

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:  
INGENIERÍA MECÁNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de: INGENIEROS  
MECÁNICOS**

**TEMA:**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ELEVADOR HIDRÁULICO PARA  
FACILITAR EL INGRESO DE PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA  
DE HASTA 100 KG DE PESO A PISCINAS DE RECREACIÓN**

**AUTORES:**

**JAIRO AMÍLCAR ARMAS BUSTILLOS  
LEONARDO ALEJANDRO PROAÑO FRÍAS**

**TUTOR:**

**HOMERO ANTONIO YANCHAPAXI ALMACHI**

**Quito, marzo 2016**

## Cesión de derechos de autor

Nosotros, Jairo Amílcar Armas Bustillos con documento de identificación N° 0502543309 y Leonardo Alejandro Proaño Frías con documento de identificación N° 1721255337, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ELEVADOR HIDRÁULICO PARA FACILITAR EL INGRESO DE PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA DE HASTA 100 KG DE PESO A PISCINAS DE RECREACIÓN, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros Mecánicos, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



.....  
Jairo Amílcar Armas Bustillos  
0502543309



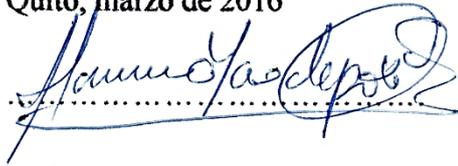
.....  
Leonardo Alejandro Proaño Frías  
1721255337

Quito, marzo de 2016

### **Declaración de coautoría del docente tutor**

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación:  
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ELEVADOR HIDRÁULICO PARA  
FACILITAR EL INGRESO DE PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA DE  
HASTA 100 KG DE PESO A PISCINAS DE RECREACIÓN, realizado por: Jairo  
Amílcar Armas Bustillos y Leonardo Alejandro Proaño Frías, obteniendo un producto  
que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica  
Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, marzo de 2016

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Homero Yanchapaxi Almachi', written over a horizontal dotted line.

Homero Antonio Yanchapaxi Almachi  
1704227535

## **DEDICATORIA**

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, a mi querido hijo Aarón por ser mi motivación, a mi amada esposa Resfa Maria que con amor y paciencia me acompaña por la vida, a mis padres Manuel y Albita por creer en mí y por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

Jairo.

A mis padres María de Lourdes y Aníbal a quienes admiro mucho, por haberme enseñado los buenos valores de la vida y que con su esfuerzo y motivación me han ayudado a terminar mi carrera universitaria, a mi linda esposa Mónica que con su amor y comprensión me ha ayudado a no desfallecer en este camino.

A mi querida familia por ser una fuente de inspiración por quienes he luchado para no defraudarles.

Leonardo.

## Índice

Introducción .....	1
Objetivos .....	3
Capítulo 1 .....	4
Marco teórico .....	4
1.1. Ley orgánica de discapacidades (2012).....	4
1.2. Discapacidad.....	5
1.2.1. Definición.....	5
1.2.2. Discapacidad Física:.....	5
1.3. Piscinas .....	6
1.3.1. Definiciones .....	6
1.3.2. Tipos de vasos.....	8
1.3.3. Tipos de estructura de las piscinas .....	9
1.4. Tipos de accesibilidad a piscinas.....	10
1.4.1. Rampas de piscina.....	10
1.4.2. Grúas de techo para piscina.....	11
1.4.3. Elevadores eléctricos acuáticos.....	12
1.4.4. Elevadores hidráulicos para piscinas .....	13
1.5. Materiales de elevadores hidráulicos para piscinas.....	14
1.5.1. Acero Inoxidable.....	14

1.5.2. Polipropileno .....	15
1.5.3. Cobre .....	16
Capítulo 2.....	18
Estudio de alternativas .....	18
2.1. Evaluación de las alternativas .....	18
2.1.1. Costo de fabricación.....	18
2.1.2. Factor de Seguridad.....	18
2.1.3. Operación .....	18
2.2. Valoración numérica .....	19
2.3. Factor de ponderación .....	19
2.4. Alternativas del sistema de funcionamiento .....	20
2.4.1. Alternativa 1: Sistema de funcionamiento eléctrico .....	20
2.4.2. Alternativa 2: Sistema de funcionamiento hidráulico .....	21
2.4.3. Evaluación de las alternativas .....	22
2.4.4. Selección de la alternativa del sistema de funcionamiento .....	22
2.5. Alternativas del sistema de control .....	23
2.5.1. Alternativa 1: Control Electrónico .....	23
2.5.2. Alternativa 2: Control Hidráulico .....	24
2.5.3. Evaluación de las alternativas .....	25
2.5.4. Selección de la alternativa del sistema de control.....	25
2.6. Conclusión.....	25

Capítulo 3.....	27
Diseño y construcción.....	27
3.1.    Diseño.....	27
3.1.1.    Parámetros de diseño.....	28
3.1.2.    Cálculo del soporte base. (Ver figura 13) .....	31
3.1.3.    Diseño del eje de acople.....	39
3.1.4.    Dimensionamiento del vástago .....	40
3.1.5.    Diseño y selección del vástago (Ver figura 13) .....	41
3.1.6.    Diseño del perfil helicoidal .....	42
3.1.7.    Diseño del canal soporte de la rueda.....	43
3.1.8.    Selección de tornillo para conexiones fijas .....	44
3.1.9.    Selección del cilindro hidráulico (Ver figura 13) .....	46
3.1.10.    Selección de Rodamiento .....	50
3.1.11.    Diseño de la base del vástago.....	52
3.1.12.    Diseño del sistema de anclaje.....	54
3.1.12.1.    Cálculo de la junta soldada en el anclaje .....	54
3.1.13.    Diseño del sistema hidráulico.....	59
Capítulo 4.....	63
Costos.....	63
1.1.    Costos directos.....	63
1.1.1.    Costo de materiales .....	63
1.1.2.    Insumos .....	64

1.1.3.	Costos de maquinado .....	65
1.1.4.	Costos de montaje .....	66
1.1.5.	Costo directo total .....	66
1.2.	Costos indirectos .....	67
1.2.1.	Costos de materiales indirectos.....	67
1.2.2.	Costo de diseño .....	68
1.2.3.	Gastos indirectos .....	68
1.2.4.	Costo total indirecto .....	68
1.3.	Costo total del elevador hidráulico para piscinas .....	68
	Conclusiones .....	70
	Referencias.....	72

## Índice de tablas

Tabla 1. Propiedades mecánicas AISI 304.....	15
Tabla 2. Propiedades mecánicas del polipropileno.....	16
Tabla 3. Propiedades mecánicas del cobre.....	17
Tabla 4. Valoración numérica.....	19
Tabla 5. Calificación de alternativas del sistema de funcionamiento.....	22
Tabla 6. Calificación de alternativas del sistema de control.....	25
Tabla 7. Peso del soporte del usuario.....	30
Tabla 8. Peso total para diseño del cilindro hidráulico.....	47
Tabla 9. Costos de materiales directos.....	64
Tabla 10. Costos de insumos.....	65
Tabla 11. Costos de maquinado.....	66
Tabla 12. Costos de montaje.....	66
Tabla 13. Costo directo total.....	67
Tabla 14. Costo de materiales indirectos.....	67
Tabla 15. Costo total indirecto.....	68
Tabla 16. Costo final del elevador hidráulico para piscinas.....	69

## Índice de figuras

Figura 1. Número de personas en el país por tipo de discapacidad. ....	1
Figura 2. Esquema general de una piscina .....	6
Figura 3. Piscina de obra.....	9
Figura 4. Piscina desmontable.....	10
Figura 5. Rampa de piscina.....	11
Figura 6. Grúa de techo para piscina.....	11
Figura 7. Elevadores eléctricos acuáticos .....	12
Figura 8. Elevadores hidráulicos para piscinas .....	13
Figura 9. Sistema de funcionamiento eléctrico. ....	20
Figura 10. Sistema de funcionamiento hidráulico.....	21
Figura 11. Mando electrónico .....	23
Figura 12. Válvula hidráulica manual 3/2.....	24
Figura 13. Esquema de los elementos de la máquina.....	27
Figura 14. Silla de referencia: silla Alejandría.....	29
Figura 15. Tráfica de teoría de fallo de la estructura de la silla.....	30
Figura 16. Diagrama de fuerzas en el soporte base.....	31
Figura 17. Diagrama de corte del soporte base .....	32
Figura 18. Diagrama de momentos del soporte base .....	32
Figura 19. Junta soldada del soporte base .....	33
Figura 20. Diagrama de fuerzas del soporte base con rigidizador .....	37
Figura 21. Diagrama de fuerzas del soporte base con rigidizador .....	38
Figura 22. Diagrama de corte del soporte base con rigidizador.....	38
Figura 23. Diagrama de momentos del soporte base con rigidizador .....	38
Figura 24. Dimensiones eje de acople.....	40
Figura 25. Esquema de dimensionamiento del vástago .....	41
Figura 26. Esquema del vástago y perfil.....	42
Figura 27. Esquema y medidas del perfil helicoidal .....	43
Figura 28. Ubicación soporte de la rueda de apoyo .....	44
Figura 29. Dimensiones del canal de soporte de la rueda de apoyo .....	44
Figura 30. Esquema de conexión atornillada .....	45
Figura 31. Esquema de la fuerza axial actuante en el rodamiento .....	51
Figura 32. Esquema de la base del vástago del cilindro hidráulico .....	53

Figura 33. Diagrama de fuerzas en la abrazadera U .....	54
Figura 34. Diagrama de corte de la abrazadera U.....	55
Figura 35. Diagrama de momentos de la abrazadera U .....	55
Figura 36. Junta soldada en el anclaje.....	55
Figura 37. Diagrama del sistema hidráulico en avance.....	60
Figura 38. Diagrama del sistema hidráulico en retroceso .....	61
Figura 39. Diagrama de comportamiento sistema hidráulico en avance .....	61
Figura 40. Diagrama de comportamiento sistema hidráulico en retroceso .....	62

## **Resumen**

En el Ecuador el 49% de personas discapacitadas sufren de discapacidad física, negándoles la práctica de uno de los deportes más completos que es la natación, la inclusión de estas personas a este deporte será el desafío de este proyecto.

El elevador hidráulico para el ingreso y salida de la piscina para personas con movilidad reducida es una de las soluciones que facilitará la vida de estas personas, con total autonomía para su manejo, por mayor seguridad también pueden usar personas embarazadas o ancianos.

Los materiales utilizados en la construcción del equipo son acero inoxidable y duralón, han sido seleccionados por tener como principal propiedad una alta resistencia a la corrosión ya que estarán en contacto permanente con el agua y cloro de la piscina.

Este equipo está diseñado para movilizar al usuario desde la playa de la piscina hasta el vaso de la misma, utilizando únicamente la presión de la red pública de agua potable sin contaminar la piscina ni sus instalaciones.

El costo total del elevador hidráulico para facilitar el ingreso de personas con movilidad reducida de hasta 100 kgf de peso a piscinas de recreación es de USD 2444,84.

## **Abstract**

In Ecuador 49% of disabled people suffer from physical disabilities, denying the practice of one of the most complete sports is swimming, the inclusion of these people to the sport will be the challenge of this project.

The hydraulic elevator for the entry and exit of the pool for the disabled is one of the solutions that make life easier for these people, with full autonomy for handling, for extra safety can also use pregnant or elderly.

The materials used in the construction of equipment are stainless steel and duralon, have been selected to have as main property a high resistance to corrosion and they will be in permanent contact with the water and pool chlorine.

This equipment has been designed to mobilize the user from the beach to the pool to the glass of the same, using only the pressure of public water service without contaminating the pool or its plant.

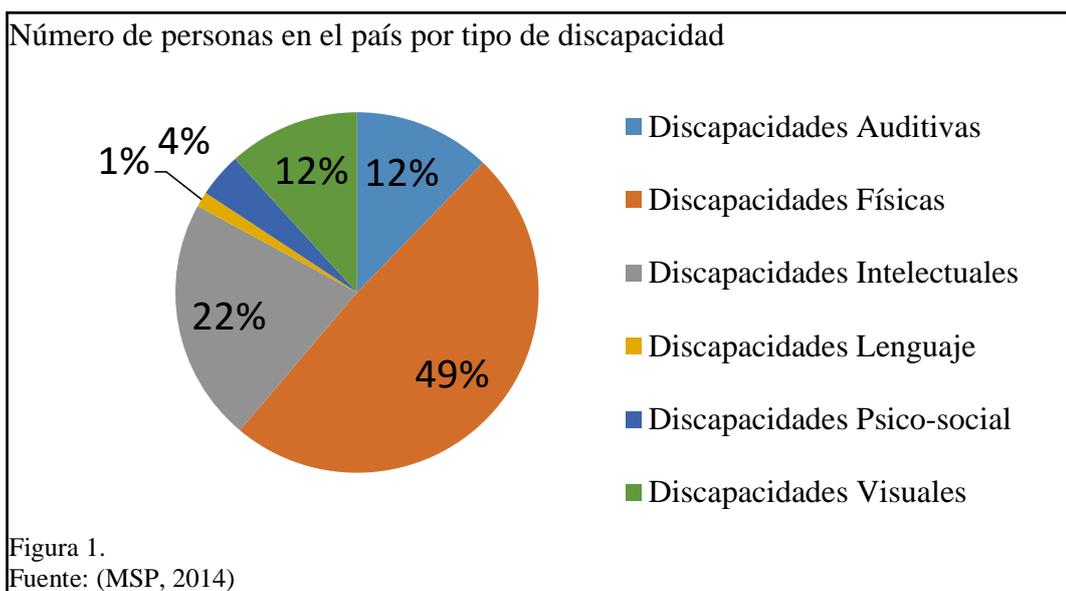
The total cost of the hydraulic elevator to facilitate the entry of disabled people up to 100 kgf weight recreational pools is USD 2444.84.

## Introducción

El Ecuador lleva algunos años promoviendo la Inclusión Social de las personas con discapacidad física y trata de asegurar que todos los ciudadanos sin excepción, puedan ejercer sus derechos, aprovechar sus habilidades y tomar ventaja de las oportunidades que encuentran en su medio.

En el campo de la normativa el país es uno de los primeros en América, que cuenta con un conjunto de normas y disposiciones legales que orientan a casi todas las actividades en materia de discapacidades. Esto le ha merecido al país que en muchos casos, sea tomado como referente, por su estructura, organización, políticas y normativas en el campo de las discapacidades. (Cazar, 2011)

En el Ecuador según el Ministerio de Salud Pública existen 410.832 personas certificadas con algún tipo de discapacidad en el período (2013-2014), siendo las personas con discapacidad física que tiene mayor porcentaje como se muestra en la figura 1.



Tomando como un ejemplo de inclusión para estas personas, en España el 14 de noviembre de 2014 se aprobó un proyecto de ley en la que se exige al Gobierno que promueva un programa de accesibilidad de las instalaciones acuáticas deportivas y de recreación, “con el fin de que todas las piscinas públicas del país cuenten con los elementos adecuados para que las personas con discapacidad accedan a su uso y disfrute en condiciones de igualdad” (SERVIMEDIA, 2014), ya que existen “mecanismos que permiten el acceso a las instalaciones deportivas acuáticas por parte de las personas con discapacidad como son las sillas elevadoras adaptadas para acceso y salida, grúas o elevadores, entre otros”. (SERVIMEDIA, 2014)

Con estos antecedentes se puede asegurar que el presente proyecto persigue un objetivo similar en beneficio de las personas con discapacidad física en el Ecuador.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Diseñar y construir un elevador hidráulico para facilitar el ingreso de personas con movilidad reducida de hasta 100 kgf de peso a piscinas de recreación.

### **Objetivos específicos**

- Conocer las necesidades de las personas con movilidad reducida.
- Diseñar y construir las partes y piezas de la máquina considerando los materiales adecuados para el contacto con el agua.
- Utilizar la presión de agua de la red pública para accionar el elevador hidráulico y levantar a una persona de hasta 100 kgf de peso.
- Comprobar la óptima funcionalidad del elevador hidráulico en cualquier piscina.
- Evaluar los costos y beneficios del equipo.

## **Capítulo 1**

### **Marco teórico**

#### **1.1.Ley orgánica de discapacidades (2012)**

Esta ley tiene entre sus principios fundamentales la accesibilidad para personas discapacitadas, y en su Art. 4 el apartado 8 dice:

Se garantiza el acceso de las personas con discapacidad al entorno físico, al transporte, la información y las comunicaciones, incluidos los sistemas y las tecnologías de información y las comunicaciones, y a otros servicios e instalaciones abiertos al público o de uso público, tanto en zonas urbanas como rurales; así como, la eliminación de obstáculos que dificulten el goce y ejercicio de los derechos de las personas con discapacidad, y se facilitará las condiciones necesarias para procurar el mayor grado de autonomía en sus vidas cotidianas. (Presidencia de la República, 2012, pág. 2)

En la SECCIÓN CUARTA, DE LA CULTURA, DEPORTE, RECREACIÓN Y TURISMO, el artículo 43 promulga el derecho al deporte así:

El Estado a través de la autoridad nacional competente en deporte y los gobiernos autónomos descentralizados, dentro del ámbito de sus competencias, promoverán programas y acciones para la inclusión, integración y seguridad de las personas con discapacidad a la práctica deportiva, implementando mecanismos de accesibilidad y ayudas técnicas, humanas y financieras a nivel nacional e internacional. (Presidencia de la República, 2012, pág. 5)

Y en el artículo 44 sobre el derecho al turismo accesible dice: “La autoridad nacional encargada del turismo en coordinación con los gobiernos autónomos descentralizados, vigilarán la accesibilidad de las personas con discapacidad a las diferentes ofertas turísticas, brindando atención prioritaria, servicios con diseño universal, transporte accesible y servicios adaptados para cada discapacidad”. (Presidencia de la República, 2012, pág. 5)

Con lo anteriormente citado se establece que la normativa existente en el Ecuador respalda la implementación de un sistema o mecanismo para facilitar a las personas con movilidad reducida el acceso a piscinas para recreación o deporte.

