



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

**INGENIERÍA INDUSTRIAL EN PROCESOS DE
AUTOMATIZACIÓN**

**TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL**

**“SIMULACIÓN DEL PROCESO DE PRENSADO DE
PANELES PARA TRANSFORMADORES
TRIFÁSICOS EN ECUATRAN S.A.”**

Autor: Juan Pablo Calderón Orozco

Director: Ing. Mauricio Carrillo

Asesor: Ing. Mario Rosero

**AMBATO – ECUADOR
2006**

AGRADECIMIENTO

El reconocimiento:

A ECUATRAN S.A. por el excepcional apoyo prestado.

A la Universidad Técnica de Ambato por haberse convertido en nuestro segundo hogar, y a los profesores de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Carrera de Ingeniería Industrial por haber compartido sus sabios conocimientos durante todo este tiempo de profesionalización, que serán la pauta para nuestro convivir.

Un especial agradecimiento al Ing. Mauricio Carrillo, Director de tesis y al Ing. Mario Rosero Asesor, ya que por su extraordinaria colaboración fue posible el desarrollo del trabajo.

Al personal del Departamento de Operaciones de ECUATRAN S.A., que de una u otra forma colaboró con esta realización.

A mis compañeros de estudio.

A todos aquellos que colaboraron en la elaboración de este trabajo.

GRACIAS INFINITAS

El Autor

DEDICATORIA

Este trabajo fruto del trajinar en la activa tarea de adentrarse en el conocimiento y práctica del aprendizaje de la Ingeniería Industrial; lo dedico con mucho amor primeramente a Dios por su infinita misericordia y a mis padres forjadores de mi vida y formación integral.

Con gratitud.

El Autor

DECLARACIÓN, AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo, Juan Pablo Calderón Orozco con C.I. 180194616-9.

Declaro que la investigación desarrollada en la elaboración de la tesis es completamente original, auténtica y personal. En tal virtud; declaro que el contenido; efectos legales y académicos que se desprenden del trabajo de tesis son y serán de mi sola y exclusiva responsabilidad legal y académica

Juan Pablo Calderón O.

ÍNDICE

Agradecimiento	
Dedicatoria	
Índice Figuras.....	iv
Índice Tablas.....	v
Índice Apéndices.....	v
Índice Anexos.....	v
Lista de Abreviaturas.....	vi
Introducción.....	1

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1	Antecedentes de la Empresa.....	5
1.2	Estructura Organizacional.....	6
1.3	Cultura Organizacional.....	6
1.4	Productos que ofrece la empresa.....	7
1.5	Objetivos de la Investigación.....	8
	1.5.1 Objetivo General.....	8
	1.5.2 Objetivos Específicos.....	8
1.6	Justificación.....	9

CAPITULO II

BASES TEÓRICAS

2.1. Transformadores.....	12
2.1.1. Definiciones y Generalidades.....	12
2.1.2. Clasificación de los transformadores.....	13
2.1.3. Propiedades de los Transformadores.....	14
2.1.4. Características.....	15
2.1.5. Conexiones y Marcación de Terminales.....	15
2.2. El Prensado.....	17
2.3. LabVIEW, características y aplicabilidad.....	20
2.3.1. LabVIEW Express 7.0.....	20

CAPITULO III

FUNDAMENTOS OLEOHIDRÁULICOS

3.1. Conceptos Fundamentales.....	24
3.2. Principios y leyes fundamentales de la hidráulica.....	28
3.3. Bombas hidráulicas.....	31
3.4. Actuadores hidráulicos.....	32
3.5. Válvulas y comandos.....	33
3.6. Tanques y depósitos.....	35
3.7. Filtros.....	39

CAPITULO IV

DISEÑO Y CÁLCULOS

4.1. Diseño y Cálculos.....	42
4.2. Planos.....	55
4.3. Resultados de Simulación.....	56
Conclusiones.....	69
Recomendaciones.....	71
Referencias Bibliográficas.....	73

Glosario	76
Apéndices	78
Anexos	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1. Transformador.....	12
Fig. 2.2. Polaridad Transformadores Monofásicos.....	15
Fig. 2.3. Diagrama esfuerzo – deformación.....	19
Fig. 3.1. Ley de Pascal.....	25
Fig. 3.2. Ciclo de trabajo de una prensa hidráulica.....	30
Fig. 3.3. Diagrama de Bloque del estado de un ciclo de trabajo.....	31
Fig. 3.4. Válvula cuatro vías, dos posiciones.....	35
Fig. 3.5. Posición de los baffles.....	36
Fig. 3.6. Separación entre línea de succión y de descarga.....	36
Fig. 3.7. Nivel visible para Tanque.....	38
Fig. 3.8. Tapa de llenado.....	38
Fig. 3.9. Filtro de respiración.....	38
Fig. 3.10. Filtro.....	39
Fig. 4.1. Panel frontal.....	56
Figura 4.2. Funcionamiento Panel Frontal.....	58
Figura 4.3. Diagrama de Bloques – Frame 0 (0..1).....	59
Figura 4.4. Diagrama de bloques – Reset, Detener, Salir del Programa y Ayuda.....	60
Figura 4.5. Diagrama de Bloques – Cálculo dimensionamiento del cilindro....	61
Figura 4.6. Diagrama de Bloques – Simulación gráfica de la Prensa.....	62
Figura 4.7. Panel Frontal, Caudal Real.....	63
Figura 4.8. Diagrama de bloques, Caudal Real.....	63
Figura 4.9. Panel Frontal, Diámetro estándar.....	64
Figura 4.10. Diagrama de bloques, Diámetro estándar.....	64
Figura 4.11. Panel Frontal, Control cero.....	65
Figura 4.12. Diagrama de bloques, Control cero.....	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Velocidades de motores CA.....	46
---	----

ÍNDICE DE APÉNDICES

Apéndice A.- Organigrama de la empresa

Apéndice B.- Planos

Apéndice C.- Dimensionamiento de cilindros

Apéndice D.- Resultados

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.- Válvulas reguladoras de caudal

Anexo 2.- Acoples Rápidos

Anexo 3.- Filtros de Succión

Anexo 4.- Manómetros

Anexo 5.- Cilindros Hidráulicos

Anexo 6.- Manguera para Hidráulica

Anexo 7.- Sistemas de montaje de un cilindro

Anexo 8.- Cilindro hidráulico TZ19

Anexo 9.- Cilindro hidráulico TZ04

Anexo 10.- Selección del tamaño del cilindro

Anexo 11.- Propiedades mecánicas de algunos aceros para construcción

Anexo 12.- Cálculo para la ecuación de Simulación

LISTA DE ABREVIATURA

A: Área.

C.A.: Corriente alterna.

δ : Deformación total.

d – \varnothing : Diámetro.

ϵ : Deformación unitaria.

f: Frecuencia.

F – P: Fuerza o Carga aplicada.

g.p.m.: Galones por minuto.

Hp: Caballos de fuerza.

Hz: Hertzios

in – plg : Pulgadas.

Kgf: Kilogramos fuerza.

KN: Kilo newton.

L: Longitud.

Lb: Libras.

Ltr/min: Litros por minuto.

m: Metro.

msnm: Metros sobre el nivel del mar.

N: Newton.

n_s : Velocidad sincrónica.

P: Presión.

p: Polos.

Pa: Pascal.

Π : Constante pi.

p.s.i.: Unidad de presión.

Q: Caudal.

r.p.m. – rev/min: Revoluciones por minuto.

s: Segundo.

σ : Esfuerzo o fuerza por unidad de área.

Tonf: Toneladas fuerza.

V, kVA: Voltios, Kilovoltamperios.

V: Velocidad.

INTRODUCCIÓN

El campo de acción del *Ingeniero Industrial* se encuentra en la conceptualización, el diseño, mejoramiento y control de los *procesos*. Aunque tradicionalmente estos *procesos* se dividen en humanos, económicos, materiales y de información, el ingeniero industrial debe ver en ellos una interrelación e integración, que a su vez defina y justifique su profesión.

Es sólo a través de un análisis sistemático integral, que se podrán plantear soluciones para el ser humano y el sistema específico de trabajo. Ese es el motivo por el cual se considera al Ingeniero Industrial como:

"Aquel ingeniero que se ocupa de la eficiencia y eficacia de los procesos dentro de las organizaciones."

El presente trabajo enfocará los conceptos y métodos para la simulación del proceso de prensado de paneles de enfriamiento para transformadores trifásicos confrontados con todo el bagaje de conocimientos y experiencias adquiridas en el proceso de Investigación.

La simulación es una de las áreas que crece con mayor rapidez en el mundo mercantil de las decisiones apoyadas por computadora. Ha habido tres aspectos principales que han contribuido en este crecimiento explosivo durante la última década. El primero de ellos fue la adición de las salidas gráficas y de la animación. Este

desarrollo tecnológico ha sacado a la simulación del cuarto oculto de la computación y lo ha llevado a la sala de sesiones. En lugar de presentarlos como montones de papel escritos en la computadora, incluyendo algunos diagramas y gráficos en el reporte para comunicar los resultados, éstos se presentan por medio de instrumentos de animación, en forma natural. En la pantalla de la computadora se presenta una cantidad muy significativa de información. La audiencia puede absorber esta información mucho más rápidamente, ya que la representación del problema sobre el cual se está investigando es más familiar.

El segundo factor importante ha sido el incremento en la velocidad de la computadora y la reducción de los costos en los sistemas de hardware.

El tercer aspecto importante es el desarrollo de herramientas de simulación fáciles de usar, muchas de las cuales presentan hoy en día características tales como módulos hechos a la medida para dirigir los requerimientos del manejo de materiales, para obtener menús que ofrezcan mejores interfaces a los usuarios y para proporcionar resultados estadísticos estándar muy completos.

El enfoque de este crecimiento y mejoramiento es disminuir el tiempo de desarrollo total, necesario para obtener los productos que se van a comercializar, así como bajar la magnitud del esfuerzo humano necesario para realizar los análisis y mejorar la calidad y exactitud de la información que es la base para el proceso de la toma de decisiones.

Es importante conocer dentro de la industria sus necesidades con el fin de tener una mayor eficiencia en el proceso de fabricación, es por este motivo que en ECUATRAN S.A. al realizar la simulación del proceso de prensado de paneles de enfriamiento para transformadores trifásicos; permitirá determinar las condiciones actuales de trabajo, dando oportunidad para probar mejoras o cambios de tipo oleohidráulico en el proceso actual, logrando de tal manera el óptimo aprovechamiento de los recursos involucrados (tiempo, material y mano de obra).

El estudio de la Hidráulica concierne al empleo y características de los líquidos. La hidráulica dentro de la industria se considera muy eficiente, fácil de aplicarla y trae consigo muchos beneficios que inciden directamente en el proceso de producción haciéndolo mucho más eficaz y eficiente.

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA.

ECUATRAN S.A., es una industria nacional constituida en el país desde el 16 de agosto de 1979, la misma que durante todo este tiempo ha ido mejorando e incrementado la producción de transformadores de distribución de energía eléctrica, creando fuentes de trabajo y proporcionando servicios a la colectividad.

Se creó por la necesidad de que en nuestro país exista una fábrica de transformadores que permita atender la demanda del sector eléctrico, entregando un producto a buen precio y excelente calidad, para esto se contó con el apoyo inicial de dos socios extranjeros como fueron SBI y ACEC, esta última proporcionando la tecnología especialmente en transformadores trifásicos.

Posteriormente con el objetivo de fortalecer la empresa se fueron realizando varias capitalizaciones en las cuales los socios extranjeros, decidieron no hacerlo y retirarse de la sociedad, perdiendo porcentualmente su participación, por tanto el accionero Nacional se fue incrementando positivamente, hasta llegar a tener un solo socio extranjero con una participación del 11.3%, lo que sirvió para desarrollar una tecnología propia y cumplir así el objetivo propuesto inicialmente.

Actualmente cuenta entre los clientes a un selecto grupo de empresas, tanto privadas como públicas, así como también a un importante número de constructores e ingenieros eléctricos, brindándoles una atención directa y personalizada.

Ecuatran S.A. cuenta con 396 accionistas nacionales y 1 accionista extranjero, totalizando un capital de US \$450,000.00.

1.2 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

El organigrama de la empresa es aprobado por el Gerente General y determina las áreas que conforman la empresa. Al frente de cada área hay un Gerente o un funcionario que actúa por delegación del Gerente General.

Ver Apéndice A.- Organigrama de la empresa.

1.3 CULTURA ORGANIZACIONAL

MISIÓN.

Facilitamos el uso de la energía, con productos, soluciones y servicios de calidad, trabajando conjuntamente con nuestros clientes, mediante un alto compromiso y profesionalismo de nuestro personal, para generar rentabilidad a los accionistas y apoyar al desarrollo de la comunidad.

VISIÓN.

Compañía líder en Ecuador y con presencia en la Región Andina, que fabrica y comercializa transformadores y soluciones para distribución eléctrica, atendiendo a sus clientes, agregando valor, calidad y tecnología.

PRINCIPIOS.

Compromiso
Trabajo en Equipo
Satisfacción del Cliente

Lealtad
Cumplimiento del Marco Legal
Respeto

1.4 PRODUCTOS QUE OFRECE LA EMPRESA.

ECUATRAN S.A., dedicada principalmente a la fabricación de transformadores monofásicos y trifásicos de distribución, autoenfriados, sumergidos en aceite; aptos para trabajo continuo a 3000 msnm, con una variación de temperatura de 65° C. sobre la del ambiente de 30° C.

Transformadores monofásicos autoprotegidos y convencionales en capacidades desde 1.5 KVA hasta 167 KVA, transformadores trifásicos convencionales desde 15 KVA hasta 4000 KVA, voltaje primario desde 4160V hasta 34500V, voltajes secundarios de los transformadores, los requeridos por las empresas eléctricas, características que satisfacen las Normas de Transformadores ANSI C-57-12.

Entre los principales clientes podemos citar:

- PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A. (Ambato)
- FAIRIS S.A. (Ambato)
- GELEC S.A. (Ambato)
- CURTIDURIA TUNGURAHUA (Ambato)
- INDUSANTARES (Ambato)
- INDUSTRIA PAPELERA CAICEDO (Ambato)

- TENERIA CABARO (Ambato)
- BEBIDAS REFRESCANTES S.A. (Guayaquil)
- ECAPAG - SUBESTACION LA TOMA (Guayaquil)
- OMARSA S.A. (Guayaquil)
- INGENIO LA TRONCAL (La Troncal)
- ARCO ORIENTE (Campo Petrolero VILLANO en el Oriente Ecuatoriano)
- ARCO ORIENTE (CPF, Oriente Ecuatoriano)
- ARCO ORIENTE (Campo Petrolero BAEZA)
- CITY INVESTING (Campo Petrolero TARAPOA Oriente Ecuatoriano)

1.5 OBJETIVOS.

1.5.1 GENERAL.

Realizar la simulación del proceso de prensado de paneles de enfriamiento para transformadores trifásicos.

1.5.2 ESPECÍFICOS.

- Efectuar el estudio del proceso de prensado de paneles trifásicos.
- Diseñar la simulación del proceso de prensado de paneles trifásicos.
- Desarrollar el sistema de simulación utilizando LabVIEW.

1.6 JUSTIFICACIÓN.

El estudio del problema planteado constituye una necesidad, para quien la realiza y para la empresa interesada, pues el contrastar los conocimientos teóricos con la aplicación práctica de la simulación del proceso de prensado de paneles para transformadores trifásicos, permitirá, afirmar, comparar y reafirmar los saberes para así compartir las experiencias alcanzadas a través del estudio a realizarse.

Se ha elegido este campo de trabajo por estar inmerso dentro de la especialidad, la información bibliográfica se halla disponible y la aplicación se la realizará en los laboratorios de la Institución.

Se aspira a que este proyecto cumpla con todos los requerimientos para alcanzar el título de ingeniero industrial y dejar un elemento de consulta para las generaciones que vengan en pos de conocimientos y experiencias que permitan fomentar la ciencia y la técnica, ya que ellas se nutren de los trabajos de investigación.

CAPITULO II

BASES TEÓRICAS

En el presente proyecto se considera de primordial importancia el campo de la simulación, se ha encontrado en varios estudios que la *SIMULACIÓN* es uno de los análisis de problemas y técnicas de solución más prácticos y efectivos. Antes de presentar el objeto orientado al acercamiento de simulación, primero se intenta definir y explicar el significado, procedimiento y herramientas para la simulación.

Una *SIMULACIÓN* puede definirse como el funcionamiento de un sistema bajo ciertas condiciones. El término principal "Sistema" se define aquí como una combinación de varios objetos los cuales se ejecutan juntos para un propósito particular. También un sistema puede definirse como una "colocación de objetos" con una "estructura" y un "Sistema Real" es una "colocación de objetos con estructura" que juntos se define como un sistema de operación en orden para controlar y optimizar su funcionamiento. La *SIMULACIÓN* no sólo se vuelve una herramienta para el diseño sino también una herramienta para resolver un problema a través de un acercamiento hipotético-deductivo. La *SIMULACIÓN* no sólo es una herramienta que usa el conocimiento sino también una herramienta que integra el conocimiento. La razón para escoger trabajar con simulación en lugar del experimento en una situación real, es normalmente basada en costo. Otras razones también vienen a la mente por ejemplo seguridad (el resultado del desastre nuclear).

A la *SIMULACIÓN* también se la define como la representación del funcionamiento de un determinado proceso por medio de la computadora entendiéndose

como *PROCESO* a la serie de operaciones que avanza al producto hacia su tamaño, forma y especificaciones finales.

Una vez comprendidos los conceptos de *simulación* y *proceso*, se hace necesario conocer en donde serán aplicados y definir cada uno de los elementos involucrados.

