

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACION DE UNA BOMBA DE  
SOGA

OSCAR JULIAN JAIMES BAYONA  
LUDWIN RAMON NIÑO CONEO



UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERIAS Y ADMINISTRACIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA - COLOMBIA

2010

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACION DE UNA BOMBA DE  
SOGA

OSCAR JULIAN JAIMES BAYONA  
LUDWIN RAMON NIÑO CONEO

Trabajo de grado para optar por el titulo de  
Ingeniero Mecánico

DIRECTOR  
ING. EMIL HERNANDEZ ARROLLO

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERIA Y ADMINISTRACIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA - COLOMBIA

2010

Firma del presidente de jurados

Firma del jurado

Nota de aceptación:

El documento presentado fue calificado  
y aprobado por los jurados del comité  
académico, bajo las normas vigentes  
de la universidad.

Firma del jurado

## DEDICATORIA

*“Dedico a Dios por la sabiduría otorgada y por ser el autor más entusiasta de mi sueño.*

*A mis padres Ramón y Shirley por su amor y constante fortaleza, apoyo y paciencia.*

*A mis hermanas Shirley y Andrea por sus ánimos.*

*A Sandra por su lealtad e incondicional compañía.*

*A mis amigos por ser mis principales aliados en lograr mi objetivo.”*

*Ludwing Niño Coneo*

## DEDICATORIA

*“A mi Señor, Jesús, quien me dio la fe, la fortaleza, la salud y la esperanza para culminar mi carrera.*

*A mis padres, Oscar Leonel y Elisa quienes me enseñaron desde pequeño a luchar para alcanzar mis metas. Mi triunfo es el de ustedes, ¡los amo!*

*A mis queridas hermanas, Erika Alexandra, Elizabeth Cristina y Yesica Melisa, quienes me brindaron su amor, su cariño, su estímulo y su apoyo constante. ¡Gracias!*

*A los que nunca dudaron que lograría este triunfo: a toda la familia quienes me han enseñado con su ejemplo a rebasar todas las barreras que la vida nos presenta, a querer ser mejor cada día, a entender que no hay nada imposible y que sólo hay que esmerarse y sacrificarse, si es necesario, para lograr las metas que nos planteamos.*

*A Salome, quien inicia a vivir, para que sea ejemplo a seguir.*

*A mis amigos, a Natalia por acompañarme y motivarme en esta etapa de mi vida.*

*Sin ustedes no hubiese podido hacer realidad este sueño”.*

Oscar Julián Jaimes Bayona

## AGRADECIMIENTOS

*“El buen desarrollo de este proyecto se debe a la colaboracion de personas, que desde distintos puntos de vista, complementaron la construccion optima del mismo.*

*Al ingeniero Emil Hernandez por su apoyo en la busqueda de las mejores soluciones a los problemas presentados durante el transcurso del desarrollo del proyecto.*

*A Ludwing casas por su colaboracion en la construccion de las partes cortadas y soldadas en el taller de mecanica.*

*A todos los profesores por el aporte dado durante toda la carrera, en especial a el ingeniero Miguel Angel Reyes ,al ingeniero Edwin Cordoba Tuta y al diseñador industrial Juan Manuel Arguello.*

*A todo el personal de mantenimiento que con su conocimiento nos colaboraron en la construccion de las base concreto en el pozo.*

*A todos nuestros compañeros de clases en especial a David Espeleta, Melvin Rojas, Carlos Jaimes, Camilo Gomez, Juan Sabogal, Julio Diaz, Diego Carvajal, Pablo Avellaneda y Yamile Quintero.”*

Julian y Ludwing

## LISTA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	15
2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
3	JUSTIFICACIÓN.....	17
4	OBJETIVOS.....	18
4.1	OBJETIVO GENERAL.....	18
4.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	18
5	MARCO TEORICO .....	20
5.1	BOMBAS HIDRAULICAS.....	20
5.1.1	BOMBAS VOLUMETRICAS O DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO.....	20
5.1.1.1	Bombas Rotativas .....	21
5.1.1.1.1	Bombas de pistón .....	21
5.1.1.1.2	Bombas de engranajes externos.....	22
5.1.1.1.3	Bombas de engranajes internos.....	23
5.1.1.1.4	Bombas lobulares .....	23
5.1.1.1.5	Bombas de tornillo .....	24
5.1.1.1.6	Bombas de aspas .....	25
5.1.1.1.7	Bomba de sogas .....	26
5.1.1.2	Bombas alternativas.....	29
5.1.1.2.1	Bombas de acción directa .....	29
5.1.1.2.2	Bombas de potencia.....	29
5.1.1.2.3	Bombas de potencia de baja capacidad .....	30
5.1.1.2.4	Bombas de diafragma .....	30
5.1.2	BOMBAS DINAMICAS O DE ENERGIA CINETICA.....	30
5.1.2.1	Bombas centrifugas.....	30
5.1.2.1.1	Bombas voluta.....	30
5.1.2.1.2	Bombas difusor.....	31
5.1.2.1.3	Bombas turbina .....	31
5.1.2.1.4	Bombas de flujo mixto y axial.....	32

6	MARCO CONCEPTUAL .....	33
6.1	Rodamientos .....	33
6.1.1	Rodamientos rígidos de bolas .....	34
6.1.2	Rodamientos de rodillos cilíndricos .....	34
6.1.3	Rodamientos de agujas .....	34
6.1.4	Rodamientos de rodillos cónicos .....	34
6.2	Polea.....	34
6.2.1	Polea fija .....	35
6.2.2	Polea móvil .....	35
6.2.3	Polea compuesta .....	35
6.3	PVC.....	36
6.4	El Caucho .....	37
6.5	Soga .....	38
7	Diseño.....	41
7.1	DISEÑO CONCEPTUAL .....	41
7.1.1	Sistema Motriz .....	41
7.1.2	Sistema de Transmisión .....	43
7.1.3	Poste.....	45
7.1.4	Tubería .....	46
7.1.5	Pistones .....	47
7.1.6	Soga .....	48
7.1.7	Soportes.....	49
7.1.8	Ejes .....	51
7.1.9	Rodamientos .....	52
7.1.10	Ruedas .....	53
7.1.10.1	Rueda Superior .....	53
7.1.10.2	Rueda Sumergida.....	53
7.1.11	Biela y manivela.....	54
7.2	DISEÑO BÁSICO .....	55
7.2.1	Sistema Motriz .....	55



7.2.2	Sistema de Transmisión.....	55
7.2.3	Ruedas.....	56
7.2.4	Ejes.....	56
7.2.5	Soga.....	56
7.3	DISEÑO DETALLADO.....	57
8	PRUEBA.....	58
9	ANALISIS DE DATOS.....	60
9.1	Eficiencia Volumetrica vs Caudal.....	60
9.2	Potencia VS caudal.....	62
9.3	Cabeza VS caudal.....	64
9.4	Eficiencia de la Bomba vs Caudal.....	67
10	CONCLUSIONES.....	70
11	RECOMENDACIONES.....	72
12	OBSERVACIONES.....	73
13	MANUAL DE USO.....	74
14	REFERENCIAS.....	75
15	ANEXOS.....	79
	ANEXO 1.....	79
	ANEXO 2.....	91
	ANEXO 3.....	94
	ANEXO 4.....	105

## LISTA DE GRAFICOS

GRÁFICO 1 BOMBA DE LEVA Y PISTON .....	21
GRÁFICO 2 BOMBA DE LEVA Y MULTIPISTON .....	22
GRÁFICO 3 BOMBA DE ENGRANAJES EXTERNOS .....	22
GRÁFICO 4 BOMBA DE ENGRANAJES INTERNOS .....	23
GRÁFICO 5 BOMBA DE LOBULOS.....	24
GRÁFICO 6 BOMBA DE TORNILLO .....	24
GRÁFICO 7 BOMBA DE ASPAS .....	25
GRÁFICO 8 BOMBA DE SOGA .....	28
GRÁFICO 9 DIAMETRO RECOMENDADOS DE POLEA Y TUBO DE SUBIDA .....	29
GRÁFICO 10 PROPIEDADES DE PVC .....	36
GRÁFICO 11 SISTEMA MOTRIZ .....	42
GRÁFICO 12 TABLA COMPARATIVA.....	43
GRÁFICO 13 SISTEMA TRANSMICIÓN .....	44
GRÁFICO 14 VALORES DE DISEÑO DE RUGOSIDAD DE TUBOS.....	46
GRÁFICO 15 PISTONES.....	47
GRÁFICO 16 PROPIEDADES FISICAS AISI 304 .....	49
GRÁFICO 17 SOPORTE INFERIOR .....	49
GRÁFICO 18 SOPORTE SUPERIOR .....	50
GRÁFICO 19 EJE SUPERIOR .....	51
GRÁFICO 20 EJE INFERIOR .....	51
GRÁFICO 21 PORCENTAJE DE ERROR INICIAL.....	58
GRÁFICO 22 EFICIENCIA VOLUMETRICA VS CAUDAL.....	61
GRÁFICO 23 POTENCIA HIDRÁULICA VS CAUDAL.....	63
GRÁFICO 24 CABEZA VS CAUDAL.....	66
GRÁFICO 25 EFICIENCIA DE LA BOMBA VS CAUDAL.....	68
GRÁFICO 26 CORTANTE EJE SUPERIOR Y-Z.....	81
GRÁFICO 27 MOMENTO EJE SUPERIOR X-Z.....	81
GRÁFICO 28 CORTANTE EJE SUPERIOR X-Z.....	82
GRÁFICO 29 MOMENTO EJE SUPERIOR Y-Z.....	82
GRÁFICO 30 CORTANTE EJE IMPULSOR Y-Z.....	85
GRÁFICO 31 MOMENTO EJE IMPULSOR Y-Z.....	86
GRÁFICO 32 CORTANTE EJE IMPULSOR X-Z.....	86
GRÁFICO 33 MOMENTO EJE IMPULSOR X-Z.....	87
GRÁFICO 34 RPM VS CAUDAL SOGA CON 18 PISTONES.....	102
GRÁFICO 35 RPM VS CAUDAL SOGA CON 36 PISTONES.....	103
GRÁFICO 36 RPM VS CAUDAL SOGA CON 72 PISTONES.....	104
GRÁFICO 37 SOGA .....	105

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1 DATOS EFICIENCIA VOLUMETRICA VS CAUDAL.....	60
TABLA 2 POTENCIA VS CAUDAL.....	63
TABLA 3 CABEZA VS CAUDAL.....	66
TABLA 4 EFICIENCIA DE LA BOMBA VS CAUDAL.....	68
TABLA 5 SOGA CON 18 PISTONES VARIANDO EL TIEMPO Y EL NUMERO DE VUELTAS 5,15,20,25 RESPECTIVAMENTE.....	90
TABLA 6 SOGA CON 36 PISTONES VARIANDO EL TIEMPO Y EL NUMERO DE VUELTAS 5,15,20,25 RESPECTIVAMENTE.....	91
TABLA 7 SOGA CON 72 PISTONES VARIANDO EL TIEMPO Y EL NUMERO DE VUELTAS 5,15,20,25 RESPECTIVAMENTE.....	92
TABLA 8 CALCULOS DE % ERROR PARA SOGA DE 18 PISTONES CON 5 VUELTAS.....	93
TABLA 9 CALCULOS DE % ERROR PARA SOGA DE 18 PISTONES CON 15 VUELTAS.....	93
TABLA 10 CALCULOS DE % ERROR PARA SOGA DE 18 PISTONES CON 20 VUELTAS.....	94
TABLA 11 CALCULOS DE % ERROR PARA SOGA DE 18 PISTONES CON 25 VUELTAS.....	95
TABLA 12 CALCULOS DE % ERROR PARA SOGA DE 36 PISTONES CON 5 VUELTAS.....	95
TABLA 13 CALCULOS DE % ERROR PARA SOGA DE 36 PISTONES CON 15 VUELTAS.....	96
TABLA 14 CALCULOS DE % ERROR PARA SOGA DE 36 PISTONES CON 20 VUELTAS.....	97
TABLA 15 CALCULOS DE % ERROR PARA SOGA DE 36 PISTONES CON 25 VUELTAS.....	97
TABLA 16 CALCULOS DE % ERROR PARA SOGA DE 72 PISTONES CON 5 VUELTAS.....	98
TABLA 17 CALCULOS DE % ERROR PARA SOGA DE 72 PISTONES CON 15 VUELTAS.....	99
TABLA 18 CALCULOS DE % ERROR PARA SOGA DE 72 PISTONES CON 20 VUELTAS.....	99
TABLA 19 CALCULOS DE % ERROR PARA SOGA DE 72 PISTONES CON 25 VUELTAS.....	100
TABLA 20 RPM VS CAUDAL SOGA CON 18 PISTONES.....	101
TABLA 21 RPM VS CAUDAL SOGA CON 36 PISTONES.....	101
TABLA 22 RPM VS CAUDAL SOGA CON 72 PISTONES.....	102

## **LISTA DE ANEXOS**

- ANEXO 1    Calculos
- ANEXO 2    Toma de datos
- ANEXO 3    Tablas de datos
- ANEXO 4    Planos

## **RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO**

**TITULO:** DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACION DE UNA BOMBA DE SOGA

**AUTOR(ES):** Oscar Julian Jaimes Bayona  
Ludwin Ramon Niño Coneo

**FACULTAD:** Facultad de Ingeniería Mecánica

**DIRECTOR(A):** Emil Hernandez Arroyo

### **RESUMEN**

#### **RESUMEN**

La bomba de sogá es una máquina hidráulica no convencional, que desplaza un fluido. Básicamente, consiste en una sogá donde se fijan pistones de caucho, que al ser impulsados dentro un tubo de PVC que baja hasta el nivel del agua, succiona el fluido para elevarlo hasta la superficie. Se diseñó, construyó e implementó la bomba en el lago de la Universidad Pontificia Bolivariana, Seccional Bucaramanga Colombia. El sistema no es comercial en el país, por lo que para su diseño y construcción fueron empleados conocimientos de múltiples áreas de la ingeniería mecánica. Su funcionamiento es completamente manual, por lo que este se encuentra en función de la potencia del usuario. Con las pruebas realizadas al prototipo, se graficó la potencia hidráulica, cabeza, eficiencia volumétrica y eficiencia de la bomba contra Caudal, concluyéndose, entre varias cosas, la viabilidad de este sistema, para plantearse, posteriormente, una metodología de construcción.

#### **PALABRAS**

#### **CLAVES:**

Bomba, sogá, Bomba de mecate, ingeniería mecánica, jirafa

**V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**

## **GENERAL SUMMARY OF THE DEGREE PROJECT**

**TITLE:** DESIGN, CONSTRUCTION AND IMPLEMENTATION OF A ROPE PUMP

**AUTHOR:** Oscar Julian Jaimes Bayona  
Ludwin Ramon Niño Coneo

**FACULTY:** Facultad de Ingeniería Mecánica

**DIRECTOR:** Emil Hernandez Arroyo

### **SUMMARY**

The rope pump is a non conventional hydraulic machine, which displace a fluid without adding energy. Basically, it consist in a rope with rubber pistons placed in the his length, when this elements gets boosted inside a PVC pipe that goes down until the water level, it generates suction on the fluid to elevate it until the surface. The rope pump was designed, build and implemented in the Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga's campus lake. The system isn't commercial in the country, because of that, to design and build it where used different areas of the mechanical engineering. His operation is completely manual, so the operation is in function of the user's power. With the experimental tests, it was plotted the hydraulic power, head, volumetric efficiency and pump's efficiency vs. flow, concluding, between different stuffs, system's viability, to provide, a construction methodology.

### **KEYWORDS :**

Pump, Rope, Rope Pump, Mechanical Engineering, Giraffe

**V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**

## 1 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de grado hace un recorrido en el diseño y construcción de una bomba sogá, que es un sistema utilizado para extraer agua del subsuelo u otra fuente de agua hasta la superficie o nivel deseado, con un mínimo de esfuerzo físico. Básicamente consiste en una sogá (lazo) autoenlazado o "sinfín", con "pistones" insertados en forma equidistante por medio del cual y accionándolo en "circuito cerrado", hace posible que el agua se introduzca entre pistones hasta la superficie en porciones continuas de agua. En este proceso serán tenidos en cuenta criterios de ingeniería para su fabricación, instalación y mantenimiento, los cuales conformaran una guía de conocimiento científico aplicado.

Al constituir una tecnología relativamente sencilla y de muy bajo costo(  $\pm$ \$1000.000 ), el usuario mediante sus propios recursos puede hacer uso de esta, generando a su vez resultados eficaces para propósitos agrícolas o ganaderos, para el riego a pequeña escala; así como para el abastecimiento de agua para la población en comunidades con deficiente suministro de agua.

## **2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Se observa que en Colombia todavía hay comunidades con carencia de suministro de agua por falta de energía eléctrica, lo cual dificulta la extracción de este recurso básico.

Además, los lugares que cuentan con fluido eléctrico y se encuentran en áreas rurales, cuentan con dificultades para el mantenimiento o reparación de estos elementos, puesto que dichos procesos son complejos en algunos casos.

Sin ser estos los únicos limitante para la consecución del preciado liquido, la bomba de sogas aparece como una solución ventajosa provee la extracción de agua ya sea en pozos o arroyos con un bajo costo de construcción, facilidad de manejo y de mantenimiento, que ayudará al mejoramiento de la calidad de vida.



### **3 JUSTIFICACIÓN**

La bomba de soga es un sistema que se ha venido utilizando en regiones del mundo donde las personas son muy necesitadas de agua tanto para el consumo humano como para los riegos y consumo animal, dicha bomba facilita la extracción de agua, ya sea en pozos o arroyos, ayudando al mejoramiento de la calidad de vida porque el sistema brinda un bajo costo de construcción, facilidad de mantenimiento y de manejo, donde en este último aspecto, inclusive mujeres y niños podrán hacer uso de esta sin realizar un mayor esfuerzo.

Así mismo, el aprovechamiento de los recursos naturales y promoción del uso de las energías limpias y renovables, fortalecen la necesidad de elementos de este tipo, donde se generó un impacto social positivo de gran magnitud.

## 4 OBJETIVOS

### 4.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar, construir, implementar y evaluar una bomba de soga mediante el cálculo y aplicación de las leyes que rigen la bomba de desplazamiento positivo y los sistemas de poleas, para determinar su comportamiento en diferentes condiciones de operación, con el fin de aportar nuevas alternativas limpias para solucionar el suministro de agua en lugares remotos donde no existe el suministro de energía eléctrica, bajo costo de operación y mantenimiento.

### 4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Realizar el diseño conceptual y de detalle de una bomba de soga.  
**Resultado:** Planos que contienen los diseños conceptual y de detalle y un documento con los cálculos requeridos. **Indicador:** Los planos y los cálculos están basados en las leyes de la hidráulica relacionadas con la bomba de desplazamiento positivo.

Construir una bomba de soga teniendo en cuenta las dimensiones teóricas obtenidas en los cálculos realizados. **Resultado:** bomba de soga. **Indicador:** La bomba de soga debe elevar el agua a una altura no inferior

de 4 metros, accionándose de forma manual y su eficiencia debe ser comparable a otros tipos de bombas.

Analizar el comportamiento de la bomba de sogá haciendo pruebas de funcionamiento con el modelo construido. **Resultado:** Documento que contiene curvas de desempeño de la bomba de sogá. **Indicador:** Análisis de las desviaciones comparando las curvas obtenidas experimentalmente con otras curvas que han resultado de estudios aceptados en el campo de la hidráulica.

## 5 MARCO TEORICO

### 5.1 BOMBAS HIDRAULICAS

La función principal de las bombas hidráulicas es adicionarle energía al fluido de trabajo para así, trasportarlo de un punto a otro, existen diferentes maneras de transportar fluidos por ejemplo en baldes, botellas, camiones cisternas, etc. Pero este tipo de transporte de fluidos no será tomado en cuenta ya que la función de las bombas es brindarle al usuario un proceso continuo compuesto por muchos elementos discretos.

Para el estudio de las bombas hidráulicas es fundamental tener en cuenta varias características de funcionamiento tales como **altura, caudal y presiones**.