## **1.2.Discapacidad**

### **1.2.1. Definición**

“La discapacidad es una deficiencia permanente de los distintos órganos, aparatos o sistemas que hace que una persona presente dificultad para realizar las actividades de la vida diaria”. (Ministerio de Salud Pública, 2015)

### **1.2.2. Discapacidad Física:**

“Se origina por una deficiencia física, es decir, la pérdida o anomalía en la estructura anatómica de los sistemas osteo-articular (huesos y articulaciones), nervioso o muscular”. (Murillo, 2015, pág. 21)

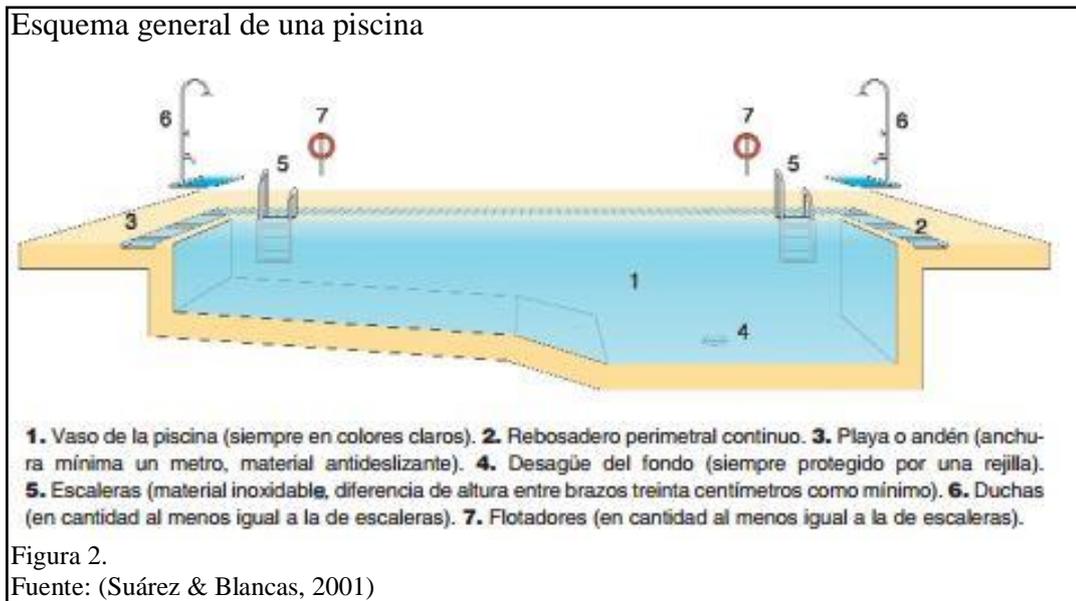
Se ha observado que las personas que más dificultad presentan para ingresar al agua de una piscina son las personas con discapacidad física, por lo cual el presente proyecto beneficiará a las personas que puedan mover las extremidades superiores y sean capaces de desplazarse en silla de ruedas sin la necesidad de asistencia; así como a adultos mayores, embarazadas o todas las personas que deseen utilizar el mecanismo simplemente por comodidad o seguridad.

## 1.3.Piscinas

### 1.3.1. Definiciones

#### 1.3.1.1. Piscina

Es el conjunto de elementos destinados al baño o a la natación e incluidos en el recinto del establecimiento: zonas de baño (vasos y playa), zonas de descanso, aseos, vestuarios, equipos de tratamiento del agua y servicios necesarios para el buen funcionamiento de la instalación. Pueden estar al aire libre o ser cubiertas. (Suárez & Blancas, 2001)



#### 1.3.1.2. Vaso

Es el depósito de agua destinado al baño, estará construido de forma tal que se asegure la estabilidad, resistencia y estanqueidad, no tendrá ángulos ni recodos u obstáculos que dificulten la circulación y renovación del agua, el fondo y las paredes estarán revestidos de materiales lisos, antideslizantes, impermeables y resistentes a los agentes químicos, de color claro y fácil limpieza y desinfección, los

cambios de pendiente serán suaves y estarán debidamente señalizados a los lados del vaso. (Comunidad de Madrid, 2004, pág. 6)

#### **1.3.1.3. Playa (o andén)**

Es la zona horizontal que rodea al vaso. Deberá tener un metro de anchura por lo menos y con la condición de evitar encharcamientos y escorrentías hacia el vaso y para que los usuarios no aporten tierra, polvo o materias extrañas al agua. Será de material antideslizante y de fácil limpieza. (Suárez & Blancas, 2001)

#### **1.3.1.4. Zona de descanso**

Son áreas de hierba u otro pavimento que sirve para el juego, el descanso o la permanencia de los usuarios.

#### **1.3.1.5. Escaleras**

Independientemente de la presencia de posibles escalinatas y rampas de acceso al vaso, cerca de las esquinas del mismo y en la zona de cambio de pendiente del fondo, se colocarán escaleras, de una a otra no puede haber una distancia superior a 15 metros, estarán empotradas, tendrán peldaños antideslizantes y carecerán de aristas vivas. Alcanzarán bajo el agua la profundidad suficiente para salir con facilidad del vaso lleno. (Comunidad de Madrid, 2004, pág. 7)

#### **1.3.1.6. Desagües**

Cualquiera que sea su régimen hidráulico, existirá siempre un sistema de desagüe que siempre que sea posible deberá ser por acción de la gravedad, que consienta la eliminación rápida del agua y depósitos sólidos. El vaciado se hará a la red de alcantarillado; el desagüe del fondo del vaso se realizará a través de una salida adecuadamente

protegida mediante dispositivos de seguridad para prevenir accidentes, además no existirán obstáculos que puedan retener al bañista debajo del agua. (PISCIDAN, 2008)

### **1.3.2. Tipos de vasos.**

Los vasos podrán ser de las siguientes modalidades:

#### **1.3.2.1. De chapoteo o infantiles:**

Se destinan a usuarios menores de seis años. Su posición será independiente y aislado de la zona de adultos. La profundidad mínima no excederá de los 0,30 metros y la máxima de los 0,60 metros y el suelo no ofrecerá pendientes superiores al 6 por 100. (Comunidad de Madrid, 2004, pág. 6)

#### **1.3.2.2. De recreo o estándar:**

Las piscinas de “tamaño estándar pueden ser de distintas formas, tamaños y acabados según el gusto y el espacio de cada necesidad” (Colombotto, s/f), en cuanto a las medidas estándar pueden variar un poco, su profundidad al “llegar a 1,40 metros debe quedar señalizada en el interior y exterior del vaso, a partir de la cual, podrá aumentar progresivamente hasta un máximo de 3 metros”. (PISCIDAN, 2008)

#### **1.3.2.3. Deportivos:**

“Tendrá las características determinadas por las normas de las entidades correspondientes o, en su caso, las normas internacionales para la práctica de cada deporte”. (PISCIDAN, 2008)

### **1.3.3. Tipos de estructura de las piscinas**

#### **1.3.3.1. De Obra**

Son las más frecuentes por su alta firmeza, durabilidad y su gran atractivo, gracias a la infinidad de acabados que ofrecen. Están construidas de hormigón o un sistema de encofrados de hormigón en bloques, el tiempo de construcción y el presupuesto que requieren son altos. Su construcción consiste en excavar el terreno y forrarlo con una lámina de poliéster. Luego se coloca una lámina de hierro para armar el vaso y se cubre de hormigón clásico. ( Schibsted Classified Media Spain S.L, 2014)



#### **1.3.3.2. Desmontables**

Perfectas para espacios reducidos o para aquellos que quieren una piscina sin tener un gran presupuesto. Están hechas con materiales duraderos como madera que aporta una imagen rustica, aluminio que es un material liviano que sostiene el peso con firmeza, las lonas de PVC y otros materiales ligeros y resistentes son excelentes para que se puedan montar y desmontar cuando se desee, de forma rápida y sencilla. ( Schibsted Classified Media Spain S.L, 2014)

### Piscina Desmontable



Figura 4.

Fuente: ( Schibsted Classified Media Spain S.L, 2014)

Por la estructura y el tipo de materiales utilizados en la construcción de las piscinas, este proyecto está diseñado para implementarse en las piscinas excavadas de tipo estándar con estructura de obra.

#### **1.4. Tipos de accesibilidad a piscinas**

Las personas con discapacidad física han tenido la necesidad de desarrollar su vida con total normalidad, esta es la razón por la cual se han creado mecanismos para mejorar su estilo de vida, en el campo del deporte y recreación existen algunos mecanismos que facilitan el ingreso a las piscinas como son los siguientes:

##### **1.4.1. Rampas de piscina**

Está diseñada para el acceso de las personas con discapacidad física exclusivamente en silla de ruedas, arquitectónicamente consta de una pendiente que inicia en la playa o anden y termina en la zona de menor profundidad del vaso de la piscina.

Rampa de piscina



Figura 5.

Fuente: (Accesible, 2015)

Este tipo de acceso no requiere de otra persona para su uso, pero si es requisito ingresar al agua con una silla de ruedas especial, que sea resistente al agua.

El costo de construcción es elevado y requiere de gran espacio, dificultando las actividades normales de las piscinas.

#### **1.4.2. Grúas de techo para piscina**

Son diseñadas especialmente para piscinas con cubierta, consta de un motor eléctrico para el desplazamiento de un arnés adaptado a una silla o camilla, a través de un riel; lo cual no permite que este expuesto a la intemperie.

Grúa de techo para piscina



Figura 6.

Fuente: (Accesible, 2015)

La grúa de techo debe ser manipulada externamente, por lo que se requiere de un operador que se encargue de los controles del equipo.

La instalación y el equipo tienen un costo muy elevado, además se necesita de energía eléctrica para su funcionamiento.

### 1.4.3. Elevadores eléctricos acuáticos

Son sistemas de acceso al agua móviles o fijos para las personas con movilidad reducida en posición sentado, su estructura está diseñada con material inoxidable para permitir el contacto con el agua, su funcionamiento es por medio de un actuador hidráulico-eléctrico equilibrados con un contrapeso o anclado al piso y energizados por una batería recargable, asegura, un amplio radio de giro, pero no puede ser utilizado en piscinas que tengan la playa o anden con inclinación.



Este mecanismo de accesibilidad puede ser operado a través de un mando a distancia resistente al agua, lo cual permite una autonomía del usuario.

Tiene un costo elevado por los materiales de fabricación y su sistema electrónico de control a distancia.

#### 1.4.4. Elevadores hidráulicos para piscinas

Son sistemas que funcionan mediante la presión del agua de red y están compuestos por el mástil principal, la silla y el pistón hidráulico que permite su desplazamiento vertical y en rotación, siguiendo un sistema de carril, pueden ser fijos o móviles dependiendo de la necesidad.

El ángulo de giro es desde 150° hasta 180°. El sistema garantiza un desplazamiento confortable, seguro y de cara al agua.



Se pueden adaptar a todo tipo de piscinas de obra y que posean playa o andén con un ancho mínimo de 1 m; su costo es moderado en relación a los demás sistemas, su sistema de funcionamiento, partes y accesorios no contaminan el entorno de trabajo del equipo.

Por sus características este sistema es uno de los más adecuados para cubrir los requerimientos de las personas con movilidad reducida, por lo tanto este tipo de elevador se tomará en cuenta en el diseño del presente proyecto.

## **1.5. Materiales de elevadores hidráulicos para piscinas**

Para construir un elevador hidráulico para piscinas, es imprescindible contar con una fuente de energía que entregue la fuerza para mover una persona, por las condiciones y entorno de trabajo además de los esfuerzos a los cuales será sometida, es necesario el empleo y buen uso de los diferentes materiales de la máquina para garantizar su correcto funcionamiento y aplicación.

### **1.5.1. Acero Inoxidable**

Los grados más utilizados, referidos generalmente como grados austeníticos estándares, son:

- 1.4301 (AISI 304) este acero inoxidable es adecuado en ambientes rurales, urbanos y ligeramente industriales.
- 1.4401 (AISI 316) este es un grado más aleado y por tanto recomendable en ambientes marinos e industriales.

Estos aceros inoxidables contienen entre un 17-18% de cromo y un 8-11% de níquel.

Las grúas y elevadores para personas discapacitadas instaladas en piscinas, suelen presentar problemas de corrosión en sus estructuras y accesorios, más acentuados cuanto mayor es la temperatura y la concentración de Cloro disuelto en el agua. Por este motivo se ha seleccionado acero inoxidable AISI 304, muy resistente a la corrosión y sobre todo disponible en el mercado nacional.

Tabla 1  
Propiedades mecánicas AISI 304.

<b>Propiedad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Densidad	(Kg/dm <sup>3</sup> )	7,9
Dureza Rockwell	HRB	70-85
Resistencia a la tracción	Rm (N/mm <sup>2</sup> )	500-700
Límite elástico	Rp (N/mm <sup>2</sup> )	195-340
Elongación en 50 mm	A (%)	65-50
Resist. al impacto	KCUI (J/cm <sup>2</sup> )	160

Nota: (INCO, 2015)

### **1.5.2. Polipropileno**

El polipropileno es el polímero comercial de más baja densidad y facilidad de moldeo. Se utiliza en una gran cantidad de láminas, fibras y filamentos. Entre sus propiedades hay que destacar su elevado punto de fusión (no funde por debajo de los 160° C), una gran rigidez, alta resistencia a la rotura y a la abrasión, posee propiedades dieléctricas, bajo rozamiento, superficie brillante y flotación en agua. Es resistente a los ácidos, a los álcalis y a muchos disolventes orgánicos. Se recalienta cerca de los 100° C. (Ojeda, 2011)

“El polipropileno se comercializa con diferentes pesos moleculares según su finalidad. A partir de los procesos industriales se pueden preparar un sin fin de productos de polipropileno diferentes”. (Ojeda, 2011)

Es muy importante tener un conocimiento general de nuestro polímero, en lo que concierne a propiedades mecánicas, térmicas, eléctricas, etc. En la siguiente tabla aparecen un compendio de propiedades que nos permiten tener una idea general de cómo es el polímero con el que se trabajará. (Ojeda, 2011)

Tabla 2  
Propiedades mecánicas del polipropileno.

<b>Propiedad</b>	<b>Valor</b>
Alargamiento a la Rotura (%)	150-300
Coefficiente de Fricción	0,1-0,3
Dureza – Rockwell	R80-100
Módulo de Tracción (GPa)	0,9-1,5
Resist. a la Abrasión ASTM D1044	13-16
Resistencia a la Tracción (MPa)	25-40
Resistencia al Impacto Izod ( $J m^{-1}$ )	20-100
Absorción de Agua - Equilibrio (%)	0,03
Densidad ( $g cm^{-3}$ )	0,90

Nota: (Ojeda, 2011)

### 1.5.3. Cobre

El cobre (Cu) es, después del hierro y el aluminio, de los metales más consumidos en el mundo, es un metal de color rojizo, inerte y muy resistente a la corrosión, lo que explica que sea uno de los metales que puede tenerse en estado más puro, es un metal blando, es resistente al desgaste, y posee una muy alta conductividad térmica y eléctrica.

(Ingemecanica, 2014)

“En la siguiente tabla se recogen las propiedades mecánicas de resistencia del cobre, según los distintos estados de tratamiento a que sea sometido:” (Ingemecanica, 2014)

Tabla 3  
Propiedades mecánicas del cobre

<b>Propiedad</b>	<b>Valor</b>	<b>Fundido</b>	<b>Recocido</b>	<b>Templado</b>
Densidad a 20 °C, g/cm <sup>3</sup>	8,96			
Dureza Brinell	35,00			
Módulo de rigidez GPa	46			
Resistencia a la tracción, kg/mm <sup>2</sup>		15 - 22	21 - 24	37 - 41
Límite elástico, kg/mm <sup>2</sup>		-	9	36
Alargamiento en la rotura, %		25 - 15	46 - 47	5 - 6

Nota: (Ingemecanica, 2014)

El cobre es un metal que en presencia de oxígeno tiene la propiedad de formar en su superficie una capa protectora de óxido y sulfato de cobre, llamada pátina, que es completamente lisa e insoluble en agua, protegiendo al metal del medio que lo rodea. Además, sobre esta primera película o pátina se depositan otras adicionales constituidas por sales cúpricas que en general van a mejorar la protección del material. (Ingemecanica, 2014)

El cobre se debe utilizar sólo en medios que aseguren un pH elevado. En efecto, la susceptibilidad del cobre a la corrosión aumenta significativamente cuando el pH es menor a 6,8 o en ambientes con presencia de cloruros como el agua de mar y salmueras. (Ingemecanica, 2014)

## **Capítulo 2**

### **Estudio de alternativas**

#### **2.1. Evaluación de las alternativas**

Para evaluar las alternativas se analizan los siguientes parámetros:

1. Costo de fabricación.
2. Seguridad.
3. Operación.

##### **2.1.1. Costo de fabricación**

El costo de fabricación dentro del estudio de alternativas tiene una gran importancia por el presupuesto destinado para el equipo y da valor final para una posterior comercialización o producción en serie, dentro del parámetro se incluye la facilidad de fabricación de la máquina, tecnología y materiales para obtener un proyecto económico.

##### **2.1.2. Factor de Seguridad**

El factor de seguridad muestra el nivel de riesgo o peligro al que está expuesto el usuario de la máquina y los daños que puede sufrir el equipo cuando se encuentra en funcionamiento.

##### **2.1.3. Operación**

El parámetro de operación limita la facilidad, comodidad y confianza del usuario mientras hace uso de la máquina, incluyendo todas las acciones necesarias para poner en funcionamiento el dispositivo.

## 2.2. Valoración numérica

Se designa un valor numérico a cada uno de los factores respectivamente para la evaluación de la mejor alternativa como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4  
Valoración numérica.

Parámetros		Valoración numérica
Costo de fabricación	Bajo	3
	Medio	2
	Alto	1
Seguridad	Bajo	1
	Medio	2
	Alto	3
Operación	Fácil	3
	Medio	2
	Difícil	1

Nota: Armas Jairo y Proaño Leonardo

## 2.3. Factor de ponderación

Al evaluar la mejor alternativa se toma en cuenta el nivel de importancia que tienen los parámetros en el equipo y el cuidado de las personas que lo ocupan, para el estudio se dan los siguientes valores:

- Seguridad 4
- Costo de fabricación 3
- Operación 5

La mejor alternativa y la que se ejecutará será la que tenga el puntaje más alto.

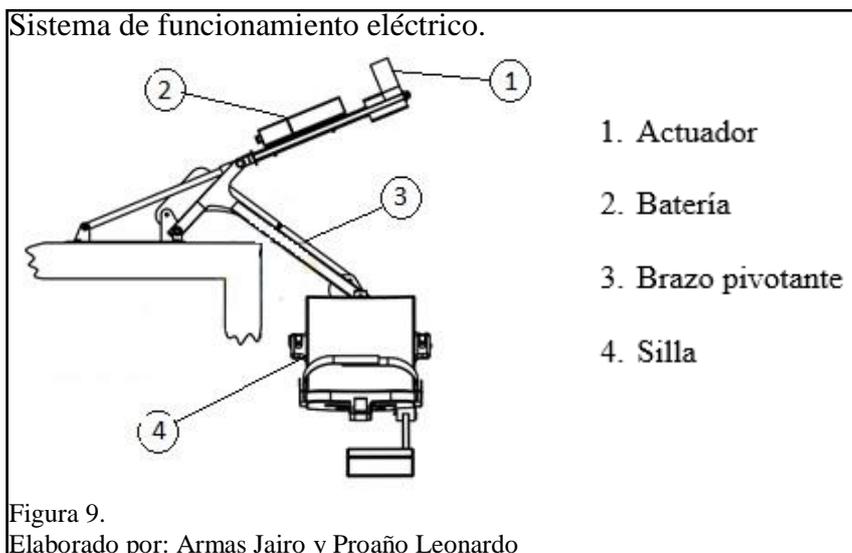
Para el estudio de alternativas se analizan los siguientes sistemas y diseños de máquina:

- Sistema de funcionamiento.
- Sistema de control.

