

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

NOMBRE DEL PROYECTO

Automatización de la válvula esférica de la unidad No.2 de la central
hidroeléctrica de Bombaná.

PRESENTADO POR

Carlos Manuel Piñón Briseño

Ing. Víctor Manuel Vázquez Ramírez

Asesor interno del IT de Tuxtla Gutiérrez

Ing. Eduardo Fidencio Oropeza Trejo

Asesor (externo) de CFE

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México

Diciembre de 2014



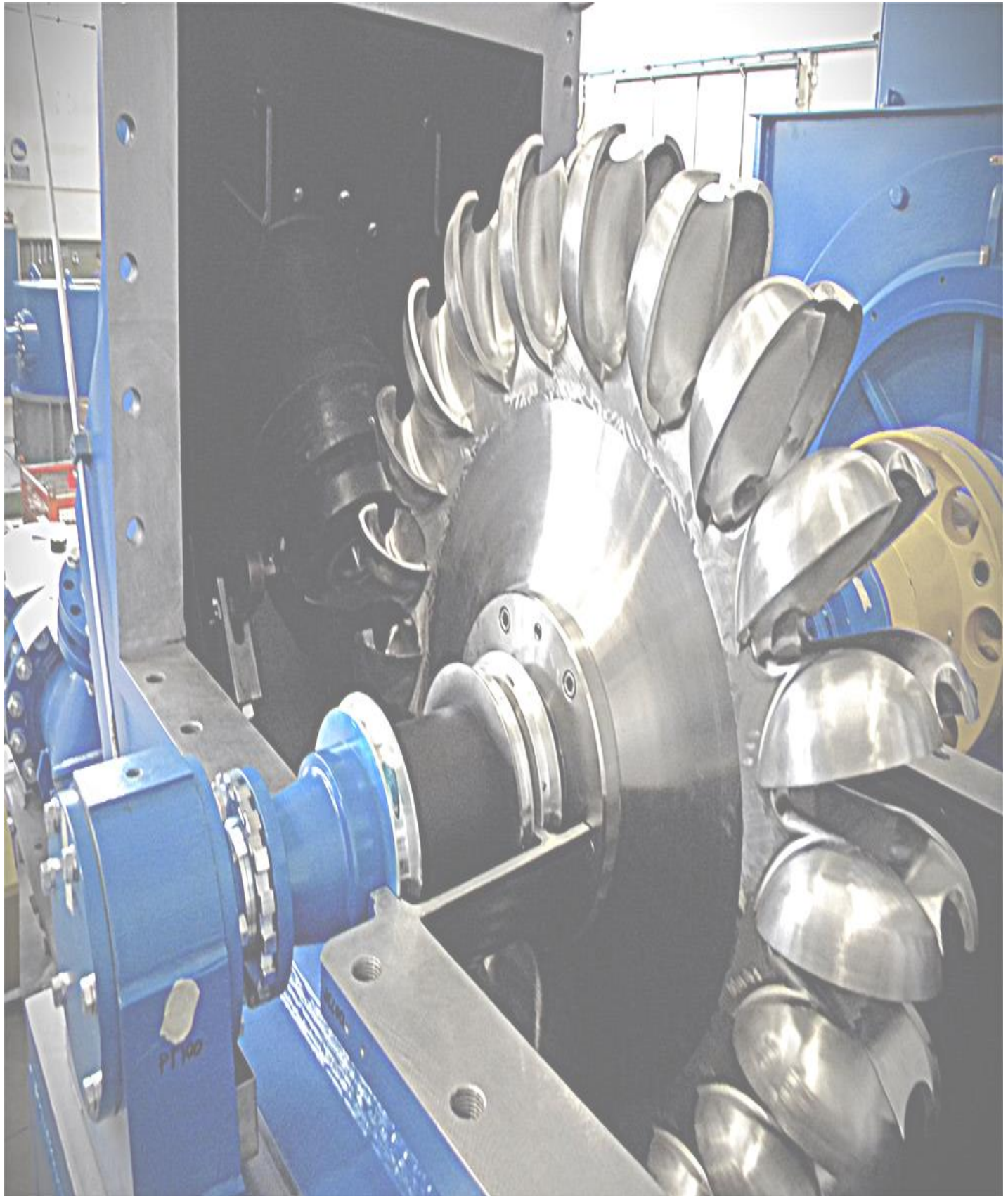
Contenido

Capítulo 1. Generalidades	1
1.1 Introducción	2
1.2 Justificación.....	3
1.3 Objetivo	4
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivo específicos	4
1.4 Análisis preliminar	5
1.4.1 Principio de funcionamiento de las turbinas hidráulicas	5
1.4.2 Turbinas Pelton	7
1.5 Misión	12
1.5.1 Visión.....	12
1.6 Ubicación	13
1.7 Organigrama	14
1.8 Alcances y Limitaciones.....	15
Capítulo 2. Fundamento teórico	17
2.1 Estudio bibliográfico	18
2.1.1 Estudio teórico.....	18
2.1.2 Estudios teóricos-experimentales.....	18
2.2 ¿Qué es la automatización?	19
2.2.1 ¿Qué es una válvula esférica?.....	20
2.3 ¿Cómo funciona una válvula esférica?.....	20
2.3.1 Tipos de válvulas esféricas:.....	20
2.4 Tipos de cilindros actuadores	22
2.4.1 Cilindro tipo émbolo.....	22
2.4.2 Émbolo de simple efecto	22
2.4.3 Émbolo de doble efecto	23
2.4.4 Cilindros de simple efecto o de accionamiento simple	24
2.4.5 Cilindro de doble actuador o doble vástago.	27
2.5 ¿Qué es un cilindro de doble efecto?	28
2.5.1 Explicación de cómo trabajara el cilindro de doble efecto:	28
2.6 Calculo de la fuerza de empuje.	32
2.7 Dimensionando un cilindro.	34
2.8 ¿Qué sobre dimensionamiento es necesario?.....	35

Contenido

2.8.1	Velocidad de un cilindro.....	35
Capítulo 3 Estructuración		37
3.1	Fotografías de la problemática.	38
3.2	Tipos de automatización de la válvula esférica.....	43
3.3	Pasos a realizar para la automatización	44
3.4	Datos generales	45
3.5	Cálculo de presión en el cilindro de doble efecto.	46
3.6	Diseño del cilindro de doble efecto en solidworks.....	47
Capítulo 4 Conclusiones		54
4.1	Conclusión.....	55
4.2	Agradecimientos.....	55
4.3	Anexos	56
Fuentes de información		69

Capítulo 1. Generalidades



1.1 Introducción

Capítulo 1

Inicialmente se da a conocer la importancia y la problemática. Posteriormente se presenta la revisión bibliográfica relacionada con este tema en donde se muestra el estado de arte, mismo que se clasifico en estudios: teóricos, teóricos-experimentales. Y por último se presenta el fundamento teórico.

Capítulo 2

En este capítulo se presenta las características de las partes que consta la automatización de la válvula esférica así como también el principio de funcionamiento y el diagrama que lo explica de manera lógica, de esta forma se describirán los procedimientos de las actividades realizadas para la automatización de válvula por último se presentara imágenes de la válvula esférica de Bombana de la unidad 2 y las partes que la conforma. Es preciso mencionar que el proyecto de investigación solo quedara en forma teórica debido a falta de tiempo no se pudo llevar a cabo el trabajo.

Capítulo 3

Se menciona los resultados de la automatización del mecanismo mediante ecuaciones y un análisis completo de la válvula esférica y el cilindro actuador de doble efecto mediante el programa solidworks.

Capítulo 4

En este capítulo se menciona la conclusión, agradecimientos y anexos.

1.2 Justificación

Desde la antigüedad los seres humanos han buscado comodidad, seguridad y confort con ello desarrollaron maquinas que nos facilitan los trabajos difíciles, este proyecto de investigación va dirigido especialmente a la generación y creación de energía eléctrica

El empleo de las turbinas hidráulicas para la generación de potencia posee una fuerte tradición histórica. El primer intento efectivo realmente hacia el interior del flujo de turbinas de reacción fue desarrollado y probado por James B. Francis y sus colaboradores por los años 1850 en Lowell, Massachusetts. Las turbinas Francis modernas han sido desarrolladas en formas muy diferentes de la original, pero todas ellas guardan el concepto de flujo radial hacia el interior. Las turbinas de impulso modernas también fueron desarrolladas en USA y toma su nombre de Lester Allen Pelton, quien inventó el canjilón dividido con un extremo central alrededor de 1880. Durante su larga historia las turbinas hidráulicas han tenido desarrollos continuos en su diseño, particularmente con la finalidad de mejorar la eficiencia, tamaño, potencia de salida y carga estática.

Con base a lo anterior los ingenieros investigadores han implementado la automatización de la válvula esférica para disminuir riesgos y los golpes de ariete provocados por la apertura y cierre de la misma. De esta manera la válvula esférica se quedara completamente cerrada y abierta en segundos a diferencia de lo habitual que tarda minutos. Las ventajas que tendrá la válvula esférica automatizada serán: ahorro de tiempo y disminución de riesgos.

Actualmente la válvula esférica de la unidad número 2 de la central hidroeléctrica de Bombana cuenta con un volante que al girarse da apertura y cierra (se realiza manualmente) por medio de la automatización se pretende ahorrar tiempo, esfuerzo y trabajo. Al automatizarla la válvula se colocará un servomotor que hará la función descrita anteriormente.

1.3 Objetivo

1.3.1 Objetivo general

La automatización de apertura y cierre de la válvula esférica para prevenir golpes de ariete y disminuir los riesgos.

1.3.2 Objetivo específicos

- a) Introducción al área de la central hidroeléctrica Bomboná lugar de trabajo.
- b) Familiarización con el equipo, conocer las normas de seguridad que rige en Comisión Federal de Electricidad ejerciéndolas.
- c) Verificar los beneficios que traerá la automatización de la válvula esférica de la unidad No.2 y los problemas que existen si no es automatizada.
- d) Hacer un estudio socioeconómico para cuantificar los gastos en la automatización y los benéficos que traerá con esto.
- e) Investigar artículos apegadas a la automatización de válvulas esféricas y tipos de válvulas existen, realizando el estudio de los planos de la válvula esférica dando lugar al diseño de su automatización ya sea por presión de agua o aire.
- f) Desarrollar el proyecto mediante las investigaciones previas y hacer la automatización en la cual se analizara y revisara su apertura al 100% y su hermeticidad de cierre al 100% le aplicaremos prueba hidrostática, en este proceso también revisara la presión de trabajo al cierre tanto de agua como de aire, en agua se manejara una presión de 27 kg/cm^2 y esta determina la presión que se maneja si se automatiza mediante el aire para ver cuál de las dos es la más rentable y conveniente.

Si se determina que será mediante aire, se necesita hacer pruebas para determinar el compresor que usara y posteriormente se utiliza una válvula

de tres vías, buscar el servo-mecanismo adecuado para el tipo de válvula requerida y posteriormente la adaptación del servo-mecanismo con las bridas para adaptarlo a la válvula.

1.4 Análisis preliminar

1.4.1 Principio de funcionamiento de las turbinas hidráulicas

El torque sobre cualquier rotor de turbo-maquinaria puede ser estimado del triángulo de velocidades a la entrada y a la salida (Fig. 1). La ecuación resultante es conocida como la ecuación de Euler en una turbina y proporciona la energía específica transferida por el rodete como

$$E = \frac{T\omega}{\rho Q} \quad (0.1)$$

E = Energía

T = Par de torsión

ω = Velocidad angular

ρ = Densidad

Q = Caudal

Para turbinas hidráulicas el grado de reacción es clásicamente definido como la relación de caída de presión estática a través del rodete y la caída de presión estática a través de la etapa. La turbina Pelton es una etapa de impulso y tiene cero reacciones con toda la caída de presión ocurriendo a través de los componentes estacionarios y no la caída de presión a través del rodete. En etapas de reacción tales como las turbinas Francis y Kaplan una proporción de la caída de presión ocurre en el rotor y una proporción en el estator. Típicamente, en sus puntos de diseño, una turbina Kaplan tiene una reacción de alrededor de 90 %, una turbina Francis de alrededor de 75 % y una turbina-bomba de alrededor 50 %. Para las condiciones de operación fuera de diseño estos valores cambian.

La eficiencia global η_0 de una turbina es definida como la relación de la potencia entregada en la flecha y la potencia disponible del agua entrando a la turbina:

$$\eta_0 = \frac{T\omega}{\rho gQH} \quad (0.2)$$

Donde la carga neta H es la diferencia entre la presión total a la entrada y a la salida de la turbina.

Para bombas y turbo-bombas, el coeficiente de flujo ϕ y el coeficiente de carga ψ son generalmente normalizados con la velocidad del álabe del rotor, como

$$\phi = \frac{Q}{UD^2(\pi/4)} \quad (0.3)$$

$$\psi = \frac{H}{U^2/(2g)} \quad (0.4)$$

En turbinas hidráulicas, los parámetros de desempeño más comunes, tales como la velocidad de flujo, C , y la velocidad circunferencial del álabe, U , son adimensionalizados con respecto a $\sqrt{(2gH)}$:

$$K_c = \frac{C}{\sqrt{(2gH)}} \quad (0.5)$$

$$K_u = \frac{U}{\sqrt{(2gH)}} \quad (0.6)$$

Para dar los componentes meridional y circunferencial descritos por K_{c_m} y K_{c_u} . Para ambas, bombas y turbinas, un parámetro usual es la velocidad específica adimensional definida como:

$$v_s = \frac{\omega}{\pi^{1/2}} \frac{Q^{1/2}}{(2gH)^{3/4}} = \frac{\phi^{1/2}}{\psi^{3/4}} \quad (0.7)$$

La velocidad específica es el parámetro principal en turbomaquinaria hidráulica y es utilizada para clasificación de turbinas desde carga de turbina, relación de flujo y velocidad.

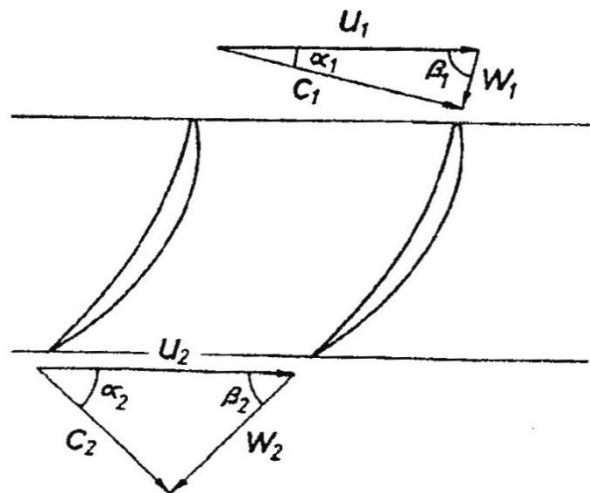


Figura 1.1 Triángulos de velocidad para el rodete de una turbina axial.

1.4.2 Turbinas Pelton

Se conocen como turbinas de presión por ser esta constante en la zona del rodete, de chorro libre, impulsión o de admisión parcial por ser atacada por el agua solo una parte de la periferia del rodete. Así mismo entra en la clasificación de turbinas tangenciales y turbinas de acción. Por reacciones hidroneumáticas y por sencilla construcción, son de buen rendimiento para amplios márgenes de caudal (entre 30% y 100% del caudal máximo). Pueden ser instaladas con el eje en posición vertical u horizontal, siendo esta última posición la más adecuada.

Componentes de una Turbina Pelton

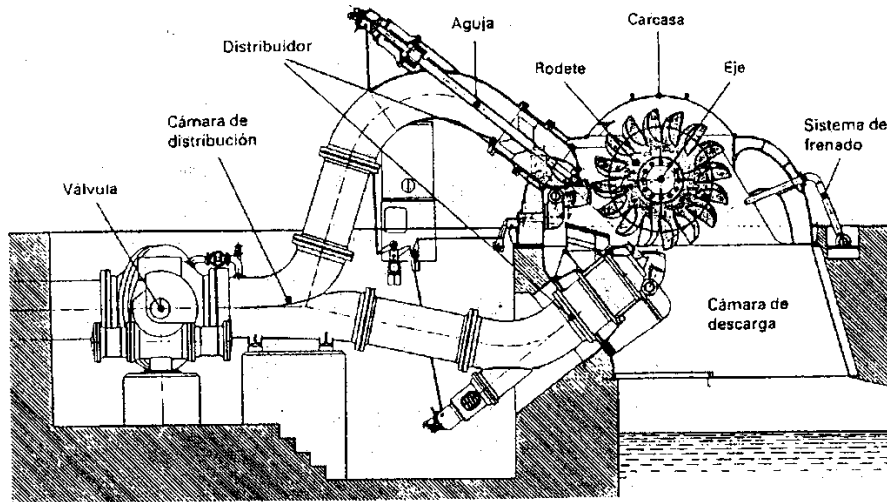


Figura 1.2 Turbina Pelton.

Válvula esférica

La válvula esférica se encarga de dar el paso al caudal hacia la turbina.

Distribuidor

Está constituido por uno o varios tipos de inyección de agua, tiene como misión dirigir convenientemente, un chorro de agua cilíndrico y de sección uniforme, que se proyecta sobre el rodete, también regula el caudal preciso que a de fluir a dicho rodete.

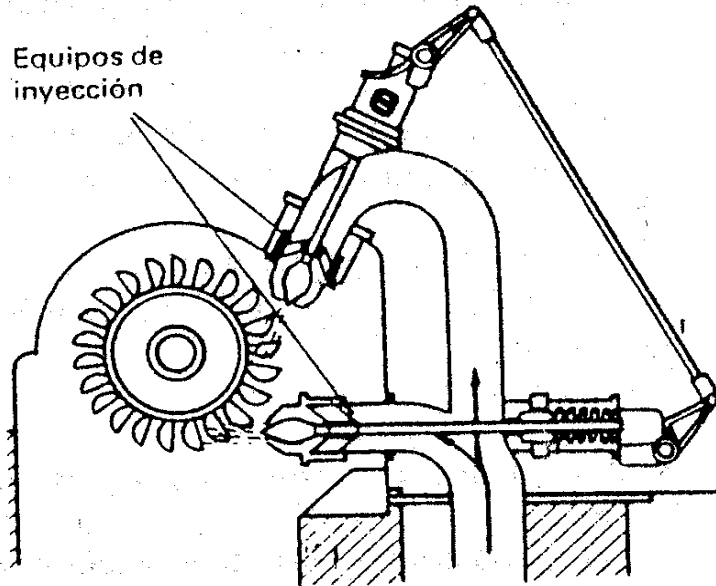


Figura 1.3 Distribuidor

Cámara de Distribución

Consiste en la prolongación de tubería forzada, y es acoplada a esta mediante brida de unión, posteriormente a la situación de la válvula esférica de entrada a la turbina, según la trayectoria normal del agua.

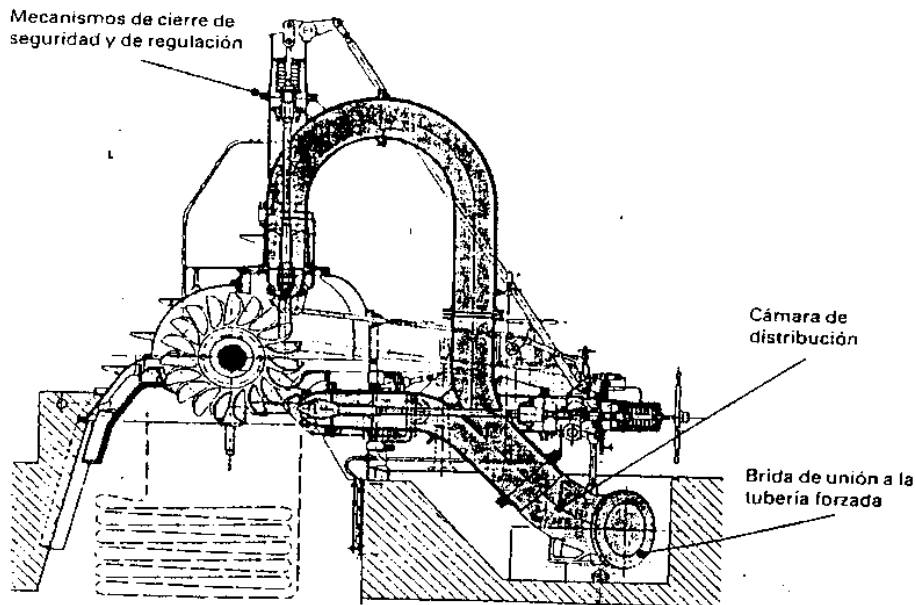


Figura 1.4. Cámara de distribución de una Turbina Pelton

Inyector

Es el elemento designado a dirigir y regular un chorro de agua. Está compuesta por:

- Tobera: Proyecta y dirige tangencialmente así la periferia del rodete, el chorro de agua de tal modo que la prolongación de este forman ángulos, prácticamente de 90 grados.
- Aguja: Regula el caudal de agua que fluye por la misma tobera, de acuerdo con el mayor o menor grado de acercamiento hacia el orificio llegando acortar totalmente el paso de agua cuando se produce el asentamiento de dicho punzón sobre el mencionado orificio.
- Deflector: Dispositivo mecánico a modo de pala o pantalla, puede ser intercalado con menor o mayor incidencia en la trayectoria del chorro de agua, entre la tobera y el rodete.

