

308417

**UNIVERSIDAD PANAMERICANA**



**ESCUELA DE INGENIERIA**

CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**DISEÑO DE UN DISTRIBUIDOR HIDRAULICO  
PARA APLICACION INDUSTRIAL**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
AREA: INGENIERIA ELECTROMECHANICA

P R E S E N T A :

**JULIO CESAR LOPEZ BELTRAN**

DIRECTOR: ING. ALFREDO GONZALEZ RUIZ

MEXICO, D. F.

1996 **7**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A mis padres porque me dieron  
la vida y porque nunca perdieron  
la confianza en mí.

A mis tíos por toda la ayuda  
que me han brindado siempre.

Al ingeniero Oscar Cervantes, por  
su apoyo y su guía en la elaboración  
de esta tesis.

A mis hermanos y amigos por  
tan buenos momentos que viví con ellos.

Al papas, por darme la oportunidad  
de entrar en la Universidad Panamericana.

Al ingeniero Alfredo González, por  
su ayuda en la presentación de esta tesis.

A todas aquellas personas que con  
su apoyo hicieron posible este trabajo.

## ÍNDICE

### Introducción

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Capítulo I. Bases teóricas de la hidráulica</b>               | <b>1</b>  |
| A. Hidráulica  | 2         |
| B. Funciones de un equipo hidráulico                             | 3         |
| 1. Hidráulica estacionaria                                       | 4         |
| 2. Hidráulica móvil  | 5         |
| C. Componentes de un sistema hidráulico                          | 5         |
| 1. Unidad de abastecimiento de energía                           | 5         |
| 2. Fluido de trabajo   | 6         |
| 3. Distribuidor  | 6         |
| 4. Válvulas  | 7         |
| 5. Cilindros   | 7         |
| a. Cilindros de simple efecto                                    | 8         |
| b. Cilindro de doble efecto                                      | 8         |
| 6. Motores   | 9         |
| D. Simbología  | 9         |
| E. Clasificación de un equipo hidráulico                         | 13        |
| 1. Unidad de control de señales                                  | 13        |
| 2. Unidad de abastecimiento y control de la energía              | 14        |
| 3. Esquemas  | 15        |
| <b>Capítulo II. Conocimientos fundamentales de la hidráulica</b> | <b>16</b> |
| A. Bases físicas de la hidráulica                                | 17        |
| 1. Presión   | 17        |
| 2. Multiplicación de fuerzas, distancias y presiones             | 18        |
| 3. Caudal volumétrico  | 19        |

|   |    |
|---|----|
| 4. Ecuación de continuidad                      | 20 |
| 5. Tipos de caudal                              | 20 |
| 6. Energía y potencia                           | 21 |
| 7. Cavitación                                   | 22 |
| B. Fluidos hidráulicos                          | 22 |
| 1. Funciones                                    | 23 |
| 2. Aceites hidráulicos                          | 23 |
| 3. Líquidos difícilmente inflamables            | 24 |
| 4. Características de los fluidos hidráulicos   | 25 |
| 5. Viscosidad                                   | 25 |
| C. Válvulas                                     | 27 |
| 1. Válvulas limitadoras de presión              | 29 |
| 2. Válvulas reguladoras de presión              | 31 |
| 3. Válvulas de vías                             | 33 |
| a. Válvula de 2/2 vías                          | 34 |
| b. Válvula de 3/2 vías                          | 35 |
| c. Válvula de 4/2 vías                          | 36 |
| d. Válvula de 4/3 vías                          | 36 |
| 4. Válvulas de cierre                           | 37 |
| a. Válvula de antirretorno                      | 38 |
| b. Válvula antirretorno desbloqueable           | 39 |
| c. Válvula de antirretorno doble, desbloqueable | 40 |
| 5. Válvulas reguladoras de caudal               | 41 |
| a. Válvulas de estrangulamiento y diafragma     | 41 |
| b. Válvulas de estrangulamiento y antirretorno  | 42 |
| D. Accesorios                                   | 44 |
| 1. Tubos flexibles                              | 44 |
| 2. Tubos rígidos                                | 45 |
| 3. Válvulas de purga de aire                    | 45 |
| 4. Manómetros                                   | 45 |
| 5. Sensores de presión                          | 46 |

|  |           |
|--|-----------|
| 6. Medidores de flujo                          | 47        |
| <b>Capítulo III. Distribuidor hidráulico</b>   | <b>48</b> |
| A. Planteamiento y justificación del problema  | 51        |
| B. Requerimientos del diseño                   | 52        |
| C. Esquema hidráulico                          | 52        |
| D. Errores del distribuidor anterior           | 56        |
| 1. Diseño                                      | 56        |
| 2. Consecuencias                               | 57        |
| <b>Capítulo IV. Diseño</b>                     | <b>59</b> |
| A. Consideraciones básicas                     | 60        |
| B. Criterios de selección del material         | 61        |
| C. Limitaciones en el diseño                   | 62        |
| D. Cálculos                                    | 63        |
| E. Análisis de caídas de presión en el sistema | 68        |
| F. Planos de diseño del distribuidor           | 71        |
| G. Secuencia de maquinado                      | 84        |
| <b>Conclusiones</b>                            | <b>86</b> |
| <b>Anexos</b>                                  | <b>89</b> |
| <b>Bibliografía</b>                            | <b>99</b> |

## INTRODUCCIÓN



## INTRODUCCIÓN

"Los sueños son lo que la realidad te niega  
esfuerzo, fe y voluntad los hacen realidad"

Handy

En los últimos años, el número de industrias que se dedican a la elaboración de materias termoplásticas, mediante el proceso de inyección ha crecido enormemente dado que en la actualidad es uno de los campos con mayor aplicación y ofrece amplias posibilidades de racionalización desde el punto de vista de producción económica.

Las principales ventajas del procedimiento de inyección residen en el ahorro del material, espacio de fabricación y tiempo de producción.

Pese a los costes de instalaciones, moldes y producción, el proceso ofrece considerables ventajas económicas, ya a partir de series superiores a mil piezas.

Las máquinas de inyección deben cumplir con algunos requisitos de mantenimiento tanto preventivo como correctivo, reemplazando las partes ya gastadas por nuevas. El problema se presenta cuando las máquinas son extranjeras o muy antiguas por lo que es difícil conseguir las refacciones,

dado que en muchos casos ya no existen en el mercado y es cuando se requiere hacer un diseño a la medida.

La presente tesis tiene como propósito, el diseño de un distribuidor hidráulico para una máquina de inyección de plásticos. Un distribuidor hidráulico permite evitar la utilización de la gran cantidad de tuberías, que se emplean normalmente en los sistemas hidráulicos, mejorando al mismo tiempo el rendimiento del conjunto, puesto que reducen el frotamiento viscoso. Se diseñará seleccionando un material adecuado que resista las presiones y temperaturas requeridas por el sistema, tomando en cuenta el peso del material y su maquinabilidad.

Se propone el diseño de un bloque de distribución hidráulica, que permita en su interior la existencia de barrenos adecuados para que las válvulas puedan distribuir el flujo de aceite eficientemente y sin pérdidas.

El diseño del bloque actual varía del distribuidor original, ya que tal distribuidor llevaba integradas las válvulas haciéndolo una sola pieza, mientras que en el diseño propuesto el bloque de distribución es independiente del conjunto de válvulas y no forman una sola pieza, esto facilita que las válvulas puedan desmontarse para fines de mantenimiento o sustitución con dificultades mínimas.

El diseño del distribuidor hidráulico surge de la necesidad de sustituir tales elementos en algunas máquinas de la empresa de calzado de plástico sandak, con el fin de mejorar el diseño anterior y de optimizar costos, en refacciones, mano de obra y paros de producción.

**CAPÍTULO I**  
**BASES TEÓRICAS DE LA HIDRÁULICA**

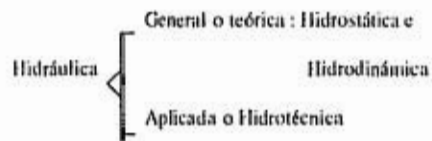
## CAPÍTULO I. BASES TEÓRICAS DE LA HIDRÁULICA

### A. HIDRÁULICA

El significado etimológico de la palabra hidráulica es "conducción de agua", del griego: *Hydro*, agua; y *aulos*, tubo, conducción.

Actualmente se le atribuye a la palabra hidráulica un significado mucho más amplio: significa la creación de fuerzas y movimientos mediante fluidos sometidos a presión. Los fluidos sometidos a presión son el medio para la transmisión de la energía.

Pascal estableció, además, que la presión ejercida sobre la superficie de un líquido en equilibrio se transmite uniformemente a todos los puntos de su masa.



La hidráulica siempre constituyó un campo fértil para las investigaciones y análisis matemáticos, llegando a dar lugar a estudios teóricos que frecuentemente se alejaban de los resultados

experimentales, lo que contribuyó para que la hidráulica sea también denominada como: "ciencia de los coeficientes".

Las investigaciones de Reynolds, Venturi, los trabajos de Rayleigh y los experimentos de Froude constituyeron la base científica para el progreso de la hidráulica.

## **B. FUNCIONES DE UN EQUIPO HIDRÁULICO**

La gran importancia que asume la hidráulica en la automatización, se ve reflejada en la gran cantidad de campos de aplicación.

Sus aplicaciones se clasifican en:

- Aplicaciones estacionarias
- Aplicaciones móviles

Existen otras tecnologías capaces de generar fuerzas, movimientos y señales en los sistemas de control, tales como:

- Mecánica
- Electricidad
- Neumática

Cada una de estas tecnologías tiene sus campos de aplicación idóneos, por lo que a continuación se mostrarán las siguientes ventajas y desventajas de la hidráulica:

### **Ventajas:**

- Capacidad de carga muy alta
- Elevado rendimiento

- Transmisión de fuerza considerable, sobre todo con elementos pequeños
- Movimientos independientes de la carga
- Condiciones térmicas favorables
- Fácil regulación de velocidad
- Buena rigidez

**Desventajas:**

- Grado de eficiencia limitado
- Contaminación
- Sensible a las oscilaciones de la temperatura
- Los costes de la energía consumida son altos
- Peligro debido a las altas presiones

## **I. HIDRÁULICA ESTACIONARIA**

Son fijas y no se producen desplazamientos, se usan generalmente electroválvulas, y tiene un gran campo de aplicación como:

- Máquinas herramientas
- Vías de transporte
- Prensas
- Máquinas de inyección
- Laminadores

## 2. HIDRÁULICA MÓVIL

Se producen movimientos, mediante ruedas o cadenas, y generalmente el tipo de accionamiento es manual.

Sus campos de aplicación son:

- Máquinas para la agricultura, para construcción.
- Sistemas de elevación y transporte
- Palas mecánicas
- Excavadoras, volquetes

## C. COMPONENTES DE UN SISTEMA HIDRÁULICO

Los componentes de un sistema hidráulico, son las partes de todo el sistema que se encargan del buen funcionamiento de la máquina, ya que cada componente es importante para que el equipo esté en óptimas condiciones.

### 1. UNIDAD DE ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA

Aquí se verán los componentes que generan la energía hidráulica necesaria mediante transformación de la energía mecánica del motor.

La bomba hidráulica es el componente principal de la unidad de abastecimiento de energía. Se encarga de aspirar el fluido hidráulico del depósito y lo transporta hacia los conductos del sistema hidráulico superando las resistencias existentes en él. La presión solamente se genera cuando una resistencia se opone al flujo del fluido.

La unidad de abastecimiento de energía incluye frecuentemente un sistema de purificación del fluido sometido a presión. En el sistema hidráulico se producen impurezas debido a desgastes mecánicos, al calentamiento y envejecimiento del aceite y a influencias ambientales. Los filtros en el circuito del aceite sirven para eliminar las partículas de suciedad. El agua y los gases son también factores de interferencia, por lo que deben adoptarse medidas especiales para eliminarlos.

Adicionalmente se instalan sistemas de calefacción y de refrigeración con el fin de preparar el aceite. La sofisticación de estos sistemas depende de las funciones que debe cumplir el sistema hidráulico en cuestión.

El depósito también es utilizado para preparar el aceite mediante:

- Filtración y purga de gases mediante incorporación de placa de separación
- Refrigeración mediante las superficies del depósito

## **2. FLUIDO DE TRABAJO**

La función primaria de un fluido en un sistema hidráulico es la de actuar como elemento de transmisión de energía entre dos unidades individuales de un equipo (cilindros o motores). Existen diversos fluidos con propiedades muy variadas. En consecuencia, la elección deberá hacerse en función de la aplicación concreta en cada caso. Las condiciones que debe cumplir el medio depende de las funciones que debe cumplir el sistema hidráulico. Frecuentemente se utilizan medios de presión a base de aceites minerales que son denominados aceites hidráulicos.

## **3. DISTRIBUIDOR**

Es uno de los componentes importantes del sistema, ya que éste tiene por función captar el flujo de aceite que manda la bomba y lo distribuye mediante el previo paso por las válvulas. El



distribuidor es una pieza compacta de un material resistente a temperaturas elevadas y al desgaste, por lo general las válvulas están integradas en el bloque de distribución, su ventaja es que ocupa menos espacio y tiene menos pérdidas, sus desventajas es que pesa mucho y es muy compleja. Existe otro tipo de distribuidores que se basan primordialmente en una placa que contiene las válvulas, y la captación y distribución del fluido de trabajo lo hacen por medio de tuberías, la ventaja de este tipo de distribuidor es que se puede cambiar cualquier tubería dañada, y su desventaja es que ocupa mucho espacio y tiene pérdidas mayores.

#### 4. VÁLVULAS

Las válvulas son, después de las bombas y motores, los componentes más importantes de los circuitos hidráulicos; tienen la finalidad de determinar las características del flujo de energía controlando o regulando su dirección, la presión, el caudal y, por ende, la velocidad del flujo.

Según sus funciones, las válvulas se clasifican en cuatro tipos diferentes:

- Válvulas de vías
- Válvulas reguladoras de presión
- Válvulas reguladoras de caudal
- Válvulas de cierre

#### 5. CILINDROS

Los cilindros son elementos de trabajo que transforman energía hidráulica en energía mecánica. Producen movimientos rectilíneos como consecuencia de la presión ejercida sobre la superficie del émbolo móvil. Al seleccionar un cilindro se deberá tener en cuenta que a partir de una

velocidad del émbolo de 6 m/min es necesario prever una amortiguación. Los cilindros se clasifican en:

- Cilindros de simple efecto
- Cilindros de doble efecto

#### a. CILINDROS DE SIMPLE EFECTO

La presión del aceite provoca el movimiento en un solo sentido, lo que significa que también el movimiento de trabajo tiene un sólo sentido. El émbolo retrocede por efecto de su propio peso, por efecto de una fuerza externa o por acción de un muelle. Estas fuerzas tienen que superar la fricción dentro del cilindro en las tuberías y válvulas, y tienen que desplazar el fluido hacia el conducto de retorno. Los cilindros de simple efecto se aplican en elevadores hidráulicos, gatos, elevar, sujetar herramientas y plataformas de tijeras, el montaje de estos cilindros puede ser vertical u horizontal.

#### b. CILINDROS DE DOBLE EFECTO

La presión del aceite actúa alternativamente en ambos sentidos, lo que significa que los movimientos de trabajo actúan también en ambos sentidos.

Al avanzar el cilindro deberá tenerse en cuenta que el aceite ubicado en el lado del émbolo necesariamente tiene que descargar por los tubos hacia el depósito. Durante el retroceso del cilindro, el aceite fluye hacia la cámara del lado del vástago. El cilindro retrocede, con lo que el aceite es desplazado de la cámara del lado del émbolo. Estos cilindros se aplican en máquinas herramientas, sistemas móviles, aviación, navíos, sistemas de transporte y elevación.



## 6. MOTORES

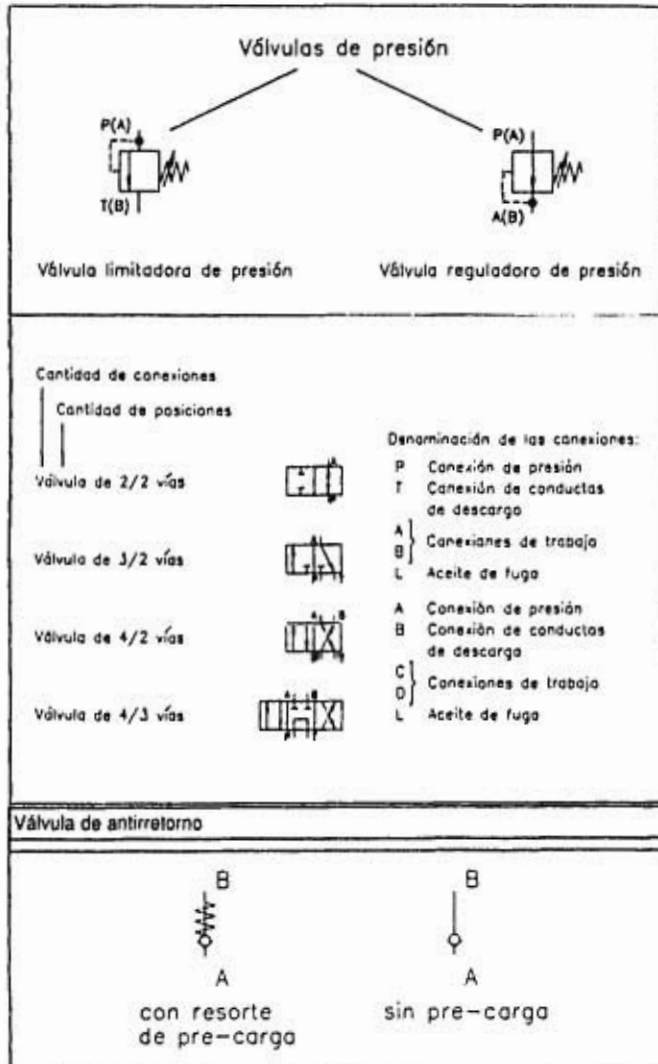
Los motores hidráulicos, también llamados hidro-motores, al igual que los cilindros, son elementos de accionamiento controlados por válvulas. Los motores también transforman la energía hidráulica en energía mecánica, aunque con la diferencia que producen movimientos giratorios o basculantes.

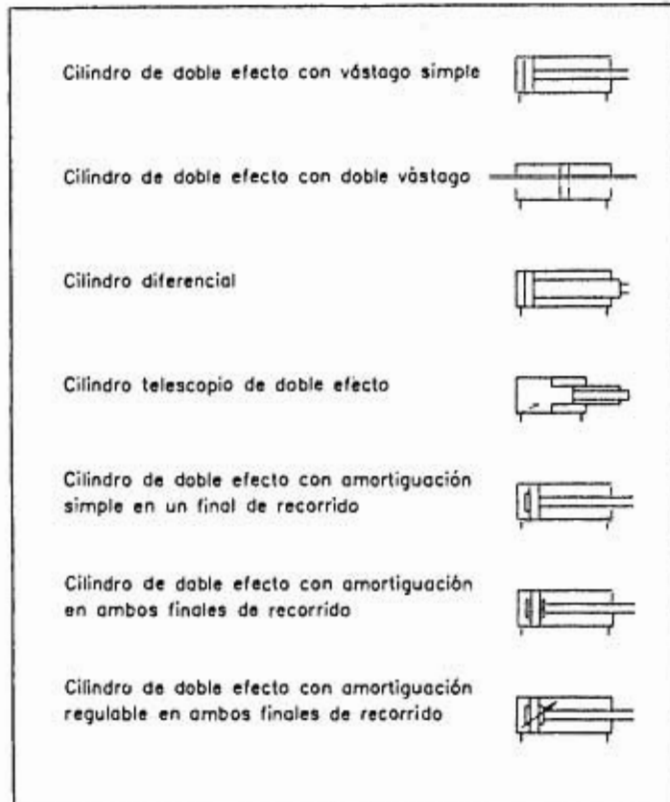
Para los motores hidráulicos no se aplica el término de volumen desplazado, más bien el de volumen absorbido, tienen básicamente las mismas características constructivas que las bombas hidráulicas. Se clasifican de la siguiente forma:

- Motores de accionamiento constante: volumen de absorción constante.
- Motores regulables: Volumen de absorción regulable.

