también de pronación y supinación, dependiendo de su posición en el antebrazo.

#### **4.3.7.5 Tríceps braquial**

El músculo tríceps braquial es un músculo situado en la región posterior del brazo. Está constituido en la parte superior por tres porciones o cabezas: porción larga y vastos interno y externo. Es el único músculo que encontramos en la parte trasera del brazo y es el músculo extensor del antebrazo y tiene tres orígenes.

- Tríceps largo: En la parte inferior de la cavidad glenoidea de la escápula (glena del omóplato).
- Vasto externo: En la aponeurosis intermuscular y cara posterior o externa del húmero (mitad superior).
- Vasto interno: En la aponeurosis intermuscular y cara posterior o externa del húmero (mitad inferior).

El tríceps braquial es el principal extensor del antebrazo en la articulación del codo, por lo que también puede extender y aducir el húmero. Sobre el hombro realiza una acción sinérgica de extensión, debido a que se ubica en la parte posterior del brazo.

#### **4.3.7.6 Músculo flexor común profundo de los dedos**

El músculo flexor común profundo de los dedos de la mano es un músculo profundo que junto con el flexor común superficial de los dedos de la mano, tiene un tendón largo que corre por el antebrazo y atraviesa el túnel carpiano hasta insertarse en el lado palmar de las falanges de los dedos se origina en la cara anterior del cúbito y es un músculo del antebrazo que flexiona los dedos.

#### **4.3.7.7 Músculo flexor común superficial de los dedos**

El músculo flexor común superficial de los dedos es un músculo que se encuentra en el segundo plano de la cara anterior del antebrazo. A este músculo también se le llama tendón perforado porque es perforado por el nervio mediano su origen posee inserciones proximales por diferentes fascículos, el fascículo humeral en la epitroclea, el fascículo cubital en la apófisis coronoides y el fascículo radial en el borde anterior del mismo y tiene la función de flexionar la falange media sobre la falange proximal y luego la mano sobre el antebrazo.

#### 4.3.7.8 Tipos de ejercicios para Brazos

##### Bíceps

- Curl de bíceps alterno con supinación.
- Curl de bíceps concentrado con apoyo en el muslo.
- Curl de bíceps alterno "tipo martillo"
- **Curl de bíceps con polea.**
- Curl de bíceps con barra.
- Curl de bíceps en el banco Scott.
- Curl de bíceps con barra y agarre en pronación.

##### Tríceps

- **Extensiones de tríceps en polea alta, manos en pronación.**
- **Extensiones de tríceps en polea alta, agarre invertido o en supinación.**
- **Extensión alternada de los antebrazos en polea alta, manos en supinación.**
- Press francés en banco plano.
- Press francés en banco plano con mancuernas.
- Extensiones verticales alternadas de los brazos con mancuernas.
- Extensión de los brazos sentado, con una mancuerna cogida a dos manos.
- Extensión de los brazos, sentado, con barra.
- Extensión alternada de los antebrazos con mancuerna, tronco inclinado hacia delante.
- Flexiones entre dos bancos.

#### 4.3.8 Músculos de la Pierna

Las Piernas son una de las partes del cuerpo más importantes a la hora de entrenar en el gimnasio, y quizás sea así porque mucha gente las deja de lado o no le imprime el esfuerzo adecuado, logrando luego de un tiempo un cuerpo muy trabajado en la parte superior el cual es mantenido por piernas "flacas", llevando así a una desproporción visual no muy acertada. (MusculaciónTotal, Anatomía de los Musculos de la pierna, 2015)

Obviamente ya todos sabemos de la importancia de su usos y función como la parte del cuerpo principal que nos da la capacidad de movernos. Lo cual también nos brinda una variedad de funciones como, correr, caminar y saltar. Por lo tanto la anatomía muscular

de la pierna humana debe ser considerada como muy importante para quienes entrenan puedan comprender mejor que entrenar y cómo hacerlo para obtener resultados más armoniosos.

En general la mayor parte de la anatomía muscular de la pierna figura 12 está conformada por músculos largos. Esto significa que cada parte de los músculos de la pierna humana pueden estirarse y extenderse grandes distancias por lo que son muy flexibles y versátiles. Hay músculos grandes y pequeños que le dan estructura a la pierna. Siendo estos últimos los que nos permiten realizar movimientos de rotación y ayudan a estabilizar las articulaciones.

Hay varias partes de músculos, en primer lugar tenemos el muslo y la pantorrilla los cuales se consideran como los más grandes músculos de las piernas. También está el cuádriceps que está clasificado como el músculo más fuerte de todo el cuerpo. El cuádriceps en sí tiene regiones cuatro músculos que es eso que se llama cuádriceps. Los cuatro músculos de los cuádriceps que se insertan en la tibia y se originan en el fémur son el:

- Vasto medial
- Vasto lateral
- Vasto intermedio
- Recto anterior

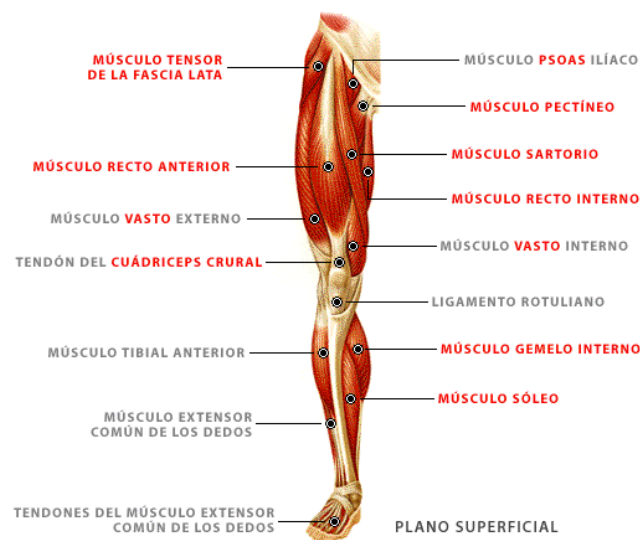


Figura 12 Músculos de la pierna

<http://musculaciontotal.com/anatomia/anatomia-musculos-piernas/>

Otro grupo muscular ya de la parte posterior de las piernas son los músculos femorales figura 13, y que al igual que los cuádriceps, también contiene cuatro músculos separados:

- Bíceps femoral (cabeza larga)
- Bíceps femoral (cabeza corta)
- Semitendinoso
- Semimembranoso

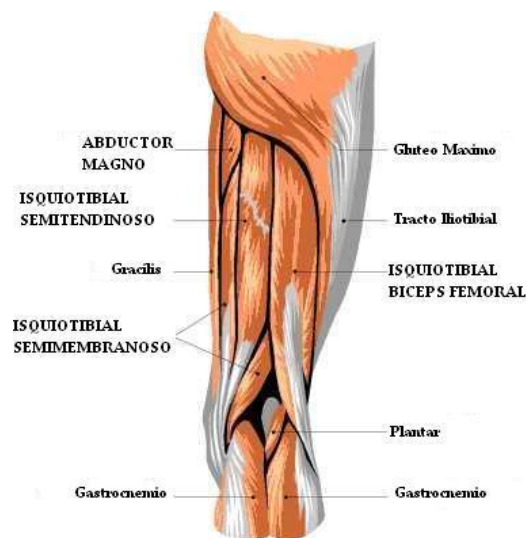


Figura 13 Músculos femorales posteriores

<http://musculaciontotal.com/anatomia/anatomia-musculos-piernas/>

Los músculos abductores figura 14 son un grupo muscular pequeño que contienen 3 músculos individuales y se originan en el pubis para luego insertarse en el femur. Son el:

- Abductor corto
- Abductor largo
- Abductor mayor



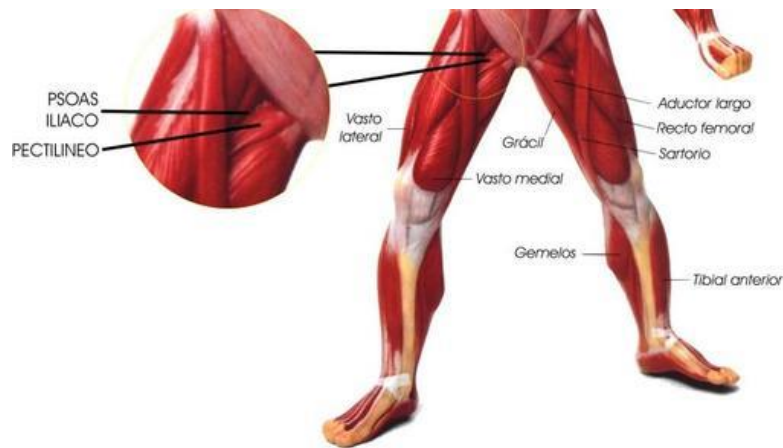


Figura 14 Músculo Aductor

<http://musculaciontotal.com/anatomia/anatomia-musculos-piernas/>

El músculo gastrocnemio figura 15, también llamado popularmente gemelos, por estar separado en dos mitades, está situado en la región posterior de la pierna y es el músculo más superficial de la pantorrilla. Junto con el soleo, el gastrocnemio genera la flexión plantar (endereza) del tobillo en movimientos como pararse sobre los dedos.



Figura 15 Músculo gastrocnemio

<http://musculaciontotal.com/anatomia/anatomia-musculos-piernas/>

#### 4.3.8.1 Tipos de Ejercicio para piernas

- Sentadillas.
- Sentadillas con piernas separadas.
- Sentadillas frontales con barra.

- Prensa de piernas inclinada.
- Sentadilla hack.
- **Extensión de piernas en máquinas.**
- Curl de piernas acostado.
- Curl de piernas alterno, de pie, en máquina.
- **Curl de piernas sentado en máquina.**
- Flexión de tronco al frente.
- Aductores en polea baja.
- Aductores en máquina.
- Elevación de talones. De pie, en máquina.
- Gemelos en máquina.
- Elevaciones de talones, sentado, en máquina.(soleo)
- Zancadas
- Extensión de cadera en polea baja.
- Extensión de cadera en máquina.
- Extensión de la cadera en el suelo o patadas de glúteos.
- Abducción de la cadera de pie, en polea baja.
- Abducción de la cadera de pie, en máquina.
- Abducción de la cadera acostada.
- Abductores, sentado en máquina.

#### **4.4 Ejercicio para el cuidado de la salud**

El ejercicio es parte importante del cuidado de la salud. Las personas activas viven más tiempo y se sienten mejor. El ejercicio puede ayudar a mantener el peso normal. Puede prevenir la diabetes, algunos tipos de cáncer y problemas cardíacos. La mayoría de los adultos necesita por lo menos 30 minutos de actividad física por lo menos cinco días a la semana. Los ejemplos incluyen caminatas enérgicas, cortar el césped, bailar, nadar como actividad recreativa o andar en bicicleta. Si le es divertido, es más probable que se mantenga motivado. Tal vez desee caminar con un amigo, unirse a una clase o paseos en bicicleta con un grupo. Si ha estado inactivo durante cierto tiempo comience lentamente.

## **4.5 Instrucciones de entrenamiento**

Con el fin de alcanzar sus objetivos de entrenamiento personal, es absolutamente necesario leer y tener en cuenta todos los puntos mencionados en este manual

Gracias y esperamos que usted alcance sus objetivos, con el fin de mejorar su salud y forma física de forma notable, tenga en cuenta los siguientes puntos que determinaran el entrenamiento que necesita:

### **4.5.1 Intensidad de entrenamiento**

La intensidad del ejercicio debe superar la intensidad de su esfuerzo diario normal, sin llegar al punto de estar sin aliento o agotado.

No haga el entrenamiento hasta llegar al punto de dolor. Aumentar la dificultad poco a poco, paso a paso de forma continua, especialmente como principiante. No se sobreestime.

Seleccione el tipo de ejercicio dependiendo de su constitución y consulte a un médico en caso de dudas.

Respirar correctamente es importante durante el entrenamiento. Exhalar durante el esfuerzo. Respirar durante el descanso (cuando deja el peso). Preste atención a que sus músculos no se enfríen demasiado rápido.

Realizar ejercicios de calentamiento será útil.

### **4.5.2 Frecuencia de entrenamiento**

La mayoría de los expertos recomiendan combinar una alimentación equilibrada de acuerdo con sus ejercicios personales y de 3, a 5 sesiones de entrenamiento por semana.

Un adulto necesita un mínimo de 2 entrenamientos por semana para mantener su forma física. De 3 o más sesiones de entrenamiento aumentará su grado de aptitud física personal.

### **4.5.3 Organización de su sesión de entrenamiento:**

Cada sesión de entrenamiento debe constar de 3 fases: calentamiento, ejercicios y enfriamiento.

Siempre empiece por ejercicios de calentamiento que incrementaran la temperatura de su cuerpo y el flujo de oxígeno. Le recomendamos entre 5 a 10 minutos de calentamiento.

A partir de entonces, ya puede empezar a entrenar. La intensidad del entrenamiento debe ser baja durante los primeros minutos y luego aumentar hasta la intensidad final entre 15 a 30 minutos.

Con el fin de ayudar a su sistema circulatorio y prevenir agujetas y rigidez, debe realizar una "fase de estiramientos" después del ejercicio.

En esta fase tiene que realizar ejercicios de estiramientos durante unos 5 a 10 minutos, manteniendo la posición de cada estiramiento durante al menos 30 segundos.

#### **4.5.4 El ejercicio con máquinas**

Generalmente se comienza con 2 o 4 sets de cada ejercicio. Un set consiste de 8 a 15 repeticiones del mismo ejercicio. Durante el ejercicio hay que seguir las instrucciones para obtener máximo beneficio, un ejercicio mal hecho es pérdida de tiempo. Lo importante en el levantamiento de pesas es hacer los ejercicios bien no hacer una gran cantidad o por un periodo largo de tiempo.

#### **4.5.5 Motivación**

La clave de éxito de un entrenamiento es la constancia. Recomendamos organice suplan de entrenamiento de tal manera que organice un lugar y una hora diaria de entrenamiento. Usted también debe prepararse mentalmente para sus ejercicios.

Comience sus entrenamientos sólo si tiene ganas.

Si mantiene una rutina de entrenamiento, mejorará paso a paso

### **4.6 Antropometría**

#### **4.6.1 Antropometría estática y dinámica**

La antropometría estática o estructural es aquella cuyo objeto es la medición de dimensiones estáticas figura 16, es decir, aquellas que se toman con el cuerpo en una posición fija y determinada. Sin embargo, el hombre se encuentra normalmente en movimiento, de ahí que se haya desarrollado la antropometría dinámica o funcional, cuyo fin es medir las dimensiones dinámicas que son aquellas medidas realizadas a partir del movimiento asociado a ciertas actividades.

El conocimiento de las dimensiones estáticas es básico para el diseño de los puestos de trabajo y permite establecer las distancias necesarias entre el cuerpo y lo que le rodea, las

dimensiones del mobiliario, herramientas, etc. Las dimensiones estructurales de los diferentes segmentos del cuerpo se toman en individuos en posturas estáticas, normalizadas bien de pie o sentado.

Del cuerpo humano pueden tomarse gran número de datos antropométricos estáticos diferentes que pueden interesar, en función de lo que se esté diseñando.

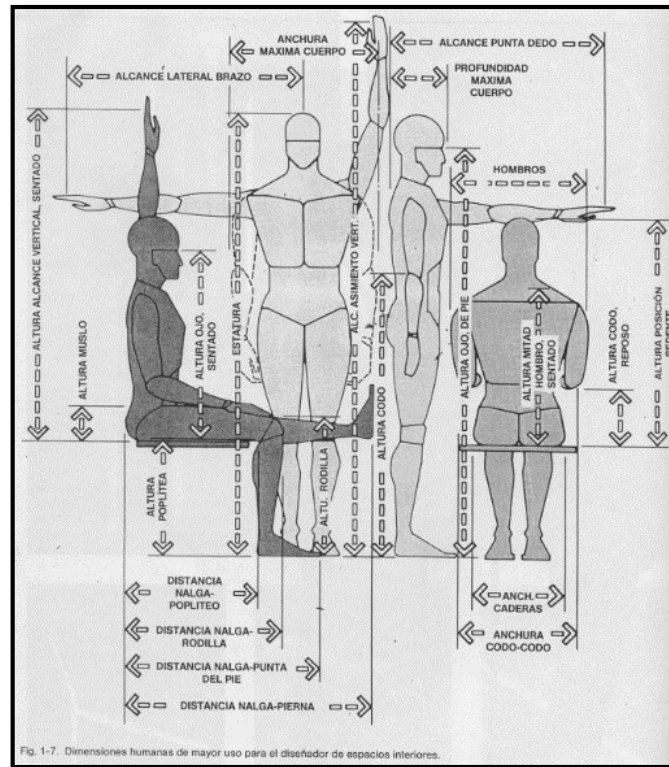


Figura 16: Medidas Antropométricas

(<https://stevenpatinoblog.files.wordpress.com/2014/02/figuras-dreyfus.jpg>)

#### 4.6.2 Ergonomía

La ergonomía se define como un cuerpo de conocimientos acerca de las habilidades humanas, sus limitaciones y características que son relevantes para el diseño.

El diseño ergonómico es la aplicación de estos conocimientos para el diseño de herramientas, máquinas, sistemas, tareas, trabajos y ambientes seguros, confortables y de uso humano efectivo.

La ergonomía tiene dos grandes ramas: una se refiere a la ergonomía industrial, biomecánica ocupacional, que se concentra en los aspectos físicos del trabajo y capacidades humanas tales como fuerza, postura y repeticiones.

Una segunda disciplina, algunas veces se refiere a los "Factores Humanos", que está orientada a los aspectos psicológicos del trabajo como la carga mental y la toma de decisiones.

En la elaboración de este proyecto se empleará el diseño ergonómico de modo que el mecanismo cumpla con normas de calidad y confort que favorezcan a la persona que utilizara la máquina de ejercicios.

#### **4.6.3 Percentiles**

Fruto de las importantes variaciones que se aprecian individualmente en el cuerpo humano, los promedios no prestan apenas servicio al diseñador, lo que propicia más el interés por la gama que presentan. Estadísticamente, las medidas del cuerpo humano para cualquier población dada se distribuirán de modo que caiga en la mitad del espectro, ocupando las extremas el inicio y final de la gráfica del espectro.

La imposibilidad de diseñar para toda la población obliga a escoger un segmento que comprenda la zona media. Por consiguiente, suele omitirse los extremos y ocuparse del 90 % del grupo de población.

La práctica total de los datos antropométricos se expresan en percentiles, con fines de estudio la población se fracciona en categorías de porcentajes, ordenadas de menor a mayor de acuerdo con alguna medida concreta del cuerpo.

“El Anthropometric Source Book, editado por la National Aeronautics and Space Administration (NASA), lo define del modo siguiente:

La definición de percentil es bastante sencilla. Para cualquier serie de datos por ejemplo, los pesos de un grupo de pilotos- el primer percentil es un valor que, por un lado, es mayor que los pesos del 1 % de los pilotos menos pesados y, por otro, menor que el 99 % de los de mayor peso. Según esto, el segundo percentil es mayor que el 2 % menos pesado y menor que el 99 % de mayor peso. Para cualquier valor de K -desde 1 a 99- el percentil K será un valor mayor que el menor k% de los pesos y menor que el más elevado (100 K) %. El percentil 50°, localizado en los promedios, es el valor que se obtiene de dividir

un conjunto de datos en dos grupos que contengan el 50 % de estos valores mayores y menores.”

#### **4.6.4 Adecuación antropométrica**

En virtud de la abundancia de variables que entran en juego, es esencial que los datos que se seleccionan sean los que mejor se adapten al usuario del espacio u objetos que se diseñen. De aquí la necesidad de definir con exactitud la naturaleza de la población a servir, en función de su edad, sexo, trabajo y etnia. Cuando el destinatario es un individuo, o un grupo reducido, y en ciertas circunstancias especiales, el desarrollo de la propia información antropométrica a partir de una toma de mediciones contiene un índice de fiabilidad suficiente.

#### **4.6.5 Datos antropométricos**

La siguiente información está tomada del libro (LAS DIMENSIONES HUMANAS EN LOS ESPACIOS INTERIORES) que fue recolectada a través de los años en diferentes países, es la información de medidas ergonómicas y antropométricas que se utiliza en distintas áreas del diseño. (JuliusPanero & MartinZelnik, 1996)

##### **4.6.5.1 Hombre y Mujer Adultos**

Las ansias de salud y perfecta forma física han convertido los ejercicios gimnásticos en un pasatiempo para muchos y en un negocio para otros. Dentro de este marco, algunas actividades no exigen equipo alguno, mientras otras si lo necesitan según diversos grados de alambicamiento y precio, desde las simples pesas de pared hasta aparatos carísimos en virtud de su extremada precisión.