Con dichas características de funcionamiento se pueden clasificar las bombas en dos tipos ya sea a presión constante o variable. [1]

#### 5.1.1 BOMBAS VOLUMETRICAS O DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO

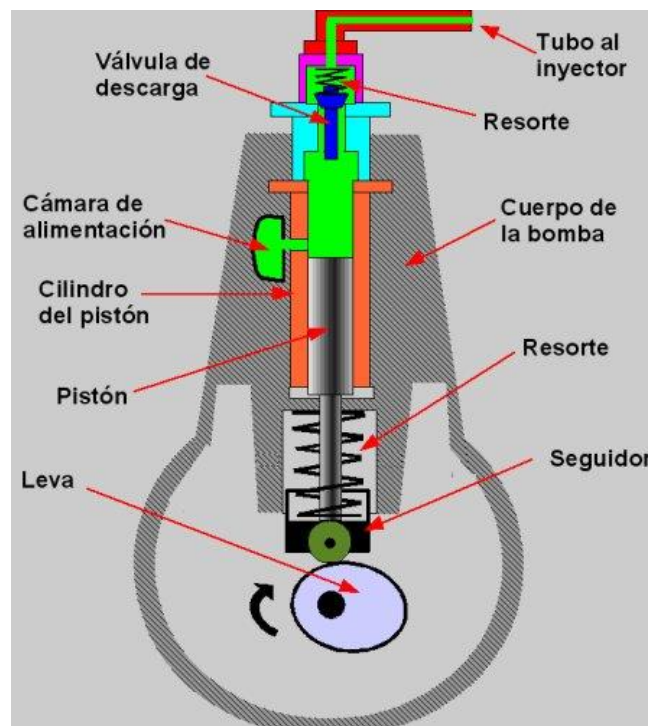
Cuando se habla de una bomba de desplazamiento positivo, eso quiere decir que por cada giro o movimiento del elemento impulsor se obtendrá un volumen o cilindrado fija, independientemente de la contrapresión que pueda tener el sistema a la descarga de la bomba. [2]

### 5.1.1.1 Bombas Rotativas

#### 5.1.1.1.1 Bombas de pistón

Cuando se habla de bomba de pistón(doble efecto),se debe tener en cuenta el movimiento alternativo ya que es el mas común para el funcionamiento de dichas bombas, en el momento cuando desciende el pistón, desplaza un volumen fijo de fluido por medio de una válvula cheque que me permite que el fluido ya desplazado no se devuelva ,y en el momento de subida del pistón, el termina de desplazar el fluido hacia fuera de la bomba y permite que un nuevo fluido ocupe el espacio de dicho pistón y así funcionar por n ciclos. [2][3][4]

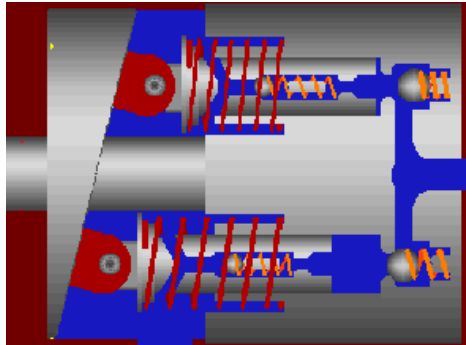
Gráfico 1 Bomba de leva y pistón



Fuente: <http://www.sabelotodo.org/automovil/imagenes/inyeccion/esquemaembolo.jpg>.

Diciembre 2009

Gráfico 2 Bomba de leva y multipiston



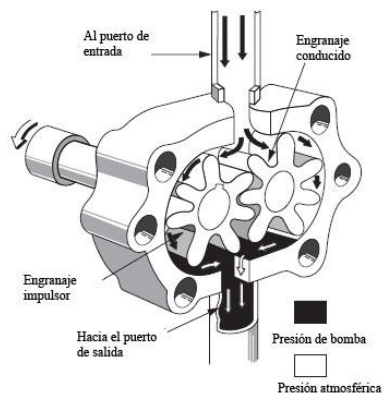
Fuente: <http://wwwdi.ujaen.es/~lina/webpeter/Nuevasimag/instal/WOBBLE.GIF>

Diciembre 2009

#### 5.1.1.1.2 Bombas de engranajes externos

Estas bombas hacen que el fluido se desplace mediante dos engranajes como su nombre lo dice, llevando entre diente y diente una cantidad de fluido fijo, este tipo de engranes tienen una tolerancia mínima entre los engranajes y la carcasa de tal manera que sea lo suficiente para auto sellarse y también para cumplir la función de válvula de alivio cuando se tiene una presión excesiva, permitiendo le pasar un poco del fluido por medio de los dos engranajes.[2][5]

Gráfico 3 Bomba de engranajes externos

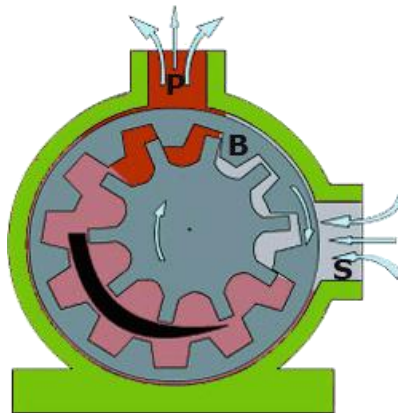


Fuente: <http://www.sapiensman.com/neumatica/images/bomba-de-engranajes.jpg>. Enero 2010

#### 5.1.1.1.3 Bombas de engranajes internos

Estas bombas tiene dos elementos fundamentales que son, la carcasa y el engranaje interno, los cuales tiene una forma especial ya que la cantidad de cavidades que contiene la carcasa es mayor que la cantidad de dientes del engranaje interno, el principio de funcionamiento es un poco enredado, entra el fluido por el canal de succión entre la la carcasa y el engranaje, el fluido es movido por medio de las cavidades del engranaje, y la presión del fluido se aumenta al final de la salida del fluido este tipo de bombas es muy similar al de la de engranajes externos con la diferencia de que el transporte de fluido se da con un solo engranaje.[2][5][6][7]

Gráfico 4 Bomba de engranajes internos



Fuente:[http://www.quiminet.com/imagen/engranaje\\_12.gif](http://www.quiminet.com/imagen/engranaje_12.gif). Enero 2010

#### 5.1.1.1.4 Bombas lobulares

Estas bombas son muy utilizadas en el campo de los ambientes ya que brindan una alta eficiencia y una buena resistencia a la corrosión, el principio de funcionamiento de las bombas de lóbulos es idéntico al de los engranajes externos a diferencia que los lóbulos tienen menos superficie en contacto con la carcasa lo que la hace una buena opción para transportar partículas mucho más grandes que cualquier otra bomba si dañarlos, gracias a las cavidades grandes que posee para el transporte del

fluido, pero tiene un inconveniente que no son tan eficientes para altas presiones . [2][5][6][8]

Gráfico 5 Bomba de lobulos



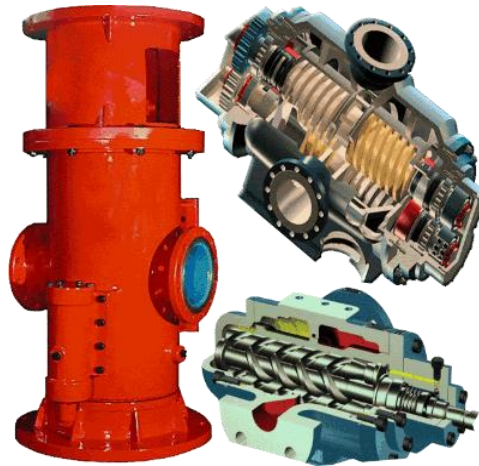
Fuente: <http://www.aguaslatinas.com/imagenes/borger10.jpg>. Febrero 2010.

#### 5.1.1.1.5 Bombas de tornillo

Las bombas de husillo o de tornillo son de flujo axial, de este tipo de bomba existen tres tipos, de un solo tornillo o rotor que el área de la sección transversal va disminuyendo hasta alcanzar la presión requerida, esta también la de dos rotores que se entrelazan entre sí al girar y van dentro de una carcasa mecanizada con ciertas tolerancias, y la de tres husillo, rotor o tornillo donde solo uno es el motriz y los otros dos son los conducidos y también van entrelazados entre sí.[2][5][6][9][10]

Gráfico 6 Bomba de tornillo



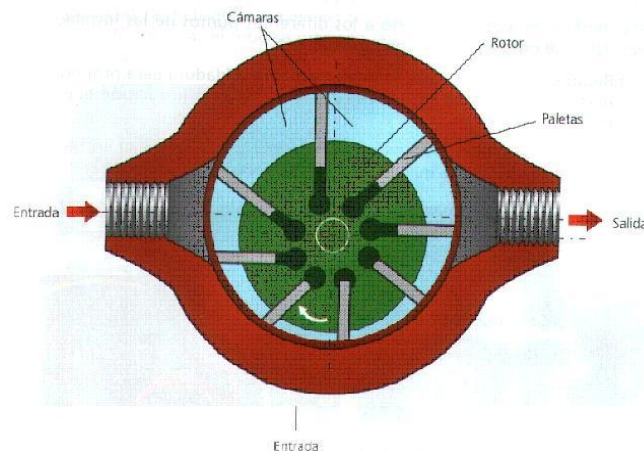


Fuente: [http://www.quiminet.com/imagen/tornillo\\_02.gif](http://www.quiminet.com/imagen/tornillo_02.gif). Febrero 2010.

#### 5.1.1.1.6 Bombas de aspas

Las bombas de aspas manejan el eje excéntrico y las paletas se contraen solas al irse disminuyendo la distancia del eje a la carcasa por la excentricidad, y de esta manera se presuriza progresivamente el fluido, el sellado de estas bombas se da por las mismas paletas que poseen un resorte que es la que garantizan el contacto en todo momento con el cuerpo de la bomba. [2][6][8]

Gráfico 7 Bomba de aspas



Fuente: [http://endrino.pntic.mec.es/~hotp0056/jl\\_amador/bombapaletas.jpg](http://endrino.pntic.mec.es/~hotp0056/jl_amador/bombapaletas.jpg). Febrero 2010.

#### 5.1.1.1.7 Bomba de sogá

La Bomba de sogá es un sistema utilizado para extraer agua del subsuelo u otra fuente de agua hasta la superficie o nivel deseado, con un mínimo de esfuerzo físico. Básicamente consiste en una sogá (lazo) autoenlazado o "sinfín", con "pistones" insertados en forma equidistante por medio del cual y accionándolo en "circuito cerrado", hace posible que el agua se introduzca entre pistones hasta la superficie en porciones continuas de agua.

La sogá se coloca alrededor de una rueda situada sobre el pozo. Los pistones que lleva amarrados son de plástico (hechos de cualquier material flexible como llanta) que pasan dentro de un tubo de PVC. La rueda se hace girar a mano, de forma que la sogá baje al pozo y vuelva a subir por el tubo.

Es una bomba de diseño simple y de operación sencilla, la cual constituye una tecnología apropiada por su bajo costo, sencillez, eficiencia y, sobre todo, porque su fabricación, instalación y mantenimiento pueden ser asumidos por el usuario mediante sus propios recursos, contribuyendo al desarrollo sostenible.

Sus usos son para propósitos agrícolas o ganaderos, para el riego a pequeña escala; así como para el abastecimiento de agua para la población en comunidades con deficiente suministro de agua.

#### Funcionamiento

La sogá asciende por un tubo de subida (PVC), pasa por una polea motriz y baja libre hasta la fuente de agua. En la parte inferior se coloca una guía que facilita la entrada de la sogá y los pistones en el tubo de subida. Entre los pistones y el diámetro interior del tubo de subida, existe una holgura mínima para disminuir el desgaste de los pistones y el interior del tubo.

Los pistones se mueven en una sola dirección y, cuando llegan arriba, el agua bombeada se desvía hacia el consumidor a través de una tubería de descarga, que se ensambla al tubo de subida, para recoger el agua que los

pistones bombean por el tubo, mientras la cuerda sigue dando vueltas. Al accionar la polea motriz, los pistones que ascienden por dentro de la tubería empujan la columna de agua hacia arriba por su parte superior, y succionan otra columna de agua por debajo.

La bomba de mecate se puede adaptar para ser accionada con bicicletas, molinos de viento, motores e incluso animales existiendo de esta manera varios tipos de bomba de mecate.

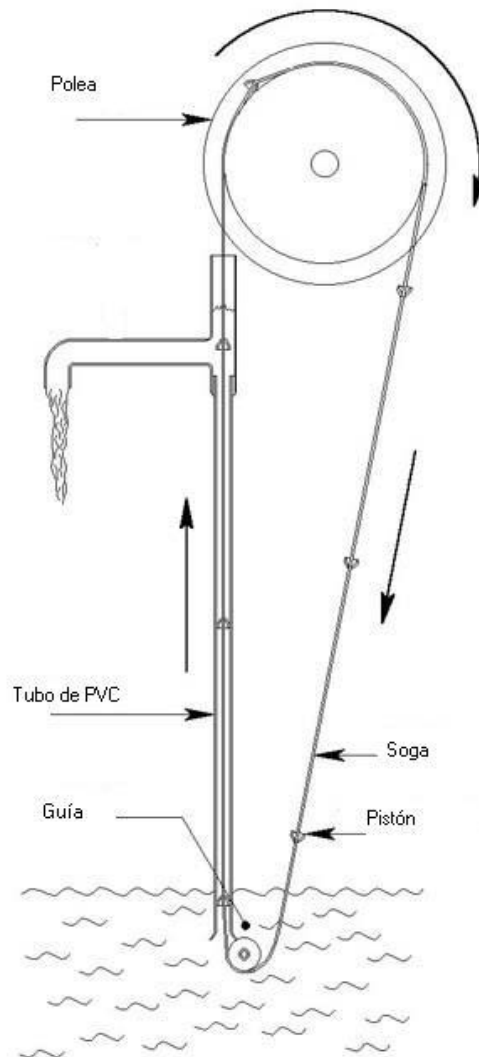
#### Ventajas

- Es de bajo costo, de fácil mantenimiento y fácil operación.
- Por su fácil manejo, la bomba puede ser utilizada por mujeres y niños.
- Su diseño puede adaptarse para ser accionada con motores, molinos de viento.
- Se puede extraer suficiente agua para almacenarla en tanques o recipientes y luego utilizarla.
- Todos los componentes de la bomba de Soga se encuentran fácilmente en cualquier comunidad: soga (lazo), llantas usadas y tubo de plástico.

Los componentes básicos [15][16][17][18]

1. Soporte
2. Polea.
3. Manivela.
4. Tubería de pvc
5. Pistones o tapones de plástico
6. Guías.
7. Soga.

Gráfico 8 Bomba de sogá



Fuente:

<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia19/HTML/articulo02.htm.marzo> .  
Marzo 2010.

Gráfico 9 Diámetro Recomendados de polea y tubo de subida

*Tabla 1. Diámetros recomendados de polea y tubo de subida.*

Diámetro del tubo de subida (mm)	12,7-19,05	19,05	38,1-50,8
Profundidad de bombeo (m)	15-40	5-15	hasta 5
Paso máximo entre pistones (m)	3	2	1,5
Caudal estimado de bombeo (L/s)	0,2-0,7	0,2-1	1-2

Fuente:

<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia19/HTML/articulo02.htm>.marzo .

Marzo 2010.

#### 5.1.1.2 Bombas alternativas

Las bombas alternativas son unidades de desplazamiento positivo que el volumen desplazado es la carrera por el área del cilindro y son unidades que por fugas o por arreglos para aliviar las sobrepresiones pierden parte del fluido total desplazado .se clasifican en :

##### 5.1.1.2.1 Bombas de acción directa

Las de acción directa se puede construir tanto simplex o dúplex , la diferencia es que el simplex son un pistón de vapor y una de liquido y el dúplex es el doble de cada uno, se caracteriza por la facilidad de ajuste de velocidad, capacidad y columna y además se puede decir que el flujo de estas no es continuo debido a que en los puntos muertos del pistón se genera una pulsación en la continuidad del flujo.

##### 5.1.1.2.2 Bombas de potencia

Las bombas de potencias son utilizadas frecuentemente para prensas hidráulicas, procesos de petróleo , etc.... también una característica de dichas bombas es la forma de construcción debido a que casi siempre se construyen verticales .

#### 5.1.1.2.3 Bombas de potencia de baja capacidad

se conocen también de volumen controlado y de proporción, su principal función es controlar el flujo de pequeñas cantidades de líquido para alimentar calderas u otros procesos industriales, lo cual las hace muy importantes y frecuentes en plantas industriales.

#### 5.1.1.2.4 Bombas de diafragma

Las bombas de diafragma son utilizadas en condiciones de altos caudales, también las bombas de diafragma son muy buenas para el bombeo de fluidos con sólidos o con sustancias que producen erosiones ya que el diafragma es de un material flexible no metálico.

### 5.1.2 BOMBAS DINAMICAS O DE ENERGIA CINETICA

Fundamentalmente consisten en un rodete que gira acoplado a un motor, mueve el fluido en el sentido de su rotación generando energía por razón a su movimiento pudiéndose variar dependiendo de la masa y resistencia de la línea de descarga. Entre ellas se sitúan las regenerativas, las especiales, las periféricas o de turbinas y una de las más importantes, las centrífugas.[11]

#### 5.1.2.1 *Bombas centrifugas*

##### 5.1.2.1.1 Bombas voluta

Aquí el impulsor descarga en una caja espiral que se expande progresivamente, proporcionada en tal forma que la velocidad del líquido se reduce en forma gradual. Por este medio, parte de la energía de velocidad del líquido se convierte en presión estática.

De voluta simple - La voluta de la bomba es de un solo labio el cual es fácil de moldear en fundición. Este tipo es usado esencialmente para bajas capacidades de bombeo donde el diseño de doble voluta se hace impartido debido a la relativa poca distancia del canal de la voluta.

De doble voluta - La voluta de la bomba dispone de dos labios ubicados  $180^\circ$  entre sí lo cual incrementa el balance entra cargas radiales, la mayoría de las bombas centrífugas contemplan este diseño. [2][12]

#### 5.1.2.1.2 Bombas difusor

Este tipo de bomba se caracteriza por poseer, fijas a la carcasa las paletas direccionadoras del flujo de agua que sale del impulsor, el que recorre el camino establecido por las paletas fijas, a lo largo de las cuales ocurre la transformación de energía cinética en energía de presión presentan el serio inconveniente de proporcionar el choque entre las partículas de agua a la entrada de difusor, cuando la bomba trabaja en un punto deferente al de diseño.[2]

#### 5.1.2.1.3 Bombas turbina

También se conocen como bombas de vórtice, periféricas y regenerativas; en este tipo consta de un cierto número de rodets montados en serie, de modo que el agua entra paralelamente al eje y sale en dirección radial.

La elevada energía cinética del agua a la salida del rodete se convierte en energía de presión por medio de una corona difusora formada por álabes directores divergentes. Un conducto en forma de S conduce el agua en sentido centrípeto hacia el ojo del rodete siguiente.

El proceso se repite en cada escalonamiento hasta llegar a la salida. Si se aplica un número suficiente de escalonamientos, puede llegarse a obtener una cota de 4.000 pies. De hecho, la cota máxima vendrá probablemente dictada por el costo de reforzamiento de la tubería más que por cualquier limitación de la bomba.[2][13]

#### 5.1.2.1.4 Bombas de flujo mixto y axial

La bomba de flujo mixto ocupa una posición intermedia entre la centrífuga y la de flujo axial. El flujo es en parte radial y en parte axial, siendo la forma del rodete acorde con ello. La trayectoria de una partícula de fluido es una hélice cónica. La cota que se consigue puede ser hasta de 80 pies por rodete, teniendo la ventaja sobre la bomba axial de que la potencia que ha de suministrar el motor es casi constante aunque se produzcan variaciones considerables de cota. La recuperación de la cota de presión se consigue mediante un difusor, un caracol o una combinación de ambos.

Las axiales son usadas cuando hay que bombear aguas pluviales, especialmente en aquellos casos en los que se debe bombear una gran cantidad contra una altura de elevación baja. La bomba se compone de una hélice de múltiples álabes-guías fijos por delante y por detrás del rodete, permiten la transferencia de energía mecánica del rotor líquido mientras éste pasa a través de los alabes en dirección axial. El impulsor tiene la forma de hélice de 2 a 6 aspas, por lo que estas bombas se llaman también de hélice.[2][14][15]



## 6 MARCO CONCEPTUAL

### 6.1 Rodamientos

La utilización de los rodamientos en maquinas alivian la fricción en los puntos de movimientos rotacionales. De acuerdo al uso a dar a los rodamientos se clasifican en varios tipos los cuales se utilizan dependiendo a su aplicación dada.

De acuerdo con el tipo de contacto que exista entre las piezas, el rodamiento puede ser deslizante o lineal y rotativo. El elemento rotativo que puede emplearse en la fabricación del rodamiento, pueden ser: bolas, rodillos o agujas. Los rodamientos de movimiento rotativo, según el sentido del esfuerzo que soporta, los hay axiales, radiales y axiales-radiales. Un rodamiento radial es el que soporta esfuerzos radiales, que son esfuerzos de dirección normal a la dirección que pasa por el centro de su eje, como por ejemplo una rueda, es axial si soporta esfuerzos en la dirección de su eje, ejemplo en quicio, y axial-radial si los puede soportar en los dos, de forma alternativa o combinada.

También se considera el diámetro de la flecha, para saber la cantidad de rodillo/esferas y la velocidad, es por ello que deben estar siempre lubricados (bañado) para que trabaje a altas velocidades. Los rodillos y bolas y las pistas tienen un tratamiento superficial para que no tengan ninguna deformación o imperfección ya que eso afecta mucho la eficiencia del rodamiento. En la aeronáutica el diseño de las pistas del rodamiento son mínimamente ovaladas y no redondo como lo conocemos, eso se hace para que al someterlo a cargas y altas velocidades se deforme y tome una circunferencia cuando está en operación.[22]

#### 6.1.1 Rodamientos rígidos de bolas

Robustos, versátiles y silenciosos. Pueden funcionar a altas velocidades y son fáciles de montar. Están lubricados de por vida y no necesitan mantenimiento son adecuados para cargas pesadas.