## 2.4. Alternativas del sistema de funcionamiento

### 2.4.1. Alternativa 1: Sistema de funcionamiento eléctrico

El sistema está alimentado por medio de una batería recargable de 24V, que acciona un potente actuador eléctrico de 24V (servomotor) que mueve un brazo pivotante en sentido vertical que en su extremo está acoplada la silla. Su utilización no genera ningún tipo de peligro en un ambiente con mayor humedad.



### Ventajas

- No requiere conexiones eléctricas
- No requiere conexiones hidráulicas
- Sistema compacto
- Fácil mantenimiento

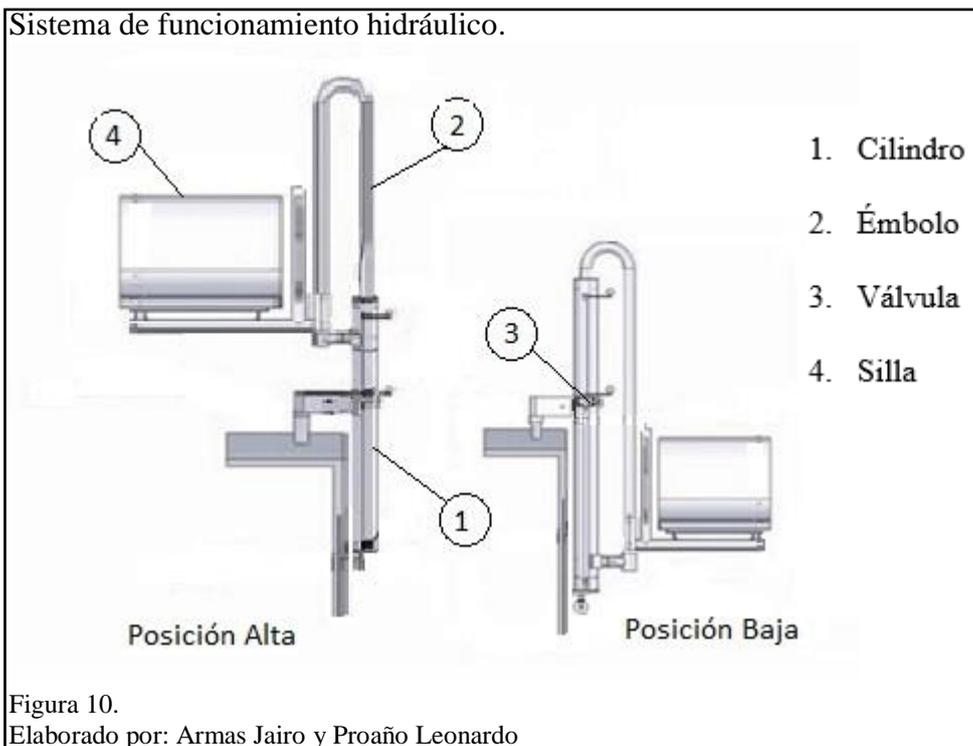
### Desventajas

- Poca duración según el uso ( batería nueva 30 ciclos)
- Necesita conectar el cargador a la energía eléctrica
- Elevada duración de recarga de la batería, aprox. 24 horas

- Mantenimiento frecuente de los contactos
- Requiere lubricación periódica.

#### 2.4.2. Alternativa 2: Sistema de funcionamiento hidráulico

El sistema aprovecha la presión de la red doméstica de agua potable para dar movimiento a un cilindro hidráulico, la presión de agua requerida es de 3 a 5 kg/cm<sup>2</sup> que será la única energía de movimiento, siendo este parámetro el responsable de la velocidad de funcionamiento. El cilindro está fijado a la estructura y el émbolo acoplado a la silla realiza el movimiento vertical y a través de una leva cilíndrica se logra el movimiento de rotación.



#### Ventajas

- No necesita energía eléctrica
- Mantenimiento mínimo
- No requiere lubricación

- Trabajo continuo
- Movimiento rotacional
- No contaminante
- Sistema silencioso

### Desventajas

- Depende de la presión de la red de agua potable.
- Consumo de agua potable.
- La velocidad de movimiento ascendente depende de la presión de la red.

### 2.4.3. Evaluación de las alternativas

En la tabla 5 se muestra la evaluación para cada una de las alternativas propuestas.

Tabla 5

Calificación de alternativas del sistema de funcionamiento

<b>Calificación de alternativas del sistema de funcionamiento</b>				
<b>Parámetros</b>	<b>Factor de ponderación</b>	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa ideal</b>
Costo de fabricación	3	1x3	2x3	3x3
Seguridad	4	2x4	3x4	3x4
Operación	5	3x5	3x5	3x5
<b>Total</b>		26	33	36
<b>Índice</b>		72%	91%	100%
<b>Selección de alternativa</b>		2	1	

Nota: Armas Jairo y Proaño Leonardo

### 2.4.4. Selección de la alternativa del sistema de funcionamiento

Después de realizar la evaluación de alternativas tomando en cuenta las ventajas y desventajas de los dos sistemas en análisis, se evidencia que el sistema de funcionamiento hidráulico (alternativa 2) tiene más ventajas sobre la otra alternativa,

además en la calificación de la tabla 5 se aprecia que la alternativa anteriormente escogida tiene un mayor porcentaje de beneficios sobre la otra alternativa.

## **2.5. Alternativas del sistema de control**

### **2.5.1. Alternativa 1: Control Electrónico**

Los elevadores eléctricos están compuestos por un actuador eléctrico o servomotor el cual está comandado por una caja electrónica de control y una botonera de mano que posee dos pulsadores, uno para bajar y otro para subir, tiene cable extensible, y en su totalidad es resistente al agua.



#### **Ventajas**

- Alta precisión en su mando.
- Respuesta rápida.
- Facilidad y comodidad para manipular el control.

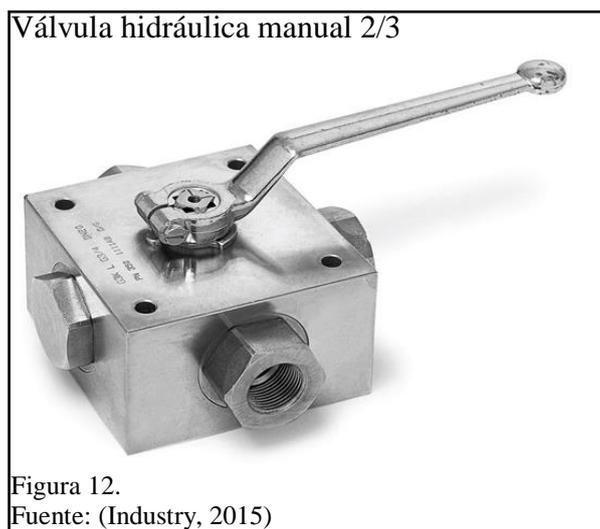
#### **Desventajas**

- Necesita energía eléctrica.
- Mantenimiento constante.

- Repuestos costosos.
- Consta de una alta protección contra el agua pero siempre está el riesgo del contacto de la electricidad con el agua.

### 2.5.2. Alternativa 2: Control Hidráulico

El sistema hidráulico es comandado mediante una válvula de bola de accionamiento manual de 2 posiciones y 3 vías, cuya palanca de accionamiento se manipula desde el interior como desde el exterior de la piscina; de esta manera se dominan los movimientos del fluido a través del circuito hidráulico para garantizar el correcto flujo de energía y el correcto funcionamiento.



### Ventajas

- El sistema es sencillo lo que facilita su mantenimiento.
- Costos de repuestos bajos.
- El mando necesita únicamente de un fluido para su funcionamiento.
- Control confiable y duradero.

## Desventaja

- Velocidad de respuesta bajo.
- Dependiente de la presión de la red.

### 2.5.3. Evaluación de las alternativas

En la tabla 6 se muestra la evaluación para cada una de las alternativas propuestas.

Tabla 6  
Calificación de alternativas del sistema de control

<b>Calificación de alternativas del sistema de control</b>				
<b>Parámetros</b>	<b>Factor de ponderación</b>	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa ideal</b>
Costo de fabricación	3	1x3	2x3	3x3
Seguridad	4	2x4	3x4	3x4
Operación	5	3x5	3x5	3x5
<b>Total</b>		26	33	36
<b>Índice</b>		72%	91%	100%
<b>Selección de alternativa</b>		2	1	

Nota: Armas Jairo y Proaño Leonardo

### 2.5.4. Selección de la alternativa del sistema de control

Después de realizar la evaluación de alternativas, tomando en cuenta las ventajas y desventajas de los dos sistemas en análisis, se evidencia que el sistema de control hidráulico manual (alternativa 2) tiene más ventajas sobre la otra alternativa, además en la calificación de la tabla 6 se aprecia que la alternativa anteriormente escogida es la que más se acerca en porcentaje de beneficios a la alternativa ideal.

## 2.6. Conclusión

Para el presente estudio se construirá un elevador con un sistema de funcionamiento hidráulico que consta de un cilindro de simple efecto que dota a la máquina de los movimientos de rotación y traslación; mediante la soldadura de una

guía interior en el vástago del cilindro y con la ayuda de una corona con esa misma forma se garantiza el movimiento de rotación y traslación al mismo tiempo.

Además cuenta con un sistema de control hidráulico manual por medio de una válvula de 3 vías con la cual dominaremos los movimientos del fluido a través del circuito hidráulico para garantizar el correcto flujo de energía y correcto funcionamiento.

Para la realización de los movimientos, se utilizará una toma de agua de la red doméstica (entre 3 y 5 Kg/cm<sup>2</sup>), la cual pasará por dentro del cilindro y actuará como única energía de movimiento.

El anclaje será mediante un pie de apoyo en agujero y contará con un mecanismo de regulación para adaptarse a las dimensiones de diferentes piscinas.

## Capítulo 3

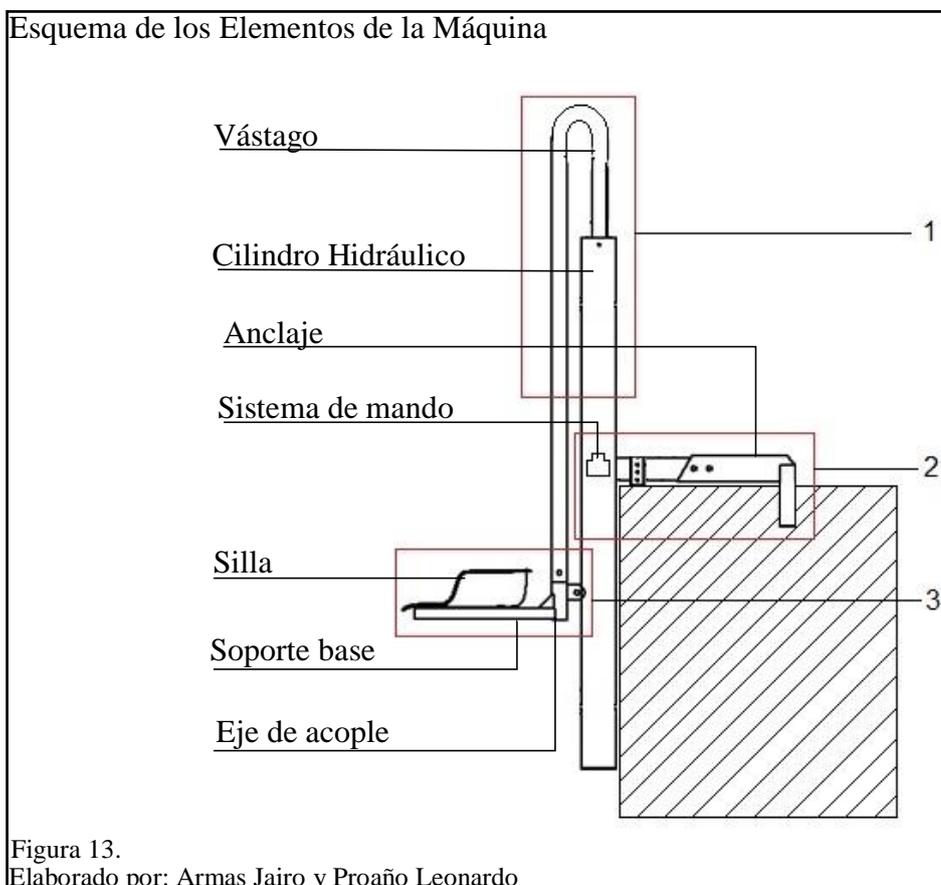
### Diseño y construcción

#### 3.1. Diseño

En este capítulo se realizará el dimensionamiento de las piezas, y será respaldado por el cálculo de esfuerzos que se presenta en el funcionamiento del sistema. Finalmente se muestran los planos de todas las piezas del sistema en detalle y conjunto.

El diseño mecánico de este proyecto está compuesto por 3 subconjuntos como se muestra en la figura 13.

1. Sistema de pistón.
2. Anclaje y mando
3. Silla del usuario.



El sistema hidráulico es la parte de la máquina que realiza el movimiento vertical para el funcionamiento del elevador. El éxito del trabajo que cumple el elevador está directamente relacionado con el movimiento del vástago y de la fuerza hidráulica suficiente para elevar el peso del usuario. Por esta razón este diseño es minucioso y está sujeto a las necesidades y características requeridas para elevadores que permiten la entrada y salida de personas a las piscinas.

### **3.1.1. Parámetros de diseño**

#### **3.1.1.1. Carga nominal**

Es la carga neta que puede elevar el sistema hidráulico y equivale al peso de una persona de máximo 100 kgf.

$$F_n = m \times g \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$F_n = 100 \text{ kg} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \mathbf{981 \text{ N}}$$

En donde:

$F_n$  = Fuerza nominal en Newton

$m$  = Masa de una persona en kg

$g$  = gravedad en  $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

#### **3.1.1.2. Silla**

Para la silla se ha tomado como referencia una silla comercial de Polipropileno con las siguientes dimensiones:

Espaldar: 350 x 400 (mm)

Asiento: 400 x 450 (mm)

Peso: 3 (kgf)



En el mercado existen sillas de este tipo de varios colores, por las características de uso del elevador se ha establecido usar una silla modelo Alejandría de la marca Imporpartes.

### 3.1.1.3. Estructura de la silla

El material utilizado es acero inoxidable AISI 304 cuyas especificaciones se presentan en el Anexo No.1 y sus dimensiones en los planos de construcción.

La estructura sobre la cual estará apoyada la silla de polipropileno está diseñada con la ayuda del software de diseño Autodesk Inventor 2012, aplicando la fuerza que ejerce la masa del usuario y la masa de la silla, en el asiento se aplica una fuerza distribuida y en el espaldar se asume una fuerza correspondiente al 10%.

$$F_a = (m_u + m_s) \times g \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$F_a = (100 + 3) \text{ Kg} \times 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$F_a = 1010,43 \text{ N}$$

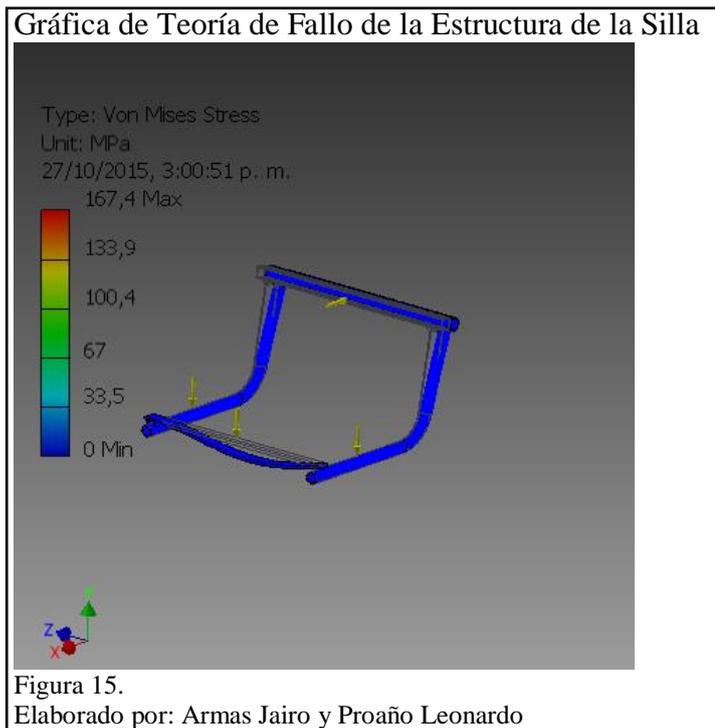
Donde:

$F_a$  = Fuerza aplicada

$m_u$  = masa del usuario

$m_s$  = masa de la silla

Se realizó una simulación de esfuerzos en la estructura con el software de diseño Autodesk Inventor 2012, obteniendo la gráfica de la teoría de Von Mises, denominada también teoría de fallo, y con base a esta gráfica se establece que no existe posibilidad de fallo en la estructura de la silla al momento de aplicar las fuerzas máximas.



### 3.1.1.4. Peso

El peso del subconjunto que conforman sistema de soporte del usuario se resume en la siguiente tabla 7:

Tabla 7  
Peso del soporte del usuario

<b>Peso del Soporte del Usuario</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Dimensiones Brutas (mm)</b>	<b>Peso (Kgf)</b>
Estructura de la silla	300x400x380	4,5
Silla plástica	350x450x400	3
<b>TOTAL</b>		<b>7,5</b>

Nota: Armas Jairo y Proaño Leonardo

El peso del soporte del usuario es de 7,5 Kgf.