El anexo 1 se muestra las dimensiones estructurales combinadas del cuerpo masculino y femenino en percentiles de 5% y 95%.

El anexo 2 se muestra las dimensiones funcionales del cuerpo masculino y femenino en percentiles de 5% y 95 %.

##### **4.6.5.2 Áreas para ejercicio gimnástico**

En la figura 17 se puede observar las visiones frontal y lateral de las holguras que exige el cuerpo humano para ejercicios gimnásticos sentado en el suelo. Aunque el diseñador se inclinará por los datos de la persona de mayor tamaño, en el dibujo se han representado

las siluetas de este tipo masculino y de la mujer de tamaño corporal pequeño. Como base dimensional se han utilizado las medidas de asimiento vertical de los percentiles 5% y 95%, introduciendo además una tolerancia para compensar las medidas antropométricas que no abarcan suficientemente hasta la punta de los dedos, aun cuando el diseño vaya dirigido a una población de poca estatura, se elijan las medidas más grandes. La holgura mayor corresponde al hombre de mayor tamaño y totaliza 232,4 cm (91,5 pulgadas), las medias correspondientes a las letras se encuentran en la tabla 1.

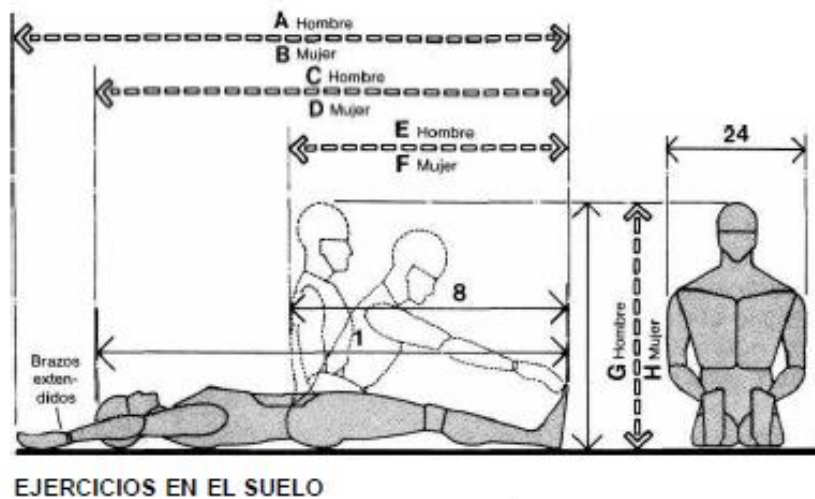


Figura 17 Ejercicios en el suelo

(JuliusPanero & MartinZelnik, 1996, pág. 250)

En la figura 18 se puede observar la información dimensional precisa para definir el espacio individual que conviene para una sesión de gimnasia), las medias correspondientes a las letras se encuentran en la tabla 1.



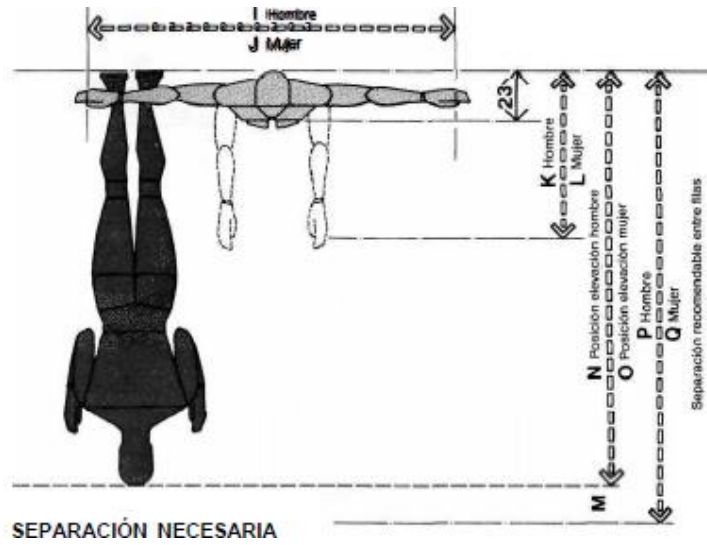


Figura 18 Separación necesaria en clase de gimnasia

(JuliusPanero & MartinZelnik, 1996, pág. 250)

En la figura 19 se puede observar las holguras correspondientes a ejercicios de elevación en el suelo, donde la estatura es la medida antropométrica de más utilidad), las medias correspondientes a las letras se encuentran en la tabla 1.

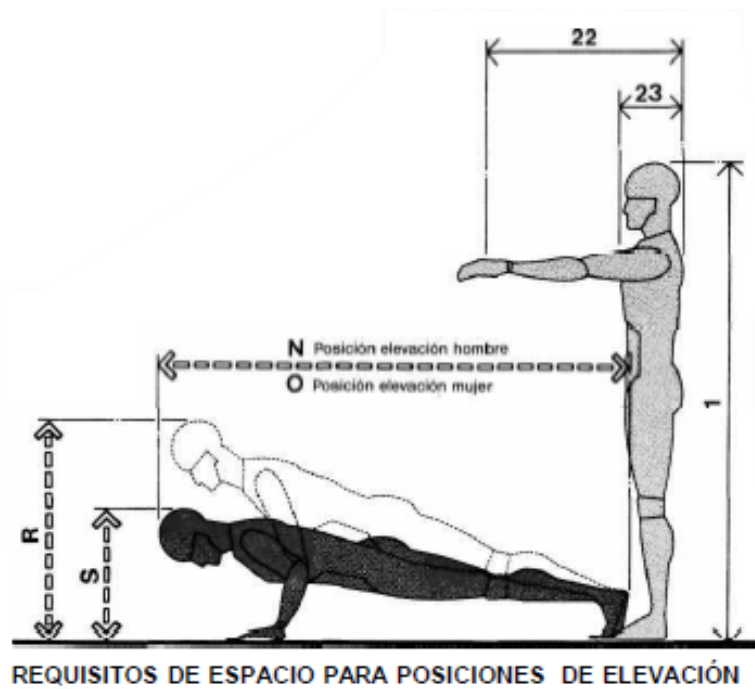


Figura 19 Requisitos de espacio para posiciones de elevación

(JuliusPanero & MartinZelnik, 1996, pág. 250)

**Tabla 1 Medidas para ejercicios gimnásticos**

	pulg	cm
A	80-91,5	203,2-232,4
B	75-87	190,5-221,0
C	65-74	165,1-188,0
D	60-69	152,4-175,3
E	32-37	81,3-94,0
F	27-37	68,6-94,0
G	33,2-38,0	84,3-96,5
H	30,9-35,7	78,5-90,7
I	58-68	147,3-172,7
J	54-76	137,2-193,0
K	29,7-35,0	75,4-88,9
L	26,6-31,7	67,6-80,5
M	6,0-12,0	15,2-30,5
N	63-73	160,0-185,4
O	61-67	154,9-170,2
P	79-85	200,7-215,9
Q	73-79	185,4-200,7
R	23-38	58,4-96,5
S	10,0-16,0	25,4+40,6

Fuente. (JuliusPanero & MartinZelnik, 1996, pág. 250)

En la figura 20 es sumamente útil para establecer la mínima separación que ha de haber entre personas que realicen ejercicios gimnásticos en pie y sobre un punto fijo. Esta información gráfica no tiene función normativa, sirve únicamente como base de referencia para las primeras hipótesis de diseño, las medias correspondientes a las letras se encuentran en la tabla 2.

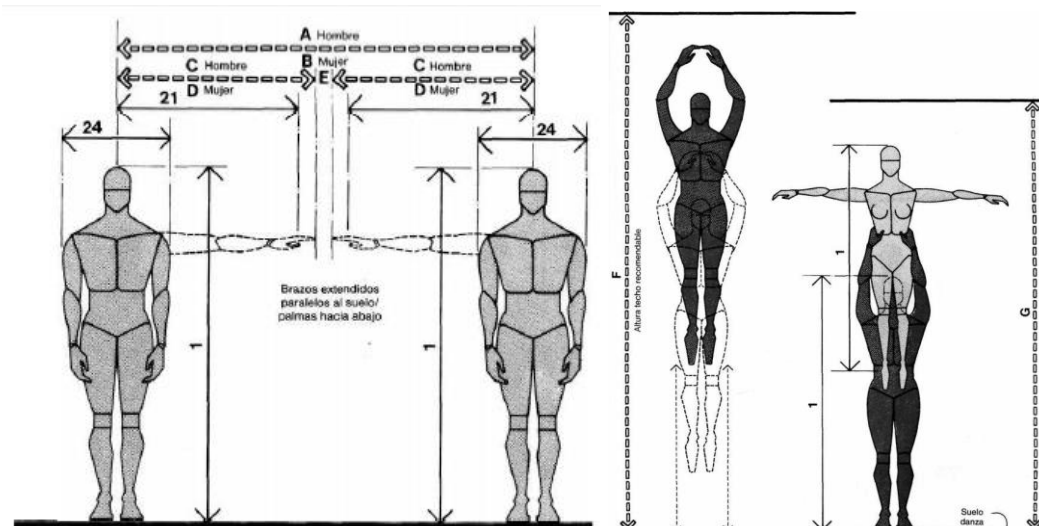


Figura 20 Holguras mínimas para ejercicios gimnásticos

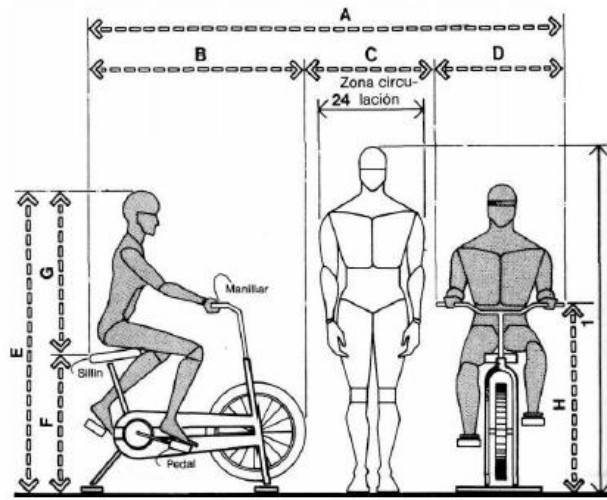
(JuliusPanero & MartinZelnik, 1996, pág. 251)

**Tabla 2 Medidas para ejercicios gimnásticos**

	Pulg	cm
A	65-80	165,1-203,2
B	61-88	154,9-223,5
C	31-37	78,7-94,0
D	29-41	73,7-104,1
E	3,0-6,0	7,6-15,2
F	144	365,8
G	120	304,8

Fuente. (JuliusPanero & MartinZelnik, 1996, pág. 251)

En la figura 21 se muestra ejercicios gimnásticos con ayuda de equipos disponibles en el mercado, las holguras de un ejercicio con bicicleta se adecua preferentemente a una instalación de carácter comercial, las medidas correspondientes a las letras se encuentran en la tabla 3.



EJERCICIO EN BICICLETA

Figura 21 Medidas de ejercicio en bicicleta

(JuliusPanero & MartinZelnik, 1996, pág. 252)

En la figura 22 se puede observar uno de los numerosos modelos de pesas que se emplean en los gimnasios. Plantas y alzados indican algunas medidas totales y relaciones del cuerpo humano con este tipo de instalación, sin olvidar que las dimensiones y formato de los mismos cambian notablemente según el modelo y fabricante, las medias correspondientes a las letras se encuentran en la tabla 3.

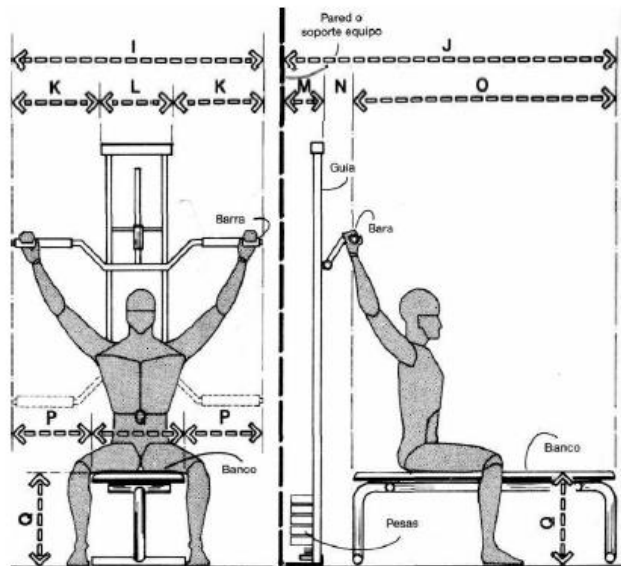


Figura 22 Dimensiones de ejercicios de poleas

(JuliusPanero & MartinZelnik, 1996, pág. 252)

**Tabla 3 Medidas para ejercicios en maquinas**

	Pulg	cm
A	83-104	210,8-264,2
B	35-48	88,9-121,9
C	30	76,2
D	18-26	45,7-66,0
E	55-68	139,7-172,7
F	25-30	63,5-76,2
G	30-38	76,2-96,5
H	46	116,8
I	36-48	91,4-121,9
J	58-76	147,3-193,0
K	12,0-18,0	30,5-45,7
L	12	30,5
M	6,0-12,0	15,2-30,5
N	4,0-10	10,2-25,4
O	48-54	121,9-137,2
P	9,0-14	22,9-35,6
Q	18-20	45,7-50,8

Fuente. (JuliusPanero & MartinZelnik, 1996, pág. 252)

#### **4.7 El diseño mecánico.**

El objetivo final de un diseño mecánico es obtener un producto útil que satisfaga las necesidades del cliente, que además sea seguro, eficiente, confiable, económico, y de manufactura práctica. Es importante considerar como se ajusta el proceso de diseño a todas las funciones que deben cumplirse para que se entregue un producto satisfactorio al cliente y para dar un servicio al producto durante su ciclo de vida. De hecho, es importante considerar como se desechará el producto después de haber llegado a su vida útil (Moot 2006).

El total de las funciones que afectan al producto se denomina proceso de realización del producto (PRP) el cual comprende algunos factores como son:

- Funciones de mercadotecnia para evaluar los requerimientos del cliente.
- Investigación para determinar la tecnología disponible que puede usarse en forma razonable en el producto.
- Disponibilidad de materiales y componentes que deben incorporarse al producto.
- Diseño y desarrollo del producto.

- Prueba de funcionamiento.
- Documentación del diseño.
- Consideración de suministro global de materiales y ventas globales.
- Conocimiento de la fuerza de trabajo que trabajará con el equipo.
- Planta e instalaciones disponibles.
- Capacidad de los sistemas de manufactura.
- Sistemas de planeación y control de la producción.
- Sistemas de apoyos a la producción y al personal.
- Requisitos de calidad.
- Requisitos del servicio del cliente.
- Problemas ambientales durante la fabricación, funcionamiento y disposición del producto.
- Requisitos legales.
- Disponibilidad del capital financiero.

Por las funciones antes expuestas para tener en cuenta en la fabricación de un producto y su posterior venta y explotación es necesario tener en cuenta una serie de aspectos en el proceso de diseño con el objetivo de que no ocurran problemas irremediables en procesos posteriores de la producción. Un ejemplo de los pasos a tener en cuenta en un proceso de diseño lo podemos ver en la figura 23.

El diseño del producto conlleva, a menudo, la preparación de modelos analíticos y físicos del mismo, como ayuda para estudiar factores tales como las fuerzas, los esfuerzos, las deflexiones y la forma óptima de la pieza. La necesidad de estos modelos depende de la complejidad del producto. Hoy en día, el estudio de modelos analíticos se ha simplificado mediante el uso del diseño asistido por computadora.

El diseño, ingeniería y manufactura asistidos por computadora, y las técnicas de planificación de procesos, empleando grandes programas de computadora, se han hecho indispensables para aquellos que llevan a cabo dichos análisis. Los nuevos desarrollos incluyen sistemas expertos, que tienen capacidades de optimización y por lo tanto pueden acelerar el proceso iterativo tradicional de la optimización del diseño.

Durante las últimas décadas se han hecho muchos esfuerzos para conseguir sistemas de modelado geométrico que resulten “amigables” para los diseñadores y proyectistas y que

produzcan modelo que sean “válidos” para todo el proceso de diseño (Cunalata 2011), (Moro 2002).

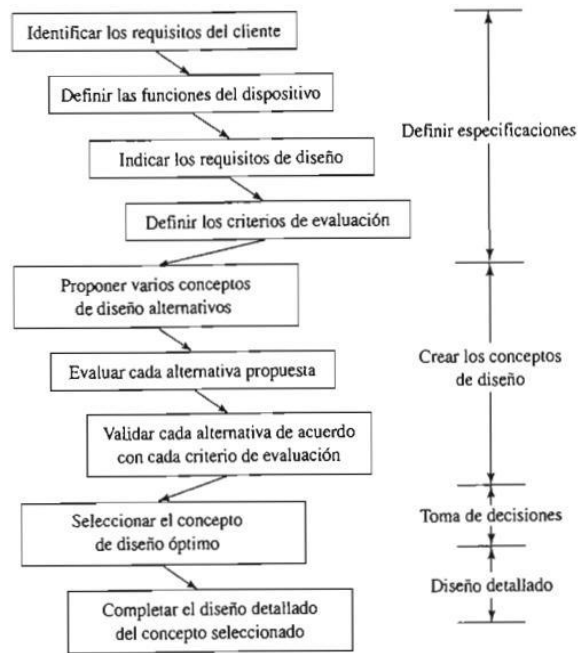


Figura 23 Pasos en el proceso de diseño [Moot 2006].

#### 4.8 Esfuerzo simple

Uno de los problemas básicos de la ingeniería es seleccionar el material más apropiado y dimensionarlo correctamente, de manera que la estructura o máquina proyectada trabaje con mayor eficacia.

La fuerza por unidad de área que soporta un material se suele denominar esfuerzo en el material, y se expresa matemáticamente en la forma:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad \text{Ecu. 01}$$

Donde:

$\sigma$  Esfuerzo

P Carga aplicada

A Área de la sección transversal

#### 4.9 Esfuerzo Corte

Un elemento está sometido a corte cuando la fuerza aplicada sobre él es paralela a su sección transversal. Esta fuerza ocasiona un esfuerzo cortante ( $\tau$ ), el cual se expresa de la siguiente manera:

$$\tau = \frac{V}{A} \quad \text{Ecu. 02}$$

En donde:

$\tau$       Esfuerzo cortante (Mpa)

$V$       Fuerza de corte (N)

$A$       Área transversal de la pieza ( $\text{mm}^2$ )

Los ejes de transmisión son elementos mecánicos comúnmente se hallan sometidos a esfuerzos cortantes, debido a las reacciones en sus apoyos.

#### 4.10 Esfuerzo a Flexión

Un elemento está sometido a flexión simple cuando actúan sobre él cargas transversales o momentos concentrados, lo que ocasiona que su eje longitudinal sufra una curvatura, admitiendo que inicialmente era recto, y que se produzca una deformación angular en el mismo.

$$\sigma_f = \frac{M_f}{S} \quad \text{Ecu. 03}$$

$\sigma_f$       Esfuerzo por flexión

$M_f$       Momento flector

$S$       Módulo de sección (Modulo resistente)

##### 4.10.6 Módulo de resistente

Considerando el peso del perfil debe cumplirse la condición:

$$SR \geq S + SP \quad \text{Ecu. 04}$$



#### 4.11 Cables de alambre o metálicos

Los cables metálicos se fabrican con alambre de acero estirado en frío que se enrollan primero en torones o cordones; luego se enrollan los cordones en hélices alrededor de un elemento de núcleo o central, que usualmente es cáñamo o pulpa. Frecuentemente el elemento central es un alma de cable metálico independiente con el cual el cable es mucho más resistente al aplastamiento.

Los cables de acero se fabrican en dos tipos de arrollamiento, como se ilustra en la figura 29 y son:

- Cable de torzal regular, que es el estándar aceptado, tiene el alambre enrollado en una dirección para construir los toroides torcidos en la dirección opuesta, a fin de formar el cable. En el cable terminado, los alambres visibles están colocados casi paralelos al eje del cable. Los cables de torzal regular no se tuercen y son fáciles de manejar.
- Los cables de torzal Lang tienen los alambres en el toroide y los toroides en el cable torcido en la misma dirección, de aquí que los alambres exteriores estén en diagonal a través del eje del cable. Los cables con torzal Lang son más resistentes al desgaste abrasivo y a la falla por fatiga que los cables con torcido regular, pero es más probable que se retuerzan y dejen de entrelazarse.