#### 6.1.2 Rodamientos de rodillos cilíndricos

Pueden soportar pesadas cargas radiales a altas velocidades tienen una geometría interna optimizada que aumenta su capacidad de carga radial y axial, reduce su sensibilidad a la desalineación y facilita su lubricación.. Están diseñados para cargas muy pesadas y velocidades moderadas.

#### 6.1.3 Rodamientos de agujas

Su baja sección transversal les hace adecuados para espacios radiales limitados. Pueden soportar cargas radiales pesadas. La amplia variedad de diseños, incluyendo rodamientos combinados para cargas radiales y axiales, permite unas disposiciones de rodamientos sencillas, compactas y económicas.

#### 6.1.4 Rodamientos de rodillos cónicos

Diseñados para pesadas cargas combinadas. Las excelentes relaciones de capacidad de carga/sección transversal proporcionan unas disposiciones de rodamientos económicas. Los rodamientos TQ-Line son menos sensibles a la desalineación y ofrecen una larga duración, gran fiabilidad y bajas temperaturas de funcionamiento. El diseño CL7C tiene una alta exactitud de giro y un bajo par de rozamiento.

### 6.2 Polea

Es un mecanismo cuya función consiste en transmitir fuerza por medio de una rueda y un cable el cual pasa por el centro de un canal que la rueda posee, con esta se puede cambiar la dirección de los mecanismos ya que

puede girar ambos sentidos (adelante-atrás), su velocidad puede variar de acuerdo a la fuerza aplicada. Existen diferentes tipos de estas tales como: fijas, móvil y compuestas.

#### 6.2.1 Polea fija

Este tipo de máquina cuelga de un punto fijo y aunque no disminuye la fuerza ejercida, que es igual a la resistencia, facilita muchos trabajos. La polea fija simplemente permite una mejor posición para tirar de la cuerda, ya que cambia la dirección y el sentido de las fuerzas. Por ejemplo, en un pozo se consigue subir un cubo lleno de agua de forma más cómoda para nuestra comodidad, tirando hacia abajo en vez de alzándolo.

#### 6.2.2 Polea móvil

En esta modalidad, la polea está unida al objeto y puede moverse verticalmente a lo largo de la cuerda. De este modo, la fuerza es mucho mayor, ya que la carga es soportada por ambos segmentos de cuerda (cuantas más poleas móviles tenga, menos esfuerzo se necesita para levantar un peso o varios). La fuerza que se emplea para alzar una carga es la mitad de la resistencia que ofrece la misma, aunque para ello se tenga que halar de la cuerda el doble de la distancia.

#### 6.2.3 Polea compuesta

Es también llamada polipasto, consiste en un arreglo de dos o más poleas en las cuales hay una fija y las demás están móviles, en este tipo de configuración la carga está atada al grupo móvil. [20]

### 6.3 PVC

La materia prima utilizada para la fabricación de tubos de presión es el cloruro de polivinilo (PVC) o el polietileno.

El primero de ellos, el PVC, debe ser puro en un 96 %, admitiendo únicamente en su composición colorantes, estabilizadores y materiales auxiliares.

El polietileno para la formación de tubos también tienen que ser puro, añadiendo un 2 % de negro de humo y un 0,3 % de colorantes, estabilizadores y materiales auxiliares. Ahora bien, el polietileno, según sea fabricado a alta presión o a baja presión, nos da un producto diferente, denominado el primero de baja densidad y el segundo de alta densidad, cuyas características son diferentes:

Gráfico 10 Propiedades de PVC

Densidad de	1,37 a 1,42 Kg/dm.3
Coefficiente de dilatación lineal de	0,000.060 a 0.000.080 m/°C/m.
Temperatura de reblandecimiento	> 80 °C.
Modulo de elasticidad a 20° C	> 28.000 Kg./cm.2
Tensión de rotura a tracción	> 500 Kg./cm.2
Peso especifico	0,940 gr./ml.
Coefficiente dilatación lineal	0,0002 a 0,00023 m/°C/m
Temperatura remblandeciente	100 °C
Módulo elasticidad a 20 °C	9.000 Kg./cm. <sup>2</sup>
Tensión de rotura a tracción	190 Kg./cm. <sup>2</sup>

Fuente: <http://www.terra.es/personal8/2501174/teoria/teo4.4.htm> Enero 2010

Clases, cloruro de polivinilo PVC, polietileno de baja densidad (blandos), de alta densidad (duros) y Polipropileno.

Estos tubos también se clasifican dentro de cada clase, por la presión máxima de trabajo, abarcando los de PVC, los valores de 2,5 - 4 - 6 - 10 y 16 Kg./cm.2. y los de polietileno 2,5 - 4 y 6 Kg./cm.2.

Los tubos de plástico, se obtienen, por lo general, por inyección-presión, es decir, haciendo pasar el material reblandecido por el calor, a través de una tobera calibrada al diámetro del tubo a obtener y también por extrusión, como variante del anterior procedimiento (una hélice impulsa de modo continuo el material reblandecido a través de una hilera).

También se construyen por colada en moldes y tubos estratificados, obtenidos a partir de una banda de papel o tejido impregnado en el material plástico, en varias capas, enrolladas en espiral.

Los tubos de PVC, por lo general, son rígidos, si bien, hay un tipo semi-rígido que viene en rollos.

Los de polietileno, tienen características diferentes, si son de baja densidad (blandos) los cuales son muy flexibles y manejables, y los de alta densidad (duros) que soportan mejor las altas temperaturas hasta 70°C, y en su calidad de "reforzados", pueden ser roscados, encontrándose todos ellos en rollos de hasta 200 m. de longitud. [24]

#### 6.4 El Caucho

Caucho, sustancia natural o sintética caracterizada por su elasticidad, repelencia al agua, y resistencia eléctrica. Se obtiene el caucho natural del fluido lácteo blanco llamado látex, hallado en muchas plantas; se produce caucho sintético de los hidrocarburos.

El caucho en su estado natural, se da como una suspensión coloide en látex de caucho. lo producen plantas, la más importante de estas plantas es el árbol Hevea, de la familia del spurge, que era una de las fuentes del original caucho Sur americano, comercialmente muy importante.

## Procesos de manufactura

- Extrusión

En este proceso se prensa el caucho a través de troqueles, haciendo tiras aplastadas, tubulares o de una forma determinada. Se emplea este proceso en la fabricación de tuberías, mangueras y en productos para sellar puertas y ventanas. También existen procesos de extrusión específicos para el revestimiento de fibras en forma de tubo para mangueras a presión.-

- Vulcanización

Una vez fabricados, la mayoría de los productos del caucho se vulcanizan bajo presión y alta temperatura. Muchos productos se vulcanizan en moldes y se comprimen en presas hidráulicas, aunque la presión necesaria para una vulcanización eficaz se puede conseguir sometiendo el caucho a la presión externa o interna del vapor durante el calentamiento. Algunos tipos de mangueras para jardinería están revestidas con plomo, y se vulcanizan haciendo pasar vapor a alta presión por la abertura de la manguera, comprimiéndose la manguera de caucho contra el plomo. Una vez acabado el proceso, el plomo se saca de la manguera y se funde para volverlo a usar. Del mismo modo se emplea el revestimiento de estaño para producir ciertos tipos de aislamiento eléctrico de alta capacidad.

## 6.5 Soga

- Tipos de cuerda

Las cuerdas pueden ser clasificadas de diversas formas, veamos algunas: POR SU MENA (Circunferencia), Cables o Maromas (Gruesas), Sogas (medianas) y Soguilla (Delgada). Las delgadas llamadas cuerdas, cordeles, cordinos o piolas, hasta llegar a los hilos..

Por el material de que están hechas

Pueden ser Naturales o Sintéticas:

- Fibras naturales

Los materiales más usados para sogas entre las fibras naturales son: Henequen (heneken), Manilla, Algodón y Sisal, de estos el mejor es el Henequen, que tiene una buena fuerza de tensión, así como gran resistencia a la abrasión y a agentes atmosféricos como ninguna sintética. Las desventajas que tiene es que es muy pesada, especialmente cuando está mojada, no es muy elástica, se pudre muy fácilmente y tiene que ser almacenada muy cuidadosamente.

- Fibras sintéticas

Como su nombre lo dice éstas son fibras formadas por el hombre por derivados de petróleo y carbón. No son absorbentes, no se pudren y tienen punto de fusión muy alto. El proceso de producción permite mejorar su fuerza, elasticidad y fineza. En general, el incremento de fuerza de una cuerda corresponde con la pérdida de su flexibilidad. Mayor fineza es asociada con mayor fuerza y flexibilidad pero menor resistencia en abrasión. Las fibras más comunes son polipropileno, nylon y polyester y recientemente se está usando el Kevlar.

- Cuerdas de kevlar

Su resistencia es igual al acero del mismo grosor. Son poco elásticas. Son resistentes al calor pero muy sensibles a la degradación solar. Se usan sobre todo en embarcaciones de lujo.

Cuerdas de poliéster (dracón)

Son resistentes a la luz solar, a la intemperie y a los productos químicos, aunque son de baja elasticidad son por el contrario muy resistentes a la tracción.

- Cuerdas de polietileno

Es la más débil de las fibras sintéticas, se utiliza en náutica.

- Cuerdas de polipropileno

Es resistente a los agentes atmosféricos, luz e hidrocarburos; ya que es la única cuerda de este género que flota bien, por lo que es mas frecuente en usos náuticos.

- Cuerdas de nylon (poliamida)

Estas fibras ofrecen excelentes características para cuerdas pues combinan resistencia y elasticidad permitiéndole absorber fuerzas de impacto mas eficientemente que algún otro tipo de material. No se pudre ni flota.

Resistencia de una cuerda de nylon

La resistencia de una cuerda es proporcional al cuadrado de su diámetro.

En las cuerdas de Nylon la resistencia es aproximadamente igual al diámetro en mm al cuadrado de la cuerda x 200 (en Newtons), así

$$\text{resistencia en newtons} = d^2 \times 200.[22]$$



## **7 Diseño**

### **7.1 DISEÑO CONCEPTUAL**

#### **7.1.1 Sistema Motriz**

Debido a que la Bomba de Soga va dirigida a los sectores con carencia de energía eléctrica, los motores de combustión interna y eléctricos no puede ser tomados como una alternativa, las energías renovables tales como; la energía eólica, aprovechada por los molinos de viento, los cuales requieren unas condiciones específicas (características del viento) que no se encuentran en cualquier lugar, por lo tanto no es una buena opción; la energía solar sería una buena opción pero su alto costo no permitiría su masiva implementación.

La potencia humana se puede aprovechar principalmente de dos formas: mediante mecanismos de manivela y pedal, debido a que el objetivo de esta no es elevar el liquido a grandes alturas, ni en gran volumen durante prolongados periodos de tiempo, no se requiere una gran fuerza por parte del usuario para su funcionamiento (estudios realizadas indican que la fuerza promedio que ejerce un humano es de 115N). Pensando en la simplicidad del sistema y de su mantenimiento, se decidió implementar la opción manual (biela 30cm a 60 rpm) descartando el pedal por su complejidad y costo. En la grafica 11 se puede observar el sistema seleccionado.

Gráfico 11 Sistema Motriz



Fuente: Oscar Jaimes Bayona y Ludwing Niño Coneo 2010

### 7.1.2 Sistema de Transmisión

Mediante la realización de una Grafico 12, donde se tuvo en cuenta el tipo de mantenimiento, costo de las diferentes transmisiones, efecto de las condiciones ambientales, efecto de la gran distancia entre ejes (cinco metros).

Gráfico 12 Tabla Comparativa

Tipos de transmisión	Costos	Mantenimiento necesario	Efecto de exposición a la intemperie	Efecto de distancia entre ejes
<b>Engranaje</b>	Alta	Lubricación	Elevado riesgo de corrosión	Incremento de elementos
<b>Banda Plana</b>	Medio	Ajuste Tensión	Deterioro en la superficie	Bajo pandeo
<b>Correa V</b>	Medio	Ninguno (falla)	Deterioro en la superficie	Giro sobre su eje
<b>Cadena rodillos</b>	Alto	Lubricación	Oxidación	Alto pandeo

Fuente: Oscar Jaimes Bayona y Ludwing Niño Coneo 2010

Se tomo la decisión de implementar en el sistema de bomba de sogas una transmisión de banda plana basada en los siguientes criterios:

Bajo costo (90mil pesos) y accesibilidad en el mercado.

Su mantenimiento es poco complejo en comparación con los demás sistemas; este consiste en ajustar su tensión variando levemente la distancia entre ejes.

Debido a su exposición al sol y agua su vida útil se reduce en gran medida.

Por la considerable distancia entre ejes, el aumento de la complejidad en la estructura y a fin de no elevar costos recurriendo a un mayor número de elementos, se descartan los sistemas combinados, trenes transmisión.

En la grafica 13 se puede observar el sistema seleccionado.

**Gráfico 13 Sistema transmisión**



Fuente: Oscar Jaimes Bayona y Ludwing Niño Coneo 2010

### **7.1.3 Poste**

Ya que la bomba de soga es de tipo jirafa, se evidencio que comercialmente son los tramos de tubería más largos que se consiguen en el mercado local por lo tanto la estructura iba tener 6 metros de altura. No fue menor, ya que se decidió aprovechar la distancia disponible, con longitudes de tubería entre 6 y 12 metros se desperdiciaría material. El material se selecciono ya que el acero galvanizado se puede conseguir en una gran variedad de diámetros, es resistente a la corrosión ocasionada por la exposición a la intemperie y posee buenas propiedades mecánicas. Se seleccionara un espesor de pared suficiente para que se pueda auto soportar y resistir las cargas a las cuales estará sometido.

#### 7.1.4 Tubería

La longitud de la tubería dependió del tamaño del poste y los criterios de selección de la tubería de PVC dependieron a 3 razón fundamentales:

Por su baja rugosidad (ver Grafico 14) es la mejor opción para el deslizamiento de los pistones dentro de la tubería, porque no es fácil que se produzcan incrustaciones de ningún tipo; desde el punto de vista hidráulico, es importante siendo la tubería que proporciona menores perdidas de carga.

Por consulta de fuentes bibliográficas anteriormente nombradas debido a su tamaña y profundidad del pozo. Por su bajo costo y facilidad de compra en el mercado de sus accesorios.

Gráfico 14 Valores de diseño de rugosidad de tubos

Material	Rugosidad $\epsilon$ (m)	Rugosidad $\epsilon$ (pie)
Vidrio	Liso	Liso
Plástico	$3.0 \times 10^{-7}$	$1.0 \times 10^{-6}$
Tubo extruido; cobre, latón y acero	$1.5 \times 10^{-6}$	$5.0 \times 10^{-6}$
Acero, comercial o soldado	$4.6 \times 10^{-5}$	$1.5 \times 10^{-4}$
Hierro galvanizado	$1.5 \times 10^{-4}$	$5.0 \times 10^{-4}$
Hierro dúctil, recubierto	$1.2 \times 10^{-4}$	$4.0 \times 10^{-4}$
Hierro dúctil, no recubierto	$2.4 \times 10^{-4}$	$8.0 \times 10^{-4}$
Concreto, bien fabricado	$1.2 \times 10^{-4}$	$4.0 \times 10^{-4}$
Acero remachado	$1.8 \times 10^{-3}$	$6.0 \times 10^{-3}$

Fuente: MOTT, Robert. Mecanica de fluidos, 6 ed, Mexico, D.F. (2006) Pearson, P. 235.

El diámetro de la tubería se obtuvo de las recomendaciones de la Grafica 14 tomando en cuenta a la profundidad de bombeo deseada del sistema.

Su limitada presión de trabajo, que prácticamente está limitada a 25 atmósferas.

### 7.1.5 Pistones

El caucho tiene buena resistencia al desgaste y a la fatiga por rozamiento, su resistencia al ozono le da mayor posibilidad de uso en la intemperie y el contacto continuo con el agua.

Por su alta flexibilidad.

Su diámetro se determina en dependencia del diámetro interior de la tubería de subida de forma tal que exista una holgura entre ellos para evitar el atascamiento o la excesiva fricción.

Tendrán forma de campana debido a que con esta geometría se facilitara el ingreso a la tubería a su velocidad de trabajo normal, sin desgaste excesivo de sus extremos.

El costo es un factor importante a tener en consideración, ya que la materia prima, su proceso de formado y geometría son muy variables de un material a otro, se deben estudiar esos factores entre los materiales resistentes a las condiciones de operación.

Gráfico 15 Pistones



Fuente: Oscar Jaimes Bayona y Ludwing Niño Coneo 2010

### **7.1.6 Soga**

El calibre de la soga se determinara debido al diámetro interior mínimo que podía soportar el pistón, el material será resistente al agua y el sol en un tiempo muy prolongado, es por esto que el nylon es la mejor opción calidad–costo y principalmente por comerciabilidad en el mercado local. El polímero es resistente en el tiempo y a la corrosión, puede ser más costoso inicialmente que otros materiales (soga sintética, cabuya, algodón), pero en el tiempo es la mejor opción.



### 7.1.7 Soportes

Ya que los soportes estarán expuestos a la intemperie se requiere un material con propiedades inoxidable como aluminio, bronce, acero galvanizado o acero inoxidable. Los soportes (ver grafica 17 y 18 )se construirán en tubería de acero inoxidable AISI 304 (ver grafica 16) debido a que, en comparación con los demás materiales, es el que ofrece mejores características como resistencia, costo, amplia gama en el mercado y estética.

**Gráfico 16 Propiedades físicas AISI 304**

ACERO 304 AISI Propiedades físicas	
PROPIEDAD	VALOR
Densidad	8000 kg/m <sup>3</sup>
Relación de poisson	0.29
Módulo de Young (elasticidad)	200 Gpa
Esfuerzo de fluencia a la tensión	215 Mpa
Esfuerzo ultimo a la tensión	505 Mpa

Fuente:<http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=abc4415b0f8b490387e3c922237098da>.

**Gráfico 17 Soporte inferior**



Fuente: Oscar Jaimes Bayona y Ludwing Niño Coneo 2010

**Gráfico 18 Soporte superior**



Fuente: Oscar Jaimes Bayona y Ludwing Niño Coneo 2010

### **7.1.8 Ejes**

Se necesitaran tres ejes (ver graficos 19 y 20), dos de los cuales estarán soportados en chumaceras y uno fijo, los materiales serán seleccionados con los mismos criterios que se usaron para la selección de los soportes.

**Gráfico 19 Eje Superior**

**Gráfico 20 Eje inferior**

### **7.1.9 Rodamientos**

El diseño de rodamientos depende de la naturaleza y magnitud de la carga y de la velocidad angular a la que se trabajara. Las cargas se analizan mediante esfuerzos de contacto. El cojinete de bolas tiene un área de contacto entre las esferas y las pistas muy pequeña, por lo que soporta cargas radiales no muy elevadas, mientras que los de rodillo tienen mayor área de contacto, lo que les permite soportar cargas de mayor magnitud relativamente al tamaño.

Ya que el sistema de ejes está sometido principalmente a cargas radiales y estas no son muy altas, los rodamientos cilíndricos son adecuados para este sistema, aunque los rodamientos tipo bola soportan las cargas axiales y radiales en el sistema, su costo es bajo con respecto a uno de rodillos con dimensiones similares, son más accesibles en el mercado local y su variedad de tamaños hacen a este la mejor opción de rodamiento. El diámetro de estos dependerán de los diámetros de los ejes.

## **7.1.10 Ruedas**

### **7.1.10.1 Rueda Superior**

Para la rueda superior se estudiaron principalmente tres opciones: conseguir una polea en V, fabricar una polea de diseño propio deseado, o adecuar un elemento que cumpla la función requerida. El costo de las primeras dos opciones era elevado y no se justificaba, además se estimó que la carga que incidiría sobre esta pieza no sería crítica (por consideraciones de funcionamiento), por lo cual se determinó incluir como rueda guía un rin de carretilla.

### **7.1.10.2 Rueda Sumergida**

La rueda sumergida en el agua debía ser muy resistente a la corrosión, entre las opciones seleccionadas por economía y propiedades mecánicas, se decidió incluir una rueda comercial de un material plástico.

### **7.1.11 Biela y manivela**

La biela y manivela que se utilizaron fueron las de una bicicleta convencional por su simplicidad de montaje y por su economía y también por que en el sistema no se maneja ninguna alta potencia que pueda hacer fallar ese mecanismo.

## 7.2 DISEÑO BÁSICO

### 7.2.1 Sistema Motriz

En estudios realizados se determinó que una persona tiene una fuerza de empuje promedio de 11,779 kgf, esto aproximadamente es 115,5 Newton, aplicando dicha fuerza a la manivela, obtenemos el torque al que está sometido el eje motriz (eje inferior), estimando una velocidad promedio de 60 rpm obtenemos la potencia suministrada por dicha persona, se especifica que esta velocidad y fuerza están sujetas a disminución a medida de que el tiempo transcurra por factores humanos tales como cansancio.

T=Torque

F=Fuerza

D=Distancia de biela

W=Velocidad Angular

$$T = F(N) \times D(m)$$

$$P = T (Nm) \times W(rad/s)$$

$$T = 115,5 \times 0,15 \rightarrow T = 28,875 Nm$$

$$P = 28,875 \times 60 \times \frac{2 \times \tau}{60} \rightarrow P = \mathbf{181,42Watt}$$

### 7.2.2 Sistema de Transmisión

Se compró la polea con el mayor diámetro posible que se encontró con los proveedores locales (3in), ya que haberla pedido a otra ciudad implicaba tres días de espera y costos adicionales. Se usó una relación 1:1 pues que el torque 28,875Nm es suficiente su óptimo funcionamiento.