Peso total = Carga nominal + Peso del soporte del usuario (Ecuación 3)

Peso total = 100 Kgf + 7,5 Kgf = **107,5 Kgf**

Fuerza ejercida = Peso total x g (Ecuación 4)

Fuerza ejercida = 107,5 Kgf x  $9,81 \frac{m}{s^2}$  = **F<sub>1</sub> = 1054,6 N**

### 3.1.2. Cálculo del soporte base. (Ver figura 13)

Para este elemento se considera que tiene una longitud de 460 mm, y es capaz de soportar una fuerza ejercida F<sub>1</sub> (Ecuación 4) por lo tanto se calcula un tubo cuadrado de acero inoxidable con la ayuda del software MDSolids, de la siguiente manera:

DATOS:

Longitud = L<sub>1</sub> = 460 mm

F<sub>1</sub> = 1054,6 N (Fuerza puntual)

F<sub>1d</sub> = F<sub>1</sub> / L (Fuerza distribuida)

**F<sub>1d</sub> = 2,3 N/mm**

M<sub>B</sub> = F<sub>B</sub> \* L = 2,3 N \* 460 mm = 1054,6 Nmm

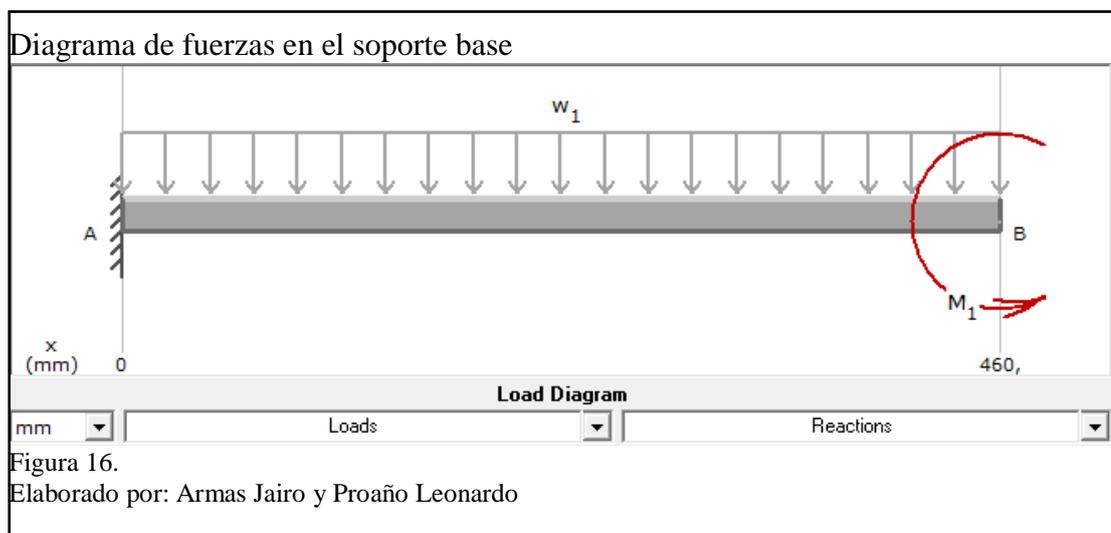
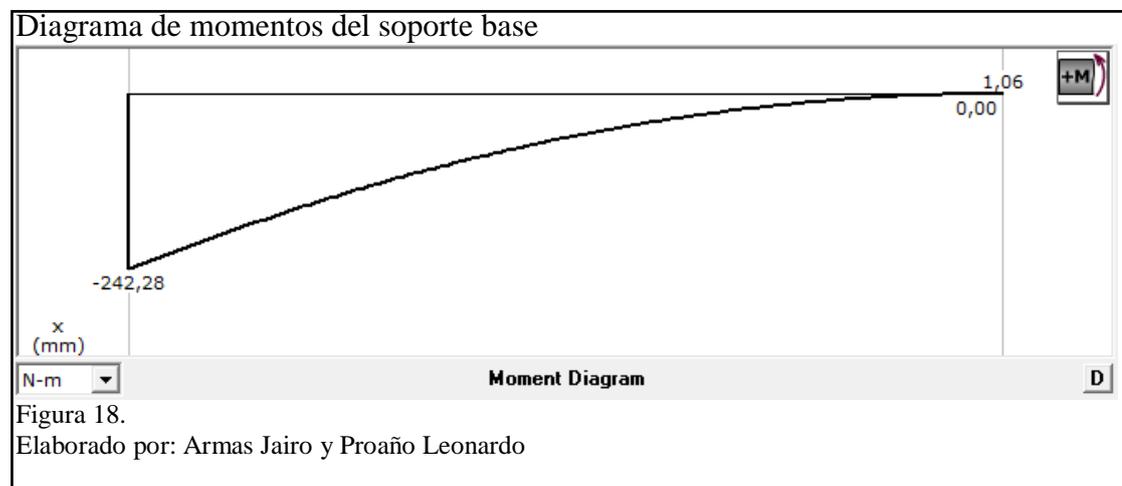
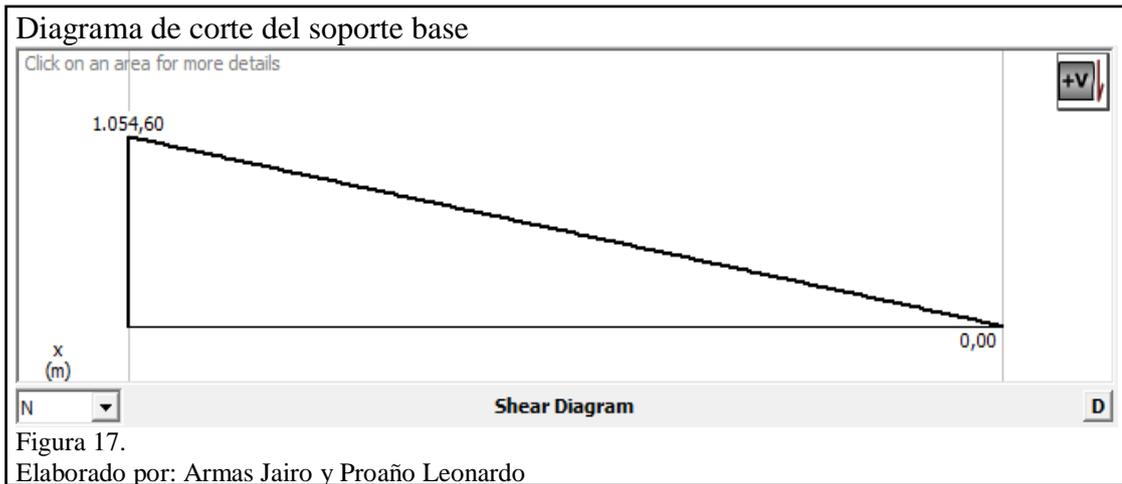


Figura 16.

Elaborado por: Armas Jairo y Proaño Leonardo



$$Mu = 242280 \text{ N mm}$$

$$Z_{xreq} = \frac{Mu}{\phi b Fy} \quad (\text{McCormac, 2002, pág. 614})$$

Donde:

$Z_{xreq}$  = módulo de sección

Mu = momento último

$\phi b$  = resistencia a la flexión = 0,9

Fy = módulo plástico del acero

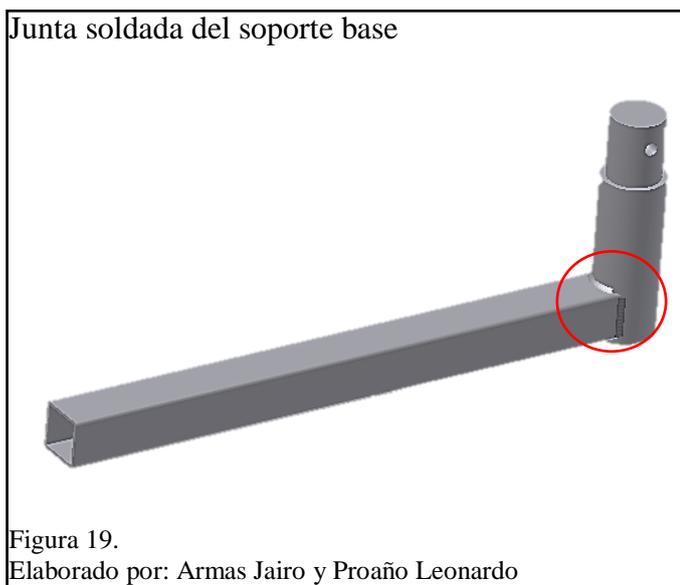
$$Z_{xreq} = \frac{242280 \text{ Nmm}}{0,9 \cdot 250 \text{ MPa}}$$

$$Z_{xreq} = 1,077 \text{ cm}^3$$

Se escoge un tubo cuadrado de 1 ¼" con espesor e =1,50 mm del catálogo DIPAC, ver Anexo No. 3.

### 3.1.2.1. Cálculo de la junta soldada del soporte base

De los datos obtenidos con el software MDSolids se determinó que el mayor esfuerzo se presenta en la unión del tubo cuadrado con el eje de acople (Ver figura 13), cuando actúa la fuerza máxima.



Para el diseño de la soldadura de filete en todo el perímetro del tubo cuadrado, se considera los valores de esfuerzos cortantes y momentos flectores cuyos valores son:

$$V = 1054,6 \text{ N}$$

$$M = 242,28 \text{ N m}$$

### 3.1.2.2. Cálculo de esfuerzos en la junta soldada

La fuerza cortante produce un cortante primario en las soldaduras que está determinado por la ecuación 5. (Budynas, 2012, pág. 464)

$$\tau' = \frac{V}{A} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde:

$\tau'$  = esfuerzo cortante (MPa)

V = fuerza cortante en la junta soldada (N)

A = área total de la garganta del cordón de soldadura (mm)

El área total de la garganta del cordón de soldadura se encuentra mediante la ecuación 6. (Ver Anexo No.4).

$$A = 1,414 h (b+d) \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde:

h = garganta de soldadura (mm)

b = ancho del perfil a ser soldado (mm)

d = altura del perfil a ser soldado (mm)

Por el espesor del material se decide utilizar una garganta de soldadura de 1/8 plg. (Ver Anexo No.5).

$$A = 1,414 * 3,17\text{mm} (31,75\text{mm} + 31,75\text{mm}) = \mathbf{284,63 \text{ mm}^2}$$

Reemplazando:

$$\tau' = \frac{1054,6 \text{ N}}{284,63 \text{ mm}^2}$$

$$\tau' = \mathbf{3,7 \text{ MPa}}$$

El momento flector induce un componente de esfuerzo cortante horizontal en la soldadura que está determinado por la ecuación 7. (Budynas, 2012, pág. 464)

$$\tau'' = \frac{M c}{I} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde:

$\tau''$  = esfuerzo cortante horizontal (MPa)

M = Momento flector en la junta soldada (Nm)

c = Ubicación del centro de gravedad (m)

I = Momento de inercia del área ( $\text{mm}^4$ )

El momento de inercia del área (I) con base en el área de la garganta de soldadura se encuentra con la ecuación 8. (Budynas, 2012, pág. 465)

$$I = 0,707 h I_u \quad (\text{Ecuación 8})$$

Donde:

$I_u$  = momento de inercia unitario ( $\text{mm}^3$ )

El momento de inercia unitario se encuentra con la ecuación 9. (Budynas, 2012, pág. 470)

$$I_u = \frac{d^2}{6} (3b + d) \quad (\text{Ecuación 9})$$

$$I_u = \frac{(31,75\text{mm})^2}{6} (3(31,75) + 31,75) = \mathbf{21337,3 \text{ mm}^3}$$

Reemplazando:

$$I = 0,707 (3,17)(21337,3) = \mathbf{47820,99 \text{ mm}^4}$$

Con estos valores se determina el esfuerzo cortante horizontal:

$$\tau'' = \frac{242,28 \text{ Nm} * 0,0158 \text{ m}}{47820,99 \text{ mm}^4} * \frac{1000000 \text{ mm}^2}{1 \text{ m}^2}$$

$$\tau'' = \mathbf{80 MPa}$$

El esfuerzo en la junta soldada en filete sometida a flexión se obtiene con la combinación vectorial del esfuerzo cortante primario y el esfuerzo cortante horizontal, para ello se utiliza la ecuación 10. (Budynas, 2012, pág. 477)

$$\tau = \sqrt{\tau'^2 + \tau''^2} \quad (\text{Ecuación 10})$$

$$\tau = \sqrt{(3,7 MPa)^2 + (80 MPa)^2} = \mathbf{80 MPa}$$

El electrodo que se utilizará en la junta soldada es el E308H-16, cuyas propiedades mínimas del metal de aporte se muestran en el Anexo No. 6.

El esfuerzo permisible para el material de aporte en función del tipo de carga y tipo de soldadura está dado por la ecuación 11. (Budynas, 2012, pág. 472)

$$S_{sy} = 0,30 * S_{ut} \quad (\text{Ecuación 11})$$

Donde:

$S_{sy}$  = esfuerzo permisible para el electrodo (MPa)

$S_{ut}$  = resistencia a la tracción (MPa)

Reemplazando:

$$S_{sy} = 0,30 * 570 MPa = \mathbf{171 MPa}$$

### 3.1.2.3.Cálculo del factor seguridad de la junta soldada de filete

Para determinar el factor de seguridad en la soldadura se utiliza la Ecuación 12. (Budynas, 2012, pág. 472)

$$n = \frac{S_{sy}}{\tau} \quad (\text{Ecuación 12})$$

$$n = \frac{171 MPa}{80 MPa} = \mathbf{2,14}$$

Debido a que el factor seguridad obtenido es de  $2,14 > 1,44$  se determina que la junta soldada es satisfactoria, es decir la selección del material de aporte (electrodo ER 308L) y el tamaño de la garganta de soldadura ( $h = 1/8$  plg) es adecuada y puede ser utilizada.

#### 3.1.2.4. Diseño de rigidizador del soporte base

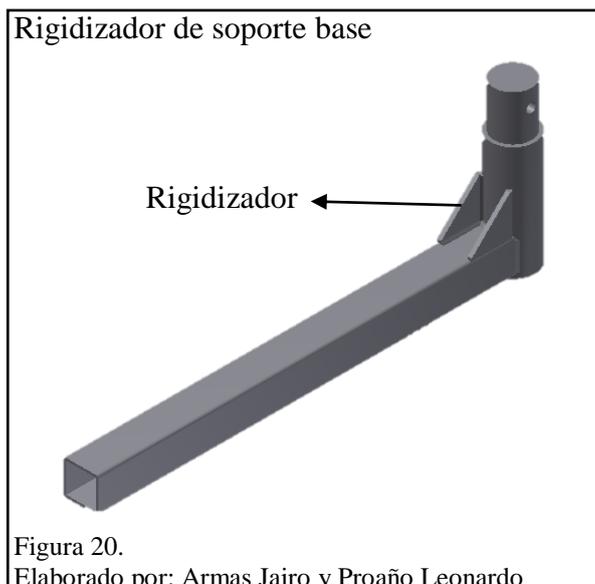
Para evitar una sobrecarga en la soldadura y a la vez un posible pandeo del soporte, por seguridad se colocarán dos nervios triangulares denominados rigidizadores (Ver Ilustración 19), contruidos de acero inoxidable AISI 304, cuya altura puede ser como máximo el doble de su anchura y un espesor al menos igual al alma del perfil. (IngenieriaRural, 2015).

Las dimensiones de los rigidizadores son:

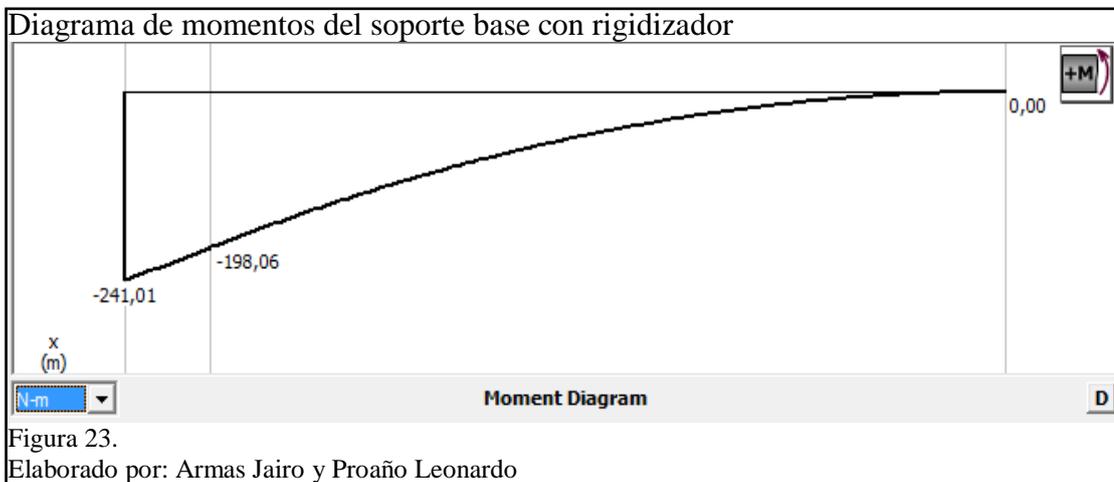
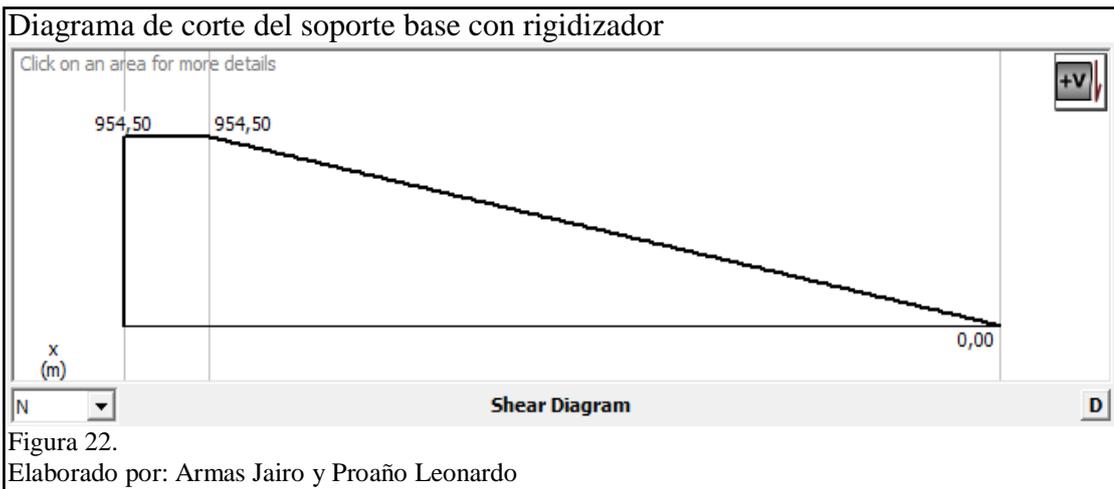
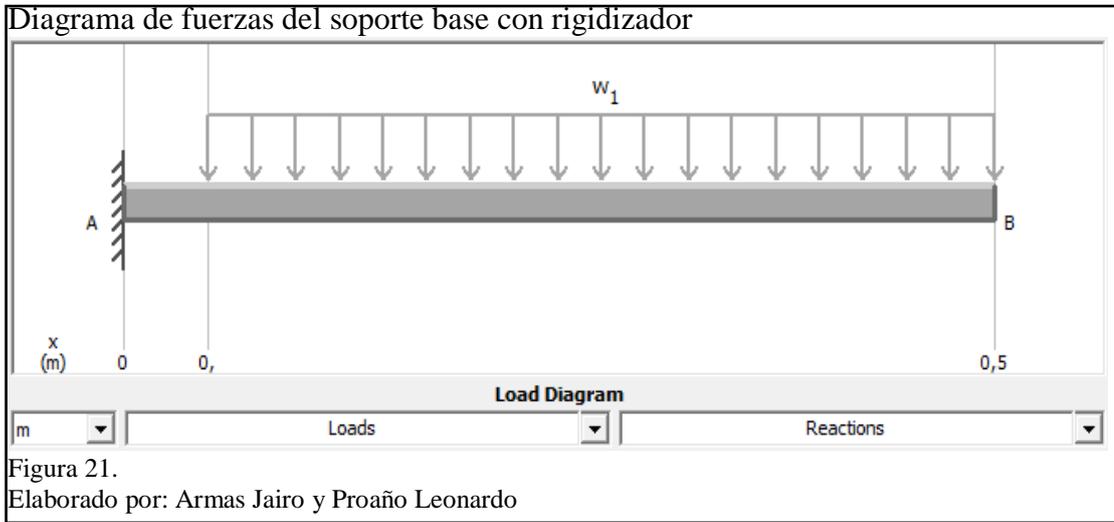
Altura: 45 mm

Ancho: 45 mm

Espesor: 3 mm



Se analiza el nuevo esfuerzo cortante y momento flector máximo, cuyos valores se obtuvieron con el software MDSolids que se muestran a continuación:



Por los resultados obtenidos y comparados con el análisis anterior, se determina que el uso de rigidizadores reduce el esfuerzo cortante y momento flector máximo, teniendo en cuenta que la soldadura se estableció para valores mayores a éstos, se concluye que la soldadura es satisfactoria.