Rodete de una Turbina Pelton

Es la pieza clave donde se transforma la energía hidráulica del agua en su forma cinética, en energía mecánica, dicho de otra manera, en trabajo según la forma de movimiento de rotación. Consta de los elementos:

- Rueda motriz: está unida rígidamente al eje, montada en el mismo promedio de chavetas y anclajes adecuados. Esta mecanizada apropiadamente para ser soporte de los denominados cangilones.
- Cangilones: llamados también alabes, cucharas o palas. Son piezas de acero o bronce para evitar corrosiones y cavitaciones.

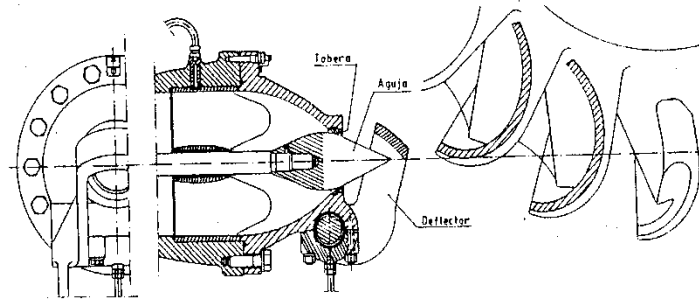


Figura 1.5 Componentes del inyector de una Turbina Pelton.

Está diseñado para recibir el empuje directo del chorro de agua. Su forma es similar a la de una doble cuchara, con una arista interior lo mas afilado posible y situada centralmente en dirección perpendicular hacia el eje, de modo que divide al cangilón en dos partes simétricas de gran concavidad cada una, sobre dicha arista donde incide el chorro de agua. El conjunto toma forma de una (omega abierta) (Figura 1.5).

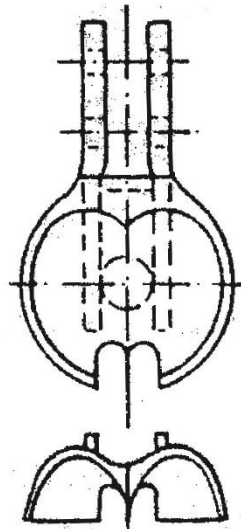


Figura 1.6 Detalles de un cangilón.

Modernamente y para rodetes de cualquier tamaño, los cangilones están forjados con la misma rueda, formando pieza única, lo cual permite una economía en la construcción y mayor seguridad de funcionamiento, dado el impacto inicial del agua que han de soportar en el momento del arranque, la fuerza centrífuga alcanzada en caso de embalsamiento.

Cada cangilón lleva en su extremo periférico, una escotadura en forma de (uve doble), perfectamente centrada. Tiene como objetivo conseguir que la parte cóncava del cangilón precedente según el sentido del giro, reciba el chorro de agua cuando su arista se encuentra en posición lo más perpendicular posible, respecto al eje del chorro, aprovechando al máximo el caudal y el impulso que este le proporciona al acompañarle durante un corto trayecto, razón por la cual las turbinas Pelton se denominan turbinas de impulsión.

Principio de funcionamiento de las Turbinas Pelton

La energía potencial gravitatoria del agua embalsada o energía de presión hasta los orificios de las toberas se convierte prácticamente sin pérdidas, en energía cinética.

Se dispone de la máxima energía cinética en el momento en el que el agua incide tangencialmente sobre el rodete, empujando a los cangilones que lo forman obteniendo el trabajo mecánico deseado

1.5 Misión

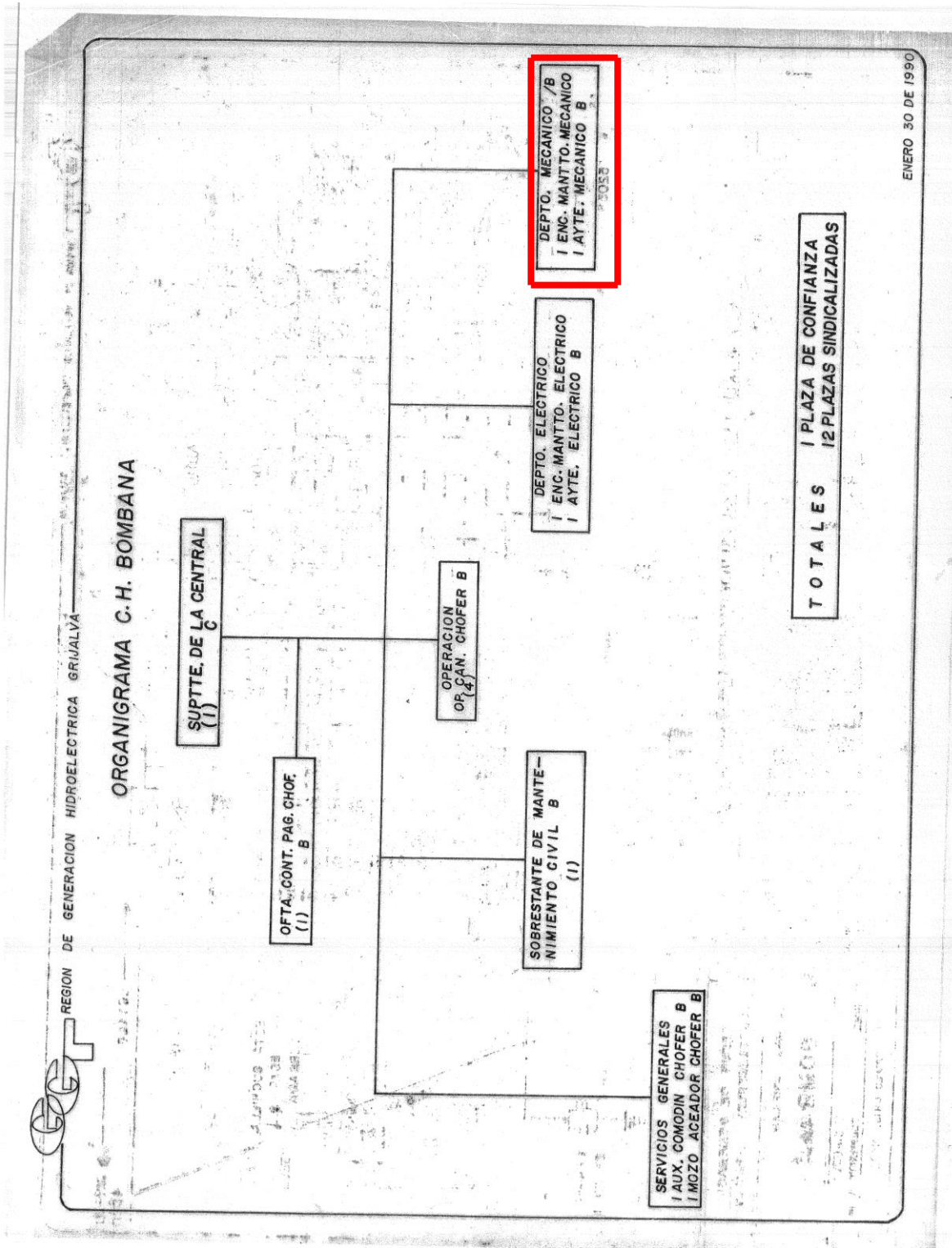
Prestar el servicio público de energía eléctrica con criterios de suficiencia, competitividad y sustentabilidad, comprometidos con la satisfacción de los clientes, con el desarrollo del país y con la preservación del medio ambiente.

1.5.1 Visión

Ser una empresa de energía, de las mejores en el sector eléctrico a nivel mundial, con presencia internacional, fortaleza financiera e ingresos adicionales por servicios relacionados con su capital intelectual e infraestructura física y comercial. Una empresa reconocida por su atención al cliente, competitividad, transparencia,

calidad en el servicio, capacidad de su personal, vanguardia tecnológica y aplicación de criterios de desarrollo sustentable.

1.6 Ubicación



1.8 Alcances y Limitaciones.

Introducción al área de la central hidroeléctrica Bomboná lugar de trabajo. Familiarización con el equipo, conocer las normas de seguridad que rige en Comisión Federal de Electricidad ejerciéndolas. Verificar los beneficios que traerá la automatización de la válvula esférica de la unidad No.2 y los problemas que existen si no es automatizada. Hacer un estudio socioeconómico para cuantificar los gastos en la automatización y los benéficos que traerá con esto. Investigar artículos apegadas a la automatización de válvulas esféricas y tipos de válvulas existen, realizando el estudio de los planos de la válvula esférica dando lugar al diseño de su automatización ya sea por presión de agua o aire.

Capítulo 2. Fundamento teórico



2.1 Estudio bibliográfico

A continuación se presenta una clasificación sobre estudios realizados a válvulas esféricas, la cual es de la siguiente manera.

- Estudio teóricos.
- Estudio teóricos-experimentales.

2.1.1 Estudio teórico.

En el primer estudio se encuentran el de Idielín M.Y (2002) está dentro de la temática de la selección de perfiles a emplear para el diseño de turbomáquinas (bombas, turbinas y ventiladores). Los autores realizaron una serie de aportes metodológicos para el cálculo del rodete de estos equipos. En el trabajo se ha desarrollado una metodología con la cual se puede obtener el perfil más adecuado para el rodete, pues se logró minimizar los errores de dispersión entre los valores de las líneas medias, del perfil calculado con el perfil seleccionado en la biblioteca de estos. El procedimiento ha sido implantado a partir de los métodos numéricos de análisis, por lo que es totalmente compatible con los sistemas CAD. La metodología desarrollada sustituye los métodos tradicionales para la selección de los perfiles que se deben emplear en los álabes, además se obtiene la ecuación perimétrica de la línea media del perfil del álabe.

2.1.2 Estudios teóricos-experimentales.

Néstor J.G et al (2010) En este trabajo se presenta el análisis de tensiones y deformaciones en el cuerpo de una válvula esférica de diámetro 8" serie 600, durante la prueba hidrostática, utilizando el método de elemento finitos. Se verifica el modelo con datos experimentales de tensiones, utilizando indicadores de deformación SG (Strain Gauges). Para el análisis mediante el método de elementos finitos se utilizó el programa Cosmos/M e información obtenida durante el análisis experimental. Las pruebas experimentales se realizaron en un banco de ensayo tipo prensa, colocando indicadores de deformación en el cuerpo de la válvula en determinados puntos de interés. Los valores

de deformación obtenidos permitieron validar la aplicación del método de elementos finitos.

Sergio A. et al (2013) Se presenta la metodología empleada para la construcción de un micro generador hidráulico de 5 Kw con turbina tipo Pelton. Para unas condiciones de operación (cabeza hidráulica y caudal) y a partir de una base teórico-experimental, se modelaron los componentes con ayuda de herramientas computacionales tipo CAD (Diseño asistido por computador), CAE (Ingeniería asistida por computador) y CFD (Análisis computacional fluido dinámico). Posteriormente, se empleó un software CAM (Manufactura asistida por computador) y procesos de fundición para la fabricación de los componentes del micro generador. Por último, y con el fin de validar el diseño, se realizó la caracterización del micro generador mediante pruebas en el Laboratorio del Grupo de Investigación de Energía Alterativa de la Universidad de Antioquia. A partir de las pruebas realizadas, fue posible cuantificar la eficiencia de la turbina Pelton, encontrar la relación óptima entre la apertura del inyector y la potencia generada, la velocidad óptima de operación, la eficiencia global del micro generador y las condiciones hidráulicas en las cuales micro generador puede ser utilizado, brindando la mayor eficiencia de generación de energía eléctrica.

2.2 ¿Qué es la automatización?

Automatización es el uso de sistemas o elementos computarizados y electromecánicos para controlar maquinarias y/o procesos industriales sustituyendo a operadores humanos.

La automatización como una disciplina de la ingeniería es más amplia que un mero sistema de control, abarca la instrumentación industrial, que incluye los sensores y transmisores de campo, los sistemas de control y supervisión, los sistemas de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de software en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones de plantas o procesos industriales.

2.2.1 ¿Qué es una válvula esférica?

Es un mecanismo de llave de paso que sirve para regular el flujo de un fluido canalizado y se caracteriza porque el mecanismo regulador situado en el interior tiene forma de esfera perforada.

2.3 ¿Cómo funciona una válvula esférica?

Se abre mediante el giro del eje unido a la esfera o bola perforada, de tal forma que permite el paso del fluido cuando está alineada la perforación con la entrada y la salida de la válvula. Cuando la válvula está cerrada, el agujero estará perpendicular a la entrada y a la salida. La posición de la manilla de actuación indica el estado de la válvula (abierta o cerrada).

La ventaja es que la bola perforada permite la circulación directa en la posición abierta con una pérdida de carga bastante más reducida que las de asiento, y corta el paso cuando se gira la manivela 90° y cierra el conducto.

Las válvulas esféricas manuales pueden cerrarse rápidamente, lo que puede producir un golpe de ariete. Por ello y para evitar la acción humana pueden estar equipadas con un cilindro hidráulico de doble efecto ya sea neumático, hidráulico o motorizado.

Atendiendo al número de conexiones que posee la válvula, puede ser de dos o tres vías.

2.3.1 Tipos de válvulas esféricas:

- 1.- Válvulas con cuerpo de una sola pieza.
- 2.- Válvulas con cuerpo de dos piezas.
- 3.- Válvulas con cuerpo de tres piezas.

- **Las válvulas con cuerpo de una sola pieza:** son siempre de pequeña dimensión y paso reducido. Este tipo de construcción hace que la válvula tenga un precio reducido.
- **Las válvulas con cuerpo de dos piezas:** suelen ser de paso estándar. Este tipo de construcción permite su reparación.

- **Las válvulas con cuerpo de tres piezas:** permiten desmontar fácilmente la bola, el asiento o el vástago ya que están situados en la pieza central. Esto facilita la limpieza de sedimentos y remplazo de partes deterioradas sin tener que desmontar los elementos que conectan con la válvula.

La turbina cuenta con una válvula de tres piezas.



Figura 2.1



Figura. 2.2

2.4 Tipos de cilindros actuadores

2.4.1 Cilindro tipo émbolo

Los términos émbolo y pistón son de uso frecuente alternativamente. Sin embargo, un cilindro tipo émbolo se considera generalmente a aquel en el cual la superficie transversal del eje de pistón sea más de una mitad de la superficie transversal del elemento móvil. En la mayoría de los cilindros actuadores de este tipo, el émbolo y el elemento móvil tienen áreas iguales. Este tipo de elemento móvil se refiere con frecuencia como vástago.

El actuador émbolo se utiliza sobre todo para empujar más que traccionar. Algunos usos requieren simplemente una superficie plana en la parte externa émbolo para empujar o levantar la unidad con que se operará. Otros usos requieren algunos medios mecánicos de fijación, tales como una horquilla o un perno de argolla. El diseño de los cilindros émbolo varía en muchos aspectos para satisfacer los requisitos de diversos usos.

2.4.2 Émbolo de simple efecto

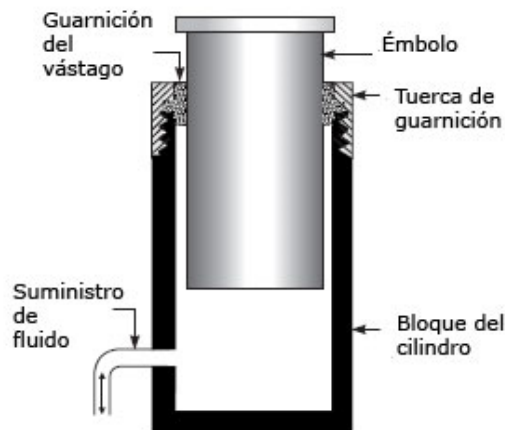


Figura 2.10. Émbolo de efecto simple.

El émbolo de efecto simple Figura 2.10 aplica la fuerza solamente en una dirección. El líquido que se dirige al cilindro desplaza el émbolo y lo fuerza hacia fuera, levantando el objeto puesto sobre el mismo. Puesto que no hay dispositivo para contraer el émbolo por medio de la potencia fluida, cuando se libera la presión del líquido, se retorna el émbolo nuevamente dentro del cilindro tanto por el peso del objeto o por algún medio mecánico, por ejemplo un resorte. Esto fuerza el líquido de nuevo al depósito.

El cilindro de émbolo actuador de efecto simple es de uso frecuente en el gato hidráulico. Los elevadores usados para mover los aviones hacia y desde la cubierta de vuelo y la cubierta de hangar en portaaviones también utilizan los cilindros de este tipo. En estos elevadores, los cilindros están instalados horizontalmente y accionan el elevador con una serie de cables y gavillas.

La presión de líquido fuerza el émbolo hacia fuera y levanta el gato hidráulico. Cuando la presión del líquido se libera del émbolo, el peso del elevador fuerza el émbolo nuevamente dentro del cilindro. Esto en cambio fuerza el líquido nuevamente dentro del depósito.

2.4.3 Émbolo de doble efecto

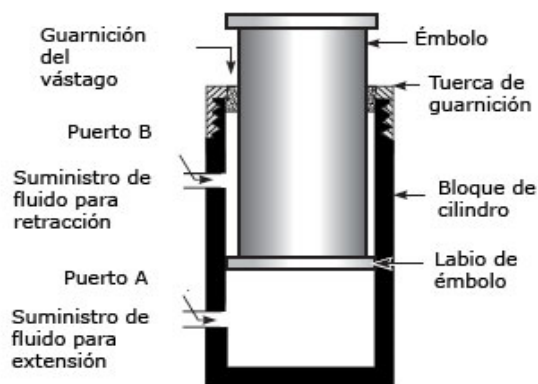


Figura 2.11. Émbolo de doble efecto

Un cilindro de émbolo de doble efecto se ilustra en la figura 2.11. En este cilindro ambos movimientos del émbolo son producidos por el líquido presurizado. Hay dos puertos de fluido, uno en o cerca de cada extremo del cilindro. El líquido bajo presión se dirige al extremo cerrado del cilindro para extender el émbolo y para aplicar la fuerza. Para contraer el émbolo y reducir la fuerza, el líquido se dirige al extremo opuesto del cilindro.

Una válvula de control direccional de cuatro terminales se utiliza normalmente para controlar el émbolo doble. Cuando la válvula es posicionada para extender el émbolo, el líquido a presión entra al puerto A ver figura 2.11. actúa en la superficie de la superficie de la base del émbolo y fuerza el émbolo hacia fuera. El líquido sobre el labio del émbolo queda libre para fluir hacia fuera por el puerto B, a través de la válvula de control y a la línea de retorno en sistemas hidráulicos o a la atmósfera en sistemas neumáticos.

Normalmente la presión del fluido es igual para cualquier movimiento del émbolo. Recuerde que la fuerza es igual a la presión por el área

($F=PA$).

Note la diferencia de las áreas sobre las cuales la presión la presión actúa en el gráfico adjunto. La presión actúa contra la superficie grande en la parte inferior del émbolo durante el movimiento de extensión mientras tanto el émbolo aplica la fuerza. Puesto que el émbolo no requiere una gran fuerza durante el movimiento de contracción, la presión actúa en la pequeña área sobre la superficie superior del labio del émbolo proporciona la fuerza necesaria para contraer el mismo.

2.4.4 Cilindros de simple efecto o de accionamiento simple

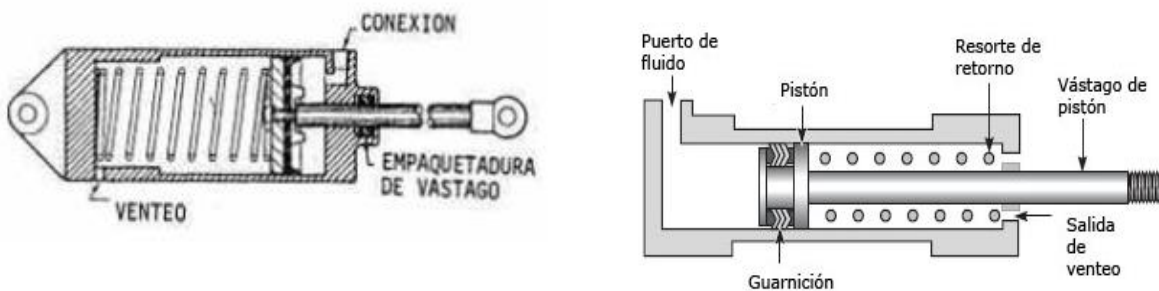


Figura 2.12. Cilindros actuadores a pistón de accionamiento simple a resorte

Cuando es necesaria la aplicación de fuerza en un solo sentido. El fluido es aplicado en la cara delantera del cilindro y la opuesta conectada a la atmósfera como en la figura 2.12

El cilindro tipo pistón de accionamiento simple es similar en diseño y operación al cilindro simple tipo émbolo. El cilindro tipo pistón de accionamiento simple utiliza la presión del fluido para proporcionar la fuerza en una dirección y la tensión de un resorte, la gravedad, el aire comprimido, o el nitrógeno se utiliza para proporcionar la fuerza en la dirección

opuesta. La figura adjunta muestra un cilindro actuador de accionamiento simple, cargado con resorte, tipo pistón. En este cilindro el resorte está situado en el lado vástago del pistón. En algunos cilindros por resorte, el resorte está situado en el lado vacío y el puerto fluido está en el lado del vástago del cilindro.

Una válvula de control direccional de tres vías se utiliza normalmente para controlar la operación del cilindro de pistón de simple efecto. Para extender el vástago del pistón, el fluido bajo presión es dirigido a través del puerto en el cilindro (ver figura adjunta). Esta presión actúa en la superficie del lado vacío del pistón y fuerza del pistón a la derecha. Esta acción mueve el vástago al lado derecho, a través del cabezal del cilindro, moviendo así la unidad accionada en una dirección. Durante esta acción el resorte es comprimido entre el lado del vástago del pistón y el cabezal del cilindro. La longitud de la carrera depende de los límites físicos dentro del cilindro y del movimiento requerido de la unidad accionada.