### 7.2.3 Ruedas

Para la rueda superior se uso la de mayor diámetro (12in) que podíamos encontrar con las cualidades ya previamente dichas del mismo modo fue para la rueda inferior (9in).

Con estas longitudes y suponiendo que la sogas con los pistones se comportaran como una banda plana usamos la teoría de bandas planas logrando obtener las fuerzas que ejercen al sistema, ver ANEXO 1.

### 7.2.4 Ejes

Con el tipo de material ya previamente seleccionado y las fuerzas podemos observar en el ANEXO 1 los cálculos requeridos para hallar el diámetro mínimo de los ejes, los cuales son diámetro del eje superior  $d_{sup}= 14\text{mm}$  y el diámetro del eje inferior  $d_{inf}=13\text{mm}$ .

### 7.2.5 Soga

Con la dimensión de la sogas y el material se comprobara la resistencia. En las cuerdas de Nylon la resistencia es aproximadamente igual al diámetro en mm al cuadrado de la cuerda x 200 (en Newton), así:

$$\mathbf{Resistencia(N) = D(mm)^2 \times 200}$$

$$R = 6^2 \times 200 \rightarrow R = 7200N$$

Y para calcular en términos de masa lo que podría soportar dicha cuerda tenemos:

$$F = ma \text{ Para este caso } R = mg \rightarrow m(\text{Kg}) = \frac{R}{g \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)} = \frac{7200}{9,81} \rightarrow \mathbf{m = 733,9Kg}$$



### **7.3 DISEÑO DETALLADO**

Se detalla planos y fotos, que contienen el diseño final y sus principales características; dimensiones, materia y elementos de sujeción.

Ver ANEXO 2.

## 8 PRUEBA

Metodología de las pruebas

Para nosotros poder comenzar a realizar nuestras pruebas tuvimos que calcular que cantidad de pruebas se tenía que hacer con un 15% de porcentaje de error y un confiabilidad del 95% ( $z=1.96$ ), estos datos los estamos considerando nosotros mismo y el cálculo se hace así :

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2}{e^2}$$

$n$ = número de pruebas a tomar

$Z$ =nivel de confiabilidad 95% (1.96)

$\sigma$ = desviacion estandar

$e$ = error

**Gráfico 21 Porcentaje de error inicial**

V	vueltas	tiempo	caudal	desviación	0,025416123
7,25	15	14,37	0,504523312	Z	1,96
7	15	15,79	0,443318556	e	0,15
7,1	15	15,3	0,464052288		
		Q promedio	0,470631385	n	0,11029307

desviación	0,025416123
Z	1,96
n	11
e	0,009057382

Fuente: Oscar Jaimes Bayona y Ludwing Niño Coneo 2010

Como los resultados indicaron que se debería realizar menos de una prueba para un porcentaje de error del 15 %, se decidió tomar un  $n= 11$  y recalcular el porcentaje de error el cual fue de 0,9%, esto indica que si se realizan 11 pruebas los resultados obtenidos serán más confiables, para el cálculo del porcentaje de error se utilizara la siguiente fórmula:

$$\%error = \frac{Z \sigma}{\sqrt{n}} * 100$$

Donde

$error$ = porcentaje de error de las pruebas

$\sigma$ = varianza

$Z$ = nivel de confianza ( $z=1,96$ )

$n$ = numero de pruebas (11 pruebas )

Luego de realizada las pruebas y de haber analizado el porcentaje de error de los datos, se observo que el porcentaje de error de estos no supero el 4% .

Con estas pruebas se puede notar que a pesar de ser pruebas manuales, sus porcentajes de error para esas condiciones son bajos.

La medición del caudal, se realizo de una forma clásica y practica para nuestra aplicación, se tomo un balde el cual tenía medidas de volúmenes determinados y se utilizo un cronometro digital común para medir el tiempo en el cual el balde se llenaba de agua, con el fin de calcular el caudal.

Para las mediciones de rpm, se tuvo especial cuidado, ya que este valor influye en muchos datos del proyecto. El control de las rpm fue llevado a cabo por parte de la persona encargada de darle movimiento a la biela mediante el cumplimiento de un numero de revoluciones en un tiempo predeterminado.

## 9 ANALISIS DE DATOS

### 9.1 Eficiencia Volumetrica vs Caudal

$$V = \frac{N * 2 * \pi}{60} * R ; Q_{ideal} = A * V ; \eta_v = \frac{Q_{real}}{Q_{ideal}}$$

N = Velocidad Angular (rpm)

R = 0,15 m

A = 5,0670\*10e<sup>-4</sup> m<sup>2</sup>

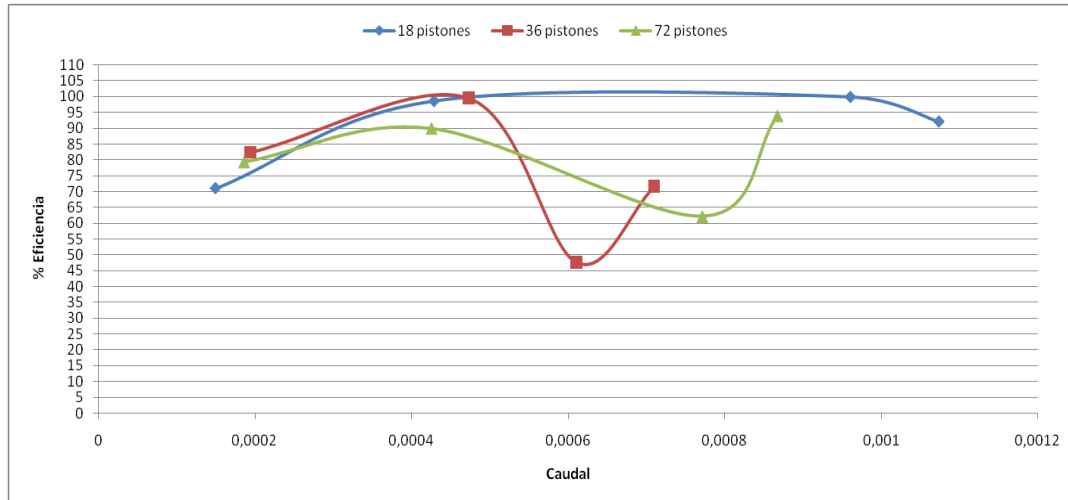
Despues de calcular la velocidad lineal con las rpm , se reemplaza ese Q en la formula de caudal ideal y por ultimo se utiliza ese Q ideal en la formula de eficiencia volumetricase dando los siguientes resultados.

**Tabla 1 Datos Eficiencia Volumetrica vs Caudal**

	N (rpm)	Velocidad (m/s)	Caudal Ideal (m <sup>3</sup> /s)	Caudal real (m <sup>3</sup> /s)	Eficiencia Volumetrica
18 pistones	26,5003393	0,41626733	0,000210923	0,000149751	70,99829761
	54,6103896	0,857819999	0,000434657	0,000428917	98,67930893
	120,729861	1,89642466	0,000960918	0,000960496	99,95600805
	146,355426	2,298951025	0,001164878	0,001073647	92,1681328
36 pistones	29,6486237	0,465720582	0,000235981	0,000194335	82,3519564
	59,6598488	0,937136906	0,000474847	0,000472696	99,54685721
	160,860661	2,52679927	0,001280329	0,000610161	47,6565934
	124,440584	1,954712693	0,000990453	0,000709701	71,65423715
72 pistones	29,4993886	0,463376396	0,000234793	0,000186243	79,32245467
	59,4491523	0,933827285	0,00047317	0,000425454	89,91557157
	155,974398	2,450045852	0,001241438	0,000771275	62,12750662
	116,0298	1,822596105	0,000923509	0,000867207	93,90343846

Fuente: Oscar Jaimes Bayona y Ludwing Niño Coneo 2010

Gráfico 22 Eficiencia Volumetrica vs Caudal



Fuente: Oscar Jaimes Bayona y Ludwing Niño Coneo 2010

Se puede observar en el grafico que la mejor eficiencia es 99,956 a 120 rpm coincidiendo con el caudal maximo presentado en todas las pruebas, adicionalmente es notable que la curva de eficiencia de las pruebas de 18 pistones tiene un comportamiento mas estable en comparacion con las otras pruebas.

Se puede observar que las mejores eficiencia se dieron en las frecuencias de 60 y 120 rpm independientemente que cantidad de pistones se tenga en la sogá .

Se puede observa que a mayor numero de pistones en la sogá es mas fluctuante la eficiencia volumetrica de la bomba, esto puede ser debido a las perdidas que se generan en la parte superior , causadas por que el fluido que no sale descarga entonces se pierde a la salida de la tubería por donde sale el piston.

Se observa que esta es una bomba donde la eficiencia volumetrica puede llegar alcanzar altos porcentajes a pesar que es propensa a tener muchas

perdidas por que el sello practicamente lo hace el mismo fluido y esto no garantiza que todo el fluido entre pistones llegue a la descarga.

## 9.2 Potencia VS caudal

Para poder calcular  $P_{hid}$  se debe primero que todo calcular las perdidas por tuberia que se realiza asi

$$H_p = f \frac{L \cdot v^2}{D \cdot 2g}$$

$f$  = factor de fricción

$L$  = longitud de la tuberia

$v$  = velocidad del fluido

$D$  = diametro de la tuberia

$g$  = gravedad

Luego de calcular  $H_p$  se obtiene el  $H_B$  de la siguiente manera

$$H_B = H_g + H_p$$

donde

$H_B$  = Altura de la bomba

$H_g$  = Altura geometrica de la bomba

$H_p$  = Perdidas por tuberia

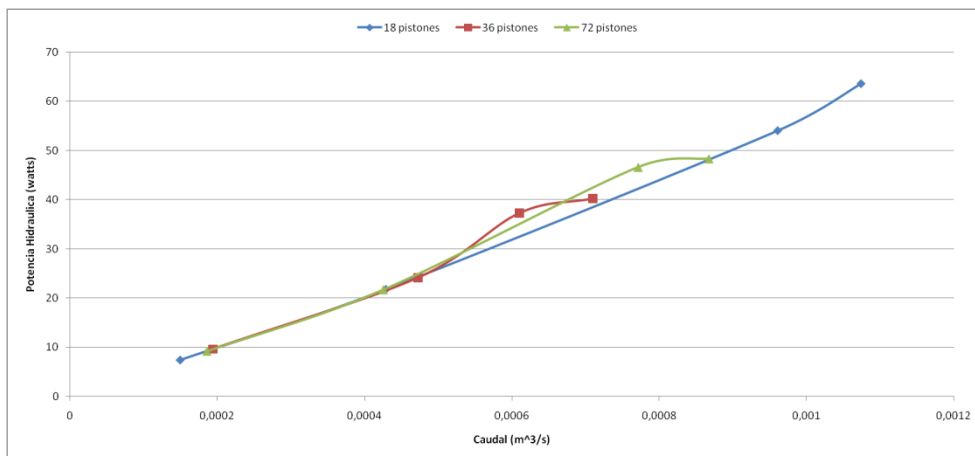
Ese  $H_B$  que se calculo anteriormente se reemplaza en la siguiente formula para calcular la potencia hidraulica y adicionalmente se utiliza en las graficas de cabeza vs caudal.

$$P_{hid} = \gamma^{hid} * H_B * Q_{real}$$

**Tabla 2 Potencia vs Caudal**

	Hb	Caudal real (m <sup>3</sup> /s)	Potencia Hidraulica (watts)
18 pistones	5,05148306	0,000149751	7,413377975
	5,18170373	0,000428917	21,78069958
	5,73849731	0,000960496	54,01565667
	6,04048871	0,001073647	63,55644043
36 pistones	5,06254415	0,000194335	9,641512208
	5,21225391	0,000472696	24,1453296
	6,23164993	0,000610161	37,26265245
	5,77935899	0,000709701	40,19587267
72 pistones	5,06199876	0,000186243	9,239087228
	5,21093744	0,000425454	21,72672701
	6,16564501	0,000771275	46,60297402
	5,68815525	0,000867207	48,34152583

**Gráfico 23 Potencia hidráulica vs Caudal**



Fuente: Oscar Jaimes Bayona y Ludwing Niño Coneo 2010

Se observa que con las tres cantidades de pistones el comportamiento es casi lineal y que tiene una pendiente positiva debido a que el caudal es directamente proporcional a la potencia entonces varia proporcionalmente.

De nuevo es claramente que el mejor comportamiento en cuanto a la potencia hidraulica es con 18 pistones que tiene un porcentaje mas de potencia con relacion a las otras dos.

Como esta potencia hidraulica depende del caudal de salida y a mayor cantidad de pistones el caudal disminuye por las perdidas de distintos indoles por eso son los resultados de potencia de 36 y 72 pistones inferiores a los de 18 pistones que no presenta casi perdidas.

### 9.3 Cabeza VS caudal

Se determina el numero de reynolds para poder determinar el factor de fricción

$$N_R = \frac{v * D}{\nu}$$

Donde

$N_R$  = Numero de reynolds

$\nu$  = Viscocidad cinematica

$D$  = Diametro de la tuberia

$V$  = Velocidad del fluido

$$f = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3,7 * (D/E)} + \frac{5,79}{N_R^{0,9}} \right) \right]^2}$$

Donde

$f$  = Factor de fricción



D= Diametro de la tubería

E=Rugosidad

$N_R$ = Numero de reynolds

$$H_p = f \frac{L \cdot v^2}{D \cdot 2g}$$

$f$ = factor de fricción

L=longitud de la tubería

$v$ =velocidad del fluido

D=diametro de la tubería

$g$ = gravedad

Luego de calcular es  $H_p$  se obtiene el  $H_B$  de la siguiente manera

$$H_B = H_g + H_p$$

Donde

$H_B$  = Altura de la bomba

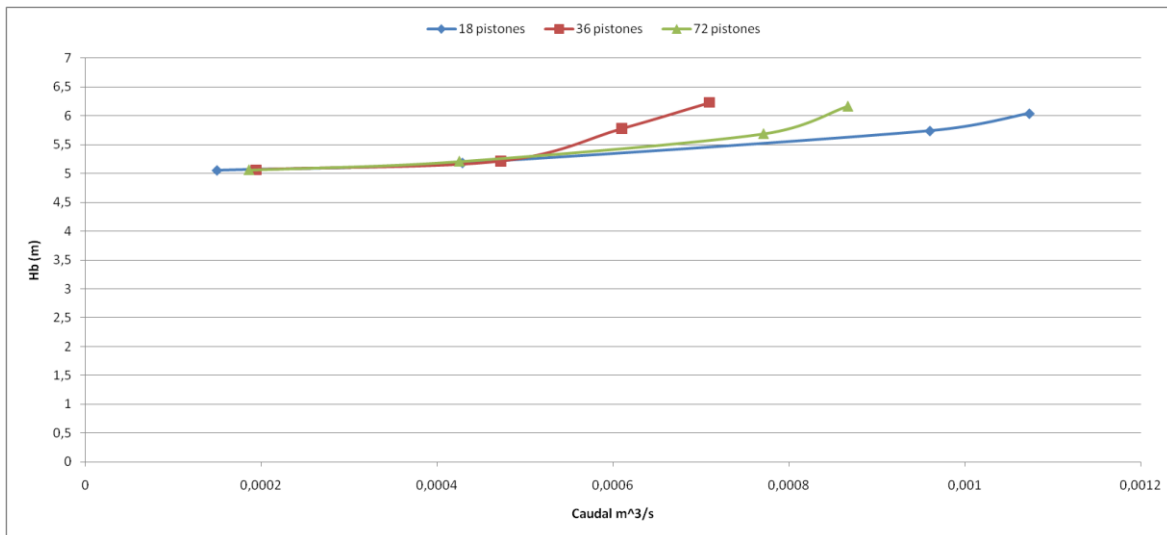
$H_g$  = Altura geométrica de la bomba

$H_p$  = Perdidas por tubería

**Tabla 3 Cabeza vs Caudal**

	N (rpm)	Velocidad (m/s)	# Reynolds	f	Caudal real (m <sup>3</sup> /s)	Hb (m)
18 pistones	26,5003393	0,41626733	11826,83465	0,029613001	0,000149751	5,05148306
	54,61038955	0,857819999	24372,06709	0,024611282	0,000428917	5,181703734
	120,7298612	1,89642466	53880,52167	0,020466352	0,000960496	5,738497314
	146,3554256	2,298951025	65316,95305	0,019621882	0,001073647	6,040488713
36 pistones	29,64862374	0,465720582	13231,8823	0,028740778	0,000194335	5,062544145
	59,65984884	0,937136906	26625,58993	0,024088642	0,000472696	5,212253907
	160,8606614	2,52679927	55536,57987	0,020329861	0,000610161	5,779358991
	124,440584	1,954712693	71790,4938	0,019226867	0,000709701	6,231649929
72 pistones	29,49938859	0,463376396	13165,28015	0,028779148	0,000186243	5,061998765
	59,44915233	0,933827285	26531,5582	0,024109226	0,000425454	5,210937438
	155,9743985	2,450045852	51782,93183	0,020647538	0,000771275	5,68815525
	116,0298004	1,822596105	69609,80384	0,01935444	0,000867207	6,165645008

**Gráfico 24 Cabeza vs Caudal**



Fuente: Oscar Jaimes Bayona y Ludwing Niño Coneo 2010

Se puede observar la grafica de cabezaVS caudal que la cabeza es casi constante, y esto fuera asi, si no tubieramos perdidas por tuberia en el sistema .

Las fluctuaciones que se presentan en las de 36 y 72 pistones son debido a que esta cabeza depende de las perdidas por tuberia y esto varia según las condiciones de trabajo que tengamos.

Tambien hay que tener ne cuenta que las comparaciones entre cantidades de pistones es lo mismo en cuanto a cabeza por que siempre tenemos las mismas rpm en todas las pruebas y las perdidas dependen del la velocidad del fluido y esto depende de las rpm por eso no varian entre una y otra.

#### 9.4 Eficiencia de la Bomba vs Caudal

Para la eficiencia de la bomba se calcula hallando la potencia de entrada de la siguiente manera

$$T=F *R$$

Donde

F=Fuerza en la sogá

R=Radio de la rueda

$$P_{ent}=T*W$$

Donde

$P_{ent}$ =potencia de entrada

T=torque

W=velocidad angular

Con esta  $P_{ent}$  se reemplaza en la siguiente formula para calcular la  $\eta_B$  asi

$$\eta_B = \frac{P_{hid}}{P_{ent}}$$

Donde

$\eta_B$ =Eficiencia de la bomba

$P_{Hid}$ =Potencia de hidraulica

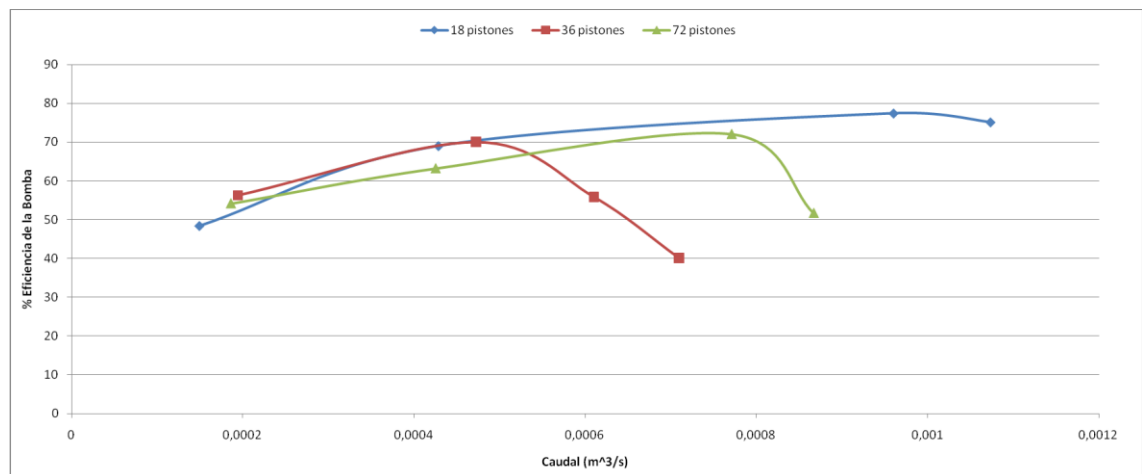
$P_{ent}$ =Potencia de entrada

**Tabla 4 EFICIENCIA DE LA BOMBA VS CAUDAL**

	N (rpm)	Potencia entrada (watts)	Potencia Hidraulica (watts)	Caudal real (m <sup>3</sup> /s)	% Eficiencia Bomba
18 pistones	26,5003393	15,31863773	7,413377975	0,000149751	48,39449894
	54,6103896	31,56777597	21,78069958	0,000428917	68,99662365
	120,729861	69,7884275	54,01565667	0,000960496	77,39916
	146,355426	84,6013977	63,55644043	0,001073647	75,12457496
36 pistones	29,6486237	17,13851741	9,641512208	0,000194335	56,25639593
	59,6598488	34,48663812	24,1453296	0,000472696	70,01357893
	160,860661	71,93342711	37,26265245	0,000610161	55,87926821
	124,440584	92,98621313	40,19587267	0,000709701	40,07330893
72 pistones	29,4993886	17,05225137	9,239087228	0,000186243	54,18104054
	59,4491523	34,36484408	21,72672701	0,000425454	63,22370314
	155,974398	67,07153665	46,60297402	0,000771275	72,07457626
	116,0298	90,16168734	48,34152583	0,000867207	51,68822301

Fuente: Oscar Jaimes Bayona y Ludwing Niño Coneo 2010

**Gráfico 25 Eficiencia de la Bomba vs Caudal**



Fuente: Oscar Jaimes Bayona y Ludwing Niño Coneo 2010

Se observa que nuevamente la curva de 18 pistones es la mas estable y por consiguiente la de mejor eficiencia de la bomba .