### **3.1.3. Diseño del eje de acople**

Para este elemento se utilizará un eje de acero inoxidable AISI 304 cuyo diámetro debe ser mayor que la medida del tubo cuadrado del soporte base, teniendo en cuenta la garganta de soldadura para poder unirlos, con estos requerimientos el diámetro del eje es:

$$D = l + 2h$$

Donde:

D = diámetro del eje (mm)

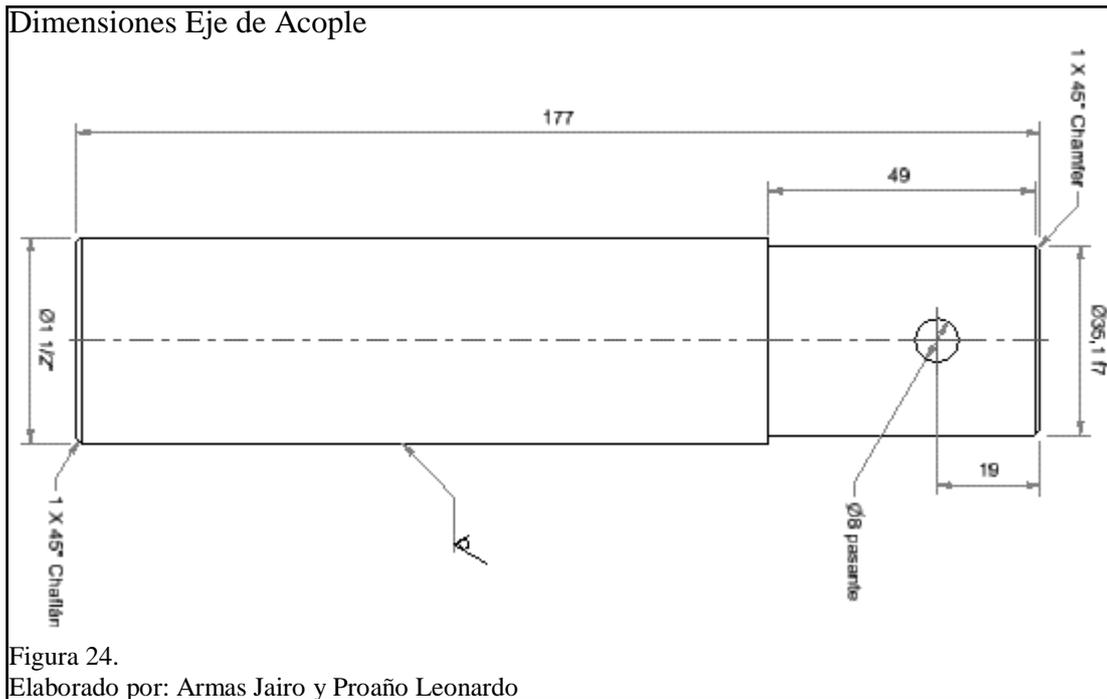
l = dimensión del tubo cuadrado (mm)

h = garganta de soldadura (mm)

Entonces:

$$D = 30\text{mm} + 2 \cdot 3\text{mm} = 36 \text{ mm}$$

Para la construcción del eje de acople se utilizará un eje de acero inoxidable de diámetro 1½ plg. (Ver Anexo No.7), maquinado de tal manera que pueda acoplarse al tubo de acople (Ver figura 13) que es un tubo redondo de 1 ½ plg. con espesor de 1,5 mm asegurado con un perno. Las medidas se especifican en la siguiente figura:



### 3.1.4. Dimensionamiento del vástago

Para el dimensionamiento del vástago, se parte de la altura del asiento de una silla de ruedas estándar que es de 450mm a 500mm (AMADO, 2010), se recomienda que el elevador hidráulico esté posicionado en una zona donde la piscina tenga una profundidad entre 1300 y 1500mm, en el caso que se necesite de una persona de apoyo que se mantenga de pie sin problema. El recorrido que realizará el asiento del elevador es de 1000mm aproximadamente, hasta quedar sumergido de 400mm a 600mm, dependiendo del nivel del agua respecto al filo de la piscina. De esta manera se ha dimensionado la longitud del vástago, tanto el lado del cilindro como el lado de acople con el soporte el usuario, como se aprecia en la figura 25.

### Esquema de dimensionamiento del Vástago

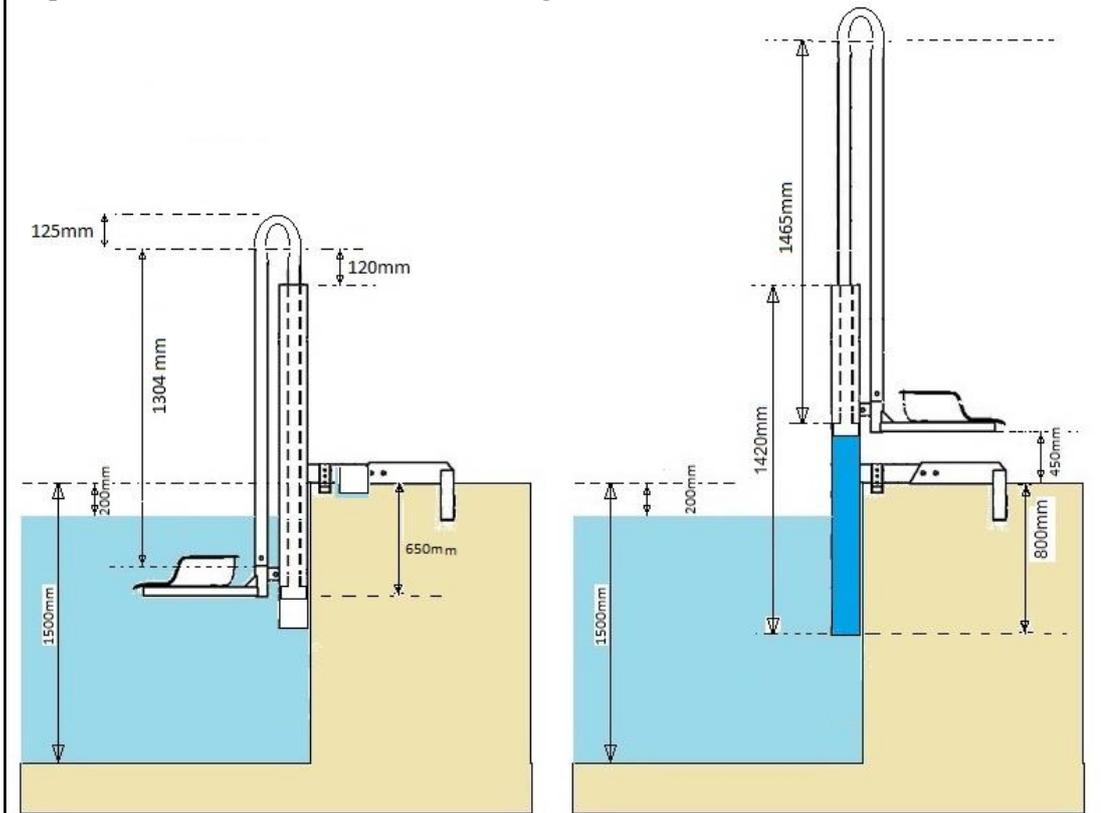


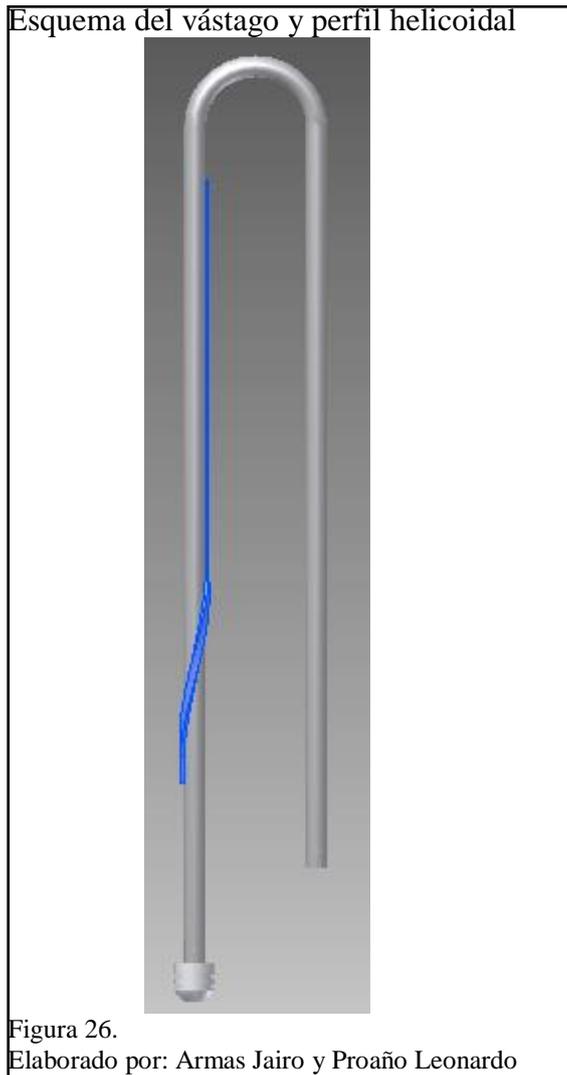
Figura 25.

Elaborado por: Armas Jairo y Proaño Leonardo

#### 3.1.5. Diseño y selección del vástago (Ver figura 13)

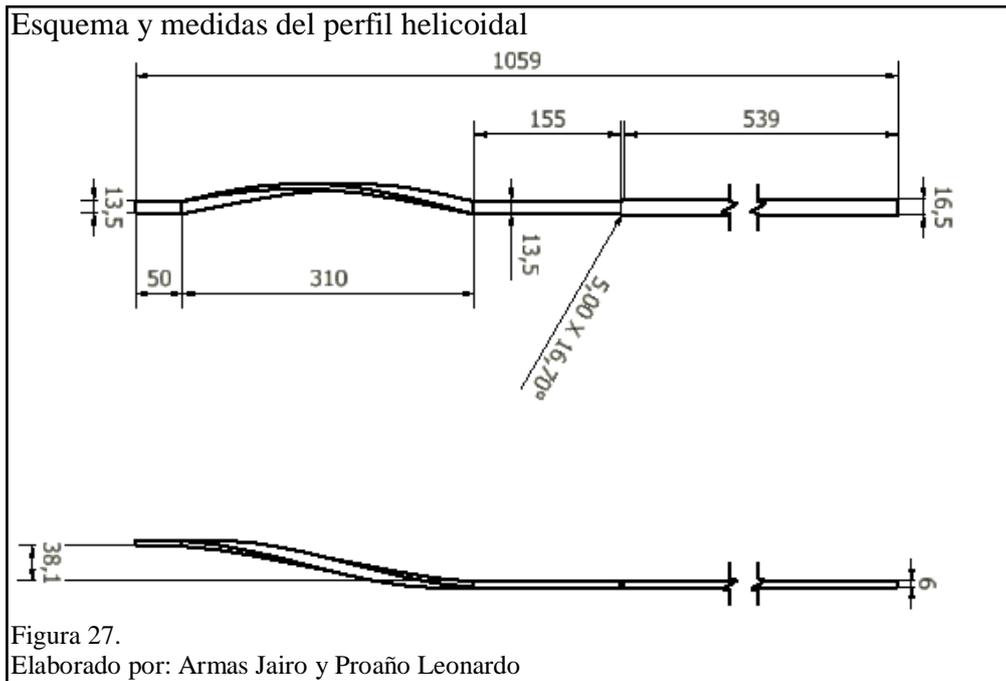
Para el vástago se ha seleccionado un tubo redondo de acero inoxidable AISI 304 de diámetro exterior de 1 ½ plg., con un espesor de 1,5mm; el mismo que será doblado en forma de “U”, para poder acoplarse al cilindro hidráulico y del otro lado al soporte del usuario, estos acoples se los realizará por medio de conexiones atornilladas para lo cual llevará perforaciones en sus extremos.

El vástago llevará un perfil rectangular helicoidal soldado en la parte situada dentro del cilindro, que hará el trabajo de guía, para lograr el movimiento de rotación simultáneamente con el movimiento vertical.(Ver figura 26).



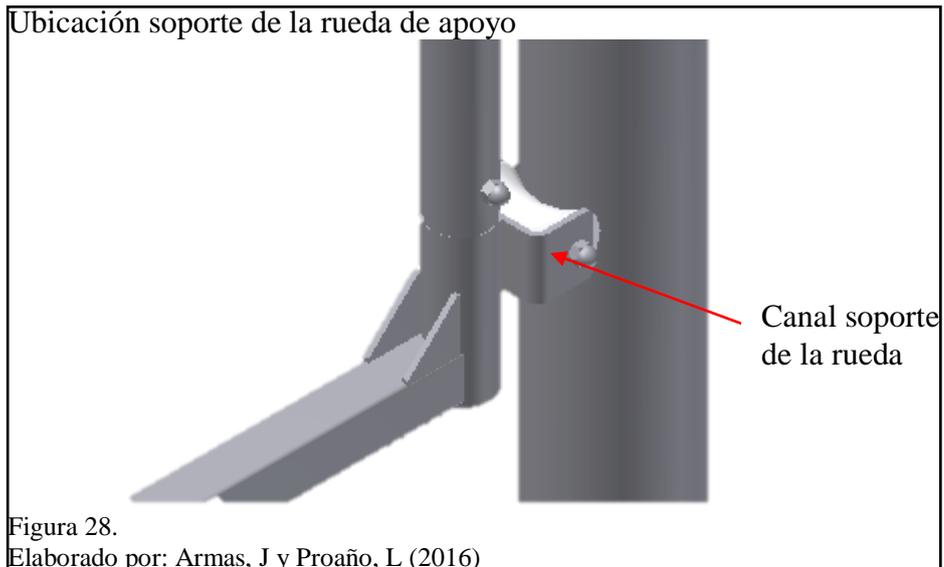
### 3.1.6. Diseño del perfil helicoidal

El perfil helicoidal será construido en acero inoxidable AISI 304 a partir de un perfil rectangular de espesor 6mm y cuya forma ha sido diseñada con la ayuda del software Autodesk Inventor 2012 mediante la función para realizar espirales en la que se ha insertado los datos correspondientes para girar media revolución en una distancia de 310mm alrededor de un diámetro de 1,5 plg. correspondiente al vástago, las medidas obtenidas se pueden apreciar en la figura 27.

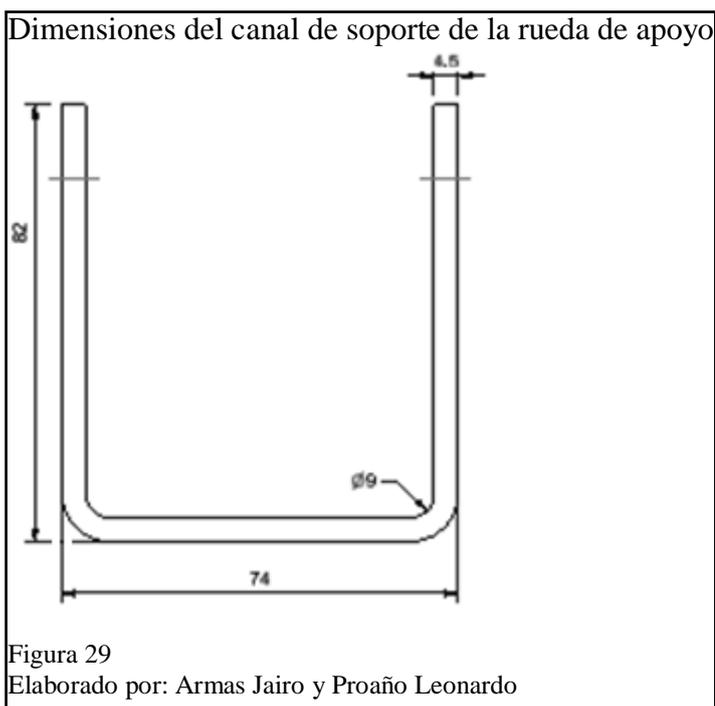


### 3.1.7. Diseño del canal soporte de la rueda

Al analizar los esfuerzos que actúan sobre el lado del vástago en el punto donde se acopla con el soporte base, se ha visto la necesidad de colocar un punto de apoyo que elimine el momento producido por la carga excéntrica ocasionada por el peso del usuario y del soporte del mismo, este elemento será una rueda cóncava fabricada de nylon poliamida (duralón) que se apoyará en el cilindro principal durante todo el movimiento que realiza el vástago, de esta manera con una buena superficie de contacto se obtiene más estabilidad en el movimiento, para soportar la rueda mencionada se soldará un canal en el eje de acople como se muestra en la figura 28.



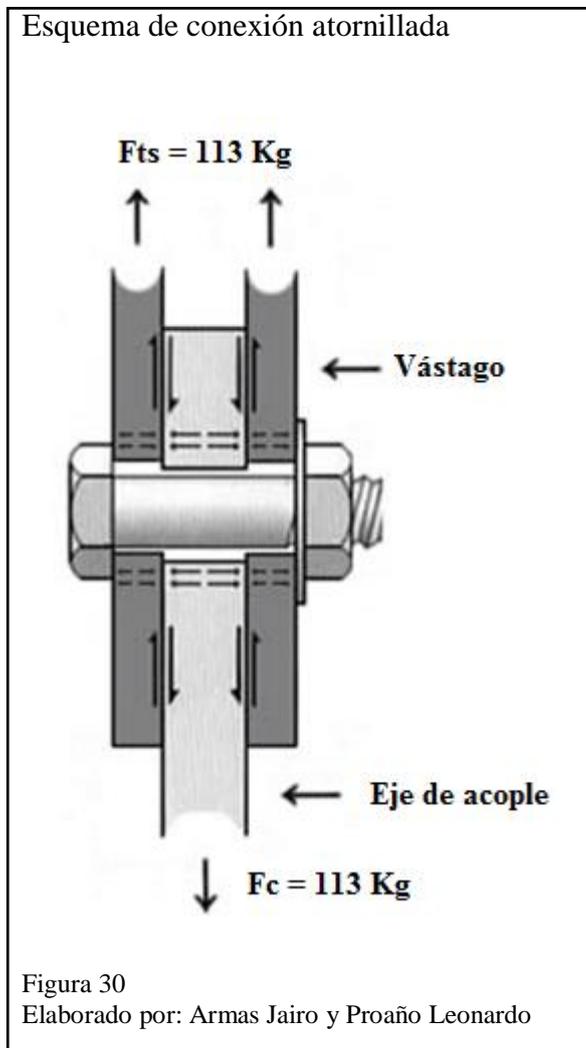
El canal de soporte es de acero inoxidable AISI 304 de espesor 4,5mm y sus dimensiones son las siguientes:



### 3.1.8. Selección de tornillo para conexiones fijas

Para seleccionar el perno se analizará aquella sección donde soporta los esfuerzos más grandes por lo que se realizará el cálculo para la conexión entre el vástago y el tubo de acople.