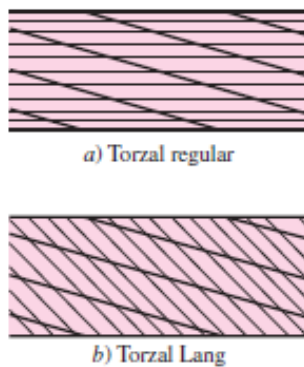


Figura 24 Tipos de cables de acero

Fuente: Diseño en Ingeniería Mecánica de Shingley

Los cables estándares se fabrican con núcleo de cáñamo que soporta y lubrica los toroides. Cuando el cable se somete a calor, se debe emplear un centro de acero o un toroide de alambre.

Los cables de acero se designan, de la siguiente manera, como cable de arrastre de 1 1/8 pulg de 6 x 7. El primer número 1 1/8 corresponde al diámetro del cable ver figura 30. El segundo número son los números de toroides y el tercer número es el número de alambres de cada toroide. En la tabla 4 se numera algunos de los diversos tipos de cables disponibles, junto con sus características y propiedades. El área del metal en cables estándar.

$$A_m = \frac{\pi \times d_c^2}{4} \quad \text{Ecu. 05}$$

$A_m$     área de sección del cable

$d_c$     diámetro del cable

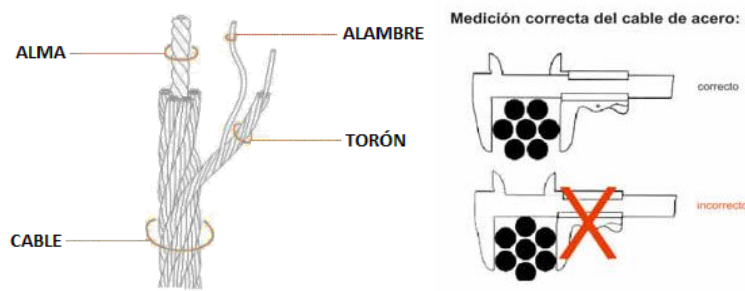


Figura 25 Cables de acero partes y medición

[http://www.dof.gob.mx/imagenes\\_diarios/2013/08/22/MAT/seeco2a11\\_Cimg\\_0.png](http://www.dof.gob.mx/imagenes_diarios/2013/08/22/MAT/seeco2a11_Cimg_0.png)

#### 4.11.1 Esfuerzo en el cable

El esfuerzo en el cable de acero viene dado por la fórmula:

$$\sigma_c = \frac{T}{A_m \times N_c} \quad \text{Ecu. 06}$$

Donde:

$\sigma_c$     Esfuerzo en el cable

T        Tensión en el cable (carga)

$A_m$     área de sección del cable

$N_c$     Número de cables

#### 4.11.2 Factor de seguridad para cables de acero

**Tabla 4 Factor de seguridad mínimo para cables de acero**

Cables de sujeción	3.2	Elevadores de pasajeros, pies/min:	
Tirantes	3.5	50	7.60
Tiros de mina, pies		300	9.20
Hasta 500	8.0	800	11.25
1 000-2 000	7.0	1 200	11.80
2 000-3 000	6.0	1 500	11.90
Más de 3 000	5.0	Elevadores de carga, pies/min:	
Malacates	5.0	50	6.65
Arrastre	6.0	300	8.20
Grúas y grúas de brazo retráctil	6.0	800	10.00
Malacates eléctricos	7.0	1 200	10.50
Elevadores manuales	5.0	1 500	10.55
Elevadores privados	7.5	Elevadores domésticos automáticos para servicio, pies/min	
Elevadores domésticos para servicio	4.5	50	4.8
Elevadores de granos	7.5	300	6.6
		500	8.0

\*El uso de estos factores no evita una falla por fatiga.

Fuente. (Richard G. Bubynas & J. Keith Nisbett, 2008, pág. 898)

#### 4.11.3 Diámetro mínimo de polea para cable de acero

Existe una relación estandarizada recomendada por los fabricantes de cables que relacionan la curvatura permisible de un cable en relación con su propio diámetro.

El tamaño mínimo que deberá tener la polea para optimizar la prestación del cable debe ser:

$$D = d_c \times \text{relacion mínima} \quad \text{Ecu. 07}$$

Donde:

D diámetro de polea

$d_c$  diámetro nominal del cable

Relación mínima se la obtiene del anexo 4

#### 4.11.4 Cinemática y Cinética

- Cinemática estudio del movimiento sin considerar las fuerzas.
- Cinética estudio de las fuerzas sobre sistemas en movimiento.

Estos dos conceptos en realidad no se pueden separar. Los separamos de manera arbitraria por razones didácticas en la educación de ingeniería. En la práctica de diseño de ingeniería también es válido considerar primero los movimientos cinemáticos deseados y sus

consecuencias, y subsecuentemente investigar las fuerzas cinéticas asociadas con esos movimientos.

#### **4.11.5 Fuerza Absoluta**

Es aquella que consiste en desplazar o vencer una resistencia externa, en ellas sólo se tiene en cuenta la fuerza de los músculos. Así cuando se levanta una barra desde el suelo no perjudica en absoluto el peso del cuerpo e incluso va a beneficiar aportando más estabilidad para controlar posibles inercias.

#### **4.11.6 Fuerza Relativa**

Es la fuerza aplicada en el movimiento del peso del cuerpo. Aquí el peso corporal de la persona tiene gran importancia porque en la medida que éste aumenta, el rendimiento de la musculatura va a disminuir ya que aumenta la carga a desplazar.

#### **4.11.7 Mecanismos y Máquinas**

Un mecanismo es un dispositivo que transforma el movimiento en un patrón deseable, y por lo general desarrolla fuerzas muy bajas y transmite poca potencia. Un mecanismo es como un medio de transmisión, control o restricción del movimiento relativo.

Una máquina, en general, contiene mecanismos que están diseñados para producir y transmitir fuerzas significativas, no existe una clara línea divisoria entre mecanismos y máquinas. Difieren en su grado y no en su clase. Si las fuerzas o niveles de energía en el dispositivo son significativos, se considerará como una máquina; si no es así, será considerado como un mecanismo.

## 5 Materiales y Métodos

### 5.1 Organigrama de diseño y construcción

Para elaborar el diseño y construcción de una máquina de ejercicios se puede revisar la figura 27 que corresponde al organigrama de procedimientos a seguir.

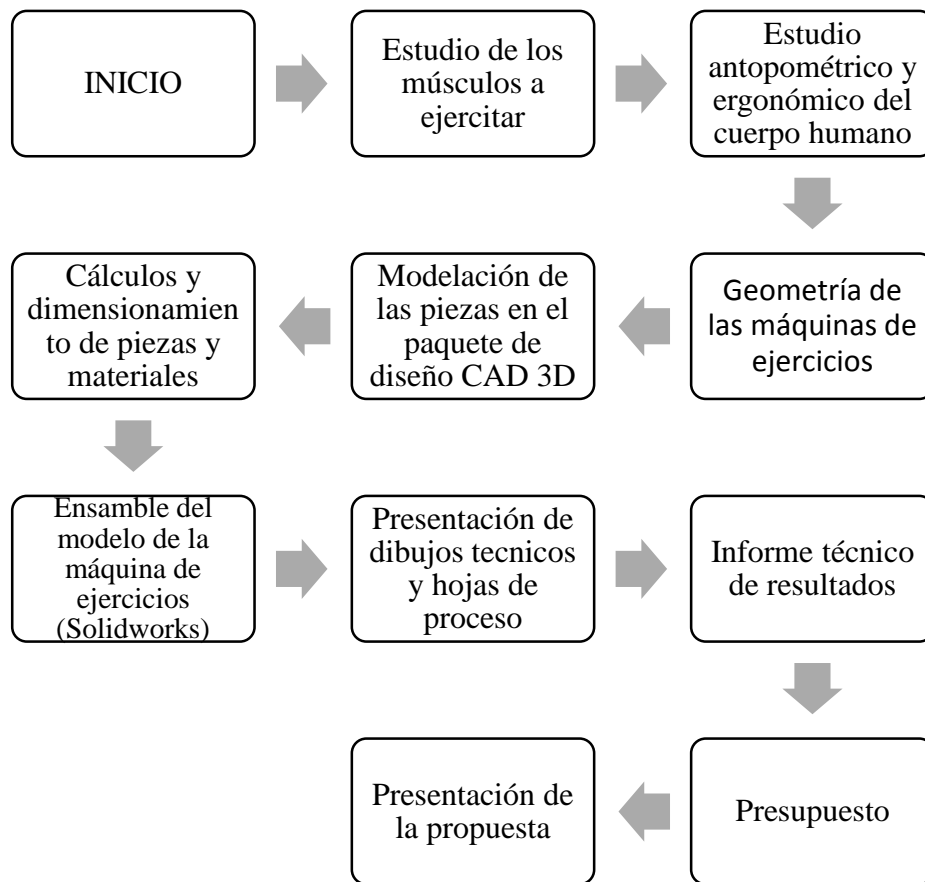


Figura 26 Organigrama manual de diseño y construcción (Fuente Autor)

Para la realización del presente proyecto de tesis se aplicó el método teórico-empírico, el cual sirvió para seleccionar los parámetros de diseño de la máquina de ejercicios, otro de los métodos aplicados fue el analítico-sintético, con el cual se sistematizó la información recolectada, para luego elaborar los informes.

## 5.2 Método de diseño estructural

El método que se utilizará para el diseño de los elementos mecánicos será el de tipo A. S. D, cuyas siglas traducidas se refieren al diseño mediante esfuerzos permisibles en el cual todos los miembros a tensión tienen conexiones de pernos, o soldaduras, etc.

## 5.3 Herramienta SolidWorks.

El Software de diseño SolidWorks que será utilizado en esta investigación es el paquete de modelado geométrico más popular en el diseño mecánico hoy en día, además de ser uno de los más completos aplicado en la rama de la mecánica. Reconocidas firmas en el mundo lo utilizan. De ahí el hecho de ser una potente herramienta para el diseño paramétrico. Se considera que este software paramétrico es capaz de aumentar el rendimiento de diseño (comparado con el AutoCAD) hasta en un 40% (Calzadilla 2005). En encuesta realizada a más de 21,000 usuarios CAD se puede apreciar la aceptación del software ver figura 26.

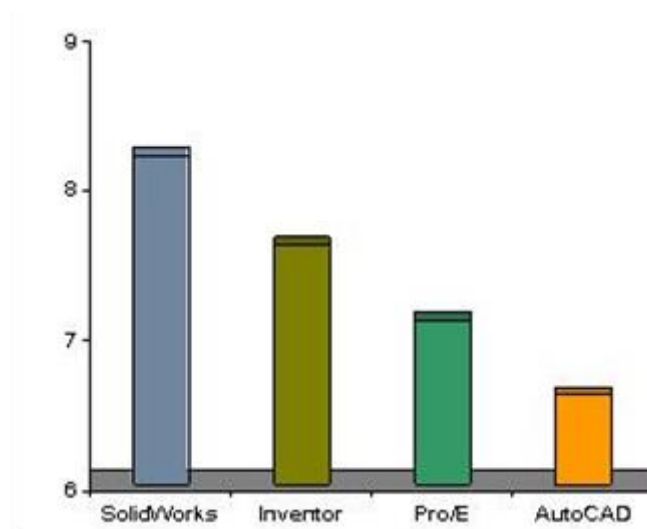


Figura 27 Clasificación de aceptación de los usuarios CAD [Simon 2005].

## **6 Resultados**

### **6.1 Geometría de una máquina de ejercicios**

Una máquina de ejercicios es un conjunto de piezas o elementos móviles y fijos que nos sirven para ejercitar nuestro cuerpo, cuyo funcionamiento posibilita aprovechar, dirigir, regular o transformar energía al realizar un trabajo aplicando una fuerza sobre ella y así lograr musculatura corporal en poco, mediano y largo plazo, mientras más se la utilice mejores serán los beneficios para el usuario.

En nuestro medio existen diversas marcas y modelos de máquinas multifuncionales que acaparan el mercado, la mayoría son máquinas de procedencia extranjera a continuación se muestra una lista de las marcas más comerciales.

- Codison
- Athletic
- BH Global Gym
- Weider
- Matrix
- Johnson
- Vision Fitness
- Tauros Fitness Company, etc.

La mayoría de máquinas de ejercicio multifuncional tienen los mismos principios de transmisión de movimientos y de realizar los ejercicios, lo que varía es la estética y presentación de las máquinas en ello incide el costo de las mismas y la durabilidad, como se puede observar en la figura 23 el diseño más común de una máquina de ejercicio multifuncional, este tipo de diseño será una idea preliminar de la máquina a diseñar.

- Las máquinas de ejercicios multifuncional se encuentran en un rango de 2 m a 2.50 m, de altura y con un peso para realizar los ejercicios desde los 50 kg a 150 kg los más comerciales y dependiendo si son equipos caseros o industriales.

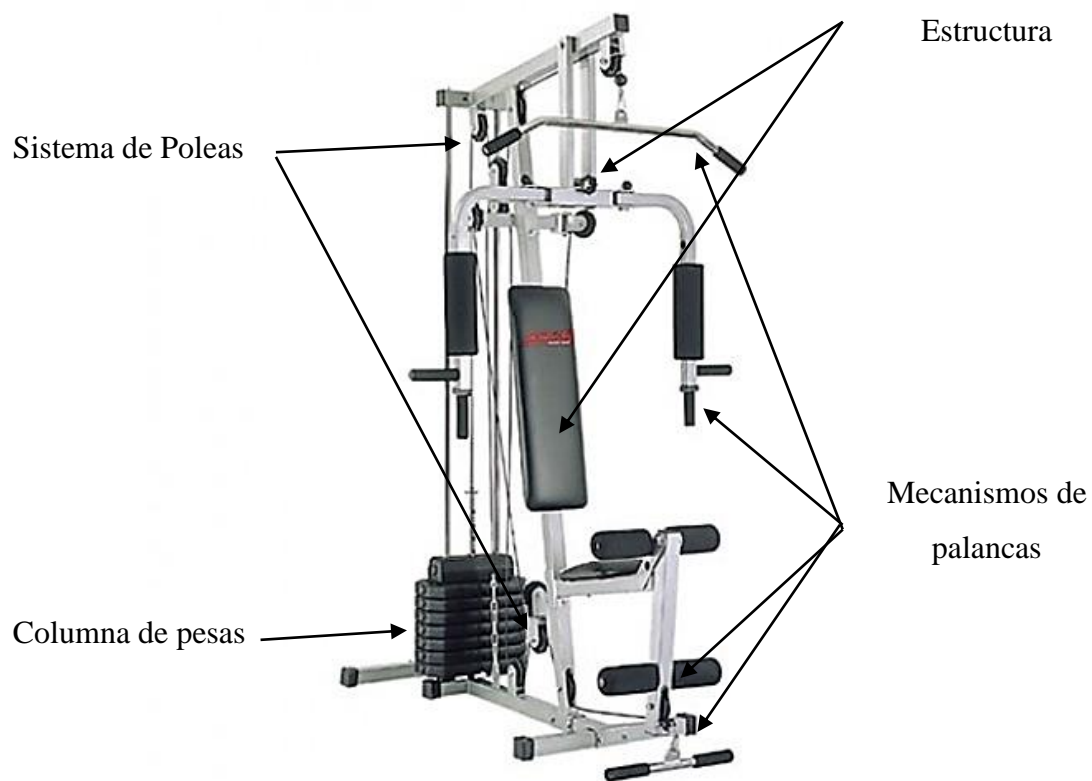


Figura 28 Multigym TE1200DG SEMIKON

<http://www.fitpoint.com.ar/ecommerce/image/cache/data/semikon%20te1200dg-500x500.jpg>

- La estructura con la que se fabrican este tipo de máquinas por lo general son perfiles tubulares de acero estructural y sus características depende del modelo, la cantidad de ejercicios que permite realizar, el tipo de uso que se le va a dar (Industriales o caseras), el peso tanto de la columna de pesas como del usuario.
- El sistema de transmisión de movimientos es por poleas desde la columna de pesas hasta las palancas de la máquina por medio de un cable de acero harán que el usuario pueda realizar el ejercicio.

### 6.1.1 Parámetros de diseño

La máquina de ejercicios multifuncional a diseñar tiene como función ejercitar la sección de pecho, espalda, brazo y piernas, cuyo valor de peso máximo proporcionado para el ejercicio será de 220 lb (100 kg), y para un usuario con peso máximo de 132 kg, en la figura 28 se muestra las diferentes partes que conforman la máquina de ejercicios



### 6.1.2 Peso Humano

El peso humano que soportará la máquina viene a criterio del diseñador, para estos datos se adquiere un registro de las personas que asisten a las instalaciones del gimnasio CLUB DEPORTIVO PODER de la ciudad de Loja tabla 5, la cuales tienen un elevado peso y que realizan actividad física en nuestro medio.

**Tabla 5 Registro Club Deportivo Poder**

NOMBRE	EDAD	ESTATURA	PESO (KG)
OMAR PEREZ	35	1,75	119,8
BOLIVAR CASTILLO AREVALO	31	1,70	111,2
DAVID BAUTISTA	32	1,72	109,1
FERNANDO MORENO	35	1,72	107,4
JOFRE PARDO	41	1,78	105,9
GUSTAVO VASCONEZ	33	1,78	104,3
GABRIELA CEVALLOS SOLORZANO	30	1,6	103,8
PAOLA DEL CISNE CISNEROS BASTIDAS	22	1,72	103,3
MARCELO BARBA	41	1,8	102,6
RAFAEL VICENTE CUEVA CEVALLOS	23	1,69	102,5
MAURICIO ROMERO	43	1,7	100
MIRIAN JIMENEZ	40	1,52	99,5
LUIS GERARDO HIDALGO GARCIA	21	1,86	98
TROSKY GUERRERO	30	1,74	95,9
KELVIN SIGSHO	36	1,7	95,4
MARLON TAPIA	15	1,79	94,8
JIMSON ARMIJOS	19	1,74	92,5
LEONARDO VILLAVICENCIO	23	1,8	91
ARIANA CONTENTO	14	1,58	89,3
CESAR FLORES			83,8

Fuente. (Club Deportivo Poder)

Obteniendo así que el peso máximo de una persona que asiste a las instalaciones del gimnasio es de 119.8 Kg, en este caso siendo el peso máximo de una persona hay que considerar que puede existir una persona con un peso mayor, para este diseño se considera un peso del 10% más al obtenido del registro, así el peso humano máximo de diseño será de 132 Kg.

$$P_H = m \times g$$

Donde:

$P_H$       Peso Humano

$$P_H = 132 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$P_H = 1294.92 \text{ N}$$

### 6.1.3 Peso para realizar ejercicios

El peso lo selecciona cada persona basado en el esfuerzo necesario para hacer un ejercicio completo. A medida que se avanza se aumenta el peso. Los ejercicios se varían para que sean más beneficiosos. El cuerpo se acostumbra a la misma rutina y esta deja de ser tan efectiva como debería. El objetivo de cada ejercicio es alcanzar el llamado punto de fatiga del músculo. Este es el punto en el que ya no se aguanta a hacer una repetición más. Suena difícil pero las personas se acostumbran.

Casi todos los expertos recomiendan hacer los ejercicios tres veces por semana dejando un día de por medio por lo menos entre cada sesión de ejercicios. Durante el tiempo de reposo el músculo se recupera y crece. En el día de reposo si se desea se puede hacer aeróbicos o ejercicios de flexibilidad.

### 6.1.4 Pesas

Las pesas que se utilizarán en la máquina de ejercicios serán adquiridas en el mercado a proveedores de accesorios de máquinas de ejercicios. La columna de pesas estará constituida por 15 barras de 14.67 lb cada unidad.

El peso de la columna de pesas será de un total de 220 lb (100 kg)

$$T = m_p \times g$$

Donde:

T Tensión del cable (Peso de la columna de pesas)

$m_p$  masa pesas

g gravedad

$$P_p = 100 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$P_p = 981 \text{ N}$$

### 6.1.5 Selección del cable de acero

Para la selección del cable de acero que se utilizará en la máquina de ejercicios para la transmisión de movimientos y analizando los diferentes tipos de movimientos se puede obtener que la fuerza máxima que tendrá que soportar el cable será la fuerza 981 N, que es el peso de las pesas.

### 6.1.5.1 Tipos de cable

Cuando se aumenta la resistencia a la fatiga seleccionando un cable con más alambres, el cable va a tener menos resistencia a la abrasión debido al menor tamaño de los alambres exteriores.