Después de que la carrera de retroceso se ha completado, el pistón es retornado a su posición original por la acción de un resorte interno, externo o gravedad u otro medio mecánico. El fluido actúa sobre el área “neta” del pistón por lo tanto para el cálculo de fuerza debe restarse el área representada por el vástago.

Para contraer el vástago del pistón, la válvula de control direccional se mueve a la posición de trabajo opuesta, que libera la presión en el cilindro. La tensión de resorte fuerza el pistón al lado izquierdo. Contrayendo el vástago del pistón y moviendo la unidad accionada en la dirección opuesta. El fluido está ahora libre de desplazarse desde el cilindro, a través del puerto, retornando a través de la válvula de control a la línea de retorno en sistemas hidráulicos o a la atmósfera en sistemas neumáticos.

El extremo del cilindro opuesto a la entrada de fluido se ventea a la atmósfera. Esto evita que el aire quede atrapado en esta área. Cualquier aire atrapado se comprimiría durante el movimiento de extensión, creando una sobrepresión en el lado del vástago del pistón. Esto

causaría un movimiento lento del pistón y podría producir un eventual bloqueo completo, evitando que la presión del fluido mueva el pistón.

ATENCIÓN: El resorte de retorno está calculado exclusivamente para vencer la fricción propia del cilindro y “no” para manejar cargas externas.

Los cilindros de simple efecto con resorte interior se emplean en carreras cortas (máximas 100 mm) ya que el resorte necesita un espacio adicional en la construcción del cilindro, lo que hace que estos sean más largos que uno de doble efecto para la misma carrera.

El cilindro a resorte se utiliza en las barreras de frenado de aviones en algunos modelos de portaviones. Para levantar (contraer) el gancho de frenado, la presión del fluido se dirige a través de la válvula de control de frenado hacia el lado del vástago del cilindro. Esta fuerza mueve el pistón, que a través del vástago y del acoplamiento mecánico contrae el gancho de frenado. El gancho de frenado se extiende cuando la presión de fluido retorna del lado del vástago del cilindro, permitiendo que el resorte se expanda.

Las fugas entre la pared del cilindro y el pistón son controladas por los sellos adecuados. El pistón en la figura adjunta contiene guarniciones en “V”.

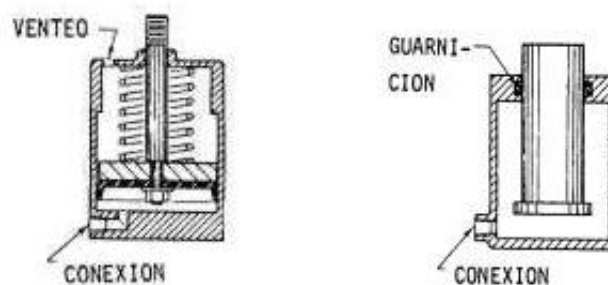


Figura. 2.13. Émbolos buzo

En la figura 2.13 vemos un cilindro de simple efecto de empuje, estos cilindros se emplean en carreras cortas y diámetros pequeños para tareas tales como sujeción de piezas.

2.4.5 Cilindro de doble actuador o doble vástago.

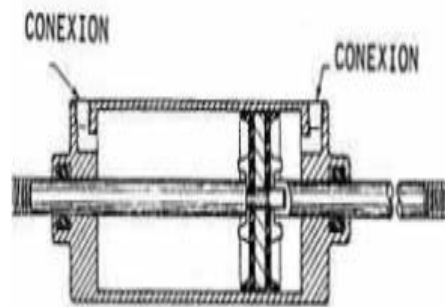


Figura 2.14. Cilindro de doble vástago

La mayoría de los cilindros actuadores son del tipo de pistón de doble actuador o doble efecto, lo que significa que el fluido bajo presión se puede aplicar a cualquier lado del pistón para proporcionar la fuerza y producir el movimiento. El cilindro de doble efecto mostrado en la Figura 2.14. Constituye la conformación más corriente de los cilindros hidráulicos y neumáticos, sin embargo para aplicaciones especiales existen variaciones cuyo principio de funcionamiento es idéntico al que hemos descrito.

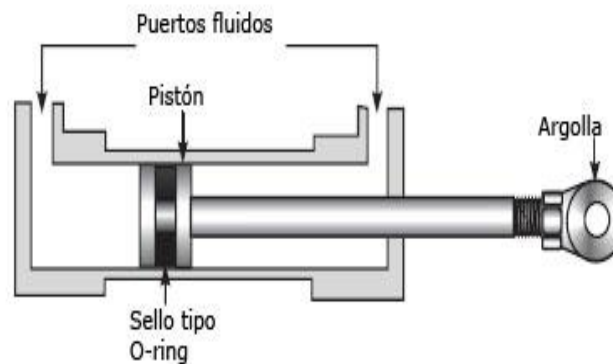


Figura 2.15. Cilindro de doble actuador

Un diseño del cilindro doble se ve en la figura 2.15. Este cilindro contiene un montaje de pistón y vástago de pistón. La carrera del pistón y vástago de pistón en cualquier dirección es producido por la presión del fluido. Los dos puertos fluidos, en cada extremo del cilindro, se alternan como puertos de entrada y salida, dependiendo de la dirección del fluido de la válvula de control direccional. Este actuador ver figura 2.15 se conoce como cilindro actuador desequilibrado (desbalanceado) porque hay una diferencia en las zonas de trabajo eficaces a ambos lados del pistón. Por lo tanto, este tipo de cilindro normalmente está instalado de modo que el lado vacío del pistón soporte la mayor carga: es decir, el cilindro soporte la mayor carga durante la carrera de extensión del vástago del pistón. La Figura 2.15 nos ilustra un cilindro de doble vástago. Esta configuración es deseable cuando se necesita que el desplazamiento volumétrico o la fuerza sean iguales en ambos sentidos.

Una válvula de control direccional de cuatro vías se utiliza normalmente para controlar la operación de este tipo de cilindro. La válvula puede ser posicionada para dirigir el fluido bajo presión a cualquier extremo del cilindro y para permitir que el líquido desplazado fluya del extremo contrario del cilindro a través de la válvula de control a la línea de retorno en sistemas hidráulicos o sea expulsado a la atmósfera en sistemas neumáticos.

2.5 ¿Qué es un cilindro de doble efecto?

Los cilindros de doble efecto son capaces de producir trabajo útil en dos sentidos, ya que disponen de una fuerza activa tanto en avance como en retroceso.

Se construyen siempre en formas de cilindros de embolo y poseen dos tomas para aire comprimido, cada una de ellas situada en una de las tapas del cilindro.

Se emplea, en los casos en los que el émbolo tiene que realizar también una función en su retorno a la posición inicial. La carrera de estos cilindros suele ser más larga (hasta 200 mm) que en los cilindros de simple efecto, hay que tener en cuenta el pandeo o curvamiento que puede sufrir el vástago en su posición externa.

2.5.1 Explicación de cómo trabajara el cilindro de doble efecto:

En los sistemas hidráulicos y neumáticos la energía es transmitida a través de tuberías. Esta energía es transmitida a través de tuberías. Esta energía es función del caudal y presión que circula en el sistema.

La característica destacable de este sistema de potencia de fluido es que la fuerza, generada por el agua de la tubería aguas arriba, controlada y dirigida por la válvula esférica principal y por las otras 5 válvulas esféricas convenientes que instalaremos y transportada por las líneas, puede ser convertida fácilmente a otra clase de movimiento mecánico deseado en el mismo lugar que sea necesario.

Podemos hacer movimientos lineales como rotatorios, estos movimientos pueden ser obtenidos usando dispositivos de impulsión conveniente.

Un cilindro actuador es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado.

Los cilindros, los motores, y las turbinas son los tipos más comunes de dispositivos de impulsión usados en sistemas de potencia fluida.

A continuación mostrare varios tipos de cilindros actuadores y sus usos, diversos tipos de motores fluidos y las turbinas usadas en sistemas de potencia fluida.

Un cilindro actuador es un dispositivo que convierte la potencia fluida lineal, o en línea recta, fuerza y movimiento. Puesto que el movimiento lineal es un movimiento hacia adelante y hacia atrás a lo largo de una línea recta, este tipo de actuadores se conoce a veces como motor recíproco o lineal. La presión del fluido determina la fuerza de empuje de un cilindro, el caudal de ese fluido es quien establece la velocidad de desplazamiento del mismo. La combinación de fuerza y recorrido produce trabajo, y cuando este trabajo es realizado en un determinado tiempo produce potencia. También a los cilindros le podemos llamar motores lineales.

El cilindro consiste en un émbolo o pistón operando dentro de un tubo cilíndrico. Los cilindros actuadores pueden ser instalados de manera que el cilindro esté anclado a una estructura inmóvil y el émbolo o pistón se fija al mecanismo que se accionará. Los cilindros actuadores para los sistemas neumáticos e hidráulicos son similares en diseño y

operación. Algunas de las variaciones de los cilindros tipo émbolo y tipo pistón de impulsión se describen en los párrafos siguientes.

El cilindro es el dispositivo mas comúnmente utilizado para conversión de la energía antes mencionada en energía mecánica. Un cilindro actuador en el cual la superficie transversal del pistón es menos de una mitad de la superficie transversal del elemento móvil se conoce como cilindro tipo pistón. Este tipo de cilindro se utiliza normalmente para aplicaciones que requieren funciones tanto de empuje como de tracción.

El cilindro tipo pistón es el tipo más comúnmente usado en los sistemas de potencia fluida las partes esenciales de un cilindro tipo pistón son un barril cilíndrico o camisa, un pistón y un vástago, cabezales extremos, y guarniciones convenientes para mantener el sellado. Los cabezales se encuentran fijados en los extremos de la camisa. Estos cabezales extremos contienen generalmente los puertos fluidos. Un cabezal extremo del vástago contiene una perforación para que el vástago de pistón pase a través del mismo.

Sellos convenientes llamados guarniciones se utilizan entre la perforación y el vástago del pistón para evitar que el líquido escape hacia fuera y para evitar que la suciedad y otros contaminantes entren en la camisa. El cabezal del extremo contrario de la mayoría de los cilindros está provisto de un vínculo mecánico para asegurar el cilindro actuador a algún tipo de estructura. Este cabezal extremo se conoce como el cabezal de anclaje.

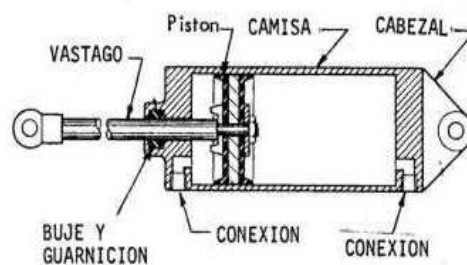


Figura.2.16 Cilindro de doble efecto

En la figura 2.16 vemos un corte esquemático de un cilindro típico. Este es denominado de doble efecto por que realiza ambas carreras por la acción del fluido.

Las partes de trabajo esenciales son:

- 1) La camisa cilíndrica encerrada entre dos cabezales
- 2) El pistón con sus guarniciones

3) El vástago con su buje y guarnición.

El vástago del pistón se puede extender a través de cualquiera o de ambos extremos del cilindro. El extremo extendido del vástago es normalmente roscado para poder fijar algún tipo de vínculo mecánico tal como un perno de argolla, una horquilla o una tuerca de fijación. Esta conexión roscada del vástago y del vínculo mecánico proporciona un ajuste entre el vástago y la unidad sobre la que accionará. Después de que se haga el ajuste correcto, la tuerca de fijación se ajusta contra el vínculo mecánico para evitar que el mismo gire. El otro extremo del vínculo mecánico se fija, directamente o a través de un acoplamiento mecánico adicional, a la unidad que se accionará. De manera de satisfacer los variados requisitos en los sistemas de potencia de fluidos, los cilindros tipo pistón están disponibles en variados diseños

Cuando el agua a presión entra por la toma situada en la parte posterior (1), desplaza el émbolo y hace salir el vástago (avance). Para que el émbolo retorne a su posición inicial (retroceso), se introduce agua a presión por la toma situada en la tapa delantera (2). De esta manera, la presión actúa en la cara del émbolo en la que está sujeta el vástago, lo que hace que la presión de trabajo sea algo menor debido a que la superficie de aplicación es más pequeña. Hay que tener en cuenta que en este caso el volumen de agua es menor, puesto que el vástago también ocupa volumen.

A continuación apreciamos la figura 2.17 de un cilindro de doble efecto y sus diferentes partes.

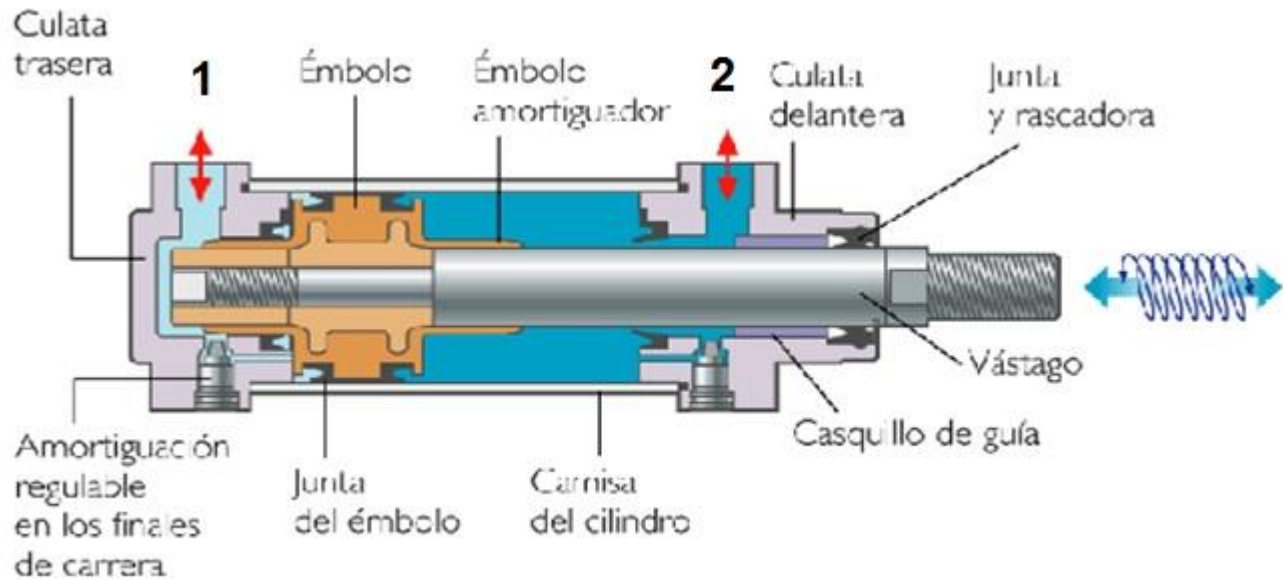


Figura. 2.17 Cilindro de doble efecto

2.6 Cálculo de la fuerza de empuje.

Las siguientes figuras son vistas en corte de un pistón y vástago trabajando dentro de la camisa de un cilindro. El fluido actuando sobre la cara anterior o posterior del pistón provoca el desplazamiento de este a largo de la camisa y transmite su movimiento hacia afuera a través del vástago.

El desplazamiento hacia adelante y atrás del cilindro se llama "carrera". La carrera de empuje se observa en la figura 2.18 y la de tracción y retracción en la figura 2.19

La presión ejercida por el aire comprimido o el fluido hidráulico sobre el pistón se manifiesta sobre cada unidad de superficie del mismo como se ilustra en la figura 2.20

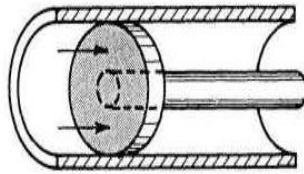


Figura 2.18 Carrera de empuje

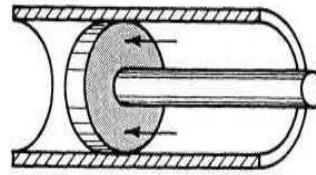


Figura 2.19 Carrera de tracción y retracción

Si nuestro manómetro indica en kg/cm^2 , la regla para hallar la fuerza total de empuje de un determinado cilindro es: “El empuje es igual a la presión manométrica multiplicada por la superficie total del pistón”.

$$F(\text{kg.}) = P (\text{kg}/\text{cm}^2) \times A (\text{cm}^2)$$

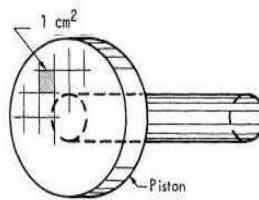


Figura 2.20 Presión ejercida por el aire comprimido.

Importante: La fuerza de retracción del pistón de la figura 2.19 está dada por la presión multiplicada por el área “neta” del pistón. El área neta es el área total del pistón menos el área del vástago.

2.7 Dimensionando un cilindro.

Un cilindro neumático debe ser dimensionado para tener un empuje Mayor que el requerido para contrarrestar la carga.

El monto de sobredimensionamiento, esta gobernado por la velocidad deseada para es movimiento, cuando mayor es la sobredimensión mas rápida va a realizarse la carrera bajo carga.

En la Figura 2.21 el cilindro neumático soporta una carga con un peso de 450 kg. Su diametro es de 4", la presión de linea es de 5.7 Kg./ cm². El cilindro en estas condiciones ejerce un empuje exactamente igual a 450 Kg. En estas circunstancias el cilindro permanecerá estacionario soportando la carga, pero sin moverla.

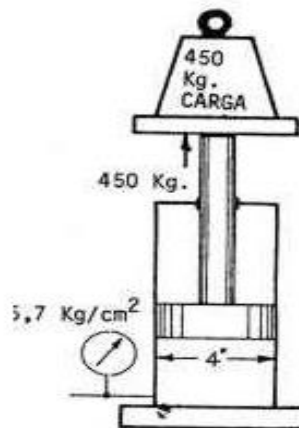


Figura. 2.21 .Cilindro neumático.

2.8 ¿Qué sobre dimensionamiento es necesario?

Esto depende de muchos factores, se sugiere aplicar la siguiente regla para usos generales: Cuando la velocidad de desplazamiento no es importante, seleccione un cilindro con una fuerza de empuje en 25% superior a lo necesario para altas velocidades sobredimensionadas en un 100%.

2.8.1 Velocidad de un cilindro.

La velocidad de desplazamiento de un cilindro hidráulico es fácil de calcular si se emplea una bomba de desplazamiento positivo.

En la Figura 2.22 mostramos un ejemplo típico, con un caudal de 40 litros por minuto ingresando al cilindro.

El área del pistón es de 78 cm^2 , para encontrar la velocidad de desplazamiento primero convertirse los litros en cm^3 por minuto es decir: $40 \times 1000 = 40\,000 \text{ cm}^3/\text{min}$.

Luego dividimos este valor por el área del pistón obteniendo la velocidad:

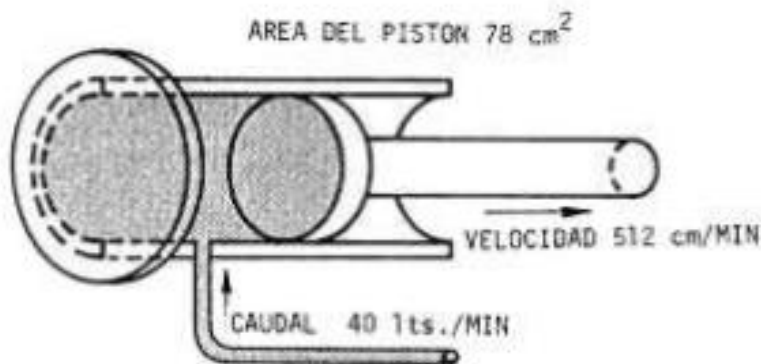


Figura. 2.22. Ejemplo con un caudal.