En este caso se hace un cálculo del tornillo por cortadura ya que los elementos unidos tratan de deslizarse uno respecto al otro, produciendo un esfuerzo de corte en el vástago del tornillo como se muestra en la figura 30.



Para la selección del diámetro del tornillo se recomienda utilizar la ecuación 13. (Ingeniería Rural, 2006, pág. 303), donde (d) es el diámetro en cm y (e) el espesor menor de las placas a unir, dado en cm.

$$d = \sqrt{5 * e} - 0,2 \quad \text{(Ecuación 13)}$$

$$d = \sqrt{5 * 0,15\text{cm}} - 0,2 = 0,66\text{cm} \approx \text{M8}$$

A continuación, se determina la sección resistente del tornillo usando la ecuación 14. (Ingeniería Rural, 2006, pág. 299)

$$F = \frac{\pi \cdot (0,8)^2}{4} = 0,5 \text{ cm}^2 \quad (\text{Ecuación 14})$$

Se elige un tornillo ordinario M8 inoxidable A2 (Ver Anexo No.8) de longitud 50mm, que cuenta con  $S_y = 2141,4 \text{ Kg/cm}^2$  ;

Con esto se calcula la carga máxima resistente a la rotura con la siguiente ecuación: (Ingenieria Rural, 2006, pág. 300):

$$P_{\max} = K * \sigma_t * m * F \quad (\text{Ecuación 15})$$

Donde:

$P_{\max}$ : carga máxima resistente a la rotura

$K$ : coeficiente adimensional (0,65 tornillos ordinarios, 0,8 tornillos calibrados)

$m$ : número de secciones transversales (1 para cortadura simple, 2 para cortadura doble)

$F$ : sección resistente del tornillo

$\sigma_t$ : límite de fluencia ( Anexo b No. 8)

$$\text{Entonces: } P_{\max} = 0,65 * 2141,4 \text{ Kg/cm}^2 * 2 * 0,5 \text{ cm}^2$$

$$\mathbf{P_{\max} = 1391,91 \text{ Kg}}$$

Finalmente se establece que el perno elegido rige los esfuerzos solicitados ya que la fuerza de corte de 113 Kg es menor que la carga máxima resistente del tornillo.

### **3.1.9. Selección del cilindro hidráulico (Ver figura 13)**

El diseño del cilindro es relativo al comportamiento del fluido como energía única del sistema.

El diseño dependerá del dimensionado, por lo tanto, previamente se ha debido dimensionar sus elementos para su correcto y seguro funcionamiento, para el cálculo del sistema hidráulico se han sumado el peso de todos los elementos que el cilindro debe ser capaz de levantar, estos datos son expuestos en la tabla 8.

Tabla 8  
Peso total para diseño del cilindro hidráulico

Descripción	Dimensiones Brutas (mm)/ Longitud	Peso (kgf)
Estructura de la silla	300x400x380	4,5
Silla plástica	350x450x400	3
Usuario	-	100
Tubo cuadrado	460	0,62
Eje de acople	177	1,74
Rueda y canal de soporte	82	0,4
Vástago	3020	5,26
<b>TOTAL</b>		<b>115,52</b>

Nota: Armas Jairo y Proaño Leonardo

Se añade un factor de seguridad del 25% que hace ascender una masa total de 144.4 kg; se asume también una resistencia del agua en el movimiento de elevación de 10 kg aproximadamente, lo cual nos da una carga total de **154.4 kg** equivalente a

$$F_T = 154.4 \text{ kg} * 9,8 \text{ m/s}^2 \quad (\text{Ecuación 16})$$

$$F_T = \mathbf{1513,12 \text{ N.}}$$

La fuerza generada en un cilindro en la extensión del pistón según la ecuación 17 (Creus Solé, 2007, pág. 162) es:

$$F_{\text{extensión (Newton)}} = P \text{ (MPa)} * \frac{\pi * D^2}{4} * 0,9 = P \text{ (bar)} * \frac{\pi * D^2}{40} * 0,9 \quad (\text{Ecuación 17})$$

Donde:

P = Presión de operación (bar)

D = Diámetro interior del cilindro (mm)

0,9 = coeficiente de rozamiento

Entonces:

$$D = \sqrt{\frac{F*40}{P*\pi*0,9}} = \sqrt{\frac{1513,12N*40}{3,5 \text{ bar}*\pi*0,9}} = 78,20 \text{ mm} = 3,08 \text{ plg}$$

Como se puede observar este sería el cálculo del diámetro interior del cilindro ya que se toma como masa a levantar el peso total señalado en la tabla 8, como resultado el cilindro hidráulico será seleccionado con base a un diámetro de 3 plg.

Se considera importante señalar el procedimiento para calcular el espesor de pared de las tuberías a presión. Según la normativa DIN se utiliza la ecuación 18. (Bustamante, 2012, pág. 13)

$$e = \frac{P_N (MPa)*D(cm)}{2*\sigma+P_N} \quad (\text{Ecuación 18})$$

Donde:

D: diámetro exterior (cm)

P<sub>N</sub>: Presión nominal (Mpa)

σ: tensión de diseño que es igual al valor mínimo entre: ReHt/1,5 ó Rp0,2t/1,5; Rm/2,4

Los valores R<sub>eHt</sub> (Límite elástico), R<sub>p0,2t</sub> (Límite de fluencia) y R<sub>m</sub> (Resistencia a la tracción) son propios del material, en el Anexo No.10 se pueden observar los distintos materiales. Para la selección del material también se debe tener en cuenta la temperatura máxima que soporta.

Se ha seleccionado una tubería de 3plg., que tiene 88,9 mm de diámetro exterior, operando a unos 20°C y a una presión máxima de 5 kg/cm, que conduce agua. Considerando que para los requerimientos de temperatura de servicio de 20°C, la tensión de diseño para el acero inoxidable es de:

$$\sigma = 240/1,5 = 160 \text{ N/mm}^2 = 1631 \text{ kg/cm}^2$$

Entonces, se calcula el espesor de pared de acuerdo a la ecuación 18.

$$e = \frac{5 \frac{Kg}{cm^2} * 8,89(cm)}{2 * 1631 \frac{Kg}{cm^2} + 5 \frac{Kg}{cm^2}} = 0,13 \text{ cm}$$

Por lo cual se usa una tubería normalizada de diámetro nominal de 3 plg., en cédula 10 con un espesor de 3,05 mm. Esta selección se puede observar en el Anexo No. 11.

Experimentalmente se mide el caudal que tiene la red pública durante un minuto, obteniendo los siguientes resultados:

$$Q = 15 \frac{\text{lt}}{\text{min}} = 250 \frac{\text{cm}^3}{\text{seg}} = 0,25 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

Conociendo la sección de la tubería elegida, la carrera del vástago y el caudal se procede al cálculo del volumen del cilindro mediante la ecuación 19. (Roemheld, 2015, pág. 5)

**Datos:**

$$D_{\text{int}} = 73 \text{ mm} = 7,3 \text{ cm}$$

$$P = 3,5 \text{ bar (presión)}$$

$$L = 1000 \text{ mm} = 100 \text{ cm} = 1 \text{ m (carrera)}$$

$$V (\text{cm}^3) = A (\text{cm}^2) * \text{carrera (cm)} \quad (\text{Ecuación 19})$$

$$V = 7,3^2 * \frac{\pi}{4} * 100 = 4185,38 \text{ cm}^3$$

Se realiza el cálculo de la fuerza de compresión con la Ecuación 20. (Roemheld, 2015, pág. 5):

$$F_{\text{compresión}} = \frac{P * \pi * D^2}{400} \quad (\text{Ecuación 20})$$

$$F_{\text{compresión}} = \frac{3,5\text{bar} \times \pi \times (7,3\text{cm})^2}{400} = \mathbf{1,46 \text{ KN}}$$

Con este resultado se determina el correcto funcionamiento del cilindro ya que la fuerza de compresión es mayor a la fuerza necesaria para levantar la masa total que es de 1,46 KN.

Para realizar el cálculo de la velocidad de avance se utiliza la Ecuación 21. (Roemheld, 2015, pág. 5):

$$V_{\text{avance}} = \frac{Q \times 4}{D^2 \times \pi} \quad (\text{Ecuación 21})$$

$$V_{\text{avance}} = \frac{250 \frac{\text{cm}^3}{\text{seg}} \times 4}{(7,3 \text{ cm})^2 \times \pi} = \mathbf{5,9 \frac{\text{cm}}{\text{seg}}}$$

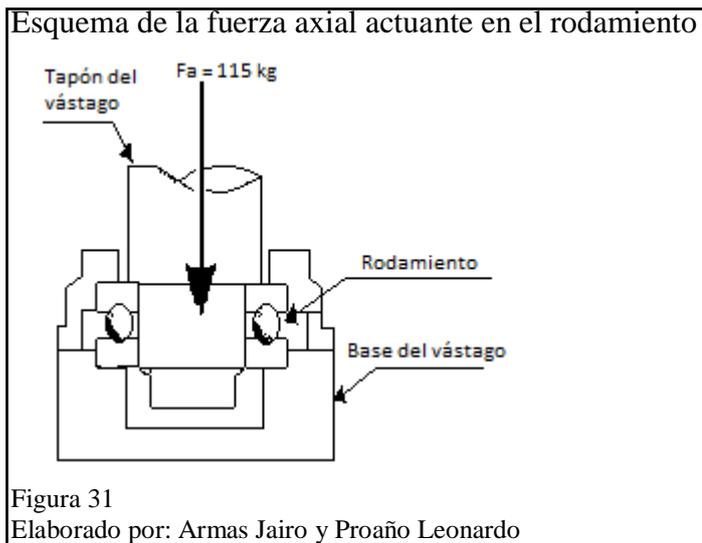
El tiempo de avance se calcula con la Ecuación 22. (Roemheld, 2015, pág. 5):

$$t_{\text{avance}} = \frac{D^2 \times \pi \times L}{4 \times Q} \quad (\text{Ecuación 22})$$

$$t_{\text{avance}} = \frac{(7,3 \text{ cm})^2 \times \pi \times 100 \text{ cm}}{4 \times 250 \frac{\text{cm}^3}{\text{seg}}} = \mathbf{16,74 \text{ seg}}$$

### 3.1.10. Selección de Rodamiento

Para minimizar el desgaste de los sellos situados en la base del vástago del cilindro hidráulico, se ha establecido la utilización de un rodamiento de bolas de contacto angular ya que sobre él actúa solamente una carga axial ocasionada por el peso del usuario y del soporte, la finalidad de esto es para que el vástago gire libremente mientras su base se mueve verticalmente sin girar, para ello se ha diseñado un sistema de acople a través de un eje denominado tapón inferior que une el vástago con la base mediante el rodamiento.



Según el catálogo general de SKF el tamaño del rodamiento se deberá seleccionar de acuerdo a la capacidad de carga estática  $C_0$  y no tomando como referencia la vida útil del rodamiento ya que éste girará a velocidades muy bajas ( $n < 10 \text{ rpm}$ ), con esta condición se utilizará la Ecuación 23. (SKF, 2006, pág.77)

$$C_0 = s_0 * P_0 \quad (\text{Ecuación 23})$$

Donde:

$C_0$  = Capacidad de carga estática (KN)

$S_0$  = Factor de seguridad estático

$P_0$  = Carga estática equivalente (KN)

Con un factor de seguridad estático  $S_0$  de 1 para condiciones normales se calcula la capacidad de carga estática:

$$C_0 = 1 * 1,513 \text{ KN}$$

$$C_0 = 1,513 \text{ KN}$$

Con este resultado y el valor del diámetro interno se ha seleccionado el siguiente rodamiento del catálogo general SKF (Ver Anexo 13).

- Tipo de rodamiento: 7204 BEP
- d: 20mm
- D: 47mm
- B: 14mm
- Capacidad de carga estática ( $C_0$ ): 7.65 KN
- Capacidad de carga dinámica (C): 13,3 KN

Se ha seleccionado un rodamiento de contacto angular que tiene la característica de ser autoalineante ya que el mecanismo posee un vástago de gran longitud y de esta manera evitar el descentramiento del mismo.

### **3.1.11. Diseño de la base del vástago**

Por motivos de peso y para trabajar en condiciones de la fuerza requerida se ha optado por utilizar nylon poliamida (duralón) para la fabricación de este elemento que es el encargado de transmitir la energía del fluido para que el vástago realice el movimiento, se ha diseñado de tal manera que pueda por un lado acoplarse al vástago a través del uso de un rodamiento con su respectivo ajuste y seguridades.

En la parte inferior se tiene una superficie de contacto mixta con el fluido, una parte plana y la otra curva para garantizar mayor área de contacto. Posee un alojamiento exterior para la instalación de un sello hidráulico que garantiza la hermeticidad de la cámara inferior del cilindro.

Esquema de la base del vástago del cilindro hidráulico

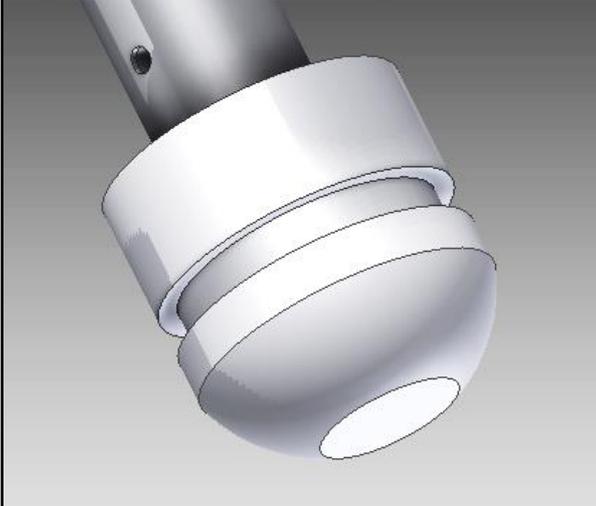


Figura 32

Elaborado por: Armas Jairo y Proaño Leonardo

### 3.1.11.1. Selección del sello hidráulico

Debido a las bajas presiones que se manejan en el cilindro hidráulico, se ha optado por seleccionar un Polypak que es un sello combinado que permite reunir las características del sello labial con la resiliencia que solo otorga el O'ring. Esta particularidad de diseño, sumada a la elevada resistencia mecánica de sus materiales, lo convierte en el sello ideal para ser utilizado en cualquier cilindro hidráulico.

Tomando en cuenta solamente el diámetro interior del cilindro seleccionado anteriormente, se ha seleccionado del catálogo Parker Hannifin Argentina S.A.I.C. (Ver Anexo No.14), el sello polypak con las siguientes dimensiones:

- Ancho: 3/8"
- Diámetro interno: 2 3/8"
- Diámetro externo: 2 7/8"
- Tipo de perfil: B

### 3.1.12. Diseño del sistema de anclaje

En el anclaje se usará un tubo rectangular de 38,1x73x1,5 (mm) que tiene regulación para poder adaptar una correcta posición con la pared de la piscina y estará empotrado al suelo en la orilla.

En el extremo del anclaje tiene una U la cual está soldada al cuerpo del pistón hidráulico, este tiene una longitud de 41,5 mm, y soportará una fuerza distribuida correspondiente a  $F_T$  (Ver Ecuación 16.), con estos datos se procede a encontrar los esfuerzos que presenta la unión ya que es una de las partes más críticas, con la ayuda del software MDSolids, obteniendo los diagramas correspondientes.