La elección del alma del cable tendrá un efecto en el desempeño del cable de acero en operación, se obtiene una mayor flexibilidad con alma de fibra respecto a una de acero.

El tipo de cable seleccionado es un 6 x 25 con alma de fibra textil con una chaqueta de recubrimiento.

### 6.1.5.2 Cálculo del diámetro del cable de acero

Para la selección del cable de acero, se tiene que para elevadores manuales de la Tabla 4 se tiene un factor de seguridad de 5 para la tensión T se obtiene:

$$T = 981 \text{ N} \times 5$$

$$T = 4905 \text{ N} = 500 \text{ kg} = 0,500 \text{ toneladas métricas}$$

Según el catálogo CABLES DEACERO en base a la resistencia de ruptura en toneladas métricas, se obtiene un alambre de acero clase 6 x 25 (12/6/6/1) Filler alma de fibra, con un diámetro de 3.18 mm (1/8 Pulgadas) y un peso de 0.041 kg/m anexo 3.

### 6.1.5.3 Área de sección del cable

Para determinar la sección del cable de acero se utiliza la ecuación Ecu. 05

$$A_m = \frac{\pi \times d_c^2}{4} \quad \text{Ecu. 05}$$

$$A_m = \frac{\pi \times 3.18^2}{4}$$

$$A_m = 7.94 \text{ mm}^2$$

### 6.1.5.4 Esfuerzo en el cable de acero

El esfuerzo al que estará sometido el cable de acero se lo obtiene de la ecuación Ecu. 06

$$\sigma_c = \frac{T}{A_m \times N_c} \quad \text{Ecu. 06}$$

$$\sigma_c = \frac{4905 \text{ N}}{7.94 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \times 1}$$

$$\sigma_c = 617.75 \text{ MPa}$$

#### **6.1.5.5 Elección de la polea**

Para la selección de la polea según el catálogo de CABLES DEACERO es en base al diámetro del alambre para ello del anexo 4 para un cable de acero 6 x 25, utilizamos la ecuación Ecu. 06

Relación mínima = 26

$$D = d \times \text{relación mínima} \quad \text{Ecu. 07}$$

$$D = 3.18 \times 26$$

$$D = 82.68 \text{ mm}$$

En este análisis se tiene que la polea para este diseño debe tener mínimo un diámetro de 82.68 mm y un diámetro de cable de 3.18 mm, en nuestro medio existen diversos proveedores de poleas y cables que corresponden y se ajusten a este dimensionamiento.

#### **6.1.6 Transmisión de movimiento de pesas**

El principio de la polea nos dice que “una polea es una máquina simple, un dispositivo mecánico de tracción, que sirve para transmitir una fuerza” ([wikipedia.org/wiki/Polea](http://wikipedia.org/wiki/Polea))

En el diseño de transmisión del movimiento de las pesas para que el usuario pueda realizar el ejercicio será por poleas que estarán todas conectadas por medio de cables de acero, la máquina de ejercicios tendrá 4 salidas de movimiento final para que el usuario pueda realizar ejercicios uno a la vez, en este caso se analiza cada uno de los ejercicios y sus movimientos de transmisión de poleas.

Datos

$$T = 981 \text{ N}$$

### 6.1.6.1 Movimiento 1. Espalda, hombros (Fa')

En el movimiento 1 de la transmisión del peso se analiza la fuerza  $F_{a'}$  que es la que se necesita para realizar este ejercicio por el principio de la polea simple podemos determinar que la fuerza  $F_a$  y  $F_{a'}$  son las mismas ya que el mecanismo se desplaza en la misma dirección, por el mismo concepto  $F_b$  será la misma  $F_{b'}$ .

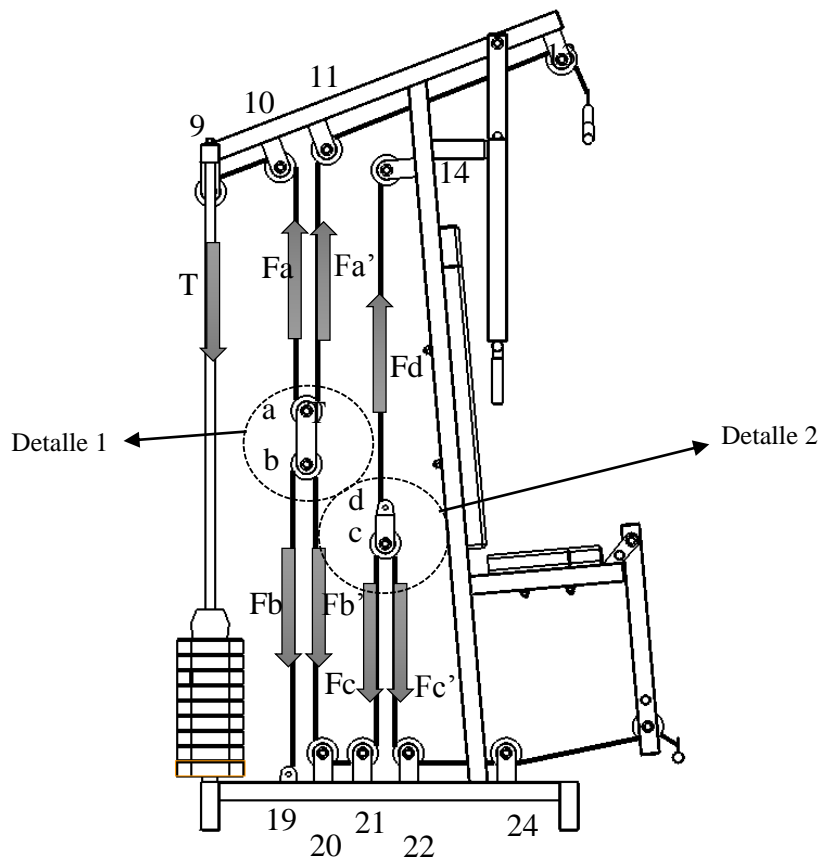


Figura 29 Sistema de transmisión (fuente autor)



### Detalle 1 de la figura 29 Sistema de transmisión espalda

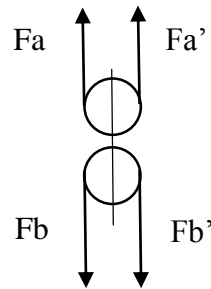


Figura 30 Diagrama de cuerpo libre de la polea a y b (fuente autor)

Para determinar las demás fuerzas que actúan en el punto a y b se analiza la figura 30.

$$\sum F_y = 0$$

$$F_a + F_{a'} - F_b - F_{b'} = 0$$

$$2F_a - 2F_b = 0$$

$$2F_a = 2F_b$$

$$F_a = F_b$$

$$F_a = 981 \text{ N}$$

#### 6.1.6.2 Movimiento 2. Pectorales

En el movimiento 2 se analiza la fuerza  $F_d$  figura 29 que es necesaria para realizar este ejercicio, en el punto c y d la fuerza  $F_c$  y  $F_c'$  será las mismas por el principio de la polea simple se analiza el detalle 2 figura 31.

- **Detalle 2 de la figura 29 sistemas de transmisión pectoral**

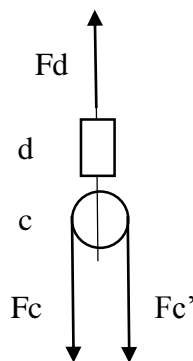


Figura 31 Diagrama de cuerpo libre de las poleas c y d (Fuente autor)

$$\sum F_y = 0$$

$$-F_c - F_c' + F_d = 0$$

$$F_d = 2F_c$$

$$F_d = 2 \times 981$$

$$F_d = 1962 \text{ N}$$

### **6.1.6.3 Movimiento 3 y 4. Piernas y Brazos**

La fuerza que se requiere para este ejercicio va ser  $F_c' = 981 \text{ N}$  Figura 29.

Las tensiones y fuerzas obtenidas en este análisis del sistema de transmisión del peso de la máquina de ejercicios son casi las mismas, en este caso para nuestro diseño se considera que el peso de las pesas con un valor de 981 N será la misma en todos los puntos a excepción de la fuerza  $F_d$  que su valor es de 1962 N y con estos parámetros realizaremos los análisis de la estructura y dimensionamiento de materiales.

## **6.2 Análisis de la estructura**

La estructura de la máquina estará sometida a diferentes fuerzas, para ello se analiza los puntos más críticos en donde se puede producir un fallo de la misma.

La investigación aborda el análisis estructural toda la máquina de ejercicios figura 32 la cual se la analizará en conjunto y se la irá dividiendo en secciones para obtener las diferentes fuerzas que actúan en la estructura.



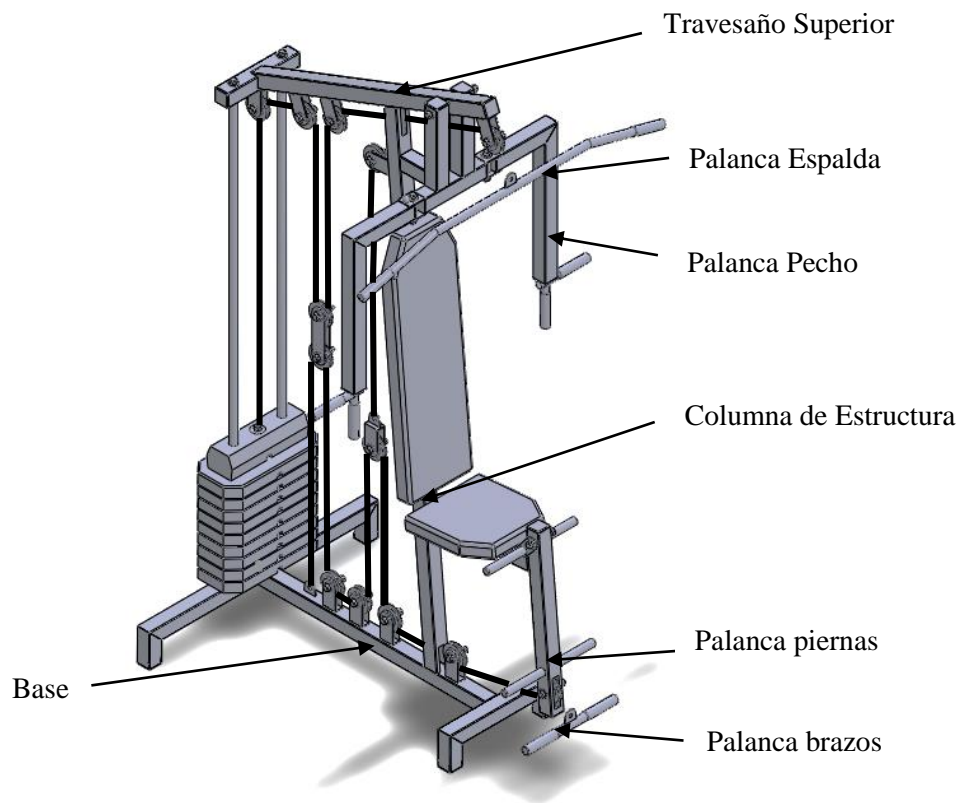


Figura 32 Prototipo máquina de ejercicios (fuente autor)

### 6.2.1 Dimensionamiento

El dimensionamiento general de la máquina de ejercicios será conforme a los parámetros de la altura, carga puntual y a la ergonomía del usuario a fin de facilitar la manipulación.

El material utilizado para nuestro diseño será ASTM A500, este tipo de acero está disponible en tubos de sección circular hueca HSS formados en frío en tres grados, y también en los mismos grados de tubos HSS formados en frío, de sección cuadrada y rectangular

Las propiedades para tubos cuadrados y rectangulares HSS difieren de los circulares. El grado más común tiene un esfuerzo de fluencia de 320 MPa y una resistencia de ruptura a la tensión de 405 MPa. (AHMSA, pág. 4)

### 6.2.2 Análisis en palanca de pies y brazos

El análisis de estas piezas figura 32 se las realiza considerando que utiliza la misma salida del cable de acero que transmite el peso en el punto 1 de la palanca para piernas y en la palanca para brazos.

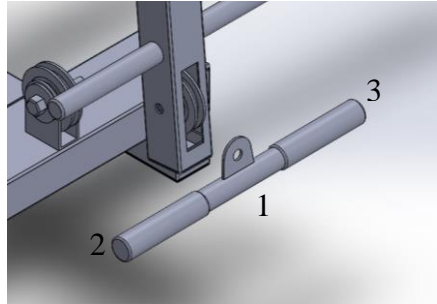


Figura 33 Palanca manos (fuente autor)

Analizando el diagrama de cuerpo libre de la palanca de pies y manos figura 33 y figura 34, se obtiene las fuerzas y el momento máximo que se ejerce en la palanca de brazos y pies.

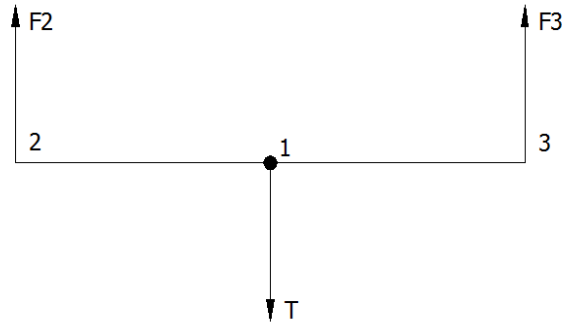


Figura 34 Diagrama de Cuerpo libre palanca brazos (fuente autor)

$$F2 = \frac{T}{2} = \frac{981 \text{ N}}{2}$$

$$F2 = 490.5 \text{ N} = F3$$

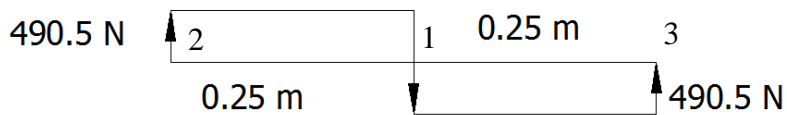


Figura 35 Diagrama de esfuerzo cortante palanca de brazos (fuente autor)

Mediante el método de las áreas se determina el momento máximo flector en el punto 1 de la figura 35.

$$M_{f1} = 490.5 \text{ N} \times 0.25 \text{ m}$$

$$M_{f1} = 122.625 \text{ Nm}$$

### 6.2.2.1 Material utilizado en la palanca de brazos y piernas

En el diseño de estas piezas se utilizara perfilaría de acero ASTM A500,

Datos

$$\sigma_{fp} = 320 \text{ MPa.}$$

$$M_{f1} = 122.625 \text{ N m}$$

Aplicando la ecuación Ecu. 03

$$S \geq \frac{M_{f1}}{\sigma_f}$$

$$S \geq \frac{122.65 \text{ Nm}}{320 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}$$

$$S \geq 3.83 \times 10^{-7} \text{ m}^3$$

$$S \geq 0.383 \text{ cm}^3$$

Se escoge el perfil redondo 19.05 mm x 2 mm del anexo 5 con un módulo resiste mínimo requerido SR:

$$SR = 0.41 \text{ cm}^3$$

$$\text{Peso} = 0.84 \text{ kg/m} = 8.4 \text{ N/m}$$

Donde

Mp1 Momento flector peso en el punto 1

$A_1, A_2$  Área (Figura 36)

$S_p$  Módulo resistente peso

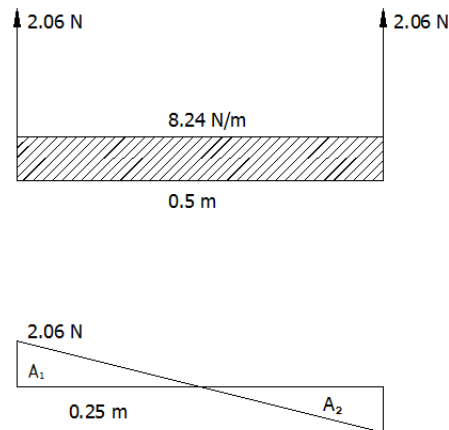


Figura 36 Diagrama Fuerzas del peso del material palanca brazos

$$M_{p1} = A_1$$

$$M_{p1} = \frac{2.06 \text{ N} \times 0.25 \text{ m}}{2}$$

$$M_{p1} = 0.2575 \text{ Nm}$$

Aplicando la ecuación Ecu. 03

Donde

$M_f = M_{p1}$  Momento flector

$S_1$  Modulo resistente punto 1

$$S_p = \frac{0.2575 \text{ Nm}}{320 \times 10^6 \text{ N/m}^2}$$

$$S_p = 8.05 \times 10^{-10} \text{ m}^3 = 8.05 \times 10^{-4} \text{ cm}^3$$

Considerando el peso del perfil de la barra utilizamos la ecuación Ecu. 04:

$$SR \geq S + S_p$$

$$0.41 \text{ cm}^3 \geq 0.383 \text{ cm}^3 + 8.05 \times 10^{-4} \text{ cm}^3$$

$$0.41 \text{ cm}^3 \geq 0.383 \text{ cm}^3$$

Por lo tanto el perfil elegido con un diámetro de 19.05 mm es correcto para el diseño en este punto de la maquina ejercicios.

### 6.2.3 Análisis de la barra del asiento

La barra de los puntos 4 y 5 del asiento estará sometido al peso de la persona  $P_H$  de la tabla 5 se tiene:

$$P_H = 1294.92 \text{ N}$$

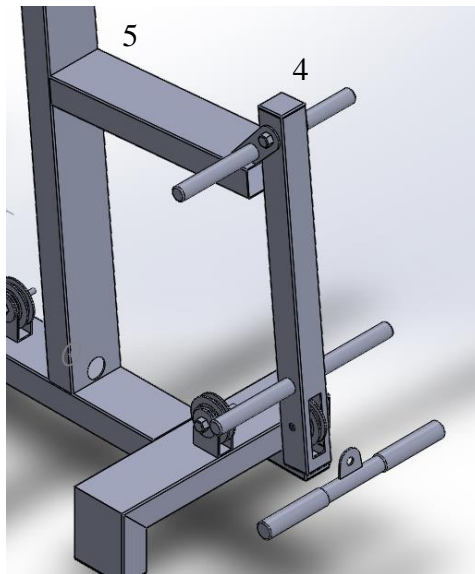


Figura 37 Palanca de piernas (fuente autor)

Análisis de la estructura en los puntos 4-5 como se muestra en la figura 36, se realiza el diagrama de cuerpo libre figura 37 y se analiza las reacciones.

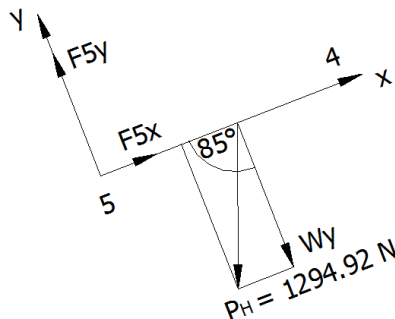


Figura 38 Diagrama de cuerpo libre puntos 4-5 de la estructura (fuente autor)

$$W_x = P_H \times \cos 85^\circ$$

$$W_x = 1294.92 \text{ N} \times \cos 85^\circ$$

$$W_x = 112.85 \text{ N}$$

$$W_y = P_H \times \sin 85^\circ$$

$$W_y = 1294.92 \text{ N} \times \sin 85^\circ$$

$$W_y = 1290 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{5y} - W_y = 0$$

$$F_{5x} - W_x = 0$$

$$F_{5y} = W_y$$

$$F_{5x} = W_x$$

$$F_{5y} = 1290 \text{ N}$$

$$F_{5x} = 112.85 \text{ N}$$

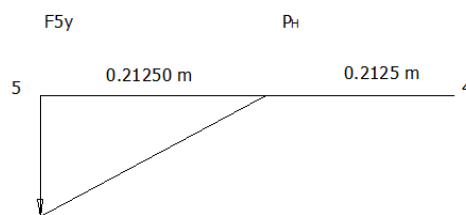
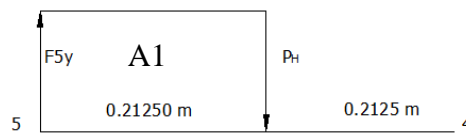


Figura 39 Diagrama de corte y momento flector máximo puntos 4-5 (fuente autor)

$$M_{f4-5} = 1294.92 \text{ N} \times 0.2125 \text{ m}$$

$$M_{f4-5} = 275.17 \text{ Nm}$$

Utilizando la ecuación Ecu. 03, se determina el módulo de sección para escoger el perfil adecuado.

$$S = \frac{M_{f12}}{\sigma_f}$$

$$S = \frac{275.17 \text{ Nm}}{320 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}$$

$$S = 8.59 \times 10^{-7} \text{ m}^3$$

$$S = 0.859 \text{ cm}^3$$

El perfil utilizado para el travesaño superior que se escoge será tubo hueco cuadrado, arbitrariamente escogeremos perfil cuadrado de 50 mm x 50 mm x 2 mm del anexo 6

$$SR = 5.655 \text{ cm}^3$$

$$\text{Peso} = 2.934 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 28.78 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Donde

SR            Módulo resistente requerido

Mp12        Momento flector peso en el punto 12

A1,           Área (Figura 39)

Sp            Módulo resistente peso

$$Mp12 = A1$$

$$Mp12 = \frac{6.11 \text{ N} \times 0.2125 \text{ m}}{2}$$

$$Mp12 = 1.29 \text{ Nm}$$

$$Sp12 = \frac{1.29 \text{ Nm}}{320 \times \frac{10^6 \text{ N}}{\text{m}^2}}$$

$$Sp = 4.057 \times 10^{-9} \text{ m}^3 = 4.057 \times 10^{-3} \text{ cm}^3$$

Considerando el peso del perfil de la barra utilizamos la ecuación Ecu. 04:

$$SR \geq S + S_p \quad \text{Ecu. 04}$$

$$5.655 \text{ cm}^3 \geq 0.859 \text{ cm}^3 + 4.057 \times 10^{-3} \text{ cm}^3$$

$$5.655 \text{ cm}^3 \geq 0.863 \text{ cm}^3$$

Por lo tanto el perfil escogido es el adecuado.