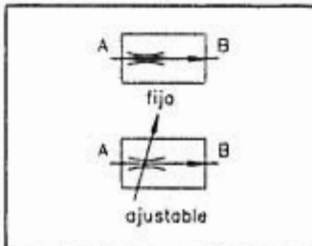
## D. SIMBOLOGÍA

|                      |   |
|----------------------|---|
| - Manómetro          |  |
| - Termómetro         |  |
| - Medidor de caudal  |  |
| - Indicador de nivel |  |

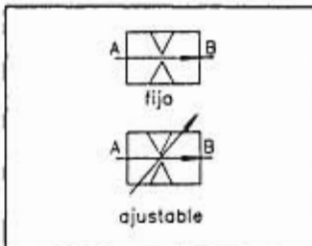


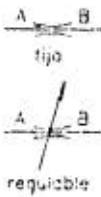
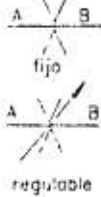
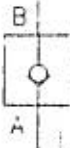

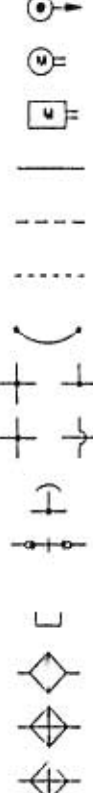


Válvula 2 vías reguladora de caudal con elemento de estrangulación



Válvula 2 vías reguladora de caudal con diafragma



| Elemento de estrangulación  | Diafragma  |
|---|--|
|  <p>fijo</p> <p>regulable</p>  |  <p>fijo</p> <p>regulable</p> |
| Válvula antirretorno desbloqueable  | Válvula de cierre  |
|    |                               |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fuente de presión hidráulica</li> <li>- Motor eléctrico</li> <li>- Motor térmico</li> <li>- Conductos de presión de trabajo y de descarga</li> <li>- Conducto de mando</li> <li>- Conducto de purga o fuga</li> <li>- Conducto flexible</li> <li>- Conexiones de tubos</li> <li>- Cruces de conductos</li> <li>- Evacuación de aire</li> <li>- Acoplamiento rápido, en combinación con válvulas de antirretorno de apertura mecánica</li> <li>- Depósito</li> <li>- Filtro</li> <li>- Refrigerador</li> <li>- Calefacción</li> </ul> |                              |

## E. CLASIFICACIÓN DE UN EQUIPO HIDRÁULICO

Un equipo hidráulico puede clasificarse en las siguientes partes constructivas.

- Unidad de control de señales
- Unidad de abastecimiento y control de la energía
- Esquemas

### 1. UNIDAD DE CONTROL DE SEÑALES

La unidad de control de señales se subdivide en la entrada de señales (técnica de los sensores) y en la elaboración de señales (técnica de los procesadores).

Formas de entrada de señales.

- Manual
- Mecánica
- Sin contacto

Medios para la elaboración de señales:

- Ser humano
- Electrotecnia
- Electrónica
- Neumática
- Mecánica
- Hidráulica

## 2. UNIDAD DE ABASTECIMIENTO Y CONTROL DE LA ENERGÍA

La parte encargada del trabajo de un sistema hidráulica puede clasificarse en una unidad abastecedora de energía, una unidad de control de energía y en una unidad de trabajo (técnica de los actuadores).

La unidad de abastecimiento de energía se subdivide por su parte en las funciones de transformación de la energía y de preparación del medio de presión. En esta parte del sistema hidráulico se produce la energía necesaria y se prepara el fluido sometido a presión.

Para transformar la energía (energía eléctrica en energía mecánica y, posteriormente, en energía hidráulica) se utilizan los siguientes elementos:

- Motor eléctrico
- Motor de combustión
- Acoplamientos
- Bomba
- Manómetro
- Sistemas de seguridad

La preparación del fluido de presión está a cargo de los siguientes elementos:

- Filtro
- Sistema de refrigeración
- Calefacción
- Termómetro
- Manómetro
- Depósito
- Indicador de nivel



La energía avanza a través de la unidad de control de energía según la función de control respectiva y llega hasta la unidad de trabajo. Esta función está a cargo de los siguientes elementos.

- Válvulas de vías
- Válvulas reguladoras de caudal
- Válvulas reguladoras de presión
- Válvulas de cierre

La unidad de trabajo del sistema hidráulico es aquella que ejecuta diversos movimientos operativos de una máquina. La energía contenida en el fluido sometido a presión es aprovechada para la ejecución de los movimientos o para la generación de fuerzas. Para ello se utilizan los siguientes elementos:

- Cilindros
- Motores hidráulicos
- Prensas

### 3. ESQUEMAS

El esquema refleja la composición de un sistema hidráulico, indica mediante símbolos cómo están conectados cada uno de los elementos entre sí. En el esquema no se toma en cuenta la distribución física de los elementos, puesto que de lo contrario sería demasiado complicado.

El esquema hidráulico describe la estructura funcional de un sistema hidráulico. Los elementos del sistema deben incluir en el esquema según la dirección de la propagación de la energía:

- Parte inferior: unidad de abastecimiento de energía
- Parte intermedia: unidad de control de la energía
- Parte superior: unidad de trabajo

## **CAPÍTULO II**

### **CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE LA HIDRÁULICA**

## CAPÍTULO II. CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE LA HIDRÁULICA

### A. BASES FÍSICAS DE LA HIDRÁULICA

#### I. PRESIÓN

La hidráulica industrial nace en el siglo XVII con Pascal, que formula su famoso principio:

“La presión en un punto de un fluido en reposo es igual en todas las direcciones”

Las propiedades de la presión las podemos enunciar como:

- La presión que se ejerce sobre un líquido en reposo en un punto es transmitida por él a todos los puntos sin disminución.
- La presión en todos los puntos situados en un mismo plano horizontal de un líquido en reposo es idéntica.

La presión hidrostática es la presión que surge en un líquido por efecto de la masa líquida y su altura, y está expresado en pascal o bar.

$$p = h \cdot \rho$$

$p_i$  = Presión hidrostática [pa]

$h$  = Altura de la columna del líquido [m]

$\rho$  = Densidad del líquido [Kg / m<sup>3</sup>]

$g$  = Aceleración de la gravedad [m / s<sup>2</sup>]

La presión hidrostática, o simplemente la presión, es independiente de la forma del recipiente y sólo depende de la altura y la densidad de la columna del líquido.

Todo cuerpo ejerce una determinada presión  $p$  sobre la superficie en la que se apoya. La magnitud de la presión depende de la fuerza del peso  $F$  del cuerpo y de la superficie  $A$  en la que actúa dicha fuerza.

$$p = F / A$$

$p$  = Presión [pa]

$F$  = Fuerza [N]

$A$  = Superficie [m<sup>2</sup>]

## 2. MULTIPLICACIÓN DE FUERZAS, DISTANCIAS Y PRESIONES

La presión es la misma en cualquier punto de un sistema cerrado, independientemente de la forma del recipiente<sup>1</sup>. Por lo que:

$$p_1 = F_1 / A_1 \quad \text{y} \quad p_2 = F_2 / A_2$$

Suponemos que el sistema se encuentra en equilibrio por lo tanto tenemos:

<sup>1</sup> Cfr. MERKLE, D. *Hidráulica*. MÉXICO. Fests Didactic KG. 1992. p. 143

$$P_1 = P_2$$

Se obtiene la siguiente ecuación:

$$F_1 / A_1 = F_2 / A_2$$

En cuanto a la multiplicación de distancias nos guiaremos mediante el volumen desplazado necesario que se calcula de la siguiente manera:

$$V_1 = d_1 \cdot A_1 \quad \text{y} \quad V_2 = d_2 \cdot A_2$$

tratándose del mismo volumen desplazado ( $V_1 = V_2$ ), se obtiene la siguiente ecuación:

$$d_1 \cdot A_1 = d_2 \cdot A_2$$

Esta ecuación nos dice que  $d_1$  es mucho mayor que  $d_2$  cuando  $A_1 < A_2$

La multiplicación de presiones se da cuando la superficie  $A_2$  es menor que la superficie  $A_1$ . Se plantean las siguientes ecuaciones:

$$F_1 = p_1 \cdot A_1 \quad \text{y} \quad F_2 = p_2 \cdot A_2$$

siendo iguales las fuerzas ( $F_1 = F_2$ ), se obtiene la ecuación:

$$p_1 \cdot A_1 = p_2 \cdot A_2$$

donde la presión  $p_2$  aumenta (se multiplica) dado que  $A_2 < A_1$ .

### 3. CAUDAL VOLUMÉTRICO

Caudal  $Q$  es el volumen de fluido por unidad de tiempo que pasa a través de una sección transversal a la corriente<sup>2</sup>:

<sup>2</sup> Cfr. MATAIX, Claudio. *Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas*. MÉXICO, De. Harla. 1982. p. 92

Ecuación de dimensiones:  $[Q] = [L]^3 [T]^{-1}$

Unidad.  $1Q = 1 \text{ m}^3 / \text{seg.}$  SI

#### 4. ECUACIÓN DE CONTINUIDAD

Sólo en fluido incompresible el caudal volumétrico que atraviesa una sección transversal cualquiera de un filamento de corriente es constante; pero en todo fluido tanto compresible como incompresible el caudal másico es constante.

$$Q = A \cdot v$$

$Q =$  Caudal volumétrico  $[\text{m}^3 / \text{s}]$

$A =$  Área de una sección transversal del tubo  $[\text{m}^2]$

$v =$  Velocidad media normal a la sección considerada  $[\text{m} / \text{s}]$

#### 5. TIPOS DE CAUDAL

Puede ser laminar o turbulento. Si el caudal es laminar, el líquido fluye en el tubo en capas cilíndricas y ordenadas. Las capas interiores fluyen a velocidades mayores que las capas exteriores. A partir de determinada velocidad del fluido, las partículas del fluido ya no avanzan en capas ordenadas ya que las partículas que fluyen en el centro del tubo se desvían lateralmente, con lo que se provoca una perturbación e inhibición recíproca de las partículas formándose remolinos. El caudal se vuelve turbulento y pierde energía.

El coeficiente de Reynolds (Re) permite calcular el tipo de caudal que fluye en un tubo liso.

$$Re = v \cdot d / \nu$$

$v$  = Velocidad del flujo del líquido [m/s]

$d$  = Diámetro del tubo [m]

$\nu$  = Viscosidad cinemática [m<sup>2</sup>/s]

La forma de interpretar el valor  $Re$  calculado con esta fórmula es la siguiente<sup>1</sup>:

$Re < 2300$  laminar

$Re > 2300$  turbulento

La razón es que a moderados números de Reynolds se produce un cambio profundo y complicado en el comportamiento de los flujos. El movimiento deja de ser suave (laminar) y se convierte en fluctuante y agitado (turbulento). Este proceso de cambio se denomina transición hacia la turbulencia.

## 6. ENERGÍA Y POTENCIA

La energía total de un líquido que fluye, siempre es constante a menos que se agregue o se consuma energía externamente por efecto de trabajo. La energía total es la suma de todas las energías parciales:

Esláticas: energía potencial y energía de presión

Dinámicas: energía cinética y energía térmica

La potencia la definimos como el trabajo o cambio de energía por unidad de tiempo. En sistemas hidráulicos se diferencia entre potencia mecánica y potencia hidráulica. La potencia mecánica es transformada en potencia hidráulica, la cual es transportada y controlada y luego es nuevamente transformada en potencia mecánica.

La potencia hidráulica viene determinada por la presión y el caudal volumétrico:

<sup>1</sup> Cf. WHITE, Frank. *Mecánica de Fluidos*. MÉXICO, De. Mc Graw Hill, 1992, p. 337

$$P = p \cdot Q$$

P = Potencia [W]

p = Presión [Pa]

Q = Caudal volumétrico [m<sup>3</sup>/s]

## 7. CAVITACIÓN

La cavitación es la eliminación de pequeñísimas partículas en las superficies de los materiales. En los elementos hidráulicos (bombas y válvulas), la cavitación se produce en los perfiles agudos de los elementos de mando. Esta destrucción del material se debe a picos locales de presión y a rápidos y fuertes aumentos de temperatura.

**Picos de presión.** En el lugar en el que aumenta el diámetro se desprenden pequeñas partículas de la pared, provocando una fatiga del material y, posiblemente, su destrucción. Este proceso de cavitación es acompañado por ruidos considerables.

**Combustión espontánea de la mezcla de aceite y aire.** Al romperse las burbujas, el aceite las invade instantáneamente. Debido a la elevada presión implicada en este proceso y por la consecuente compresión del aire, surgen temperaturas muy altas. De esta manera puede producirse una combustión espontánea de la mezcla de aceite y aire en las burbujas.

## II. FLUIDOS HIDRÁULICOS

El líquido utilizado en un sistema hidráulico tiene que cumplir con ciertos requisitos adicionales, por lo que los líquidos elaborados en base a aceites minerales, son los que prácticamente



cumplen con todas las condiciones, pero tratándose de sistemas hidráulicos utilizados en zonas de mayor peligro de incendio es necesario utilizar líquidos difícilmente inflamables. Un incendio se puede provocar si un fluido de aceite mineral escapa por una rotura de conducto y entra en contacto con partes metálicas muy calientes.

### 1. FUNCIONES

- Transmitir la presión
- Proteger contra la corrosión
- Eliminar partículas abrasivas
- Lubricar partes móviles
- Refrigerar
- Amortiguar vibraciones

### 2. ACEITES HIDRÁULICOS

Se clasifican en tres tipos según DIN 51524 y 51525 <sup>1</sup>.

**Aceite hidráulico HL.-** Se caracteriza por su protección anticorrosiva y aumento de la resistencia al envejecimiento. Su aplicación está en equipos de considerables esfuerzos térmicos o en los que es posible la corrosión por entradas de agua.

**Aceite hidráulico HLP.-** Mayor resistencia al desgaste. Su aplicación es igual a la de los aceites HL y para equipos en los que por su estructura o modo de operación hay más fricciones.

<sup>1</sup> Norma DIN 51524/525 "Fluidos hidráulicos: aceites hidráulicos H-LP"

**Aceite hidráulico HV.-** Tiene la ventaja de que su viscosidad es menos afectada por la temperatura. Su aplicación es la misma que los aceites HLP y en equipos sometidos a oscilaciones considerables de la temperatura o que trabajan en temperaturas ambiente bajas.

El número que le sigue a cada una de las denominaciones anteriores, nos indica el coeficiente de viscosidad según DIN 51517 <sup>5</sup>

### 3. LÍQUIDOS DIFÍCILMENTE INFLAMABLES

Son líquidos sintéticos, cuya estructura química impide la inflamación de sus gases. Se clasifican en acuosos y anhidricos.

**HFA.-** Se compone de emulsiones de aceite y agua y contiene de un 80 a 98% de agua.

**HFB.-** Se compone de emulsiones de aceite y agua y contiene un 40% de agua.

**HFC.-** Se compone de soluciones acuosas y contiene de 35 a 55% de agua.

**HFD.-** Se compone de líquidos anhidricos y contiene de 0 a 0.1% de agua.

Ahora se podrá observar algunas ventajas y desventajas de los líquidos difícilmente inflamables:

#### **Ventajas:**

- Menor elasticidad del fluido
- En líquidos HFC varía menos la viscosidad si oscilan las temperaturas
- Los líquidos HFD se parecen a los aceites hidráulicos, siempre y cuando se disponga de los respectivos sistemas de calentamiento y refrigeración

#### **Desventajas:**

- Mayor densidad

---

<sup>5</sup> Norma DIN 51517 "Clasificación de viscosidades según ISO"

- Menor compresibilidad
- Segregación deficiente de aire
- Limitadas temperaturas de trabajo
- Son más caros que los aceites hidráulicos

#### 4. CARACTERÍSTICAS DE LOS FLUIDOS HIDRÁULICOS

Para que los aceites hidráulicos cumplan con los requisitos, es necesario que cuenten con las siguientes propiedades:

- Baja densidad
- Poca compresibilidad
- Buena viscosidad (en función de la temperatura y la presión)
- Resistencia al envejecimiento

Aparte de las propiedades, los aceites hidráulicos tienen que cumplir con las siguientes condiciones:

- Segregar aire
- No formar espuma
- Resistencia al frío
- Protección contra el desgaste y la corrosión
- Capacidad de segregación de agua

#### 5. VISCOSIDAD

A la viscosidad la podemos definir como un parámetro que indica qué tan fácilmente fluye un líquido "capacidad de flujo", la que nos informa sobre las fricciones internas de un fluido, es decir

sobre la resistencia que tiene que ser superada para que dos capas contiguas del fluido puedan desplazarse.

La viscosidad cinemática se puede determinar mediante 2 métodos normalizados:

DIN 51562: Viscosímetro de Ubbelohde

DIN 51561: Viscosímetro de Vogel-Ossag

Existen dos límites de viscosidad:

**Viscosidad baja.**- Tiene mucha fluidez y provoca fugas, la película lubricante se rompe fácilmente disminuyendo la protección contra el desgaste.

Sin embargo es mejor usar un aceite con baja viscosidad, ya que por su menor fricción se pierde menos presión y potencia.

**Viscosidad elevada.**- Causa más fricción y provoca pérdidas de presión, mayor calentamiento en las zonas de estrangulamiento. Dificulta el arranque en frío y la segregación de agua, por lo que se presenta desgaste por abrasión.

El límite inferior de viscosidad anda por los  $10 \text{ mm}^2/\text{s}$ , mientras que el límite superior está en  $750 \text{ mm}^2/\text{s}$ , y como era de esperarse existe un margen de viscosidad ideal que está en el intervalo de 15 a  $100 \text{ mm}^2/\text{s}$ .

Hay que tener en cuenta que las características de la viscosidad de los fluidos están en función de la temperatura, que son expresadas mediante el índice de viscosidad. Cuanto mayor es el índice de viscosidad de un aceite hidráulico, tanto menos varía su viscosidad.

Los aceites que cuentan con un alto índice de viscosidad son también denominados aceites multigrado. Utilizados en los casos en que se trabaja con temperaturas muy variadas. También se presentan dos tipos de aceites con bajo índice de viscosidad.

**Aceites de verano.**-Son más viscosos para evitar que con el calor se vuelvan demasiado fluidos y se rompa la película lubricante.

**Aceites de invierno.**-Son menos viscosos para evitar que con el frío se vuelvan demasiado consistentes y dificulten un arranque en frío.

En la figura 2.1 se muestra un diagrama de la viscosidad cinemática contra la presión.