Se observa en las curvas que a bajos caudales se comportan muy similares y despues de 0.4 l/s empieza a caer considerablemente la de 72 pistones queriendonos decir que hay muchas perdidas en el sistema en general.

## 10 CONCLUSIONES

- Se hicieron los planos de la bomba de soga que contienen los diseños conceptual y de detalle y un documento con los cálculos requeridos (ver capítulo 8,9,10 y ANEXOS 1 y 4) .
- Se construyó e implementó una bomba de soga tipo jirafa, donde para los ejes se tomó un factor de seguridad de 5 y un eje de  $\frac{3}{4}$ " en el superior y en el inferior un factor de 3 y un diámetro de  $\frac{5}{8}$ " , que permitiera la extracción de agua en el pozo de la universidad pontificia bolivariana seccional Bucaramanga, Colombia, ubicado en el sendero ecológico después de las canchas, con el fin de oxigenar el agua para los peces . (ver ANEXO 1 y 4)
- Se elaboraron las curvas de desempeño de la bomba de soga caudal- eficiencia volumétrica ( $Q$  vs  $N_v$ ), caudal- potencia hidráulica ( $Q$  vs  $P_{hid}$ ), caudal- cabeza ( $Q$  vs  $H_B$ ) y caudal eficiencia de la bomba ( $Q$  vs  $N_B$ ); con los datos arrojados, se observó claramente que en las pruebas donde estaban presentes más pistones, se generaban más pérdidas por tubería y por la salida del pistón que alcanzaban arrastrar cierta cantidad de agua que no salía por la descarga. Adicionalmente se puede percibir que los puntos de operación de la bomba deberían ser los siguientes , a 59,6598 o 120,7298 rpm con 18 pistones en la soga, donde se presenta los

mejores valores de caudal (0,9604 L/s), eficiencia bomba(77,39%) y cabeza(5,7384 m) a 120,7298 rpm (ver análisis de datos).

- Se realizaron los respectivos cálculos del porcentaje de error, arrojándonos valores confiables y satisfactorios donde el menor porcentaje de error es 1 y el mayor es 4, concluyendo que a pesar de no tener los mejores instrumentos de medición se pudieron obtener datos confiables de trabajo. (ver metodología de las pruebas y ANEXOS 2 y 3)

## 11 RECOMENDACIONES

- Se recomienda tener instrumentos de medición más precisos para la toma de datos de las variables de volumen, tiempo, rpm que son fundamentales para los cálculos.
- Para la selección de materiales y de diámetros de tuberías y pistón es fundamental saber que características operacionales va a tener dicha bomba.
- Se recomienda utilizar materiales comunes en la construcción para que el mantenimiento lo pueda realizar cualquier persona, ya que se supone que es de fácil mantenibilidad.
- Para aplicaciones agrícolas de riego por gravedad se recomienda tener un tanque de almacenamiento, cuando se requiere un caudal mayor al de la bomba y así garantizar el caudal que se desea.



## 12 OBSERVACIONES

- Las condiciones de trabajo de la bomba de soga son variables por que se pueden modificar una cantidad de cosas tales como diametro de la tuberia de succion, diametro del piston , altura de la descarga , diametro de las poleas, material de los pistones, forma de los pistones, sistema de transmicion.
- Se debe tener en cuenta que las características de la bomba variaran según sea su contexto y condiciones de trabajo.
- Se determino que efectivamente es una bomba donde es posible que una persona con características de corpulencia pequeña es capaz de ejercer la fuerza minima requerido para el funcionamiento de dicha bomba .
- Se que analizo que esta bomba con las características de caudal que posee es muy buena por cortos lapsos de tiempo ya que hay que tener en cuenta el factor humano respecto al cansancio de la persona, por que el tiempo de funcionamiento va a depender de la resistencia fisica del que la utiliza.

## 13 MANUAL DE USO

- Introduzca la tubería de succión al soporte inferior.
- Introducir la soga con los pistones por la tubería de succión, haciéndola pasar por la polea inferior ó guía y por la polea superior o impulsora.
- Introducir el soporte inferior en el pozo, haciendo coincidir la tubería de succión con las abrasaderas de sujeción.
- Colocarle a la tubería de succión las abrasaderas que se encuentran en sus respectivos puestos.
- Hacer un nudo fuerte con los extremos de la soga, teniendo en cuenta que debe quedar suficientemente tensionada tal que tenga tracción con la polea superior y así poder darle movimiento a la soga con los pistones.
- Introducir la banda en sus respectivas poleas donde se va a mover.
- Ajustar todo los tornillos y tuercas del sistema.

## 14 REFERENCIAS

- [1] Soler, Manuel A, manual de bombas, Primera Edición, asociación española de fabricantes de bombas para fluidos 1992, Universidad Politecnica De Cataluña..  
01 diciembre 2009
- [2] [www.biblioagora.ucevalpo.cl](http://www.biblioagora.ucevalpo.cl)  
Bombas  
<http://biblioagora.ucevalpo.cl/docs/1045/Apuntes%20III%20BOMBAS.pdf>  
03 diciembre 2009
- [3] [www.hrs-spiratube.com](http://www.hrs-spiratube.com)  
Bomba de Pistón  
[http://www.hrs-spiratube.com/es/productos/bomba\\_de\\_piston.aspx](http://www.hrs-spiratube.com/es/productos/bomba_de_piston.aspx)  
05 diciembre 2009
- [4] [members.fortunecity.es](http://members.fortunecity.es)  
Hidráulica  
<http://members.fortunecity.es/100pies/mecanica/hidraulicapistones.htm>  
09 diciembre 2009
- [5] [www.mailxmail.com](http://www.mailxmail.com)  
Bombas de engranajes,capitulo III:bombas rotativas  
<http://www.mailxmail.com/curso-bombas-engranajes/bombas-rotativas-1>  
12 diciembre 2009
- [6] [www.sapiensman.com](http://www.sapiensman.com)  
Neumatica  
[http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica\\_hidraulica9-A.htm](http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica_hidraulica9-A.htm)  
04 enero 2010

[7]www. catarina.udlap.mx

Capitulo III, bombas de engranajes internos,

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lim/perez\\_r\\_a/capitulo3.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/perez_r_a/capitulo3.pdf)

05 enero 2010

[8] www.pumpschool.com

rotary pumping principles

[www.pumpschool.com/principles/lobe.htm](http://www.pumpschool.com/principles/lobe.htm)

12 enero 2010

[9] www.quiminet.com

principio de funcionamiento de las bombas de tornillo o rosca

[http://www.quiminet.com/ar2/ar\\_vcdadddsaadvcarml-principio-del-funcionamiento-de-las-bombas-de-tornillo-o-de-rosca.htm](http://www.quiminet.com/ar2/ar_vcdadddsaadvcarml-principio-del-funcionamiento-de-las-bombas-de-tornillo-o-de-rosca.htm)

18 enero 2010

[10] www.quiminet.com

las bombas de tornillo o rosca

[http://www.quiminet.com/ar0/ar\\_vcdadddsaadvcadddsa-las-bombas-de-tornillo-o-de-rosca.htm](http://www.quiminet.com/ar0/ar_vcdadddsaadvcadddsa-las-bombas-de-tornillo-o-de-rosca.htm).

22 enero 2010

[11] [13]www.quiminet.com

Clasificación de las bombas hidráulicas

[http://www.quiminet.com/ar8/ar\\_vcdadddsaadddsabcBu-clasificacion-de-las-bombas-hidraulicas.htm](http://www.quiminet.com/ar8/ar_vcdadddsaadddsabcBu-clasificacion-de-las-bombas-hidraulicas.htm)

27 enero 2010

[12] www.members.fortunecity.es

Bombas centrifugas

<http://members.fortunecity.es/bombaselectricas/Quesbomb.htm>

02 febrero 2010

[13] [www.monografias.com](http://www.monografias.com)

Bombas

<http://www.monografias.com/trabajos14/bombas/bombas.shtml>

04 febrero 2010

[14] [www.mitecnologico.com](http://www.mitecnologico.com)

Bombas axiales

<http://www.mitecnologico.com/iem/Main/BombasAxiales>

6 de febrero 2010

[15] [www.scn.org](http://www.scn.org)

Estudio de la bomba de mecate (Bomba de cuerda, bomba de sogá):

Ayudar a las comunidades a hacer cosas por sí mismas.

<http://www.scn.org/mpfc/modules/wat-ros.htm>.

9 de febrero 2010

[16] [www.cubasolar.cu](http://www.cubasolar.cu)

La bomba de sogá. Editorial CUBASOLAR.

<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia19/HTML/articulo02.htm>.

17 de febrero 2010

[17] [www.col.ops-oms.org](http://www.col.ops-oms.org)

Bomba de Mecate: Organización Panamericana de la salud

[http://www.col.ops-oms.org/saludambiente/guia-](http://www.col.ops-oms.org/saludambiente/guia-bombas.htm#Bomba%20manual%20de%20mecate)

[bombas.htm#Bomba%20manual%20de%20mecate](http://www.col.ops-oms.org/saludambiente/guia-bombas.htm#Bomba%20manual%20de%20mecate)

18 de febrero 2009

[18] [www.etvida.com.ar](http://www.etvida.com.ar)

Productos

<http://www.etvida.com.ar/proyectos.htm>

20 de febrero 2010

[19] Mataix, Claudio, Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas, Segunda

Edición, Oxford University, Oxford University Press.

25 de noviembre del 2009

[20] [www.demaquinas.blogspot.com](http://www.demaquinas.blogspot.com)

Principales mecanismos planos

<http://demaquinas.blogspot.com/2008/08/polea-una-polea-tambin-llamada-garrucha.html>

24 de febrero 2010

[21] [.clubdeexploradores.org](http://www.clubdeexploradores.org)

cabullería

<http://www.clubdeexploradores.org/pioncabulleria.htm>

25 febrero 2010

[22] [www.grupos.emagister.com](http://www.grupos.emagister.com)

Diseño de rodamientos

[http://grupos.emagister.com/debate/disenos\\_de\\_rodamientos/7228-644217](http://grupos.emagister.com/debate/disenos_de_rodamientos/7228-644217)

26 febrero 2010

[23] [www.terra.es](http://www.terra.es)

manual de fontanería

<http://www.terra.es/personal8/2501174/teoria/teo4.4.htm>

26 febrero 2010

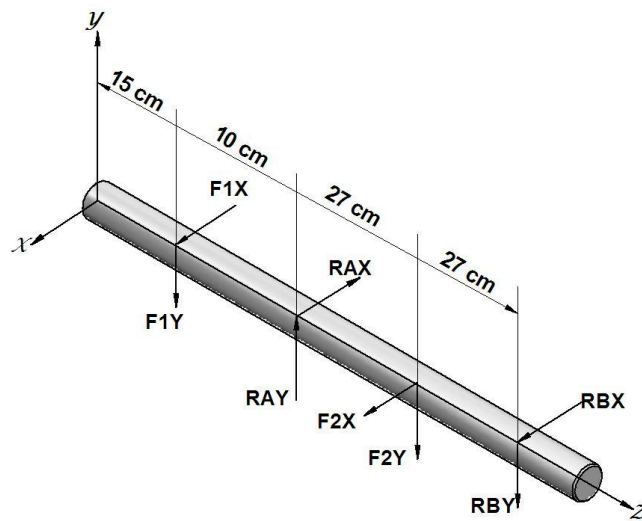
[24] MOTT, Robert, Mecánica de fluidos, 6 edición, México, D.F. (2006)

Pearson, P. 235.

26 febrero 2010

## 15 ANEXOS

### ANEXO 1



Eje superior

$$\sum M_y = -F_{1x}(0,2091) + R_{BX}(0,4232)$$

$$= -81,89(0,2091) + 0,4232 R_{BX}$$

$$= -16,549969 + 0,4232 R_{BX} = 0$$

$$R_{BX} = \frac{16,549969}{0,4232}$$

$$R_{BX} = 40,462 \text{ N}$$

$$\sum F_x = R_{AX} - F_{1x} + R_{BX} = 0$$

$$R_{AX} - 81,89 + 40,46 = 0$$

$$R_{AX} = 41,43 \text{ N}$$

$$\sum M_X = F_{1y} (0,2091) - R_{By} (0,4232) = 0$$

$$249,94 (0,2091) - 0,4232 R_{By} = 0$$

$$\frac{52,2624}{0,4232} = R_{By}$$

$$R_{By} = 123,49 \text{ N}$$

$$\sum F_Y = -R_{AY} + F_{1y} - R_{By} = 0$$

$$-R_{AY} + 249,94 - 123,49 = 0$$

$$R_{AY} = 126,446 \text{ N}$$

$$M_{\max} = \sqrt{26,439^2 + 8,6630^2} = 27,822 \text{ N-m}$$

$$d = \left( \frac{32(2)}{205 \text{ MPa} \cdot \pi} * \sqrt{4,401^2 + 27,822^2} \right)^{1/3}$$

$$d_{\text{sup}} = 0,014 = 14 \text{ mm}$$

Y al despejar la n con un diametro de  $\frac{3}{4}$ " da un factor de seguridad de 5.



Gráfico 26 Cortante eje superior Y-Z

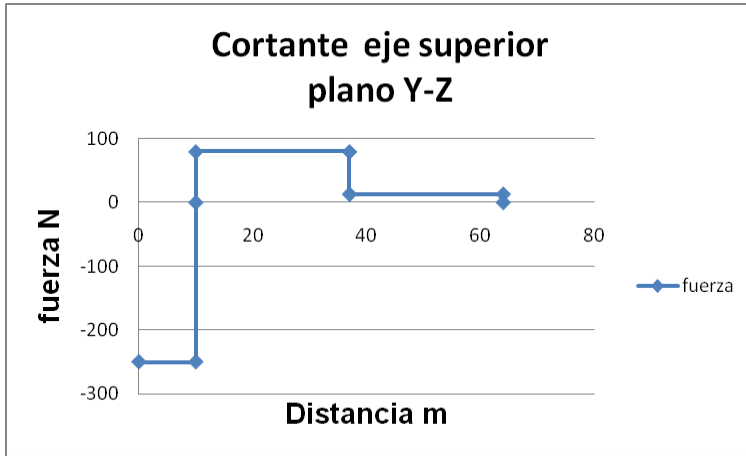


Gráfico 27 Momento eje superior X-Z

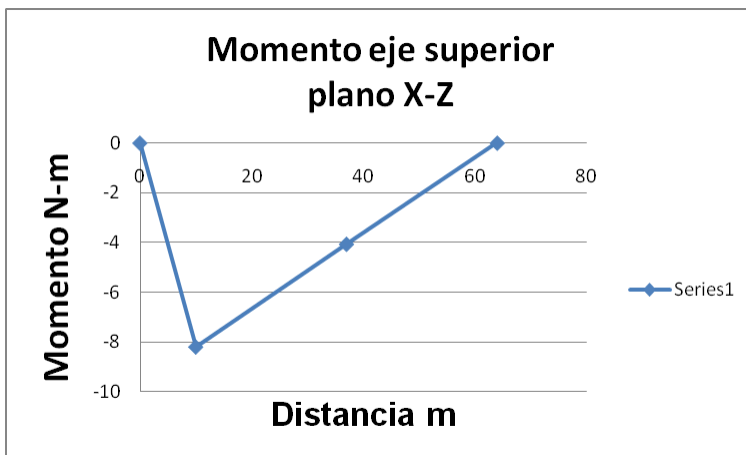


Gráfico 28 Cortante eje superior X-Z

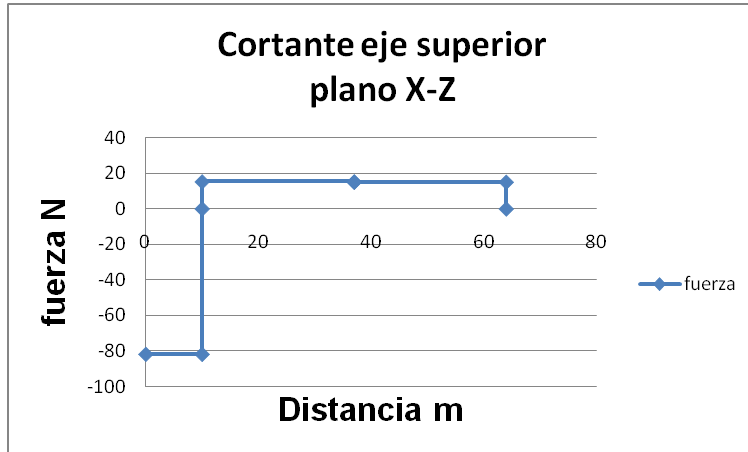
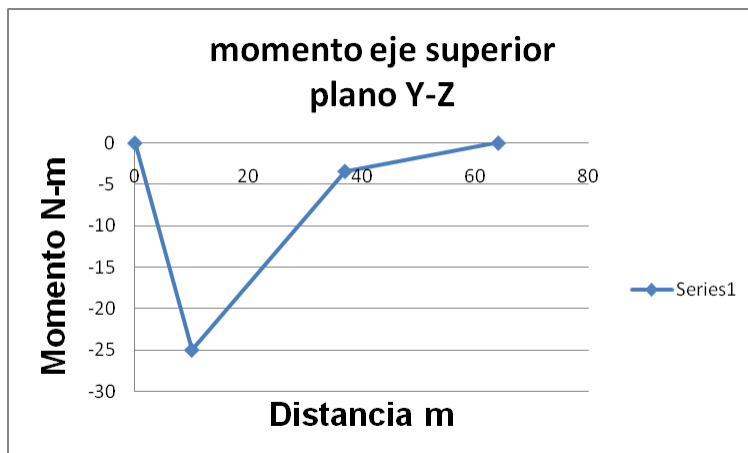
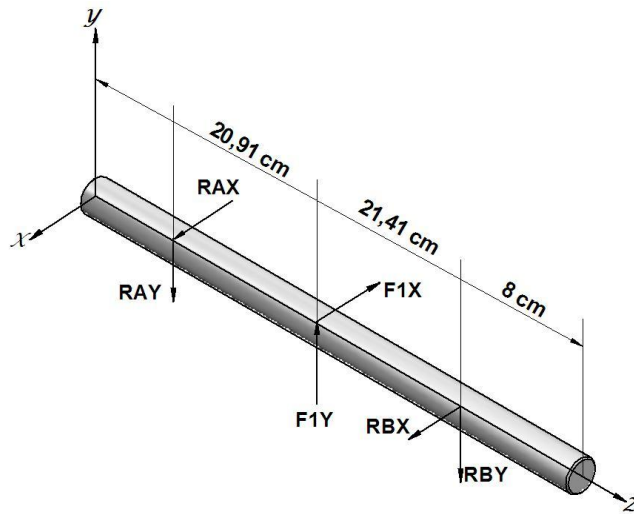


Gráfico 29 Momento eje superior Y-Z





### Eje inferior

$$\sum M_y = R_{AX}(0,1) - F_{2X}(0,37) + R_{BX}(0,64) = 0$$

$$R_{AX}(0,1) - 0,37(0,2054) + (82,0954 - R_{AX})(0,64) = 0$$

$$R_{AX}(0,1) - 0,075998 + (52,54105 - 0,64 R_{AX}) = 0$$

$$R_{AX}(0,1) - 0,64 R_{AX} + 52,465058 = 0$$

$$R_{AX} = \frac{52,465058}{0,54} = 97,15751 \text{ N}$$

$$R_{AX} = 97,15751 \text{ N}$$

$$\sum F_x = F_{1x} - R_{AX} + F_{1x} - R_{BX} = 0$$

$$81,89 - R_{AX} + 0,2054 - R_{BX} = 0$$

$$82,0954 - R_{AX} = R_{BX}$$

Reemplazamos  $R_{AX}$

$$82,0954 - 97,15751 = R_{BX}$$

$$R_{BX} = 15,0621 \text{ N}$$

$$\sum Mx = R_{Ay}(0,1) - F_{2Y}(0,37) + R_{By}(0,64) = 0$$

$$R_{Ay}(0,1) - 24,593345 + R_{By}(0,64) = 0$$

$$R_{Ay}(0,1) - 24,593345 + (0,64)(316,4085 - R_{Ay}) = 0$$

$$R_{Ay}(0,1) - 24,593345 + 202,50144 - 0,64 R_{Ay} = 0$$

$$R_{Ay} = 177,9080 / 0,54$$

$$R_{Ay} = 329,4594 \text{ N}$$

$$\sum F_y = F_{1y} - R_{Ay} - F_{2x} - R_{By} = 0$$

$$-249,94 + R_{Ay} - 66,4685 + R_{By} = 0$$

$$R_{Ay} + R_{By} = 316,4085$$

$$R_{By} = 316,4085 - R_{Ay}$$

$$R_{By} = 316,4085 - 329,4594$$

$$R_{By} = -13,050$$

$$R_{By} = 13,050 \text{ N}$$

$$M_{\max} = \sqrt{24,994^2 + 8,189^2} = 26,30 \text{ N-m}$$

$$D_{\text{inf}} = \left( \frac{32(2)}{205 \text{ MPa} * \pi} * \sqrt{4,401^2 + 26,30^2} \right)^{1/3}$$

$$D_{\text{inf}} = 0,013 = 13 \text{ mm}$$

Y al despejar la n con un diametro de 5/8" da un factor de seguridad de 3.