#### 6.2.4 Analisis de fuerzas en brazos pecho

La estructura que corresponde a los brazos de pecho figura 40 se puede observar las reacciones que interactúan en los puntos de la estructura.

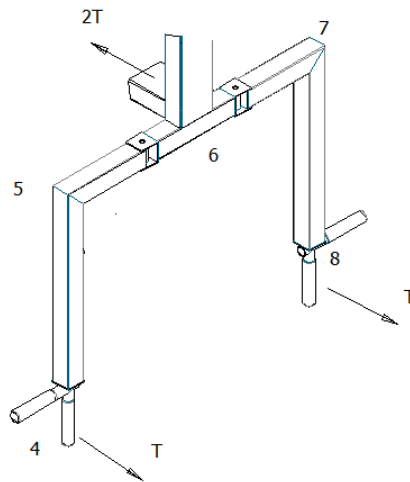


Figura 40 Estructura brazos pecho (fuente autor)

Para un análisis realizamos el diagrama de cuerpo libre figura 41 donde se puede analizar más detenidamente las fuerzas y reacciones.



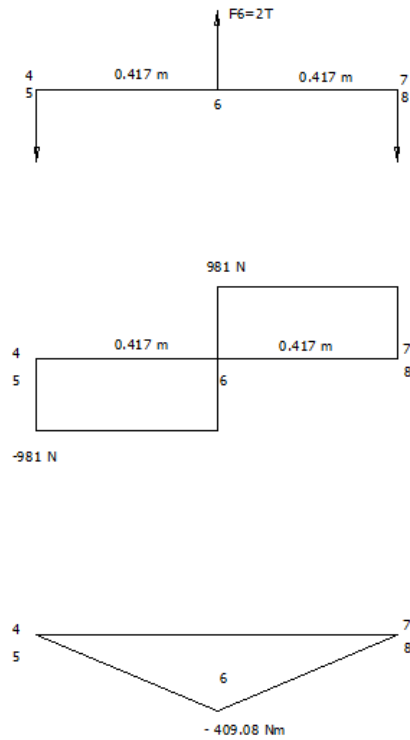


Figura 41 Diagrama de cuerpo libre estructura pecho (fuente autor)

$$F_d = 2T$$

$$F_d = 2 \times 981 \text{ N}$$

$$F_d = 1962 \text{ N}$$

$$M_{f6} = 981 \text{ N} \times 0.417 \text{ m}$$

$$M_{f6} = 409.08 \text{ Nm}$$

### 6.2.5 Análisis de fuerzas en la palanca superior espalda

La palanca superior para espalda figura 42.

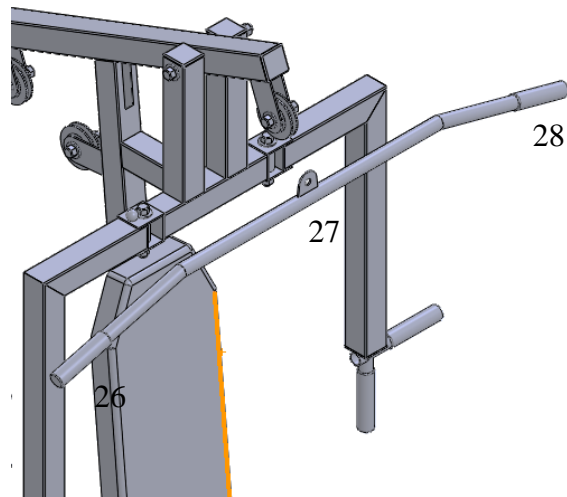


Figura 42 Palanca superior espalda (fuente autor)

Diagrama de cuerpo libre de la palanca superior espalda figura 43 analizaremos las fuerzas que actúan en ella y sus reacciones.

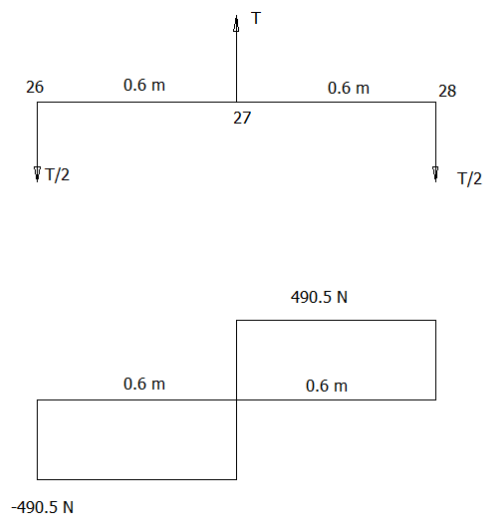


Figura 43 Diagrama de cuerpo libre Palanca superior (fuente autor)

$$T = 981 \text{ N}$$

$$\frac{T}{2} = 490.5 \text{ N}$$

$$M_{f27} = 490.5 \text{ N} \times 0.6 \text{ m}$$

$$M_{f27} = 294.3 \text{ Nm}$$

Perfil utilizado en la palanca superior es tubo hueco redondo se escoge aleatoriamente tubo redondo de 25.4 mm de diámetro anexo 5.

Aplicando la ecuación Ecu. 03

$$\sigma_f = \frac{M_f}{S}$$

$$S \geq \frac{M_{f27}}{\sigma_f}$$

$$S \geq \frac{294.3 \text{ Nm}}{320 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}$$

$$S \geq 9.19 \times 10^{-7} \text{ m}^3$$

$$S \geq 0.919 \text{ cm}^3$$

Se escoge el perfil redondo 25.4 mm x 2.5 mm del anexo 5 con un módulo resistente mínimo requerido SR:

$$SR = 0.94 \text{ cm}^3$$

$$\text{Peso} = 1.41 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 13.83 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Donde

Mp27 Momento flector peso en el punto 27

A<sub>1</sub>,A<sub>2</sub> Área (Figura 44)

SP Módulo resistente peso

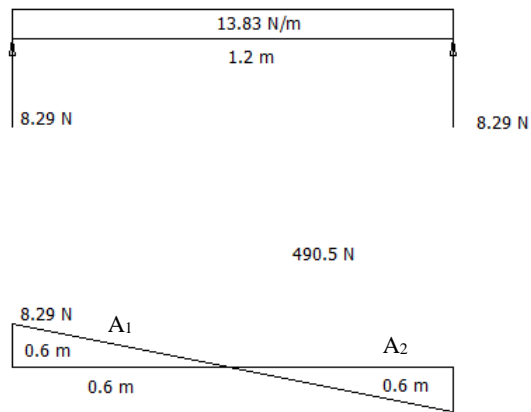


Figura 44 Diagrama de cuerpo libre palanca superior (fuente autor)

$$M_{p27} = A1$$

$$M_{p27} = \frac{8.29 \text{ N} \times 0.6 \text{ m}}{2}$$

$$M_{p27} = 2.48 \text{ Nm}$$

$$S_p = \frac{2.48 \text{ Nm}}{320 \times \frac{10^6 \text{ N}}{\text{m}^2}}$$

$$S_p = 7.75 \times 10^{-9} \text{ m}^3 = 7.75 \times 10^{-3} \text{ cm}^3$$

$$SR \geq S + S_p$$

$$0.94 \text{ cm}^3 \geq 0.919 \text{ cm}^3 + 7.75 \times 10^{-3} \text{ cm}^3$$

$$0.949 \text{ cm}^3 \geq 0.926 \text{ cm}^3$$

Por lo tanto el perfil elegido con un diámetro de 25 mm es correcto.

### 6.2.6 Análisis de fuerzas en travesaño superior de la máquina

Continuando con el análisis de la estructura ahora se analiza de travesaño superior de la máquina figura 45.

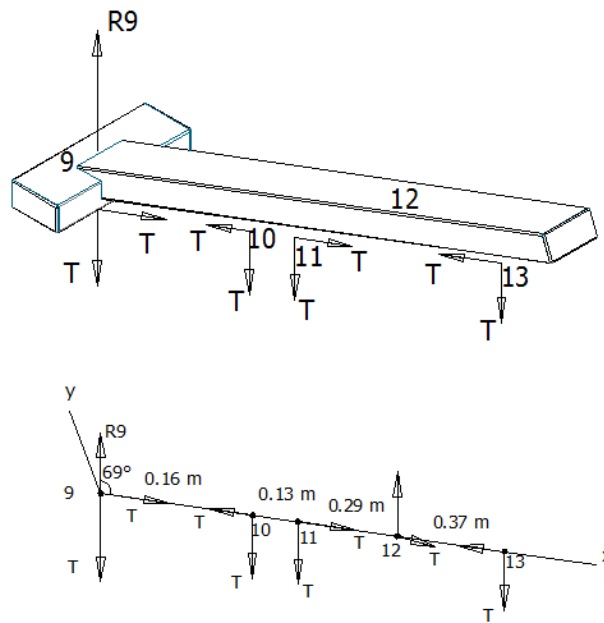


Figura 45 Travesaño superior (fuente autor)

$$+\cup \sum \text{Mom}_9 = 0$$

$$T (0.16 \cos 21^\circ) + T \text{sen } 21^\circ (0.16 \cos 21^\circ) - T \cos 21^\circ (0.16 \text{sen } 21^\circ) \\ + T (0.29 \cos 21^\circ) - T \text{sen } 21^\circ (0.29 \cos 21^\circ) + T \cos 21^\circ (0.29 \text{sen } 21^\circ) \\ - R_{12y}(0.58 \cos 21^\circ) + R_{12x}(0.58 \text{sen } 21^\circ) + T(0.95 \cos 21^\circ) \\ + T \text{sen } 21^\circ (0.95 \cos 21^\circ) - T \cos 21^\circ (0.95 \text{sen } 21^\circ) = 0 \\ 981 (0.16 \cos 21^\circ) + 981 (0.29 \cos 21^\circ - R_{12y} (0.58 \cos 21^\circ) \\ + R_{12x} (0.58 \text{sen } 21^\circ) + 981(0.95 \cos 21^\circ = 0)$$

$$0.208 R_{12x} - 0.541 R_{12y} = .1282.179 \quad \text{Ecu. 08}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$T \cos 21^\circ + T \cos 21^\circ - T \cos 21^\circ - T \cos 21^\circ + R_{12x} = 0$$

$$R_{12x} = 0 \quad \text{Ecu. 09}$$

Remplazando Ecu. 09 en Ecu. 08

$$0.208 (0) - 0.541 R_{12y} = -1282.179$$

$$R_{12y} = 2367.93 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_9 + R_{12y} - 4T = 0$$

$$R_9 = 4T - R_{12y}$$

$$R_9 = 4(981) - 2367.93$$

$$R_9 = 1556.07 \text{ N}$$

Obteniendo las reacciones se calcula las fuerzas de compresión y tensión en el travesaño superior figura 46 y se obtiene el momento máximo.

$$T_{x'} = T \times \cos 69^\circ$$

$$T_{x'} = 981 \text{ N} \times \cos 69^\circ$$

$$T_{x'} = 351.56 \text{ N}$$

$$T_{y'} = T \times \sin 69^\circ$$

$$T_{y'} = 981 \text{ N} \times \sin 69^\circ$$

$$T_{y'} = 915.84 \text{ N}$$

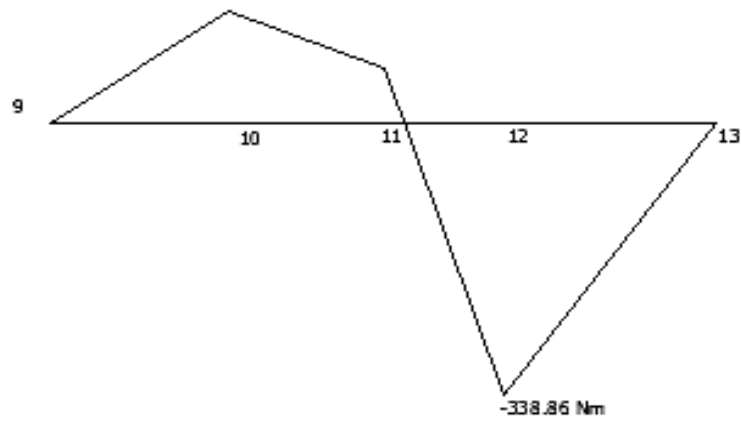
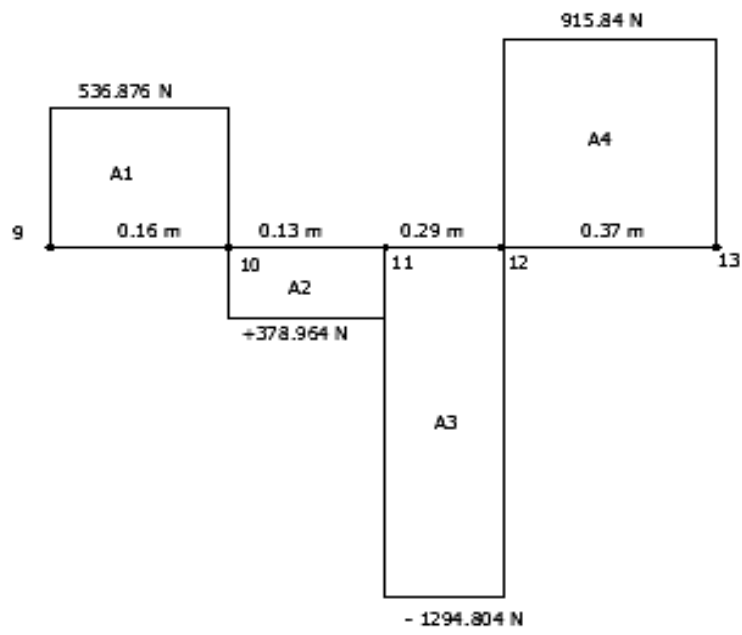
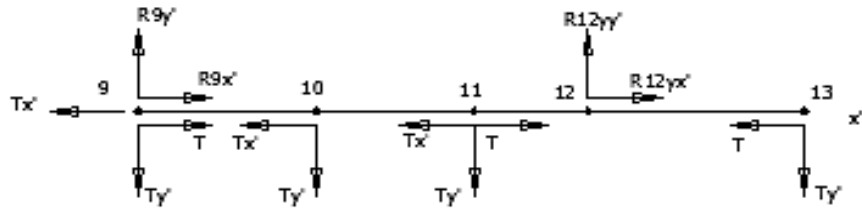


Figura 46 Diagrama de momento máximo travesaño superior (fuente autor)

$$T9x' = R9 \times \cos 69^\circ$$

$$T9x' = 1556.07 \text{ N} \times \cos 69^\circ$$

$$T9x' = 557.645 \text{ N}$$

$$T9y' = R9 \times \sin 69^\circ$$

$$T9y' = 1556.07 \text{ N} \times \sin 69^\circ$$

$$T9y' = 1452.716 \text{ N}$$

$$T12x' = R12y \times \cos 69^\circ$$

$$T12x' = 2367.93 \text{ N} \times \cos 69^\circ$$

$$T12x' = 848.59 \text{ N}$$

$$T12y' = R12y \times \sin 69^\circ$$

$$T12y' = 2367.93 \text{ N} \times \sin 69^\circ$$

$$T12y' = 2210.65 \text{ N}$$

$$A1 = 536.876 \text{ N} \times 0.16 \text{ m}$$

$$A1 = 85.90 \text{ Nm}$$

$$A2 = -378.964 \text{ N} \times 0.13 \text{ m}$$

$$A2 = -49.26 \text{ Nm}$$

$$A3 = -1294.804 \text{ N} \times 0.29 \text{ m}$$

$$A3 = -375.493 \text{ Nm}$$

$$A4 = 915.84 \text{ N} \times 0.37 \text{ m}$$

$$A4 = 338.861 \text{ Nm}$$

El momento máximo del travesaño superior se lo obtuvo por el método de las áreas.

$$M_{f12} = 338.86 \text{ Nm}$$



Se determina el módulo de sección utilizando la ecuación Ecu. 03

$$S \geq \frac{M_{f12}}{\sigma_f}$$

$$S \geq \frac{338.86 \text{ Nm}}{320 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}$$

$$S \geq 1.06 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$S \geq 1.06 \text{ cm}^3$$

El perfil utilizado para el travesaño superior que se escoge será tubo hueco cuadrado, arbitrariamente escogeremos perfil cuadrado de 50 mm x 50 mm x 2 mm del anexo 6

$$SR = 5.655 \text{ cm}^3.$$

$$\text{Peso} = 2.934 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 28.78 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Donde

SR            Módulo resistente requerido

Mp12        Momento flector peso en el punto 12

A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>      Área

Sp            Módulo resistente peso

$$Mp12 = A1$$

$$Mp12 = \frac{13.67 \text{ N} \times 0.475 \text{ m}}{2}$$

$$Mp12 = 3.25 \text{ Nm}$$

$$Sp12 = \frac{3.25 \text{ Nm}}{320 \times \frac{10^6 \text{ N}}{\text{m}^2}}$$

$$Sp = 1.015 \times 8 \text{ m}^3 = 0.01015 \text{ cm}^3$$

Considerando el peso del perfil de la barra utilizamos la ecuación Ecu. 04:

$$SR \geq S + S_p$$

$$5.655 \text{ cm}^3 \geq 1.06 \text{ cm}^3 + 0.01015 \text{ cm}^3$$

$$5.655 \text{ cm}^3 \geq 1.07 \text{ cm}^3$$

Por lo tanto el perfil escogido es el adecuado.

### 6.2.7 Análisis de fuerzas en columna principal de la estructura

La columna principal de la estructura figura 47 es la parte que conecta toda la estructura, se analizará cada carga puntual donde exista y sus diferentes reacciones.

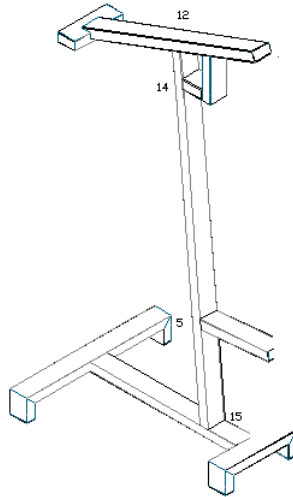


Figura 47 columna principal de la estructura (fuente autor)

En la figura 48 se muestra el diagrama de cuerpo libre de la columna principal de la estructura, analizaremos los puntos 5-12-14-15.