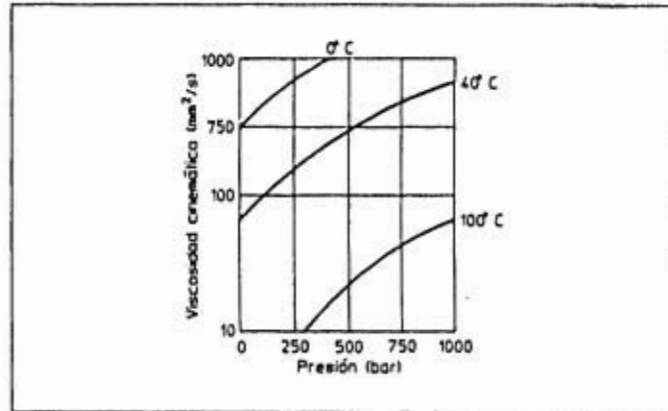


Figura 2.1 Diagrama viscosidad/presión

### C. VÁLVULAS

Las válvulas son unidades de control de la energía, controlan o regulan la presión y el caudal volumétrico, toda válvula se considera una resistencia. Las válvulas cuentan con dimensiones nominales que son determinadas por los siguientes parámetros: tamaño nominal (NG), presión nominal (ND), caudal nominal (Qn), caudal máximo (Qmax), régimen de viscosidad y régimen de temperaturas del fluido.

La fuerza de accionamiento de las válvulas está determinada por la presión y la superficie, algunas están provistas de una cámara de compensación de presión para evitar una fuerza demasiado grande. En la mayoría de los casos es poco común recurrir a válvulas con compensación de presiones, por lo que es necesario ejercer fuerzas de conmutación considerables, usando sistemas de demultiplicación por palanca o de servopilotaje.

Los perfiles de mando de una válvula están bañados en aceite, por lo que se produce un drenaje de las partículas de suciedad, si una partícula se deposita en el asiento de la válvula, ésta no puede cerrar del todo, quedando libre una ranura y produciéndose una cavitación.

Las válvulas se clasifican de acuerdo a los siguientes criterios:

Funciones:

- Válvulas limitadoras y reguladoras de presión
- Válvulas de vías
- Válvulas de cierre
- Válvulas reguladoras de caudal

Tipo constructivo:

- Válvulas de asiento
- Válvulas de corredera

Forma de accionamiento:

- Eléctrico
- Neumático
- Hidráulico

## I. VÁLVULAS LIMITADORAS DE PRESIÓN

Estas válvulas tienen la función de controlar y regular la presión en un sistema hidráulico y en circuitos parciales.

Las válvulas limitadoras de presión permiten ajustar y limitar la presión en un sistema hidráulico.

El funcionamiento de las válvulas limitadoras de presión es muy sencillo y se basa en el siguiente principio: la presión de entrada ( $p$ ) actúa sobre la superficie del elemento de cierre de la válvula y genera la fuerza  $F = p1 \cdot A1$  (Fig. 2.2).

Si la fuerza de la presión de entrada es superior a la fuerza del muelle, la válvula empieza a abrir y una parte del caudal fluye hacia el depósito. Si la presión sigue subiendo, la válvula continúa abriendo hasta que la totalidad del caudal de transporte fluye hacia el depósito.

Las válvulas limitadoras de presión son utilizadas como:

**Válvulas de seguridad.**- Sirve para proteger al sistema de sobrecargas o para reducir la fuerza o el par ejercido por un cilindro o por un motor rotativo.

**Válvulas de contrapresión.**- Actúan contra la inercia de las masas oponiéndoles una carga.

**Válvula de freno.**- Evitan picos de presión que pueden surgir a causa de fuerzas de inercia de masas cuando cierra repentinamente la válvula de vías.

**Válvulas secuenciales.**- Cuentan con compensación de presión y si la carga sobre la conexión del depósito no repercute sobre su característica de apertura.

**Válvulas de desconexión.**- Desvían una parte del circuito hidráulico hacia el tanque cuando la presión rebasa el valor ajustado en ellas.

**Válvulas de compensación.**- Mantiene la presión de un circuito hidráulico a un nivel constante.

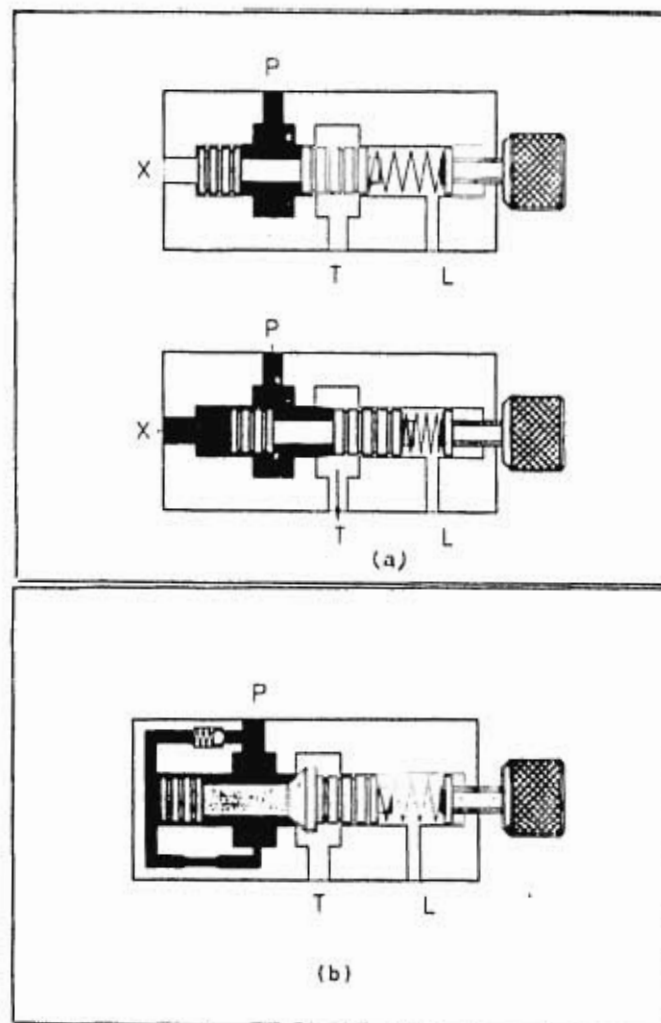


Figura 2.2 Válvula limitadora de presión.  
 (a) De control interno.  
 (b) De control externo.



## 2. VÁLVULAS REGULADORAS DE PRESIÓN

Tienen por objeto limitar la presión en una rama de un circuito a un valor inferior a la presión de trabajo del circuito principal. Estas válvulas cumplen debidamente con su función si el sistema hidráulico respectivo trabaja con diversas presiones.

Estas válvulas en su posición normal se encuentran generalmente abiertas. La fuerza respectiva actúa sobre un muelle. Si la fuerza sobre el émbolo es mayor que la fuerza ajustada en el muelle, empieza a cerrar la válvula puesto que la corredera de la válvula se desplaza en contra del muelle hasta que vuelva a establecerse un equilibrio de fuerzas. De esta manera se reduce el tamaño de la rama de estrangulamiento, con lo que disminuye la presión.

Existen válvulas de 2 y 3 vías reguladoras de presión; la de dos vías es utilizada por ejemplo cuando se necesita una presión constante y baja en un circuito hidráulico secundario en un sistema de sujeción. Al acoplarse con una válvula limitadora de presión se permite diversos ajustes:

- Ajuste de la VLP con valor superior al de la válvula reguladora de presión
- Ajuste de la VLP con valor igual al de la válvula reguladora de presión
- Ajuste de la VLP con valor inferior al de la válvula reguladora de presión.

La válvula de tres vías, es idéntica a la de dos vías, sin embargo la válvula de tres vías provoca un desplazamiento adicional del émbolo al aumentar la presión en la salida por encima del valor ajustado.

En la figura 2.3 se puede observar una válvula de 2 vías, reguladora de presión.

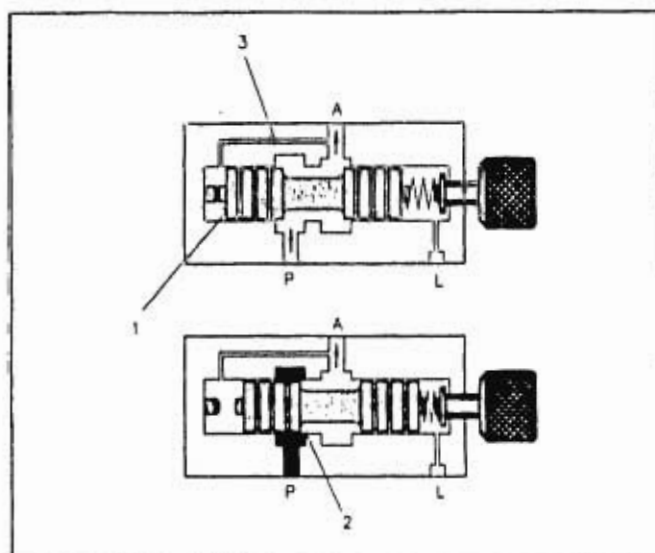


Figura 2.3 Válvula de 2 vías  
reguladora de presión

### 3. VÁLVULAS DE VÍAS

Las válvulas de vías son elementos constructivos, que abren o cierran los pasos del flujo en sistemas hidráulicos. Controlan la dirección del movimiento y la parada de los elementos de trabajo.

Para la representación gráfica se aplican los siguientes criterios:

- Cada posición es representada por un cuadrado
- Las direcciones y los pasos del flujo se representan mediante flechas
- Las conexiones bloqueadas son representadas por líneas transversales
- Las conexiones son representadas por líneas ubicadas en la posición de conmutación
- Las conexiones para el aceite de fuga son representadas por líneas interrumpidas
- Las posiciones de conmutación son caracterizadas cada una por separado.

En la figura 2.4 se muestran varias posiciones de conmutación de las válvulas de vías.

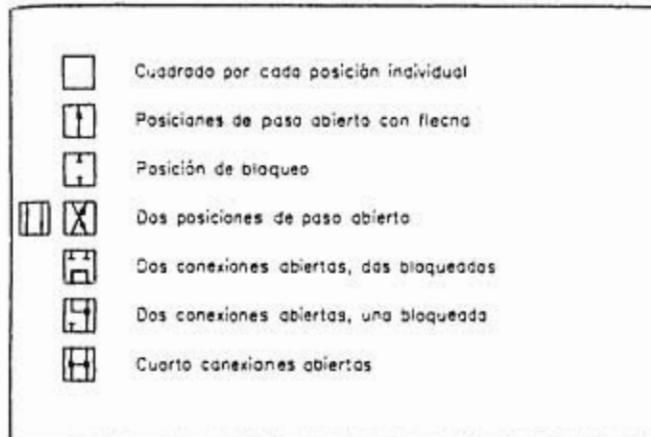


Figura 2.4 Posiciones de conmutación

Las válvulas de vías se pueden clasificar de acuerdo a la cantidad de conexiones y de posiciones:

- Válvulas de 2/2 vías
- Válvulas de 3/2 vías
- Válvulas de 4/2 vías
- Válvulas de 5/2 vías
- Válvulas de 4/3 vías

#### u. VÁLVULA DE 2/2 VÍAS

Esta válvula está provista de una conexión de trabajo (A) y de una de presión (P), como nos muestra la figura 2.5, permite un control del caudal volumétrico cerrando o abriendo el paso. La válvula consta de dos posiciones:

Posición normal.- El paso de P hacia A se encuentra bloqueado.

Posición conmutada.- Cuando el paso de P hacia A se encuentra abierto.

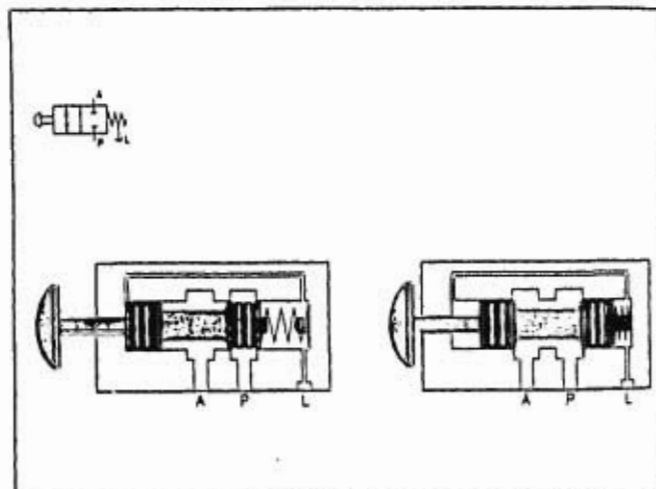


Figura 2.5 Válvula de 2/2 vías

Dentro de las aplicaciones de ésta válvula tenemos:

- Accionamiento de cilindros de simple efecto
- Derivación, por ejemplo para avance rápido y circuito de bomba sin presión
- Accionamiento y desconexión de diversas válvulas reguladoras de caudal y de presión
- Accionamiento de un motor en una sola dirección

### b. VÁLVULA DE 3/2 VÍAS

Esta válvula está provista de una conexión de trabajo (A), una de presión (P), una para el depósito (T) y consta de las siguientes posiciones (Fig. 2.6):

Posición normal.- La conexión P se encuentra bloqueada mientras que la conexión de A hacia T se encuentra abierta.

Posición conmutada.- La salida T se encuentra bloqueada y hay paso abierto de P hacia A.

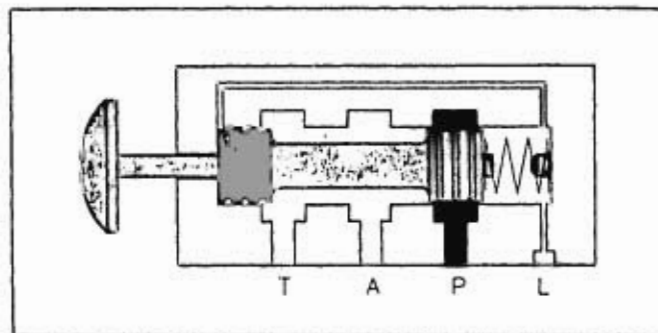


Figura 2.6 Válvula de 3/2 vías

### e. VÁLVULA DE 4/2 VÍAS

La válvula 4/2 vías está provista de dos conexiones de trabajo (A,B), de una presión (P) y de una conexión para el depósito (Fig. 2.7).

Posición Normal: paso abierto de P hacia B y de A hacia T

Posición conmutada: paso de P hacia A y de B hacia T

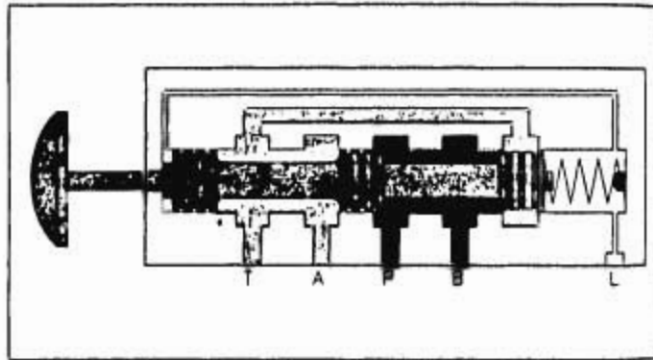


Figura 2.7 Válvula de 4/2 vías

### d. VÁLVULA DE 4/3 VÍAS

Las válvulas 4/3 vías tienen una estructura sencilla si son válvulas de corredera; si son válvulas de asiento, su estructura es complicada. Una válvula de 4/3 vías puede estar compuesta, por ejemplo, de cuatro válvulas de 2 vías.

Para accionar varias cadenas de mando, pueden utilizarse varias válvulas de 4/3 vías con posición intermedia bloqueada (Fig. 2.8). Entre las posibles aplicaciones de estas válvulas, se encuentra fundamentalmente el accionamiento de cilindros de doble efecto o de motores (parada, giro hacia la derecha o hacia la izquierda).

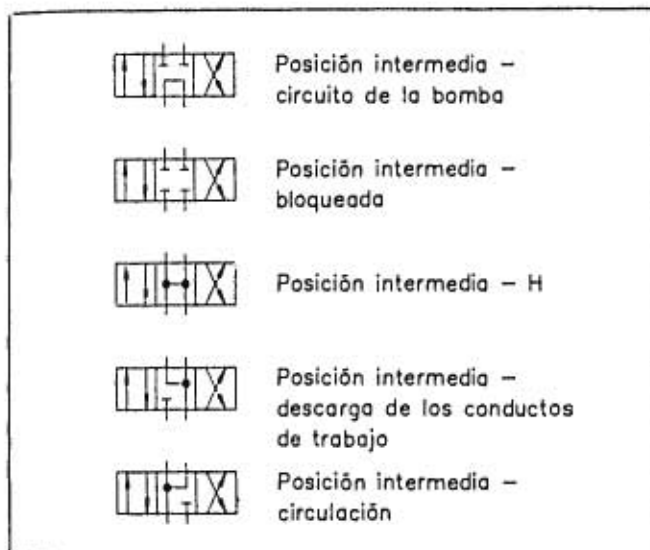


Figura 2.8 Posiciones de la válvula 4/3 vías

#### 4. VÁLVULAS DE CIERRE

Las válvulas de cierre tienen la función de bloquear el caudal en un sentido y permiten el flujo en sentido contrario, este bloque es completamente hermético y sin fugas, por lo que estas válvulas siempre son de asiento. La válvula de cierre consta de un elemento de cierre, por lo general una bola o un cono que es presionado sobre una superficie de cierre correspondiente. La válvula puede abrir el paso para el caudal, separando el elemento de cierre de su asiento.

Las válvulas de cierre se clasifican en:

- Válvulas de antirretorno
- Válvulas de antirretorno bloqueables y desbloqueables

## ii. VÁLVULA DE ANTIRRETORNO

El funcionamiento de esta válvula es como sigue: actúa una presión ( $P_1$ ) sobre el cono, como se ve en la figura 2.9, éste se separa del asiento y abre el paso si la válvula no tiene muelle. La presión  $P_1$  tiene que ser mayor que  $P_2$ . Por lo tanto la válvula abre si:

$$P_1 > P_2 + PF$$

La presión que ejerce el muelle es:

$$PF = F_{\text{muelle}} / A_{\text{cono}}$$

Dentro de las aplicaciones de la válvula antirretorno tenemos:

- Protección de la bomba
- Accionamiento de la válvula reguladora de caudal sólo en una dirección
- Desviación de filtros obstruidos por suciedad
- Válvula de aspiración de una masa giratoria
- Regulador de caudal

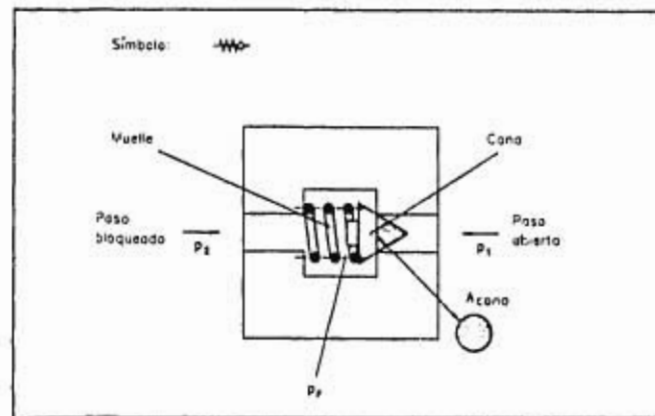


Figura 2.9 Válvula de antirretorno



### b. VÁLVULA ANTIRRETORNO DESBLOQUEABLE

Permiten abrir el paso cerrado separando el cono de su asiento. Si el caudal volumétrico ha de fluir de B hacia A, deberá separarse el cono de la válvula de su asiento por acción del émbolo desbloqueador. Este recibe presión de la conexión X, para que este bloqueo sea seguro (Fig. 2.10). Es indispensable que la superficie activa del émbolo de desbloqueo sea mayor a la superficie activa del elemento de cierre.