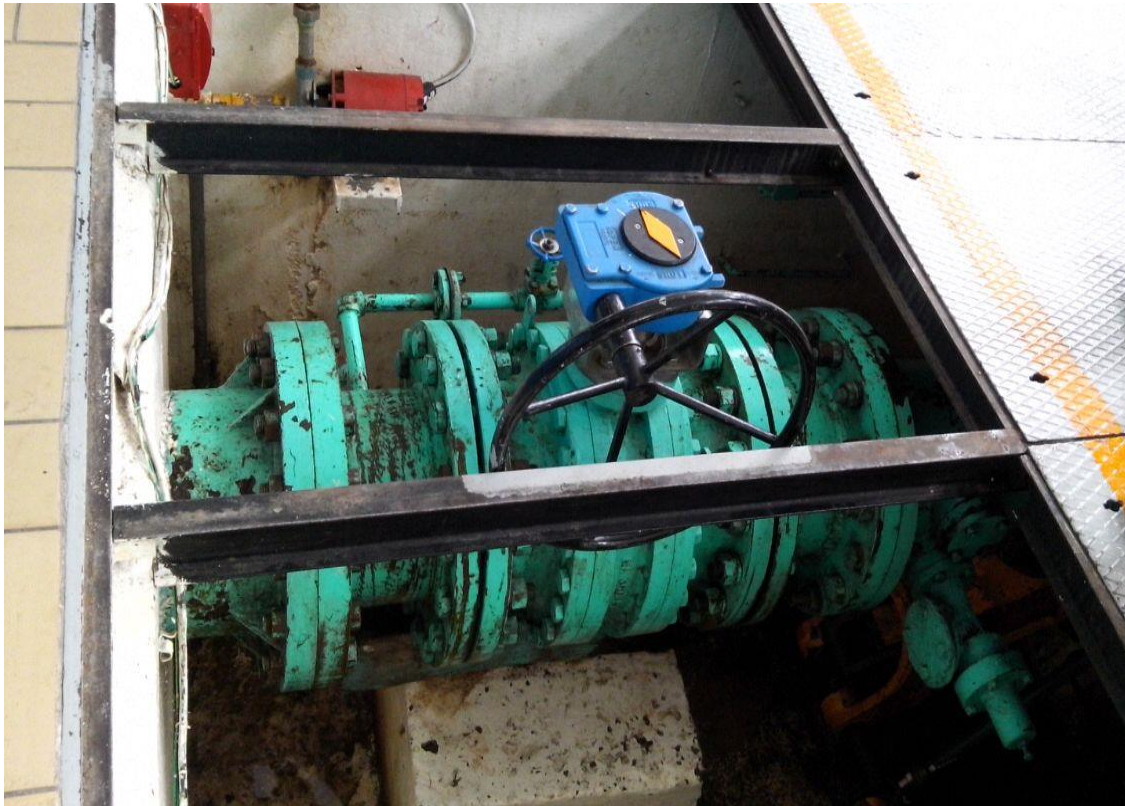
Capítulo 3 Estructuración



3.1 Fotografías de la problemática.



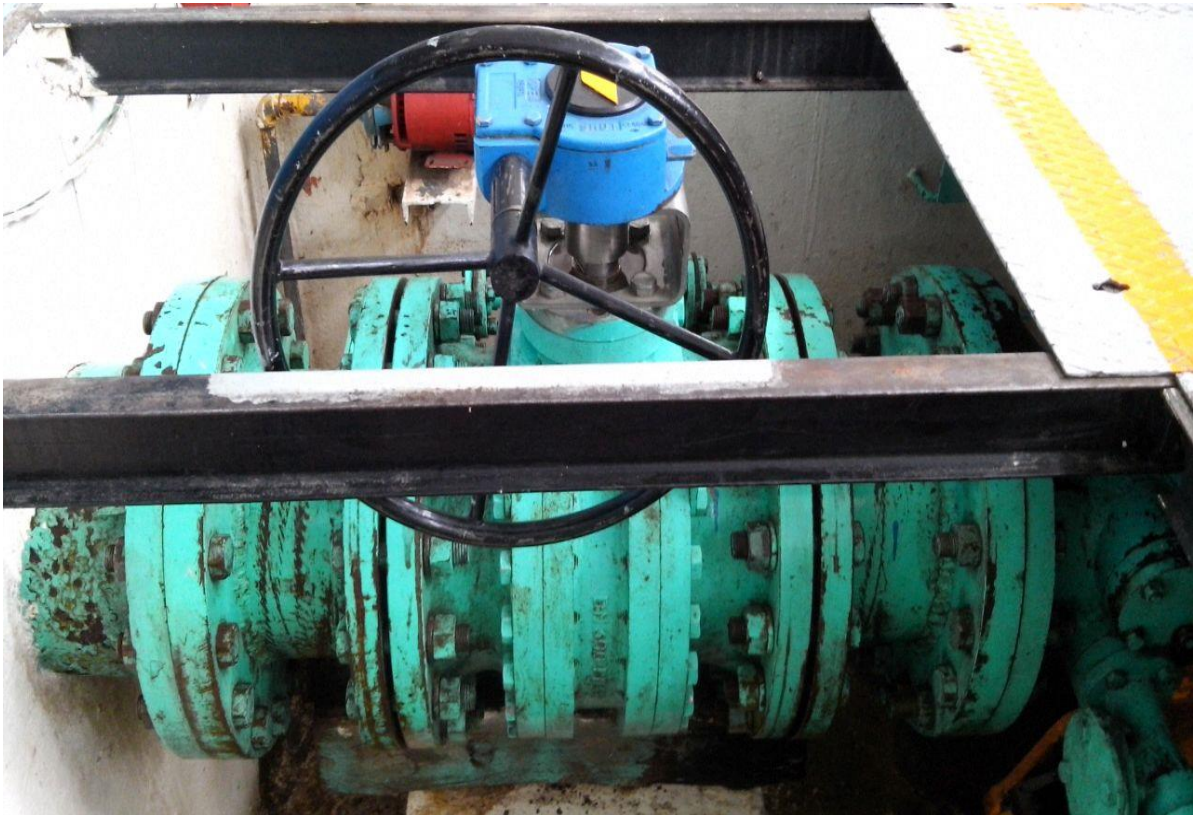
Fotografía 3.1.- Tobera de la turbina.



Fotografías 3.2.- Válvula esférica de la central hidroeléctrica de Bomboná.



Fotografía 3.3.- Caja de resorte y buje de la aguja.



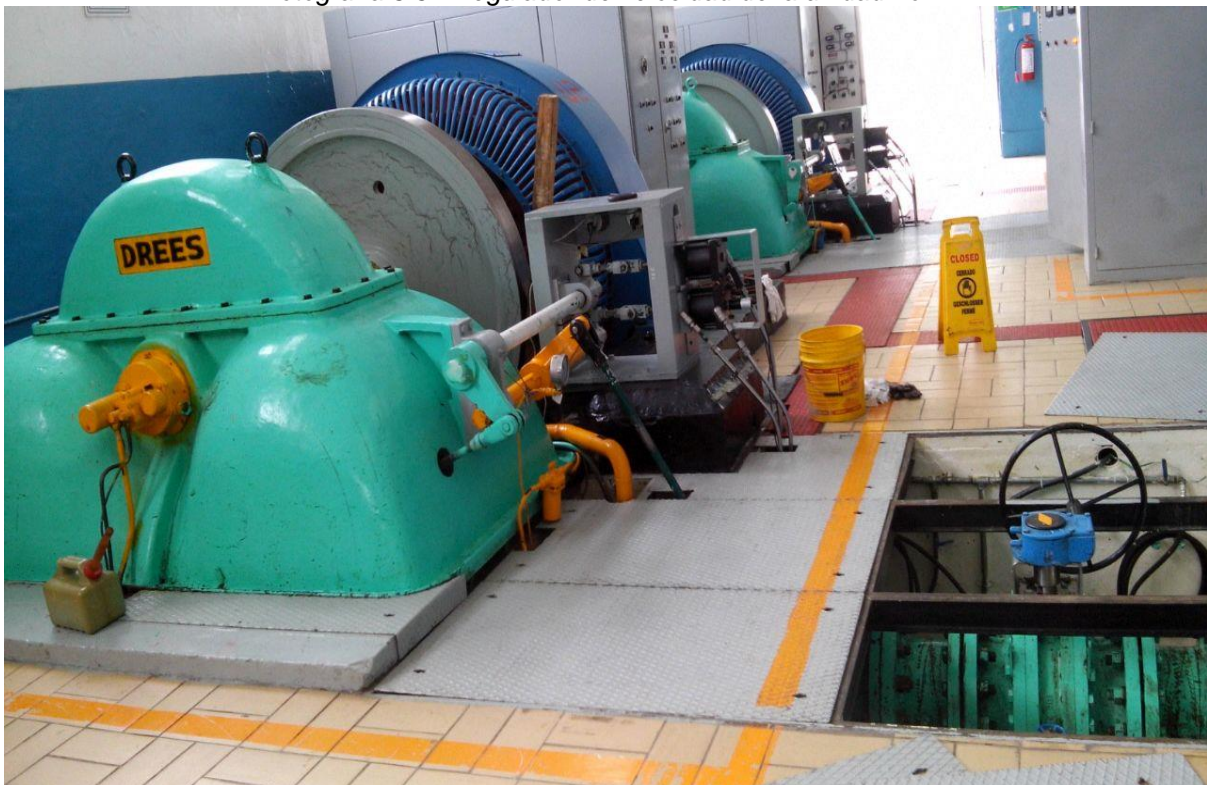
Fotografía 3.4.- Volante de la apertura y cierre de la válvula de apertura y cierre.



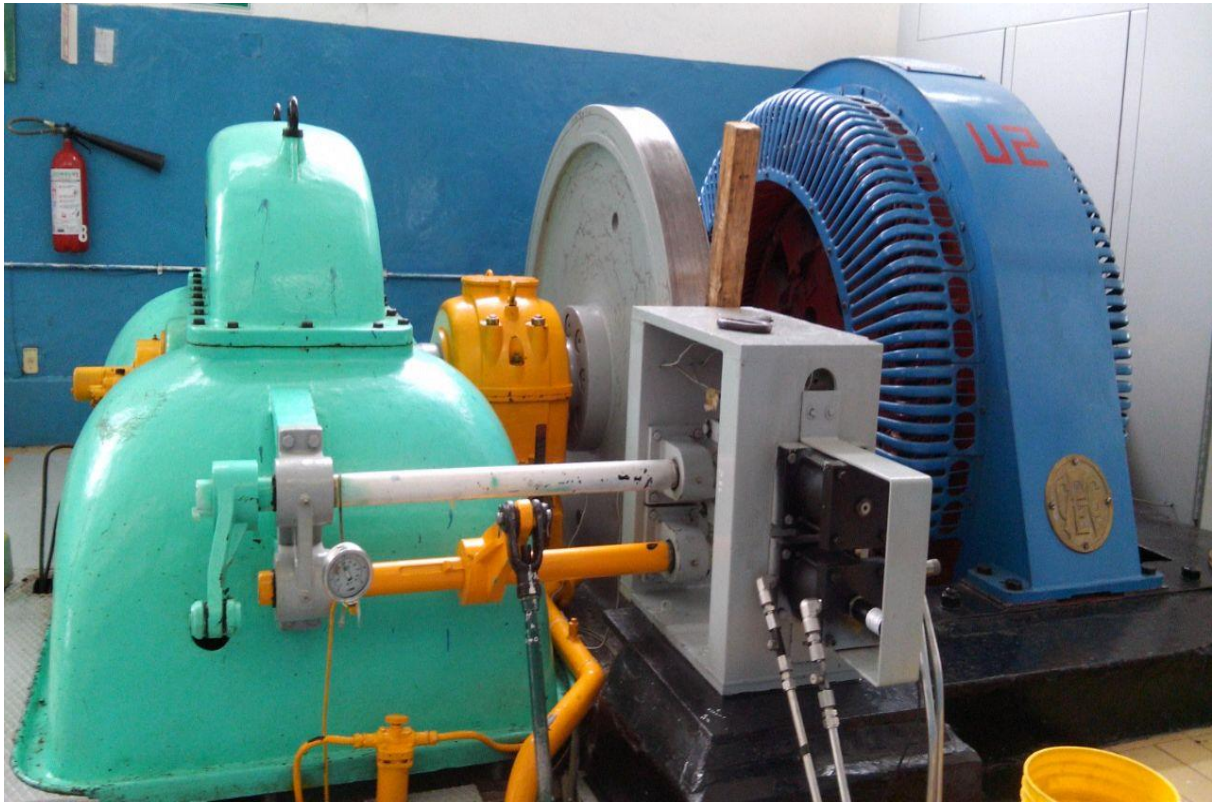
Fotografía 3.5.- barra de apertura y cierre del deflector y aguja.



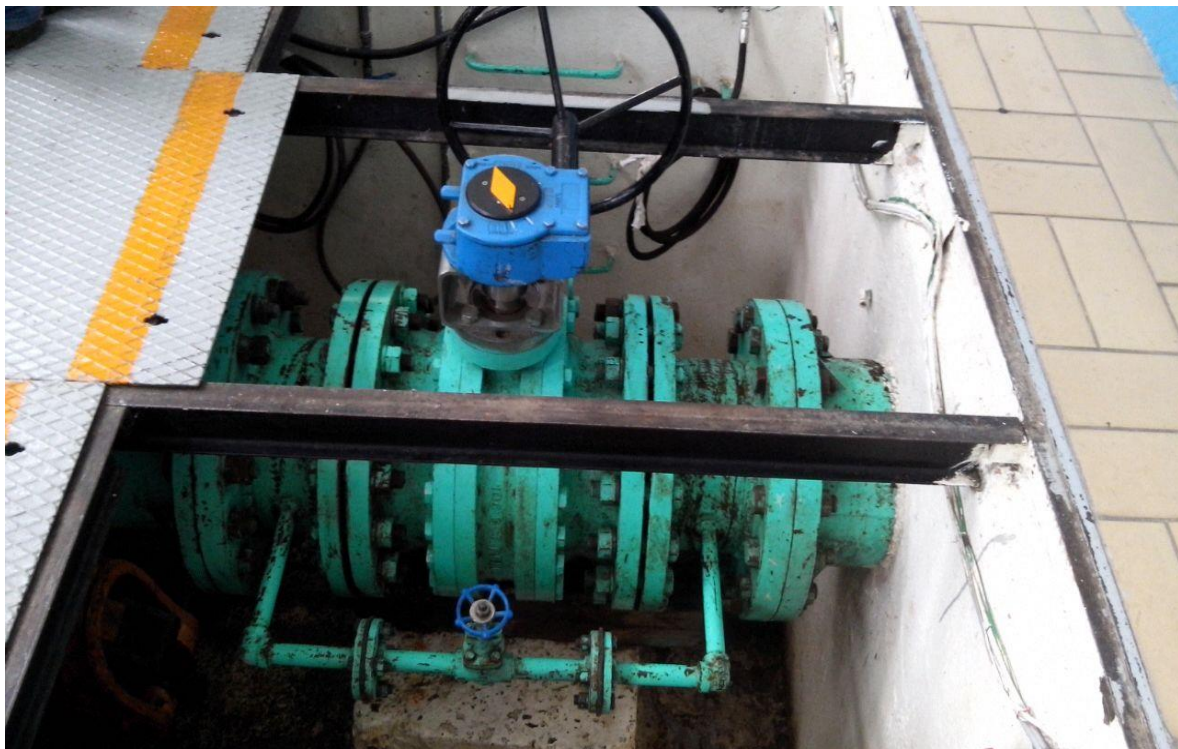
Fotografía 3.6.- Regulador de velocidad de la unidad no. 2



Fotografía 3.7.- Unidad no. 2.



Fotografía 3.8.- Servomotores.



Fotografía 3.9.- Válvula y Tubería de by-pass.

Válvula de by-pass: Tiene la función de igualar las presiones de los dos lados de la válvula esférica para el libre acceso de apertura y cierre.



Fotografía 3.10.- Volante de la válvula esférica.



Fotografía 3.11.- Generador de la unidad no. 2.

3.2 Tipos de automatización de la válvula esférica.

Por aire:

Por agua:

Daremos las ventajas y desventajas de cada tipo de automatización:

Aire.

Mediante aire no puede ser posible porque el compresor con el que cuenta la central su capacidad máxima de almacenamiento de presión es de 16kg/cm² y el servomotor que instalaremos como mínimo necesita de 26kgs/cm² para su funcionamiento de apertura y cierre entonces descartaremos esta posibilidad por las características del compresor, porque si instalamos un compresor más grande sería un costo extra e innecesario porque nada más lo utilizaríamos para este procedimiento.

Agua

Mediante este proceso vemos las características más adecuadas y economía que beneficia a la central porque utilizaremos la misma presión del agua de la tubería que alimenta las turbinas ya que esta presión es 28kg/cm² con lo que es suficiente para poder abrir el servomotor el cual utilizaremos para este proyecto.

El cilindro de doble efecto que utilizaremos se compone de la camisa, pistón y vástago

La válvula que está instalada actualmente cuenta con un mecanismo de engranes y volante para abrirla y cerrarla esto ocasiona problemas a la hora de los mantenimientos o en caso de alguna emergencia de golpes de arietes de la tubería por lo que se necesita de dos personas para maniobrarlo las cuales no se cuentan en los turnos de tarde y de noche por lo que queda nada mas el operador en turno de la central.

3.3 Pasos a realizar para la automatización

- 1.- Hacer una investigación del cilindro de doble efecto adecuado para la válvula.
- 2.- Desinstalar el sistema de engranaje con el que cuenta la válvula actualmente.
- 3.- Instalar o hacer una base de acuerdo a las medidas con las que cuenta el cilindro de doble efecto para sobreponerlo.
- 4.- Realizar un análisis de cuantas piezas extras usaremos

- 5.- Sacar las medidas necesarias para la hechura de las piezas que se usaran en conjunto con el cilindro de doble efecto.
 - 6.- La válvula se encuentra actualmente en forma vertical cuando se desinstalara se le aplica un giro de 90' para posicionarla de forma horizontal para que el cilindro de doble efecto quede dentro del foso de la válvula y no quede en el exterior ocupando un espacio de libre acceso para el personal.
 - 7.- La válvula de by-pass la seguiremos utilizando ya que con esta igualamos las presiones del agua en ambos lados de la válvula para su libre funcionamiento entonces la reubicaremos con un giro de 45° debido al giro de la válvula.
 - 8.- Hacer un diagrama de una instalación de tubería para activar el cilindro de doble efecto.
 - 9.- Hacer la instalación de la tubería que provenga del lado aguas arriba de la válvula para contar con una presión constante. Dicha tubería constará de 5 válvulas esféricas de $\frac{3}{4}$ de pulgada que se mostraran en el diagrama.
 - 10.- Instalar las piezas extras (coplees, mangueras de presión, válvulas esféricas de $\frac{3}{4}$ de pulgada).
 - 11.- Instalarle al cilindro de doble efecto la biela y el tope donde lo podemos utilizar para señalización.
Del cierre de la válvula.
 - 12.- Instalar el cilindro de doble efecto a la válvula esférica.
 - 13.- Revisar últimos detalles.
 - 14.- Accionar el sistema.
- Sistema de engranaje (es un sistema compuesto por un gusano sin fin y un engranaje de media luna y el volante).

3.4 Datos generales

A continuación en la Tabla 3.1 se presentan los datos generales de la turbina unidad 2 de la central hidroeléctrica Bombaná (clave BBN).

Tabla 3.1. Datos generales de la central hidroeléctrica Bombana (clave BBN)

Central Hidroeléctrica Bombana (clave BBN)

DATOS GENERALES			
Capacidad instalada	5.24 MW	Cantidad de unidades	4
Tipo de turbina	Peltón	Tensión de entrega	13.8 kv
TURBINA UNIDAD 2			
EJE	Horizontal		
TIPO	Pelton		
MARCA	Drees		
POTENCIA MAXIMA	1.877hp		
NIVEL DE DESFOGUE	677.60 m		
CARGA ESTATICA MAXIMA	262 m		
GASTO DE DISEÑO	.0625 m ³ / s		
CARGA NETA DE DISEÑO	262 m		
VELOCIDAD DE ROTACIÓN	600 rpm		

3.5 Cálculo de presión en el cilindro de doble efecto.

$$27 \frac{Kgf}{cm^2} = 384.03707 Psi$$

$$1 \frac{Kgf}{cm^2} = 14.223595 Psi$$

$$27 \frac{Kgf}{cm^2} \frac{14.223595 Psi}{1 \frac{Kgf}{cm^2}} = 384.037065 Psi$$

$$1 atm = 101.325 Kpa = 14.7 Psi$$

$$384.037065 Psi \frac{101.325 Kpa}{14.7 Psi} = 2647.112627 Kpa$$

Cálculo para la fuerza de presión del cilindro actuador del cilindro de doble efecto que usaremos:

Fuerza de presión = Superficie del émbolo x Presión

$$F = A x P (cm^2 x kgf /cm^2).$$

$$A = \pi r^2 = (3.1416) (7.75^2 \text{cm}^2) = 188.692 \text{cm}^2.$$

$$F = (188.692 \text{cm}^2) \left(27 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2} \right) = 5094.684 \text{kgf}.$$

Cálculo para la carrera de avance.

$$FA = D^2 \frac{\pi}{4} P$$

$$FA = (15.5 \text{ cm}^2) \left(\frac{\pi}{4} \right) \left(27 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2} \right) = 5094.684 \text{kgf}.$$

Cálculo para la carrera de retroceso.

$$FR = (D^2 - d^2) \left(\frac{\pi}{4} \right) (P)$$

$$FR = (15.5^2 - 10^2) \text{ cm} \left(\frac{\pi}{4} \right) \left(27 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2} \right) = 2974.1065 \text{kgf}.$$

Velocidad del caudal que pasa por la válvula esférica.

$$\text{Velocidad} = \left(\frac{Q}{A} \right)$$

$$Q = 625 \left(\frac{L}{S} \right) \times 60 \left(\frac{S}{\text{min}} \right) = 37\,500 \left(\frac{L}{\text{min}} \right) \times \left(\frac{1000 \text{ cm}^3}{L} \right) = 37\,000\,000 \frac{\text{cm}^3}{L}$$

$$A = \pi r^2 = (3.1416) (7.75^2 \text{cm}^2) = 188.692 \text{ cm}^2.$$

$$\text{Velocidad} = \left(\frac{37\,000\,000 \frac{\text{cm}^3}{L}}{188.692 \text{ cm}^2} \right)$$

$$\text{Velocidad} = 198\,738.6719 \frac{\text{cm}}{\text{min}}$$

3.6 Diseño del cilindro de doble efecto en solidworks

Cilindro actuador de doble efecto ideal para la automatización diseñado en solidworks.

Este cilindro actuador de doble efecto es seguro ante las sobrecargas, pudiendo ser cargado hasta el máximo de su potencia; en caso de sobrecarga simplemente se detendrá.

El mecanismo de automatización ideal para la válvula esférica fue diseñado usando como herramienta de diseño el programa solidworks 2014, mostrando como resultado final cada una de sus piezas y así como el mecanismo en conjunto.