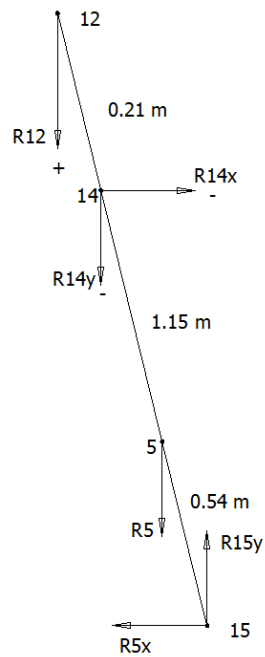


Figura 48 Diagrama de cuerpo libre columna principal de la estructura (fuente autor)

$$\sum \text{Mom}_{15} = 0$$

$$R_{12} \times (1.9 \text{ sen } 15^\circ) + R_{14y} \times (1.69 \text{ sen } 5^\circ) + R_5 \times (0.54 \text{ sen } 5^\circ) - R_{14x}(1.69 \text{ cos } 5^\circ) = 0$$

$$R_{14y} = R_{14x} = 2T$$

$$R_{14y} = R_{14x} = 1962 \text{ N}$$

$$R_5 = W = 981 \text{ N}$$

$$R_{12} \times (1.9 \text{ sen } 15^\circ) + 1962 \times (1.69 \text{ sen } 5^\circ) + 981 \times (0.54 \text{ sen } 5^\circ) - 1962(1.69 \text{ cos } 5^\circ) = 0$$

$$R_{12} = \frac{2968}{1.9 \text{ sen } 5^\circ}$$

$$R_{12} = 17923.17 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$R_{14x} - R_{15x} = 0$$

$$R_{15x} = R_{14x}$$

$$R_{15x} = 1962 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{15y} - R_{12} - R_{14y} - R_5 = 0$$

$$R_{15y} = R_{12} - R_{14y} + R_5$$

$$R_{15y} = 17923.17 \text{ N} + 1962 \text{ N} + 981 \text{ N}$$

$$R_{15y} = 20866.17 \text{ N}$$

En la figura 49 se muestra el momento cortante y momento máximo de las fuerzas que se ejerce en la columna principal de la estructura

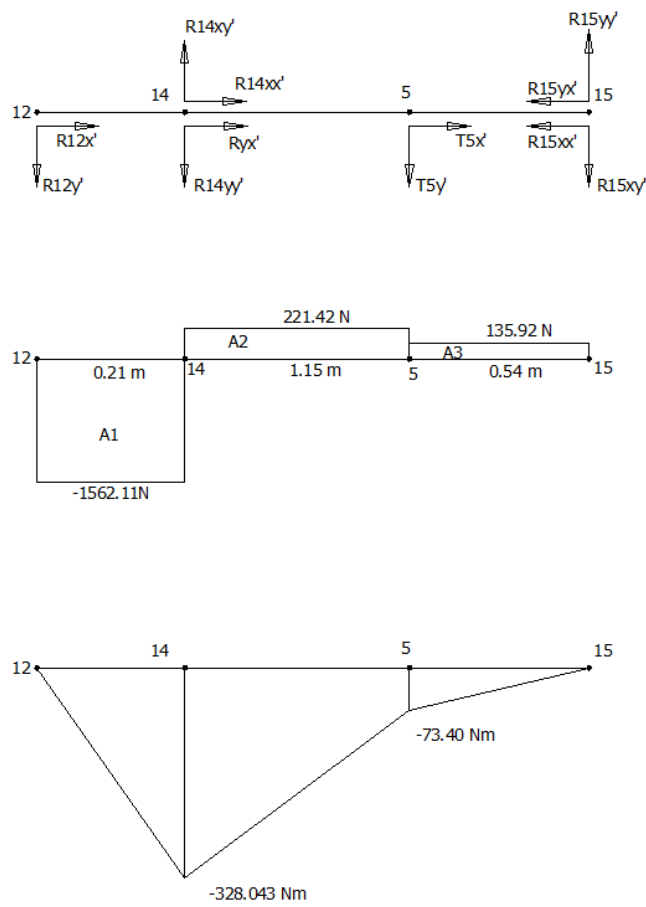


Figura 49 Diagrama de momentos columna principal de la estructura (fuente autor)

$$R_{12x'} = R_{12} \times \cos 5^\circ$$

$$R_{12x'} = 17923.17 \times \cos 5^\circ$$

$$R_{12x'} = 17854.97 \text{ N}$$

$$R_{12y'} = R_{12} \times \sin 5^\circ$$

$$R_{12y'} = 17923.17 \text{ N} \times \text{sen } 5^\circ$$

$$R_{12y'} = 1562.11 \text{ N}$$

$$R_{14xx'} = R_{14x} \times \cos 85^\circ$$

$$R_{14xx'} = 1962 \text{ N} \times \cos 85^\circ$$

$$R_{14xx'} = 171 \text{ N}$$

$$R_{14xy'} = R_{14x} \text{ sen } 85^\circ$$

$$R_{14xy'} = 1962 \text{ N} \times \text{sen } 85^\circ$$

$$R_{14xy'} = 1954.53 \text{ N}$$

$$R_{14yx'} = R_{14y} \times \cos 5^\circ$$

$$R_{14yx'} = 1962 \text{ N} \times \cos 5^\circ$$

$$R_{14yy'} = R_{14y} \times \text{sen } 5^\circ$$

$$R_{14yy'} = 1962 \text{ N} \times \text{sen } 5^\circ$$

$$R_{14yy'} = 171 \text{ N}$$

$$R_{5x'} = R_5 \times \cos 5^\circ$$

$$R_{5x'} = 981 \text{ N} \times \cos 5^\circ$$

$$R_{5x'} = 977.27 \text{ N}$$

$$R_{5y'} = R_5 \times \text{sen } 5^\circ$$

$$R_{5y'} = 981 \times \text{sen } 5^\circ$$

$$R_{5y'} = 85.50 \text{ N}$$

$$R_{15yx'} = R_{15y} \times \cos 5^\circ$$

$$R_{15yx'} = 20866.17 \text{ N} \times \cos 5^\circ$$

$$R_{15yx'} = 20786.77 \text{ N}$$

$$R_{15yy'} = R_{15y} \times \text{sen } 5^\circ$$

$$R_{15yy'} = 20866.17 \times \text{sen } 5^\circ$$

$$R_{15yy'} = 1818.61 \text{ N}$$

$$R_{15xx'} = R_{15x} \times \cos 85^\circ$$

$$R_{15xx'} = 1962 \times \cos 85^\circ$$

$$R_{15xx'} = 171 \text{ N}$$

$$R_{15xy'} = R_{15x} \times \sin 85^\circ$$

$$R_{15xy'} = 1962 \text{ N} \times \sin 85^\circ$$

$$R_{15yy'} = 1954.53 \text{ N}$$

Se realiza s el análisis del momento máximo de la columna principal de la estructura por el método de las áreas.

$$A1 = -1562.11 \text{ N} \times 0.21 \text{ m}$$

$$A1 = -328.043 \text{ Nm}$$

$$A2 = 221.42 \text{ N} \times 115 \text{ m}$$

$$A2 = 254.633 \text{ Nm}$$

$$A3 = 135.92 \text{ N} \times 0.21 \text{ m}$$

$$A3 = 73.397 \text{ Nm}$$

$$M_{\max} = 328.043 \text{ Nm}$$

Se determina el módulo de sección utilizando la ecuación Ecu. 03

$$S \geq \frac{M_{f12}}{\sigma_f}$$

$$S \geq \frac{328.86 \text{ Nm}}{320 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}$$

$$S \geq 1.03 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$S \geq 1.03 \text{ cm}^3$$

El perfil utilizado para el travesaño superior que se escoge será tubo hueco cuadrado, arbitrariamente escogeremos perfil cuadrado de 50 mm x 50 mm x 2 mm del anexo 6

$$SR = 5.655 \text{ cm}^3$$

$$\text{Peso} = 2.934 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 28.78 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Donde

SR            Modulo resistente requerido

Mp14        Momento flector peso en el punto 14

A<sub>1</sub>, A<sup>2</sup>      Área

Sp            Modulo resistente peso

L             Longitud de barra 1.9 m

$$M_{p14} = A_1$$

$$M_{p14} = \frac{27.34 \text{ N} \times 0.475 \text{ m}}{2}$$

$$M_{p14} = 12.98 \text{ Nm}$$

$$S_{p14} = \frac{3.25 \text{ Nm}}{320 \times \frac{10^6 \text{ N}}{\text{m}^2}}$$

$$S_p = 4.056 \times 8 \text{ m}^3 = 0.04056 \text{ cm}^3$$

Considerando el peso del perfil de la barra utilizamos la ecuación Ecu. 04:

$$SR \geq S + S_p$$

$$5.655 \text{ cm}^3 \geq 1.03 \text{ cm}^3 + 0.04056 \text{ cm}^3$$

$$5.655 \text{ cm}^3 \geq 1.07 \text{ cm}^3$$

Por lo tanto el perfil escogido es el adecuado.

### 6.2.8 Análisis de fuerzas en soporte de la estructura

El soporte de la estructura es la parte que soportará toda la estructura de la máquina de ejercicios de la estructura figura 50 analizando el diagrama de cuerpo libre y todas las reacciones que actúan.

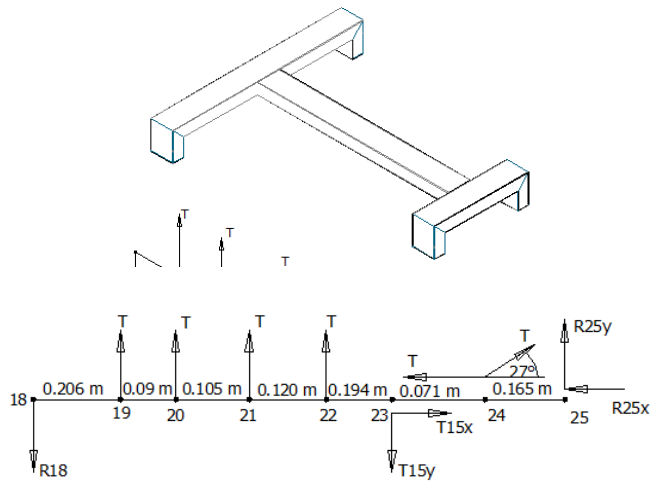


Figura 50 Diagrama de cuerpo libre soporte estructura (fuente autor)

$$\sum \text{Mom}_{18} = 0$$

$$- (T \times 0.206 \text{ m}) - (T \times 0.296 \text{ m}) - (T \times 0.401) -$$

$$(T \times 0.521 \text{ m}) + (R_{15y} \times 0.715 \text{ m}) -$$

$$(T \times \text{sen}27^\circ \times 0.786 \text{ m}) - (R_{25y} \times 0.951 \text{ m}) = 0$$

$$- (981 \text{ N} \times 0.206 \text{ m}) - (981 \text{ N} \times 0.296 \text{ m}) -$$

$$(981 \text{ N} \times 0.401) - (981 \text{ N} \times 0.521 \text{ m}) +$$

$$(R_{20866.17} \text{ N} \times 0.715 \text{ m}) - (981 \text{ N} \times \text{sen}27^\circ \times 0.786 \text{ m}) - (R_{25y} \times 0.951 \text{ m}) = 0$$

$$13172.31 \text{ N} - 0.951 R_{25y} = 0$$

$$R_{25y} = 13851.01 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$R_{15x} + T \times \cos 27^\circ - R_{25x} = 0$$

$$R_{25x} = R_{15x} + T \times \cos 27^\circ$$

$$R_{25x} = 1962 \text{ N} + 981 \text{ N} \times \cos 27^\circ$$

$$R_{25x} = 2836.08 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$-R_{18} + 4T - R_{15y} + T \times \text{sen} 27^\circ$$

$$+ R_{25y} = 0$$

$$R_{18} = 4 \times 981 \text{ N} - 20866.17 + 981$$

$$\times \text{sen} 27^\circ + 13851.01 \text{ N}$$

$$R_{18} = -2645.79 \text{ N}$$



En la figura 51 se muestra el diagrama de momento máximo de soporte de la máquina de ejercicios

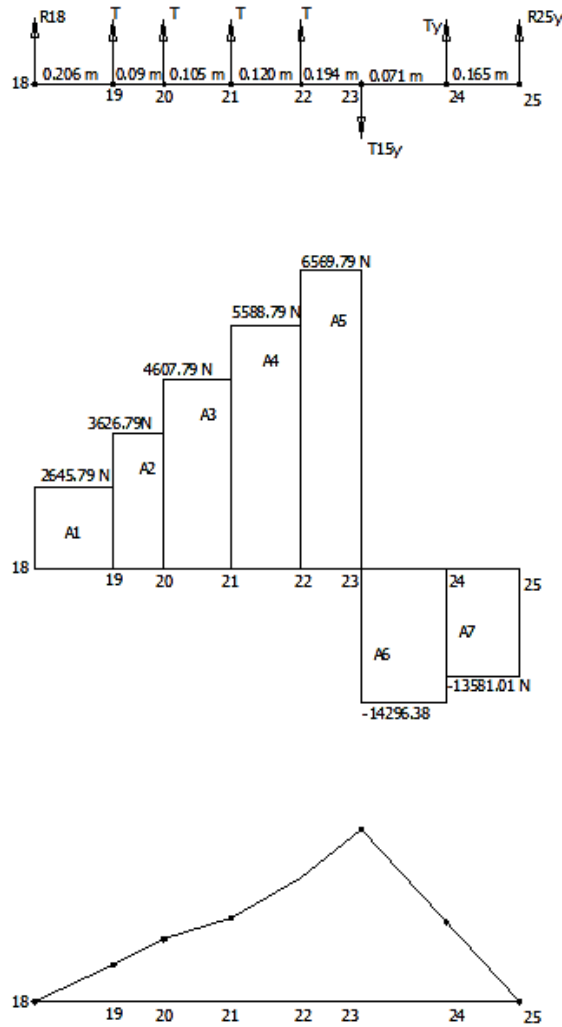


Figura 51 Diagrama de momento soporte de la maquina (fuente autor)

$$M_{f23} = 3300.45 \text{ Nm}$$

El momento máximo del travesaño base se lo obtuvo por el método de las áreas.

Se determina el módulo de sección utilizando la ecuación Ecu. 03.

$$S \geq \frac{M_{f23}}{\sigma_f}$$

$$S \geq \frac{3300.45 \text{ Nm}}{320 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}$$

$$S \geq 1.031 \times 10^{-5} m^3$$

$$S \geq 10.31 \text{ cm}^3$$

El perfil utilizado para el travesaño de la base que se escoge será tubo hueco cuadrado, arbitrariamente se escoge perfil cuadrado de 60 mm x 60 mm x 3.20 mm del anexo 6

$$SR = 12.30 \text{ cm}^3$$

$$\text{Peso} = 5.50 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 53.955 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Donde

SR            Modulo resistente requerido

Mp23        Momento flector peso en el punto 23

A<sub>1</sub>,A<sub>2</sub>       Área

Sp            Modulo resistente peso

L             Longitud travesaño base 0.95

$$Mp23 = A1$$

$$Mp23 = \frac{25.63 \text{ N} \times 0.475 \text{ m}}{2}$$

$$Mp23 = 12.17 \text{ Nm}$$

$$Sp23 = \frac{12.17 \text{ Nm}}{320 \times \frac{10^6 \text{ N}}{\text{m}^2}}$$

$$Sp = 3.80 \times 10^{-8} \text{ m}^3 = 0.038 \text{ cm}^3$$

Considerando el peso del perfil de la barra utilizamos la ecuación Ecu. 04:

$$SR \geq S + S_p$$

$$12.30 \text{ cm}^3 \geq 10.31 \text{ cm}^3 + 0.038 \text{ cm}^3$$

$$12.30 \text{ cm}^3 \geq 10.34 \text{ cm}^3$$

Por lo tanto el perfil escogido es el adecuado.

### 6.2.9 Dimensionamiento de ejes de las poleas

El dimensionamiento de los ejes en las poleas se lo analiza en el punto con mayor fuerza aplicada, en este caso del diseño como la carga aplicada mayor es  $F_d$  que es 2 veces el peso de la columna de pesas en el diagrama de cuerpo libre de la polea figura 52 se tiene:

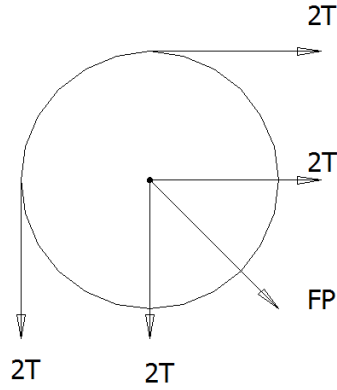


Figura 52 Diagrama de cuerpo libre de poleas

$$F_p = \sqrt{(2T)^2 + (2T)^2}$$

$$F_p = \sqrt{8 T^2}$$

$$F_p = \sqrt{8(981)^2}$$

$$F_p = 2774.687 \text{ N}$$

Diagrama de cuerpo libre del pasador en las poleas figura 53.

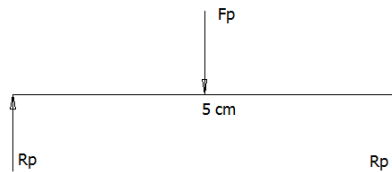


Figura 53 Diagrama de cuerpo libre del pasador

$$R_p = \frac{1}{2} F_p$$

$$R_p = \frac{2774.687 \text{ N}}{2}$$

$$R_p = 1387.34 \text{ N}$$

$$\tau = \frac{R_p}{A} \leq \tau_{adm}$$

Donde  $\tau$  es esfuerzo cortante.

$$\frac{4R_p}{\pi \times d^2} \leq \tau_{adm}$$

$$\frac{\pi \times d^2}{4R_p} \geq \frac{1}{\tau_{adm}}$$

$$d \geq \sqrt{\frac{4 R_p}{\tau_{adm} \times \pi}}$$

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \times 1387.34 \text{ N}}{120 \text{ MPa} \times \pi}}$$

$$d \geq 6.8 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$d \geq 6.8 \text{ mm}$$

El diámetro para los pasadores debe ser mayor a 6.8 mm en este diseño se escoge uno de 10 mm de diámetro para una mayor seguridad.

## **7 Manual máquina de ejercicios**

### **7.1 Manual de diseño**

Al empezar el diseño se deben tener en cuenta los requerimientos del equipo a diseñar estos requerimientos pueden ser:

- Músculos a ejercitar
- Medidas Antropométricas
- Peso de la columna de pesas
- Peso del usuario
- Sistemas de transmisión de movimientos
- Geometría de las máquinas de ejercicios multifuncionales

Con estos datos o puntos previamente aclarados, se procede a diseñar y dimensionar la máquina de ejercicios, para esto cumplimos los siguientes pasos:

- Definir largo, ancho, alto de la máquina de ejercicios
- Definir las medidas de las partes y elementos
- Definir el sistema de transmisión de movimientos y peso máximo de la columna de pesas.
- Cálculo del cable de acero y polea adecuada.
- Definir el peso del usuario.
- Cálculo de momentos y reacciones en la estructura metálica
- Definir el perfil y material del cual se construirá la estructura

## 7.2 Manual de construcción

Al tener ya definidas las medidas de la máquina de ejercicio mediante el diseño previo haber seleccionado las diferentes partes con sus piezas, los diferentes materiales que se van a utilizar, el sistema de transmisión de pesos y condiciones ergonómicas para el usuario, se procede con el proceso de construcción de la máquina de ejercicios tabla 6.

**Tabla 6 Lista de Piezas**

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Estructura máquina	1
2	Regatón Base de Pesas	2
3	Pesas	9
4	Soporte Eje de Pesas	1
5	Tubo Guía Pesas	2
6	Eje de Pesas	1
7	Regatón Pesas	1
8	Arandela Eje de Pesas	1
9	Perno Eje de Pesas	1
10	Porta palanca brazos	1
11	Soporte Palanca Brazo	2
12	Brazo Pecho 1	1
13	Brazo Pecho 2	1
14	Porta Ejes Piernas	1
15	Palanca Piernas	1
16	Porta Poleas	10
17	Sujetador	3
18	Polea	13
19	Palanca Superior	1
20	Palanca Baja	1
21	Regatón Palanca Baja	8
22	Tapa Tubo 50 x 50 x 2	11
23	Perno 10 mm x 63 mm	15
24	Arandela 10 mm	33
25	Perno 10 mm x 80 mm	1
26	Perno 12 mm x 65 mm	3
27	Arandela 12 mm	8
28	Perno 12 mm x 180 mm	1
29	Tuerca 10 mm	30
30	Tuerca 12 mm	8
31	Asiento	1
32	Espaldar	1
33	Pasador Brazo	2
34	Apoyo de Piernas	2
35	Porta Poleas 3	2

(Fuente Autor)

Se utilizará las hojas de proceso, que son formatos establecidos de las fases de construcción de cada pieza o parte de la máquina de ejercicios.

### **7.3 Hojas de proceso de construcción**

En las hojas de proceso de construcción de la máquina de ejercicios se muestra el proceso detallado con medidas y cantidades de piezas que se deben cortar y mecanizar.

#### **7.3.1 Estructura máquina**

La estructura de la máquina de ejercicios es la parte en la cual van montadas todas las partes fijas y móviles, a su vez soportará el peso de las pesas y el peso del usuario.

El material utilizado para la construcción de la estructura de la máquina ejercicios es perfil cuadrado de 50 mm x 50 mm x 2 mm y para la base de la estructura será perfil cuadrado de 60 mm x 60 mm x 3.20 mm

#### **7.3.2 Tubo guía pesas**

Los dos tubos guía de pesas tiene como finalidad ser la guía de la columna de pesas en su movimiento vertical de ascender y descender, estarán montados en la estructura de la máquina mediante pernos M10, arandela y tuerca en ambos extremos.