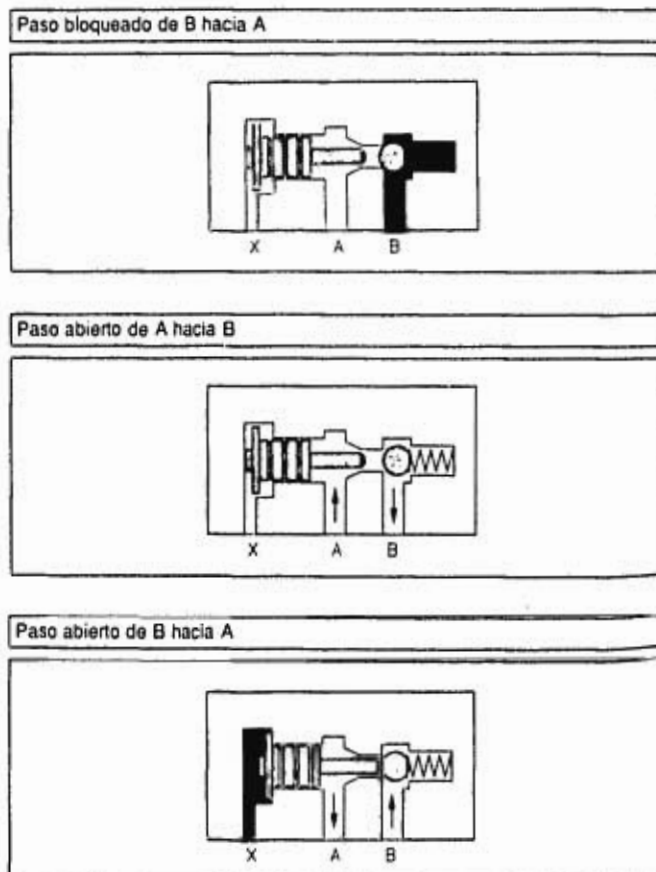


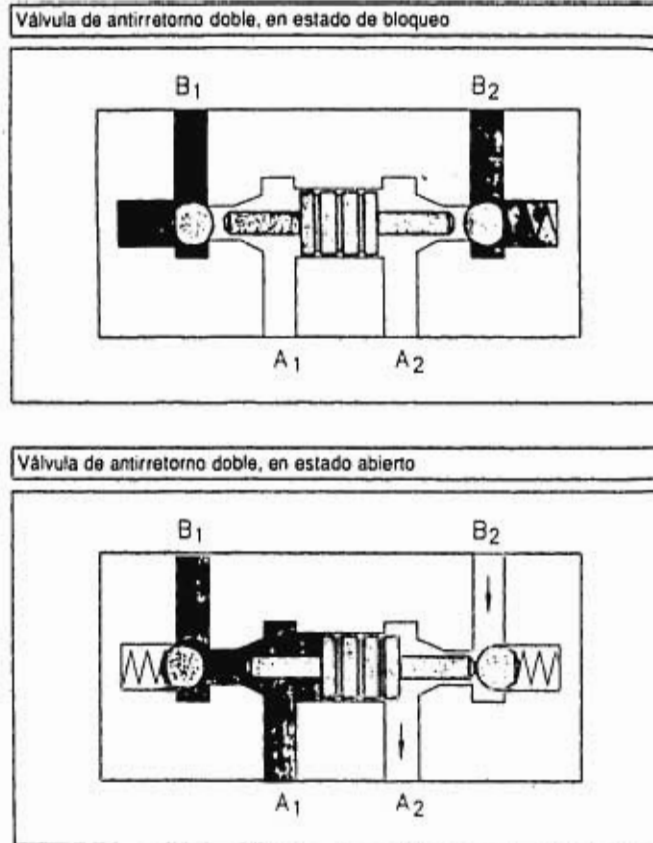
Figura 2.10 Válvula antirretorno desbloqueable

### e. VÁLVULA DE ANTIRRETORNO BOBLE, DESBLOQUEABLE

Esta válvula permite posicionar correctamente una carga mediante un cilindro, incluso habiendo una fuga interna. No es posible efectuar un posicionamiento correcto con una válvula de antirretorno doble y desbloqueable si el cilindro es colgante o si tiene un vástago continuo.

La válvula de antirretorno doble y desbloqueable funciona de la siguiente manera (Fig. 2.11): Los pasos de A1 hacia B1 y de A2 hacia B2 están abiertos. Los pasos de B1 hacia A1 y de B2 hacia A2 están bloqueados.

Si el aceite fluye de A1 hacia B2, el émbolo de mando se desplaza hacia la derecha, con lo que se separa el cono de la válvula de su asiento. De este modo se abre el paso de B2 hacia A2.



## 5. VÁLVULAS REGULADORAS DE CAUDAL

Las válvulas reguladoras de caudal tienen la finalidad de disminuir la velocidad de un cilindro o las revoluciones de un motor. Ambas magnitudes dependen del caudal volumétrico, por lo que éste tiene que ser disminuido. No obstante, las bombas de funcionamiento constante producen un flujo también constante.

Una reducción de la sección en la válvula reguladora de caudal provoca un aumento de la presión delante de dicha válvula. Esta presión abre la válvula limitadora de presión, con lo que se produce una bifurcación del caudal, la que, por su parte, tiene como consecuencia que hacia el elemento de trabajo fluya la cantidad necesaria para reducir sus revoluciones o su velocidad, mientras que el excedente del caudal pasa con la presión máxima a través de la válvula limitadora de presión, con lo que se desaprovecha mucha energía.

### a. VÁLVULAS DE ESTRANGULAMIENTO Y VÁLVULAS DE DIAFRAGMA

Las válvulas de estrangulamiento y las de diafragma ofrecen resistencia al flujo. Dicha resistencia es determinada por la sección de la válvula, por su forma geométrica y por la viscosidad del fluido. Cuando éste atraviesa la válvula se produce una fricción y un aumento de la velocidad, por lo que disminuye la presión. Para obtener una resistencia determinada en el diafragma, es necesario que el caudal se vuelva turbulento aumentando la velocidad del flujo. De este modo, la resistencia del diafragma depende de la turbulencia y es independiente de la viscosidad.

En la figura 2.12 se muestra un esquema de la división de las válvulas de control y regulación de caudal.

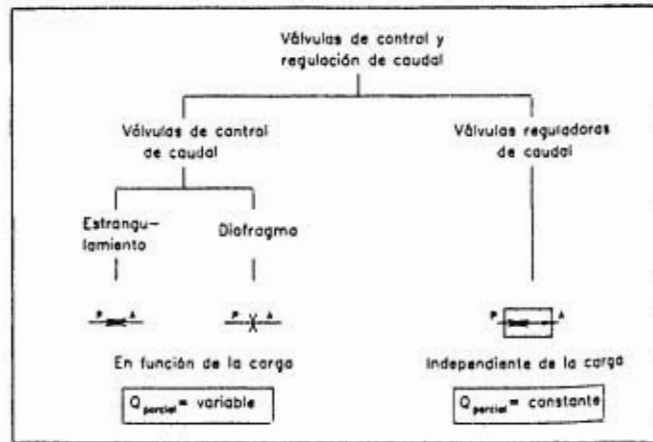


Figura 2.12 Válvulas de control y regulación de caudal

Las válvulas de estrangulamiento y las de diafragma, combinadas con una válvula limitadora de presión, se encargan de controlar el caudal volumétrico. La resistencia ofrecida por la válvula provoca un aumento de la presión. El caudal que atraviesa la válvula de estrangulamiento es determinado por la diferencia de presiones. Las válvulas de estrangulamiento actúan en función de la carga.

#### b. VÁLVULAS DE ESTRANGULAMIENTO Y ANTIRRETORNO

Este tipo de válvula es un regulador de caudal unidireccional compuesto de una válvula de estrangulamiento y una válvula de antirretorno. La válvula de estrangulamiento regula el caudal

volumétrico en un sentido y en función de la carga. En sentido contrario está abierto totalmente el paso, con lo que el movimiento de retroceso puede efectuarse recurriendo a la totalidad del caudal de transporte.

La válvula funciona de la siguiente manera:

Estrangulación del flujo en la dirección de A hacia B. Al igual que en las válvulas de estrangulamiento, se produce una bifurcación del caudal, con lo que disminuye el caudal volumétrico hacia el elemento de trabajo y, en consecuencia, disminuye también la velocidad.

En sentido contrario de B hacia A, no se produce un estrangulamiento del caudal volumétrico, puesto que el cono de cierre de la válvula de antirretorno está separado de su asiento, quedando totalmente abierto el paso (Fig. 2.13).

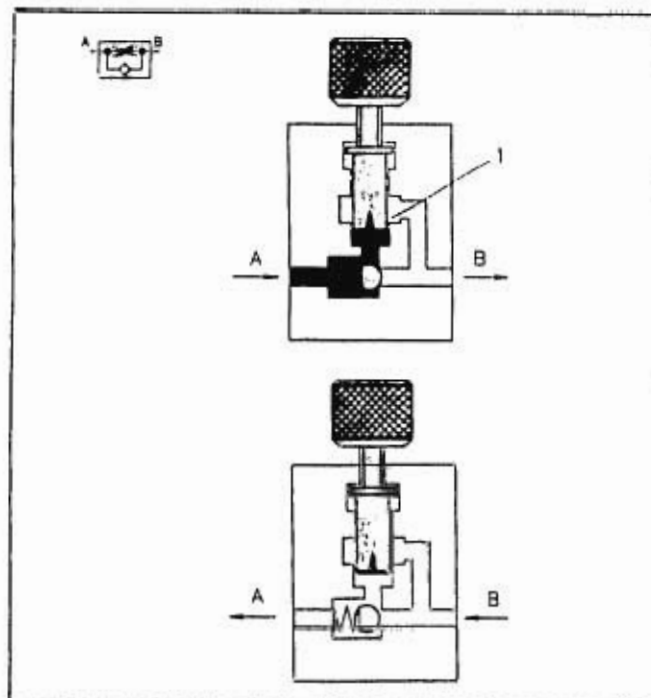


Figura 2.13 Válvula de estrangulamiento y antirretorno

## D. ACCESORIOS

Existen diversos accesorios que son esenciales para el funcionamiento de un sistema hidráulico:

- Tubos flexibles
- Tubos rígidos
- Válvulas de aireación
- Manómetros
- Sensores de presión
- Medidores de flujo

### I. TUBOS FLEXIBLES

Se utilizan para conectar equipos o elementos hidráulicos móviles, amortiguan los ruidos y las vibraciones. Están compuestas de varias capas. La primera capa es de goma sintética, teflón, elastómero de poliéster, perbunán o neopreno. La capa intermedia, puede estar constituida de varias capas de acero, poliéster o rayón, en función de la presión. La última capa es de goma resistente a la abrasión, elastómero de poliéster o poliuretano.

Para seleccionar tubos flexibles hay que tomar en cuenta:

- Presión de trabajo máxima admisible
- Presión de estallido
- Presión de control
- Cambio de la longitud
- Radio flector

- Temperaturas de trabajo

## 2. TUBOS RÍGIDOS

Los tubos rígidos son generalmente de acero sin costura de soldadura. El grosor del acero de los tubos depende de la presión máxima más un factor de seguridad para picos de presión. Los tubos son doblados en frío o caliente.

Para conectar tubos con tubos o tubos con equipos se utilizan:

- Uniones roscadas
- Uniones embreadas

Las bridas se emplean para tubos de mayores dimensiones. La brida puede estar soldada o atornillada al tubo.

## 3. VÁLVULAS DE PURGA DE AIRE

Las válvulas de aireación generalmente se ubican en el punto más elevado de un sistema de conductos, puesto que allí se acumula el aire encerrado en el sistema.

## 4. MANÓMETROS

Los manómetros son aparatos para medir la presión, uno de los más comunes es el tubo manométrico en forma de arco (manómetro de Bourdon). El resorte tubular arqueado tiene una sección ovalada. Cuando el fluido bajo presión penetra en el tubo, la presión es la misma en todos sus segmentos. La diferencia entre la superficie exterior e interior tiene como consecuencia que sobre la superficie exterior actúe una fuerza mayor, por lo que el resorte se abre. Este movimiento es

transmitido a la aguja por medio de una biela, un engranaje y un piñón. En la escala puede leerse la presión respectiva.

**Manómetro con cápsula o placa.**- Estos manómetros llevan una cápsula hermética de metal ondulado o una membrana tensada entre dos bridas. La cápsula o la membrana se arquean cuando actúa sobre ellas una presión, ofreciendo de este modo un parámetro cuantitativo para la presión que desea medirse.

**Manómetro de émbolo.**- En este manómetro la presión actúa sobre un émbolo cuya fuerza actúa por su parte contra un muelle. El indicador está acoplado directamente al émbolo y la presión respectiva se distingue en una escala. Son resistentes a sobrecargas.

## 5. SENSORES DE PRESIÓN

Si se requiere efectuar mediciones más precisas de la presión, deberá recurrirse a sensores de cuarzo que aprovechan el fenómeno piezoeléctrico. La presión actúa sobre una membrana y, en consecuencia, sobre el cuarzo que genera una determinada tensión o corriente eléctrica si está expuesto a una presión.

Otros sensores de presión funcionan con galgas extensométricas colocados sobre una membrana. Esta membrana se deforma si es expuesta a una presión. La dilatación respectiva es transformada en señales eléctricas.

Estos sensores permiten la indicación de la presión en lugares distantes y ofrecen la posibilidad de imprimir los resultados.



## 6. MEDIDORES DE FLUJO

Los medidores de flujo se componen de un tubo que lleva un cono fijo. Sobre él se desplaza un émbolo. Si el aceite fluye entre el cono y el émbolo, éste actúa contra un muelle en función del caudal. En consecuencia, el émbolo hace las veces de medidor móvil. Según su posición en relación con el cono queda abierta una sección determinada que permite el paso del aceite. El émbolo se desplaza hasta que la presión que actúa sobre él está en equilibrio con la fuerza del muelle.

Para efectuar mediciones más exactas con el fin de regular o controlar cilindros o motores o para diseñar mandos de posicionamiento, deberán utilizarse turbinas contadores de ruedas ovaladas, medidores de ruedas dentadas, diafragmas o platillos de contención.

**CAPÍTULO III**  
**DISTRIBUIDOR HIDRÁULICO**

### CAPÍTULO III. DISTRIBUIDOR HIDRÁULICO

Los distribuidores de válvulas permiten evitar la utilización de tuberías, mejorando el rendimiento del sistema y los puntos en que pueden presentarse fugas o pérdidas.

Aunque normalmente los distribuidores se utilizan con válvulas gobernadas eléctricamente, pueden adaptarse a cualquier sistema de mando. Muchas veces todas las conducciones de interconexión de válvula se hallan contenidas en el distribuidor, y las únicas tuberías que se precisan son las que conectan el tanque de la bomba y los accionadores al distribuidor.

En conjunción con los distribuidores se utilizan válvulas especiales cuyos orificios, que tendrán que ponerse en comunicación con las conducciones del distribuidor, tienen sus caras perfectamente mecanizadas, efectuándose su fijación mediante tornillos.

La única limitación que existe en el proyecto de los circuitos de distribución es la mayor o menor ingeniosidad del proyectista.

Para poder entender bien para qué sirve un distribuidor hidráulico es necesario conocer un poco acerca del proceso y la maquinaria de los plásticos. Los plásticos termoestables, se obtienen en moldes luego de aplicar temperaturas y presiones bastante elevadas. El endurecimiento supone un

cambio químico irreversible que requiere un tiempo apreciable para completarse, debido entre otros factores, a que el calor debe pasar uniformemente desde los moldes a todos los confines del material.

Fácilmente se comprende que el moldeo por inyección de los materiales termoplásticos permite un elevado grado de automatización, pudiendo establecerse una rápida secuencia de los procesos de inyección, enfriamiento y expulsión.

Cada máquina se divide en dos partes principales: el molde, con sus mecanismos de cierre y apertura, y el sistema de inyección.

En cuanto al molde, es preciso que estén divididos para que sea posible la extracción de la unidad producida y que, además, dichas divisiones o partes del molde presenten una unión muy rígida durante la inyección del material.

El sistema de inyección tiene las siguientes funciones:

- a) Tomar un peso fijo y determinado de material, normalmente en forma granulada, de una tolva.
- b) Pasar dicho material a través de una sección calentada mediante calefactores adecuados, en la cual los gránulos se transforman en un semilíquido homogéneo (plastificación).
- c) Forzar el material fundido dentro de un molde a una determinada presión.

La máquina de inyección que se analiza en la presente tesis utiliza el método del tornillo, el cual funciona como a continuación se indica: el cilindro de inyección tienen un tornillo cuya longitud se halla entre 75 cm y 1 metro, que avanza impulsado por un pistón hidráulico, inyectando la carga dentro del molde, y a continuación se pone a girar a medida que se retira. Al mismo tiempo toma una nueva carga de gránulos, mezclando el material atrapado entre las roscas y obligándole a tomar íntimo contacto con las paredes calientes.

La mayoría de los fabricantes proyectan la máquina de tal forma que el tornillo gire accionado por un motor hidráulico de velocidad regulada, más fácil de acomodar que un accionamiento por motor eléctrico y además con la ventaja de que el tamaño del primero es una cuarta parte que el segundo.

#### A. PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACION DEL PROBLEMA

Se puede asegurar, sin temor a dudas, que el impresionante desarrollo de la industria de los plásticos se debe casi por completo a las máquinas automáticas de moldeo de accionamiento hidráulico. A causa de ello, precisamente, el desarrollo de estas máquinas fue muy rápido, y por lo tanto su uso indispensable.

El circuito hidráulico es importante para que el sistema funcione con un elevado porcentaje de eficiencia, por lo que en la presente tesis, lo que se pretende es mejorar el diseño del distribuidor hidráulico de una de las máquinas de inyección de la industria de calzado Sandak. Las fugas de aceite en el distribuidor son considerables, esto a causa de la temperatura elevada que afecta directamente la viscosidad del aceite hidráulico, y por la cantidad de tuberías que contiene el distribuidor, las cuales provocan caídas de presión, afectando a ciertas partes del circuito hidráulico, con las consecuencias de que el sistema pare su funcionamiento y se proceda a su reparación, perdiendo minutos y hasta horas, afectando a la producción.

El diseño del distribuidor hidráulico tiene que ver directamente con el mejoramiento de la eficiencia de la máquina de inyección, esto es hacer que el rendimiento de la máquina sea superior con el nuevo distribuidor reduciendo las pérdidas de aceite al mínimo y reduciendo el espacio ocupado por el distribuidor anterior.

## B. REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO

Los requerimientos del diseño son los siguientes:

- 1) Que el distribuidor sea capaz de sustituir al anterior, mejorando la conducción del aceite hidráulico con el mínimo de pérdidas.
- 2) Que la temperatura de funcionamiento disminuya a un cierto porcentaje que permita el comportamiento óptimo del fluido de trabajo.
- 3) Que el espacio que ocupe el nuevo distribuidor sea mucho menor que el actual.
- 4) Una mayor seguridad, ya que las fugas del líquido de trabajo puede llegar a ser peligroso con la presencia de chispas o fuego.
- 5) Que el nuevo distribuidor sea capaz de mejorar la eficiencia de la máquina.
- 6) Un rápido y fácil mantenimiento, que no afecte a la producción.

## C. ESQUEMA HIDRÁULICO

Como ya se había mencionado anteriormente, el esquema refleja la composición de un sistema hidráulico, indicando mediante símbolos cómo están conectados cada uno de los elementos entre sí, es decir la estructura funcional.

La figura 3.1 representa el esquema del sistema hidráulico en el cual nos vamos a basar para poder diseñar el nuevo distribuidor.