En la sección anexos se muestran cada uno de sus croquis de las piezas respectivamente, a su vez los diagramas del sistema automatizado mediante el programa Automation, mostrando la carrera del embolo en avance y en retroceso.

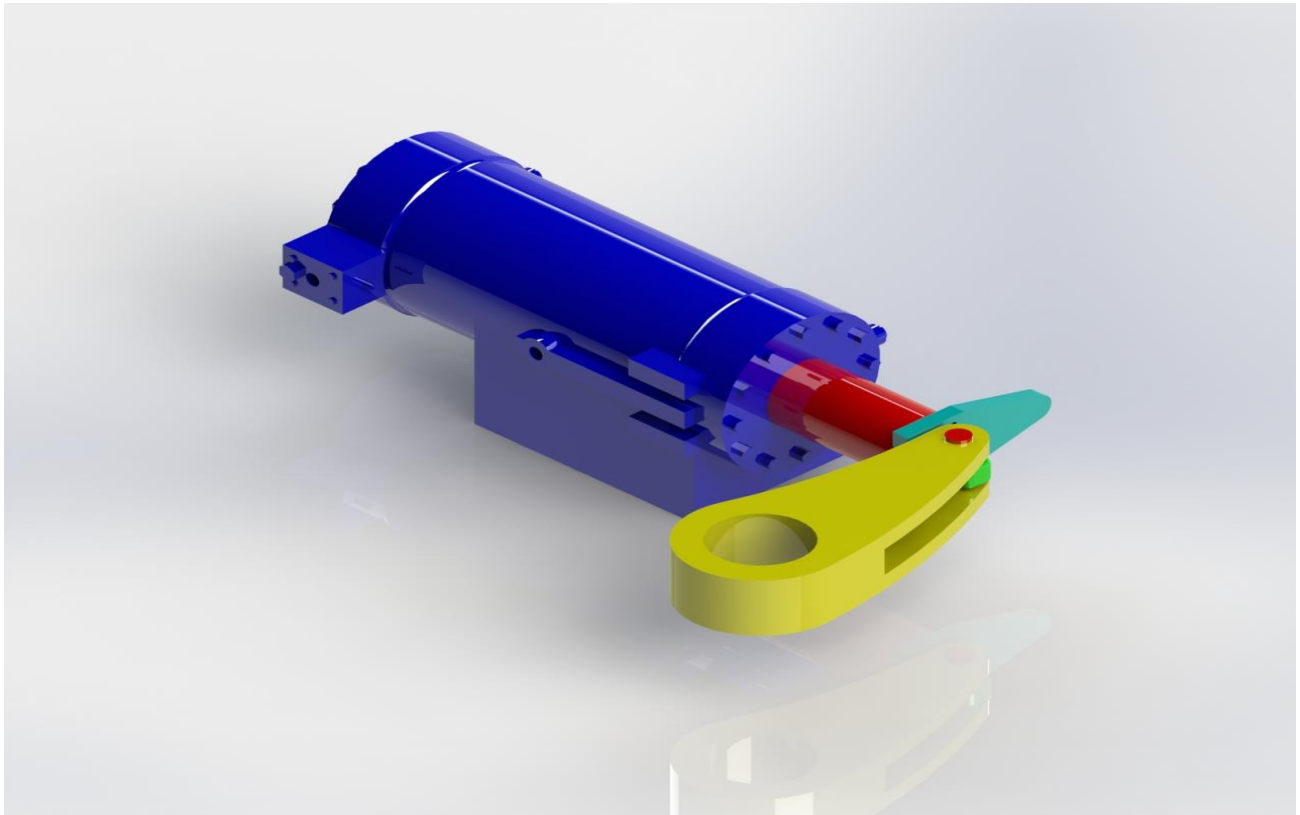


Figura 3.12 Cilindro actuador de doble efecto vista frontal

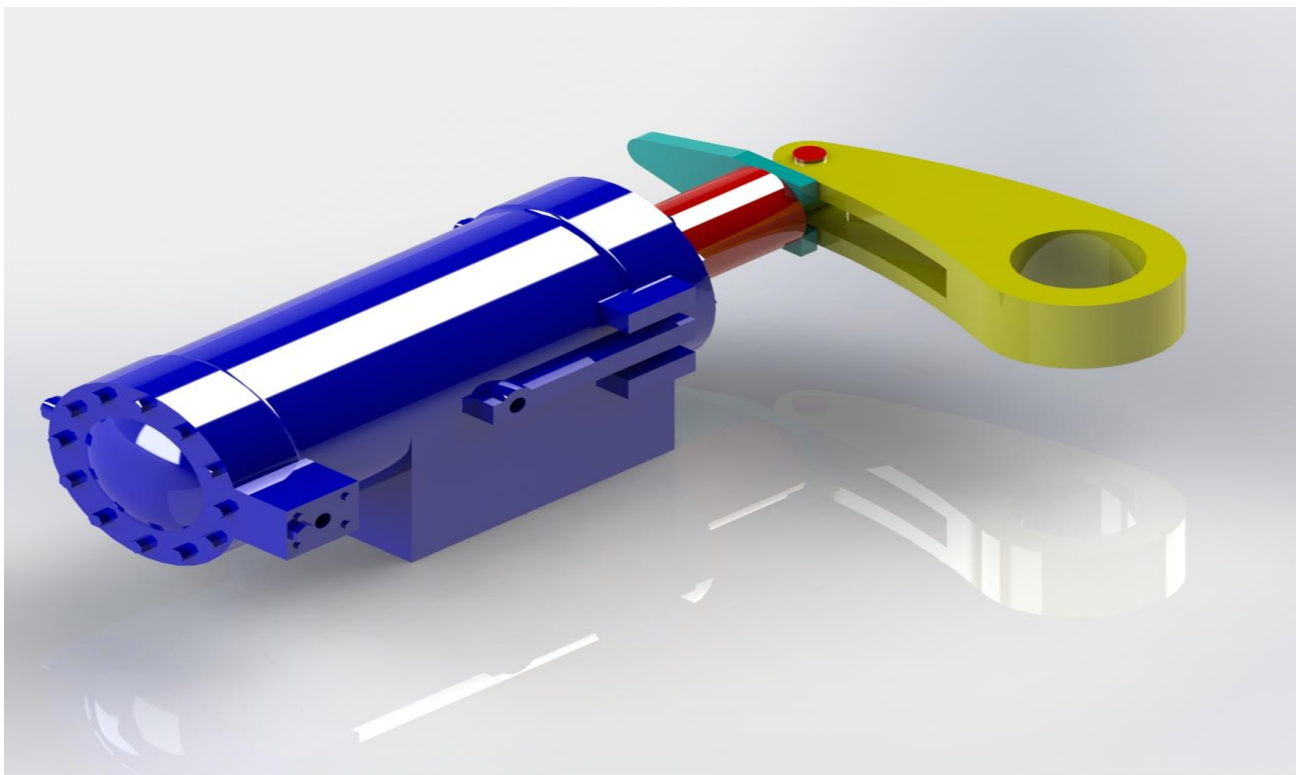


Figura 3.13 Cilindro actuador de doble efecto vista lateral

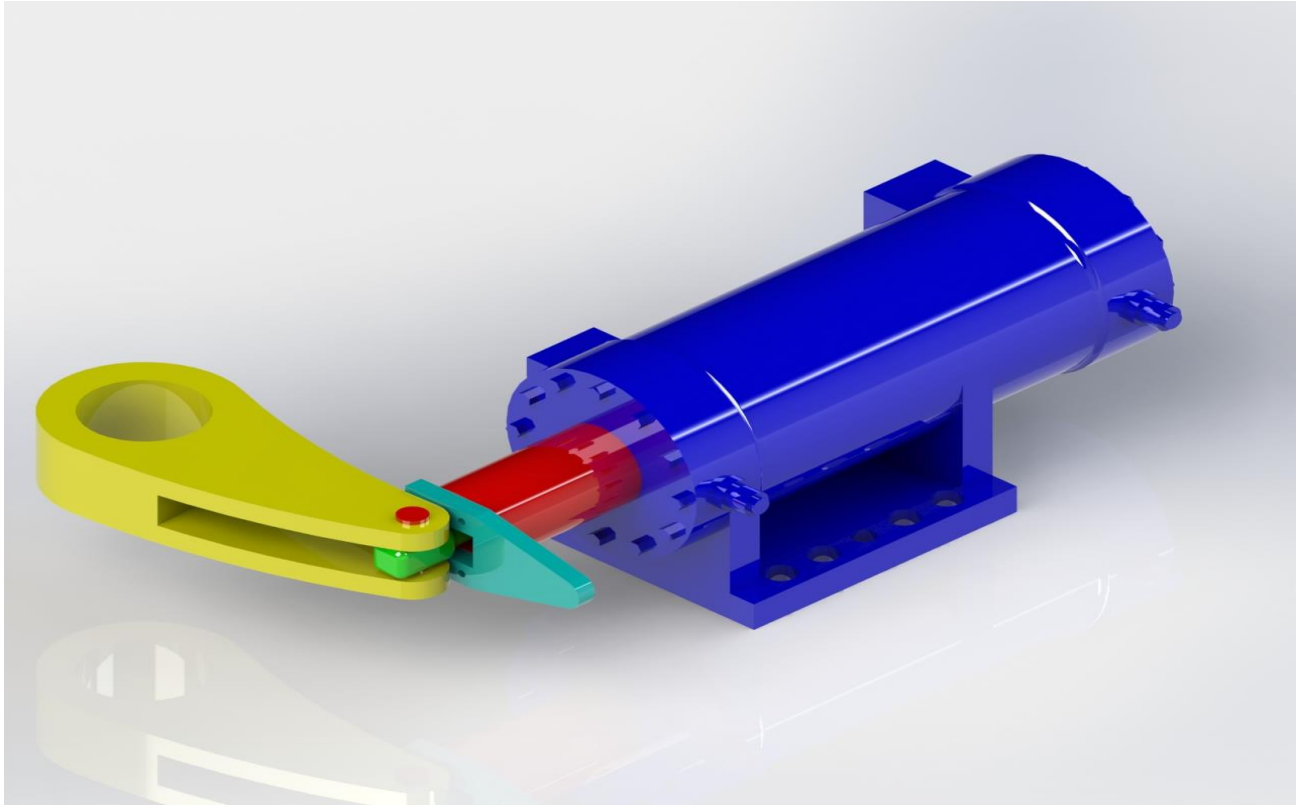


Figura 3.14 Cilindro actuador de doble efecto vista frontal izquierda.

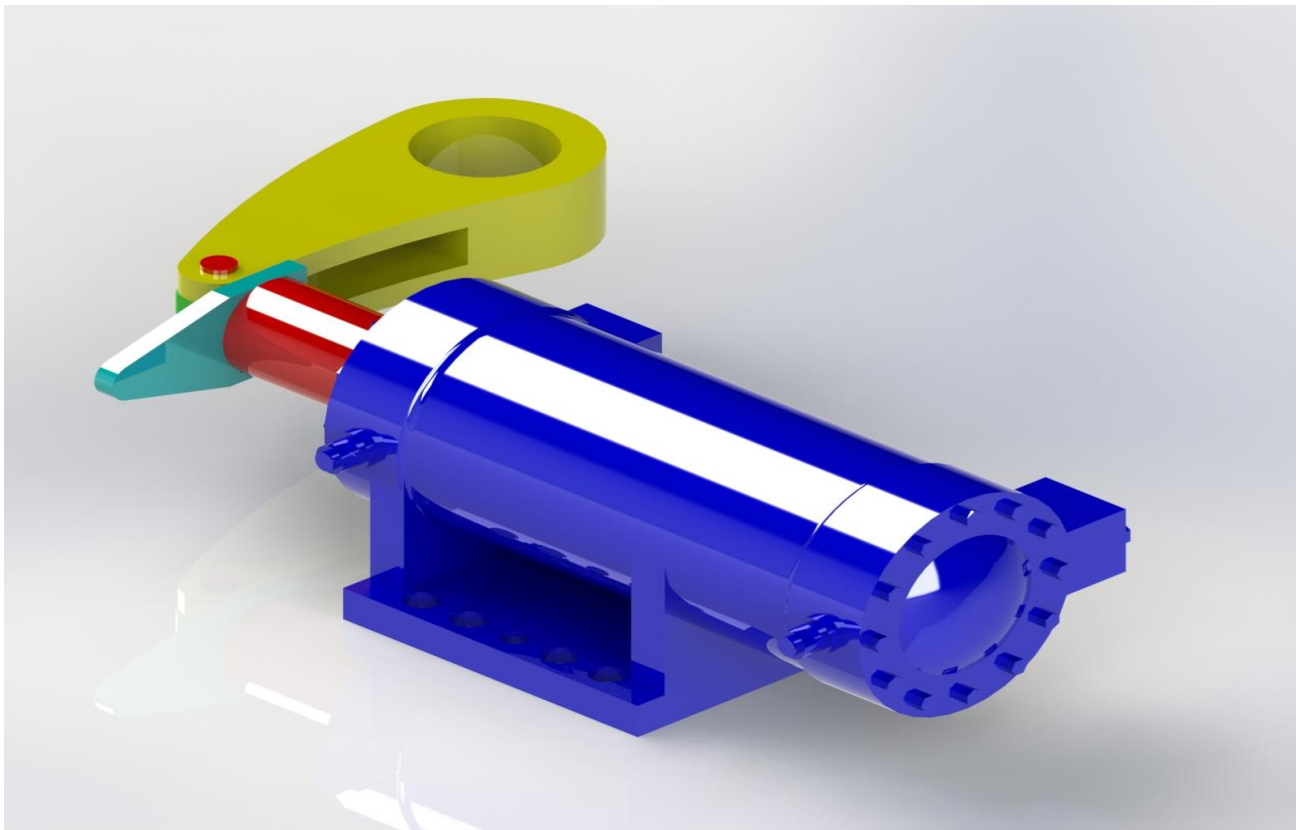


Figura 3.15 Cilindro actuador de doble efecto vista frontal derecha.

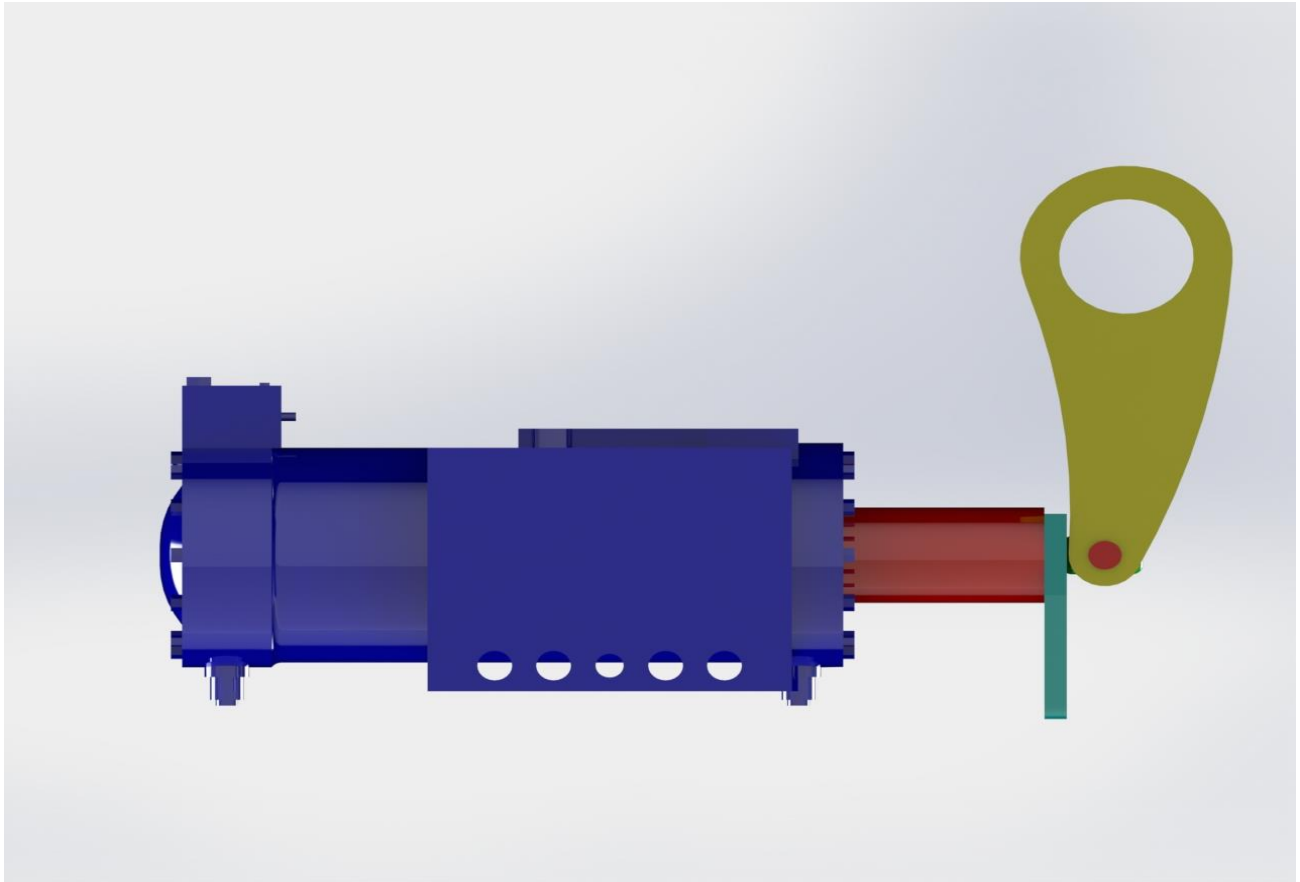


Figura 3.16 Cilindro actuador de doble efecto vista inferior.