Gráfico 30 Cortante eje impulsor Y-Z

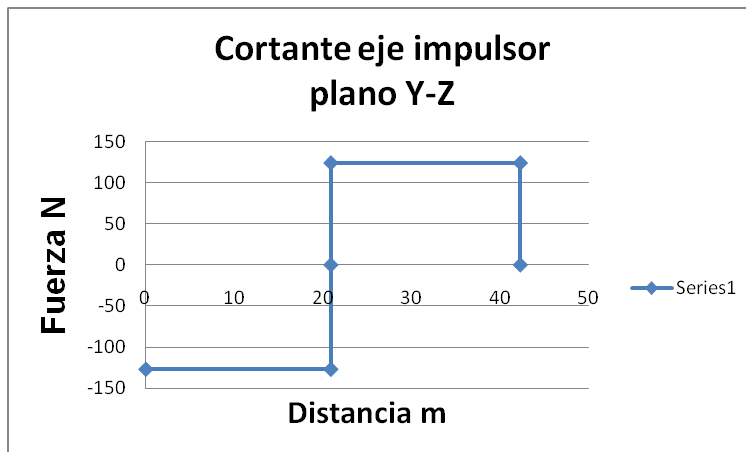


Gráfico 31 Momento eje impulsor Y-Z

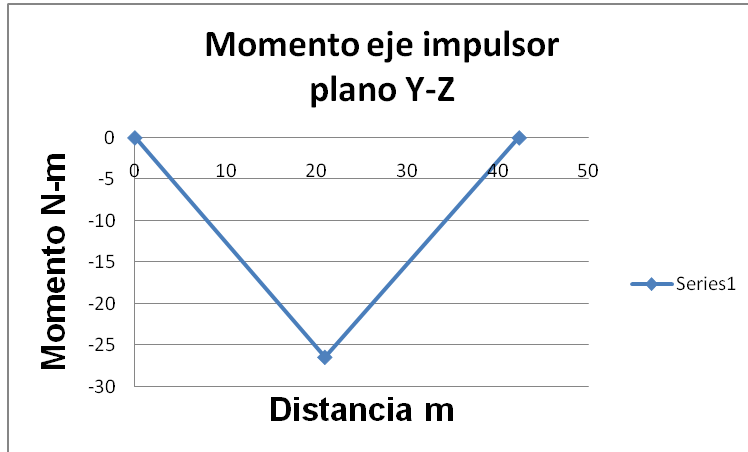


Gráfico 32 Cortante eje impulsor X-Z

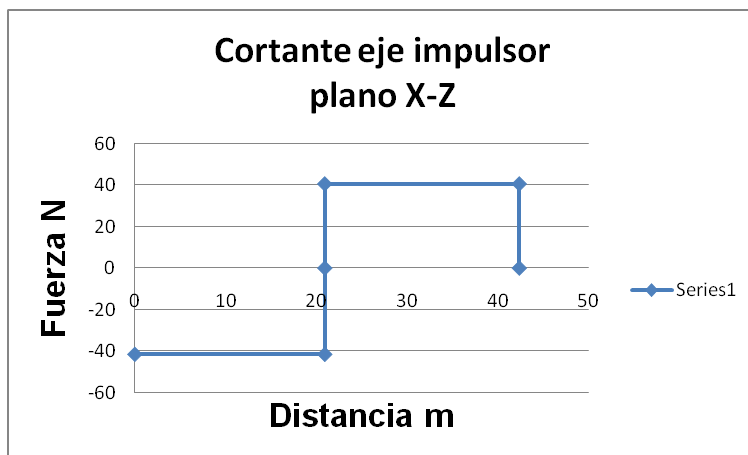
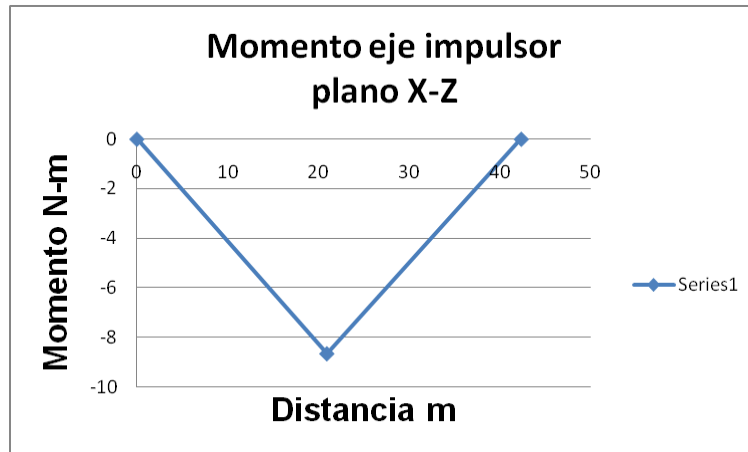
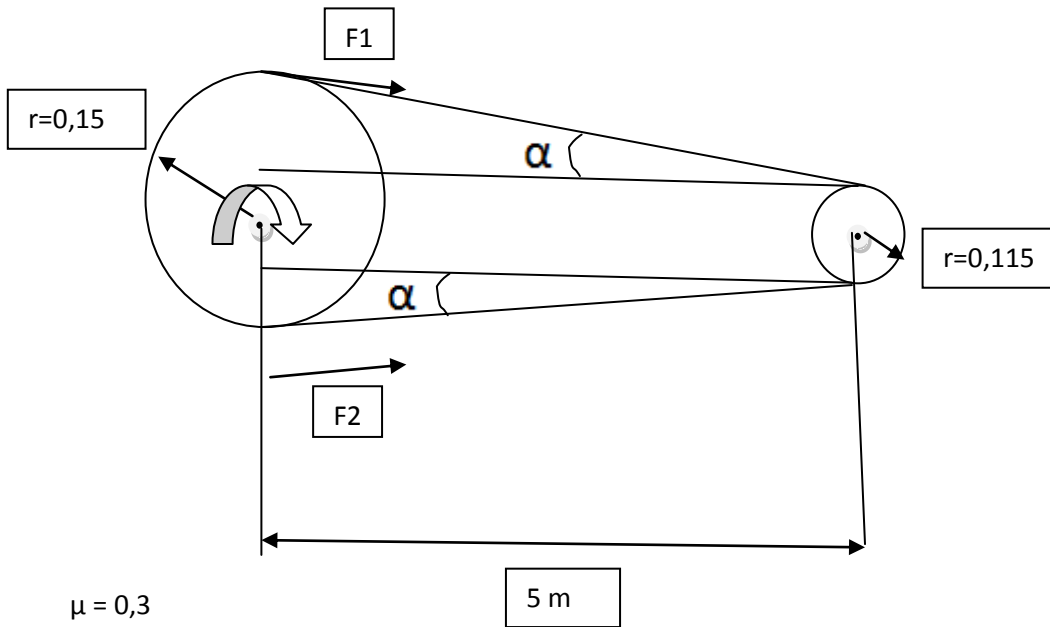


Gráfico 33 Momento eje impulsor X-Z



Poleas



$$\mu = 0,3$$

$$\alpha = \sin^{-1} \left( \frac{0,15}{0,115} \right) = 0,4011$$

$$\Phi = 180 + 2 \alpha$$

$$\Phi = 180,802$$

$$F_1 = F_2 \left( e^{0,3(180,802)\pi/180} \right)$$

$$F_1 = F_2 2,58$$

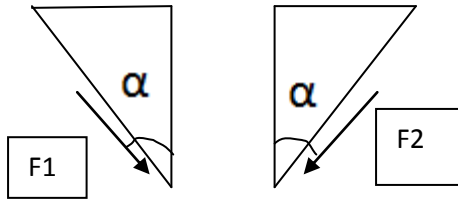
$$4,401 = (F_1 - F_2) 0,15$$

$$F_1 - F_2 = 29,34$$

$$F_2 = 18,567 \text{ N}$$

$$F_1 = 47,904 \text{ N}$$

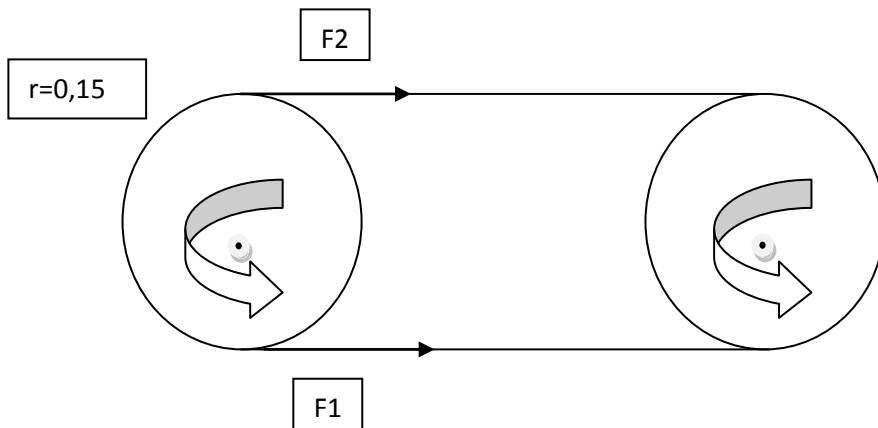
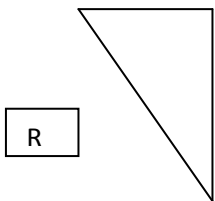




$$F_{1x} = 0,3353\text{N} \quad F_{2x} = 0,1299$$

$$F_{1y} = 47,902\text{N} \quad F_{2y} = 18,5665$$

$$F_x = 0,2054\text{N} \quad F_y = 66,4685\text{N}$$



$$F_1 = F_2 [e^{0,3 * \pi}]$$

$$F_1 = 2,566 * F_2$$

$$F=(F_1-F_2)$$

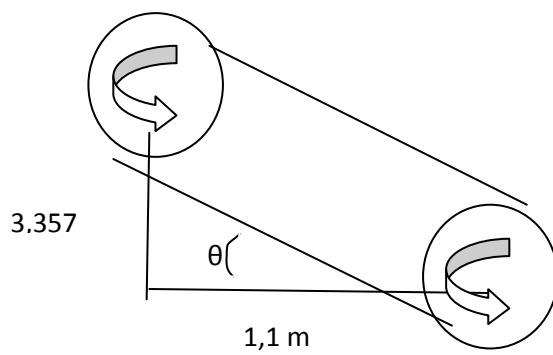
$(F_1-F_2)=115,5$  capacidad de una persona promedio

$$F_1= 189,25N \quad F_2=73,754N$$

$$F_r=263,011N$$

$$T=115,5 (0,0381)$$

$$T= 4,401 \text{ N-m}$$



$$\theta = 71,86^\circ$$

$$\chi^m = 18,14$$

$$F_y=249,94N$$

$$F_x= 81,89N$$

## ANEXO 2

### Tablas toma de datos

Tabla 5 Soga con 18 pistones variando el tiempo y el numero de vueltas 5,15,20,25 respectivamente

	Tiempo (segundos)	Volumen (litros)		Tiempo (segundos)	Volumen (litros)
1	10,61	1,8	1	14,06	6,4
2	10,8	1,5	2	14,08	6,8
3	11	2	3	14,37	6,2
4	11,07	1,8	4	14,8	6,4
5	11,07	1,8	5	14,9	6,5
6	11,09	1,75	6	15,04	6
7	11,21	1,9	7	15,05	6,35
8	11,76	1,25	8	15,09	6,5
9	11,9	1,6	9	15,17	6,4
10	12,11	1,5	10	15,41	6,2
11	12,16	1,7	11	16,09	6,5

	Tiempo (segundos)	Volumen (litros)		Tiempo (segundos)	Volumen (litros)
1	9,38	9	1	9,87	10,5
2	9,71	9,5	2	10,01	10,4
3	9,72	10,5	3	10,14	10,9
4	9,91	9,4	4	10,17	11,1
5	10	9	5	10,23	11,1
6	10,01	9,1	6	10,28	11
7	10,03	12	7	10,3	10,9
8	10,03	9,5	8	10,31	11
9	10,06	9,2	9	10,44	11,5
10	10,12	8,8	10	10,44	11,5
11	10,44	9	11	10,59	11,2

Tabla 6 Soga con 36 pistones variando el tiempo y el numero de vueltas 5,15,20,25 respectivamente.

	Tiempo (segundos)	Volumen (litros)
1	8,7	2,5
2	9,28	2
3	9,66	2,1
4	9,8	2,3
5	9,85	1,6
6	10,02	1,75
7	10,15	2
8	10,46	2
9	11,13	1,8
10	11,39	2
11	11,66	1,4

	Tiempo (segundos)	Volumen (litros)
1	13,69	7,5
2	14,25	6,9
3	14,65	7,5
4	14,65	7,1
5	15,3	6,9
6	15,48	6,8
7	15,48	7,5
8	15,48	6,8
9	15,68	6,5
10	15,8	7,4
11	15,82	7,5

	Tiempo (segundos)	Volumen (litros)
1	9,16	6
2	9,25	6,75
3	9,44	6,6
4	9,55	6,4
5	9,59	6,7
6	9,66	7
7	9,73	6,75
8	9,77	7,5
9	9,85	6,9
10	9,98	7,3
11	10,19	7,5

	Tiempo (segundos)	Volumen (litros)
1	8,98	5,8
2	9,01	5,4
3	9,03	5,4
4	9,04	5,5
5	9,16	5,6
6	9,19	5,5
7	9,37	6
8	9,55	6
9	9,63	5,45
10	9,73	5,9
11	10,01	6,1

Tabla 7 Soga con 72 pistones variando el tiempo y el numero de vueltas 5,15,20,25 respectivamente.

	Tiempo (segundos)	Volumen (litros)
1	10,24	2,5
2	9,81	2
3	9,92	2
4	10,16	2
5	9,95	1,9
6	9,96	1,9
7	10,06	1,9
8	10,2	1,8
9	10,55	1,8
10	10,43	1,5
11	10,66	1,5

	Tiempo (segundos)	Volumen (litros)
1	14,92	7
2	15,02	6,5
3	15,02	6,5
4	15,11	6,5
5	15,11	6,5
6	15,48	6,6
7	15,06	6,4
8	15,09	6,3
9	15,34	6,4
10	15,01	6,14
11	15,39	6

	Tiempo (segundos)	Volumen (litros)
1	10,22	9,2
2	10,3	9,2
3	10,23	9
4	9,88	8,6
5	9,89	8,6
6	10,27	8,9
7	10,64	9,2
8	10,39	8,9
9	10,72	9,1
10	10,62	9
11	10,69	9

	Tiempo (segundos)	Volumen (litros)
1	9,21	7,5
2	9,83	8
3	9,46	7,5
4	9,3	7,3
5	9,27	7,2
6	9,66	7,5
7	9,72	7,5
8	9,86	7,5
9	9,9	7,5
10	9,79	7,1
11	9,86	7

## 15.1 ANEXO 3

Tabla 8 Calculos de % error para sogá de 18 pistones con 5 vueltas.

	Tiempo (segundos)	Vueltas	Volumen (litros)	RPM	Caudal (L/S)	(Qi-Q)^2
1	10,61	5	1,8	28,27521206	0,169651272	0,000396001
2	10,8	5	1,5	27,77777778	0,138888889	0,000117996
3	11	5	2	27,27272727	0,181818182	0,001028272
4	11,07	5	1,8	27,100271	0,162601626	0,000165126
5	11,07	5	1,8	27,100271	0,162601626	0,000165126
6	11,09	5	1,75	27,05139766	0,15779982	6,47755E-05
7	11,21	5	1,9	26,7618198	0,169491525	0,000389669
8	11,76	5	1,25	25,51020408	0,106292517	0,001888683
9	11,9	5	1,6	25,21008403	0,134453782	0,00023402
10	12,11	5	1,5	24,77291495	0,123864575	0,000670133
11	12,16	5	1,7	24,67105263	0,139802632	9,89799E-05

$\Sigma (Q_i - Q)^2$	0,005218781
Q	0,149751495
$\sigma$	0,021781521
$\epsilon$	0,012872056
RPM	Caudal
26,5003393	0,149751495

Tabla 9 Calculos de % error para sogá de 18 pistones con 15 vueltas.

	Tiempo (segundos)	Vueltas	Volumen (litros)	RPM	Caudal (L/S)	(Qi-Q)^2
1	14,06	15	6,4	64,0113798	0,455192034	0,000690382
2	14,08	15	6,8	63,92045455	0,482954545	0,002920066
3	14,37	15	6,2	62,63048017	0,431454419	6,43894E-06
4	14,8	15	6,4	60,81081081	0,432432432	1,23589E-05
5	14,9	15	6,5	60,40268456	0,436241611	5,36512E-05
6	15,04	15	6	59,84042553	0,39893617	0,000898845
7	15,05	15	6,35	59,80066445	0,42192691	4,88601E-05
8	15,09	15	6,5	59,64214712	0,43074884	3,35596E-06
9	15,17	15	6,4	59,3276203	0,4218853	4,94436E-05
10	15,41	15	6,2	58,403634	0,402336145	0,000706537
11	16,09	15	6,5	55,93536358	0,403977626	0,000621968

$\Sigma (Q_i - Q)^2$	0,005321525
Q	0,428916912
$\sigma$	0,021994885
$\epsilon$	0,012998146
RPM	Caudal
54,61038955	0,428916912

**Tabla 10** Calculos de % error para sogá de 18 pistones con 20 vueltas.

	Tiempo (segundos)	Vueltas	Volumen (litros)	RPM	Caudal (L/S)	$(Q_i - Q)^2$
1	9,38	20	9	127,9317697	0,959488273	1,01481E-06
2	9,71	20	9,5	123,5839341	0,978372812	0,000319593
3	9,72	20	10,5	123,4567901	1,080246914	0,014340365
4	9,91	20	9,4	121,0898083	0,948536831	0,000143013
5	10	20	9	120	0,9	0,003659724
6	10,01	20	9,1	119,8801199	0,909090909	0,002642447
7	10,03	20	12	119,6410768	1,196410768	0,055655943
8	10,03	20	9,5	119,6410768	0,947158524	0,000177879
9	10,06	20	9,2	119,2842942	0,914512922	0,002114411
10	10,12	20	8,8	118,5770751	0,869565217	0,008268343
11	10,44	20	9	114,9425287	0,862068966	0,009687812

$\Sigma (Q_i - Q)^2$	0,097010546
Q	0,960495649
$\sigma$	0,093910279
$\epsilon$	0,055497429
RPM	Caudal
120,7298612	0,960495649

**Tabla 11 Calculos de % error para sogá de 18 pistones con 25 vueltas**

	Tiempo (segundos)	Vueltas	Volumen (litros)	RPM	Caudal (L/S)	(Q <sub>i</sub> -Q) <sup>2</sup>
1	9,87	25	10,5	151,9756839	1,063829787	9,63727E-05
2	10,01	25	10,4	149,8501499	1,038961039	0,001203098
3	10,14	25	10,9	147,9289941	1,07495069	1,70027E-06
4	10,17	25	11,1	147,4926254	1,091445428	0,000316793
5	10,23	25	11,1	146,627566	1,085043988	0,000129897
6	10,28	25	11	145,9143969	1,070038911	1,30165E-05
7	10,3	25	10,9	145,631068	1,058252427	0,000236985
8	10,31	25	11	145,4898157	1,066925315	4,51777E-05
9	10,44	25	11,5	143,6781609	1,101532567	0,000777619
10	10,44	25	11,5	143,6781609	1,101532567	0,000777619
11	10,59	25	11,2	141,6430595	1,057601511	0,00025745

$\Sigma (Q_i-Q)^2$	0,003855728
Q	1,073646748
$\sigma$	0,018722199
$\epsilon$	0,011064113
RPM	Caudal
146,3554256	1,073646748

Soga con 36 pistones

**Tabla 12 Calculos de % error para sogá de 36 pistones con 5 vueltas.**

	Tiempo (segundos)	Vueltas	Volumen (litros)	RPM	Caudal (L/S)	(Q <sub>i</sub> -Q) <sup>2</sup>
1	8,7	5	2,5	34,4827586	0,287356322	0,00865303
2	9,28	5	2	32,3275862	0,215517241	0,000448702
3	9,66	5	2,1	31,0559006	0,217391304	0,000531609
4	9,8	5	2,3	30,6122449	0,234693878	0,001628867
5	9,85	5	1,6	30,4568528	0,162436548	0,001017489
6	10,02	5	1,75	29,9401198	0,174650699	0,000387458
7	10,15	5	2	29,5566502	0,197044335	7,34236E-06
8	10,46	5	2	28,6806883	0,191204589	9,79732E-06
9	11,13	5	1,8	26,9541779	0,161725067	0,001063385
10	11,39	5	2	26,3388938	0,175592625	0,000351264
11	11,66	5	1,4	25,728988	0,120068611	0,005515446