Empezaremos por la parte inferior, donde se encuentra la unidad de abastecimiento de energía, la cual contiene al tanque de aceite, el filtro, la bomba, el motor eléctrico y la válvula limitadora de

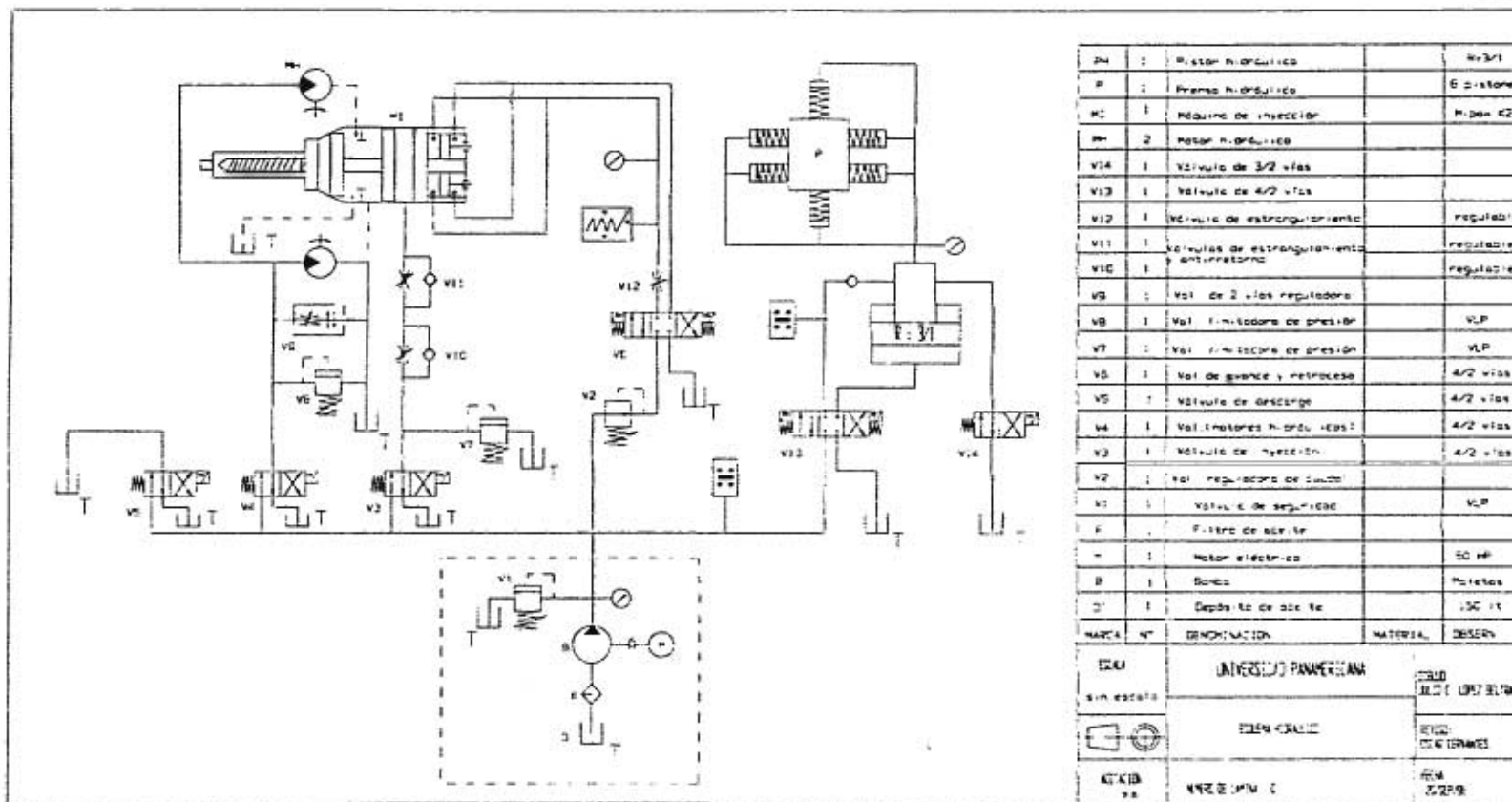


FIG. 3.1

presión. El motor eléctrico (M) de 50 H.P. acciona la bomba de paletas (B) la cual se alimenta de un depósito (D) de aceite el cual pasa por el filtro (F) antes de llegar a la bomba, dicho depósito se encuentra frío ya que el fluido de trabajo pasa por un sistema de refrigeración por agua antes de caer al depósito, esto hace que se mantenga la viscosidad del aceite.

A la salida de la bomba se cuenta con una válvula de seguridad (V1), la cual cumple una función muy importante ya que sin esta la bomba estaría desprotegida de cualquier sobrecarga que se presente en el sistema y también sirve para evitar picos de presión que pueden surgir a causa de fuerzas de inercia de masas cuando cierra repentinamente alguna de las válvulas de vías, esta válvula se abre permitiendo el paso del flujo hacia el depósito de aceite (D).

En la parte intermedia tenemos la unidad de control de energía, que está compuesta de válvulas de vías, reguladoras de caudal, de presión y válvulas de cierre. El flujo se divide en dos corrientes principales (A y B) siendo el flujo A el que proporciona la presión a los motores hidráulicos, los cilindros y el pistón de inyección.

El flujo A se divide en 4 corrientes, cada flujo hacia las válvulas (V2, V3, V4 y V5), la válvula (V2) se encarga de regular la presión del flujo que entrará a la válvula (V6) de vías, que controla el movimiento de los cilindros que mueven el inyector hacia adelante hasta el contacto con la boquilla del molde y hacia atrás cuando el tiempo de inyección se acaba.

La válvula (V7) limitadora de presión se abre si las válvulas (V3, V10 y V11) llegan a fallar. Para la inyección del material el flujo ingresa a un pistón de 20cm de diámetro, pasando antes por las válvulas (V10 y V11) que se encargan de controlar la velocidad y el caudal volumétrico que ingresa al



pistón, cuando el flujo regresa pasa otra vez por las válvulas de estrangulamiento y antirretorno dirigiéndose al depósito previo paso por la válvula (V3).

El flujo que ingresa a la válvula (V4) se dirige a los motores hidráulicos pasando por la válvula (V8) limitadora de presión que se abre y manda el flujo al depósito en caso de falla, la válvula (V9) sirve para regular la velocidad de los motores hidráulicos mediante un caudal constante.

La válvula (V5) se encarga de enviar totalmente el flujo al depósito pasando por el sistema de refrigeración, esto es cuando el flujo no ingresa a una o a todas las válvulas que dirigen su flujo a uno de los elementos de trabajo anteriormente mencionados.

Por último tenemos la parte superior del sistema, en la cual se encuentran los motores, los cilindros y el pistón de inyección; en nuestro esquema podemos notar la existencia de tres cilindros, dos de los cuales se encargan de mover el inyector hacia el molde y el tercer cilindro se encarga de mover el gusano que lleva el material para la inyección.

Los dos motores hidráulicos se encargan de hacer girar el gusano que lleva el material de inyección; la velocidad que se le puede dar a estos motores depende de la válvula reguladora de caudal que regula la velocidad de avance del material, ya que en algunos casos el tipo de material para el producto de fabricación es de diferente consistencia y requieren mayor o menor velocidad de avance, para poder convertirse en un termofluido listo para inyectarse.

En el esquema también se puede distinguir otra parte, la cual no se incluirá en el diseño del distribuidor ya que el espacio con el que se dispone es limitado. Esta parte consta también de una zona intermedia, la cual contiene dos válvulas de vías (V13 y V14) una de las cuales permite el paso del fluido hacia la prensa y la otra es una válvula de descarga. En la parte superior tenemos un pistón el

cual se encarga de mandar el fluido a los diferentes pistones de la prensa, cerrando el molde para la inyección.

#### **D. ERRORES DEL DISTRIBUIDOR ANTERIOR**

El segundo gran grupo de condiciones a tener en cuenta en el diseño, es el aprendizaje obtenido con el distribuidor anterior, a continuación se presentan los diferentes criterios que se tomaron para poder analizar los errores de tal distribuidor.

##### **1. DISEÑO**

El diseño del distribuidor actual, no se basó en el distribuidor original de la máquina, el cual era un distribuidor compacto, como el que se presenta en esta tesis, las válvulas estaban integradas a este distribuidor, no en su totalidad pero sí se requería que los repuestos de esta máquina fueran originales. Habría que hacer notar que la máquina es de fabricación francesa ( Modelo Mipak K2). Los repuestos para este tipo de máquina quedaron discontinuados, siendo difícil conseguirlos, por lo que la empresa optó por mandar a diseñar un circuito hidráulico para el sistema. El circuito fue diseñado por una empresa de servicios y equipos oleodinámicos, el cual se describe a continuación:

Las válvulas están distribuidas en un tablero, el cual se ubica verticalmente sobre la máquina de inyección, ocupando un gran espacio tanto arriba como hacia los costados. En cuanto al motor y la bomba, se acomodaron en la parte trasera de la máquina, y mediante una manguera flexible se une a un pequeño distribuidor del cual salen 4 tubos hacia las diferentes válvulas, las longitudes de estos tubos son grandes, en algunos casos de hasta 2 metros con varios dobleces, lo que afecta en cierta medida el flujo del aceite hidráulico, sin excepción alguna todas las salidas de las válvulas estaban seguidas de

tuberías, muchas de las cuales se entrecruzaban, haciendo muy confuso el recorrido del fluido. En cuanto a la descarga al depósito, todas las salidas de descarga de las válvulas están dirigidas mediante tubos a un pequeño distribuidor, para luego pasar a un intercambiador de calor y al depósito; como se puede notar la distribución de este sistema está muy confuso ya que la gran cantidad de tuberías no permite observar con claridad el funcionamiento del sistema. El pequeño distribuidor para la alimentación del sistema no estaba sostenido por ningún elemento sujetador, lo único que lo mantenía eran las tuberías que salían de él, de igual manera el distribuidor para la descarga el cual también se encuentra sostenido por las diferentes tuberías que llegan a él.

El doblado de los tubos estaba mal ya que el radio de curvatura de un tubo debe de ser por lo menos de 2 1/2 a 3 veces el diámetro interior del tubo, y toda la tubería estaba doblada a un radio menor que el radio mínimo de curvatura del tubo.

## 2. CONSECUENCIAS

Existen varias consecuencias a causa del diseño anterior, las cuales mencionaremos a continuación:

- A causa de la excesiva tubería, las fugas de aceite son notables, por lo que se optó por poner un recipiente debajo de la máquina para poder acumular todas las fugas de la tubería y en general de la máquina.
- Las fugas que se deben a las caídas de presión que sufren algunos tramos de estas tuberías, a causa de las altas velocidades que provocan flujos turbulentos.
- La longitud de las tuberías y el doblado de las mismas, causando que el flujo se hiciera más turbulento en su largo recorrido.
- El aumento de la temperatura debido al frotamiento viscoso.

- Aumento de fugas de aceite a causa de la temperatura, ya que el aceite pierde sus propiedades cuando la temperatura aumenta.
- Elevado costo del aceite, ya que se tienen que estar reponiendo el aceite de fita.
- Un elevado costo de mantenimiento, ya que las tuberías donde se detectan fugas, algunas veces tienen que ser cambiadas completamente.
- Una baja en la producción, porque el tiempo que se toma en una reparación puede variar de una hora hasta un día de paro de la máquina.
- La mala inyección del material, a causa de la baja eficiencia del sistema.
- Un número elevado de desechos del producto final, debido a la mala inyección.

## **CAPÍTULO IV**

### **DISEÑO**

## CAPÍTULO IV. DISEÑO

En el presente capítulo se verá los cálculos concernientes a los diámetros de los barrenos, las presiones y caudales que requiere el sistema, así como los planos de diseño, las dimensiones y el material del distribuidor.

### A. CONSIDERACIONES BÁSICAS

- El tamaño de la tubería en un sistema hidráulico deberá ser cuidadosamente calculada. Si es muy pequeña, la velocidad del aceite será excesiva y la caída de presión elevada.
- La velocidad del fluido hidráulico a través de las líneas es un factor importante para el diseño del sistema.

Generalmente las velocidades recomendadas son:

Línea de succión de la bomba: 0.6 m/s a 1.5 m/s

Línea de retorno: 2 m/s

Línea de presión:

hasta 50 bar de presión de trabajo: 4 m/s  
hasta 100 bar de presión de trabajo: 4.5 m/s  
hasta 150 bar de presión de trabajo: 5 m/s  
hasta 200 bar de presión de trabajo: 5.5 m/s  
hasta 300 bar de presión de trabajo: 6 m/s

- Las altas velocidades originan flujos turbulentos que ocasionan grandes caídas de presión.
- Una velocidad baja se recomienda para las líneas de succión, ya que en estos puntos sólo se toleran bajas caídas de presión.
- Se recomienda utilizar curvas (doblecetes) en lugar de codos. Un radio ideal de curvatura para los doblecetes es de  $2\frac{1}{2}$  a 3 veces el diámetro interior del tubo.
- Las líneas de succión deberán ser localizadas 2" o 3" arriba del fondo del tanque y las de retorno 2" o 3" abajo del nivel del aceite.
- Que el diámetro de entrada de la bomba sea mayor que el de la salida.
- Las líneas de entrada de las válvulas, actuadores, etc, sean tan cortas como sea posible y rígidas, para obtener un control preciso de flujo.
- Conexiones bien apretadas para evitar fugas y vacío a la entrada de la bomba (teflón como sello).
- Usar los empaques recomendados, ya sean estáticos o dinámicos.

## **B. CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL MATERIAL.**

La selección del material con el cual será construido el distribuidor, estará apoyada con los siguientes criterios:

- **Peso:** debe ser el menor posible, sin descuidar la separación que pueda haber entre cada cavidad interna en el bloque.

- **Maquinabilidad:** todo el proceso de manufactura debe poder hacerse en la empresa, con las máquinas existentes.

- **Resistencia:** material resistente a temperaturas y presiones altas.

- **Disponibilidad en el mercado:** el material seleccionado debe ser acero comercial de fácil localización en el mercado.

- **Costo:** para poder hacer el cambio del distribuidor se necesita de un presupuesto negociable.

El orden en que serían considerados estos criterios fue el siguiente: maquinabilidad, resistencia, disponibilidad en el mercado, peso y costo.

Esto nos permite acotar la cantidad de materiales disponibles. Para altas presiones es mejor utilizar distribuidores de acero forjado o en placas, pero para presiones inferiores, las aleaciones de aluminio son muy útiles, siendo de manejo más ligero y mecanización más fácil, pero una de sus desventajas se debe a que, por ser relativamente blando, no confiere una gran fiabilidad a los filetes de las perforaciones roscadas, efectuadas directamente en él.

En el párrafo anterior se vio qué materiales son los más adecuados, y se optó por usar un acero forjado con designación SAE 12XX de alta maquinabilidad (resulfurizado y refosforizado).

### **C. LIMITACIONES EN EL DISEÑO**

Existen varias limitaciones en el diseño del distribuidor hidráulico, entre las cuales podemos mencionar:



- Los agujeros de fijación, ya que tienen que estar distribuidos en lugares ya determinados, impidiendo que el trazado de los barrenos sea el más conveniente.
- Las entradas a los cilindros y al pistón de inyección que también están en lugares ya determinados y tienen que respetarse en el bloque de acero.
- El maquinado de la parte interior del distribuidor, que no se puede cambiar ya que tiene que coincidir con la contraparte en la máquina de inyección.
- Las dimensiones generales del bloque no pueden ser ni mayores ni menores ya que el espacio donde se coloca el distribuidor se encuentra limitado.

#### D. CÁLCULOS

Para los cálculos correspondientes es necesario conocer los datos técnicos del motor y de la bomba.

Se está utilizando un motor asíncrono de corriente trifásica que depende de la frecuencia de la red eléctrica, de 50 HP y 1760 R.P.M.

La bomba utilizada, es una bomba de paletas deslizantes de 65 gal/min.

El volumen de expulsión de la bomba por giro está dada por:

$$V = Q / R.P.M.$$

$$65 \text{ gal / min.} = 246051 \text{ cm}^3 / \text{min.}$$

$$V = 246051 / 1760$$

$$V = 139.8 \text{ cm}^3 \text{ por giro}$$

La potencia de la bomba la podemos calcular de la siguiente manera:

$$P = p \times Q$$

$p$  = presión [Pa] =  $120 \times 10^3$  (presión del sistema)

$Q$  = Caudal volumétrico [m<sup>3</sup>/s] = 0.0041

$$P = [120 \times 10^3] [0.0041]$$

$$P = 49.21 \text{ Kw}$$

Si queremos la potencia en HP, entonces utilizamos la siguiente fórmula:

$$\text{HP} = (\text{GPM} \times \text{Psi}) / 1714$$

$$\text{HP} = (65 \times 1740) / 1714$$

$$\text{HP} = 66$$

Para la alimentación del sistema se utilizará una manguera flexible que sale de la bomba hacia el distribuidor hidráulico, se tomarán en cuenta los siguientes parámetros:

1) Capacidad de la bomba de 65 GPM = 0.0041 m<sup>3</sup>/s

2) Tratándose de una tubería de impulsión y que la presión que se maneja es menor de 150 bar, entonces proponemos una velocidad de 5 m/s

Utilizamos la siguiente ecuación:

$$Q = (d^2 \times \pi \times v) / 4$$

Despejamos el diámetro de la ecuación anterior

$$d = \sqrt{(4 \times Q) / (\pi \times v)}$$

$$d = \sqrt{(4 \times 0.0041) / (\pi \times 5)}$$

$$d = 3.23 \times 10^{-2} \text{ m}$$

El diámetro que se calculó es de 3.2 cm, pero se redondeará a un diámetro que se pueda encontrar en el mercado, por lo cual se tomará el diámetro de 3.175 cm (1 ¼ pulg.) Ésta será la medida de la entrada principal al distribuidor.

La razón de utilizar una manguera flexible a la salida de la bomba que ingresa al distribuidor, es que la bomba se encuentra detrás de la máquina y está fija al suelo, mientras que el distribuidor se encuentra encima de la máquina la cual se mueve cada vez que se inyecta el material a los moldes existentes y además, los tubos flexibles también amortiguan los ruidos y las vibraciones.

Ahora se calculará el diámetro de la manguera de succión del fluido. Esta manguera se conecta con la entrada de la bomba, y tendrá que ser preferentemente de trenzado de alambre, el diámetro se calculará tomando en cuenta los siguientes parámetros:

- 1) Una velocidad recomendada de 1.22 m/seg. en la aspiración (ver anexo 1)
- 2) Una velocidad de salida de la bomba de 5 m/seg. aproximadamente
- 3) Un diámetro de salida de la bomba de 0.03175 m (1 ¼ pulg.)

Utilizamos la siguiente fórmula:

$$Q = (d^2 \times \pi \times v) / 4$$

Por la ecuación de continuidad tenemos que :

$$Q_s = Q_E$$

Sustituimos en la fórmula anterior:

$$(0.03175^2 \times \pi \times 5) = (d^2 \times \pi \times 1.22)$$

$$d = 6.43 \times 10^{-2}$$

Según el catálogo de mangueras hidráulicas el diámetro recomendado es: (ver anexo 7)

$$\Phi_{\text{conector}} = 73 \text{ mm (2 7/8 pulg.)}$$

$$\Phi_{\text{barroca}} = 60.3 \text{ mm (2 3/8 pulg.)}$$

La presión de trabajo de esta manguera es de 350 psi y la de ensayo es de 700 psi, el radio de curvatura mínimo es 24 pulg. y tiene un peso de 1.428 lb/pie.