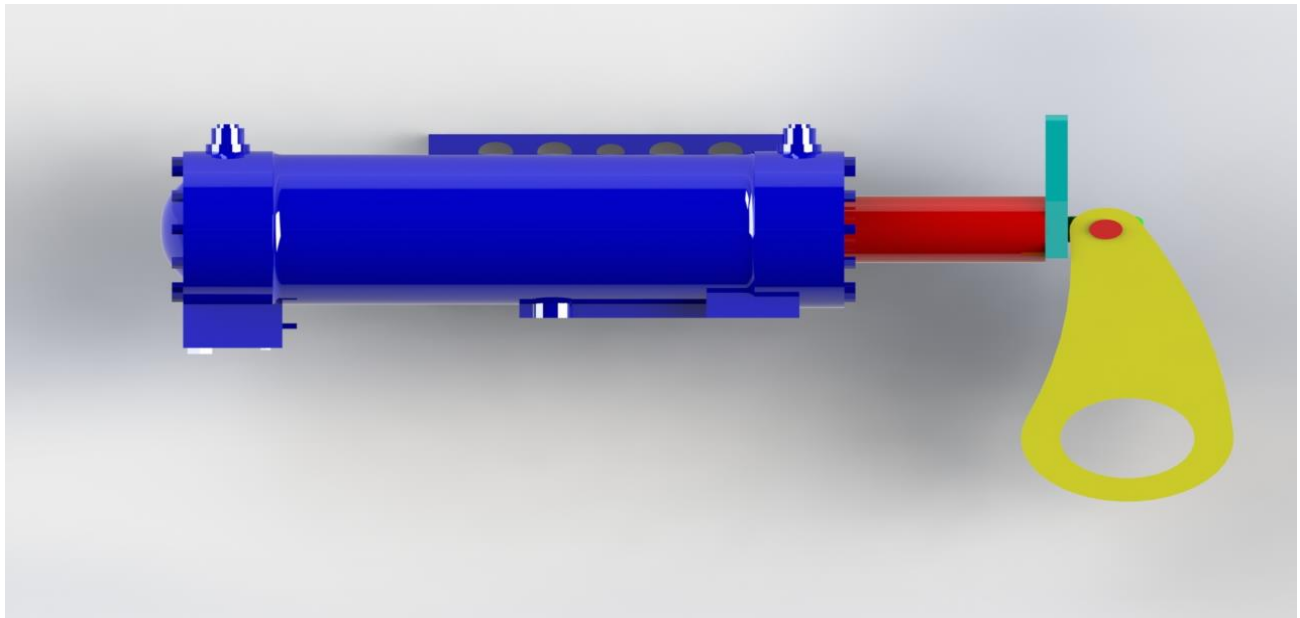


Figura 3.17 Cilindro actuador de doble efecto vista superior

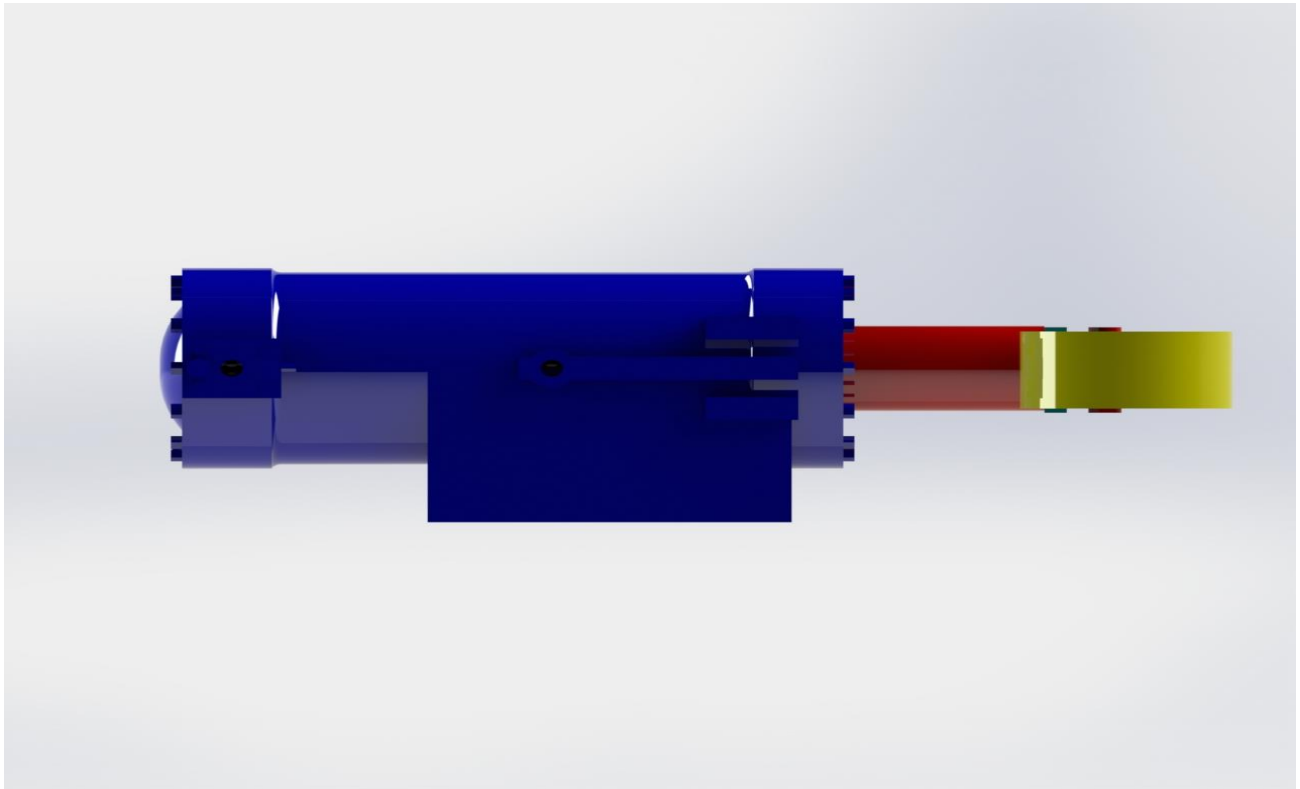


Figura 3.18 Cilindro actuador de doble efecto vista lateral derecha

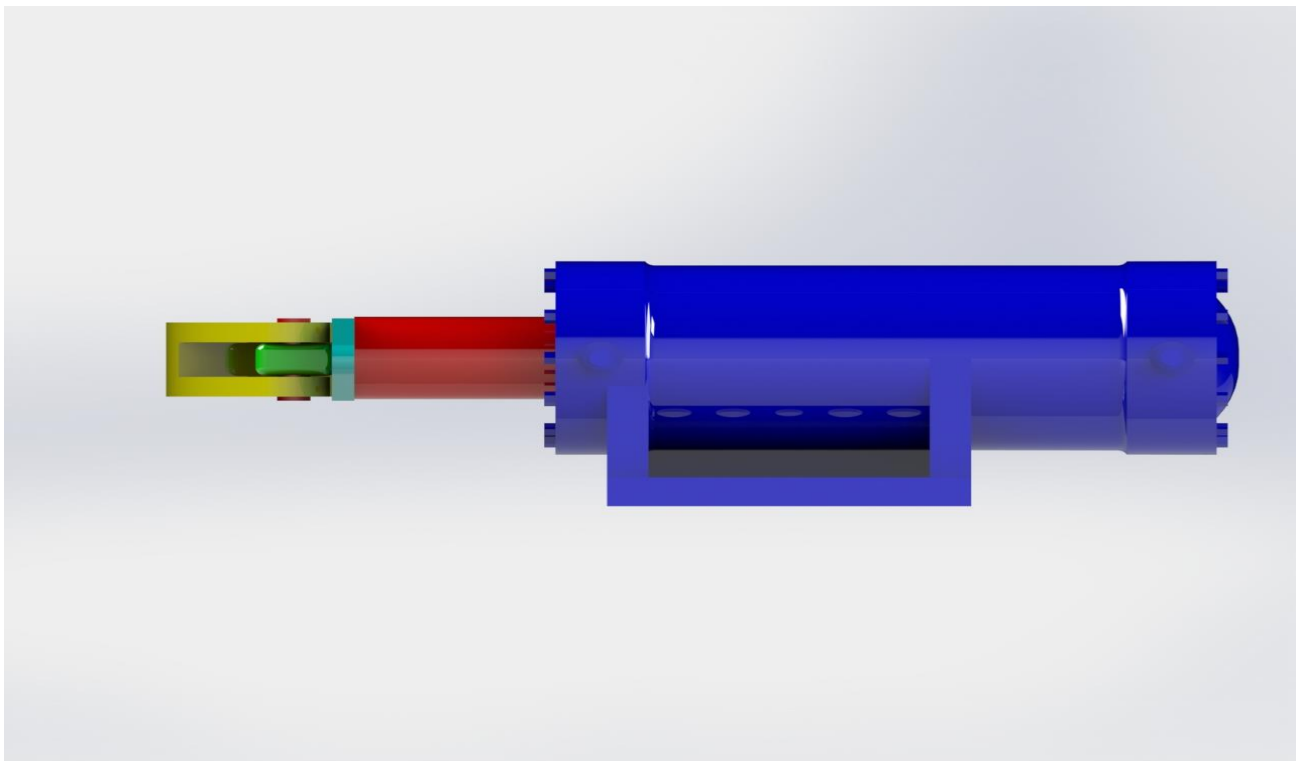


Figura 3.19 Cilindro actuador de doble efecto vista lateral izquierda

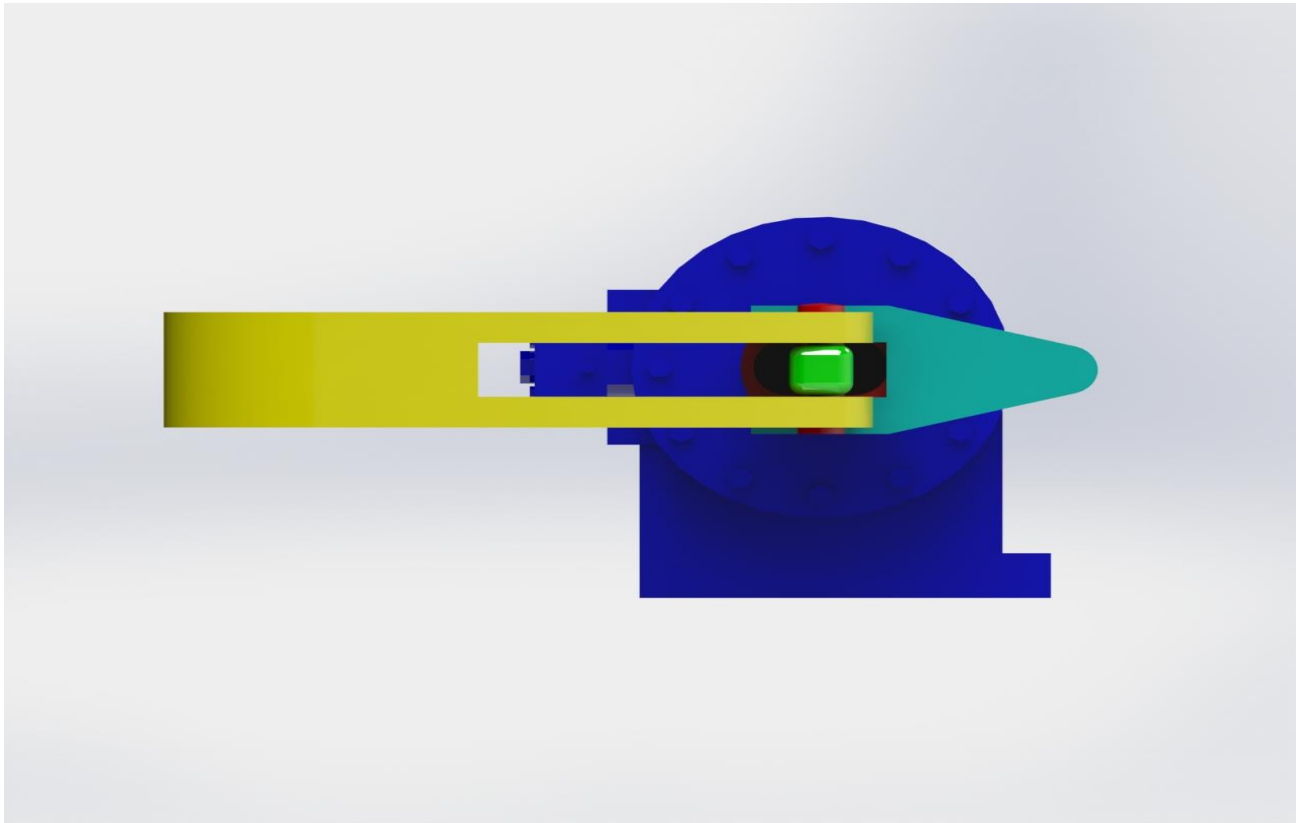


Figura 3.20 Cilindro actuador de doble efecto vista delantera

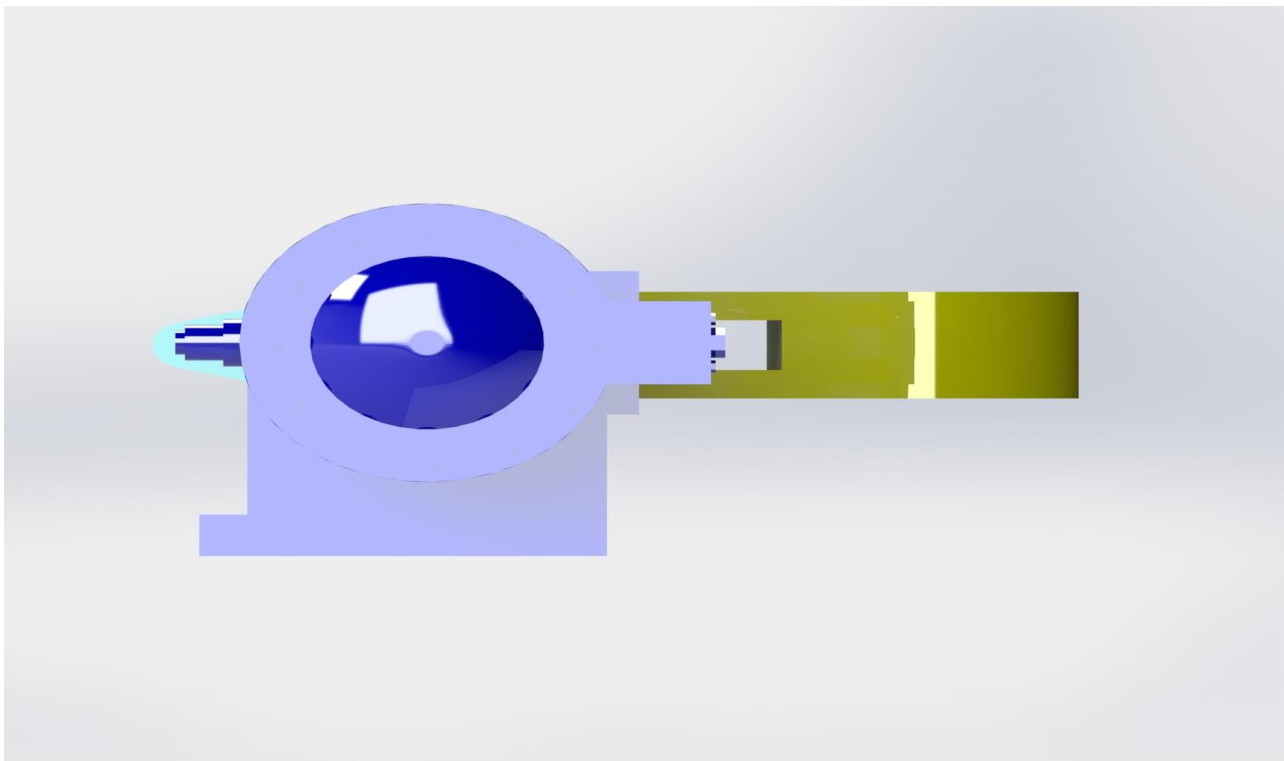
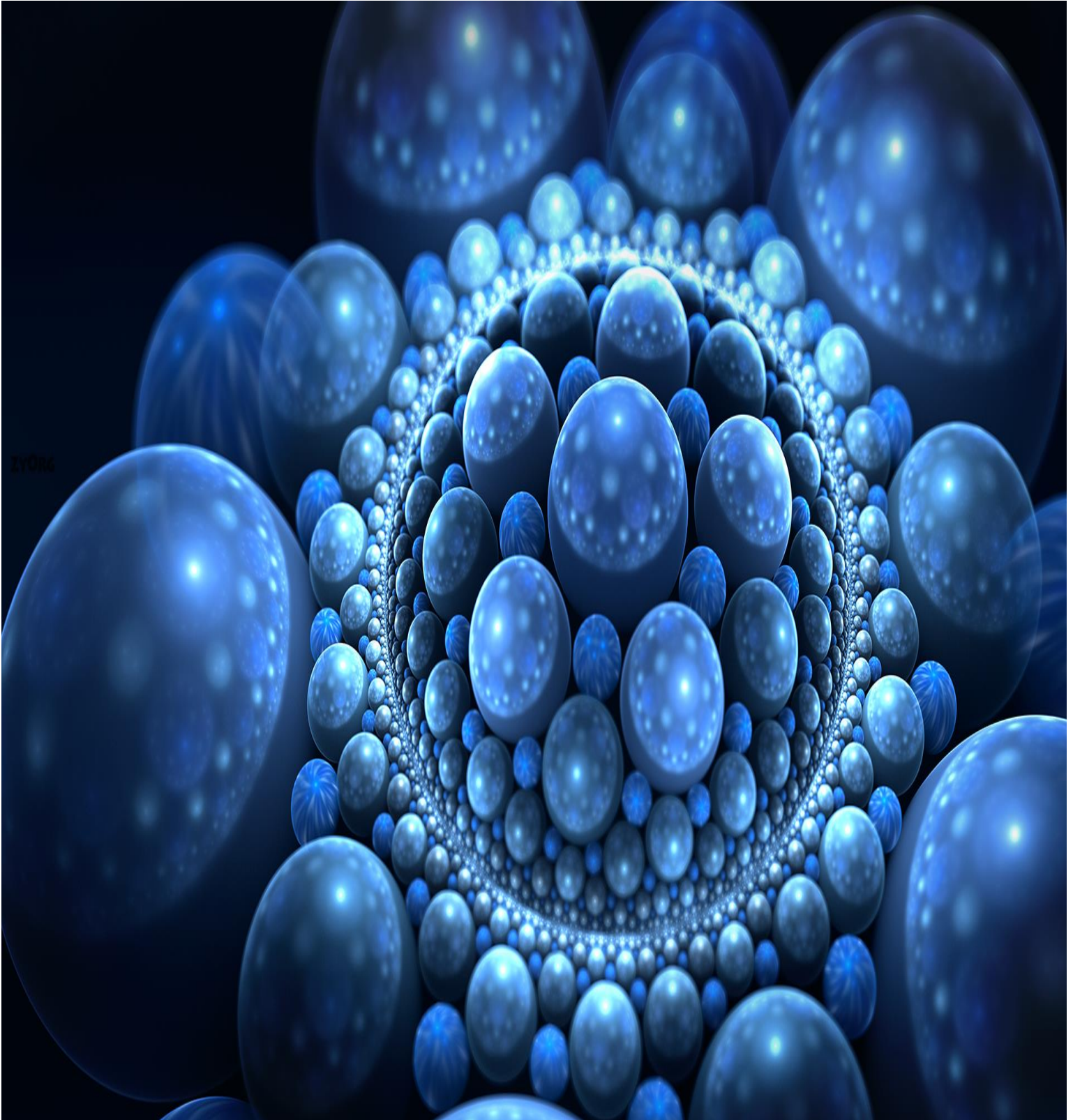


Figura 3.21 Cilindro actuador de doble efecto vista trasera

Capítulo 4 Conclusiones



4.1 Conclusión

En el proyecto de automatización de la válvula esférica de la unidad no. 2 de la central hidroeléctrica de Bombana, como residente, desarrollé habilidades y conocimientos en automatización. La participación y convivencia diaria con el personal que labora en la Central hidroeléctrica de Bombaná es una buena oportunidad para entender como es el ambiente laboral en la industria y las lecciones que se pueden llegar a aprender en este ámbito son infinitas

La participación de este proyecto de residencia será una solución viable para eliminar los problemas que tiene el personal al momento de abrir y cerrar la válvula esférica.

4.2 Agradecimientos

En lo particular, la experiencia vivida y los conocimientos obtenidos durante la elaboración del proyecto me deja una gran satisfacción y sobre todo mucho aprendizaje tanto del personal como de la turbina y sus componentes. Por todo esto y por haber llevado una buena relación con todo el personal en general de la central, agradezco a las personas que me permitieron y facilitaron las herramientas para llevar a cabo la residencia profesional en una empresa de la magnitud como lo es Comisión Federal de Electricidad.