2.1. TRANSFORMADORES.

2.1.1. DEFINICIONES Y GENERALIDADES.

(IEEE C57.12.80, es la norma de terminología para transformadores de distribución y potencia)

Un transformador es un dispositivo eléctrico estático constituido de uno, dos o más bobinados, con o sin un núcleo magnético, para presentar un acople mutuo entre los circuitos eléctricos.

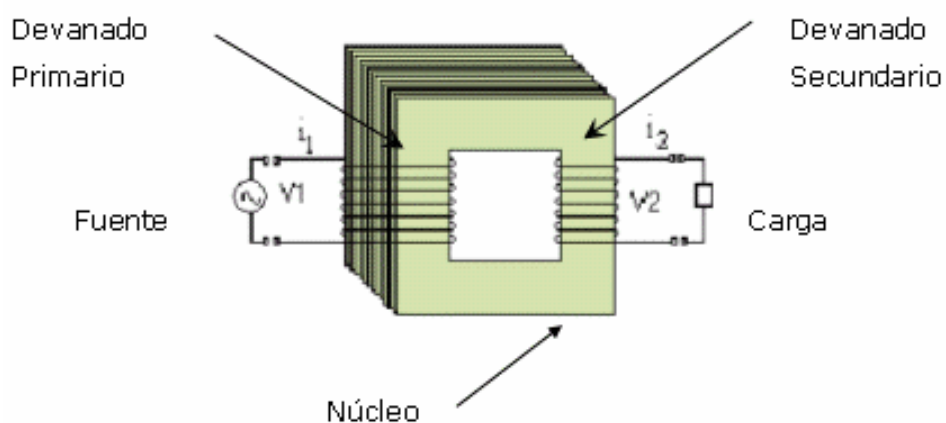


Figura 2.1. Transformador

Los transformadores son ampliamente usados en sistemas de energía eléctrica para transferirla, por inducción electromagnética entre circuitos, a la misma frecuencia, usualmente con cambios en los valores de voltaje y corriente.

2.1.2. CLASIFICACIÓN DE LOS TRANSFORMADORES.

- *TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN.*

Un transformador que transfiere energía eléctrica desde un circuito de distribución primario a un circuito de distribución secundario o circuito de servicio del consumidor.

Los transformadores de distribución son normalmente considerados en el orden de 5 a 500 KVA.

- *TRANSFORMADOR DE POTENCIA.*

Un transformador que transfiere energía eléctrica en cualquier parte del circuito entre el generador y los circuitos primarios de distribución.

- *TRANSFORMADOR SUMERGIDO EN LÍQUIDO.*

Un transformador en el cual el núcleo y bobinas están sumergidos en un líquido aislante.

- Aceite mineral sin inhibidor (Tipo I) - no previene oxidación.
- Aceite mineral inhibido (Tipo II) - previene oxidación.
- Askarel.

- *TRANSFORMADOR TIPO SECO.*

Un transformador en el cual el núcleo y bobinas están en un medio aislante gaseoso o seco.

2.1.3. PROPIEDADES DE LOS TRANSFORMADORES.

Pérdidas sin carga

Aquellas pérdidas que inciden para la excitación del transformador. Incluyen las pérdidas en el núcleo, dieléctricas, en el cobre debido a la corriente de excitación. Estas pérdidas cambian con el voltaje de excitación

Pérdidas con carga

Aquellas pérdidas que ocurren de acuerdo a una especificada carga. Principalmente compuestas por las pérdidas I^2R de los bobinados.

Corriente de excitación

Corriente que fluye por cualquier bobinado usado para excitar al transformador cuando los demás bobinados están en circuito abierto. Usualmente es expresado en porcentaje de la corriente nominal de la unidad.

Voltaje de impedancia

Voltaje requerido para hacer circular la corriente nominal por uno de los dos bobinados cuando el otro está en cortocircuito.

Usualmente es expresado en porcentaje del voltaje nominal de la unidad, en la cual es medido.

Taps

Conexión de salida de un bobinado, para permitir cambios de voltaje, corriente o relación.

2.1.4. CARACTERÍSTICAS.

(IEEE C57.12.00, contiene los requerimientos generales para transformadores de distribución, potencia y transformadores de regulación).

Frecuencia

A menos que se especifique otra cosa las unidades son diseñadas a la frecuencia industrial (60 Hz.)

Fases

Los transformadores pueden ser monofásicos, trifásicos (polifásicos).

2.1.5. CONEXIONES Y MARCACIÓN DE TERMINALES.

(IEEE C57.12.70, presenta la normalización de conexiones y marcación de terminales para transformadores de distribución y potencia).

Polaridad de Transformadores Monofásicos

Los transformadores monofásicos en tamaños iguales y menores de 200 KVA, teniendo un voltaje de bobina de alta tensión de 8660V. y menores deben tener una polaridad aditiva. Todos los otros transformadores deben tener polaridad sustractiva.

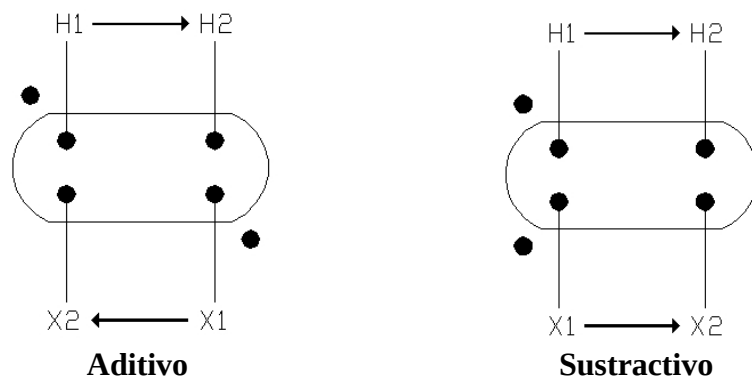


Figura 2.2. Polaridad Transformadores Monofásicos.

Marcación de Terminales

Los bobinados de alto voltaje son identificados con la letra H (H1, H2, H3), los de bajo voltaje con la X (X1, X2, X3), el terminal neutro es marcado como H0 (HV) y X0 (BV).

Designación de los valores de voltaje de Bobinados Monofásicos

- E / E1 Y (2400 / 4160Y)

Indica que la unidad tiene un bobinado de E voltios (2400), disponible para una conexión delta en un sistema de E voltios o para una conexión estrella en un sistema de E1 voltios.

- E1 GrdY / E (13200 GrdY / 7620)

Indica que la unidad tiene un bobinado de E voltios (7620), con un aislamiento reducido. El final de la bobina es directamente conectado al tanque para operación monofásica o en estrella en un sistema de E1 voltios, de tal manera que sea efectivamente aterrizado.

PANELES DE ENFRIAMIENTO.- Los paneles de enfriamiento en los transformadores trifásicos son aquellas canaletas elaboradas de acero al carbono que reemplazan las paredes del transformador; y, que permiten la libre circulación del aceite logrando así su enfriamiento, ya que este tipo de transformadores tienden a sobrecalentarse debido a las pérdidas que se producen en la *Parte Activa* del transformador. *Ver Apéndice B.- Planos – Lámina N°1.*

Parte Activa.- Es el resultado del ensamble de las *Bobinas* y del *Núcleo*. Las bobinas por lo general se las elabora de acero o aluminio y el núcleo de acero al silicio.

2.2. EL PRENSADO.

PRENSAR.- Es provocar en el material cierta deformación, mediante una fuerza (F), aplicada sobre un área determinada, que en este caso es en la parte inferior del panel, lo cual facilita la soldadura y debido a la ayuda de la cuña incrustada al momento de prensar, deja la forma apropiada en el panel para que ingrese el aceite ayudando éste a la refrigeración.

Además de lo descrito anteriormente, se toma en cuenta para el estudio; temas fundamentales como:

RESISTENCIA DE MATERIALES.- La resistencia de materiales amplía el estudio de las fuerzas que se inician en mecánica, pero existe una diferencia obvia entre ambas materias. El campo de la mecánica abarca fundamentalmente las relaciones entre las fuerzas que actúan sobre un sólido indeformable. La estática estudia los sólidos en equilibrio, mientras que la dinámica estudia los sólidos acelerados, aunque se puede establecer el equilibrio dinámico mediante la introducción de las fuerzas de inercia.

En contraste con la mecánica, la resistencia de materiales estudia y establece las relaciones entre las cargas exteriores aplicadas y sus efectos en el interior de los sólidos. Además, no supone que los sólidos son idealmente indeformables, como en la primera, sino que las deformaciones, por pequeñas que sean, tienen gran interés. Las propiedades del material de que se construye una estructura o una máquina afectan tanto a su elección como a su diseño, ya que se deben satisfacer las condiciones de resistencia y de rigidez.

ESFUERZO SIMPLE.- Uno de los problemas básicos de la ingeniería es seleccionar el material más apropiado y dimensionarlo correctamente, de manera que permita que la estructura o máquina proyectada trabaje con la mayor eficacia. Para ello, es esencial determinar la resistencia, la rigidez y otras propiedades de los materiales.

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

$$\sigma = P/A$$

En donde σ es el esfuerzo o fuerza por unidad de área (N/m^2) (Pa), P es la carga aplicada (N) y A es el área de la sección transversal (m^2).¹

DEFORMACIÓN SIMPLE.- En particular, se estudian las relaciones geométricas entre las deformaciones elásticas que, junto con las condiciones de equilibrio y las relaciones fuerza–deformación, permitan resolver los problemas estáticamente indeterminados.

DIAGRAMA ESFUERZO – DEFORMACIÓN.- La resistencia de un material no es el único criterio que debe utilizarse al diseñar estructuras. Frecuentemente, la rigidez suele tener la misma o mayor importancia. En menor grado, otras propiedades tales como la dureza, la tenacidad y la ductilidad también influyen en la elección de un material. Estas propiedades se determinan mediante pruebas, comparando los resultados obtenidos con patrones establecidos. Aunque la descripción completa de estas pruebas corresponde al “ensayo de materiales”. El diagrama de la figura 2.3 se denomina Diagrama esfuerzo – deformación, cuyo nombre deriva de las magnitudes que aparecen en sus ejes de coordenadas.²

¹ SINGER, F. Resistencia de Materiales Pág. 4

² SINGER, F. Resistencia de Materiales Pág. 27

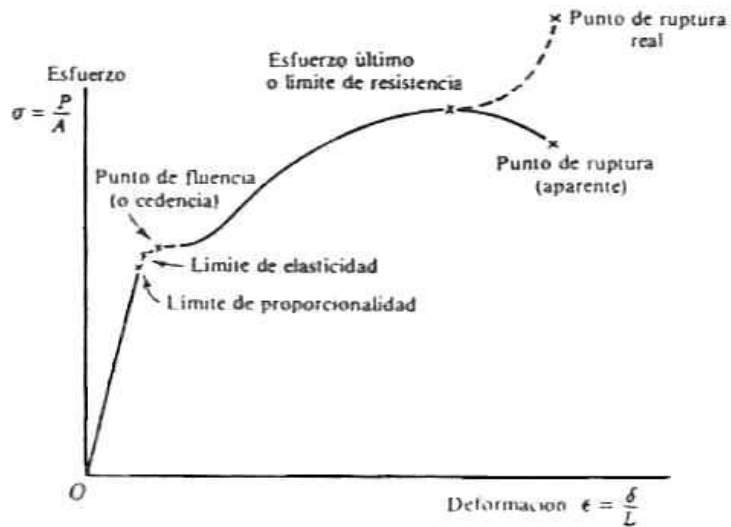


Figura 2.3. Diagrama esfuerzo – deformación.

DEFORMACIÓN.- El valor de la deformación (unitaria) ϵ es el coeficiente del alargamiento (deformación total) δ y la longitud L en la que se ha producido. Por tanto,

$$\epsilon = \delta / L$$

Sin embargo, de este modo solo se obtiene el valor medio de la deformación. La expresión correcta de la deformación en cualquier punto es:

$$\epsilon = d\delta / dL$$

Que determina el valor de la deformación en una longitud tan pequeña (dL) que puede considerarse constante en dicha longitud.

ESFUERZOS LÍMITES.- El límite de proporcionalidad tiene una gran importancia, ya que toda la teoría subsiguiente respecto al comportamiento de los sólidos elásticos está basada precisamente en la citada proporcionalidad entre esfuerzos y deformaciones estableciendo, pues, un límite superior al esfuerzo admisible que un material dado

puede soportar. También proporciona una primera indicación de por qué debe de ser el límite de proporcionalidad (límite de fluencia) y no el esfuerzo de ruptura el máximo esfuerzo al que un material puede ser sometido.

Otros conceptos interesantes del diagrama esfuerzo–deformación son los siguientes: (1) *El límite de elasticidad* (o límite elástico) es el esfuerzo más allá del cual el material no recupera totalmente su forma original al ser descargado, sino que queda con una deformación residual llamada *deformación permanente*. (2) El *punto de fluencia* es aquel en el que aparece un considerable alargamiento o fluencia del material. (3) El *Límite aparente de proporcionalidad* al 0.2%, está estrechamente asociado al punto de fluencia. (4) El *esfuerzo último*, o bien el *límite de resistencia*, es la máxima ordenada de la curva esfuerzo–deformación. (5) El *punto de ruptura* o *esfuerzo en el punto de ruptura*, que en el acero al carbono es algo menor que el esfuerzo último.

2.3. LabVIEW, CARACTERÍSTICAS Y APLICABILIDAD

2.3.1 LabVIEW Express 7.0.-

Introducción.-

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench), es un lenguaje de programación gráfico para el diseño de sistemas de adquisición de datos, instrumentación y control.

LabVIEW permite diseñar interfaces de usuario mediante una consola interactivo basado en software. Se puede diseñar especificando su sistema funcional, su diagrama de bloques o una notación de diseño de ingeniería. LabVIEW es a la vez compatible con herramientas de desarrollo similares y puede trabajar con programas de

otra área de aplicación. Tiene la ventaja de permitir una fácil integración con hardware, específicamente con tarjetas de medición, adquisición y procesamiento de datos incluyendo adquisición de imágenes.

Características principales:

- Al diseñar con LabVIEW se está trabajando siempre bajo algo denominado VI, es decir, un VIRTUAL INSTRUMENT (instrumento virtual), se pueden crear VI a partir de especificaciones funcionales que se diseñe. Este VI puede utilizarse en cualquier otra aplicación como un subprograma dentro de un programa general. Los VIs se caracterizan por ser un cuadrado con su respectivo símbolo relacionado con su funcionalidad, tienen una interfaz con el usuario, tienen entradas con su color de identificación de dato, tienen una o varias salidas y por su puesto son reutilizables.
- El ambiente de trabajo de LabVIEW esta formado por dos paneles, el panel frontal y el panel de programación ó diagrama de bloques; en el panel frontal se diseña la interfaz con el usuario y en el panel de programación se relacionan los elementos utilizados en la interfaz mediante operaciones.
- Al realizar un programa de forma gráfica, se hace visible una programación orientada al flujo de datos, donde se tiene una interpretación de los datos también de forma gráfica.

- En LabVIEW las variables se representan mediante una figura tanto en el panel frontal como en el panel de programación, de esta forma se puede observar su respuesta en la interfaz del usuario y en el flujo de datos del código del programa.
- Los controles pueden ser booleanos, numéricos, strings, un arreglo matricial de estos o una combinación de los anteriores; y los indicadores pueden ser como para el caso de controles pero pudiéndolos visualizar como tablas, gráficos en 2D o 3D, browser, entre otros.

CAPITULO III

FUNDAMENTOS OLEOHIDRÁULICOS

El estudio de la Hidráulica concierne al empleo y características de los líquidos. Desde tiempos primitivos el hombre ha usado fluidos para facilitar su tarea.

Los más antiguos vestigios históricos muestran que sistemas como las bombas y las norias eran conocidos en las épocas más antiguas. Sin embargo, la rama de la hidráulica que nos concierne sólo empezó a usarse en el siglo XVII. Basada por un principio descubierto por el científico francés Pascal, se refiere al empleo de fluidos confinados para transmitir energía, multiplicando la fuerza y modificando el movimiento.

3.1. CONCEPTOS FUNDAMENTALES.

Ley de Pascal.-

La ley más elemental de la física referida a la hidráulica y neumática fue descubierta y formulada por Blas Pascal en 1653 y denominada Ley de Pascal, que dice:

"La presión existente en un líquido confinado actúa igualmente en todas direcciones, y lo hace formando ángulos rectos con la superficie del recipiente".

La Fig. 3.1. Ilustra la Ley de Pascal. El fluido confinado en la sección de una tubería ejerce igual fuerza en todas direcciones, y perpendicularmente a las paredes.¹

¹ <http://www.monografias.com/trabajos13/actuadhi/actuadhi.shtml>

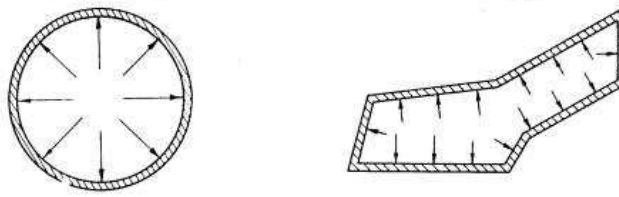


Figura 3.1. Ley de Pascal.

La figura. Muestra la sección transversal de un recipiente de forma irregular, que tiene paredes rígidas. El fluido confinado en el ejerce la misma presión en todas las direcciones, tal como lo indican las flechas. Si las paredes fueran flexibles, la sección asumiría forma circular. Es entonces la Ley de Pascal que hace que una manguera contra incendios asuma forma cilíndrica cuando es conectada al suministro.