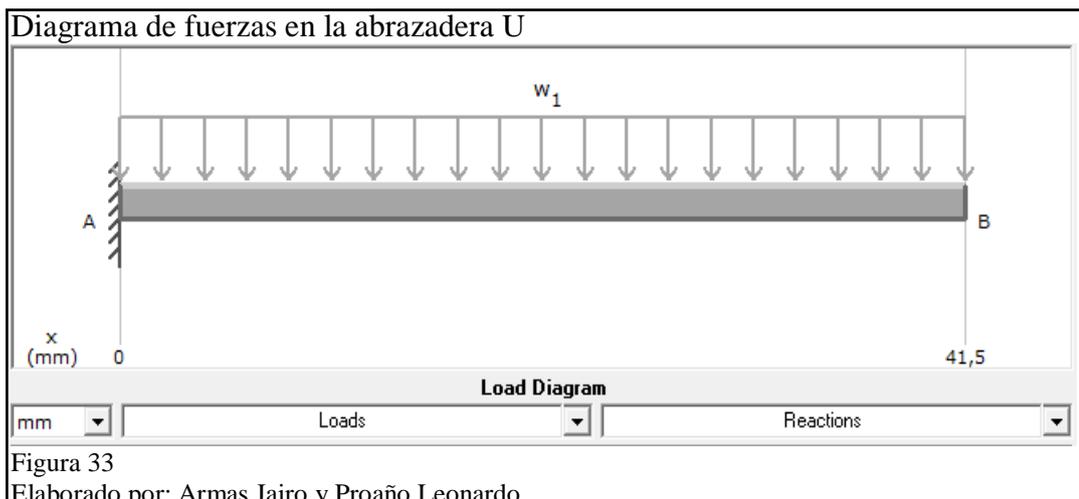
#### 3.1.12.1. Cálculo de la junta soldada en el anclaje

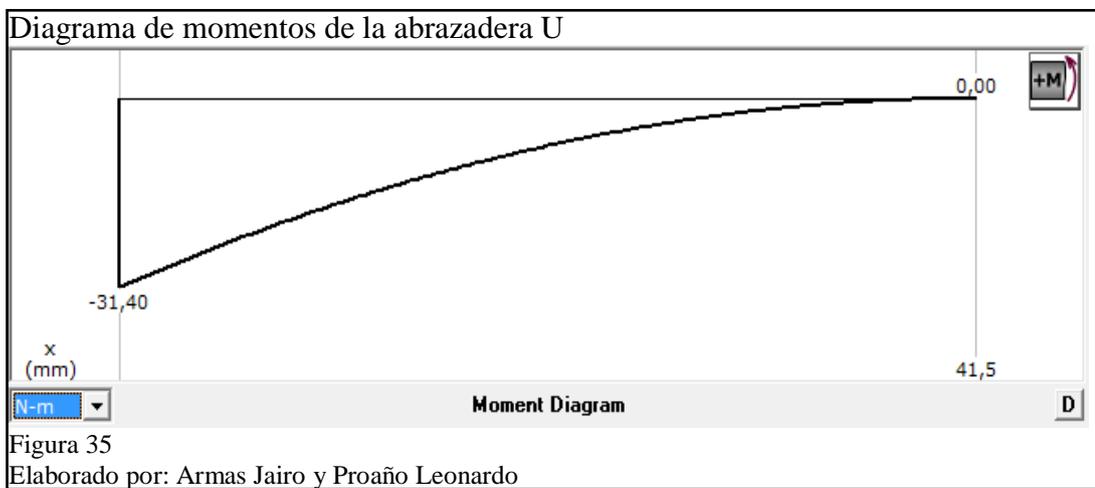
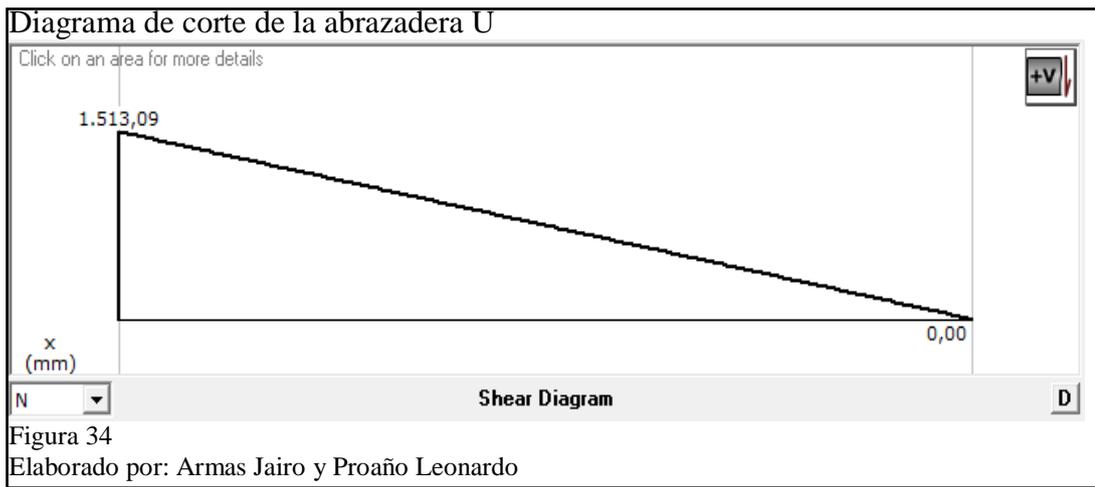
DATOS:

Longitud =  $L = 41,5$  mm

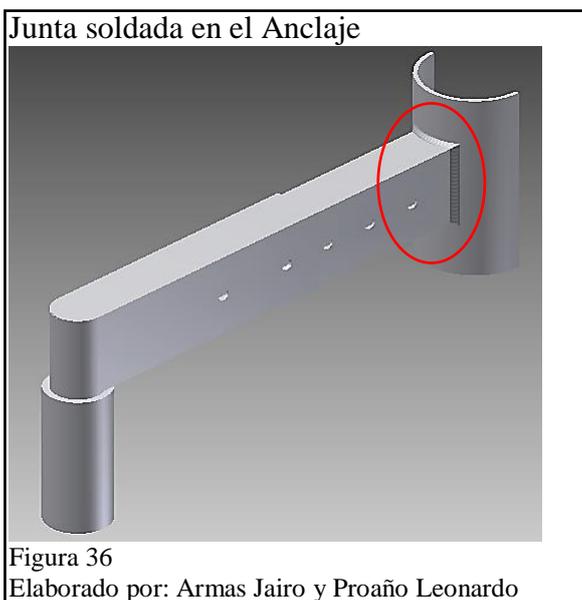
$F_{Td} = F_T / L$  (Fuerza distribuida)

$F_{Td} = 36,46$  N/mm





De los datos obtenidos se procede a calcular la junta soldada en el anclaje mostrada en la figura 36.



Para el diseño de la soldadura de filete en todo el perímetro del tubo cuadrado, se considera los valores de esfuerzos cortantes y momentos flectores cuyos valores son:

$$V= 1513,09 \text{ N}$$

$$M= 31,40 \text{ N m}$$

### **3.1.12.2. Cálculo de esfuerzos en la junta soldada**

La fuerza cortante produce un cortante primario en las soldaduras que está determinado por la Ecuación 5.

$$\tau' = \frac{V}{A}$$

Donde:

$\tau'$  = esfuerzo cortante (MPa)

V = fuerza cortante en la junta soldada (N)

A = área total de la garganta del cordón de soldadura (mm)

El área total de la garganta del cordón de soldadura se encuentra mediante la ecuación 6.

$$A= 1,414 h (b+d)$$

Donde:

h = garganta de soldadura (mm)

b = ancho del perfil a ser soldado (mm)

d = altura del perfil a ser soldado (mm)

Por el espesor del material se decide utilizar una garganta de soldadura de 1/8 plg. (Ver Anexo No. 5).

$$A=1,414 * 3,17\text{mm} (73\text{mm}+38,1\text{mm}) = \mathbf{497,99 \text{ mm}^2}$$

Reemplazando:

$$\tau' = \frac{1513,09 \text{ N}}{497,99 \text{ mm}^2}$$

$$\tau' = \mathbf{3,04 \text{ MPa}}$$

El momento flector induce un componente de esfuerzo cortante horizontal en la soldadura que está determinado por la ecuación 7.

$$\tau'' = \frac{M c}{I}$$

Donde:

$\tau''$  = esfuerzo cortante horizontal (MPa)

M = Momento flector en la junta soldada (Nm)

c = Ubicación del centro de gravedad (m)

I = Momento de inercia del área ( $\text{mm}^4$ )

El momento de inercia del área (I) con base en el área de la garganta de soldadura se encuentra con la ecuación 8.

$$I = 0,707 \text{ h } I_u$$

Donde:

$I_u$  = momento de inercia unitario ( $\text{mm}^3$ )

El momento de inercia unitario se encuentra con la ecuación 9.

$$I_u = \frac{d^2}{6} (3b + d)$$

$$I_u = \frac{(73\text{mm})^2}{6} (3(38,1) + 73) = \mathbf{166353,61 \text{ mm}^3}$$

Reemplazando:

$$I = 0,707 (3,17)(166353,61) = \mathbf{372830 \text{ mm}^4}$$

Con estos valores se determina el esfuerzo cortante horizontal:

$$\tau'' = \frac{31,40 \text{ Nm} * 0,01905 \text{ m}}{372830 \text{ mm}^4} * \frac{1000000 \text{ mm}^2}{1 \text{ m}^2}$$

$$\tau'' = \mathbf{1,6 \text{ MPa}}$$

El esfuerzo en la junta soldada en filete sometida a flexión se obtiene con la combinación vectorial del esfuerzo cortante primario y el esfuerzo cortante horizontal, para ello se utiliza la ecuación 10.

$$\tau = \sqrt{\tau'^2 + \tau''^2}$$

$$\tau = \sqrt{(3,04 \text{ MPa})^2 + (1,60 \text{ MPa})^2} = \mathbf{3,43 \text{ MPa}}$$

El electrodo que se utilizará en la junta soldada es el ER 308-L, cuyas propiedades mínimas del metal de aporte se muestran en el Anexo No.7.

El esfuerzo permisible para el material de aporte en función del tipo de carga y tipo de soldadura está dado por la ecuación 11.

$$S_{sy} = 0,30 * S_{ut}$$

Donde:

$S_{sy}$  = esfuerzo permisible para el electrodo (MPa)

$S_{ut}$  = resistencia a la tracción (MPa)

Reemplazando:

$$S_{sy} = 0,30 * 570 \text{ MPa} = \mathbf{171 \text{ MPa}}$$

### 3.1.12.3. Cálculo del factor seguridad de la junta soldada de filete

Para determinar el factor de seguridad en la soldadura se utiliza la ecuación 12.

$$n = \frac{S_{sy}}{\tau}$$

$$n = \frac{171 \text{ MPa}}{3,43 \text{ Mpa}} = 49,7$$

Debido a que el factor seguridad obtenido es de  $49,7 > 1,44$  se determina que la junta soldada es satisfactoria, es decir la selección del material de aporte (electrodo ER 308L) y el tamaño de la garganta de soldadura ( $h = 1/8$  plg) es adecuada y puede ser utilizada.

### 3.1.13. Diseño del sistema hidráulico

Los elementos utilizados son:

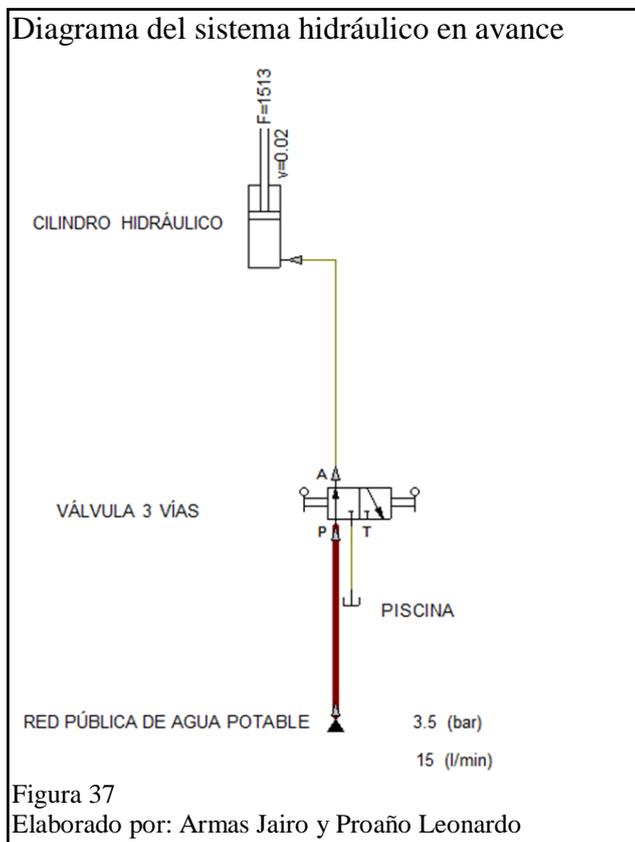
- Fuente de energía hidráulica ( Red pública de agua potable)
- Dispositivo de control de flujo ( Válvula 3 vías)
- Actuador ( Cilindro hidráulico)
- Líneas de transporte de fluido (Mangueras flexibles)
- Tanque de depósito ( Piscina)
- Fluido de trabajo ( Agua)

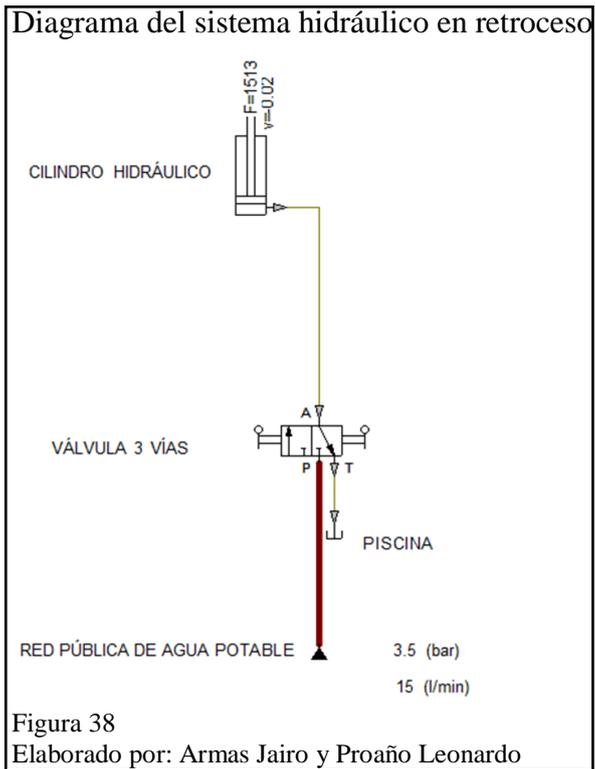
El sistema hidráulico diseñado cumplirá con las siguientes acciones:

- La carrera del cilindro será de 1m de longitud verticalmente con la fuerza suficiente para mover el peso de la estructura y del usuario.
- EL vástago del cilindro realizará un movimiento rotativo de  $180^\circ$ , el cual permite mover al usuario desde la playa de la piscina hasta quedar dentro de la misma.

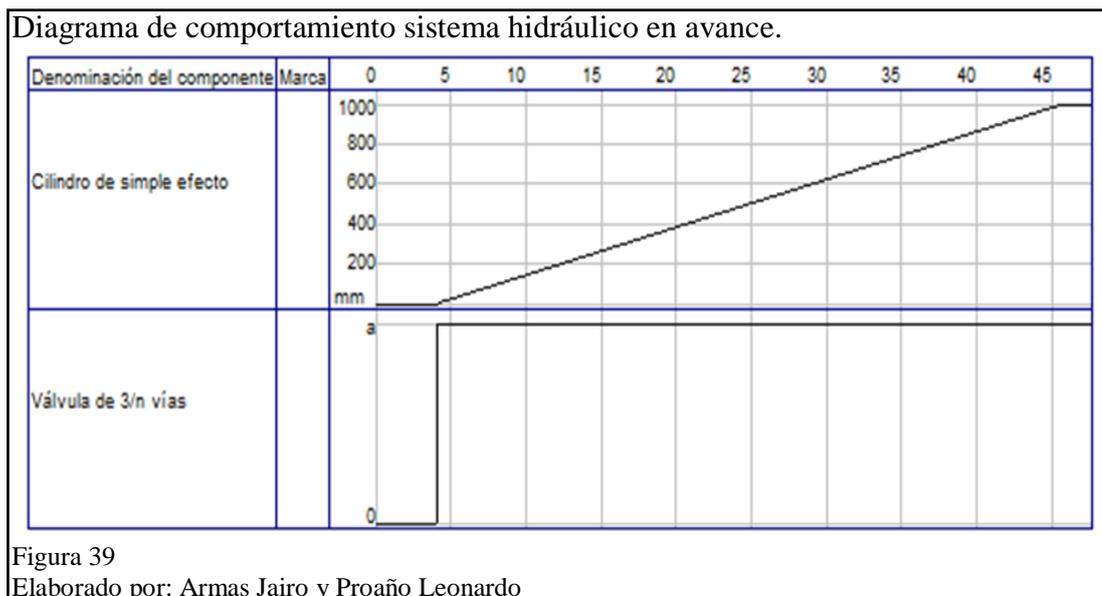
- Para controlar la dirección del flujo se utiliza una válvula de 3 vías y dos posiciones. En la posición abierta presuriza el cilindro subiendo al usuario, en la posición cerrada el fluido es evacuado hacia la piscina generando el descenso del usuario.
- Los movimientos en el cilindro tienen velocidades bajas debido a las presiones reducidas que se manejan.

Para cumplir los requerimientos citados se propone el diagrama del sistema hidráulico que se observa en las figuras 37 y 38.





Con la utilización del software FluidSIM 3.5 Hydraulic se ha realizado la simulación del diagrama de funcionamiento, obteniendo los resultados que se pueden observar en los diagramas tiempo-distancia del actuador y tiempo-posición de la válvula mostrados en la figura 39.



Como se puede apreciar en la figura 39 el tiempo de avance del vástago es de 45 segundos en una carrera de 1000 mm, dando como resultado una velocidad de 0,022 m/s.

En el retroceso se puede apreciar un tiempo de 60 segundos para la misma carrera de 1000 mm, dando como resultado una velocidad de retroceso de 0,016 m/s como se puede apreciar en la figura 40.

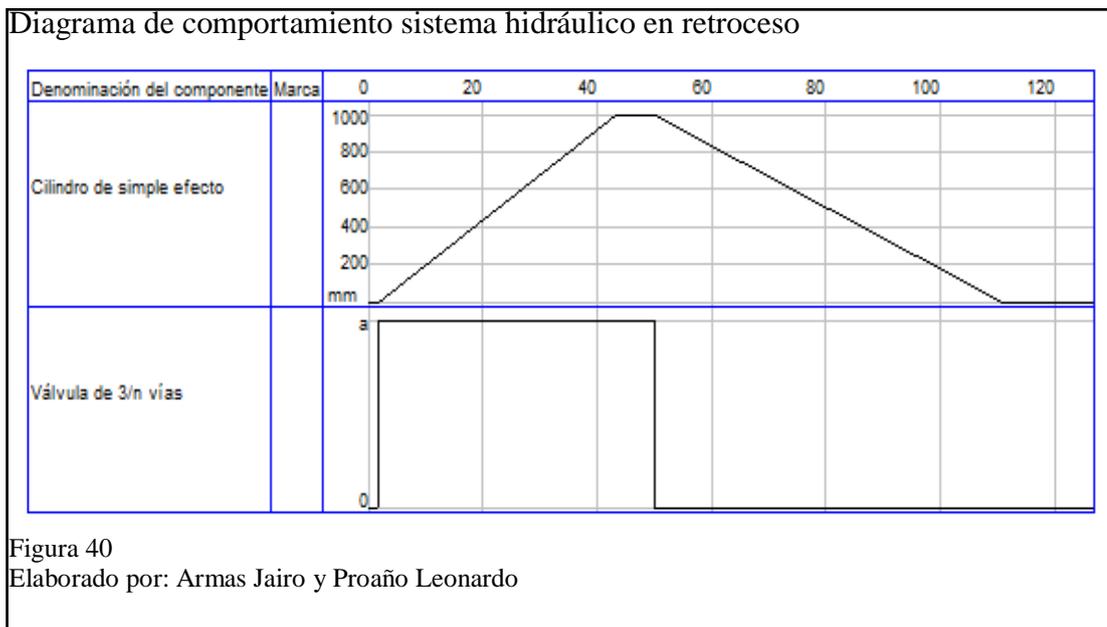


Figura 40  
Elaborado por: Armas Jairo y Proaño Leonardo

En base a los resultados de la simulación, se puede afirmar que las condiciones de funcionamiento de los elementos que conforman el sistema son los adecuados.

## **Capítulo 4**

### **Costos**

El presente capítulo tiene como objetivo determinar los recursos económicos que se utilizará para la construcción de éste proyecto. Se detalla principalmente los costos directos, indirectos y sus componentes.

#### **1.1. Costos directos**

Los rubros a tomar en cuenta dentro de los costos directos son los siguientes:

- Materiales
- Insumos
- Costo de Maquinado
- Costo de montaje

##### **1.1.1. Costo de materiales**

Los materiales son la materia prima que se empleará para construir los elementos del elevador hidráulico. Estos se detallan en la tabla 9.