4.3 Anexos

DIAGRAMA DE LA AUTOMATIZACIÓN CUANDO EL CILINDRO DE DOBLE EFECTO
ESTA EN RETROCESO

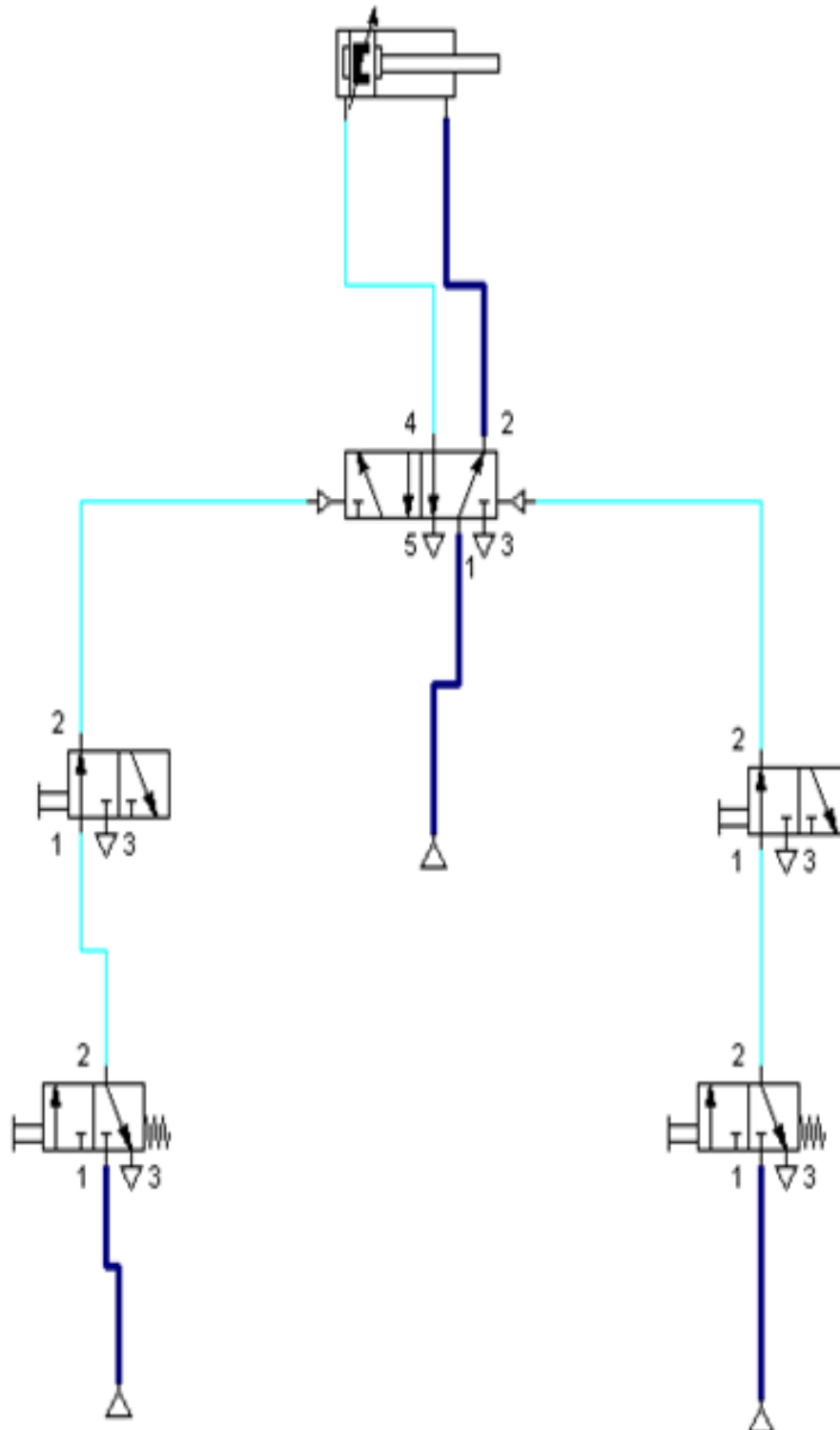


DIAGRAMA DE LA AUTOMATIZACIÓN CUANDO EL CILINDRO DE DOBLE EFECTO ESTA EN AVANCE

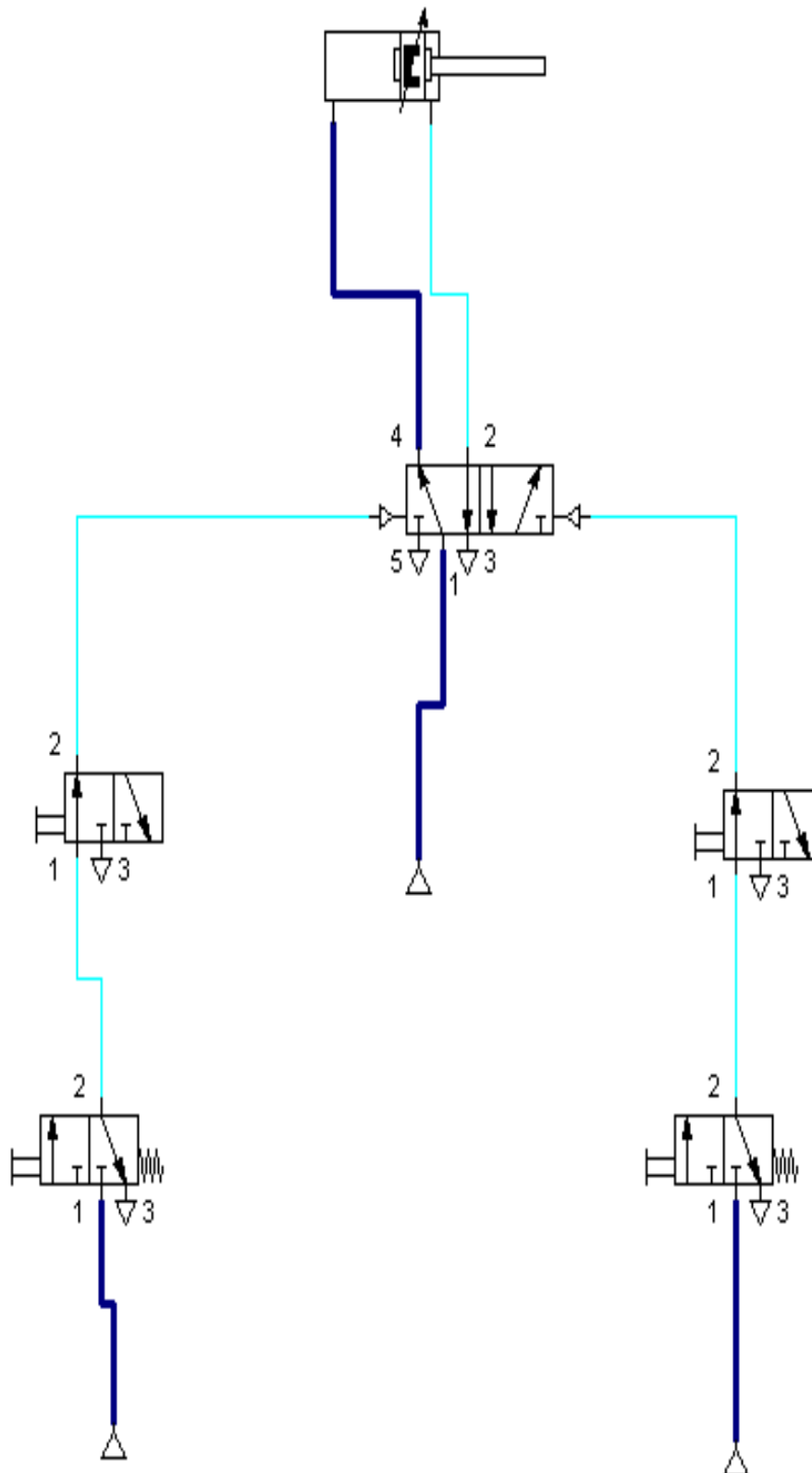
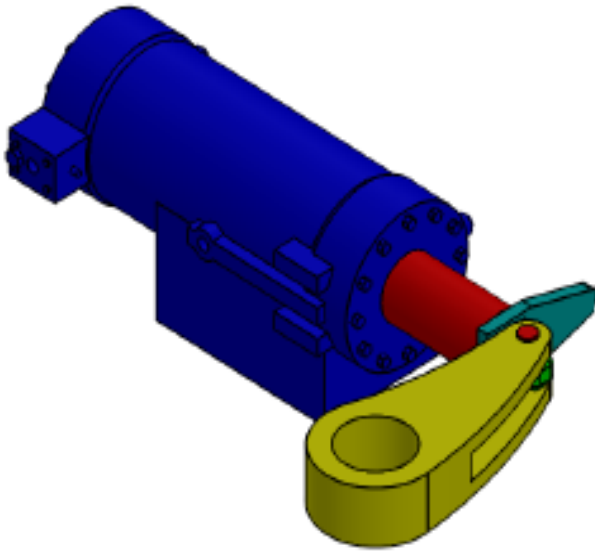
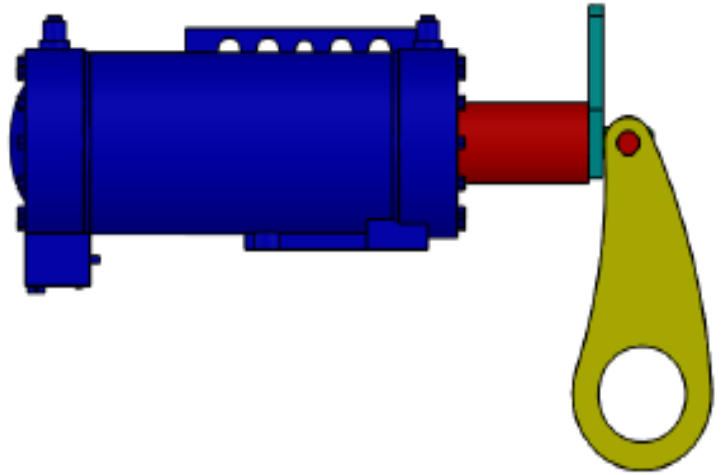


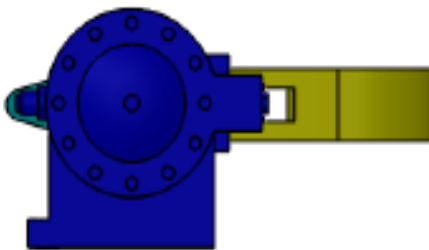
Fig. 3 Diagramas del mecanismo utilizado para la automatización.



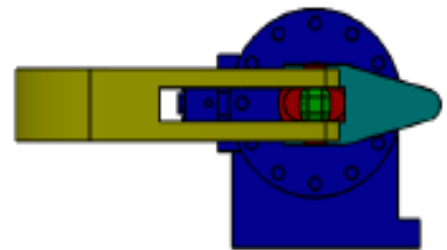
ESCALA 1 : 10



ESCALA 1 : 10



ESCALA 1 : 10



ESCALA 1 : 10

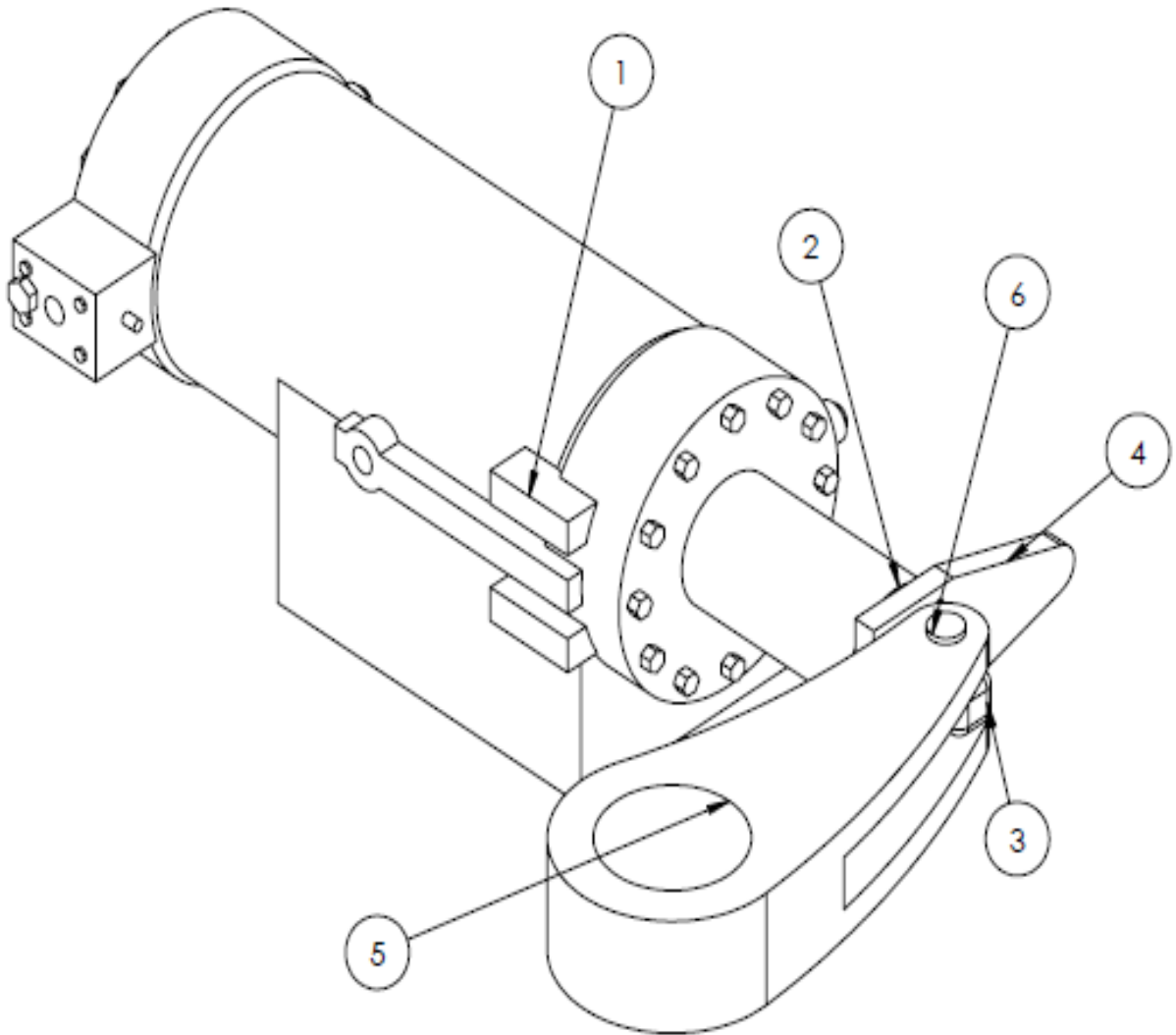
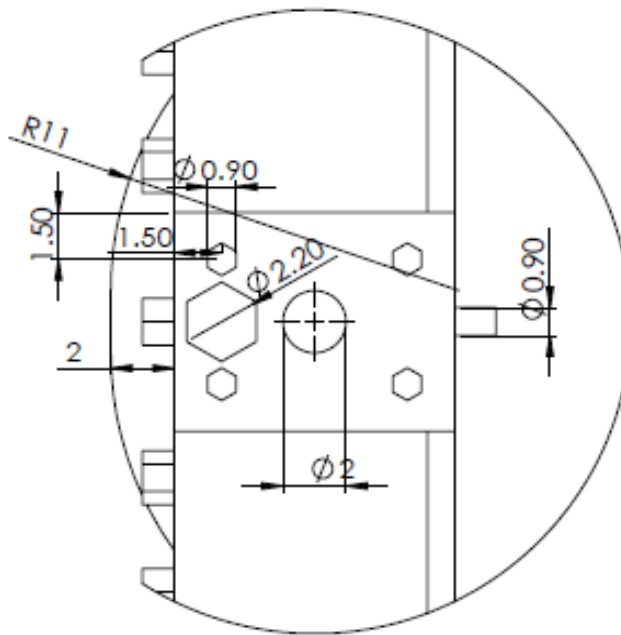
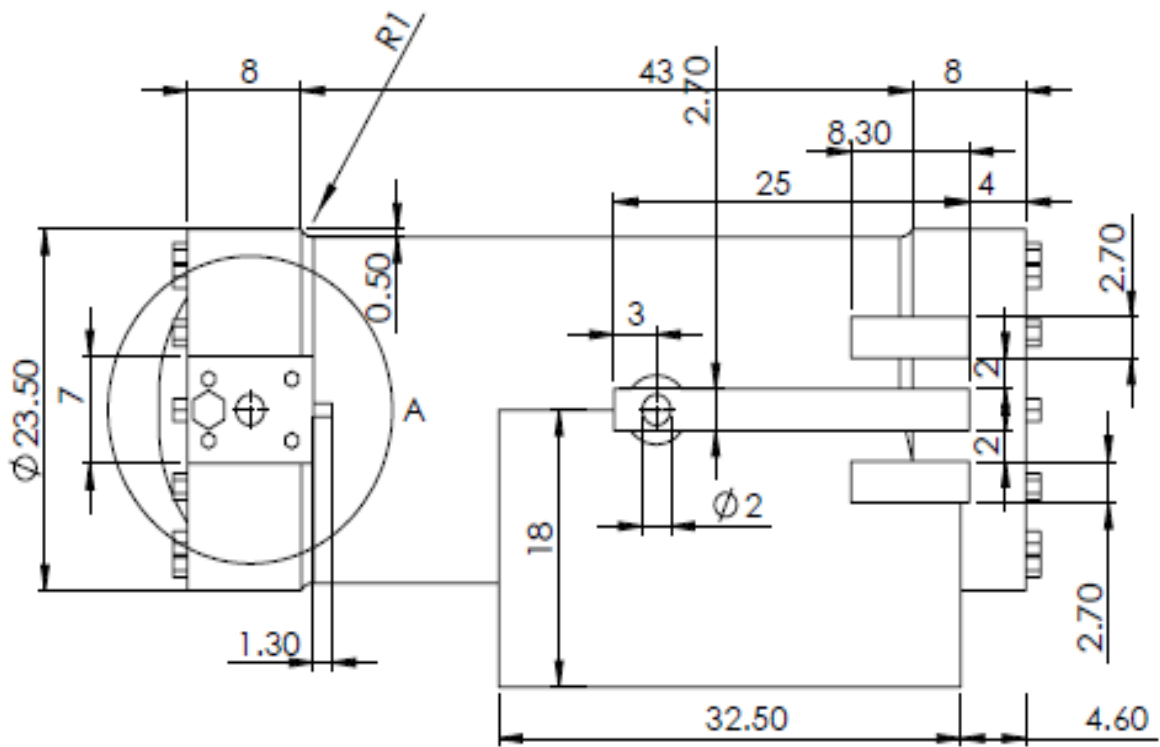


Fig. 4 Croquis del mecanismo



DETALLE A
ESCALA 1 : 2

Fig. 5 Croquis del émbolo "frontal"

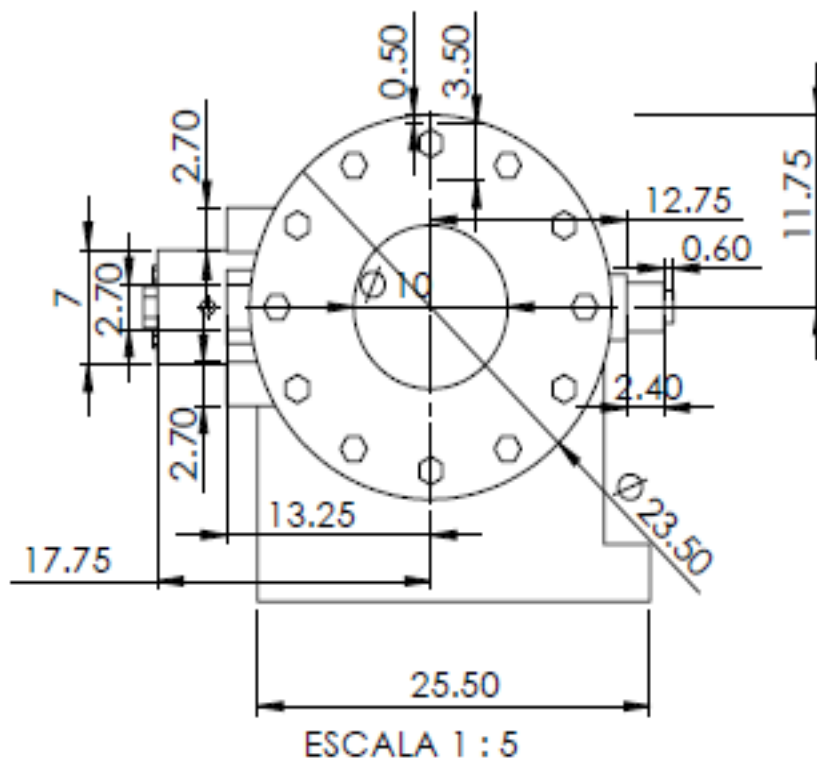
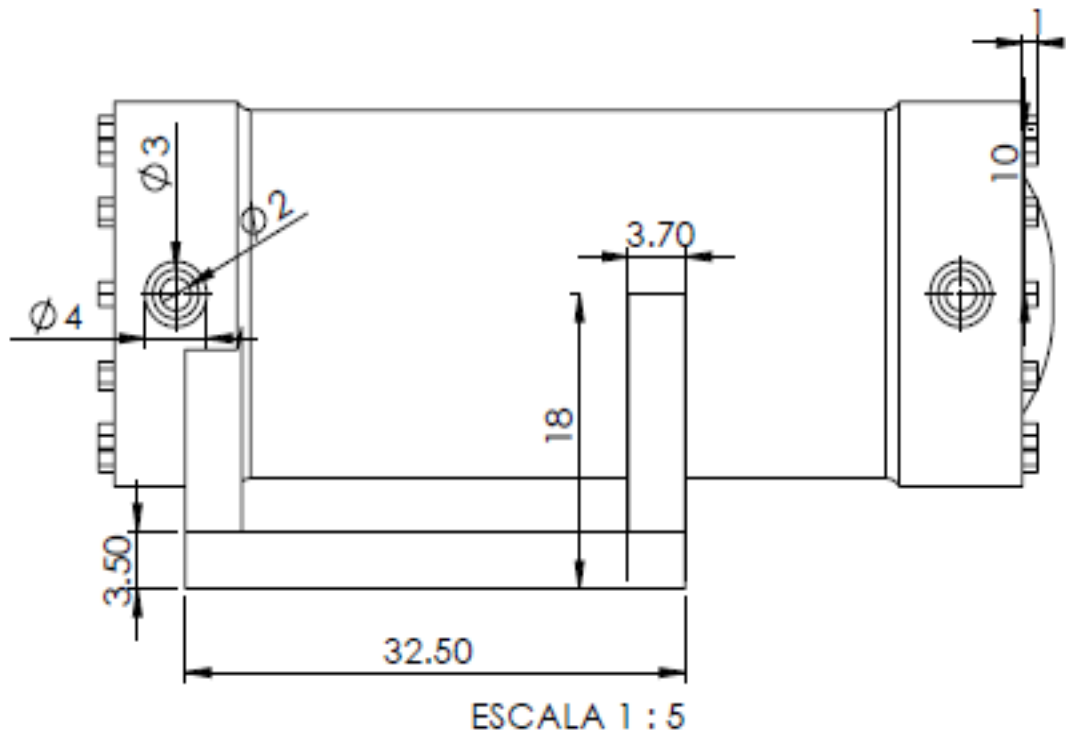
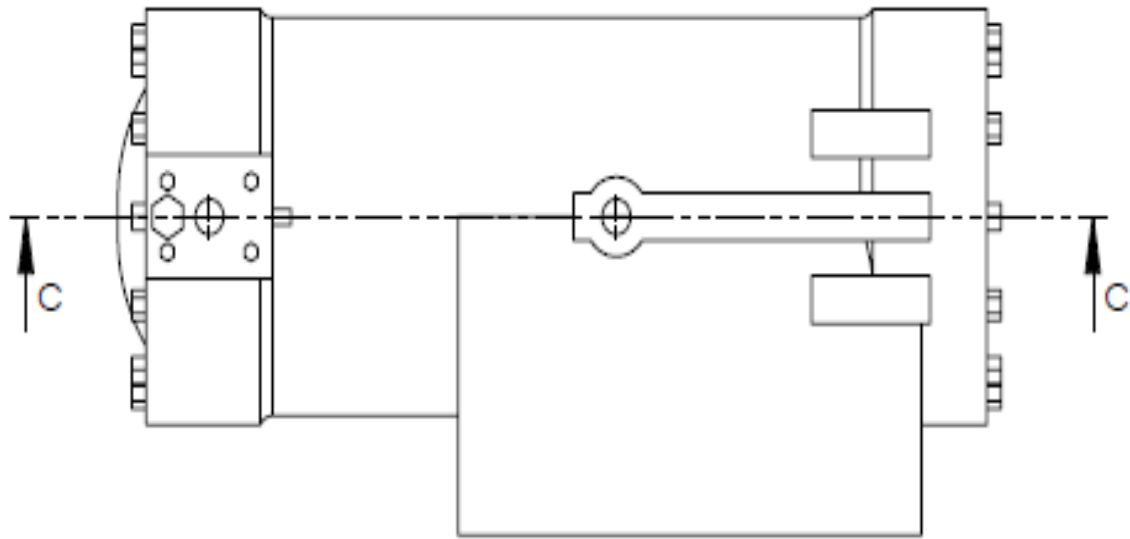
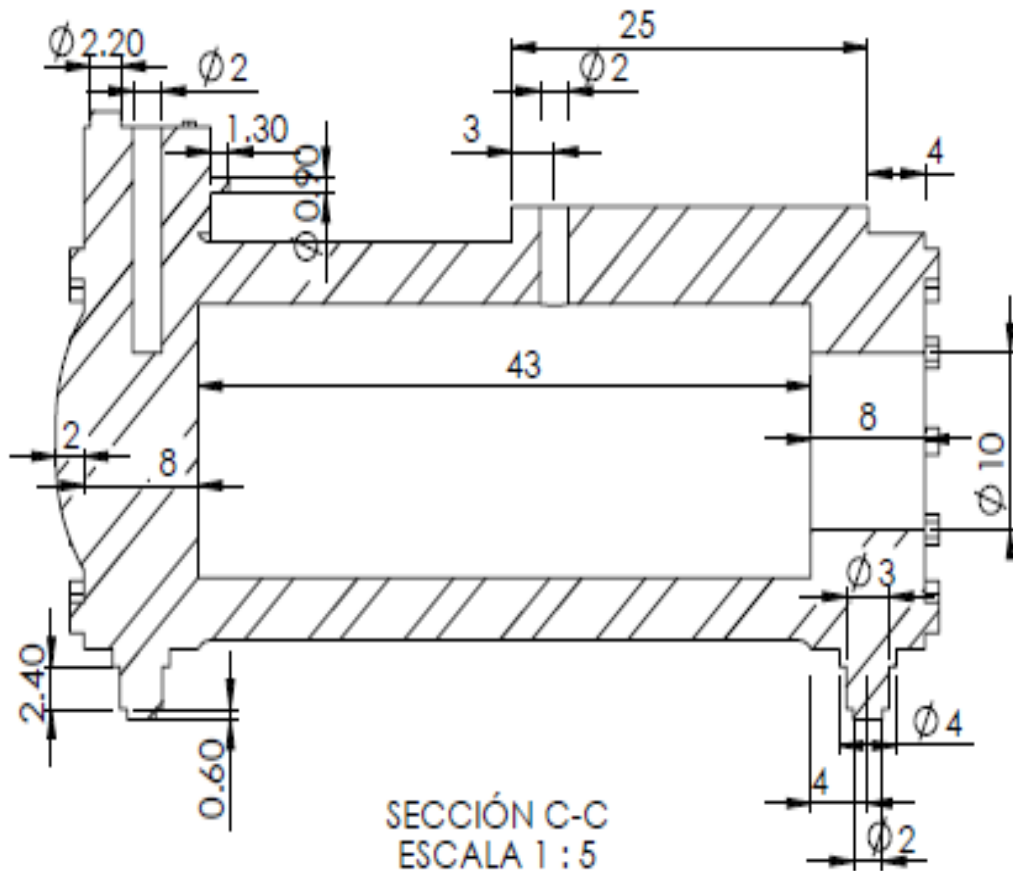