DEFINICIÓN DE PRESIÓN.- Para determinar la fuerza total ejercida sobre una superficie es necesario conocer la presión o fuerza sobre la unidad de área. Generalmente expresamos esta presión en libras por pulgada cuadrada. Conociendo la presión y la superficie sobre la cual se ejerce, se puede determinar fácilmente la fuerza total.

$$\text{Fuerza} = \text{Presión} \times \text{Área}$$

LA TRANSMISIÓN DE POTENCIA HIDRÁULICA.-

Ahora puede definirse la hidráulica como un medio de transmitir energía emulando un líquido confinado. El componente de entrada del sistema se llama bomba; el de salida se denomina actuador.

VENTAJAS DE LA HIDRÁULICA.-

Velocidad Variable.

La mayoría de los motores eléctricos funcionan a una velocidad constante. El actuador (lineal o rotativo) de un sistema hidráulico, sin embargo, puede moverse a velocidades

infinitamente variables, variando el suministro de la bomba o usando una válvula de control de caudal.

Reversibilidad.

Pocos accionadores primarios son reversibles. Los que son reversibles, generalmente deben desacelerarse hasta una parada completa antes de invertirlos.

Un actuador hidráulico puede invertirse, instantáneamente, en pleno movimiento, sin problemas.

Protección contra las sobrecargas.-

La válvula limitadora de presión de un sistema hidráulico lo protege contra las sobrecargas. Cuando la carga es superior al taraje de la válvula, el caudal de la bomba se dirige al depósito limitando el par o la fuerza de salida. La válvula limitadora de presión también proporciona el medio de ajustar una maquina para un par o fuerza predeterminados, como en una operación de bloqueo.

ACEITE HIDRÁULICO.-

Todos los líquidos son esencialmente incompresibles y, por consiguiente, transmiten la energía instantánea en un sistema hidráulico. La palabra hidráulica, de hecho, viene del griego Hydor que significa agua y Aulos que significa tubo.

Sin embargo, el líquido más generalmente usado en los sistemas hidráulicos es el aceite procedente del petróleo. El aceite transmite la energía fácilmente porque es muy poco compresible. Se comprime aproximadamente 0.5% a una presión de 1,000 psi

(68.94 bar) (6894 kPa), lo que es despreciable en la mayoría de los sistemas. La propiedad más destacable del aceite es su capacidad lubricante. El fluido hidráulico debe lubricar la mayor parte de las piezas móviles de los componentes.²

PRESIÓN EN UNA COLUMNA DE FLUIDO.-

El peso específico del aceite varía al cambiar su viscosidad. Sin embargo, el peso específico de la mayoría de los aceites hidráulicos varía de 55 a 58 lbs. por pulgada cúbica (8639.81 a 9111 N por metro cúbico), en condiciones de funcionamiento normales.

Una condición importante referente al peso específico del aceite es su efecto a la entrada de la bomba. El peso del aceite origina una presión de aproximadamente 0.4 psi (0.03 bar) (2.76 kPa) en el fondo de una columna de aceite de un pie de altura (0.30 m). Así pues, para estimar la presión en la parte inferior de cualquier columna de aceite se debe multiplicar su altura en pies por 0.4 psi.³

LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA CARGA LA BOMBA.-

Normalmente la entrada de una bomba está cargada con aceite, debido a la diferencia de presiones entre el depósito y la entrada de la bomba. Generalmente la presión en el depósito es la presión atmosférica, que es de 14.7 psi (1.01 bar) (101.34 kPa). Es pues, necesario tener un vacío parcial o una presión reducida a la entrada de la bomba, para que ésta pueda aspirar aceite.

² Folleto, Seminario Oleohidráulica Básica Pág. 6

³ Folleto, Seminario Oleohidráulica Básica Pág. 7

Si fuese posible crear un vacío completo a la entrada de la bomba, se dispondría de 14.7 psi (1.01 bar) (101.34 kPa) para impulsar al aceite. Sin embargo, prácticamente la diferencia de presión disponible es mucho menor. Uno de los motivos es que los líquidos se evaporan en un vacío lo que introduce burbujas de gas en el aceite. Las burbujas son arrastradas a través de la bomba, desaparecen con fuerza considerable cuando se ven expuestas a la presión en la salida y causan daños que pueden perjudicar el funcionamiento de la bomba y reducir su vida útil.

LAS BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO DAN CAUDAL.-

La mayoría de las bombas utilizadas en los sistemas hidráulicos se clasifican como de desplazamiento positivo. Esto significa que, exceptuando los cambios de rendimiento, la salida de la bomba es constante, aislada de la entrada, de forma que cualquier cosa que entre se ve forzada a salir por el orificio de salida.

El único objeto de una bomba es dar caudal; la presión es originada por la resistencia al caudal aunque existe la tendencia de culpar a la bomba por la pérdida de presión, con pocas excepciones, la presión puede perderse solamente cuando hay fugas que desvían todo el caudal procedente de la bomba.⁴

3.2.PRINCIPIOS Y LEYES FUNDAMENTALES DE LA HIDRÁULICA.

- Los aceites no son compresibles (pero sí elásticos).

⁴ Folleto, Seminario Oleohidráulica Básica Pág. 8,10.

- Los aceites transmiten en todas las direcciones la presión que se les aplica (principio de Pascal).
- Los aceites toman la forma de la tubería o aparato, por los que circula en cualquier dirección.
- Los aceites permiten multiplicar la fuerza aplicada – prensa hidráulica –. Las fuerzas aplicadas y transmitidas son directamente proporcionales a sus superficies.

CAUDAL.- Es la cantidad de aceite que se desplaza por una tubería o aparato en un tiempo determinado.

$$Q = A \times V$$

Siendo,

Q = Caudal.

A = Área de la tubería.

V = Velocidad.

En hidráulica el caudal se da en litros por minuto (l/min), el área en centímetros cuadrados (cm²) y la velocidad en metros por segundo (m/seg).⁵

CAÍDA DE PRESIÓN EN EL CIRCUITO DE UNA PRENSA HIDRÁULICA.- En las figuras 3.2 y 3.3 se ve dos diagramas de bloques que muestran dos estados de un mismo ciclo de trabajo de una prensa.

Se pueden efectuar grandes economías, cuando las necesidades de máxima fuerza a desarrollar por la prensa, son necesarias únicamente en condiciones estáticas, o a través de muy cortas carreras.

⁵ Folleto, Seminario Oleohidráulica Básica Pág. 12

Las válvulas y tuberías se subdimensionan a propósito por razones económicas, pero en la operación de la prensa esto no tiene efectos perjudiciales. Esto es cierto ya que se basa en el principio ya visto de que no hay caídas de presión cuando no existe circulación.

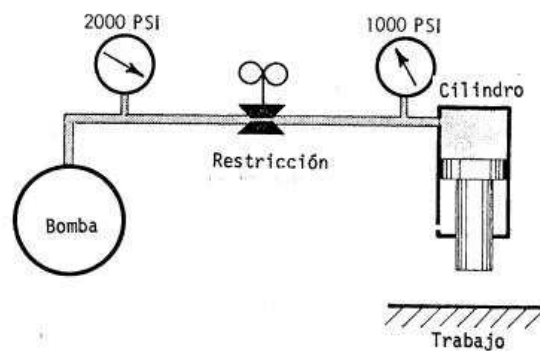


Figura 3.2. Ciclo de Trabajo de una Prensa Hidráulica.

El cilindro recibe fluido hidráulico desde la bomba y se mueve libremente. La restricción en la línea representa la resistencia a la circulación a través de válvulas y tuberías subdimensionadas. Esta restricción no reduce el volumen de aceite procedente de la bomba hidráulica de desplazamiento positivo, tal como se verá al estudiar estos elementos.

La restricción en cambio consume una buena proporción de la presión que es capaz de desarrollar la bomba, pero esto no tiene importancia porque solamente una muy pequeña presión es necesaria para mover el cilindro en su carrera libre.

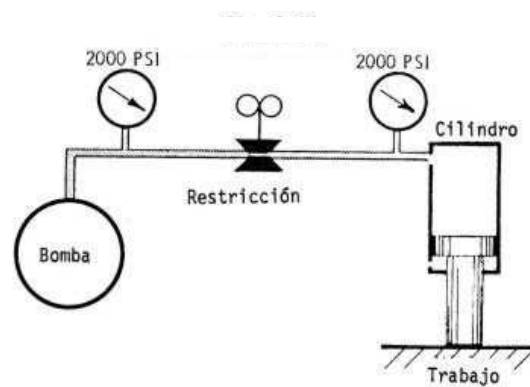


Figura 3.3. Diagrama de bloque del estado de un Ciclo de trabajo.

En este diagrama el cilindro llega a su posición de trabajo. Cuando el cilindro se detiene cesa la circulación de fluido a través de las válvulas y tubería y la caída de presión desaparece del sistema. Toda la fuerza de empuje es obtenida entonces a pesar de lo pequeño de las válvulas y tuberías. Estas figuras son diagramas en bloque en la realidad cuando el cilindro se detiene, todo el caudal de la bomba es descargado a tanque a través de una válvula de alivio no mostrada en la Fig. 3.3.⁶

3.3.BOMBAS HIDRÁULICAS.

En un sistema hidráulico, la bomba convierte la energía mecánica de rotación en energía hidráulica (potencia hidráulica) impulsando fluido al sistema.

Todas las bombas funcionan según el mismo principio, generando un volumen que va aumentando en el lado de entrada y disminuyendo en el lado de salida; pero los distintos tipos de bombas varían mucho en método y sofisticación.

Una bomba hidráulica tiene que cumplir dos misiones: mover el líquido y obligarle a trabajar. Se define como un mecanismo capaz de convertir la fuerza mecánica en

⁶ <http://www.monografias.com/trabajos13/intsihi/intsihi.shtml>

hidráulica. Todas las bombas desplazan líquido, pero este desplazamiento puede ser positivo o no positivo. Las no hidráulicas tienen un desplazamiento no positivo (por ejemplo, rueda de cangilones). Las hidráulicas producen un caudal de líquido, y además lo sostienen, contra la resistencia opuesta a su circulación. O sea, que el líquido que sale de la boca de la bomba es apoyado por ésta, entonces se dice que el desplazamiento es positivo. Las bombas de los circuitos hidráulicos son positivas.

DESPLAZAMIENTO.- (plg^3/rev) La capacidad de caudal de una bomba puede expresarse con el desplazamiento por revolución en g.p.m. (ltr/min).

El desplazamiento es el volumen de líquido transferido en una revolución.⁷

3.4. ACTUADORES HIDRÁULICOS.

Es un elemento de salida o actuador, un dispositivo que transforma la energía hidráulica en energía mecánica. Los cilindros y los motores son tipos de actuadores hidráulicos. Las características del trabajo realizado y los requerimientos de potencia, determinan el tipo correcto y el tamaño del cilindro o del motor para una aplicación determinada.

CILINDROS.- Los cilindros son actuadores lineales, lo que significa que el efecto de un cilindro es un movimiento y/o fuerza en línea recta. La función más importante de un cilindro hidráulico es convertir la potencia hidráulica en potencia mecánica lineal.⁸

3.5. VÁLVULAS Y COMANDOS.

⁷ Folleto, Seminario Oleohidráulica Básica Pág. 21

⁸ Folleto, Seminario Oleohidráulica Básica Pág. 37

Las válvulas direccionales como su nombre lo indica, se usan para controlar la dirección del caudal. Aunque todas realizan esta función, estas válvulas varían considerablemente en construcción y funcionamiento. Se clasifican según sus características principales, tales como:

Tipo de elemento interno. Obturador (pistón o esfera), corredera rotativa o deslizante.

Métodos de actuación. Manuales, mecánicos neumáticos, hidráulicos, eléctricos o combinaciones de éstos.

Número de vías. Dos, tres o cuatro vías.

Tamaño. Tamaño nominal de las tuberías conectadas a la válvula o a su placa base, o caudal nominal.

Conexiones. Roscas cónicas, roscas cilíndricas, bridas y placas bases.

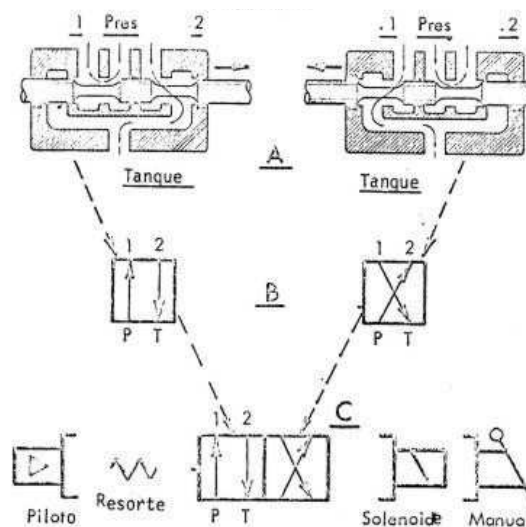
CONTROL DIRECCIONAL PARA ACCIONAR CILINDROS HIDRÁULICOS.- Como se ha visto anteriormente las bombas de desplazamiento positivo son los órganos que generan la potencia hidráulica en el circuito la cual se transmite dentro del mismo a través del fluido que por él circula. El fluido que así circula por el sistema hidráulico, evidentemente debe ser dirigido convenientemente a los diversos cilindros, actuadores, o motores, de acuerdo a las exigencias y secuencias del trabajo que se deba realizar.

Para la finalidad antes mencionada se emplean las válvulas direccionales de las cuales la más elemental es la válvula de dos, tres y cuatro vías.

VÁLVULAS DE CUATRO VÍAS DOS POSICIONES.- Cuando se trata de gobernar cilindros hidráulicos de doble efecto, o motores hidráulicos que requieren control direccional de flujo en ambos sentidos de circulación, debe aplicarse una válvula de cuatro vías. En esta unidad existen cuatro bocas de conexión, la primera conectada a la entrada de presión, la segunda conectada al tanque y las dos restantes conectadas respectivamente a ambas caras del cilindro de doble efecto que deben gobernar.

En la válvula de cuatro vías, dos posiciones, como su nombre lo indica, la corredera o husillo estará únicamente situado en cualquiera de ambas posiciones extremas, vale decir, a un lado o al otro.

Cuando la válvula no esté actuada, la presión P se comunica con la cara 1 del cilindro mientras que la cara 2 se encuentra conectada a la descarga del tanque T. Al invertir la posición del husillo, tal como se observa en la Fig. 3.4, también se invierten las conexiones y ahora la presión P está conectada a la cara 2 del cilindro mientras que la 1 se conecta a la descarga T.⁹



⁹ <http://www.monografias.com/trabajos13/valhid/valhid.shtml>

Figura 3.4. Válvula Cuatro vías, dos posiciones.

En la Fig. 3.4. se ve claramente como se genera la simbología para representar a una válvula de cuatro vías, dos posiciones. En la parte A se muestra el corte esquemático de la válvula con su corredera en sus posiciones a toda derecha y toda izquierda respectivamente. En la parte B la figura muestra mediante la representación simbólica el conexionado que se opera en el interior del cuerpo de la válvula, al cambiar la corredera de posición dibujando dos cuadros que al anexionarse como se muestra en la parte C del mismo dibujo, representan a la válvula con sus dos conexionados posibles. Para completar el símbolo, otros pequeños rectángulos se dibujan en cada costado con el fin de indicar el tipo de comando empleado para gobernar la válvula.

3.6.TANQUES Y DEPÓSITOS.

La mayoría de los sistemas hidráulicos de tamaño pequeño a mediano utilizan los tanques o depósitos como base de montaje para la bomba, motor eléctrico, válvula de alivio, y a menudo otras válvulas de control. Este conjunto se llama. "Unidad de bombeo", "Unidad Generada de Presión" etc.

La tapa del tanque puede ser removida para permitir la limpieza e inspección. Cuando esta no es la lateral y constituye la parte superior del tanque lleva soldadas cuplas para recibir la conexión de tuberías de retorno y drenaje. Se colocan guarniciones alrededor de las tuberías que pasan a través de la tapa para eliminar la entrada de aire.

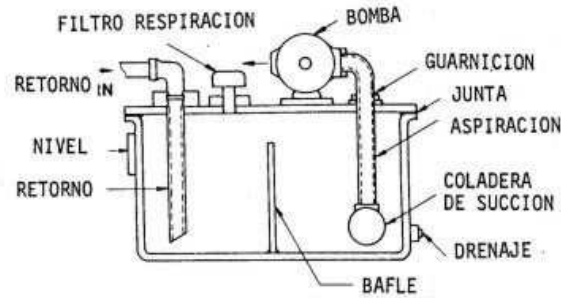


Figura 3.5. Posición de los Baffles.

El tanque se completa con un indicador de nivel, un filtro de respiración que impide la entrada de aire sucio.

La posición de los baffles dentro del tanque es muy importante (ver Fig. 3.5). En primer lugar establece la separación entre la línea de succión y la descarga de retorno.

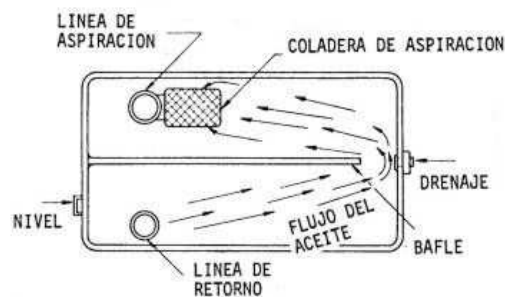


Figura 3.6. Separación entre línea de succión y de descarga.

En segundo lugar la capacidad de radiación de temperatura del tanque puede ser incrementada si el baffle se coloca de forma tal que el aceite circule en contacto con las paredes externas como lo muestra la Fig. 3.6.

Para sistemas corrientes el tamaño del tanque debe ser tal que el aceite permanezca en su interior de uno a tres minutos antes de recircular. Esto quiere decir que sí el caudal de la bomba es de 60 litros por minuto, el tanque debe tener una capacidad de 60 a 240

litros. En muchas instalaciones, la disponibilidad de espacio físico no permite el empleo de tanques de gran capacidad, especialmente en equipos móviles.