$\Sigma (Q_i - Q)^2$	0,01961439
Q	0,194334656
$\sigma$	0,042227081
$\varepsilon$	0,02495461
RPM	Caudal
29,64862374	0,194334656

**Tabla 13** Calculos de % error para sogá de 36 pistones con 15 vueltas.

	Tiempo (segundos)	Vueltas	Volumen (litros)	RPM	Caudal (L/S)	$(Q_i - Q)^2$
1	13,69	15	7,5	65,74141709	0,547845142	0,005647464
2	14,25	15	6,9	63,15789474	0,484210526	0,000132595
3	14,65	15	7,5	61,4334471	0,511945392	0,001540551
4	14,65	15	7,1	61,4334471	0,484641638	0,000142709
5	15,3	15	6,9	58,82352941	0,450980392	0,000471547
6	15,48	15	6,8	58,13953488	0,439276486	0,001116833
7	15,48	15	7,5	58,13953488	0,484496124	0,000139254
8	15,48	15	6,8	58,13953488	0,439276486	0,001116833
9	15,68	15	6,5	57,39795918	0,414540816	0,003381971
10	15,8	15	7,4	56,96202532	0,46835443	1,88452E-05
11	15,82	15	7,5	56,89001264	0,474083439	1,92628E-06

$\Sigma (Q_i - Q)^2$	0,013710529
Q	0,472695534
$\sigma$	0,035304557
$\varepsilon$	0,02086366
RPM	Caudal
59,65984884	0,472695534

**Tabla 14 Calculos de % error para sogá de 36 pistones con 20 vueltas.**

	Tiempo (segundos)	Vueltas	Volumen (litros)	RPM	Caudal (L/S)	(Qi-Q)^2
1	9,16	20	6	131,0043668	0,655021834	0,002989864
2	9,25	20	6,75	129,7297297	0,72972973	0,000401131
3	9,44	20	6,6	127,1186441	0,699152542	0,00011128
4	9,55	20	6,4	125,6544503	0,670157068	0,001563761
5	9,59	20	6,7	125,1303441	0,698644421	0,000122259
6	9,66	20	7	124,2236025	0,724637681	0,00022309
7	9,73	20	6,75	123,3299075	0,69373073	0,000255065
8	9,77	20	7,5	122,8249744	0,76765609	0,003358736
9	9,85	20	6,9	121,8274112	0,700507614	8,45273E-05
10	9,98	20	7,3	120,240481	0,731462926	0,00047356
11	10,19	20	7,5	117,7625123	0,736015702	0,000692438

$\Sigma (Q_i - Q)^2$	0,010275711
Q	0,709701485
$\sigma$	0,030563959
$\varepsilon$	0,018062145
RPM	Caudal
124,440584	0,709701485

**Tabla 15 Calculos de % error para sogá de 36 pistones con 25 vueltas.**

	Tiempo (segundos)	Vueltas	Volumen (litros)	RPM	Caudal (L/S)	(Qi-Q)^2
1	8,98	25	5,8	167,0378619	0,645879733	0,001275808
2	9,01	25	5,4	166,481687	0,599334073	0,000117228
3	9,03	25	5,4	166,1129568	0,598006645	0,000147735
4	9,04	25	5,5	165,9292035	0,60840708	3,07721E-06
5	9,16	25	5,6	163,7554585	0,611353712	1,4219E-06
6	9,19	25	5,5	163,2208923	0,598476605	0,000136532
7	9,37	25	6	160,0853789	0,640341515	0,000910847
8	9,55	25	6	157,0680628	0,628272251	0,000328007
9	9,63	25	5,45	155,7632399	0,565939772	0,001955541
10	9,73	25	5,9	154,1623844	0,606372045	1,43583E-05
11	10,01	25	6,1	149,8501499	0,609390609	5,93928E-07

$\Sigma (Q_i - Q)^2$	0,00489115
Q	0,610161276
$\sigma$	0,021086726
$\varepsilon$	0,012461459
RPM	Caudal
160,8606614	0,610161276

Soga con 72 pistones.

**Tabla 16** Calculos de % error para soga de 72 pistones con 5 vueltas.

	Tiempo (segundos)	Vueltas	Volumen (litros)	RPM	Caudal (L/S)	$(Q_i - Q)^2$
1	10,24	5	2,5	29,2969	0,24414063	0,00335
2	9,81	5	2	30,581	0,2038736	0,00031
3	9,92	5	2	30,2419	0,2016129	0,00024
4	10,16	5	2	29,5276	0,19685039	0,00011
5	9,95	5	1,9	30,1508	0,19095477	2,2E-05
6	9,96	5	1,9	30,1205	0,19076305	2E-05
7	10,06	5	1,9	29,8211	0,1888668	6,9E-06
8	10,2	5	1,8	29,4118	0,17647059	9,6E-05
9	10,55	5	1,8	28,436	0,17061611	0,00024
10	10,43	5	1,5	28,7632	0,14381592	0,0018
11	10,66	5	1,5	28,1426	0,14071295	0,00207

$\Sigma (Q_i - Q)^2$	0,00827398
Q	0,18624343
$\sigma$	0,0274259
$\varepsilon$	0,01620767
RPM	Caudal
29,49938859	0,18624343

**Tabla 17 Calculos de % error para sogá de 72 pistones con 15 vueltas.**

	Tiempo (segundos)	Vueltas	Volumen (litros)	RPM	Caudal (L/S)	$(Q_i-Q)^2$
1	14,92	15	7	60,3217	0,469168901	0,001911013
2	15,02	15	6,5	59,9201	0,432756325	5,33274E-05
3	15,02	15	6,5	59,9201	0,432756325	5,33274E-05
4	15,11	15	6,5	59,5632	0,43017869	2,23249E-05
5	15,11	15	6,5	59,5632	0,43017869	2,23249E-05
6	15,48	15	6,6	58,1395	0,426356589	8,15089E-07
7	15,06	15	6,4	59,761	0,424966799	2,37137E-07
8	15,09	15	6,3	59,6421	0,41749503	6,33415E-05
9	15,34	15	6,4	58,6701	0,417209909	6,79612E-05
10	15,01	15	6,14	59,96	0,409060626	0,000268735
11	15,39	15	6	58,4795	0,389863548	0,001266664

$\Sigma (Q_i-Q)^2$	0,013710529
Q	0,425453766
$\sigma$	0,035304557
$\epsilon$	0,02086366
RPM	Caudal
59,44915233	0,425453766

**Tabla 18 Calculos de % error para sogá de 72 pistones con 20 vueltas.**

	Tiempo (segundos)	Vueltas	Volumen (litros)	RPM	Caudal (L/S)	$(Q_i-Q)^2$
1	10,22	20	9,2	117,417	0,90019569	0,001088246
2	10,3	20	9,2	116,505	0,89320388	0,000675831
3	10,23	20	9	117,302	0,8797654	0,00015771
4	9,88	20	8,6	121,457	0,87044534	1,04861E-05
5	9,89	20	8,6	121,335	0,86956522	5,5606E-06
6	10,27	20	8,9	116,845	0,86660175	3,66475E-07
7	10,64	20	9,2	112,782	0,86466165	6,47942E-06
8	10,39	20	8,9	115,496	0,85659288	0,000112662
9	10,72	20	9,1	111,94	0,8488806	0,000335862
10	10,62	20	9	112,994	0,84745763	0,000390043
11	10,69	20	9	112,254	0,84190833	0,000640029

$\Sigma (Q_i - Q)^2$	0,00342328
Q	0,86720712
$\sigma$	0,01764106
$\epsilon$	0,0104252
RPM	Caudal
116,0298004	0,86720712

**Tabla 19** Calculos de % error para sogá de 72 pistones con 25 vueltas.

	Tiempo (segundos)	Vueltas	Volumen (litros)	RPM	Caudal (L/S)	$(Q_i - Q)^2$
1	9,21	25	7,5	162,8664495	0,81433225	0,001853959
2	9,83	25	8	152,5940997	0,8138352	0,001811403
3	9,46	25	7,5	158,5623679	0,79281184	0,000463852
4	9,3	25	7,3	161,2903226	0,78494624	0,000186913
5	9,27	25	7,2	161,8122977	0,77669903	2,94242E-05
6	9,66	25	7,5	155,2795031	0,77639752	2,62441E-05
7	9,72	25	7,5	154,3209877	0,77160494	1,0911E-07
8	9,86	25	7,5	152,1298174	0,76064909	0,000112902
9	9,9	25	7,5	151,5151515	0,75757576	0,000187659
10	9,79	25	7,1	153,2175689	0,72522983	0,002120123
11	9,86	25	7	152,1298174	0,70993915	0,00376204

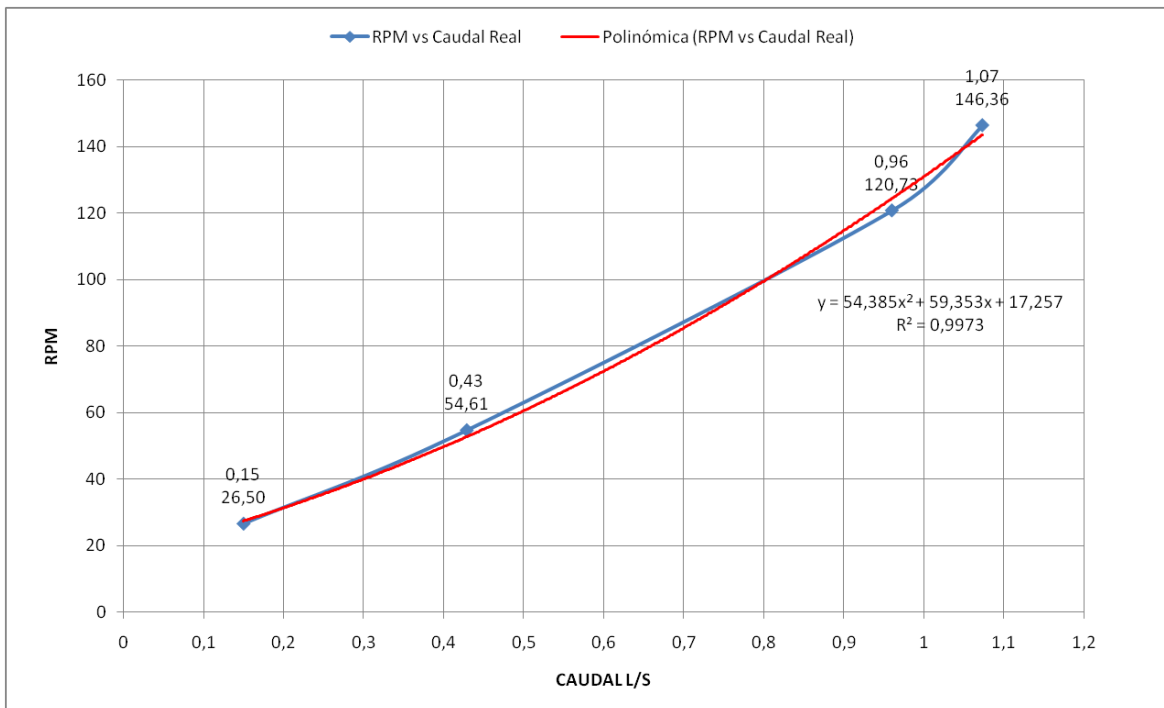
$\Sigma (Q_i - Q)^2$	0,01055463
Q	0,77127462
$\sigma$	0,03097599
$\epsilon$	0,01830564
RPM	Caudal
155,9743985	0,77127462

## Rpm vs Caudal

**Tabla 20 Rpm vs Caudal sogá con 18 pistones.**

RPM	Caudal
26,5003393	0,149751495
54,61038955	0,428916912
120,7298612	0,960495649
146,3554256	1,073646748

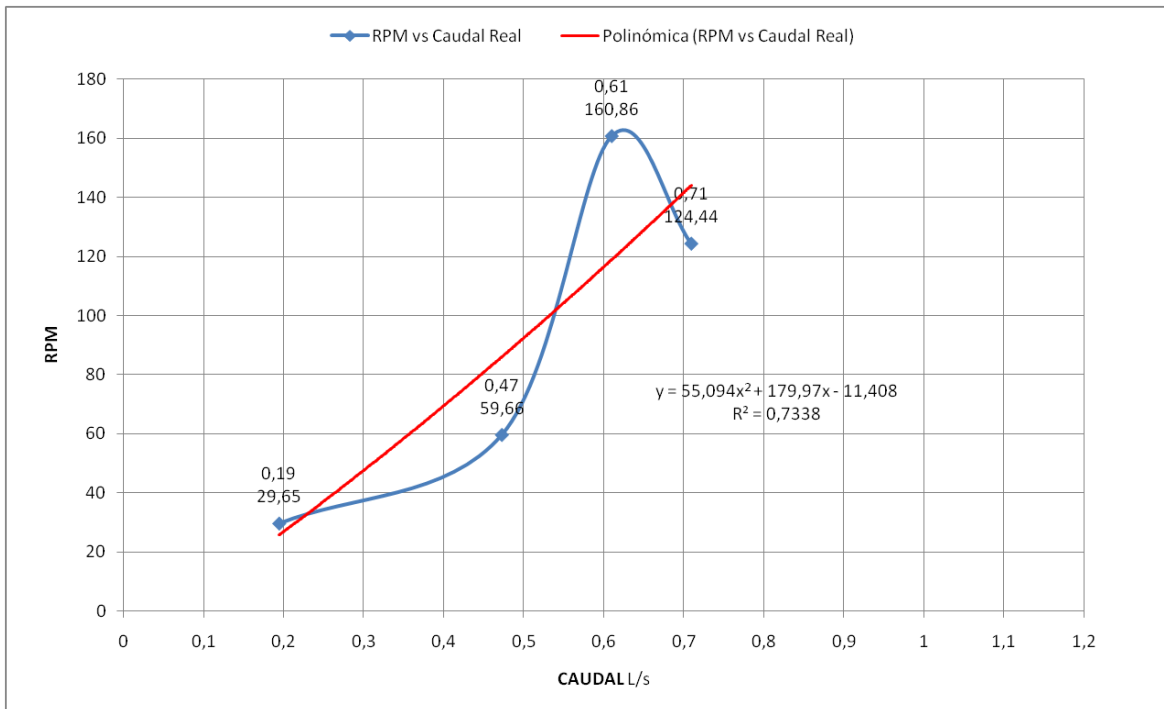
**Gráfico 34 Rpm vs Caudal sogá con 18 pistones.**



**Tabla 21 Rpm vs Caudal sogá con 36 pistones.**

RPM	Caudal
29,6486237	0,19433466
59,6598488	0,47269553
160,860661	0,61016128
124,440584	0,70970149

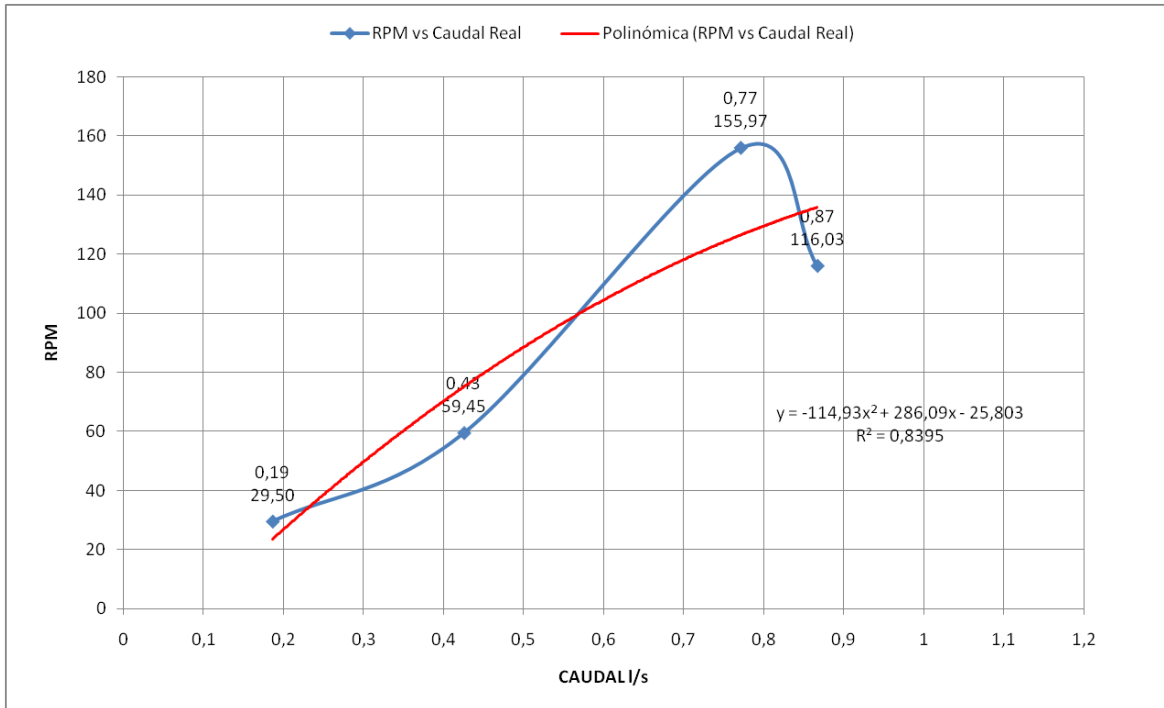
**Gráfico 35 Rpm vs Caudal sogá con 36 pistones.**



**Tabla 22 Rpm vs Caudal sogá con 72 pistones.**

RPM	Caudal
29,49938859	0,186243428
59,44915233	0,425453766
155,9743985	0,77127462
116,0298004	0,867207125

Gráfico 36 Rpm vs Caudal sogá con 72 pistones.



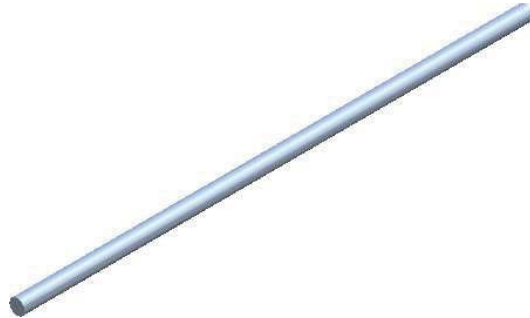
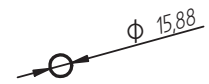
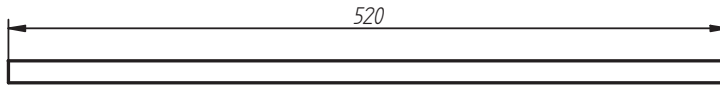


## ANEXO 4

Gráfico 37 Soga

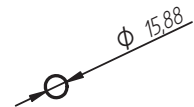
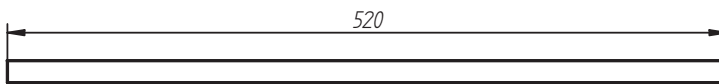


### Eje Superior



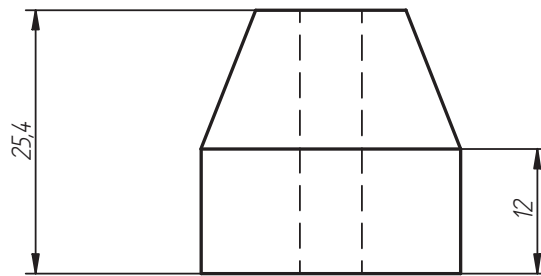
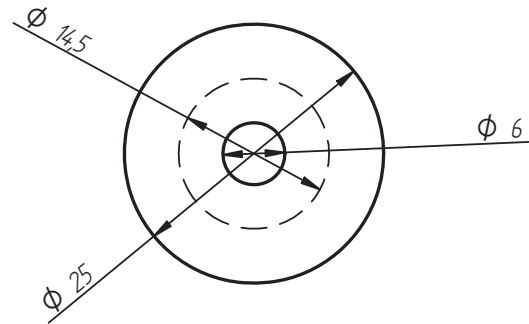
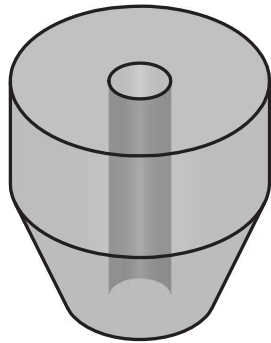
1:5