Fig. 6 Croquis del émbolo "lateral izquierdo"

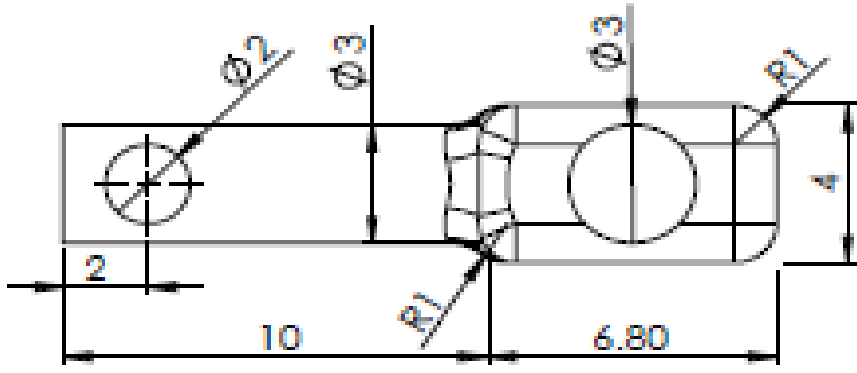


ESCALA 1 : 5

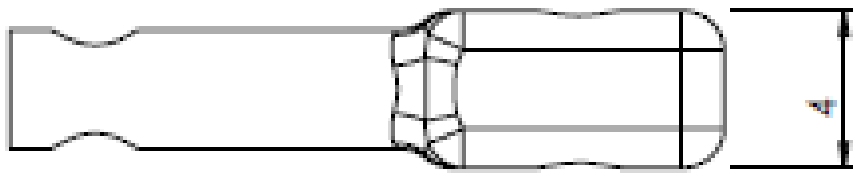


SECCIÓN C-C
ESCALA 1 : 5

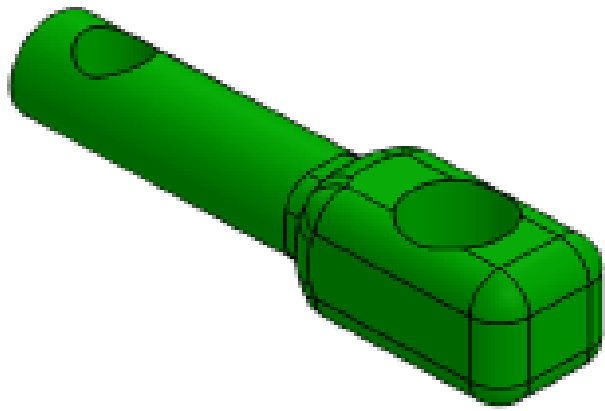
Fig. 8 Corte transversal del embolo



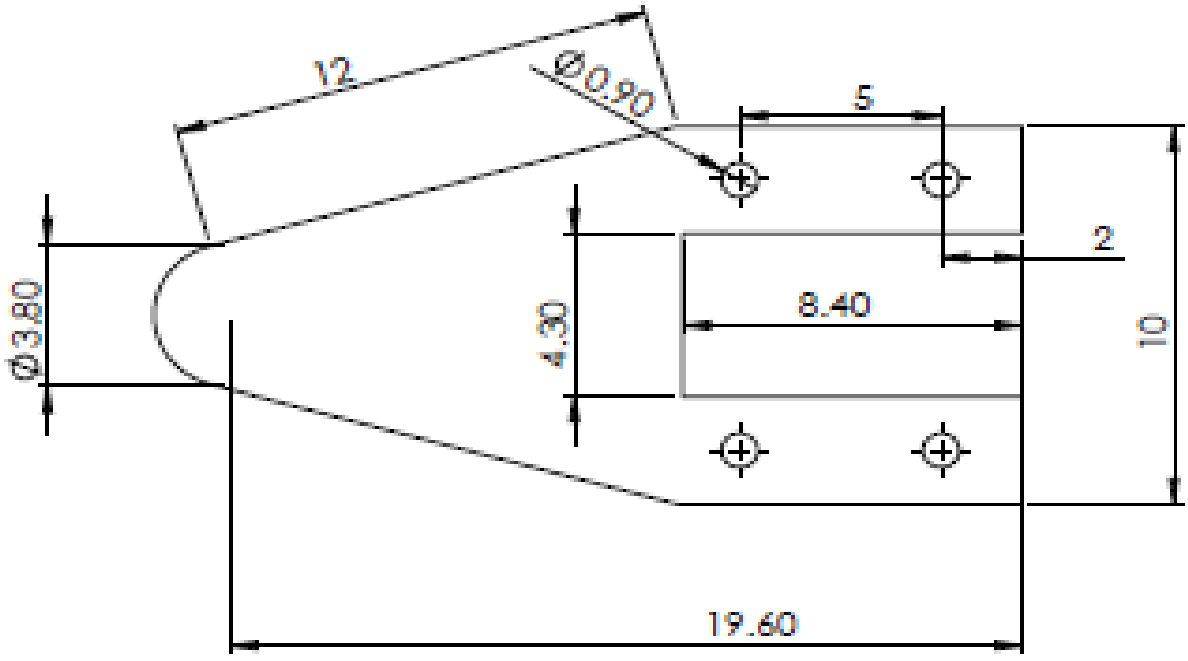
ESCALA 1 : 2



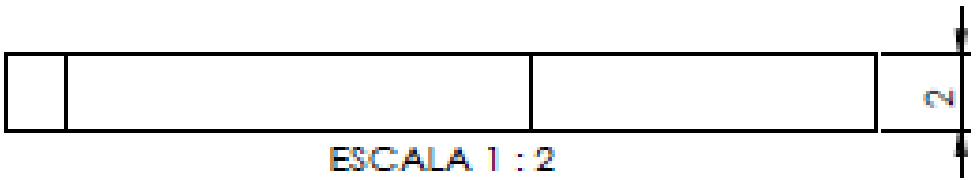
ESCALA 1 : 2



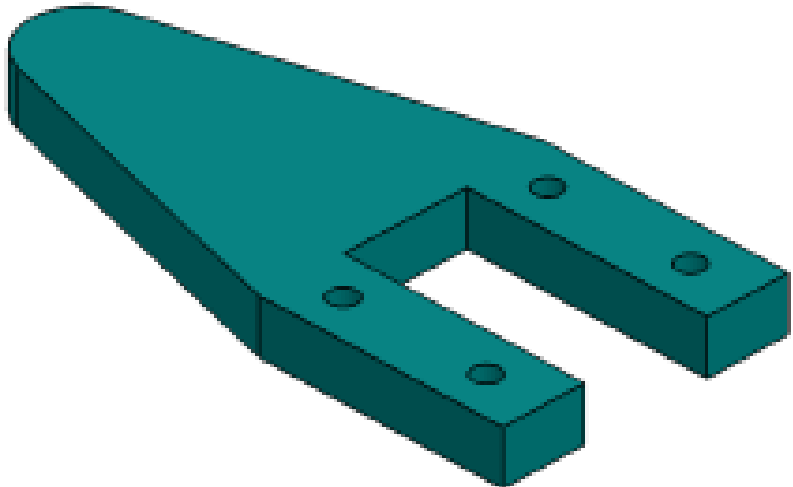
ESCALA 1 : 2



ESCALA 1 : 2

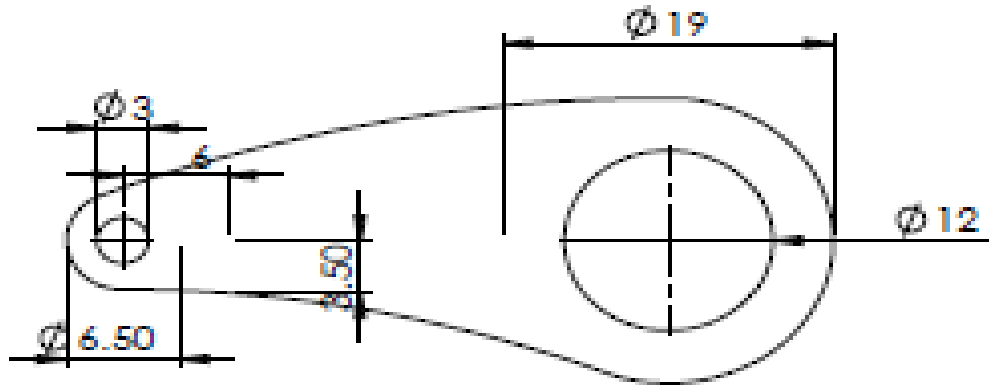


ESCALA 1 : 2

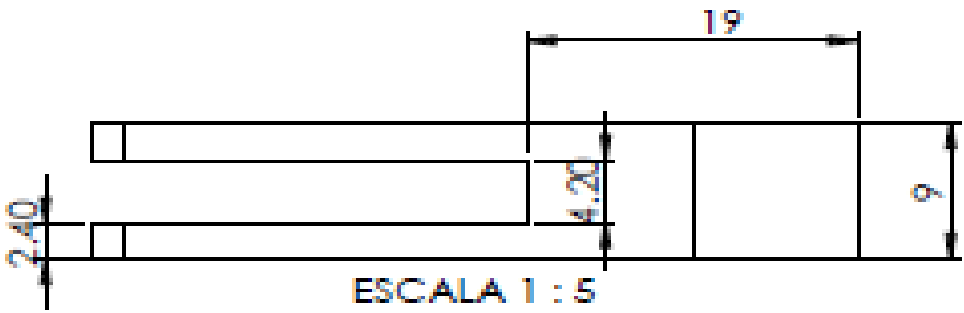


ESCALA 1 : 2

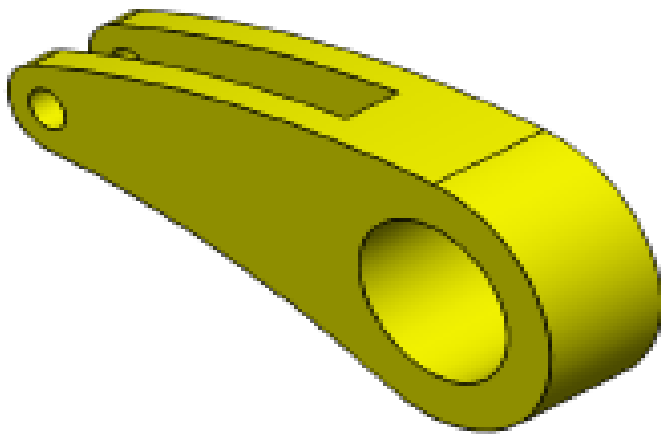
Fig. 10 Reten.



ESCALA 1 : 5

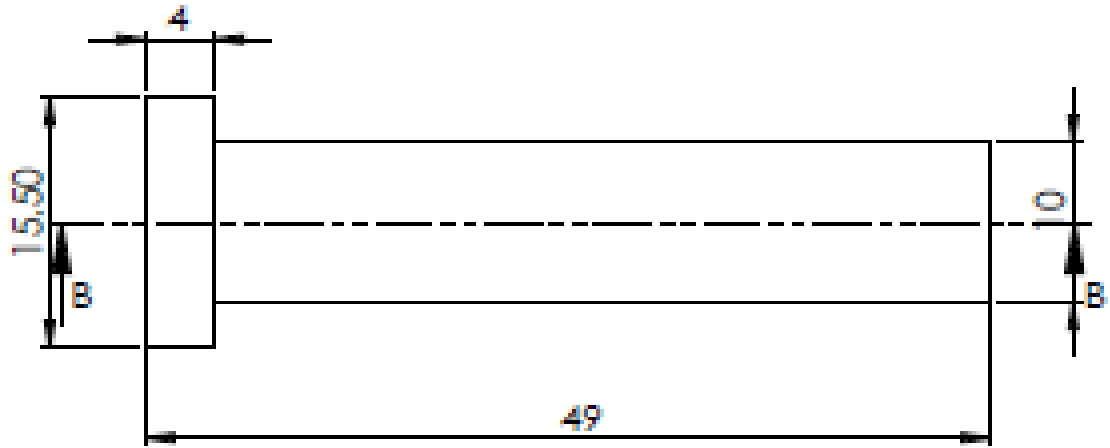


ESCALA 1 : 5

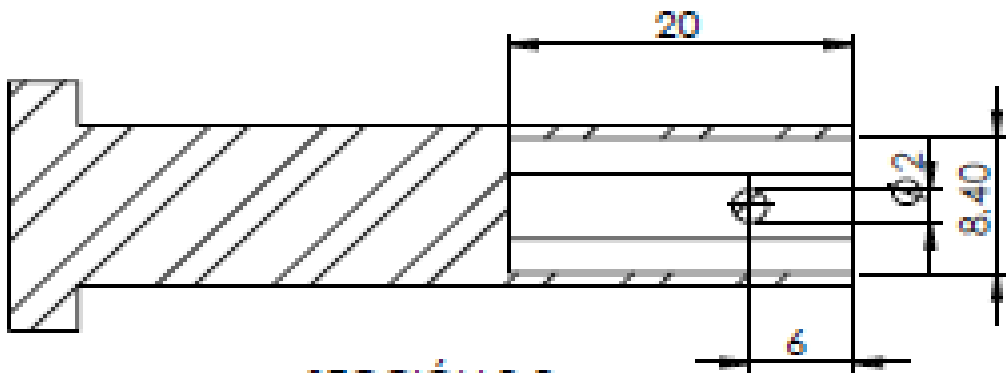


ESCALA 1 : 5

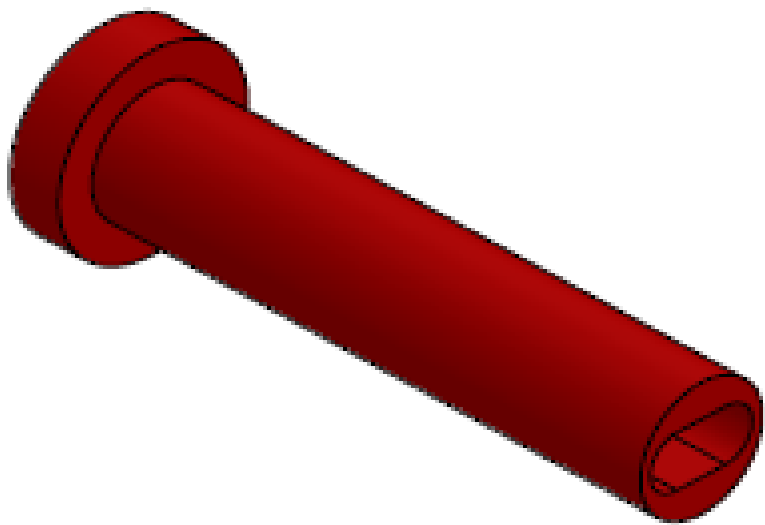
Fig. 11 Biela



ESCALA 1 : 5

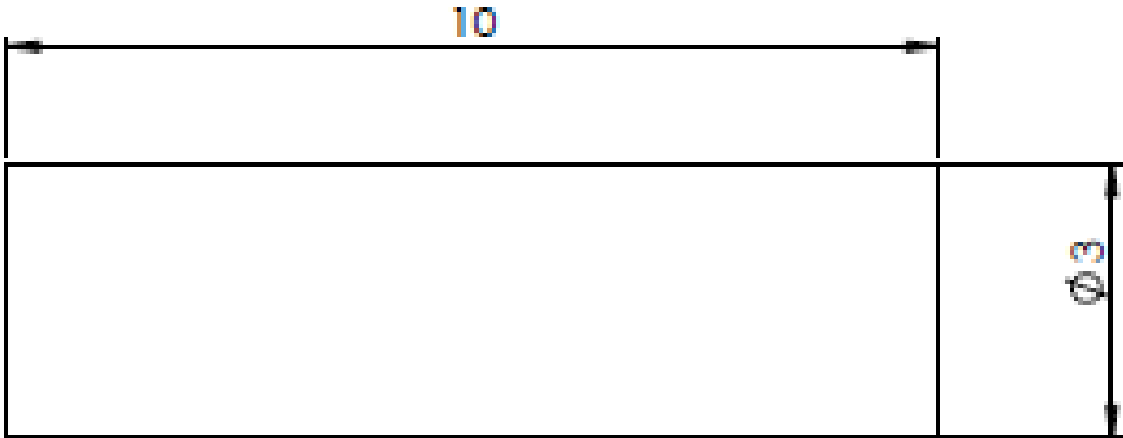


SECCIÓN B-B
ESCALA 1 : 5

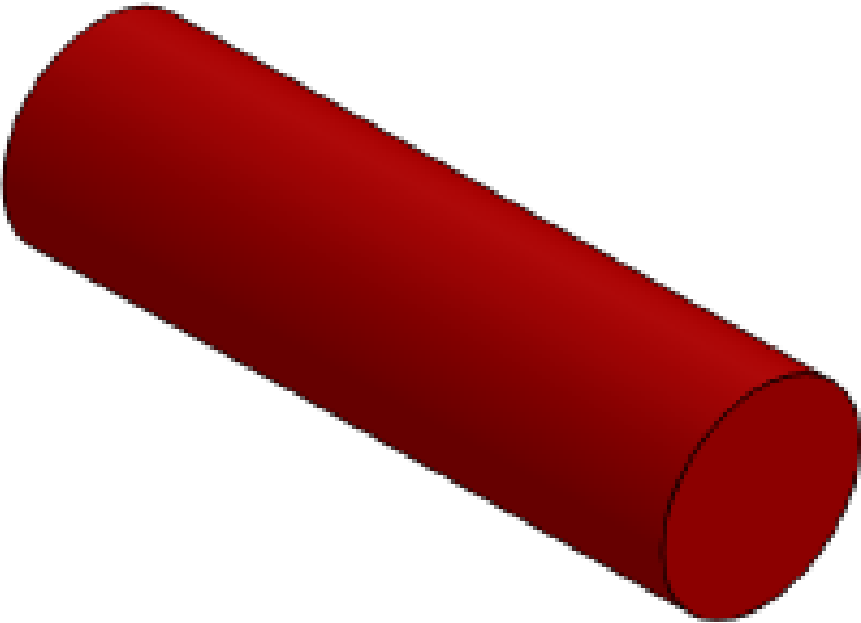


ESCALA 1 : 5

Fig. 12 Vástago



ESCALA 1 : 1



ESCALA 1 : 1

Fig. 13 Perno

Fuentes de información

Eugene A. A. (2009) Manual del ingeniero mecánico (9ª. Ed.) México.

Depper w., Stoll K. (1994) Dispositivos neumáticos (1ª. Ed.) Barcelona España.

Ramón F. B. (1996) Circuitos Neumáticos eléctricos e hidráulicos (2ª. Ed.) México.

Merle C. P. (2002) Mecánica de Fluidos (3ª. Ed.) E.U.A.

CFE, Complejo hidroeléctrico Grijalva, central hidroeléctrica Bomboná, DIPLOMADO EN TURBINAS HIDRÁULICAS.(2008)

CFE, Complejo hidroeléctrico Grijalva, central hidroeléctrica Bomboná, Turbinas hidráulicas pelton. (2012)

www.lavisa.net/pdf/catalogos/walworth/trunnion.pdf