Tabla 9  
Costos de materiales directos

Material	Dimensiones (mm)	Cantidad (m)	Costo Unitario (6m) USD	Costo total USD
Eje Acero inoxidable AISI 304	Ø 1 ½" x 300	3	80,25	40,13
Platina Acero inoxidable AISI 304	180x50,8x4,5	3	22,5	11,25
Platina Acero inoxidable AISI 304	500 x 1"x6	3	17,5	8,75
Tubo cuadrado ASISI 304	465x1 ¼" x1,5	6	21,35	21,35
Tubo redondo inoxidable AISI 304	Ø 1"x1200x2"	6	25,6	25,6
Barra de Nylon Poliamida	Ø 80"x1200	2	60,0	120
Tubo redondo de acero inoxidable AISI 304 SCH 40	Ø 1.5" x 3000x1,5	6	90	90
Tubo redondo de acero inoxidable AISI 304 SCH 80	Ø 3" x 3000x5,06	6	220	220
Perfil rectangular de acero inoxidable AISI 304	1060 x13,5x6	6	33,5	33,5
Plancha de acero inoxidable AISI 304	200x120x3,2	1	120	120
Perfil rectangular de acero inoxidable AISI 304	400 x15x4,8	6	29,5	29,5
Eje Acero inoxidable AISI 304	Ø 12 x 400	3	60	30
Tubo rectangular de acero inoxidable AISI 304	1 1/2"x3"x400 x1,5	3	45	22,5
Tubo redondo de acero inoxidable AISI 304 SCH 40	Ø 1" x 200x1,5	3	68,4	34,2
Platina Acero inoxidable AISI 304	350x20x6	3	17,5	8,75
			Subtotal	815,53

Nota: Armas Jairo y Proaño Leonardo

### 1.1.2. Insumos

Son aquellos elementos que están disponibles en el mercado para su comercialización y no necesitan maquinado para su uso.

Los costos de los insumos se observa en la tabla 10 y han sido obtenidos también en el mercado local.

Tabla 10  
Costos de insumos.

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario USD</b>	<b>Costo total USD</b>
Tuerca ciega 3/8	2	0,06	0,12
Tornillo Hex - 3/8 UNC-3,5	1	0,2	0,2
Tornillo Hex M8X10	4	0,4	1,6
Union A316 inox macho 1/2"	1	1,5	1,5
Tornillo Hex - 3/8-16 UNC - 2,25	1	0,4	0,4
Tuerca - 1/2 - 13	1	0,06	0,06
Arandela - 1/2	1	0,04	0,04
Tornillo Hex - 1/2-13 UNC - 2,5	1	0,4	0,4
Tornillo Hex M8X55	1	0,5	0,5
Sello Polypak 2 3/8"x2 7/8"	1	10	10
Rodamiento 7204 BEP	1	12	12
Retenedor 20x52x8	1	4	4
Arandela M8x2	1	0,04	0,04
Válvula 3/2- 1/2"	1	31,2	31,2
Tuerca de seguridad M8	2	0,06	0,12
Tornillo Hex M8X60	1	0,5	0,5
Mango esfera de válvula	2	3	6
Tuerca ciega M8	3	0,06	0,18
Manguera hidráulica 1/2"	10	3,5	35
Silla plastica	1	25	25
Acople rápido	5	2	10
		<b>Subtotal</b>	<b>138,86</b>

Nota: Armas Jairo y Proaño Leonardo

### 1.1.3. Costos de maquinado

Para establecer el costo de maquinado se detalla en la tabla 11. Los rubros correspondientes a costo de máquina, costo h/hombre y el tiempo estimado para cada operación.

Tabla 11  
Costos de maquinado

<b>Operación</b>	<b>Tiempo Total (Horas)</b>	<b>Costo máquina/h USD</b>	<b>Costo h/hombre USD</b>	<b>Costo total (USD)</b>
Banco de trabajo	16	5	2,5	120
Esmerilado	2	5	2	14
Soldado	12	9	8	204
Taladrado	1	7	2,5	9,5
Torneado	20	8	7	300
Fresado	8	10	8,5	148
Rectificado	16	5	2,5	120
		Subtotal		795,5

Nota: Armas Jairo y Proño Leonardo

#### 1.1.4. Costos de montaje

Estos costos están relacionados con la mano de obra requerida para el ensamblado de cada una de las partes del sistema del elevador hidráulico y la instalación en la piscina.

Para el montaje se considera el trabajo de 2 personas durante 2 días, por 8 horas diarias de trabajo con un costo de 2.50 USD/hombre, dando como resultado el costo de la mano de obra como se observa en la tabla 12.

Tabla 12  
Costos de montaje

<b>Horas de trabajo</b>	<b>Obreros</b>	<b>Costo hora (USD)</b>	<b>Costo total (USD)</b>
16	2	2,5	80
		Subtotal	80

Nota: Armas Jairo y Proño Leonardo

#### 1.1.5. Costo directo total

En la tabla 13 se observa el valor total del costo directo.

Tabla 13

Costo directo total

<b>Componente del Costo</b>	<b>Costo Total</b>
Materiales	815,53
Insumos	138,86
Costo de maquinado	795,5
Costo de montaje	80
Subtotal	1829,89

Nota: Armas Jairo y Proaño Leonardo

## 1.2. Costos indirectos

Los costos indirectos son aquellos rubros que son empleados para la fabricación de la máquina, para lo cual se toma en cuenta varios aspectos:

- Costos de Materiales Indirectos
- Costos de Diseño
- Gastos Indirectos

### 1.2.1. Costos de materiales indirectos

En la tabla 14 se detallan los materiales, cantidades ocupadas, y el costo respectivo de cada uno de ellos, los mismos que han utilizados para hacer posible la construcción, estos precios fueron obtenidos en diferentes ferreterías de la ciudad.

Tabla 14

Costo de materiales indirectos

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario USD)</b>	<b>Costo total (USD)</b>
Electrodo ER308L (kg)	10	8,2	82
Lija para hierro	5	0,65	3,25
Disco para corte	4	2,2	8,8
Disco de desbaste	1	3,5	3,5
Guaípe	8	0,3	2,4
Varios	1	10	10
		Subtotal	109,95

Nota: Armas Jairo y Proaño Leonardo

### **1.2.2. Costo de diseño**

Este costo representa al tiempo y esfuerzo que los ingenieros dedican para el diseño del elevador hidráulico, un método para evaluar el costo de diseño es establecer el porcentaje del costo de la máquina una vez construida.

Este porcentaje viene dado por el grado de dificultad tanto del diseño, como de la construcción de la máquina. Para éste diseño el porcentaje será del 30% que corresponde a un valor de USD 405.

En el caso de una producción en serie el precio bajaría considerablemente ya que los costes de diseño son muy elevados para realizar la primera máquina.

### **1.2.3. Gastos indirectos**

Se relaciona con los gastos de movilización de las personas y del transporte de materiales, el costo estimado para el presente proyecto es de 100 USD.

### **1.2.4. Costo total indirecto**

En la tabla 15 se detalla la cantidad del costo total indirecto.

Tabla 15  
Costo total indirecto

<b>Componente del Costo</b>	<b>Valor</b>
Materiales Indirectos	109,95
Costo de Diseño	405
Gastos Indirectos	100
Subtotal	614,95

Nota: Armas Jairo y Proaño Leonardo

## **1.3. Costo total del elevador hidráulico para piscinas**

El valor total es la suma de los subtotales de los costos directos e indirectos, estos se detallan en la tabla 16.

Tabla 16  
 Costo final del elevador hidráulico para piscinas

<b>Descripción</b>	<b>Valor (USD)</b>
Costos directos	1829,89
Costos indirectos	614,95
<b>Total</b>	<b>2444,84</b>

Nota: Armas Jairo y Proaño Leonardo

El valor total del elevador hidráulico para facilitar el ingreso de personas con movilidad reducida de hasta 100 kgf de peso a piscinas de recreación es de USD 2444,84.

En Europa el precio del elevador hidráulico es de 4203,57 €, esto equivale a USD 4732, realizando una comparación con el valor de construcción del proyecto tenemos un ahorro USD 2287.16, el cual lo hace un precio totalmente competitivo y económico sin tomar en cuenta que este valor puede disminuir si se lo construye en serie.

## Conclusiones

- La natación es uno de los deportes más completos y se puede adaptar a personas con movilidad reducida, donde pueden fortalecer, ejercitar y relajar la mayoría de los músculos de su cuerpo, ya que dentro del agua la persona incrementa la movilidad por la reducción de los efectos de la gravedad. Siendo este deporte una de las mejores terapias para personas con este tipo de discapacidad.
- Uno de los mayores problemas de la construcción es la elección del material ya que está sometido a una gran corrosión en su estructura y accesorios. Uno de los materiales con mayor resistencia es el acero inoxidable AISI 316 pero en el mercado ecuatoriano es difícil conseguirlo por lo cual se ha optado seleccionar el acero inoxidable AISI 304, que también satisface las necesidades y resistencia a la corrosión.
- Realizando todo el análisis del peso de la estructura y del usuario se ha obtenido 1513,12 *N* y un diámetro interior del cilindro de 3,08 *plg*, se comprobó experimentalmente que el cálculo del cilindro hidráulico responde satisfactoriamente a las necesidades requeridas trabajando en óptimas condiciones.
- Se determinó el caudal de flujo que tiene la red pública de agua potable en la ciudad de Quito que es de 15 *l/min.*, este dato se obtuvo experimentalmente.

- La presión que ejerce la red pública es de un mínimo de 3.5 bar, si este valor llegara a ser inferior, el sistema se verá afectado en el tiempo de avance es decir se demorará más tiempo en subir, ya que se tiene como ventaja el fluido que es agua y este no es compresible.
- Realizando una comparación de los datos obtenidos teóricamente del tiempo de avance y retroceso con los resultados del simulador de FLUIDSIM HYDRAULIC estos tienen una gran diferencia debido a que en el sistema se utiliza agua como fluido y el simulador utiliza aceite.
- Uno de los mayores problemas en el desarrollo y funcionamiento del proyecto es la hermeticidad del cilindro hidráulico ya que cualquier fuga del fluido interrumpirá el buen funcionamiento del sistema.
- El costo total del proyecto es de USD 2444,84 siendo este valor totalmente económico a comparación de los precios europeos.

## Referencias

Schibsted Classified Media Spain S.L. (13 de Junio de 2014). *BlogFotocasa*.

Obtenido de <http://www.fotocasa.es/blog/decoracion/piscinas-tipos-materiales-y-mantenimiento>

Accesible, E. (19 de junio de 2015). *Entorno Accesible*. Obtenido de

<http://www.entornoaccesible.es/productos-y-servicios/piscinas-y-spas-accesibles/>

AMADO, M. I. (12 de noviembre de 2010). *Muebles Domoticos*. Obtenido de [mueblesdomoticos.blogspot.com](http://mueblesdomoticos.blogspot.com):

<http://mueblesdomoticos.blogspot.com/2010/11/medidas-para-disenar-muebles-personas.html>

Auto Elevación. (2015). *AutoElevacion*. Recuperado el 05 de 07 de 2015, de

<http://www.autoelevacion.com/>

Bacarisas, J. M. (2001). *Elevadores hidraulicos para piscinas*.

Budynas, R. (2012). *Diseño en Ingenieria Mecanica de Shigley*. Mexico:

McGrawHill.

Bustamante, O. (1 de octubre de 2012). *Universidad Politecnica de Catalunya*.

Obtenido de Bases de cálculo de tuberías:

<http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/17145/ANEXO%20E2%20-%20BASES%20DE%20C%C3%81LCULOS%20DE%20TUBER%C3%8DAS.pdf?sequence=7&isAllowed=y>

Cazar, R. (5 de junio de 2011). *ICEVI.ORG*. Obtenido de BREVE ANALISIS DE LA SITUACION DE LAS DISCAPACIDADES EN EL ECUADOR:  
[http://icevi.org/latin\\_america/publications/quito\\_conference/analisis\\_de\\_la\\_situacion\\_de\\_las\\_.htm](http://icevi.org/latin_america/publications/quito_conference/analisis_de_la_situacion_de_las_.htm)

Colombotto, I. (s/f). *Info Topo*. Obtenido de Tipos y clasificación de piscinas según sus medidas y usos: <https://www.infotopo.com/exteriores/piscinas/tipos-y-clasificacion-de-piscinas-segun-sus-medidas>

Comunidad de Madrid, C. (10 de 2004). *Comunidad de Madrid*. Obtenido de DECRETO POR EL QUE SE REGULAN LAS CONDICIONES HIGIÉNICO-SANITARIAS DE PISCINAS DE USO COLECTIVO:  
<http://www.madrid.org/bdccm/normativa/PDF/Dotaciones/Piscina/Normas%20Tratadas/CDDDe008098.pdf>

CONADIS. (22 de septiembre de 2000). REGLAMENTO GENERAL A LA LEY DE DISCAPACIDADES. Quito, Pichincha, Ecuador.

CONADIS. (2014). *Normas Jurídicas en Discapacidad Ecuador*. Quito: Don Bosco.

Creek Products, A. (01 de 01 de 2012). *Aqua Creek Products*. Obtenido de <http://aquacreek.es/category/productos/accesorios/>

Creus Solé, A. (2007). *Neumática e Hidráulica*. Madrid: Marcombo.

Guerra, G. (2011). *DSPACE*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/14484/3/TESIS%20GUILLERMO%20GUERRA.doc>

ImporPartes. (01 de 10 de 2015). *Imporpartes y Sillas*. Obtenido de <http://imporpartesyillas.com/sillaAlejandria.php>

- INCO. (4 de enero de 2015). *Inco Aceros Inoxidables*. Obtenido de <http://inco.com.uy/institucional/propiedades/>
- INDURA S.A. (2010). *Manual de Acero Inoxidable*. Cerrillos: 2M Impresores Ltda.
- Industry, D. (05 de 07 de 2015). *Salon online de la Industria*. Obtenido de <http://www.directindustry.es/prod/sferaco/product-70229-967373.html>
- Ingemecanica. (7 de junio de 2014). *Ingemecanica.com*. Obtenido de <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn112.html>
- Ingenieria Rural. (1 de junio de 2006). *Universidad de Castilla-La Mancha*.  
Obtenido de UNIONES POR TORNILLOS:  
[https://www.uclm.es/area/ing\\_rural/Trans\\_const/ElementosConstruccionAnejoo.PDF](https://www.uclm.es/area/ing_rural/Trans_const/ElementosConstruccionAnejoo.PDF)
- IngenieriaRural. (01 de 09 de 2015). *Ingenieriarural*. Obtenido de ESTRUCTURA METALICA:  
[http://www.ingenieriarural.com/Trans\\_const/ElementosConstruccion01.PDF](http://www.ingenieriarural.com/Trans_const/ElementosConstruccion01.PDF)
- IngenieriaRural. (11 de noviembre de 2015). *IngenieriaRural*. Obtenido de [http://www.ingenieriarural.com/Trans\\_const/ElementosConstruccionAnejo.PDF](http://www.ingenieriarural.com/Trans_const/ElementosConstruccionAnejo.PDF)
- Lizaga, B. (02 de enero de 2015). *baselgalizaga.com*. Obtenido de [http://baselgalizaga.com/img/cms/documentos/info\\_tecnica/informacion\\_tecnica\\_tornilleria.pdf](http://baselgalizaga.com/img/cms/documentos/info_tecnica/informacion_tecnica_tornilleria.pdf)
- Lopez Perales, J., & Lopez Garcia, L. (2013). *Escuela de Ingenieros Agronomos UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA*. Obtenido de <http://www.ingenieriarural.com/Hidraulica/Temas/Tema1.PDF>

- McCormac. (2002). Diseño de estructuras de acero. En McCormac, *Diseño de estructuras de acero* (pág. 704). Mexico: Alfaomega.
- Ministerio de Salud Pública. (2015). *Ministerio de Salud Publica del Ecuador*. Recuperado el 18 de Junio de 2015, de <http://www.salud.gob.ec/direccional-de-discapacidades/>
- Moradia, S. (20 de Junio de 2012). *Moradia Social*. Obtenido de <https://moradiasocial.wordpress.com/page/2/>
- MSP, C. Y. (2014). *Ministerio de Salud Pública*. Obtenido de <http://www.salud.gob.ec/>
- Murillo, E. (2015). *LAS ADAPTACIONES CURRICULARES PARA LA ATENCIÓN*.
- Ojeda, M. (2 de junio de 2011). *Tecnologiadelosplasticos*. Obtenido de <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/polipropileno.html>
- PISCIDAN. (2008). *PISCIDAN ACTIVIDADES ACUATICAS Y DEPORTIVAS*. Obtenido de [http://piscidan.es/\\_normativa.php](http://piscidan.es/_normativa.php)
- Presidencia de la República. (2012). <http://www.aduana.gob.ec/>. Obtenido de Ley orgánica de discapacidades: <http://www.aduana.gob.ec/archivos/Boletines/2012/LEY%20ORGANICA%20DE%20DISCAPACIDADES.PDF>
- Roemheld. (10 de 11 de 2015). *rohemheld hilma stark*. Obtenido de [http://www.roemheld-gruppe.de/fileadmin/user\\_upload/downloads/technische\\_informationen/Wisenswertes\\_Hydraulikzylinder\\_es\\_0212.pdf](http://www.roemheld-gruppe.de/fileadmin/user_upload/downloads/technische_informationen/Wisenswertes_Hydraulikzylinder_es_0212.pdf)

SERVIMEDIA. (14 de Noviembre de 2014). *Diario El Economista*. Obtenido de  
Discapacidad. el psoe pide un programa de accesibilidad en las piscinas  
públicas:

[http://ecodiario.eleconomista.es/sociedad/noticias/6245083/11/14/Discapacid  
ad-el-psoe-pide-un-programa-de-accesibilidad-en-las-piscinas-  
publicas.html#.Kku8NOGrIh439ic](http://ecodiario.eleconomista.es/sociedad/noticias/6245083/11/14/Discapacidad-el-psoe-pide-un-programa-de-accesibilidad-en-las-piscinas-publicas.html#.Kku8NOGrIh439ic)

SKF. (2006). *Catalogo General SKF*. Suecia: 6000 ES.

Suárez, M., & Blancas, C. (2001). *Recomendaciones higiénico sanitarias en Piscinas  
de uso colectivo*. Sevilla: Egondi Artes Gráficas, S.A.

TERNIUM. (2013). *Escuela de Educacion Tecnica San Nicolas*. Obtenido de EET6  
SAN NICOLAS:

[http://www.eet6sannicolas.edu.ar/biblioteca/alumnos/2%20polimodal/TX-  
TMP-0001%20MP%20Hidr%C3%A1ulica%20B%C3%A1sica.pdf](http://www.eet6sannicolas.edu.ar/biblioteca/alumnos/2%20polimodal/TX-TMP-0001%20MP%20Hidr%C3%A1ulica%20B%C3%A1sica.pdf)

Torres Dávila, M. S. (junio de 2004). *FLACSO ANDES*. Obtenido de

<http://www.flacsoandes.edu.ec/biblio/catalog/resGet.php?resId=16017>