Tener un tanque muy grande a veces puede ser una desventaja en sistemas que deben arrancar a menudo u operar en condiciones de bajas temperaturas.

Accesorios para tanques.

En la Fig. 3.7. vemos un nivel visible para tanques, este elemento construido en plástico permite que el operador no solo verifique el nivel sino también la condición de emulsión del aceite.¹⁰

Tapa de llenado: el orificio de llenado debe ser cubierto por una tapa preferentemente retenida por una cadena. En la figura 3.8. ilustramos un tipo que usa una coladera para filtrar el aceite que se verterá hacia el tanque.¹¹

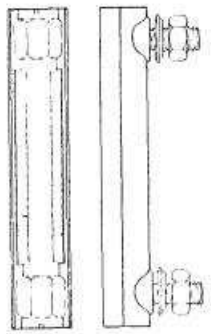


Figura 3.7. Nivel Visible para Tanque.

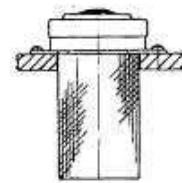


Figura 3.8. Tapa de Llenado.

Los depósitos hidráulicos están venteados a la atmósfera. Por ello la conexión de venteo debe estar protegida por un filtro.

¹⁰ <http://www.monografias.com/trabajos13/intsihi/intsihi.shtml>

¹¹ <http://www.monografias.com/trabajos13/intsihi/intsihi.shtml>

Cuando los sistemas operan en una atmósfera limpia puede emplearse un filtro de respiración de bajo costo como el de la figura 3.9. Pero si se opera en atmósferas muy contaminadas deben emplearse filtros de alta calidad capaces de retener partículas mayores de 10 micrones.

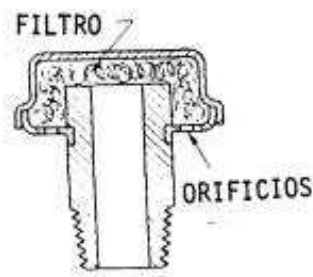


Figura 3.9. Filtro de Respiración.

3.7.FILTROS.

Coladera de Succión: La mayoría de las bombas utilizan para su protección un filtro destinado a retener partículas sólidas en la aspiración. La práctica usual cuando se emplean aceites minerales estándar, es utilizar coladeras de malla metálica capaces de retener partículas mayores de 150 micrones. Cuando se emplean fluidos ignífugos que tienen un peso específico superior al aceite, es preferible emplear coladeras de malla 60 capaces de retener partículas mayores de 200 micrones, para evitar la cavitación de la bomba.

Con la introducción de bombas y válvulas con alto grado de precisión, operación a presiones elevadas y altas eficiencias, el empleo de la coladera de aspiración no es protección suficiente para el sistema, si se quiere obtener una larga vida del mismo.

El propósito de la filtración no es solo prolongar la vida útil de los componentes hidráulicos, si no también evitar paradas producidas por la acumulación de impurezas en las estrechas holguras y orificios de las modernas válvulas y servoválvulas.

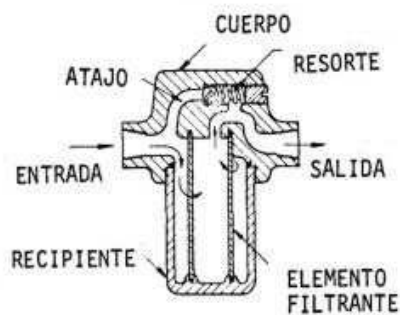


Figura 3.10. Filtro.

La figura 3.10 muestra un filtro micrónico que puede ser empleado en el retorno o el envío, el elemento filtrante como metal sinterizado, u otros materiales puede ser removido desenroscando el recipiente. Cuando la caída de presión a través del elemento se incrementa, para evitar el colapso del mismo una válvula de alivio se abre dando paso libre al aceite.¹²

¹² <http://www.monografias.com/trabajos13/intsihi/intsihi.shtml>

CAPITULO IV

DISEÑO Y CÁLCULOS

4.1. DISEÑO Y CÁLCULOS.

DISEÑO Y CÁLCULOS DEL SISTEMA HIDRÁULICO.-

LA PRESIÓN INDICA LA CARGA DE TRABAJO.-

La presión se genera por la resistencia de una carga. Se observó que la presión es igual a la fuerza de la carga dividida por la superficie del pistón.

Se puede expresar esta relación mediante la fórmula general:

$$P = F / A$$

En esta relación:

P es la presión en (libras por pulgada²) (bar)

F es la fuerza en (libras) (newton)

A es la superficie en (in²) (cm²)

Según esto, puede verse que un aumento o disminución de la carga dará como resultado un incremento o disminución similar en la presión de trabajo. En otras palabras, la presión es proporcional a la carga, y una lectura del manómetro indica la carga de trabajo en un momento dado.

LA FUERZA ES PROPORCIONAL A LA PRESIÓN Y A LA SUPERFICIE.-

Cuando un cilindro hidráulico se usa para mantener una carga, la fuerza que aplica puede calcularse como sigue:

$$F = P \times A$$

Nuevamente:

P es la presión en psi (bar)

F es la fuerza en libras (newtons)

A es la superficie en pulgadas² (cm²)

CALCULO DE LA SUPERFICIE DEL PISTÓN.-

La superficie de un pistón puede calcularse mediante la fórmula:

$$A = \frac{(\pi d^2)}{4}$$

Donde: A es la superficie en in² (cm²)

d es el diámetro del pistón en in (cm)

VELOCIDAD DE UN ACTUADOR.-

La velocidad de desplazamiento del vástago de un cilindro o de giro de un motor depende de su tamaño y del caudal que se le envía. Para relacionar el caudal con la velocidad, se considera el volumen que requiere el actuador para obtener un desplazamiento determinado.

VELOCIDAD EN LAS TUBERÍAS.-

La velocidad a que circula el fluido hidráulico a través de las líneas es una consideración de diseño importante, debido al efecto de la velocidad sobre el rozamiento. Generalmente las velocidades recomendadas son:

Línea de aspiración de la bomba:

2 a 4 pies por segundo

(0.61 a 1.22 metros por segundo)

Línea de trabajo:

7 a 20 pies por segundo

(2.13 a 6.10 metros por segundo)

A este respecto, hay que observar que:

1. La velocidad del aceite varía inversamente al cuadrado del diámetro interior del tubo.
2. Generalmente el rozamiento de un líquido que circula por una línea es proporcional a la velocidad. Sin embargo, si el régimen fuese turbulento, el rozamiento variaría con el cuadrado de la velocidad.

El rozamiento origina turbulencia en la corriente de aceite y opone resistencia al caudal, lo que da como resultado un aumento de caída de presión en la línea. Se recomienda una velocidad muy baja para la línea de aspiración de la bomba porque allí la caída de presión admisible es muy pequeña.¹³

TAMAÑOS NOMINALES DE LAS LÍNEAS.-

Los tamaños nominales en pulgadas (mm) de las tuberías, tubos, etc., no son indicadores precisos del diámetro interior.

¹³ Folleto, Seminario Oleohidráulica Básica Pág. 17

En las tuberías normalizadas, el diámetro interior real es mayor que el tamaño nominal citado. Para seleccionar un tubo se necesita una tabla que indique los diámetros interiores reales.

Para tubos de acero y cobre, el tamaño indicado es el diámetro exterior. Para hallar el diámetro interior, restar el doble del espesor de la pared.

TRABAJO Y POTENCIA.-

Cuando se ejerce una fuerza a lo largo de una distancia, se realiza un trabajo:

$$\text{Trabajo} = \text{fuerza} \times \text{distancia}$$

La fórmula precedente para el trabajo no toma en consideración con qué velocidad se realiza dicho trabajo. El trabajo realizado por unidad de tiempo se denomina potencia.

$$\text{Potencia} = \frac{\text{fuerza} \times \text{distancia}}{\text{tiempo}} \quad \text{ó} \quad \frac{\text{trabajo}}{\text{tiempo}}$$

POTENCIA EN UN SISTEMA HIDRÁULICO.-

En un sistema hidráulico la velocidad queda indicada por el caudal, en g.p.m. (ltr/min), y la fuerza, por la presión. De esta forma se puede expresar la potencia hidráulica como sigue:

$$\text{Potencia} = \frac{\text{fuerza} \times \text{volumen}}{\text{tiempo}} \quad \text{ó} \quad \text{presión} \times \text{caudal}$$

$hp = gpm \times psi \times 0.000583$ y multiplicado por el 83% de eficiencia de un motor hidráulico.

$$hp = gpm \times psi \times 0.0007$$

Velocidades de motores de CA.-

Un motor de CA a carga cero tenderá a operar a su *velocidad sincrónica*, n_s , o a una velocidad muy cercana a esta, que se relaciona con la frecuencia de CA y con el número de polos eléctricos p , que se bobinan en el motor, de acuerdo con la ecuación

$$n_s = \frac{120 f}{p} \text{ rev/min}$$

Los motores tienen un número par de polos, por lo regular entre 2 y 12, lo que da por resultado las velocidades sincrónicas que se indican en la tabla 1 para corriente de 60 Hz.

Tabla 1. Velocidades de motores CA

<i>Número de polos</i>	<i>Velocidad sincrónica (rpm)</i>	<i>Velocidad con carga total* (rpm)</i>
2	3600	3 450
4	1 800	1 725
6	1 200	1 140
8	900	850
10	720	690
12	600	575

*Aproximadamente 95% de velocidad sincrónica (deslizamiento normal).

EXPERIMENTALMENTE:

Experimentalmente se realizó una prueba de prensado para verificar la fuerza a la que va a trabajar el sistema hidráulico, se tomó una lámina de acero previamente embutida en la forma de un panel normal y con la ayuda de una prensa manual con un manómetro

que permite observar la presión a la que se está trabajando y además se puede regular la fuerza para obtener un prensado óptimo.

El experimento arrojó los siguientes datos:

PRESIÓN.- En el manómetro se obtuvo un dato de presión de: *1250 psi*.

ÁREA EFECTIVA PISTÓN:

Se midió el diámetro exterior de la camisa del pistón en pulgadas y se le restó $\frac{1}{4}$ " para obtener el diámetro real del cilindro.

$$\Phi_{Ext. Camisa} = 94.5mm \cong 3.72in$$

$$\Phi_{camisa} = (3.72 - 1/4)in = 3.5in.$$

Una vez obtenido el diámetro del cilindro se calcula el área efectiva del pistón.

$$A = \frac{\pi \cdot \Phi_{camisa}^2}{4} = \frac{\pi \cdot (3.5in)^2}{4}$$

$$A = 9.62in^2$$

Finalmente al obtener la presión y el área efectiva del pistón, se puede calcular la fuerza, en toneladas fuerza, en la que va a trabajar el sistema hidráulico.

$$**FUERZA (lbf) = Presión (psi) * área efectiva (in²)**$$

$$= 1250 \text{ psi} * 9.62in^2$$

$$= 12025 \cancel{lbf} \left| \frac{Kgf}{2.2 \cancel{lbf}} \right| \frac{9.8N}{Kgf} = 53565.91N \cong 53.57KN$$

$$= 53.57 \cancel{KN} \left| \frac{1Tonf}{9.8066 \cancel{KN}} \right| = 5.5Tonf$$

Se necesitará un motor monofásico con arranque por condensador, a 1750 r.p.m. Ver *Tabla 1. Velocidades de motores CA.*

La hoja electrónica realizada en Excel Ver *Apéndice C.- Dimensionamiento de Cilindros*, muestra datos de presión en los cuales el sistema hidráulico funcionará eficientemente:

Por lo tanto, se trabajará a una *presión de:* 1712 psi.

Fuerza: 5.5 Toneladas fuerza.

Carrera: 40 mm.

Tiempo de ejecución del prensado: 4 segundos.

Calculando:

1º) Se calcula primero la velocidad en la que trabajará el pistón.

$$Velocidad = \frac{carrera}{tiempo} = \frac{40mm}{4s} = 10 \text{ mm/s}.$$

2º) Se calcula el área del cilindro.

$$Area = \frac{Fuerza}{Presión} = \frac{5.5 \cancel{\text{Tonf}} \left| \frac{2.2 * 10^3 \cancel{\text{lb}}}{1 \cancel{\text{Tonf}}} \right|}{1712 \frac{\cancel{\text{lb}}}{\text{in}^2}} = 7.07 \text{ in}^2.$$

3º) Una vez obtenida el área del cilindro se procede a calcular el diámetro del mismo.

$$Area = \frac{\pi \cdot \Phi_{Calc.}^2}{4} = >$$

$$\Phi_{Calc.} = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4(7.07 \text{ in}^2)}{\pi}} = 3.00 \text{ in}.$$

4°) Entonces según catalogo *Ver Anexo 5.- Cilindros*, se selecciona el diámetro real del pistón (Φ_{real}) que en este caso es de 3".

5°) Con el $\Phi_{real} = 3"$ se calcula el área del pistón.

$$Area = \frac{\pi * \Phi^2}{4} = \frac{\pi(3in)^2}{4} = 7.07in^2.$$

6°) Se calcula el tonelaje al que va a trabajar el sistema con el nuevo diámetro del pistón.

$$Tonelaje = Pr esión * Area = 1712 \cancel{psí} * 7.07 \cancel{in^2} \left| \frac{1Tonf}{2.2 * 10^3 \cancel{lb}} \right| = 5.50Tonlf$$

7°) Con el área del pistón obtenida en el paso 5° y con la velocidad que se obtuvo en el paso 1° se calcula el caudal real del sistema (Q_{real}).

$$Velocidad = 10 \frac{\cancel{mm}}{\cancel{s}} \left| \frac{1cm}{10\cancel{mm}} \right| \left| \frac{60\cancel{s}}{1min} \right| = 60 Cm/min$$

$$Area = 7.07 \cancel{in^2} \left| \frac{2.54^2 cm^2}{1\cancel{in^2}} \right| = 45.61Cm^2.$$

$$Q_{real} = Velocidad * Area = 60 * 45.61 \frac{\cancel{Cm^3}}{min} \left| \frac{1Ltr}{10^3 \cancel{Cm^3}} \right| \left| \frac{1Galón}{3.785\cancel{Ltrs}} \right| = 0.72 \frac{Galones}{min}$$

8°) Realizando una regla de tres para obtener el caudal de la bomba en galones por minuto, a 1200rpm con relación a las revoluciones por minuto (r.p.m.) del motor y el caudal real $Q_{(real)}$, se procede de la siguiente manera:

$$Q_{(1200rpm)} = \frac{1200rpm}{1750rpm} * 0.72GPM = 0.50GPM.$$

El Caudal (Q_{real}) será al número de revoluciones que gire cualquier motor.

9°) Por último se calcula la Potencia del sistema hidráulico en (HP).

$$Potencia = psi * gpm * 0.0007 = 1712 psi * 0.72 gpm * 0.0007 = 0.87 HP.$$

Esta fórmula corresponde a la potencia hidráulica a la salida de la bomba. La potencia requerida para accionarla será algo mayor puesto que el rendimiento del sistema no es del 100%.

Si se supone un rendimiento medio del 83%, la potencia mecánica para el accionamiento de la bomba será: $hp = psi * gpm * 0.0007$

EL RESERVORIO.-

El fluido, luego de circular por todo el sistema en cada ciclo, debe ser reacondicionado, y esta función la cumple el reservorio, cuyo diseño y ejecución, asume una importancia fundamental.

Además de constituirse en accesorio de almacenamiento, en él, el agua, el aire, rezagos metálicos y otras sustancias extrañas, tienen la oportunidad de ser extraídas, y allí también, todo o gran parte del calor transferido por el sistema al fluido, debe ser disipado por medio de aletas de enfriamiento en los costados del reservorio. Aunque cada una de estas operaciones puede ser desarrollada por accesorios específicos en el sistema, ellas son determinantes en el diseño del reservorio, cuyas funciones pueden resumirse así:

- Almacenamiento y reposición del fluido al sistema.
- Enfriamiento del fluido (ó a veces, cuando la temperatura externa y baja, aquí puede realizarse calentamiento en lugar de enfriamiento).

- Separación de partículas magnéticas.
- Separación del aire y del agua contenida en el fluido.

Las dos últimas funciones, se confían únicamente a su dimensionamiento adecuado y a su correcta construcción:

CAPACIDAD REQUERIDA Y DIMENSIONAMIENTO.-

Para cumplir con todas las funciones mencionadas, el reservorio debe tener el tamaño suficiente, cuando esto no es posible, deben adicionarse accesorios extras y específicos para cada una de las funciones.

Es aconsejable satisfacer los siguientes requerimientos:

1. Debe disiparse la mayor parte del calor generado en el sistema.
2. Debe proveerse de volumen suficiente para permitir la estancia del fluido por un tiempo adecuado.

Se asentará en su fondo la suciedad, y el aire arrastrado escapará por el filtro de aire.
3. Debe contener la capacidad suficiente para acoger al fluido que drenará por gravedad desde todos los ramales.
4. Debe dotarse del área lateral suficiente para dar cabida a todas las tomas y conexiones.
5. Si el funcionamiento es continuo, debe mejorarse la capacidad normal del reservorio aumentando su volumen de almacenamiento.
6. Debe permitirse la expansión térmica del fluido.

7. El reservorio debe ayudar a la estabilidad de la máquina. Esto es importante cuando su tapa es usada como base de montaje del grupo motor – bomba y otros elementos.

Muchos son los factores involucrados, por lo que no existe una regla establecida para su dimensionamiento, sino más bien, él va en dependencia de las necesidades del sistema.

CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO.-

Los reservorios pequeños pueden hacerse de *aleación ligera* con aletas para un mejor enfriamiento, mientras que los de mayor volumen pueden confeccionarse soldando plancha laminada.

Externamente deben proveerse en el diseño del reservorio de algunas características, como las que a continuación se sugieren:

- Frecuentemente es aconsejable consolidar el sistema de bombeo y el reservorio de modo que la bomba y el motor se instalen en la tapa, para que esta última soporte los esfuerzos deslizantes de montaje. Cuando el grupo, se monta mediante espaciadores, colocado encima de la tapa, se da mayor flexibilidad y se reduce la transferencia de calor al motor y a la bomba.
- Las líneas de succión y de retorno del reservorio, pueden ser placas agujeradas de refuerzo y debidamente selladas con algún empaque de caucho que deben tomarse provisiones para remover las partes sin necesidad de remover otras partes del sistema.

- La tapa da cabida a los agujeros para la succión de la bomba, la línea de retomo del sistema, retorno de la válvula de alivio, relleno del aceite, filtro de aire y otros drenajes. En los costados, deben proveerse accesos para la limpieza, inspección, drenaje del tanque, indicadores de nivel, conexión a los intercambiadores de calor, etc. La inspección debe disponer de espacio suficiente a fin de que la mano del hombre pueda alcanzar cualquier parte. El fondo, puede hacerse cóncavo hacia el centro o inclinado 1/8 in/pie hacia una parte para la evacuación del fluido y de sedimentaciones.

- Todo el reservorio debe anclarse a la máquina a través de apoyos o patas, de forma que el fondo se sitúe a un nivel del suelo o del sitio de apoyo, para que también por esta cara pueda aprovecharse la transferencia de calor.

Interiormente hay que hacer adecuaciones físicas para el acondicionamiento del aceite antes de su reutilización.

- Los baffles verticales deben separar el aceite que entra al reservorio de aquel que está saliendo. Estos baffles ayudan a que el recorrido del aceite, de tiempo para una buena sedimentación y transferencia de calor, debido a que la velocidad del flujo resulta más baja provocando que las capas de fluido se muevan en forma paralela; esto se denomina "Flujo Laminar", de otra forma el aceite caliente pasaría enseguida como en cortocircuito.

Los baffles pueden colocarse como simples separadores de flujo y paralelos a este, o formando una onda atacada a la tapa y al piso en forma normal a la dirección del flujo. Parece ser que resulta ventajoso el primer método, ya que el fluido se ve expuesto mayormente a las paredes laterales, que es por donde se realiza la mayor

transferencia de calor. En el segundo método en cambio se produce una mejor aireación del fluido y una mejor sedimentación.

- La altura de los baffles debe llegar hasta $2/3$ del nivel máximo de aceite, y en el caso del segundo método el baffle suspendido de la tapa debe llegar como máximo a $1/3$ del nivel del fluido desde la base.
- En el recorrido del fluido, deben instalarse "mechas magnéticas", que son barras magnéticas que sirven para atraer del fluido las partículas magnéticas.
- Todos los retornos al reservorio, deben hacerse llegar en el lado del baffle opuesto a la línea de succión de la bomba, y a una altura máxima de 8 in desde la base del tanque a fin de no remover sedimentaciones.

El extremo de los ductos de las líneas de succión y de retorno deben cortarse a 45° a fin de tener una mayor sección en la descarga y así disminuir la velocidad. De esta forma se evita la formación de vórtices y espuma.

El corte debe hacerse hacia la pared para que el aceite que llega ó se va, se enfríe más

- En los ductos de succión, la situación es similar y debe tenerse cuidado con la remoción de sedimentaciones.
- Los drenajes deben terminar arriba del nivel mínimo para evitar las contrapresiones.
- Cuando se incluye en el tanque un filtro de grano grueso, este debe colocarse muy por debajo del nivel de fluido y al menos a 1 in. desde la base. De esta forma se evita la introducción de aire en la línea de succión que pueda causar cavitación y funcionamiento ruidoso de la bomba.

- El respiradero (y su filtro), debe permitir el pase de aire en ambas direcciones.
- Un indicador de nivel debe instalarse (tipo tubular u ojo de buey) para controlar el nivel de fluido y su reposición.¹⁴

4.2. PLANOS.

Ver Apéndice B.- Planos.

Lámina N° 1.- Especificación Paneles.

Lámina N° 2.- Diagramas, Esquema Funcional – Esquema a Sección.

Lámina N° 3.- Estructura depósitos.

Lámina N° 4.- Vistas Tanque.

¹⁴ Introducción a los sistemas hidráulicos, MORÁN, páginas 125 – 129.

4.3. RESULTADOS DE SIMULACIÓN.

El desarrollo del sistema para la simulación del proceso de prensado de paneles trifásicos se realizó utilizando el software LabVIEW. Como se puede apreciar en la figura 4.1, en el panel frontal se encuentran ubicados los botones y switch de control que ejecutan una determinada acción, en la parte superior izquierda se puede observar los controles numéricos que permiten ingresar los parámetros para el cálculo del dimensionamiento del cilindro. A continuación se describe la acción que ejecuta cada comando.



Figura 4.1. Panel frontal.

Switch On/Off.- Una vez que hayan sido ingresados los parámetros; al accionar este switch permitirá desplegar los datos calculados del dimensionamiento del cilindro, además ejecuta la simulación de la prensa hidráulica y se puede visualizar la grafica de simulación.

Switch Pulsador.- Al accionarlo permite el funcionamiento del cilindro con retorno por muelle.

Reset.- Inicializa todos los valores de parámetros y switch de control cuando el botón RESET o el comando *Reinitialize All to Default* del menú son activados.

Detener.- Detiene la ejecución del programa cuando el botón DETENER es activado.

Salir.- Cierra totalmente la aplicación cuando el botón SALIR o el comando *Salir* del menú son activados.

Barra de Menú.- Esta barra se encuentra ubicada en la parte superior de la pantalla, y contiene varias opciones como son: **Archivo, Edición, Operar, Ventana y Ayuda.**

Archivo.- Contiene un sub_menu con las opciones *Abrir y Salir*, al seleccionar la opción Salir cierra totalmente la aplicación.

Edición.- Presenta varias opciones como son: *Cortar, Copiar y Pegar.*

Operar.- Despliega varias opciones como son: *Print at Completion, y Reinitialice All to Default.*

Ventanas.- Se puede elegir entre visualizar todos los subVI's de la aplicación *This VI's SubVIs*, todas las sub_rutinas que intervienen en la aplicación *Show VI Hierarchy* o que la ventana del programa se despliegue en toda la pantalla *Full Size.*

Ayuda.- Tienen presente dos opciones: *About LabVIEW 7.0*, que despliega una ventana indicando la versión del software y *Ayuda* que realiza un link con la página de ayuda acerca de la aplicación en formato HTML.

Una vez configurado todos los parámetros y al colocar en ON el switch de control, como se puede apreciar en la Fig. 4.2, el panel frontal arrojará los siguientes datos:



Figura 4.2. Funcionamiento Panel frontal

DIAGRAMA DE BLOQUES

El programa inicia con una Estructura de tipo Secuence con dos Frames, en el frame 0 (0..1) se inicializan cada una de las variables que se utilizan en el programa, como se visualiza en la Fig 4.3, en el frame 1 (0..1), existe una estructura While que encierra cada uno de los comandos y sub_rutinas, además de las Estructuras Case, que invocan a los procedimientos y sub_rutinas. La estructura while se detiene cuando el botón SALIR o el comando *Salir* del menú son activados.

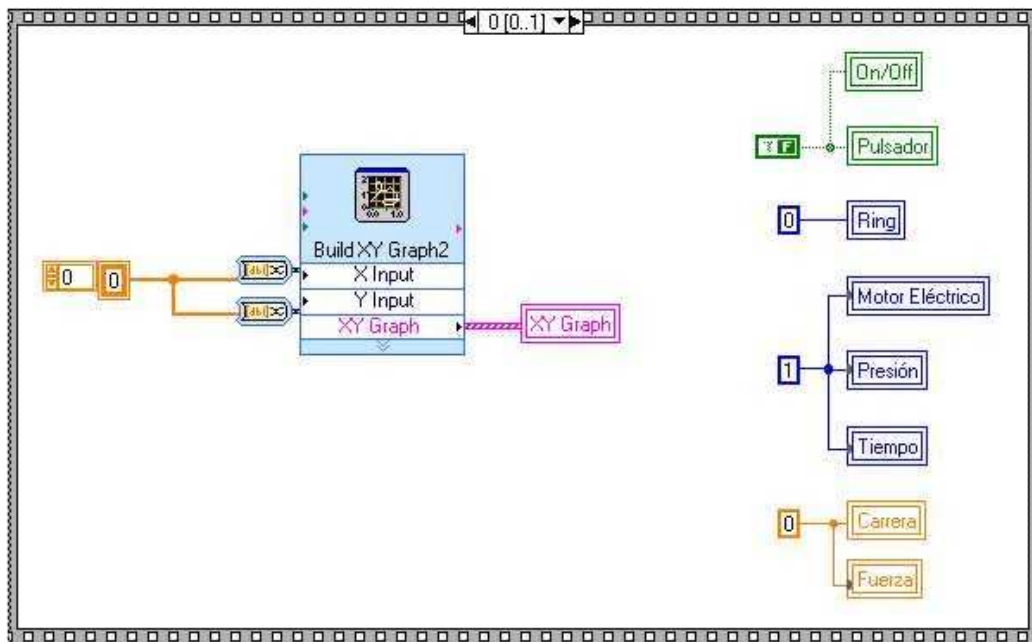


Figura 4.3. Diagrama de Bloques – Frame 0 (0..1)

Uno de los iconos utilizados es el Get Menu Selection que selecciona el ítem correspondiente en el menú principal. En la figura 4.4 se visualiza la programación de uno de los Loops dentro de la estructura while; por ejemplo si se desea resetear, detener, salir del programa o llamar a la ayuda, este Loop es aquel que permite ejecutar determinada acción.

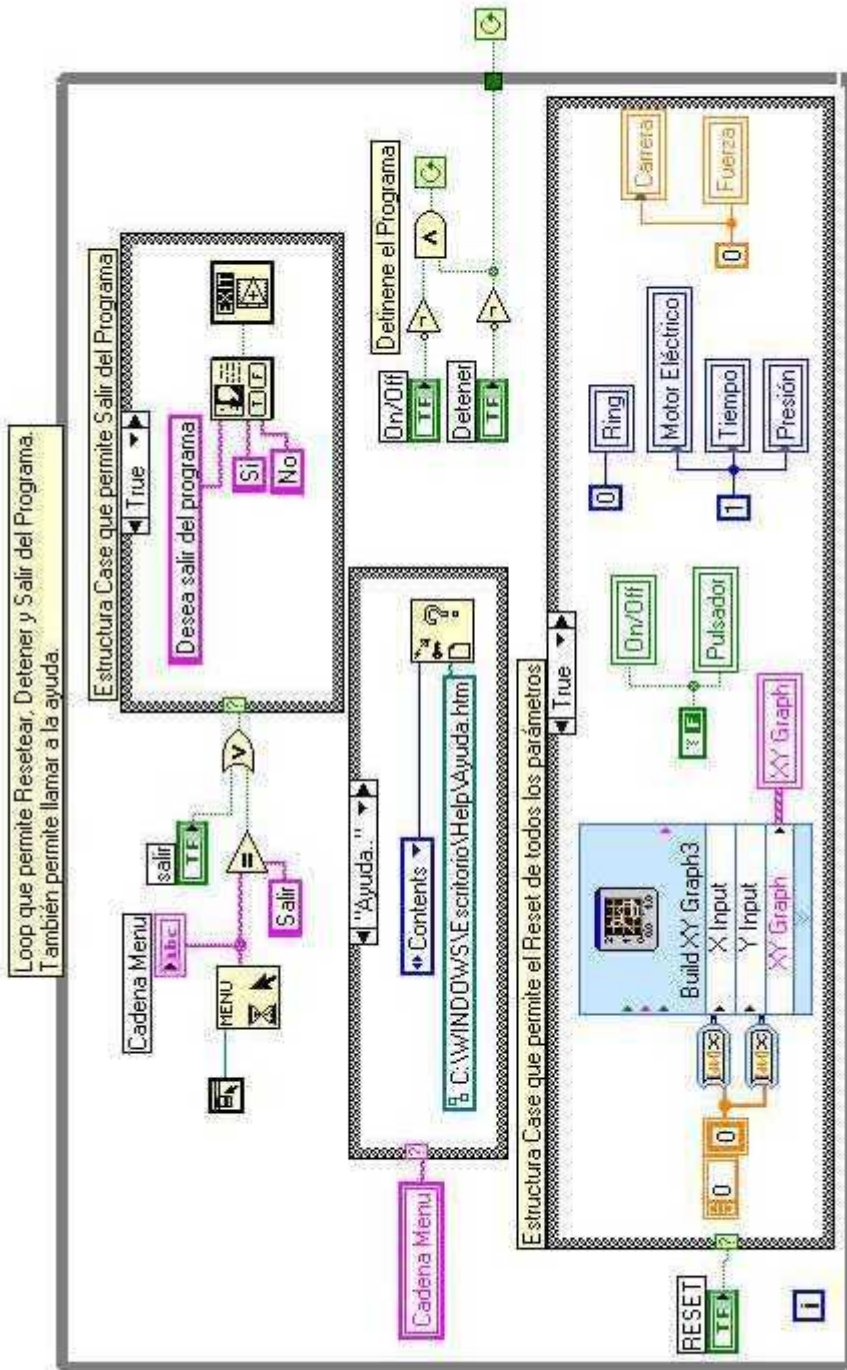


Figura 4.4. Diagrama de bloques – Reset, Detener, Salir del Programa y Ayuda.

En la figura 4.5 se puede observar la programación para realizar el cálculo del dimensionamiento del cilindro hidráulico.

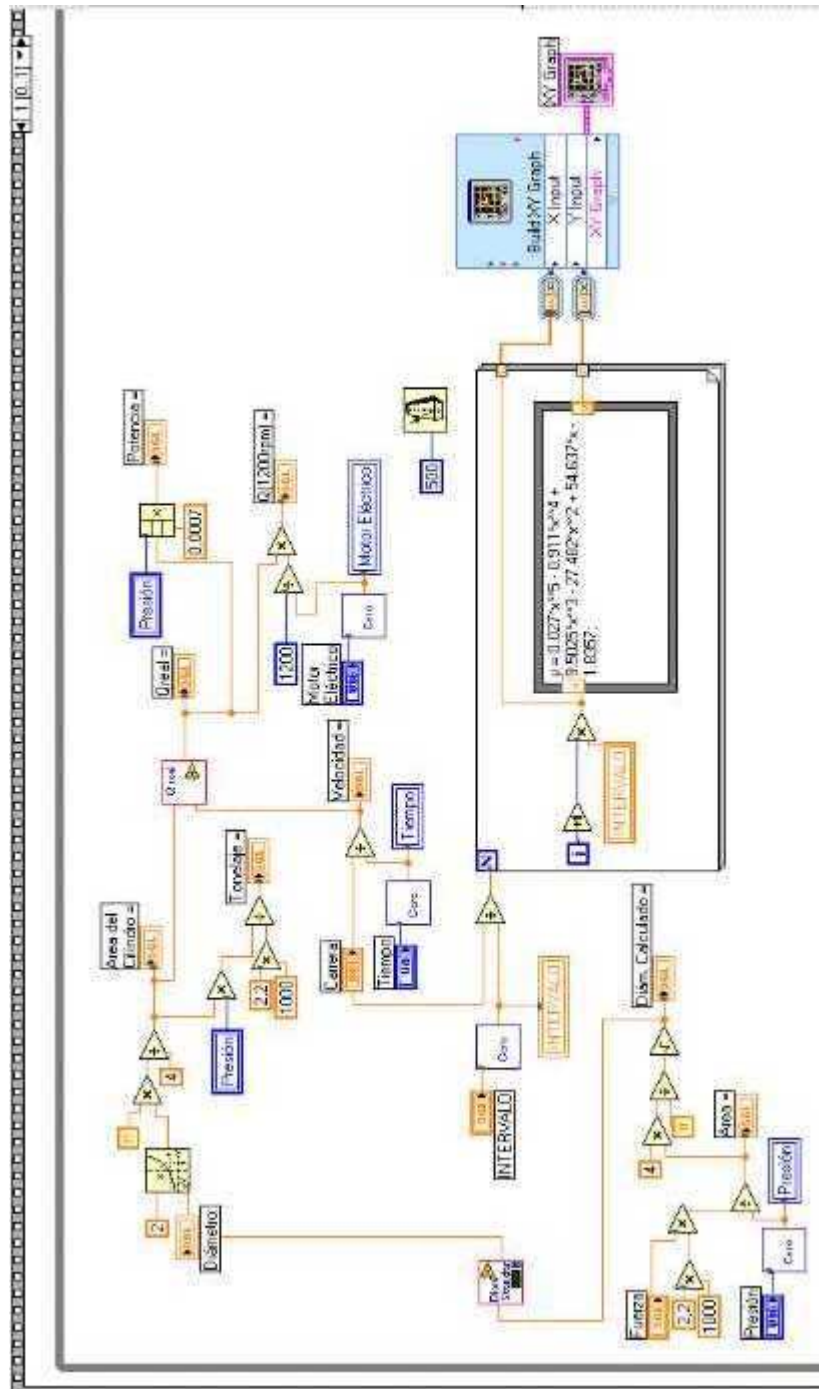


Figura 4.5. Diagrama de Bloques – Cálculo dimensionamiento del cilindro

En la figura 4.6 se visualiza la programación de uno de los Loops dentro de la estructura while; el mismo que permite ejecutar la simulación gráfica de la prensa hidráulica.