El flujo que ingresa por la tubería de 3.175 cm (flujo principal) se divide en dos, ingresando a un conducto de 2.54 cm de diámetro, uno de los flujos se dirige a la válvula de descarga y la otra parte se dirige a las válvulas de vías, lo que hace suponer que los 65 GPM se divide en dos (32.5 GPM), por lo tanto procedemos a calcular el nuevo diámetro del barreno, tratando de mantener constante la velocidad de 5 m/s.

$$32.5 \text{ GPM} = 0.00205 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$d = \sqrt{(4 \times Q) / (\pi \times v)}$$

$$d = \sqrt{(4 \times 0.00205) / (\pi \times 5)}$$

$$d = 2.28 \times 10^{-2} \text{ m}$$

El diámetro obtenido es de 2.28 cm pero se tomará un diámetro standard de 2.54 cm (1 pulg.).

Las válvulas que se utilizarán son las mismas que contiene el distribuidor anterior, las cuales tienen un diámetro de entrada de 19.05 mm, por lo tanto la velocidad cambiará ya que el conducto de alimentación tiene un diámetro de 25.4 mm.

La nueva velocidad será de :

$$Q = 0.123 \text{ m}^3/\text{min.}$$

$$V = (4 \times Q) / (d^2 \times \pi)$$

$$V = (4 \times 0.123) / (0.000363 \times \pi)$$

$$V = 431 \text{ m/min.}$$

$$V = 7 \text{ m/s}$$

La velocidad calculada es un poco elevada, pero la longitud de los barrenos que conecta la alimentación con las válvulas es muy corta, por lo que la fricción que genera el flujo es muy baja, disminuyendo la diferencia de presiones.

Por lo tanto el diámetro de los barrenos que conectan la alimentación con la entrada de las válvulas y de las válvulas con los elementos de trabajo es de 19.05 mm (3/4 pulg.).

La válvula de descarga tiene la función de cerrar el circuito de la bomba, cuando ningún elemento de trabajo requiera de potencia y cuando el caudal se divide en dos, uno de los cuales se dirige al tanque, pasando por la válvula de descarga. El diámetro de salida de la válvula de descarga estará dado por:

Velocidad de descarga recomendado: 3 m/s

Aplicamos la siguiente ecuación

$$d = \sqrt{(4 \times Q) / (\pi \times v)}$$

$$d = \sqrt{(4 \times 0.00205) / (\pi \times 3)}$$

$$d = 0.0295 \text{ m}$$

A la salida de la válvula de descarga, las tuberías de 19.05 mm de diámetro que salen de él, se juntan en una sola tubería con un diámetro de 31.75 mm (1 1/4 pulg.)

El fluido de retorno ingresará a un circuito que se encuentra en la parte posterior del bloque hidráulico. El circuito tendrá una forma cuadrada y se maquinará mediante fresado.

El diámetro hidráulico de un tubo no circular está dado por:

$$\begin{aligned} \text{Diámetro hidráulico} &= (4 \times \text{Área de la sección interior}) / \text{Perímetro húmedo} \\ &= 2ab / a + b \quad (\text{para tubos rectangulares}) \end{aligned}$$

Se propone un ancho del circuito de retorno de 2.54 cm y una altura de 1.9 cm, ya que por recomendación, el circuito de retorno siempre tiene que ser un poco mayor que los conductos de entrada a las válvulas, por lo tanto se tendrá un circuito rectangular:

$$\begin{aligned} \text{Diámetro hidráulico} &= (2 \times 2.54 \times 1.9) / (2.54 + 1.9) \\ &= 2.17 \text{ cm} \end{aligned}$$

#### E. ANÁLISIS DE CAÍDAS DE PRESIÓN EN EL SISTEMA

Primero calcularemos la pérdida de presión que hay entre la entrada y la conexión (T) que dirige el flujo a las válvulas.

Datos conocidos:

Densidad del aceite  $\rho = 850 \text{ Kg} / \text{m}^3$

Velocidad = 5 m/s

Diámetro = 25.4 mm

Viscosidad = 60 mm<sup>2</sup> / s

Calculamos el número de Reynolds con la siguiente ecuación:

$$Re = (V \times d) / \nu$$

$$Re = (5 \times 0.0254) / 0.00006$$

$$Re = 2116.6$$

Sacamos el factor de corrección y el coeficiente geométrico los cuales son:(ver anexo 8)

$$b = 1.0$$

$$\zeta = 1.8$$

La ecuación siguiente nos da la caída de presión:

$$\Delta p = \zeta \times b \times (\rho \times v^2) / 2$$

$$\Delta p = 1.8 \times 1.0 \times (850 \times 25) / 2$$

$$\Delta p = 19125 \text{ N/m}^2$$

La pérdida de presión que se presenta es de aproximadamente 2.75 psi.

Ahora calculemos la caída de presión que existe cuando el fluido ingresa a los conductos que se conectan a la entrada de las válvulas. El diámetro del conducto se reduce a 19.05mm por lo que se tendrá que calcular la nueva velocidad:

$$Q = 0.123 \text{ m}^3/\text{min.}$$

$$V = (4 \times Q) / (d^2 \times \pi)$$

$$V = (4 \times 0.123) / (0.000363 \times \pi)$$

$$V = 431 \text{ m/min.}$$

$$V = 7 \text{ m/s}$$

Se calculará ahora el número de Reynolds:

$$Re = (7 \times 0.01905) / 0.00006$$

$$Re = 2223$$

De tablas se obtiene:(anexo 8)

$$b = 1.0$$

$$\xi = 0.5$$

Aplicando otra vez la ecuación de caída de presión tenemos:

$$\Delta p = 0.5 \times 1.0 (850 \times 49) / 2$$

$$\Delta p = 10412.5 \text{ N / m}^2$$

La caída de presión calculada es de 1.5 psi.

En el diseño del distribuidor existen varias tuberías que salen del mismo, con un diámetro de 19.05 mm y una longitud cerca de un metro, por lo cual aplicaremos la siguiente ecuación: (ver anexo 8).

$$\Delta p = \lambda \times l / d \times \rho / 2 \times v^2$$

Datos conocidos:

Velocidad = 7 m/s

Viscosidad =  $60 \text{ mm}^2 / \text{s}$

Densidad =  $850 \text{ Kg / m}^3$

Calculamos el número de Reynolds:

$$Re = (v \times d) / \nu$$

$$Re = (7 \times 0.01905) / 6 \times 10^{-5}$$

$$Re = 2223$$

Con el número de Reynolds calculamos el coeficiente de fricción en el tubo que está dado por:

$$\lambda = 75 / Re$$

$$\lambda = 75 / 2223$$

$$\lambda = 3.37 \times 10^{-2}$$

Con estos datos podemos calcular la caída de presión de la tubería:

$$\Delta p = 3.37 \times 10^{-2} \times (1000 / 19.05) \times (850 / 2) \times 49$$

$$\Delta p = 36840 \text{ Kg x m / m}^2 \times \text{s}^2$$



$$\Delta p = 0,3684 \text{ bar}$$

En este caso la pérdida de presión es un poco más elevada (5.34 psi), ya que la longitud influye un poco más por el frotamiento viscoso que existe al paso del fluido.

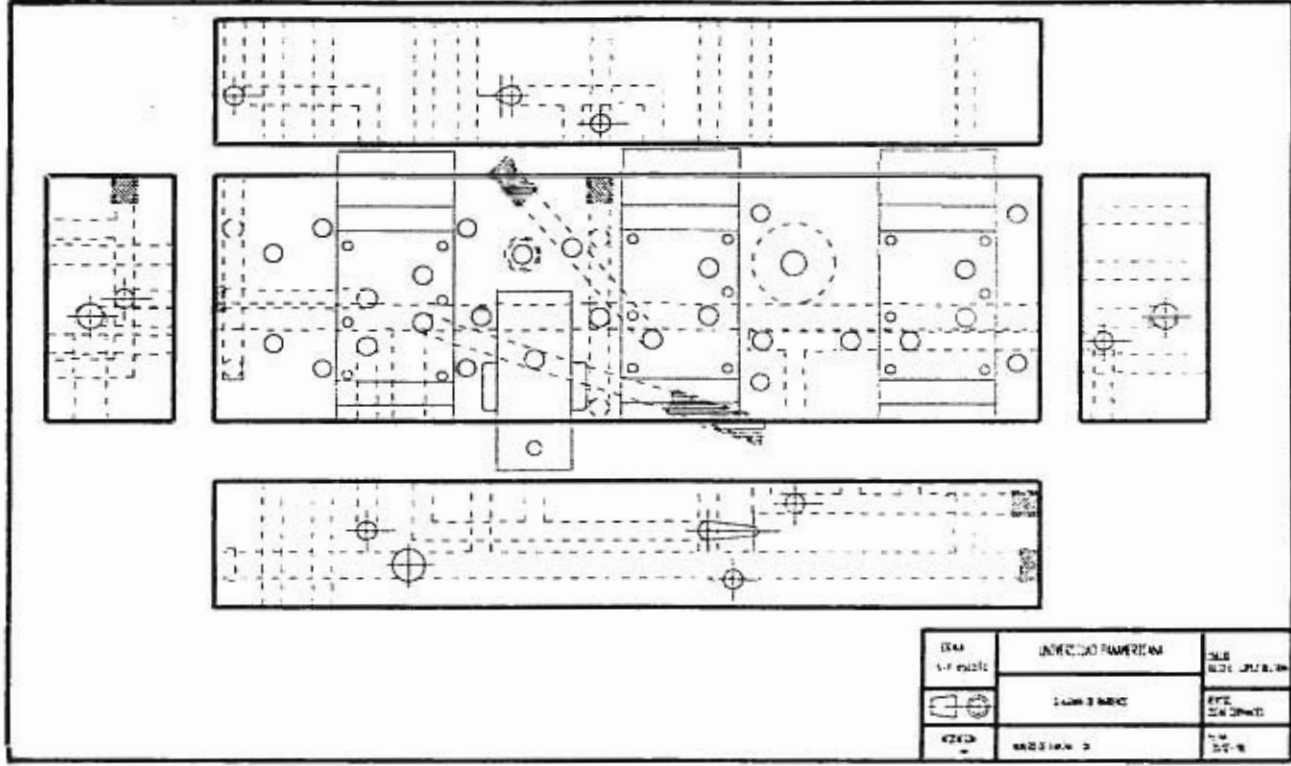
#### F. PLANOS DE DISEÑO DEL DISTRIBUIDOR

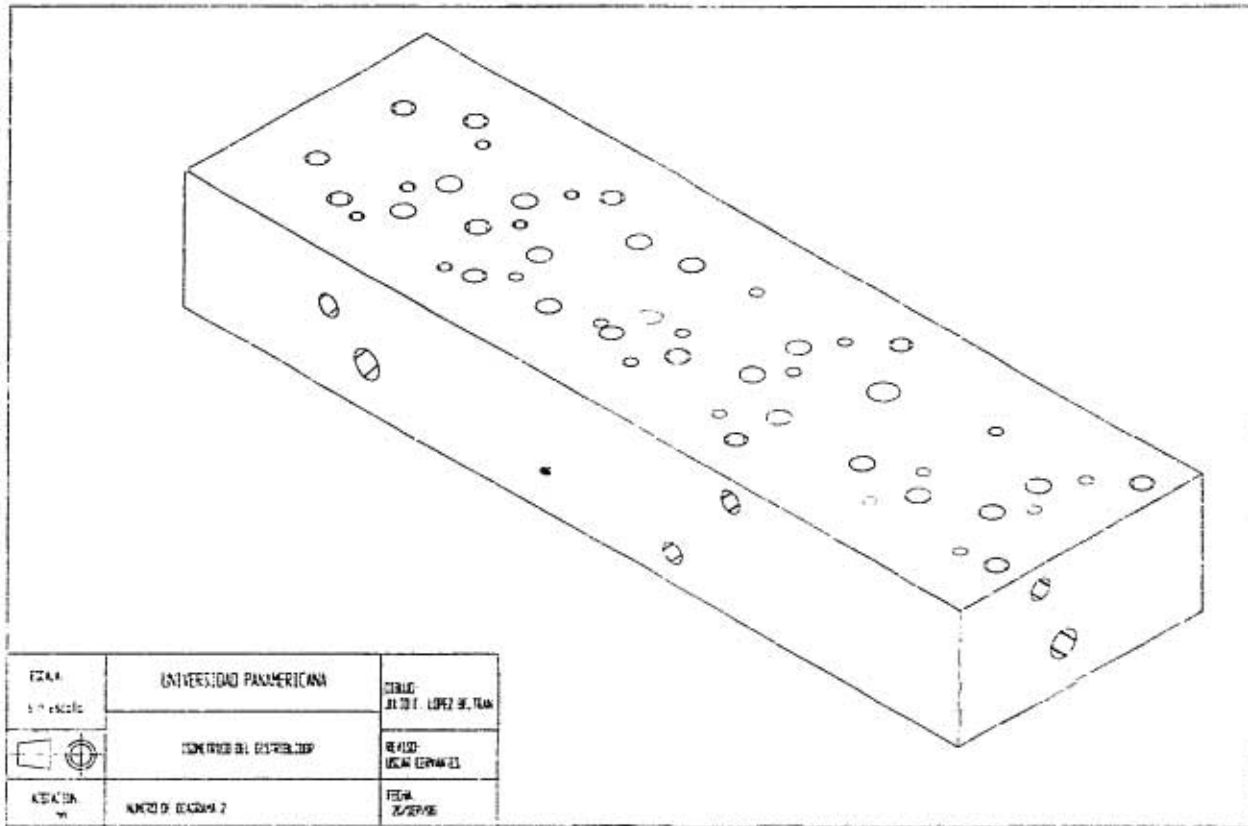
Los planos de diseño nos muestran dónde se ubican las perforaciones en el bloque de acero forjado, se puede ver que la mayoría de las válvulas van montadas en la parte frontal del bloque sólido de metal, donde se realizarán una serie de perforaciones en las tres dimensiones para formar el ramal de conducción del aceite. Asimismo, en dicho bloque, se realizarán agujeros roscados para la fijación de las válvulas. Una de las válvulas está montada en la cara inferior del distribuidor. Las ramificaciones hacia el tanque se encuentran en la parte inferior del bloque, que normalmente es el lugar más adecuado para ellas.

La mecanización de los distribuidores es una operación relativamente fácil, que requiere solamente prestar especial cuidado a que las perforaciones se efectúen en las posiciones adecuadas y hasta una profundidad correcta. Por esta razón en los planos se muestra cada una de las caras del distribuidor en las que se tiene que efectuar las perforaciones y dónde se marca el tamaño y profundidad de cada una de ellas.

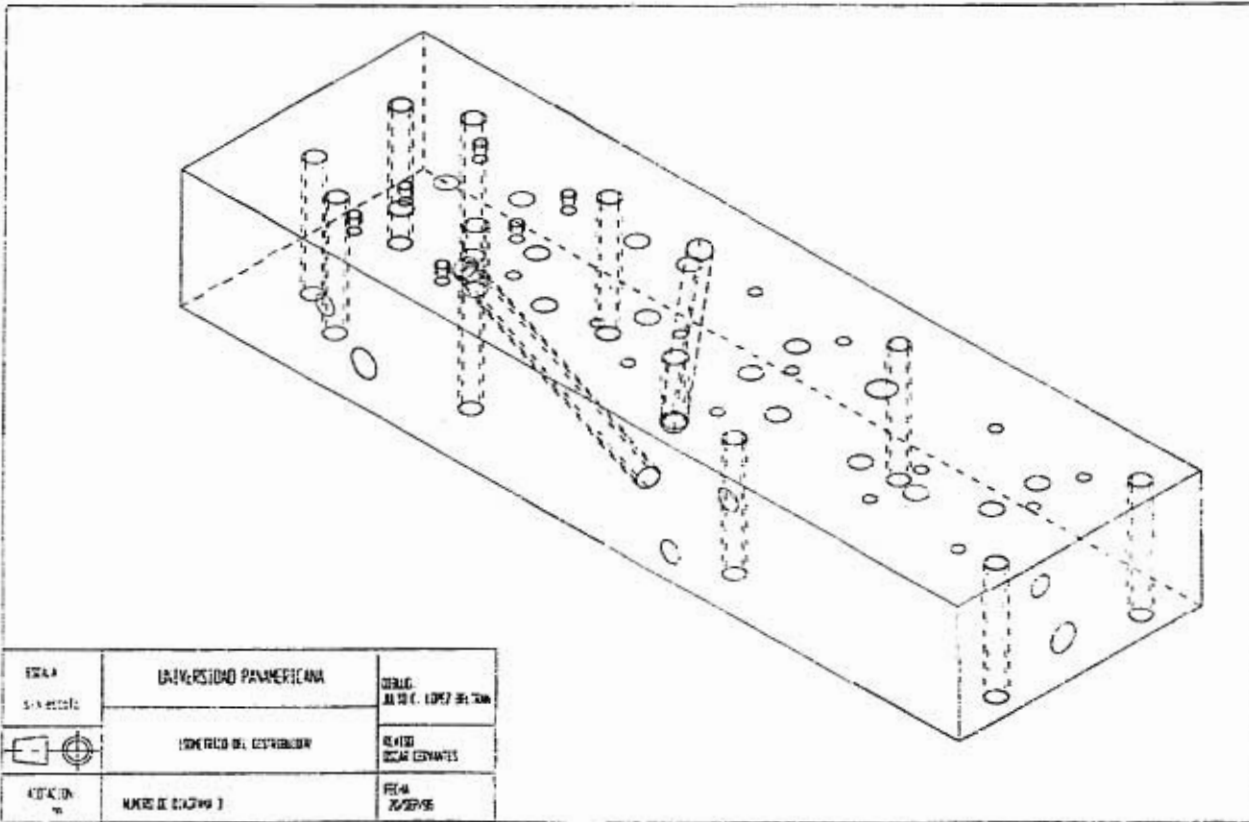
También se detalla un diagrama del distribuidor en tercera dimensión para darnos una mejor idea de cómo se ve dicho bloque con sus correspondientes barrenos.

En los planos de diseño se usó el sistema europeo, lo cual nos indica que existe una vista frontal, superior, inferior, laterales y posterior. La vista frontal en nuestro diseño es la parte donde se encuentran montadas la mayoría de las válvulas del sistema.