El material utilizado para la construcción de los tubos guía será tubo de acero inoxidable de 25 mm de diámetro por 2 mm de espesor.

#### **7.3.3 Soporte palanca de brazo**

El soporte palanca brazo es una pieza que ira soldada a la estructura de la máquina de ejercicios que tiene como finalidad el montaje de los brazos para realizar el ejercicio de pecho mediante un perno, arandela y tuerca.

El material utilizado para la construcción de esta pieza será chapa de acero de 3 mm de espesor.

#### **7.3.4 Brazo para pecho**

El Brazo para pecho es una pieza que sirve como palanca que realizará un ejercicio para pectorales, estará compuesta por distintas piezas que se irán fabricando tal como se especifica en las hojas de proceso y en los dibujos técnicos.

Los materiales utilizados para la construcción de esta pieza serán un tubo cuadrado de 50 mm x 50 mm x 2 mm, chapa de acero de 3 mm de espesor, tubo de acero de 25 mm de diámetro.

### **7.3.5 Porta ejes piernas**

El porta ejes piernas es una pieza que va soldada en la estructura de la máquina de ejercicios en la cual va montada la palanca para realizar el ejercicio de piernas mediante un perno, tuerca y arandela. En esta pieza irá montada el eje de apoyo para las piernas y poder realizar ejercicios.

El material utilizado para la fabricación del porta ejes piernas es de chapa de acero de 3 mm de espesor.

### **7.3.6 Palanca piernas**

La palanca de piernas es la pieza que permite realizar el ejercicio de piernas, esta va montada en el porta ejes piernas mediante un perno, tuerca y arandela, y a su vez tendrá una conexión en la parte inferior con el cable de acero para transmitir el peso.

El material utilizado para la fabricación de esta pieza será de tubo estructural cuadrado de 50 mm x 50 mm x 2 mm, y chapa de acero de 3 mm.

### **7.3.7 Porta poleas**

El porta poleas es la pieza que va soldada a la estructura de la máquina de ejercicios, en la que va montada la polea para la transmisión del peso mediante el cable de acero.

El material utilizado para la fabricación de esta pieza es de chapa de acero de 3 mm de espesor.

El material utilizado para la fabricación de esta pieza es de chapa de acero de 3 mm de espesor y tubo de acero de 13 mm de diámetro exterior y 1.5 mm de espesor.

### **7.3.8 Apoyo piernas**

El apoyo piernas es una pieza que va montada en la palanca piernas que sirve como apoyo para las piernas y otra va en la parte inferior de la palanca piernas para poder impulsarla con los pies e irán tapizadas para comodidad del usuario.

El material utilizado para la fabricación de esta pieza será tubo de acero de 25 mm de diámetro.



### **7.3.9 Palanca superior**

La palanca superior tiene como finalidad ser la palanca con la que el usuario realiza el ejercicio de espalda y estará unida con el cable de acero hacia las pesas.

El material utilizado es tubo de acero de 25 mm de diámetro y tapizada en sus extremos para comodidad del usuario.

### **7.3.10 Palanca baja**

La palanca baja tiene como finalidad ser la palanca con la que el usuario realiza el ejercicio de brazos y estará unida con el cable de acero hacia las pesas.

El material utilizado es tubo de acero de 25 mm de diámetro y tapizada en sus extremos para comodidad del usuario.

## **7.4 Instrucciones de seguridad**

- Comprobar que todos los tornillos y tuercas estén correctamente ajustados antes de usar la máquina por primera vez.
- Instalar la maquina en un lugar seco, y evitar dejarla al aire libre
- Antes de comenzar un entrenamiento, retirar todos los objetos dentro de un radio de 2 metros de la máquina.
- Su salud puede verse afectada por el entrenamiento incorrecto o excesivo. Consulte a un médico antes de comenzar la utilización de la máquina de ejercicio.
- La máquina puede ser usada por una sola persona a la vez.
- Use ropa y zapatos de entrenamiento que son adecuados para el entrenamiento.
- Los niños y las personas con discapacidad sólo deberían utilizar la máquina en presencia de otra persona que pueda prestar ayuda y consejo.

## 7.5 Costo de la máquina

La valoración económica esta realiza en el costo de cada pieza que conforma la máquina de ejercicios:

### 7.5.1 Materiales Directos

Se llama así los elementos que fueron sometidos a uno o varios procesos de transformación por otra empresa, los cuales serán sometidos a otros procesos de transformación hasta convertirlos en un producto acabado apto para satisfacer las necesidades humanas.

Para más detalle del procedimiento de construcción de las partes de la máquina se puede ver el anexo 7 Planos y hojas de proceso de la máquina de ejercicio.

**Tabla 7 Materiales directos**

DESCRIPCIÓN.	UNIDADES	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO \$	PRECIO TOTAL \$
Perfil Cuadrado □50x2mm, □60x3.2mm	m	12	4,50	54,00
Tubo de acero inoxidable Ø 25 mm	m	4	4,00	16,00
Tubo de acero Ø 19.05 mm	m	1	3,80	3,80
Plancha de acero de 3 mm	m2	0.5	18,00	9,00
Tuercas ANSI -M12		8	0,15	1,20
Pernos ANSI -M12		8	0,15	1,20
Tuerca ANSI -M10		30	0,15	4,50
Perno ANSI -M10		30	0,15	4,50
Arandela Ø 12 mm		16	0,10	1,60
Arandela Ø 10 mm		60	0,10	6,00
Polea Ø 90 mm		13	12,00	156,00
Columna de Pesas	Kg	100	1,50	150,00
Regatón 50 x 50 mm		8	2,50	20,00
Electrodo E6011	Libra	1	2,50	2,50
Pintura	GL	1	80,00	80,00
			<b>TOTAL \$</b>	<b>510,30</b>

(Fuente Autor)

### 7.5.2 Materiales indirectos

Son aquellos necesarios y que son utilizados en la elaboración de un producto, pero no son fácilmente identificables o que no amerita llevar un control sobre ellos y son incluidos como parte de los costos indirectos de fabricación como materiales indirectos.

**Tabla 8 Materiales indirectos**

DESCRIPCIÓN.	UNIDADES	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO \$	PRECIO TOTAL \$
Lija 120	Pliego	1	1,20	1,20
Lija 180	Pliego	1	1,50	1,50
Diluyente	Litro	2	2,80	4,80
Piedra de amolar		1	4,50	4,50
Guaípe	Libra	1/2	0,80	0,40
			TOTAL \$	12,40

(Fuente Autor)

### 7.5.3 Presupuesto total

**Tabla 9 Presupuesto Total de la máquina de ejercicios**

DESCRIPCIÓN.	COSTO TOTAL \$
Materiales Directos	510,30
Materiales Indirectos	12,40
TOTAL \$	522,70

(Fuente Autor)

## 8 Discusión

El diseño de la máquina de ejercicios fue concebido primeramente para realizar un manual de construcción de una máquina de ejercicios para el Club Deportivo Poder de la ciudad de Loja.

- En las instalaciones del Club Deportivo Poder tienen máquinas modernas la mayoría son con pesos incorporados para mejor comodidad de los usuarios, en este proyecto fue uno de los principales parámetros que hicieron decidir el diseño de la máquina de ejercicios, luego de una inspección y requerimiento se pudo constatar la necesidad del diseño de una máquina de ejercicios con peso incorporado para ejercitar el cuerpo humano.
- Por lo tanto se partió por definir los parámetros de funcionamiento como geometría de las máquinas de ejercicio, peso incorporado, peso humano a soportar máximo que es de 132 kg de la tabla 5, tipos de músculos a ejercitar como son espalda, hombros, pectorales, brazos, piernas.
- En el análisis de fuerzas de la estructura se determinó que el puntos críticos de la estructura de la maquina es el punto 23 con un momento flector de 3300.45 Nm figura 50, respecto a otro puntos analizados como el punto 5 con un momento flector de 275.17 Nm figura 38, el punto 12 con un momento flector de 338.86 Nm figura 45 y el punto 6 con un momento flector 409.08 Nm figura 41.
- En el análisis de fuerzas se obtuvo que la estructura al igual que el cable de acero resistirá la carga de diseño de 100 kg (981 N) para la columna de pesas, mediante esta carga se dimensionaron las cargas a lo largo de todo el diseño es el caso de las cargas en los pernos los casos de esfuerzos cortantes y momentos flectores con un diámetro de 10 mm para toda las poleas y con un diámetro de 12 mm para uniones de elementos de la máquina.
- Se realizó el dimensionamiento de la palanca para brazo obteniendo un diámetro de 19.05 mm de tubo estructural hueco.
- Para la palanca superior con la que se realiza el ejercicio de espalda su dimensionamiento fue de 25 mm de diámetro de tubo estructural hueco.
- Se realizó el dimensionamiento del material de la estructura que es de tubo estructural cuadrado hueco de 50 mm x 50 mm x 2 mm para la estructura superior.

- La base de la estructura esta dimensionada con un perfil de acero estructural de 60 mm x 60 mm x 3.20 mm.
- El pintado de la máquina de ejercicios se realizará al horno con un acabado blanco brillante, y un tapizado color negro para el asiento y espaldar.

## 9 Conclusiones

- Se pudo realizar un análisis y estudio de las diferentes partes del cuerpo humano, las cuales se van a ejercitar mediante la máquina de ejercicios que se diseñó, la parte ergonómica del diseño y las medidas están en conformidad con medidas físicas para nuestro medio, en el registro de personas inscritas en el Club deportivo Poder tabla 2 se puede observar que la persona más alta mide 1,86 m y la más baja 1,52 m al igual la persona con más peso es de 119,8 Kg.
- Se pudo realizar el cálculo de fuerzas y dimensionamiento de las partes de la máquina de ejercicios la cual está diseñada para soportar el peso de una persona de 120 Kg y transmitir y levantar un peso de 100 Kg de la columna de pesas.
- Se determinó el procedimiento de construcción de la máquina de ejercicios mediante hojas de proceso en el que se detalla el proceso con medidas y cantidades de piezas que se deben cortar y mecanizar en la estructura.

## 10 Recomendaciones

- Realizar un análisis más específico de la anatomía del cuerpo ya que la máquina de ejercicios puede ejercitar más músculos y partes del cuerpo humano.
- Se recomienda realizar un estudio antropométrico de nuestro medio para obtener datos más precisos de las dimensiones del cuerpo humano y aplicarlos al momento de diseñar una máquina
- Se recomienda realizar un estudio que contemple el análisis estructural utilizando una software relacionado con herramientas CAD y permita obtener datos más precisos de la estructura.

## 11 Bibliografía

- AHMSA. (s.f.). Manual de diseño para la construcción con acero . AHMSA.
- FAIRES, V. M. (s.f.). DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS. Barcelona: Montaner y Simon S. A. .
- Higuero, F. J. (2009 de Noviembre de 2009). Fuerza y Control. Obtenido de Fuerza y Control: <http://www.fuerzaycontrol.com/cuerpo-humano/musculos-anatomia-cuerpo-humano/musculos-del-tren-superior/el-pectoral-mayor-i-el-musculo-del-abrazo/>
- Hunt, K. H. (1978). Kinematic Geometry of Mechanisms. Oxford: Oxford University.
- Joe Weider, C. o. (23 de Marzo de 2013). Joe Weider, Creator of Bodybuilding Empire. Obtenido de Joe Weider, Creator of Bodybuilding Empire: <http://www.nytimes.com/2013/03/25/sports/joe-weider-founder-of-a-bodybuilding-empire-dies-at-93.html>
- JuliusPanero, & MartinZelnik. (1996). Las dimensiones humanas en los espacios interiores (Septima ed.). Mexico: Ediciones G. Gili, S.A. de C.V.
- MusculaciónTotal. (11 de Diciembre de 2014). Anatomía de los músculos de la espalda. Obtenido de <http://musculaciontotal.com/anatomia/anatomia-musculos-espalda/#prettyPhoto>
- MusculaciónTotal. (9 de Diciembre de 2014). Anatomía de los músculos pectorales. Obtenido de <http://musculaciontotal.com/anatomia/anatomia-musculos-pectorales/>
- MusculaciónTotal. (15 de Enero de 2015). Anatomía de los Músculos de la pierna. Obtenido de <http://musculaciontotal.com/anatomia/anatomia-musculos-piernas/>
- RichardG.Bubynas, & J.KeithNisbett. (2008). DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHINGLEY. Mexico: Mc Graw Hill.
- The Rise of the Machines, T. N. (2 de Septiembre de 2007). The Rise of the Machines, The New York Times. Obtenido de The Rise of the Machines, The New York Times: [http://www.nytimes.com/2007/09/02/weekinreview/02semple.html?\\_r=5&](http://www.nytimes.com/2007/09/02/weekinreview/02semple.html?_r=5&)



EntrenadordeFutbol. (3 de Marzo de 2011). Entrenador de Futbol. Obtenido de <http://entrenadordefutbol.blogia.com/2011/030401--cuales-son-los-principales-musculos-del-brazo-.php>

FitSeven. (23 de Mayo de 2014). FitSeven, MEJOR CUERPO. MEJOR VIDA. Obtenido de <http://fitseven.net/vida/articulos-deportivos/maquinas-de-gimnasio>

Wikipedia, G. Z. (29 de Abril de 2015). Wikipedia, Gustav Zander. Obtenido de Wikipedia, Gustav Zander: [https://en.wikipedia.org/wiki/Gustav\\_Zander](https://en.wikipedia.org/wiki/Gustav_Zander)

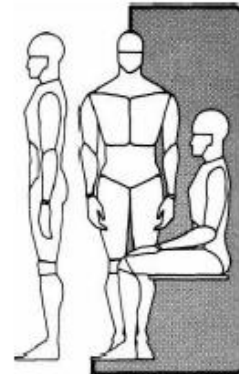
Wikipedia, N. A. (9 de Febrero de 2015). Wikipedia, Nicolas Andry de Boisregard. Obtenido de Wikipedia, Nicolas Andry de Boisregard: [https://es.wikipedia.org/wiki/Nicolas\\_Andry\\_de\\_Boisregard](https://es.wikipedia.org/wiki/Nicolas_Andry_de_Boisregard)

WikipediaCuerpohumano. (1 de Octubre de 2015). Cuerpo humano. Obtenido de Cuerpo humano: [https://es.wikipedia.org/wiki/Cuerpo\\_humano](https://es.wikipedia.org/wiki/Cuerpo_humano)

WikipediaMusculoPectoral. (4 de Agosto de 2015). Musculo Pectoral. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%BAsculo\\_pectoral\\_mayor](https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%BAsculo_pectoral_mayor)

WikipediaSistemaMuscular. (1 de Octubre de 2015). Sistema Muscular. Obtenido de Sistema Muscular: [https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_muscular](https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_muscular)

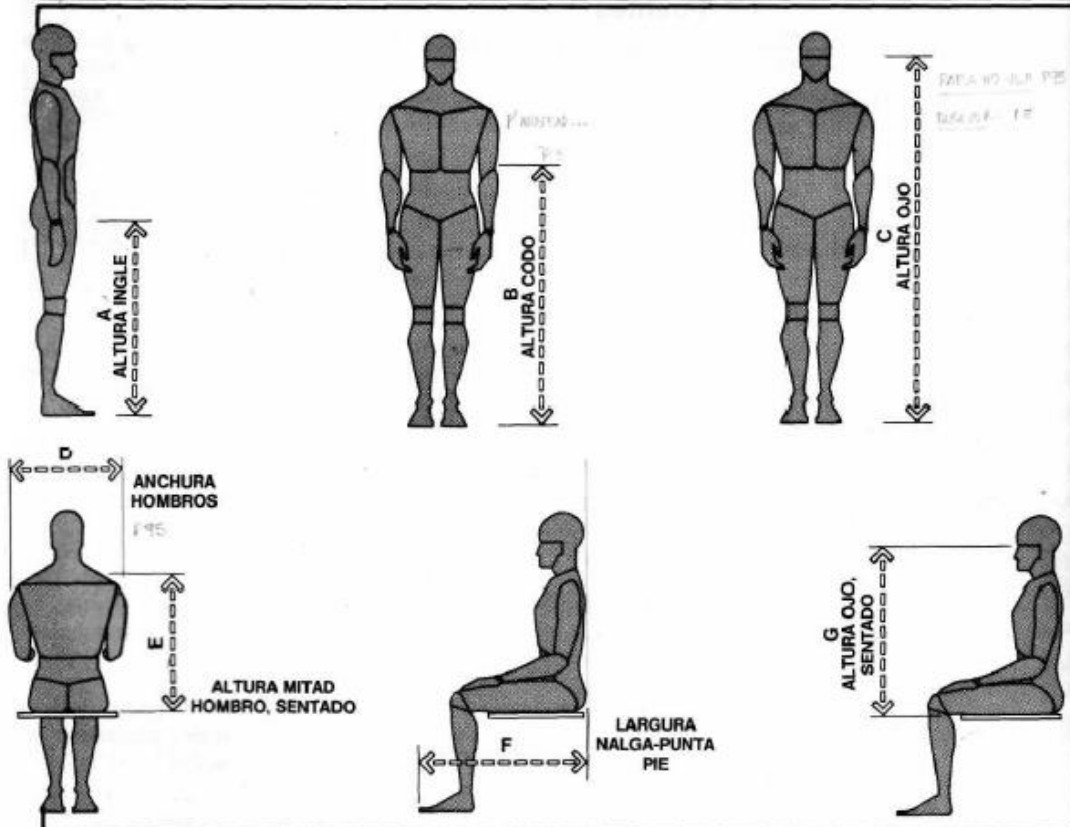
# Anexo 1. Dimensiones estructurales combinadas del cuerpo



## DIMENSIONES ESTRUCTURALES COMBINADAS DEL CUERPO

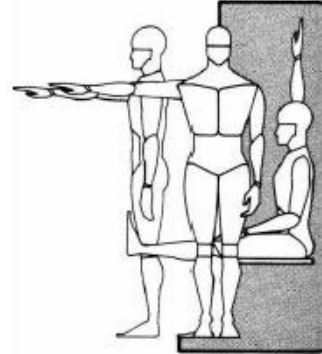
Dimensiones estructurales combinadas del cuerpo de hombres y mujeres adultos, en pulgadas y centímetros, según edad y selección de percentiles

	A		B		C		D		E		F		G		
	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	
95	HOMBRES	36.2	91,9	47.3	120,1	68.6	174,2	20.7	52,6	27.3	69,3	37.0	94,0	33.9	86,1
	MUJERES	32.0	81,3	43.6	110,7	64.1	162,8	17.0	43,2	24.6	62,5	37.0	94,0	31.7	80,5
5	HOMBRES	30.8	78,2	41.3	104,9	60.8	154,4	17.4	44,2	23.7	60,2	32.0	81,3	30.0	76,2
	MUJERES	26.8	68,1	38.6	98,0	56.3	143,0	14.9	37,8	21.2	53,8	27.0	68,6	28.1	71,4



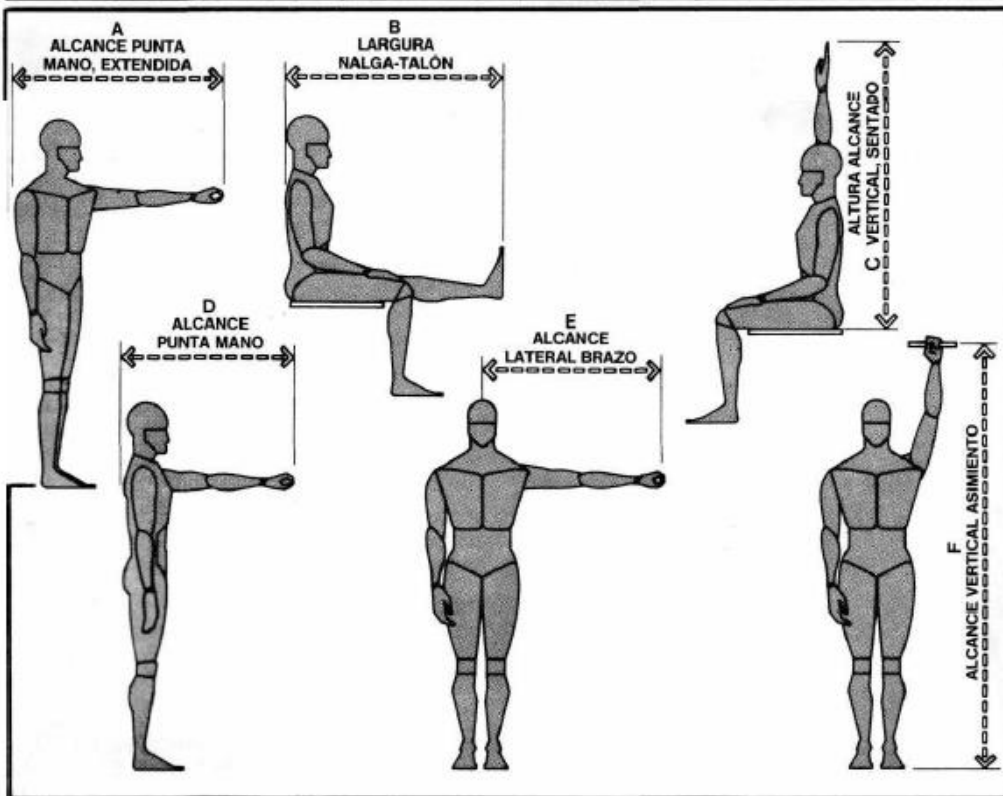
## Anexo 2 Dimensiones Funcionales del cuerpo