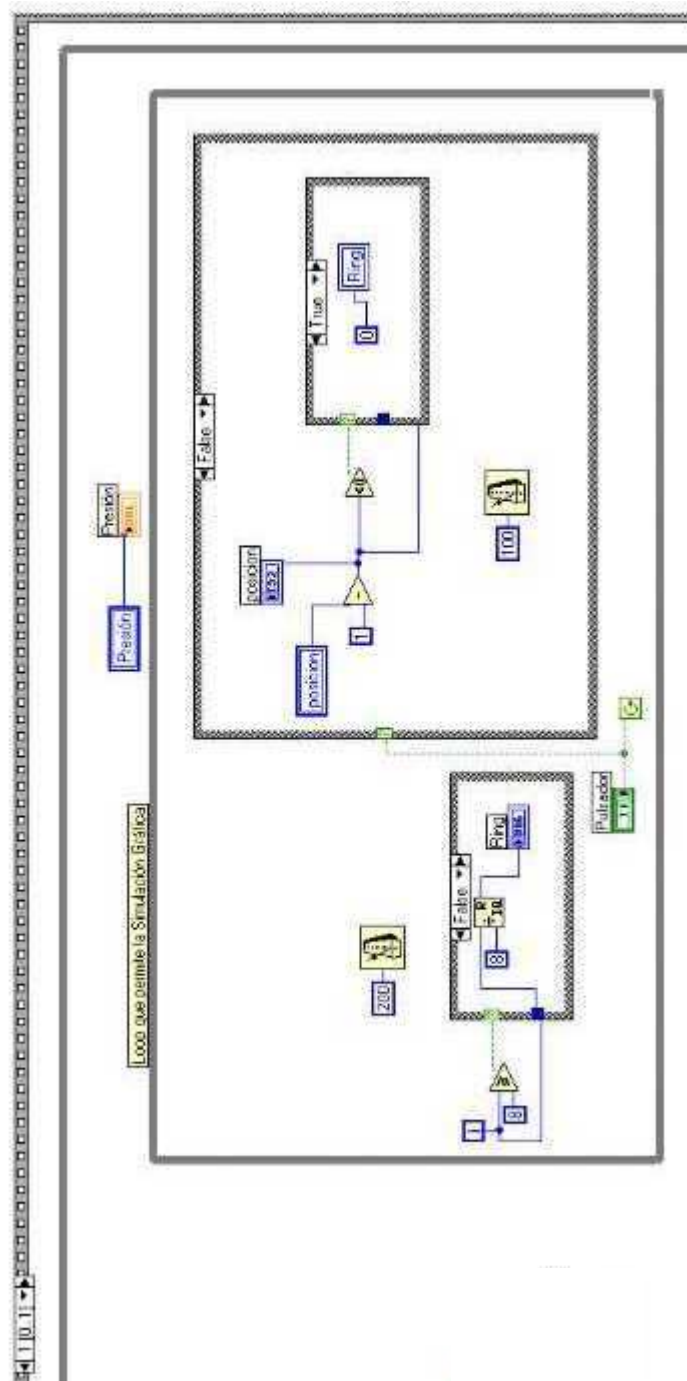


Figura 4.6. Diagrama de Bloques – Simulación gráfica de la Prensa

DESCRIPCIÓN DE LOS SUB VI'S UTILIZADOS

Qreal.vi



Caudal Real.- Como se puede ver en el gráfico del icono, este Sub_VI tiene dos variables de entrada, la una es el área del cilindro y la otra es la velocidad a la que trabajará; es así como se obtiene el resultado del caudal real en galones por minuto (G.P.M). Además el Caudal (Qreal) será al número de revoluciones que gire cualquier motor.



Figura 4.7. Panel Frontal, Caudal Real

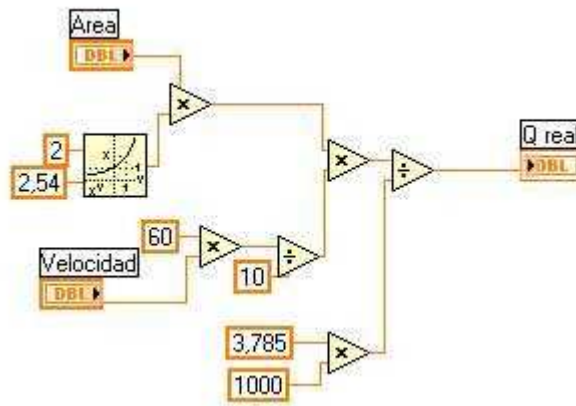


Figura 4.8. Diagrama de bloques, Caudal Real

Diámetro Standar.vi



Como se puede observar en el gráfico del icono, este Sub_VI tiene una variable de entrada que es el diámetro calculado del cilindro; el mismo que se va comparando con

diámetros estándar de cilindros de la marca Vickers, si éste valor esta entre los rangos automáticamente retorna el valor q corresponde al estándar.



Figura 4.9. Panel Frontal, Diámetro estándar

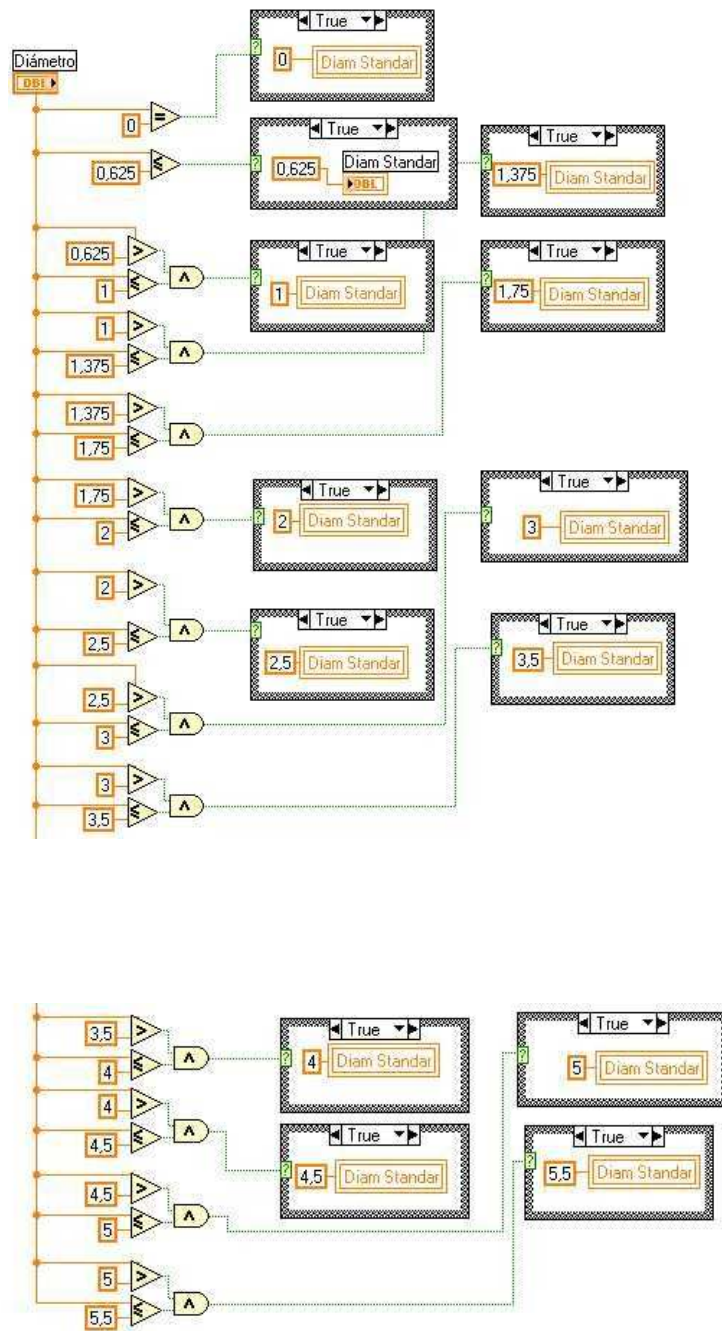
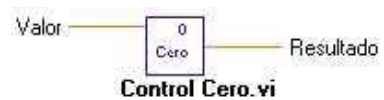


Figura 4.10. Diagrama de bloques, Diámetro estándar

Control Cero.vi



Como se puede apreciar en el gráfico del icono, este Sub_VI tiene una variable de entrada que es un valor entero cualquiera; el mismo que se va comparando dentro de una estructura Case, si éste es igual a cero emite un mensaje que el valor que se ingreso debe ser diferente de cero, caso contrario acepta el valor.

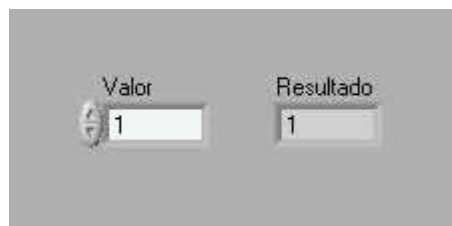


Figura 4.11. Panel Frontal, Control cero

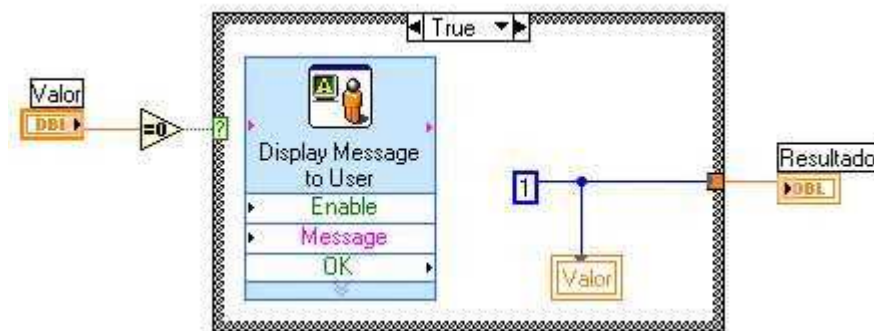
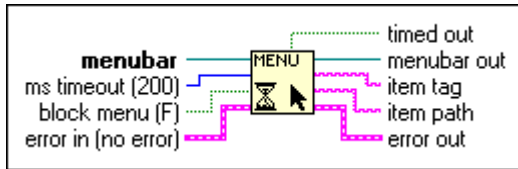


Figura 4.12. Diagrama de bloques, Control cero

GLOSARIO DE FUNCIONES



Get Menu Selection (Obtener la selección del Menú)

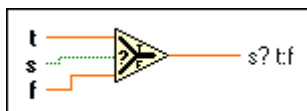
Retorna el nombre del ítem de la última selección desde el menú, tiene una opción de espera de varios milisegundos **ms timeout**.

Nota: Si se usa esta función con una Estructura de Evento configurada para manejar el mismo ítem del menú, La estructura Evento tiene mayor precedencia y LabVIEW ignora el Get Menú Selection, en cualquier VI se puede usar la Estructura Evento o el Get Menu Selection.



Current VI's Menubar (Actualizar la barra de Menú)

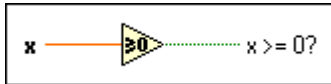
Regresa la referencia numérica (refnum) del VI actual. Esta función es indispensable para usar las otras funciones de Menú.



Select (Seleccionar)

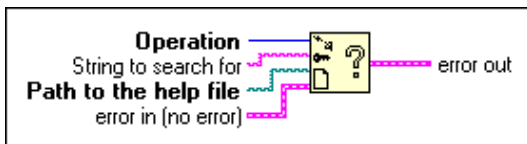
Retorna el valor conectado en la entrada **t** o **f**, dependiendo del valor de **s**. Si **s** es VERDADERO, esta función retorna el valor conectado en **t**, si es FALSO retorna el

valor conectado en **f**. El gráfico muestra los tipos de datos para esta función polimórfica.



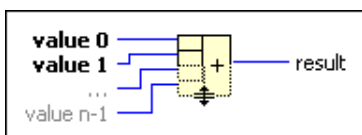
Greater Or Equal To 0? (Mayor o igual a cero)

Retorna VERDADERO si **x** es mayor o igual a 0, en otro caso esta función retorna FALSO, El gráfico muestra los tipos de datos para esta función polimórfica



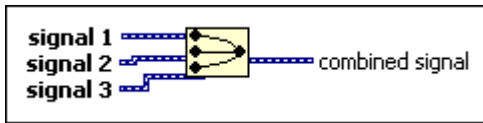
Control Online Help (Control de Ayuda Online)

Controla un archivo de ayuda compilada desplegando la tabla de contenido, saltando a un tópico especificado en el archivo, o cerrando el archivo de ayuda. Se puede crear un archivo de ayuda compilado y usar esta función para unir desde el VI. Se puede usar esta función para mostrar un archivo tipo HTML en el browser establecido.



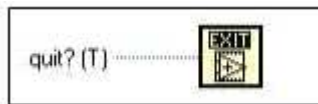
Compound Arithmetic (Componente Aritmético)

Ejecuta operaciones aritméticas de uno o más números, arreglos, entradas booleanas o clusters. El gráfico muestra los tipos de datos para esta función polimórfica.



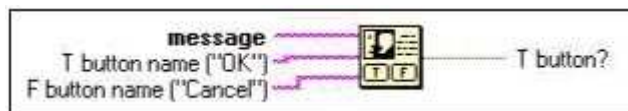
Merge Signals (Combinar Señales)

Combina dos o más señales en una salida única. Es necesario redimensionar la función para añadir entradas. Esta función aparece en el diagrama de bloques automáticamente cuando se conecta una señal de salida a una línea de conexión entrante de otra señal.



Quit LabVIEW (Salir de LabVIEW)

Detiene todos los VIs ejecutados y pone el común caso de LabVIEW.



Two Button Dialog (Dialogo dos botones)

Despliega una caja de dialogo que contiene un mensaje y dos botones.

CONCLUSIONES

Del proyecto elaborado se ha llegado a:

- Generar un documento base que incluye conocimientos básicos de transformadores, fundamentos oleohidráulicos, conocimientos de cálculo para dimensionamiento de cilindros y programación lógica con LabVIEW, que servirá para la implantación del proceso simulado para prensar paneles trifásicos.
- Con el estudio desarrollado para el cálculo del dimensionamiento de cilindros y la metodología seguida en esta investigación, se cuenta con una herramienta al momento de realizar un estudio oleohidráulico dentro de cualquier sistema industrial en general.
- Con el estudio técnico se dio a conocer las ventajas de utilizar un sistema hidráulico dentro del proceso en la empresa, dichas ventajas son: La semi-automatización del proceso, el mejor control del mismo, y la seguridad que brinda al realizar la operación de prensado.
- Se ha llegado a determinar que la fuerza o par de un actuador es directamente proporcional a la presión e independiente del caudal.
- El punto de ruptura o esfuerzo en el punto de ruptura, se determina; que en el acero al carbono dicho esfuerzo es algo menor que el esfuerzo último o límite de resistencia.

- Este trabajo brinda las herramientas necesarias para aplicar los estudios realizados en cualquier proyecto o prototipo de un sistema hidráulico.
- Se ha comprobado el beneficio de usar el software LabVIEW, ya que la simulación mediante entorno interactivo ha facilitado la información y la visualización del comportamiento del material en condiciones de compresión.
- Para un aprovechamiento eficaz del trabajo realizado se debe tomar conciencia de los costos que representa el no implementar un sistema hidráulico, porque en una empresa no es quién mejor lo hace sino quién mejor lo planifica.

RECOMENDACIONES

Como parte del trabajo realizado se recomienda:

- Para la elaboración del tanque:
 - La superficie inferior del tanque debe ser cubierta con un barniz compatible con el fluido.
 - Considerando que el reservorio en este sistema es pequeño puede hacerse de aleación ligera con aletas alrededor del tanque para un mejor enfriamiento.
- Adquirir una Unidad de Potencia Compacta (es un sistema hidráulico completo con reservorio, moto – bomba y válvulas); adecuado a las especificaciones del proyecto, en lugar de adquirir las partes individualmente, debido a la diferencia de costos.
- Hacer uso del programa para el cálculo del cilindro y la visualización del comportamiento del pistón hidráulico ha implementarse en el proceso.
- Tomar en cuenta que los resultados arrojados por el sistema en el cálculo del dimensionamiento de cilindros se compara con los diámetros estándares de cilindros de la marca VICKERS la más comúnmente encontrada en el mercado.
- Para la instalación de la moto – bomba se requiere tener una red eléctrica adecuada y que guarde todos los parámetros de seguridad.
- La propuesta hecha para implantar un sistema hidráulico es factible; técnica y económicamente, ya que permite la recuperación de la inversión a corto plazo por el hecho de reducir recurso humano y tiempos de ejecución utilizados en el proceso de prensado.

- Se recomienda ampliar el programa para evaluar distintos materiales pero, que cumplan con las mismas características de construcción que se necesita en ECUATRAN S.A.
- Configurar la máquina para que se pueda operar desde cualquier otra máquina que pertenezcan a la red de ECUATRAN S.A, cumpliendo normas de seguridad como son password.
- Utilizar un Field Point o PLC como interfaz entre los sensores y actuadores por razones de seguridad en caso de tener fallas en el sistema (software y/o computador).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SINGER, Ferdinand L.
“Resistencia de Materiales”, Tercera Edición.

2. SHIGLEY, Joseh H.
“Diseño de Ingeniería Mecánica”.

3. MARKS
“Manual del Ingeniero Mecánico”, 9° edición, Tomo 1 y 2, 1998.

4. MORÁN, Iván
“Introducción a los Sistemas Hidráulicos”, ESPOCH, Ingeniería Mecánica,
1996.

5. NIEBEL, Benjamín – FREIVALDS, Andris.
“Ingeniería Industrial Métodos, estándares y diseño del trabajo”, 10° Edición,
2002.