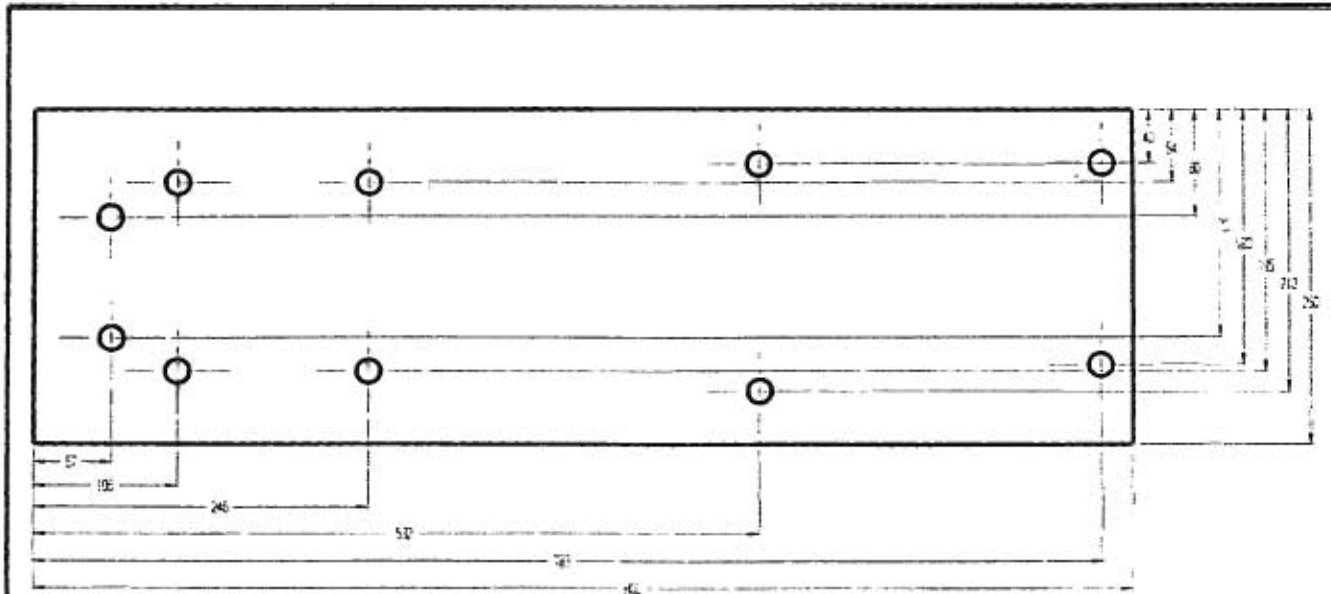




|                     |                          |                                |
|---------------------|--------------------------|--------------------------------|
| FECHA<br>17/05/2016 | UNIVERSIDAD PANAMERICANA | CURSO<br>ALTO T. LOPEZ DE TALA |
|                     | COMITÉ DE EXAMENES       | REVISOR<br>USCA ESPINOSA       |
| ACCIÓN<br>v         | NUMERO EXAMEN 2          | FECHA<br>26/05/16              |




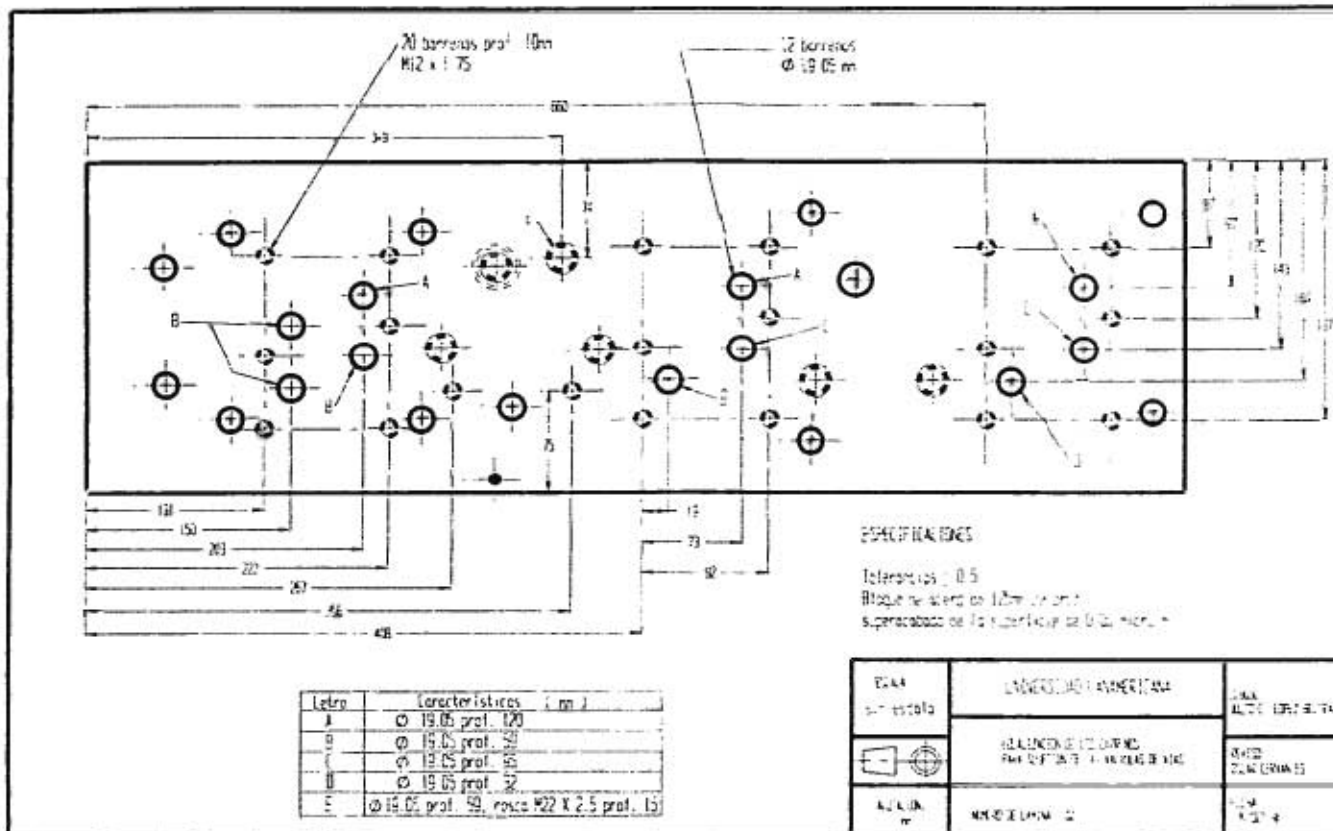
|          |                            |                    |
|----------|----------------------------|--------------------|
| ESLA     | UNIVERSIDAD PANAMERICANA   | GENERO             |
| S-A 2010 |                            | ALTO C. 10/07/2010 |
|          | INSTRUMENTO DE ESTADÍSTICA | RELATO             |
| CODICIÓN | NÚMERO DE ESTADÍSTICA      | FECHA              |
|          |                            | 20/07/10           |

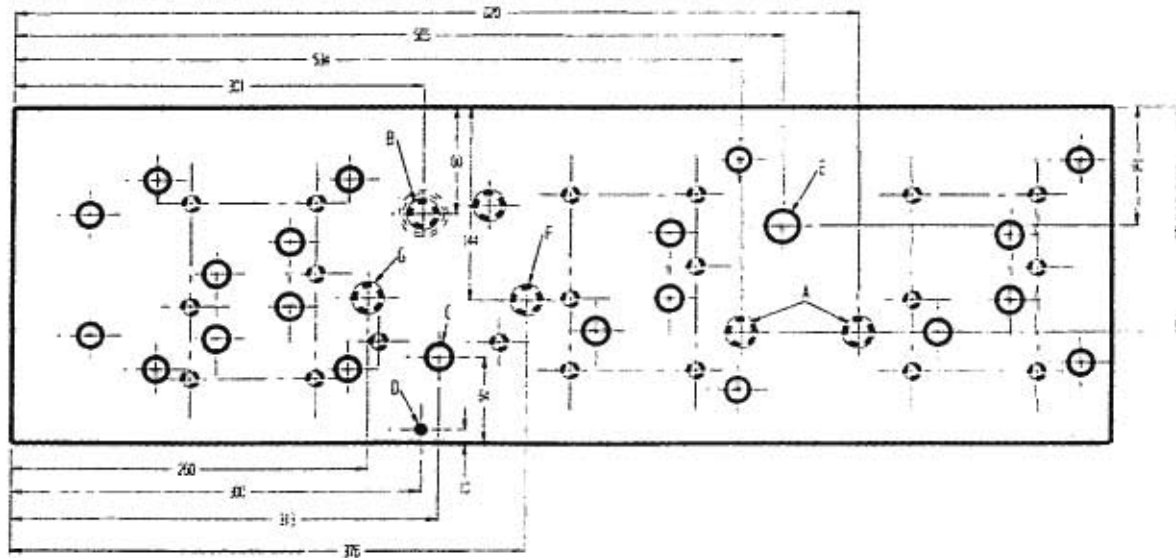


ESPECIFICACIONES:

10 agujeros pasados de 20m de diametro  
 Se usan 10 tornillos H, M 27 x 2.5  
 Bloque en acero forjado de 125mm de profundidad  
 Superacabado de 0.05 micra n.  
 Tolerancias ± 0.5

|   |                          |                              |
|---|--------------------------|------------------------------|
| ITEM:   | UNIVERSIDAD PANAMERICANA | PROF. DR. J. L. LÓPEZ B. 740 |
| SIN ESCALA  |                          |                              |
|  | NOMBRE DE PIEZA:         | REVISOR<br>FECHA             |
| ACTUACION:  | REVISOR: LUIS M. D.      | FECHA<br>10/20/98            |



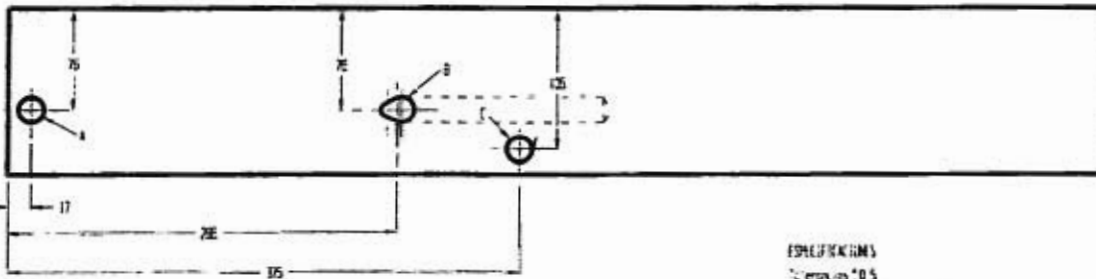


**ESPECIFICACIONES:**

Tolerancias  $\pm 0.5$   
 Bloque de acero de 125mm de prof.  
 superabrado de la superficie de 0.05 micra.

| Letra | Características                                       | Unidad |
|-------|---|--------|
| A     | $\varnothing 19.05$ prof. 22                          |        |
| B     | $\varnothing 19.05$ pasada, rosca M2 X 2.5 prof. 15   |        |
| C     | $\varnothing 12.7$ prof. 22                           |        |
| D     | $\varnothing 6.5$ prof. 100                           |        |
| E     | $\varnothing 5.4$ pasada                              |        |
| F     | $\varnothing 19.05$ prof. 22, rosca M2 X 2.5 prof. 15 |        |
| G     | $\varnothing 19.05$ prof. 22, rosca M2 X 2.5 prof. 15 |        |

|           |  |                |
|-----------|--|----------------|
| ECIA      | UNIVERSIDAD PANAMERICANA                           | 2018           |
| SIN PUNTO |  | 11/01/2018     |
|           | DIRECCION DE LOS TRABAJOS<br>ESTADISTICA Y CALIDAD | RUIZ<br>DANIEL |
| ALUMNO    | RODRIGUEZ JIMIN                                    | 1814           |
|           |  | 2018           |

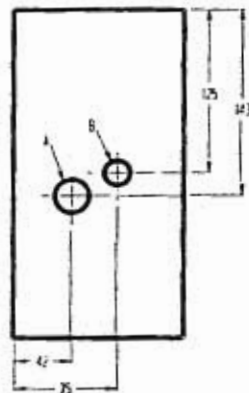


ESPECIFICACIONES  
 Temperatura: 20 °C  
 Estado de acero: 7000 cc prof.

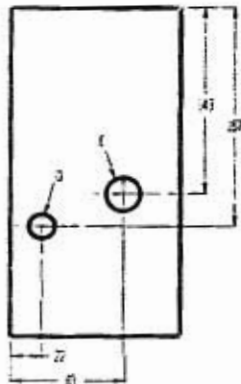
| LETRA | (MÁS RESISTENCIAS (1 m))  |
|-------|---|
| A     | Ø 19.05 profundidad 20  |
| B     | Ø 15.05 prof. 20.05 resaca 42 x 2.5 prof. 15<br>barrena entre con ángulo de 22° con respecto a la superficie<br>solo tubería de Ø 15.05 |
| C     | Ø 15.05 profundidad 20  |

|            |                          |                       |
|------------|--------------------------|-----------------------|
| ESCALA     | UNIVERSIDAD PANAMERICANA | ...SALUD              |
| sin escala |                          | SALUD Y BIENESTAR     |
|            | BARRERAS DE LA FAMILIA   | BIENESTAR Y BIENESTAR |
| ACTIVIDAD  | NUMERO 3 13/14/15        | FECHA                 |
| ...        |                          | 20 SEP 2016           |





Vista lateral izquierda



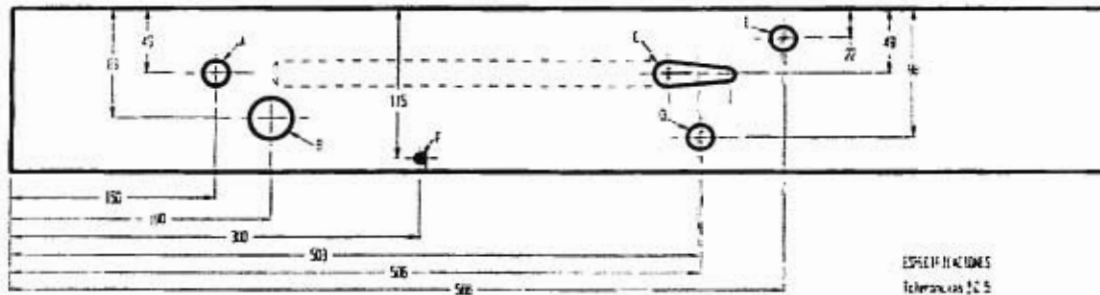
Vista lateral derecha

ESPECIFICACIONES:  
Tolerancias 10/30  
Plaque de acero SAE 1045 o prof.

| LETRA | CARACTERÍSTICAS (en mm)              |
|-------|--------------------------------------|
| A     | Ø 25.4 posado, rosca para 3 prof. 15 |
| B     | Ø 19.05 prof. 15                     |
| C     | Ø 25.4 posado                        |
| D     | Ø 19.05 prof. 20                     |

|            |  |                         |
|------------|--|-------------------------|
| ESCALA     | INVERSIÓN PARALELA                                 | S.E.<br>S.E.D. COMPLETA |
| sin escala |  |                         |
|            | ORIENTACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LAS DATAS CARDALES | NO. 22<br>T.M. 1-1-1965 |
| ADIVISION  | NUMERO DE LÍNEAS                                   | 1-1-1965                |
| m          | 35   |                         |

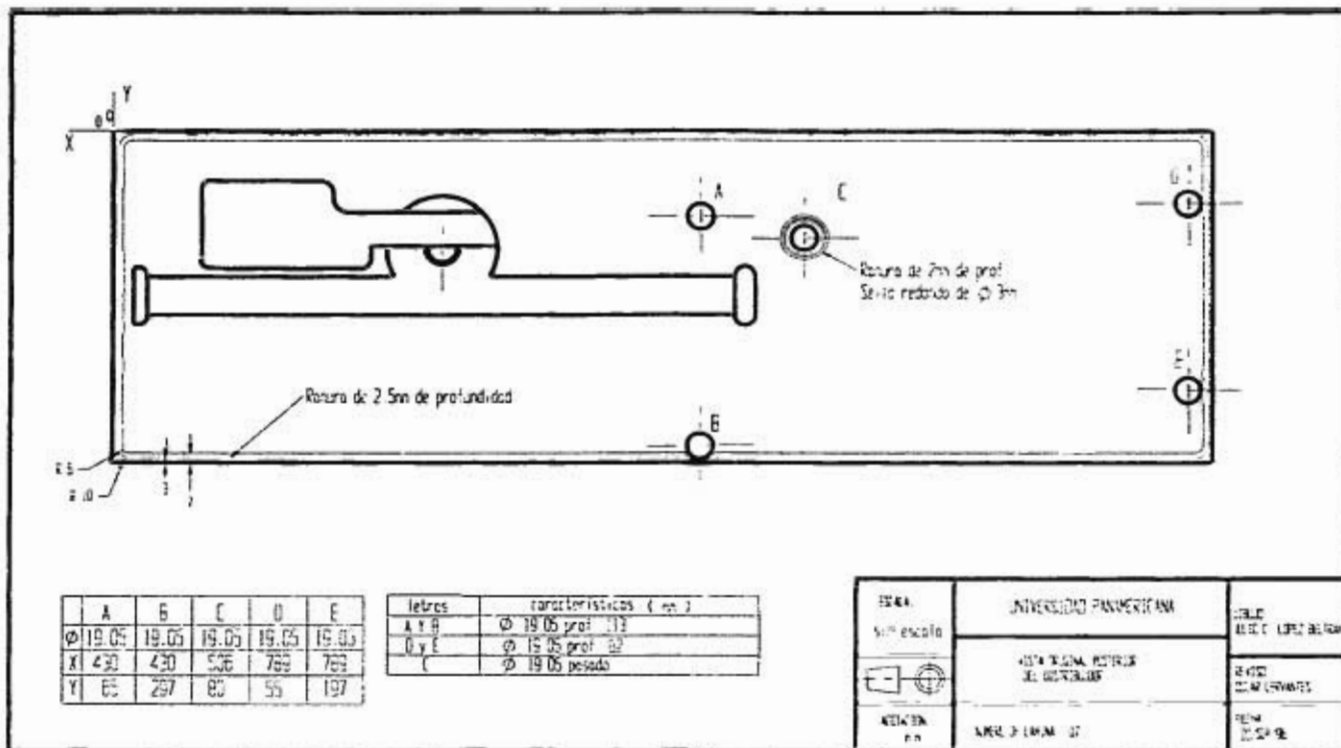
ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA



ESPECIFICACIONES  
 Tolerancias JS 5  
 Bloque de acero 304m de perfil


| LETRA | (MÁS. PRECISIÓN) (en mm)  |
|-------|---|
| A     | $\phi$ 15 (5) prof. 30, resaca R02 a 2.5 prof. 15   |
| B     | $\phi$ 31.75 prof. 105, resaca poco 3.5 prof. 25  |
| C     | $\phi$ 19 (5) prof. 331<br>Luz en el borde con ángulo de 45° con respecto a la superficie |
| D     | $\phi$ 15 (5) prof. 35  |
| E     | $\phi$ 19.75 prof. 30   |
| F     | $\phi$ 6.5 prof. 72   |