### DIMENSIONES FUNCIONALES DEL CUERPO



Dimensiones funcionales del cuerpo de hombres y mujeres adultos, en pulgadas y centímetros, según edad, sexo y selección de percentiles

	A		B		C		D		E		F		
	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	
95	HOMBRES	38.3	97,3	46.1	117,1	51.6	131,1	35.0	88,9	39.0	86,4	88.5	224,8
	MUJERES	36.3	92,2	49.0	124,5	49.1	124,7	31.7	80,5	38.0	96,5	84.0	213,4
5	HOMBRES	32.4	82,3	39.4	100,1	59.0	149,9	29.7	75,4	29.0	73,7	76.8	195,1
	MUJERES	29.9	75,9	34.0	86,4	55.2	140,2	26.6	67,6	27.0	68,6	72.9	185,2



## Anexo 3 Catálogo de Cables de Acero

### PERCUSIÓN CLASE 6 x 19

Alma de Fibra (AF)



Diámetro		Peso Aprox.	Resist. ruptura ton. métrica
mm	plg	kg/m	A.M.
12.70	1/2	0.630	9.710
14.29	9/16	0.790	12.200
15.88	5/8	0.980	15.100
19.05	3/4	1.410	21.600
22.23	7/8	1.920	29.200
25.40	1	2.500	37.900

Construcción:

- 6x21 (10/5/5/1) Filler

### TIRFOR CLASE 6 x 19

Alma de Acero (AA)



Diámetro		Peso Aprox.	Resist. ruptura ton. métrica
mm	plg	kg/m	A.M.
7.94	5/16	0.261	4.16
9.53	3/8	0.377	5.95
11.11	7/16	0.502	8.07
12.70	1/2	0.656	10.40
15.88	5/8	1.033	15.20

Construcciones:

- 6x19 (9/9/1) Seale
- 6x26 (10/5+5/5/1) Warrington Seale

### CÓNDOR CLASE 6 x 19

Alma de Acero (AA)



Diámetro		Peso Aprox.	Resist. ruptura ton. métrica	
mm	plg	kg/m	A.M.	A.E.M.
3.18	1/8	0.041	0.69	0.79
4.76	3/16	0.109	1.43	1.64
6.35	1/4	0.170	2.67	3.08
7.94	5/16	0.270	4.16	4.78
9.53	3/8	0.390	5.95	6.85
11.11	7/16	0.520	8.07	9.25
12.70	1/2	0.680	10.40	12.10
14.29	9/16	0.880	13.20	15.20
15.88	5/8	1.070	16.20	18.70
19.05	3/4	1.550	23.20	26.70
22.23	7/8	2.110	31.40	36.10
25.40	1	2.750	40.70	46.90
28.58	1 1/8	3.480	51.30	59.00
31.75	1 1/4	4.300	63.00	72.50
34.93	1 3/8	5.210	75.70	87.10
38.10	1 1/2	6.190	89.70	103.00
41.27	1 5/8	7.260	104.00	120.00
44.45	1 3/4	8.440	121.00	139.00
47.62	1 7/8	9.670	138.00	158.00
50.80	2	11.000	156.00	180.00
53.98	2 1/8	12.400	174.00	200.00
57.15	2 1/4	13.900	195.00	224.00
60.33	2 3/8	15.500	217.00	249.00
63.50	2 1/2	17.300	238.00	274.00

Construcciones:

- 6x19 (12/6/1) 2 Operaciones
- 6x19 (9/9/1) Seale
- 6x21 (10/5/5/1) Filler
- 6x25 (12/6/6/1) Filler
- 6x26 (10/5+5/5/1) Warrington Seale

### HALCÓN CLASE 6 x 19

Alma de Fibra (AF)



Diámetro		Peso Aprox.	Resist. ruptura ton. métrica		
mm	plg	kg/m	A.M.	A.E.M.	A.E.M.
3.18	1/8	0.036	0.63	0.69	
4.76	3/16	0.094	1.36	1.50	
6.35	1/4	0.160	2.49	2.70	
7.94	5/16	0.240	3.86	4.20	
9.53	3/8	0.350	5.53	6.10	
11.11	7/16	0.480	7.50	8.20	
12.70	1/2	0.630	9.71	10.70	
14.29	9/16	0.790	12.20	13.50	
15.88	5/8	0.980	15.10	16.60	
19.05	3/4	1.410	21.60	23.80	
22.23	7/8	1.920	29.20	32.10	
25.40	1	2.500	37.90	41.70	
28.58	1 1/8	3.170	47.70	52.40	
31.75	1 1/4	3.910	58.50	64.50	
34.93	1 3/8	4.730	70.50	77.60	
38.10	1 1/2	5.630	83.50	91.60	
41.27	1 5/8	6.610	97.10	107.00	
44.45	1 3/4	7.660	112.00	124.00	
47.62	1 7/8	8.800	128.00	142.00	
50.80	2	10.000	145.00	160.00	
53.98	2 1/8	11.300	162.00	178.00	
57.15	2 1/4	12.700	181.00	199.00	
60.33	2 3/8	14.100	201.00	221.00	
63.50	2 1/2	15.600	221.00	243.00	

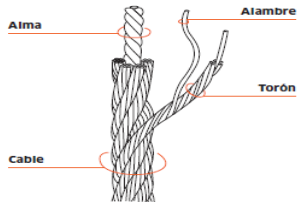
Construcciones:

- 6x19 (12/6/1) 2 Operaciones
- 6x19 (9/9/1) Seale
- 6x21 (10/5/5/1) Filler
- 6x25 (12/6/6/1) Filler
- 6x26 (10/5+5/5/1) Warrington Seale

## Anexo 4 Diámetro de Polea Catálogo de Acero

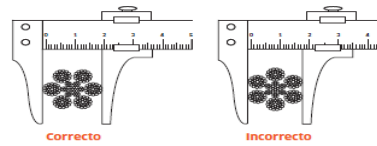
### ESTRUCTURA DEL CABLE DEACERO

El cable Deacero está formado por un conjunto de alambres de acero que están enrollados de forma helicoidal alrededor de un alambre central, formando los torones. Estos torones, a su vez, están enrollados helicoidalmente alrededor del alma del cable.



### CÓMO MEDIR EL CABLE DEACERO

Las normas internacionales indican la manera correcta de medir el diámetro de un cable, también nos indican la tolerancia que se debe aplicar en cada caso.



### RELACIÓN DIÁMETRO POLEA/DIÁMETRO CABLE

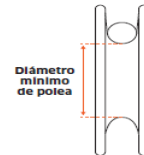
Construcción del cable	Relación sugerida D/d	Relación mínima D/d
6x7	7.2	4.2
19x7	5.1	3.4
18x7	5.1	3.4
6x19 S	5.1	3.4
6x21 F	4.5	3.0
6x25 WS	4.5	3.0
6x25 F	3.9	2.6
6x31 WS	3.9	2.6
6x36 WS	3.5	2.3
6x43 FS	3.5	2.3
6x41 WS	3.2	2.1
6x41 SF	3.2	2.1
6x49 SWS	2.8	1.9
6x46 SF	2.8	1.8
6x46 WS	2.8	1.8
8x19 S	4.1	2.7
8x25 F	3.2	2.1

Para encontrar cualquier diámetro de tambor o polea en esta tabla, se requiere conocer el diámetro y construcción del cable usado, y definir la relación a utilizar mínima o sugerida.

Por ejemplo:  
**Diámetro mínimo de polea para cable de 1/2" en construcción 6x21 F**

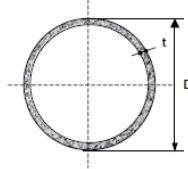
$D = d \times \text{relación mínima}$   
 $D = 1/2" (\text{diámetro nominal}) \times 30 (\text{relación mínima})$   
 $D = 15"$

S. Seale  
 F. Filler  
 WS. Warrington Seale  
 FS. Filler Seale  
 SF. Seale Filler  
 SWS. Seale Warrington Seale  
 D. Diámetro de polea  
 d. Diámetro nominal del cable  
 D. d x relación



## Anexo 5 Catálogo CIRSOC Tubo Redondo

Tubos de acero  
Sección Circular  
IRAM-IAS  
U 500-218  
U 500-2592



D = Diámetro exterior  
t = Espesor de pared  
p = Área exterior por metro lineal  
A = Sección bruta  
g = Peso por metro lineal  
I = Momento de Inercia  
S = Módulo elástico resistente  
r = Radio de giro  
Z = Módulo plástico  
J = Módulo de Torsión  
C = Constante torsional

D [mm]	t [mm]	p [m <sup>2</sup> /m]	Ag [cm <sup>2</sup> ]	g [Kg/m]	I [cm <sup>4</sup> ]	S [cm <sup>3</sup> ]	r [cm]	Z [cm <sup>3</sup> ]	J [cm <sup>4</sup> ]	C [cm <sup>3</sup> ]
12.70	0.70	0.04	0.26	0.21	0.05	0.08	0.42	0.10	0.10	0.15
	0.90	0.04	0.33	0.26	0.06	0.09	0.42	0.13	0.12	0.18
	1.25	0.04	0.45	0.35	0.07	0.12	0.41	0.16	0.15	0.23
	1.60	0.04	0.56	0.44	0.09	0.14	0.40	0.20	0.18	0.28
15.87	0.70	0.05	0.33	0.26	0.10	0.12	0.54	0.16	0.19	0.25
	0.90	0.05	0.42	0.33	0.12	0.15	0.53	0.20	0.24	0.30
	1.25	0.05	0.57	0.45	0.15	0.19	0.52	0.27	0.31	0.39
	1.60	0.05	0.72	0.56	0.18	0.23	0.51	0.33	0.37	0.47
19.05	0.70	0.06	0.40	0.32	0.17	0.18	0.65	0.24	0.34	0.37
	0.90	0.06	0.51	0.40	0.21	0.22	0.64	0.30	0.42	0.47
	1.25	0.06	0.70	0.55	0.28	0.29	0.63	0.40	0.56	0.58
	1.60	0.06	0.88	0.69	0.34	0.35	0.62	0.49	0.67	0.71
	2.00	0.06	1.07	0.84	0.39	0.41	0.61	0.58	0.79	0.83
22.22	0.70	0.07	0.47	0.37	0.27	0.25	0.76	0.32	0.55	0.51
	0.90	0.07	0.60	0.47	0.34	0.31	0.75	0.41	0.69	0.64
	1.25	0.07	0.82	0.65	0.45	0.41	0.74	0.55	0.91	0.82

Reglamento CIRSOC 301-EL / 302-EL

- 27 -

Tablas de Perfiles

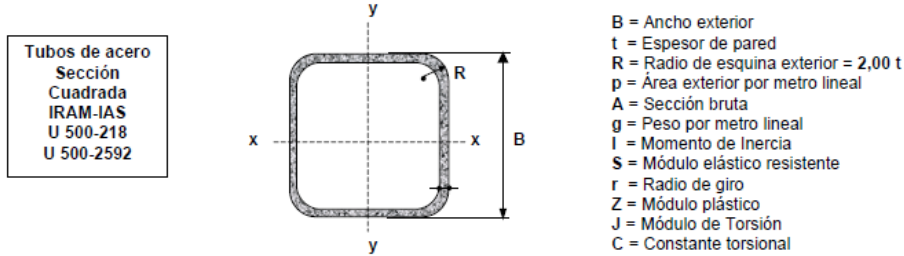
D [mm]	t [mm]	p [m <sup>2</sup> /m]	Ag [cm <sup>2</sup> ]	g [Kg/m]	I [cm <sup>4</sup> ]	S [cm <sup>3</sup> ]	r [cm]	Z [cm <sup>3</sup> ]	J [cm <sup>4</sup> ]	C [cm <sup>3</sup> ]
22.22	1.60	0.07	1.04	0.81	0.55	0.50	0.73	0.68	1.11	1.00
	2.00	0.07	1.27	1.00	0.66	0.59	0.72	0.82	1.31	1.18
25.4	0.70	0.08	0.54	0.43	0.41	0.33	0.87	0.43	0.83	0.67
	0.90	0.08	0.69	0.54	0.52	0.41	0.87	0.54	1.04	0.85
	1.25	0.08	0.95	0.74	0.69	0.55	0.85	0.73	1.39	1.14
	1.60	0.08	1.20	0.94	0.85	0.67	0.84	0.91	1.70	1.34
	2.00	0.08	1.47	1.15	1.01	0.80	0.83	1.10	2.03	1.60
	2.50	0.08	1.80	1.41	1.19	0.94	0.81	1.32	2.39	1.88
31.75	0.90	0.10	0.87	0.68	1.04	0.65	1.09	0.86	2.08	1.34
	1.25	0.10	1.20	0.94	1.40	0.88	1.08	1.16	2.79	1.83
	1.60	0.10	1.52	1.19	1.73	1.09	1.07	1.46	3.45	2.18
	2.00	0.10	1.87	1.47	2.08	1.31	1.05	1.77	4.15	2.62
	2.50	0.10	2.30	1.80	2.47	1.56	1.04	2.14	4.95	3.12
	3.20	0.10	2.87	2.25	2.96	1.87	1.02	2.62	5.92	3.73
38.10	0.90	0.12	1.05	0.83	1.82	0.96	1.32	1.25	3.64	1.96
	1.25	0.12	1.45	1.14	2.46	1.29	1.30	1.70	4.92	2.66
	1.60	0.12	1.83	1.44	3.06	1.61	1.29	2.13	6.12	3.35
	2.00	0.12	2.27	1.78	3.71	1.95	1.28	2.61	7.41	3.89
	2.50	0.12	2.80	2.19	4.45	2.34	1.26	3.17	8.90	4.67
	3.20	0.12	3.51	2.75	5.39	2.83	1.24	3.91	10.77	5.66
44.45	0.90	0.14	1.23	0.97	2.92	1.31	1.54	1.71	5.84	2.68
	1.25	0.14	1.70	1.33	3.96	1.78	1.53	2.33	7.92	3.66
	1.60	0.14	2.15	1.69	4.95	2.23	1.52	2.94	9.90	4.61
	2.00	0.14	2.67	2.09	6.02	2.71	1.50	3.61	12.04	5.66
	2.50	0.14	3.29	2.59	7.27	3.27	1.49	4.41	14.55	6.55
	3.20	0.14	4.15	3.26	8.87	3.99	1.46	5.46	17.75	7.98

Reglamento CIRSOC 301-EL / 302-EL

- 28 -

Tablas de Perfiles

## Anexo 6 Catálogo CIRSOC Tubo Cuadrado



B [mm]	t [mm]	p [m <sup>2</sup> /m]	Ag [cm <sup>2</sup> ]	g [Kg/m]	Ix=Iy [cm <sup>4</sup> ]	Sx=Sy [cm <sup>3</sup> ]	rx=ry [cm]	Zx=Zy [cm <sup>3</sup> ]	J [cm <sup>4</sup> ]	C [cm <sup>3</sup> ]
15	0.70	0.058	0.388	0.304	0.130	0.173	0.579	0.206	0.203	0.285
	0.90	0.057	0.487	0.382	0.158	0.210	0.569	0.254	0.248	0.355
	1.25	0.056	0.647	0.508	0.197	0.263	0.552	0.327	0.315	0.465
20	0.90	0.077	0.667	0.523	0.399	0.399	0.773	0.473	0.622	0.654
	1.25	0.076	0.897	0.704	0.513	0.513	0.756	0.621	0.810	0.871
	1.60	0.075	1.112	0.873	0.607	0.607	0.739	0.752	0.968	1.068
25	0.90	0.097	0.847	0.665	0.809	0.647	0.977	0.759	1.253	1.043
	1.25	0.096	1.147	0.901	1.058	0.847	0.960	1.010	1.657	1.403
	1.60	0.095	1.432	1.124	1.274	1.019	0.943	1.237	2.013	1.736
	2.00	0.093	1.737	1.364	1.483	1.186	0.924	1.468	2.363	2.085
30	0.90	0.117	1.027	0.806	1.433	0.956	1.181	1.113	2.210	1.521
	1.25	0.116	1.397	1.097	1.895	1.263	1.165	1.492	2.949	2.059
	1.60	0.115	1.752	1.375	2.307	1.538	1.148	1.842	3.620	2.565
	2.00	0.113	2.137	1.678	2.720	1.813	1.128	2.208	4.304	3.105

Reglamento CIRSOC 301-EL / 302-EL

- 34 -

Tablas de Perfiles

B [mm]	t [mm]	p [m <sup>2</sup> /m]	Ag [cm <sup>2</sup> ]	g [Kg/m]	Ix=Iy [cm <sup>4</sup> ]	Sx=Sy [cm <sup>3</sup> ]	rx=ry [cm]	Zx=Zy [cm <sup>3</sup> ]	J [cm <sup>4</sup> ]	C [cm <sup>3</sup> ]
40	1.25	0.156	1.897	1.489	4.694	2.347	1.573	2.737	7.244	3.746
	1.60	0.155	2.392	1.877	5.791	2.895	1.556	3.412	8.999	4.703
	2.00	0.153	2.937	2.306	6.935	3.468	1.537	4.136	10.857	5.745
	2.50	0.151	3.589	2.817	8.209	4.104	1.512	4.971	12.958	6.971
50	1.60	0.195	3.032	2.380	11.698	4.679	1.964	5.462	18.064	7.480
	2.00	0.193	3.737	2.934	14.137	5.655	1.945	6.664	21.970	9.185
	2.50	0.191	4.589	3.602	16.931	6.773	1.921	8.078	26.507	11.221
	3.20	0.189	5.727	4.495	20.387	8.155	1.887	9.895	32.211	13.891
60	1.60	0.23	3.67	2.88	20.67	6.89	2.37	7.99	31.78	10.90
	2.00	0.23	4.54	3.56	25.13	8.38	2.35	9.79	38.84	13.43
	2.50	0.23	5.59	4.39	30.32	10.11	2.33	11.93	47.18	16.47
	3.20	0.23	7.01	5.50	36.91	12.30	2.30	14.74	57.92	20.52
	4.00	0.23	8.55	6.71	43.52	14.51	2.26	17.66	68.87	24.84
80	2.00	0.31	6.14	4.82	61.67	15.42	3.17	17.85	94.67	24.31
	2.50	0.31	7.59	5.96	75.10	18.78	3.15	21.90	115.90	29.97
	3.20	0.31	9.57	7.51	92.65	23.16	3.11	27.30	143.98	37.62
	4.00	0.31	11.75	9.22	110.96	27.74	3.07	33.09	173.72	45.96
	4.76	0.30	13.74	10.79	126.70	31.67	3.04	38.22	199.62	53.48
90	2.50	0.35	8.59	6.74	108.50	24.11	3.55	28.01	166.95	38.22
	3.20	0.35	10.85	8.51	134.42	29.87	3.52	35.02	208.17	48.09
	4.00	0.35	13.35	10.48	161.80	35.96	3.48	42.60	252.30	58.92
	4.76	0.34	15.65	12.28	185.67	41.26	3.44	49.39	291.27	68.75
	6.35	0.34	20.21	15.86	229.17	50.93	3.37	62.30	363.45	87.88
100	3.20	0.39	12.13	9.52	187.17	37.43	3.93	43.70	289.03	59.84
	4.00	0.39	14.95	11.73	226.20	45.24	3.89	53.31	351.52	73.48
	4.76	0.38	17.55	13.78	260.58	52.12	3.85	61.98	407.25	85.94

Reglamento CIRSOC 301-EL / 302-EL

- 35 -

Tablas de Perfiles

## **Anexo 7 Planos y hojas de proceso de la máquina de ejercicio**