6. HODSON, William K.
“Manual del Ingeniero Industrial”, 4° edición, Tomo II, 1998.

7. MOTT, Robert L.

“Diseño de elementos de Máquinas”, 2º edición, 1992.

8. APPOLD, Hans – FEILER Kurt – REINHARD, Alfred – SCHMIDT, Paul.

“Tecnología de los metales para profesiones técnico – mecánicas”, GTZ, Editorial Reverté – Barcelona, 1984.

9. MALISHEV, A – NIKOLAIEV G – SHUVALOV, Yu.

“Tecnología de los metales”, 6º edición, Editorial Mir, 1983.

10. JÜTZ, Hermann – SCHARKUS, eduard – LOBERT, Rolf.

“Tablas para la industria metalúrgica”, 3º edición, GTZ, Editorial Reverté – Barcelona, 1984.

11. CASILLAS A.L.

“Máquinas cálculos de taller”, 36º edición, 1997.

12. Folleto, Seminario Oleohidráulica Básica.

URLS:

<http://www.cgpublicidad.com/eyserhidraulica/>

<http://www.monografias.com/trabajos13/actuadhi/actuadhi.shtml>

<http://www.monografias.com/trabajos13/estrcir/estrcir.shtml>

<http://www.monografias.com/trabajos13/genair/genair.shtml>

<http://www.monografias.com/trabajos13/geairdos/geairdos.shtml>

<http://www.monografias.com/trabajos13/valhid/valhid.shtml>

<http://www.monografias.com/trabajos13/genenerg/genenerg.shtml>

<http://www.monografias.com/trabajos13/intsishi/intsishi.shtml>

<http://www.monografias.com/trabajos13/estrcir/estrcir.shtml>

<http://www.monografias.com/trabajos13/unointn/unointn.shtml>.

<http://www.monografias.com/trabajos13/valvu/valvu.shtml>.

GLOSARIO

Acero al carbono.- Es el acero que debe principalmente sus propiedades distintivas al carbono que contiene.

Ductilidad.- Correspondiente a los metales que admiten deformaciones en frío sin llegar a romperse.

Electroválvula.- Válvula accionada por un electroimán, que regula un circuito hidráulico o neumático.

Inhibidor.- Sustancia capaz de eliminar o reducir la corrosión y la oxidación de un metal.

Norias.- Máquina compuesta (gralte) de dos grandes ruedas, una horizontal movida con una palanca a la que va sujeta una caballería, y otra vertical que engrana en la primera y que hace subir los cangilones.

Pistón – émbolo.- Pieza que se desliza por el interior de un cilindro con movimiento oscilatorio.

Rigidez.- Relación entre la carga soportada y la deformación producida en un elemento o un conjunto estructural.

Solenoides.- Bobina cilíndrica de hilo conductor arrollado de manera que la corriente eléctrica produzca un intenso campo magnético.

Tenacidad.- Es la resistencia que presenta un material a la rotura por tracción.

Válvula.- Mecanismo que regula el flujo de la comunicación entre dos partes de una máquina o sistema.

Vástago.- Barra que, unida al centro de una de las caras del émbolo, sirve para moverlo o transmitir el movimiento de éste a algún otro mecanismo.

Viscosidad.- Propiedad de los fluidos que caracteriza su resistencia a fluir, debida al rozamiento entre sus moléculas.

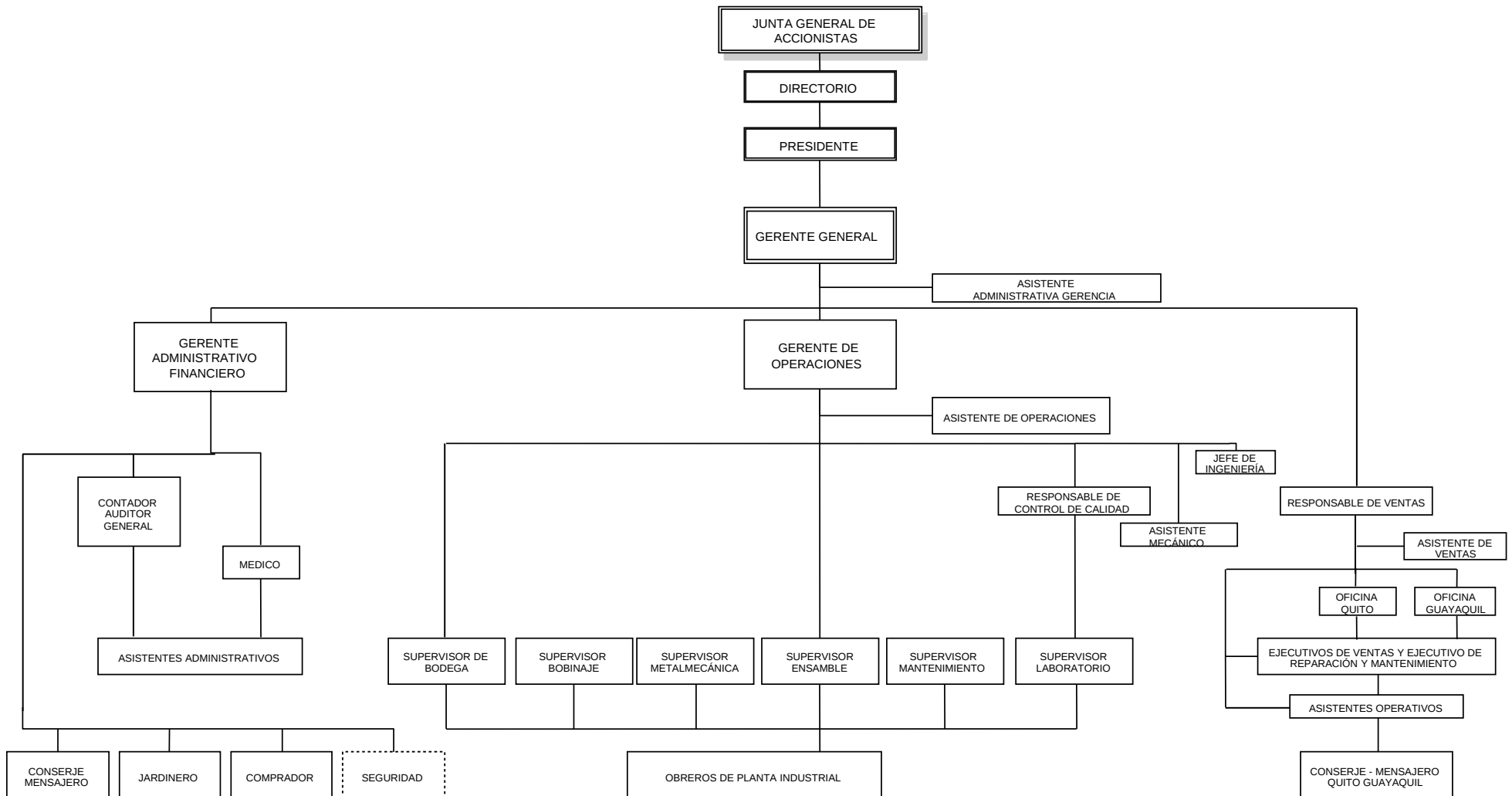
Vórtice.- Torbellino, remolino.

APÉNDICES

APÉNDICE A

ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA

ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL ECUATRAN S.A.



APÉNDICE B

PLANOS

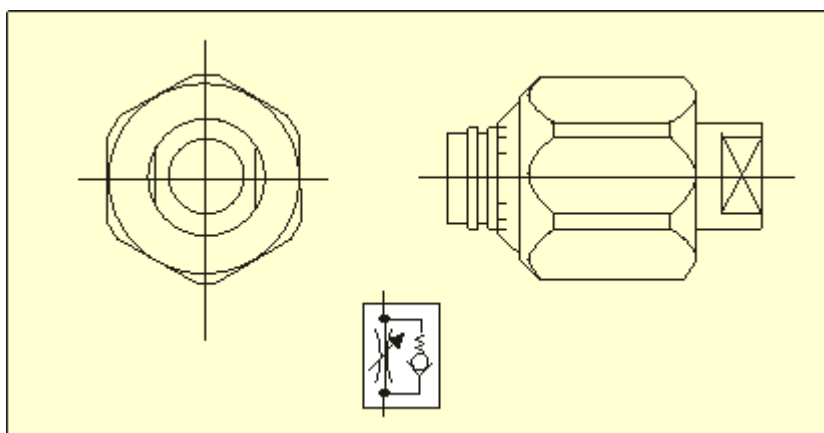
APÉNDICE C

DIMENSIONAMIENTO DE CILINDROS

ANEXOS

ANEXO 1

VÁLVULAS REGULADORAS DE CAUDAL



TAMAÑOS

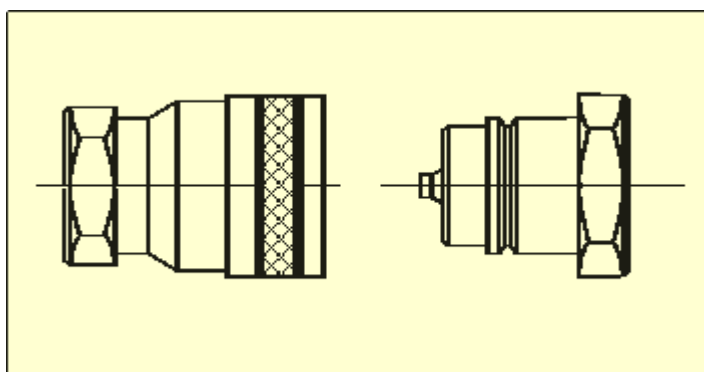
REFERENCIA	CAUDAL NOMINAL(lts/min)	ROSCA (BSP)
EG02RVR	20	1/4
EG03RVR	40	3/8
EG06RVR	100	3/4
EG10RVR	180	1 1/4

Los caudales indicados corresponden a una caída de presión de 4 Bar, en el sentido de flujo libre.



ANEXO 2

ACOPLES RÁPIDOS



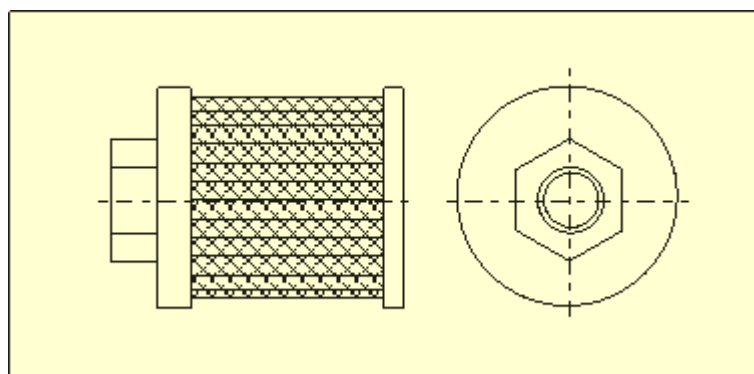
TAMAÑOS

REFERENCIA	CAUDAL NOMINAL (mm)	ROSCA (BSP)
ERC-04	20	1/4"
ERC-06	45	3/8"
ERC-08	60	1/2"
ERC-12	105	3/4"
ERC-16	120	1"



ANEXO 3

FILTROS DE SUCCIÓN



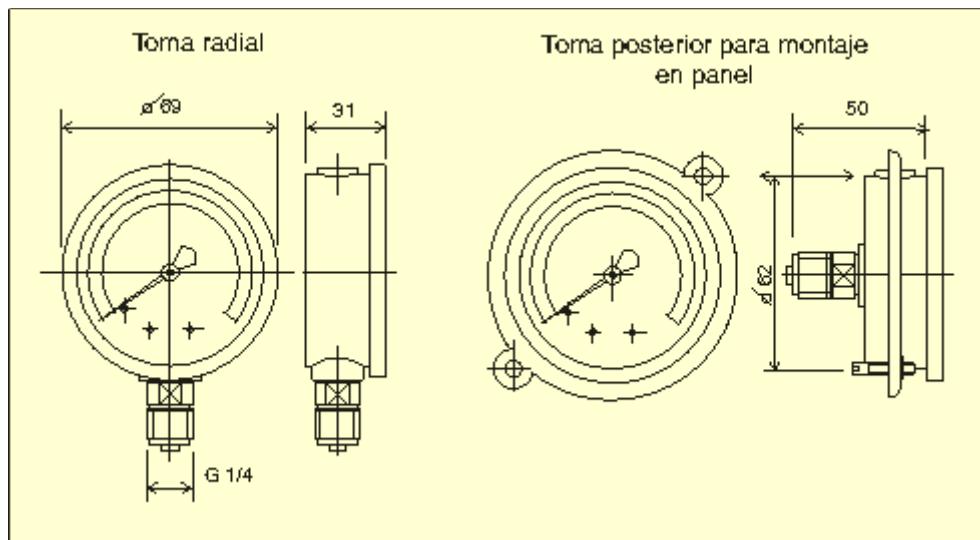
TAMAÑOS Los caudales indicados corresponden a una caída de presión de 0,04 Bar.

REFERENCIA	CAUDAL NOMINAL (lts/min)	ROSCA (BSP)
USE 1319	15	1/2"
USE 1320	25	3/4"
USE 1457	50	1"
USE 1458	80	1 1/4"
USE 1323	95	1 1/2"
USE 1324	130	1 1/2"
USE 1326	180	2"
USE 1221	500	3"



ANEXO 4

MANÓMETROS



ESCALAS

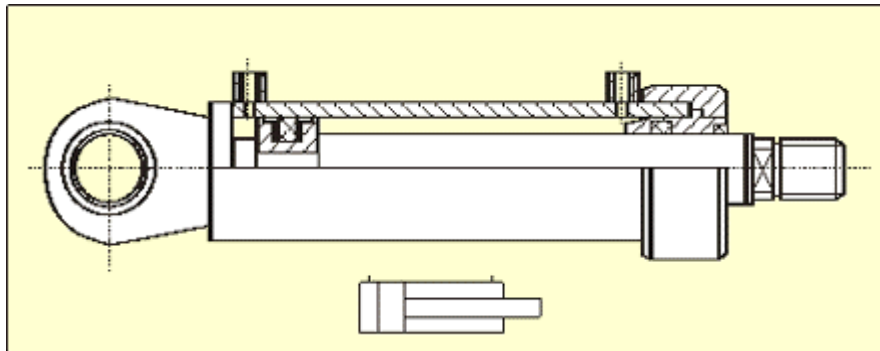
Las escalas disponibles en Bar son las siguientes:

0...6 - 0...10 - 0...16 - 0...25 - 0...60 - 0...100 - 0...160 - 0...250 - 0...315 - 0...400 - 0...600
- 0...1000.



ANEXO 5

CILINDROS HIDRÁULICOS



TAMAÑOS

Diámetro Pistón (mm)	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250
Diam. Vástago (mm)	16	22/28	28/36	36/45	45/56	56/70	70/90	90/110	110/140	140/180
Velocidad Máx. (m/s) Juntas tipo A			0.5			0.4			0.25	
Velocidad Máx. (m/s) Juntas tipo B				1					0.7	
Presión Nominal (BAR)						210				
Presión Prueba (BAR)						250				
Temperatura (°C)						-20°C a 80°C				



ANEXO 6

MANGUERA PARA HIDRÁULICA

SAE 100 R2A- 2 capas de malla de alambre. Esta manguera esta compuesta por un tubo de goma sintética, reforzado con malla de alambre de acero de alta resistencia, y todo ello recubierto por una capa de goma sintética que le da resistencia a la humedad, al aceite y al desgaste. La temperatura de utilización está comprendida entre -40°C y +125°C.

TAMAÑO	DIÁMETRO INTERIOR (mm)----(' ')		DIÁMETRO EXTERIOR (mm)	PRESION MAX DE TRABAJO (BAR)	PRESION MIN DE ROTURA (BAR)	PESO (KG/100m)
04	1/4	6.4	17.5	345	1379	45
06	3/8	9.5	21.4	276	1103	67
08	1/2	12.7	24.6	241	966	80
10	5/8	15.9	27.8	190	759	92
12	3/4	19.0	31.7	155	621	110
16	1	25.4	39.7	138	552	160
20	1 1/4	31.8	50.8	112	449	207
24	1 1/2	38.1	57.1	86	345	245
32	2	50.8	69.8	78	310	294

TAMAÑOS SAE 100 R1A - 1 capa de malla de alambre.