### Eje Inferior

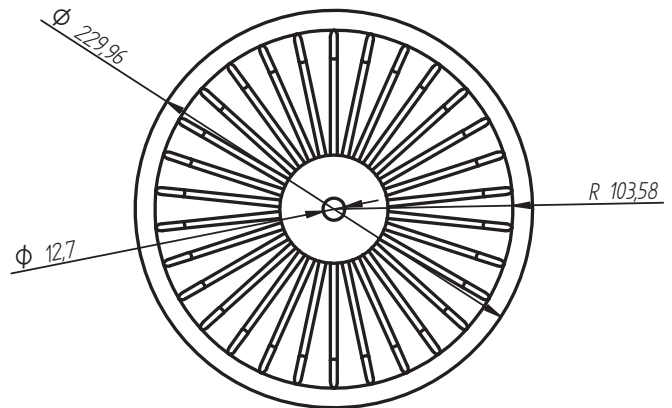


1:6,67

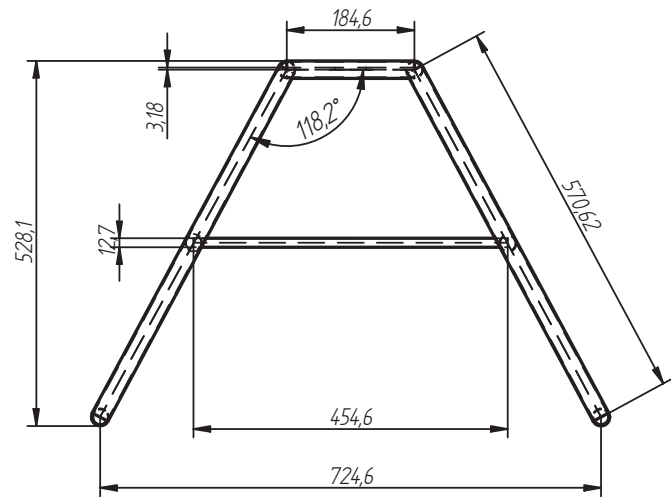
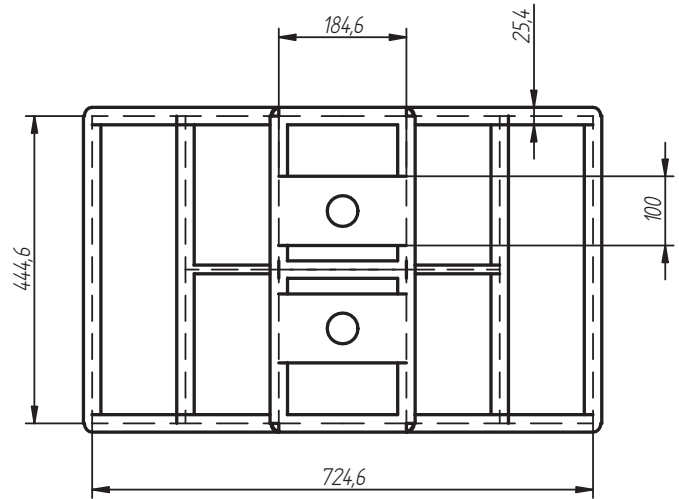
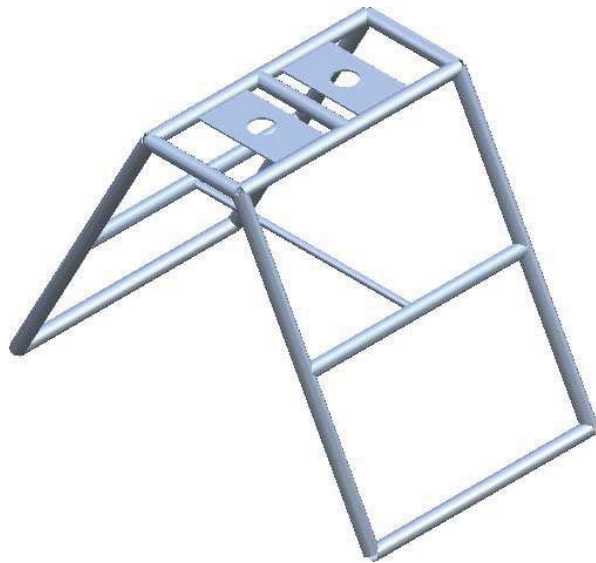
	Nombre	Fecha	UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA			
Dibujado	OSCAR JAIMES	10/04/2010				
Dibujado	LUDWING NIÑO		Título DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA BOMBA DE SOGA			
Comprobado						
Aprobado I	EMIL HERNÁNDEZ		A		Plano Ejes	Rev
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,5$ y $\pm 1^\circ$			Escala		Peso	Hoja 1 de 9



1,5:1



	Nombre	Fecha	UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA		
Dibujado	OSCAR JAIMES	10/04/2010			
Dibujado	LUDWING NIÑO		Título DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA BOMBA DE SOGA		
Comprobado					
Aprobado I	EMIL HERNÁNDEZ		A		Rev
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,5$ y $\pm 1^\circ$			Plano Pistón y Rueda Inferior		
			Escala	Peso	Hoja 2 de 9



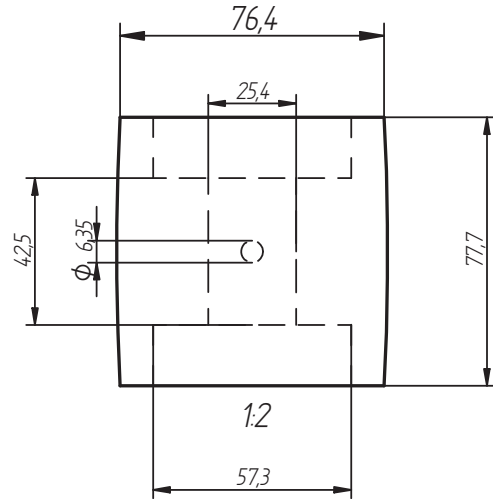
**Nota: Todas las uniones entre los tubos son por soldadura eléctrica con electrodo de acero inox.**

	Nombre	Fecha	UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA		
Dibujado	OSCAR JAIMES	10/04/2010			
Dibujado	LUDWING NIÑO		Título DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA BOMBA DE SOGA		
Comprobado					
Aprobado I	EMIL HERNÁNDEZ		A Plano Soporte Sumergible		Rev
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,5$ y $\pm 1^\circ$			Escala 1:10		Peso
					Hoja 3 de 9

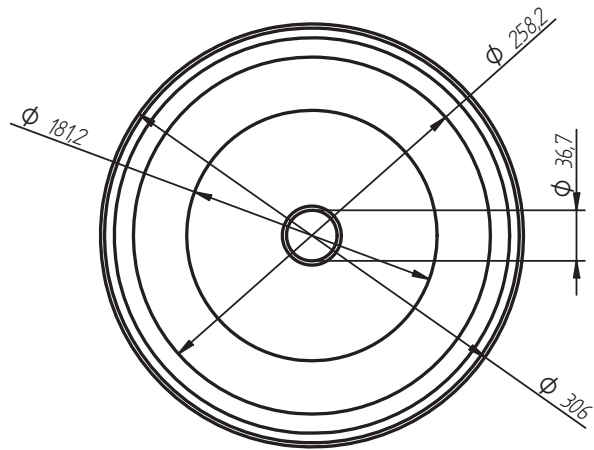
### Polea



x 2

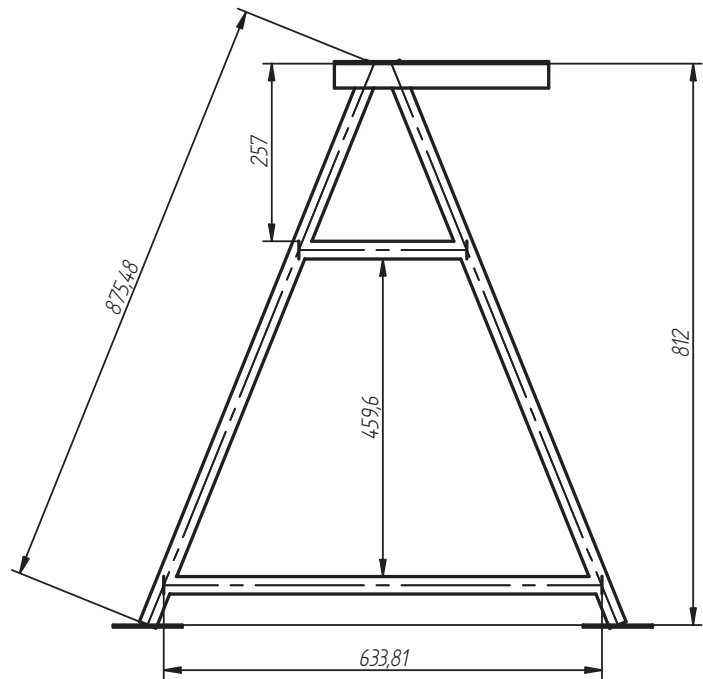
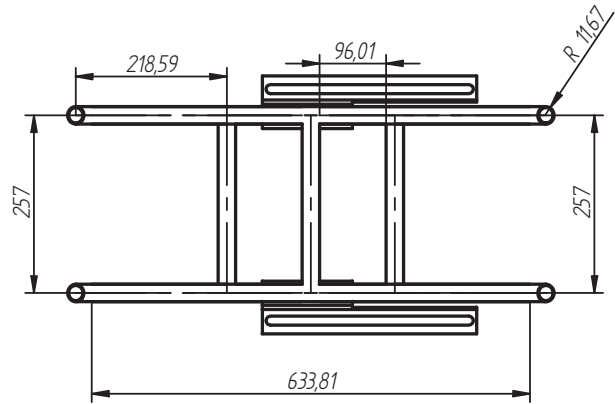


### Rueda Superior



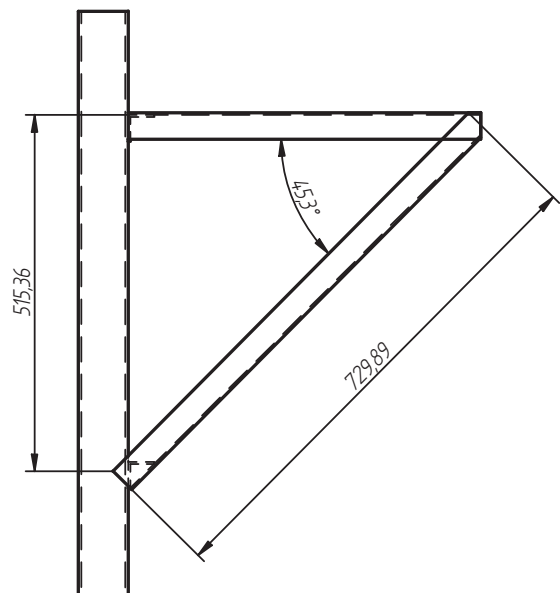
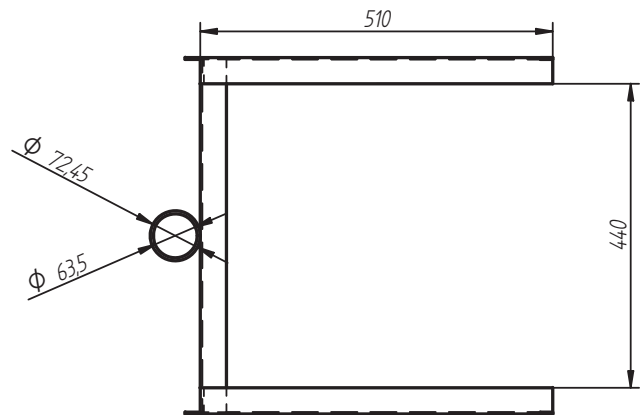
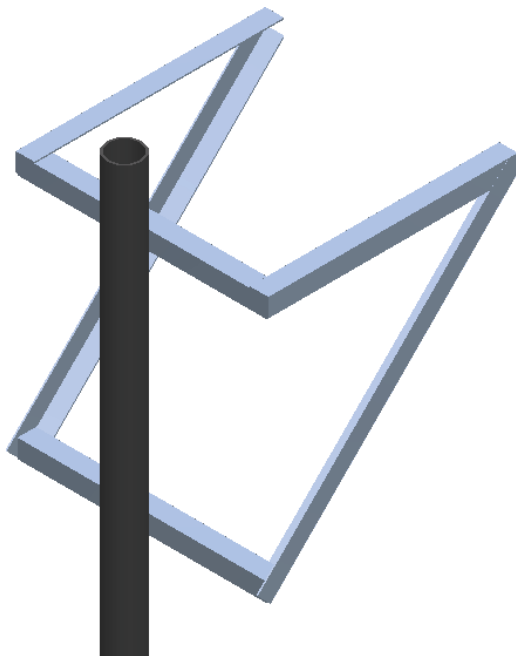
15

	Nombre	Fecha	UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA		
Dibujado	OSCAR JAIMES	10/04/2010			
Dibujado	LUDWING NIÑO		Título DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA BOMBA DE SOGA		
Comprobado					
Aprobado I	EMIL HERNÁNDEZ		A	Plano Polea y Rueda Superior	Rev
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,5$ y $\pm 1^\circ$			Escala	Peso	Hoja 4 de 9



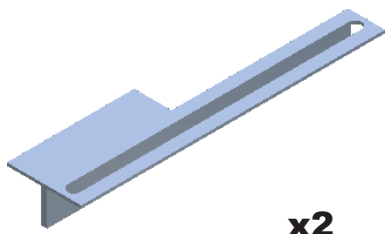
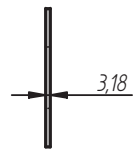
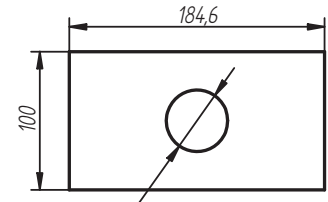
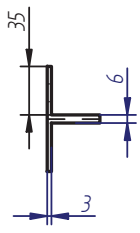
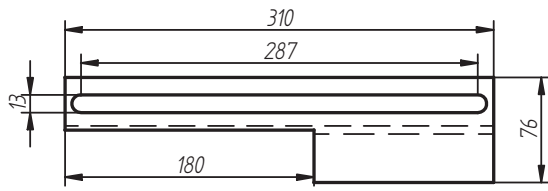
**Nota: Todas las uniones entre los tubos son por soldadora eléctrica con electrodo de acero inox**

	Nombre	Fecha	UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA		
Dibujado	OSCAR JAIMES	10/04/2010			
Dibujado	LUDWING NIÑO		Título DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA BOMBA DE SOGA		
Comprobado					
Aprobado I	EMIL HERNÁNDEZ		A Plano Soporte Inferior		Rev
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,5$ y $\pm 1^\circ$			Escala 1:10		Peso
					Hoja 5 de 9

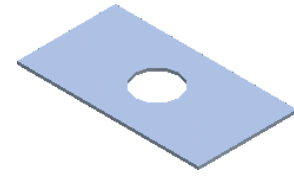


**Nota: Todas las uniones entre los tubos son por soldadora eléctrica con electrodo de acero inox**

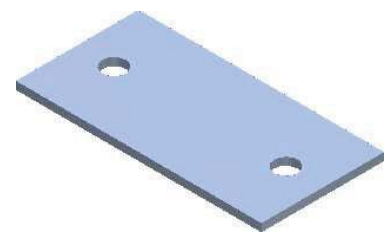
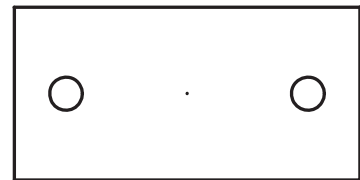
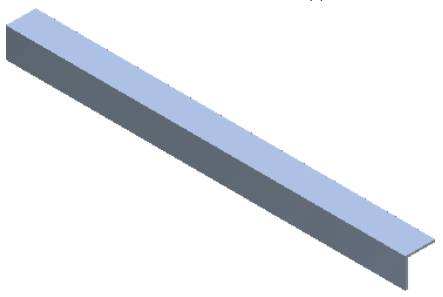
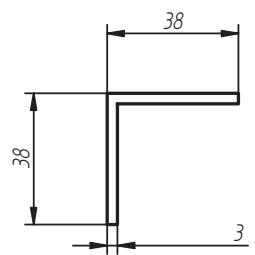
	Nombre	Fecha	UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA		
Dibujado	OSCAR JAIMES	10/04/2010			
Dibujado	LUDWING NIÑO		Título DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA BOMBA DE SOGA		
Comprobado					
Aprobado I	EMIL HERNÁNDEZ		A Plano Soporte superior y poste Rev		
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,5$ y $\pm 1^\circ$					
Escala 1:10		Peso	Hoja 6 de 9		



**x2**




**x2**

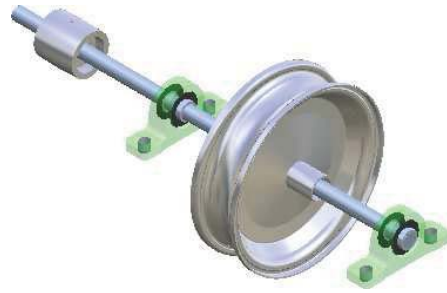


**x4**

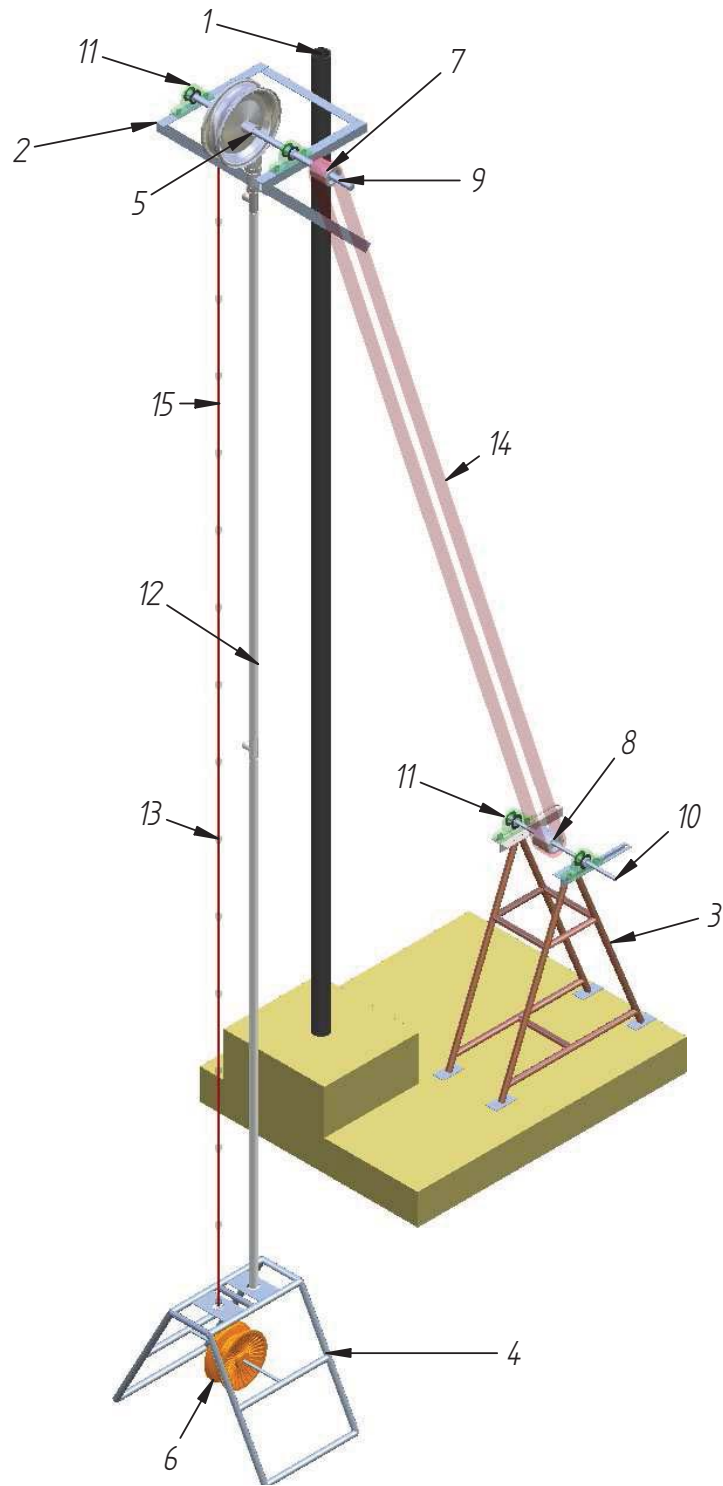
Pefil Base Superior	
Unds	Longitud
2	510mm
2	760mm

	Nombre	Fecha	UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA		
Dibujado	OSCAR JAIMES	10/04/2010			
Dibujado	LUDWING NIÑO		Título DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA BOMBA DE SOGA		
Comprobado					
Aprobado I	EMIL HERNÁNDEZ		A Plano Placas y perfiles Rev		
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1º					
Escala	Peso	Hoja 7 de 9			





	Nombre	Fecha	UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA		
Dibujado	OSCAR JAIMES	10/04/2010			
Dibujado	LUDWING NIÑO		Título DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA BOMBA DE SOGA		
Comprobado					
Aprobado I	EMIL HERNÁNDEZ		A Plano Soportes y ejes Rev		
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,5$ y $\pm 1^\circ$					



Lista de partes	
1	Poste
2	Soporte superior
3	Soporte inferior
4	Soporte sumergido
5	Rueda superior
6	Rueda inferior
7	Polea superior
8	Polea inferior
9	Eje superior
10	Eje inferior
11	Chumaceras
12	Tuberia PVC
13	Pistones
14	Banda
15	Soga

	Nombre	Fecha	UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA		
Dibujado	OSCAR JAIMES	10/04/2010			
Dibujado	LUDWING NIÑO		Título DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA BOMBA DE SOGA		
Comprobado					
Aprobado I	EMIL HERNÁNDEZ		A Plano Conjunto Rev		
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,5$ y $\pm 1^\circ$			Escala	Peso	Hoja 9 de 9