TAMAÑO	DIÁMETRO INTERIOR (mm)----(' ')		DIÁMETRO EXTERIOR (mm)	PRESION MAX DE TRABAJO (BAR)	PRESION MIN DE ROTURA (BAR)	PESO (KG/100m)
04	1/4	6.4	15.8	190	759	28
06	3/8	9.5	19.8	155	621	43
08	1/2	12.7	23.0	138	552	55
10	5/8	15.9	26.1	103	414	64
12	3/4	19.0	30.1	86	345	77
16	1	25.4	38.1	69	276	115
20	1 1/4	31.8	46.0	43	172	123
24	1 1/2	38.1	52.4	34	138	154

32 2 50.8 66.6 26 103 203

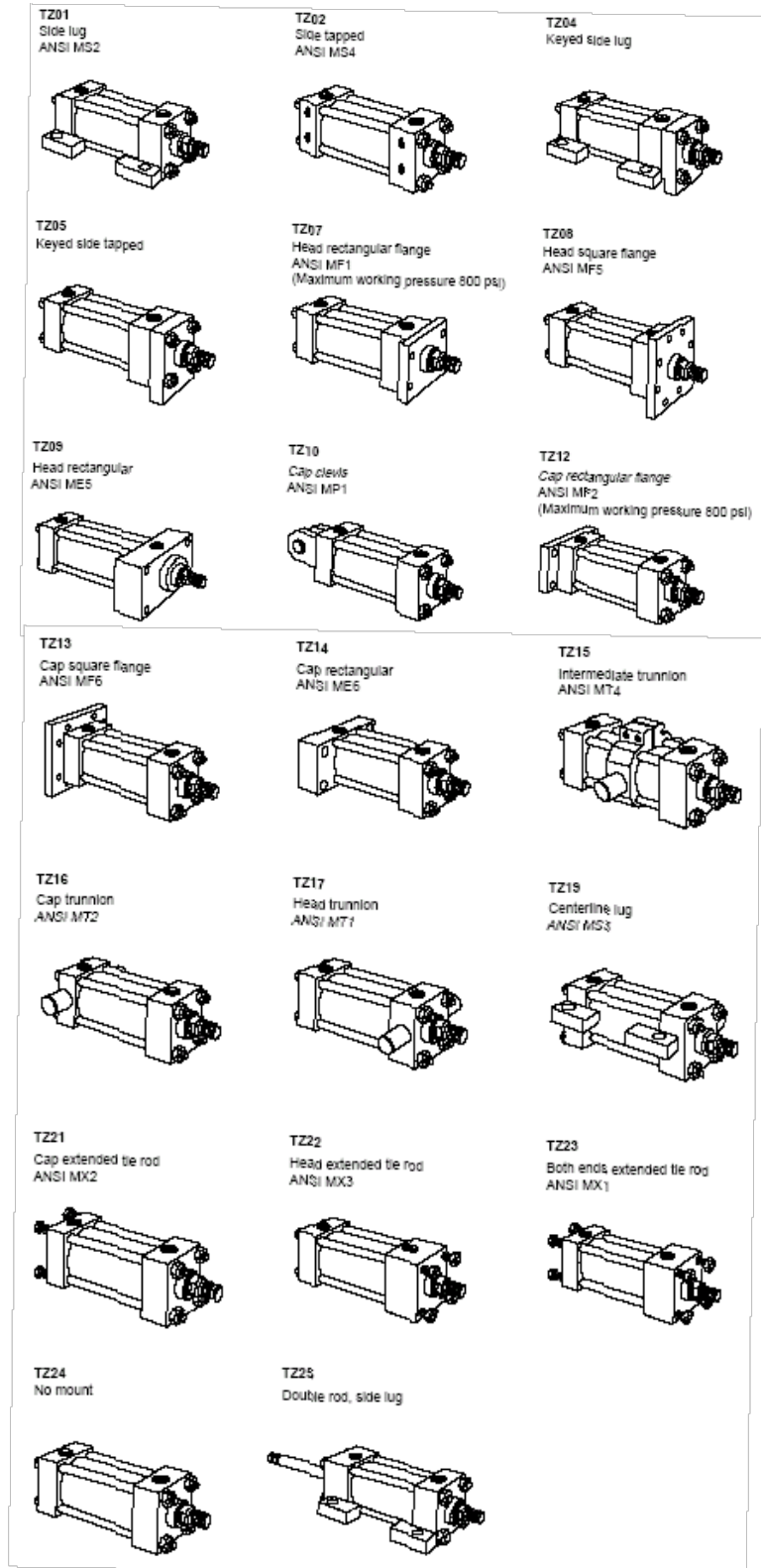
DIN 20023-4SP (R9R hasta 1" R10 el resto)

TAMAÑO	DIAMETRO INTERIOR (mm)----(')		DIÁMETRO EXTERIOR (mm)	PRESION MAX DE TRABAJO (BAR)	PRESION MIN DE ROTURA (BAR)	PESO (KG/100m)
04	1/4	6.4	17.9	450	1800	63
06	3/8	9.5	21.4	445	1780	78
08	1/2	12.7	24.6	415	1660	93
10	5/8	15.9	28.5	360	1440	113
12	3/4	19.0	32.0	350	1400	153
16	1	25.4	39.7	290	1160	206
20	1 1/4	31.8	50.8	210	840	329
24	1 1/2	38.1	57.2	185	740	378
32	2	50.8	70.6	172	689	547

4 capas de malla de alambre en espiral.

ANEXO 7

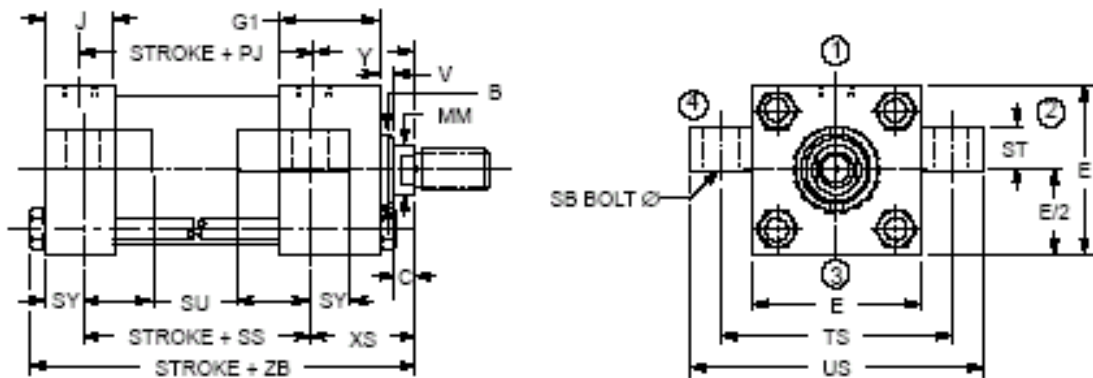
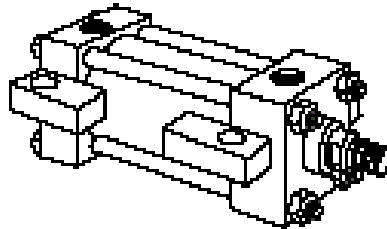
SISTEMAS DE MONTAJE DE UN CILINDRO



ANEXO 8

Cilindro Hidráulico

TZ19



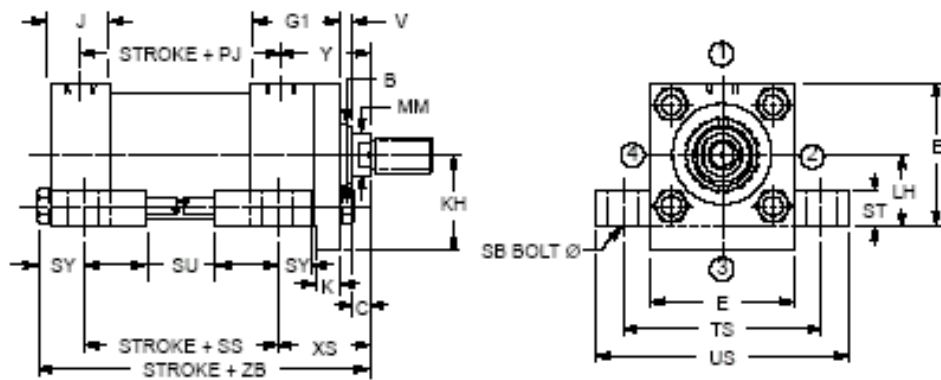
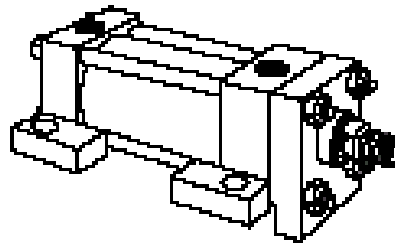
Bore	Rod MM	$\frac{Bore}{Rod}$ B	C	E	G1	J	V	Y	E/2	PJ+	SB	SB+	ST	SU	SY	TS	US	XS	Max ZB+
1½	.625	1.124	.38	2.50	2.23	1.48	.25	2.06	1.25	2.87	.38	3.88	.50	.91	.39	3.25	4.00	1.38	6.00
	1	1.499	.50	2.50	2.23	1.48	.50	2.44	1.25	2.87	.38	3.88	.50	.91	.39	3.25	4.00	1.75	6.38
2	1	1.499	.50	3.00	2.36	1.48	.25	2.39	1.50	2.91	.50	3.63	.75	1.24	.51	4.00	5.00	1.88	6.50
	1.375	1.999	.63	3.00	2.36	1.48	.38	2.64	1.50	2.91	.50	3.63	.75	1.24	.51	4.00	5.00	2.13	6.75
2½	1	1.499	.50	3.50	2.36	1.48	.25	2.30	1.75	3.15	.75	3.38	1.00	1.56	.68	4.88	6.25	2.06	6.63
	1.375	1.999	.63	3.50	2.36	1.48	.38	2.55	1.75	3.15	.75	3.38	1.00	1.56	.68	4.88	6.25	2.31	6.88
3¼	1.75	2.374	.75	4.50	2.73	1.73	.25	2.66	2.25	3.66	.75	4.13	1.00	1.55	.69	5.88	7.25	2.31	7.75
	2	2.624	.88	4.50	2.73	1.73	.38	3.03	2.25	3.66	.75	4.13	1.00	1.55	.69	5.88	7.25	2.69	8.13
4	1.75	2.374	.75	5.00	2.86	1.73	.25	2.88	2.50	3.98	1.00	4.00	1.25	2.00	.87	6.75	8.50	2.75	8.25
	2	2.624	.88	5.00	2.86	1.73	.38	2.98	2.50	3.98	1.00	4.00	1.25	2.00	.87	6.75	8.50	2.88	8.38
5	2.5	3.124	1.00	6.50	2.98	1.73	.25	3.06	3.25	4.64	1.00	4.50	1.25	2.00	.87	8.25	10.0	3.13	9.25
	3	3.749	1.00	6.50	2.98	1.73	.38	3.06	3.25	4.64	1.00	4.50	1.25	2.00	.87	8.25	10.0	3.13	9.25
6	3.5	4.249	1.00	7.50	3.23	2.23	.25	3.22	3.75	5.36	1.25	5.13	1.50	2.50	1.12	9.75	12.0	3.38	10.63
	4	4.749	1.00	7.50	3.23	2.23	.38	3.22	3.75	5.36	1.25	5.13	1.50	2.50	1.12	9.75	12.0	3.38	10.63
7	3	3.749	1.00	8.50	3.73	2.73	.25	3.60	4.25	5.83	1.50	5.75	1.75	2.88	1.37	11.25	14.0	3.63	11.88
	3.5	4.249	1.00	8.50	3.73	2.73	.38	3.60	4.25	5.83	1.50	5.75	1.75	2.88	1.37	11.25	14.0	3.63	11.88
8	4	4.749	1.00	9.63	4.23	2.98	.25	3.86	4.81	6.50	1.50	6.75	1.75	2.88	1.37	12.25	15.0	3.63	13.00
	4.5	5.249	1.00	9.63	4.23	2.98	.38	3.86	4.81	6.50	1.50	6.75	1.75	2.88	1.37	12.25	15.0	3.63	13.00

+ Plus stroke

ANEXO 9

Cilindro Hidráulico

TZ04



Bore	Rod MM	MM (IN)	B	C	E	G1	J	MM (IN)	K	V	Y	Max KH	MM (IN)	LH	PJ+	SB	SS+	ST	SU	SY	TS	US	XS	Max ZB+
1 1/2	.625	1.124	.38	2.50	2.23	1.48	.312	.25	2.06	1.44	1.25	2.87	.38	3.88	.50	.91	.39	3.25	4.00	1.38	6.00	6.38		
	1	1.499	.50	2.50	2.23	1.48	.312	.50	2.44	1.44	1.25	2.87	.38	3.88	.50	.91	.39	3.25	4.00	1.75				
2	1	1.499	.50	3.00	2.36	1.48	.562	.25	2.39	1.81	1.50	2.91	.50	3.63	.75	1.24	.51	4.00	5.00	1.88	6.50	6.75		
	1.375	1.999	.63	3.00	2.36	1.48	.562	.38	2.64	1.81	1.50	2.91	.50	3.63	.75	1.24	.51	4.00	5.00	2.13				
2 1/2	1	1.499	.50	3.50	2.36	1.48	.562	.25	2.30	2.06	1.75	3.15	.75	3.38	1.00	1.56	.68	4.88	6.25	2.06	6.63	6.88		
	1.375	1.999	.63	3.50	2.36	1.48	.562	.38	2.55	2.06	1.75	3.15	.75	3.38	1.00	1.56	.68	4.88	6.25	2.31	6.88	7.13		
3 1/4	1.375	1.999	.63	4.50	2.73	1.73	.687	.25	2.66	2.63	2.25	3.66	.75	4.13	1.00	1.55	.69	5.88	7.25	2.31	7.75	8.00		
	1.75	2.374	.75	4.50	2.73	1.73	.687	.38	2.91	2.63	2.25	3.66	.75	4.13	1.00	1.55	.69	5.88	7.25	2.56	8.00	8.13		
4	1.75	2.374	.75	5.00	2.86	1.73	.812	.25	2.85	2.94	2.50	3.98	1.0	4.00	1.25	2.00	.87	6.75	8.50	2.75	8.25	8.38		
	2	2.624	.88	5.00	2.86	1.73	.812	.38	2.98	2.94	2.50	3.98	1.0	4.00	1.25	2.00	.87	6.75	8.50	2.88	8.38	8.63		
5	2	2.624	.88	6.50	2.98	1.73	.812	.25	3.14	3.68	3.25	4.61	1.0	4.50	1.25	2.00	.87	8.25	10.0	2.88	9.00	9.25		
	2.5	3.124	1.0	6.50	2.98	1.73	.812	.38	3.39	3.68	3.25	4.61	1.0	4.50	1.25	2.00	.87	8.25	10.0	3.13	9.25	9.25		
6	3.5	4.249	1.0	7.50	3.23	2.23	.937	.25	3.50	4.25	3.75	4.88	1.3	5.13	1.50	2.50	1.12	9.75	12.0	3.38	10.63			
	3	3.749	1.0	7.50	3.23	2.23	.937	.38	3.61	4.25	3.75	4.88	1.3	5.13	1.50	2.50	1.12	9.75	12.0	3.38	10.63			
7	3.5	4.249	1.0	8.50	3.73	2.73	.937	.25	3.61	4.75	4.25	5.38	1.5	5.75	1.75	2.88	1.37	11.3	14.0	3.63	11.88			
	4	4.749	1.0	8.50	3.73	2.73	.937	.38	3.61	4.75	4.25	5.38	1.5	5.75	1.75	2.88	1.37	11.3	14.0	3.63	11.88			
8	3.5	4.249	1.0	9.63	4.23	2.98	.937	.25	3.86	5.25	4.75	6.50	1.5	6.75	1.75	2.88	1.37	12.3	15.0	3.63	13.00			
	4	4.749	1.0	9.63	4.23	2.98	.937	.38	3.86	5.25	4.75	6.50	1.5	6.75	1.75	2.88	1.37	12.3	15.0	3.63	13.00			

* Plus stroke

ANEXO 10

SELECCIÓN DEL TAMAÑO DEL CILINDRO



Bore ∅ (in)	Rod ∅ (in)	Work Area (in ²)	Maximum Force (lbf) At Working Pressure (psi)					
			500 (psi)	750 (psi)	1000 (psi)	1500 (psi)	2000 (psi)	3000 (psi)
1½	–	1.948	974	1481	1948	2922	3896	5843
	0.625	1.641	820	1231	1641	2481	3282	4923
	1	1.162	581	872	1162	1744	2325	3487
2	–	3.043	1522	2283	3043	4565	6087	9130
	1	2.258	1129	1694	2258	3387	4516	6774
	1.375	1.559	779	1169	1559	2338	3117	4678
2½	–	4.832	2416	3624	4832	7248	9663	14495
	1	4.046	2023	3035	4046	6070	8093	12139
	1.375	3.347	1673	2510	3347	5020	6694	10041
	1.75	2.426	1213	1820	2426	3640	4853	7279
3¼	–	7.791	3896	5843	7791	11687	15582	23373
	1.375	6.308	3153	4730	6308	9459	12613	18919
	1.75	5.388	2693	4039	5388	8079	10772	16158
	2	4.650	23325	3487	4650	6974	9299	13949
4	–	12.174	6087	9130	12174	18261	24347	36521
	1.75	9.768	4884	7328	9768	14653	19537	29305
	2	9.032	4516	6774	9032	13548	18064	27096
	2.5	7.285	3632	5449	7285	10897	14530	21795
5	–	19.021	9511	14266	19021	28532	38043	57064
	2	15.880	7940	11910	15880	23820	31760	47839
	2.5	14.113	7056	10584	14113	21169	28225	42338
	3	11.953	5976	8965	11953	17929	23906	35858
	3.5	9.400	4700	7050	9400	14100	18801	28201
6	–	28.274	14137	21206	28274	42412	56549	84823
	2.5	23.366	11683	17524	23366	35048	46731	70097
	3	21.206	10603	15904	21206	31809	42412	63617
	3.5	18.653	9327	13990	18653	27980	37306	55960
	4	15.708	7854	11781	15708	23562	31416	47124
7	–	38.485	19242	28863	38485	57727	76969	115454
	3	31.416	15708	23562	31416	47124	62832	94248
	3.5	28.863	14432	21648	28863	43295	57727	86590
	4	25.918	12959	19439	25918	38877	51836	77754
	4.5	22.580	11280	16935	22580	33870	45160	67741
	5	18.850	9425	14137	18850	28274	37699	56549
8	–	48.695	24347	36521	48695	73042	97390	146084
	3.5	39.074	19537	29305	39074	58610	78147	117221
	4	36.128	18064	27096	36128	54193	72257	108385
	4.5	32.790	16395	24593	32790	49188	65581	98371
	5	29.080	14530	21795	29080	43560	58120	87179
	5.5	24.938	12468	18702	24938	37405	49873	74809

ANEXO 11

**PROPIEDADES MECÁNICAS DE ALGUNOS
ACEROS PARA CONSTRUCCIÓN**

ANEXO 12