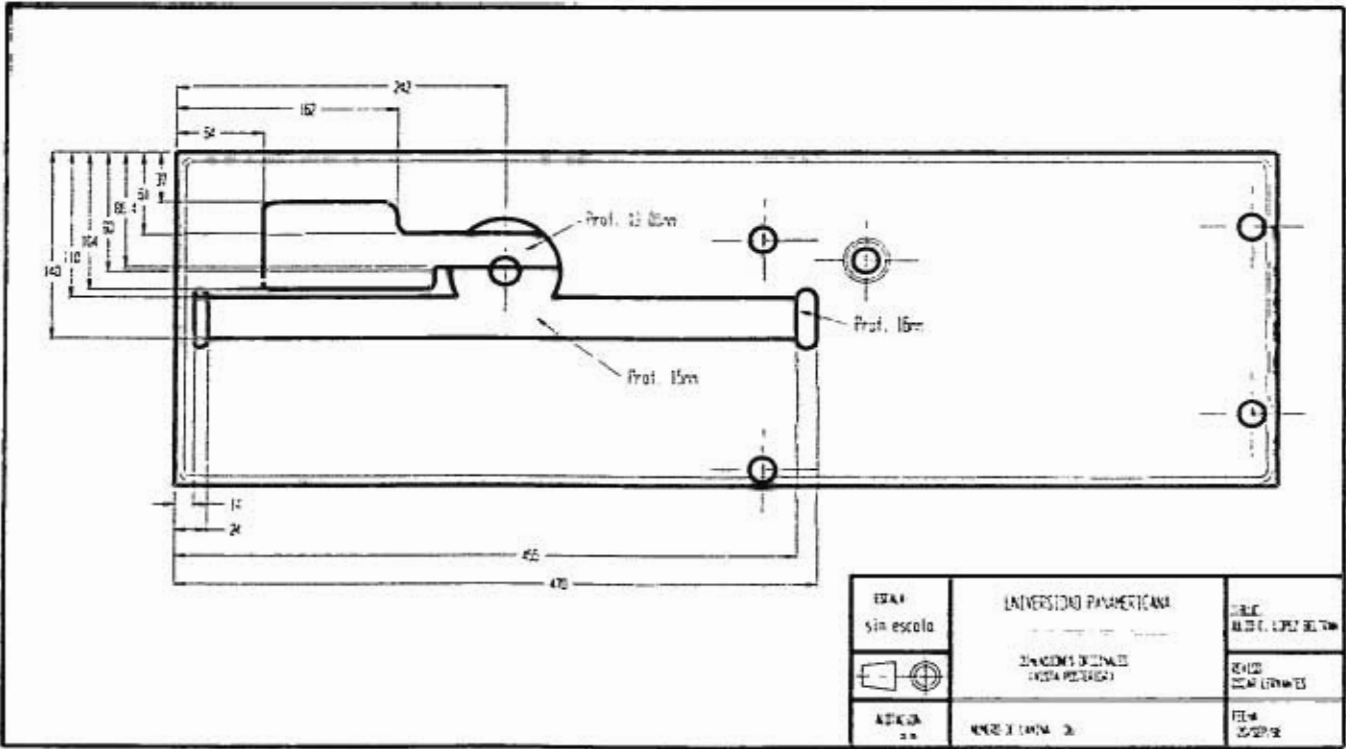
|  |                          |  |
|--|--------------------------|--|
|  | UNIVERSIDAD PANAMERICANA |  |
|  | FACULTAD DE INGENIERÍA   |  |
|  | INGENIERÍA DE MATERIALES |  |



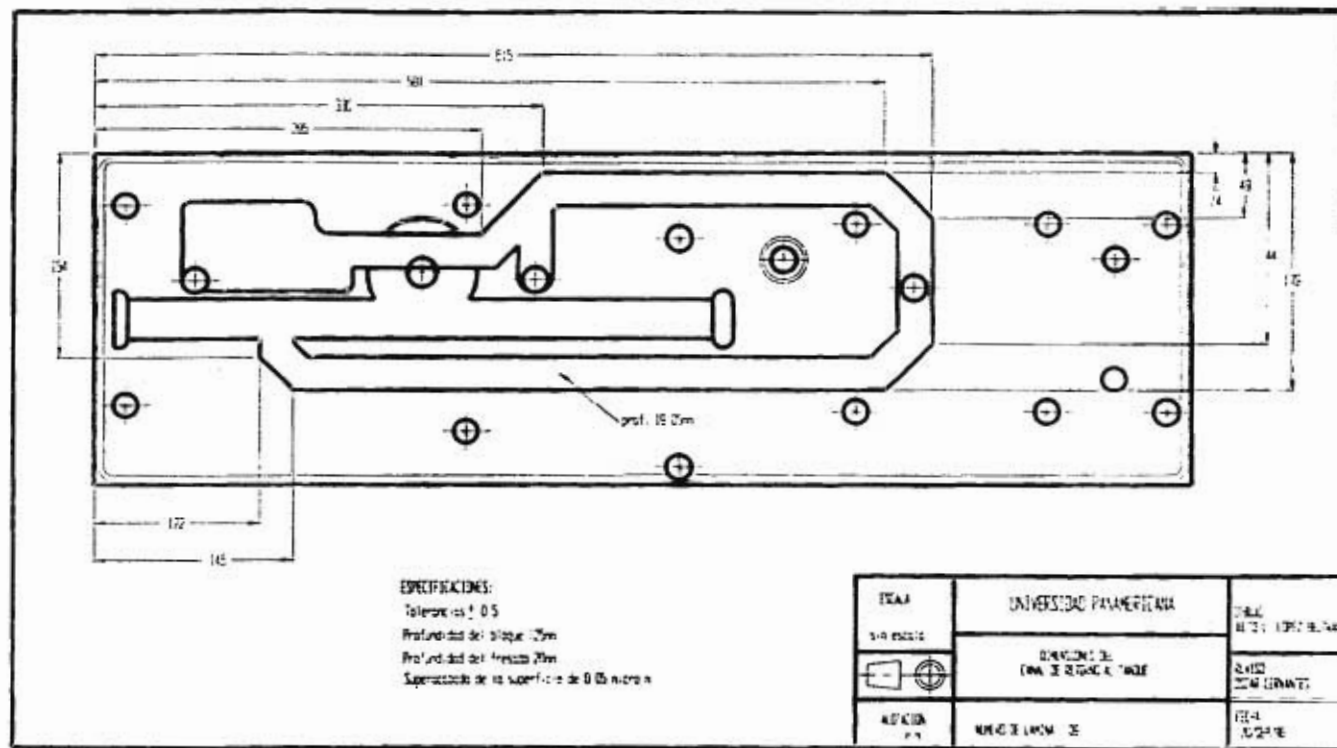
|   | A     | B     | C     | D     | E     |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ø | 19.05 | 19.05 | 19.05 | 19.05 | 19.05 |
| X | 430   | 430   | 536   | 769   | 769   |
| Y | 65    | 297   | 80    | 55    | 197   |

| letras | características (en ) |
|--------|-----------------------|
| A y B  | Ø 19.05 prof. 13      |
| D y E  | Ø 15.05 prof. 13      |
| C      | Ø 19.05 pesado        |

|   |                                       |                      |
|---|---------------------------------------|----------------------|
| FIG. 4<br>Sin escala<br> | UNIVERSIDAD PANAMERICANA              | FOLIO<br>DE 10 DE 10 |
|   | INSTITUTO TECNOLÓGICO<br>DE GUATEMALA | FOLIO<br>DE 10 DE 10 |
| AUTORES<br>P. N.  | ABRIL 2014                            | FECHA<br>DE 2014     |



|                     |                            |                                     |
|---------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| ESALA<br>sin escala | UNIVERSIDAD PANAMERICANA   | LIBRO<br>MATEMÁTICA DE TERCER GRADO |
|                     | DEPARTAMENTO DE INGENIERIA | REVISOR<br>INGENIERO                |
| ADICION<br>1.0      | PROFESOR<br>MATEMÁTICA     | FECHA<br>15/05/02                   |



### G. SECUENCIA DE MAQUINADO

El maquinado del distribuidor hidráulico es muy importante ya que si alguno de los barrenados se hiciera en el lugar incorrecto, podría afectar toda la ramificación del sistema, por lo que en la presente sección se mencionará cuál es el orden de maquinado de los barrenos.

En primer lugar se maquinarán los agujeros de fijación, ya que son éstos los que fijan el distribuidor a la máquina de inyección y tienen que ser lo más exacto posibles.

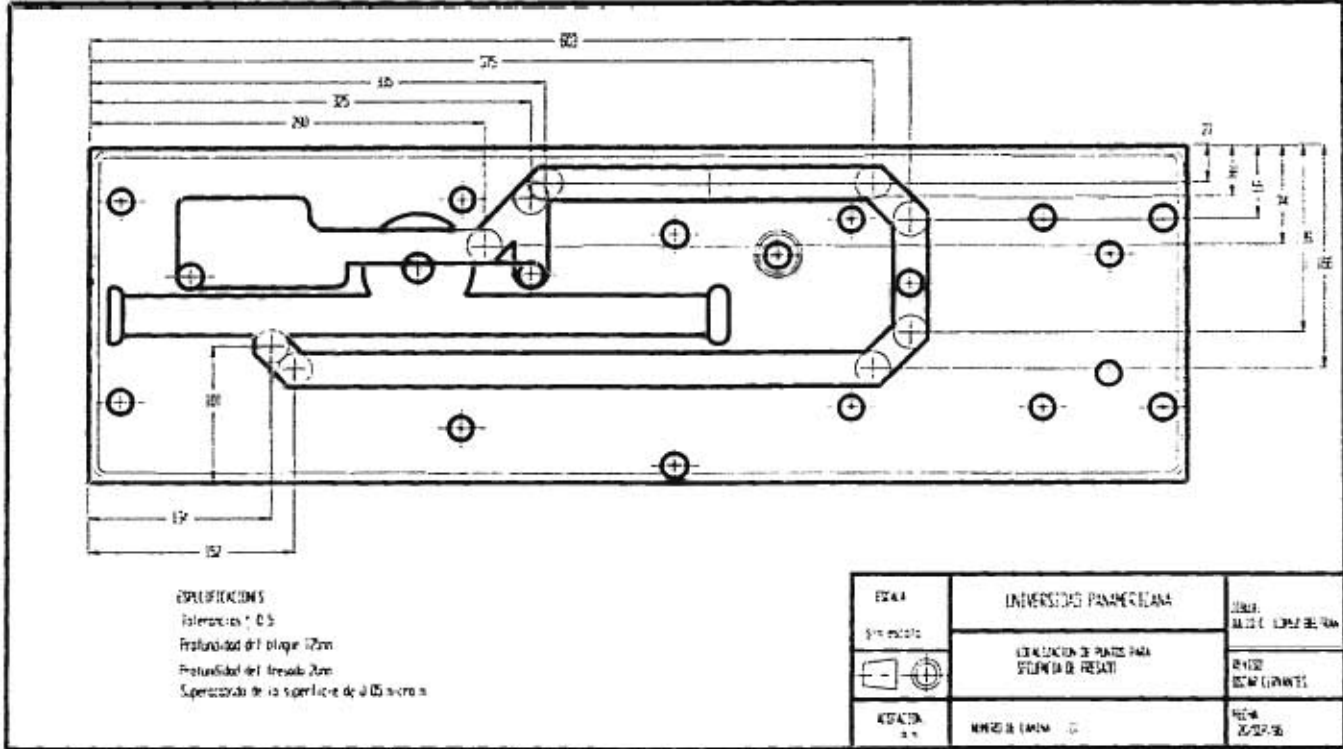
Para una mejor visualización de los barrenos, se dividió el bloque en 4 niveles.

En el nivel 3 se encuentra el conducto de alimentación, y será el segundo en maquinarse, ya que este barreno cruza todo el bloque en su longitud.

Luego se harán los barrenos que entran con cierto ángulo de inclinación al bloque de acero forjado, tendrán que ser lo más preciso posibles ya que una pequeña desviación afectaría la posición de los barrenos que se conectan con éste. Si uno de los barrenos no coincide entonces en el cruce de las perforaciones se notaría una desviación o un obstáculo que afectaría el flujo de aceite causando caídas de presión. Las perforaciones anteriores se encuentran en el nivel 2.

Se continuará con el barreno que se encuentra en el nivel 1 y posteriormente con los demás barrenos que ingresan por las caras laterales del bloque. A continuación se harán las perforaciones de la superficie de arriba del bloque, la cual incluye los barrenos de entrada y salidas de las válvulas, barrenos para sujeción de las válvulas al distribuidor y demás barrenos que se localizan en la parte frontal.

En el diagrama que se muestra a continuación se presenta la secuencia de fresado que se hará en la parte posterior del distribuidor, es decir la localización de los puntos donde la fresa debe de cambiar de dirección para dar la forma del conducto diseñado.



## CONCLUSIONES



## CONCLUSIONES

Dentro de la industria de plásticos, existen muchas circunstancias favorables y desfavorables. Favorables porque el uso de las máquinas de inyección han beneficiado enormemente la fabricación de productos de plástico de alta calidad que se producen por este método. Pero a su vez existen condiciones desfavorables como por ejemplo el mantenimiento de estas máquinas, lo cual ocasiona paros en la producción, concluyéndose lo siguiente:

- 1) Es básico el conocimiento de las máquinas de inyección.
- 2) Se necesitan tener conocimientos básicos de la hidráulica.
- 3) La mayoría de las máquinas de inyección de plástico son importadas y requieren de un adecuado mantenimiento.
- 4) Se requiere de técnicos especializados para poder solucionar problemas que se puedan presentar en la maquinaria.
- 5) Se requiere de ingenieros para poder buscar una solución a problemas mayores que no puedan solucionar los técnicos.
- 6) Es necesario contar con las herramientas básicas para poder desarrollar la solución del problema (paquetería de dibujo, libros de diseño, normas y reglamentaciones).

Un distribuidor hidráulico requiere de mucho ingenio, ya que será el que haga funcionar la máquina de inyección. Después de haber diseñado esta parte del sistema podemos concluir lo siguiente:

- El distribuidor hidráulico es la parte más importante de las máquinas de inyección de plástico.
- Para poder diseñar el nuevo distribuidor hidráulico se tomaron varios parámetros:
  - Funcionalidad
  - Sencillez
  - Eficiencia

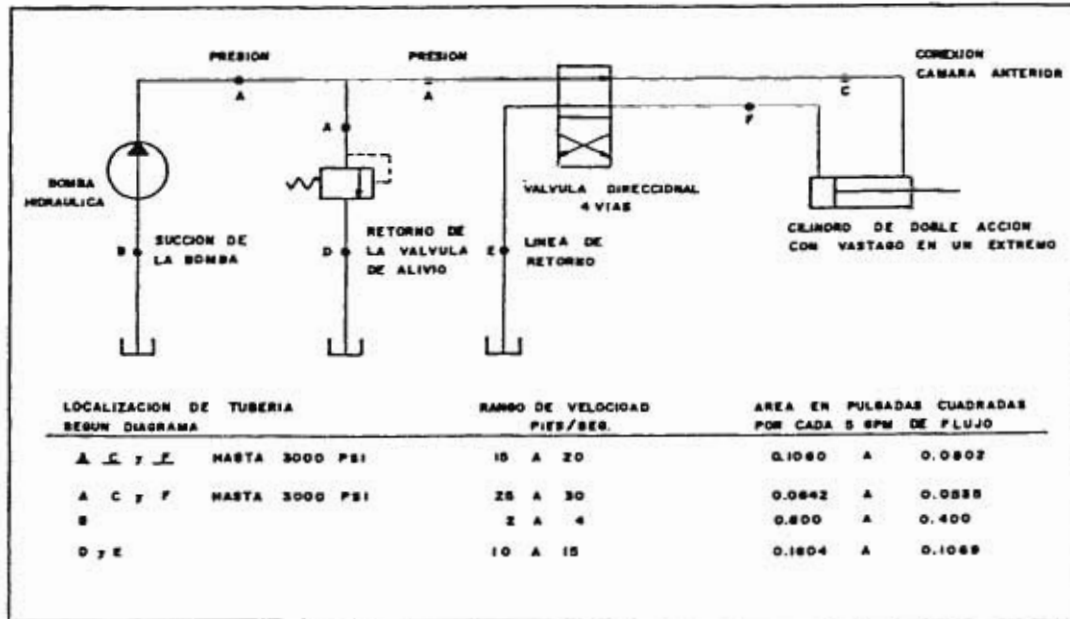
Los parámetros fueron planteados para tener un diseño que respondiera a las necesidades del proyecto, fácil de instalar, sin necesidad de usar un mecanismo complejo de grandes dimensiones, lo cual nos permitió dimensionar la estructura básica del distribuidor, que se encuentra desarrollada en el cap IV, donde se plantean varias consideraciones a tomar, los cálculos y el análisis del sistema hidráulico.

De lo anterior destacamos que este trabajo da una solución al problema planteado, el proyecto de cambio de un distribuidor hidráulico sencillo y económico en una de las máquinas de inyección de la industria de calzado Sandak.

Por último concluiríamos diciendo que los países en vías de desarrollo tienen el potencial, que es su gente con iniciativa y con ganas de trabajar, gente que puede y tiene el ingenio para dar solución a los problemas sin tener que recurrir a compañías extranjeras que construyen las máquinas, evitando gastos innecesarios.

## ANEXOS

**ANEXO 1**  
**RANGO DE VELOCIDADES SEGÚN LA LOCALIZACIÓN**  
**DE LA TUBERÍA**



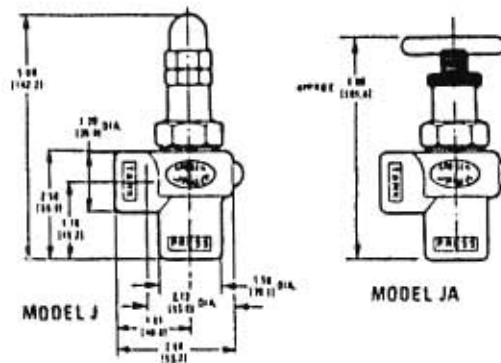
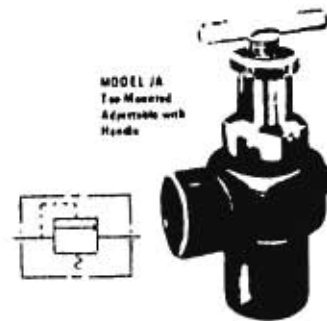
**ANEXO 2**  
**CARACTERÍSTICAS DE TUBERÍA**

| CEDULA | TAMARO NOMINAL (PULG) | DIAMETRO EXTERIOR (PULG) | DIAMETRO INTERIOR (PULG) | AREA PULG <sup>2</sup> | MAXIMA PRESION (PSI) | PRESION RUPTURA (PSI) | CAPACIDAD DE FLUJO SEGUN LA VELOCIDAD EN (PIES/SEG) GPM. |      |       |       |       |       |
|--------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|--|------|-------|-------|-------|-------|
|        |                       |                          |                          |                        |                      |                       | 2  | 4    | 10    | 15    | 20    | 30    |
| 40     | 1/8                   | .405                     | .269                     | .06                    | 2,800                | 20,700                | 0.36   | 0.72 | 1.80  | 2.70  | 3.60  | 5.40  |
| 80     | 1/8                   |                          | .215                     | .036                   | 3,975                | 29,200                | 0.24   | 0.48 | 1.20  | 1.80  | 2.40  | 3.60  |
| 160    | 1/8                   |                          |                          |                        |                      |                       |  |      |       |       |       |       |
| 40     | 1/4                   | .540                     | .364                     | .10                    | 2,175                | 16,000                | 0.60   | 1.20 | 3.40  | 4.50  | 6.00  | 9.00  |
| 80     | 1/4                   |                          | .302                     | .071                   | 2,925                | 22,000                | 0.48   | 0.96 | 2.40  | 3.60  | 4.80  | 7.20  |
| 160    | 1/4                   |                          |                          |                        |                      |                       |  |      |       |       |       |       |
| 40     | 3/8                   | .675                     | .493                     | .19                    | 1,800                | 13,500                | 1.20   | 2.40 | 6.00  | 9.00  | 12.00 | 18.00 |
| 80     | 3/8                   |                          | .423                     | .141                   | 2,475                | 19,000                | 0.84   | 1.68 | 4.20  | 5.30  | 8.40  | 11.00 |
| 160    | 3/8                   |                          |                          |                        |                      |                       |  |      |       |       |       |       |
| 40     | 1/2                   | .840                     | .622                     | .30                    | 1,725                | 13,200                | 1.92   | 3.80 | 9.50  | 14.00 | 19.00 | 29.00 |
| 80     | 1/2                   |                          | .546                     | .231                   | 2,325                | 17,500                | 1.44   | 2.88 | 7.20  | 11.00 | 14.00 | 22.00 |
| 160    | 1/2                   |                          | .464                     | .169                   | 2,980                | 21,000                | 1.06   | 2.13 | 5.33  | 8.00  | 10.60 | 16.00 |
| 40     | 3/4                   | 1.05                     | .824                     | .53                    | 1,425                | 11,000                | 3.36   | 6.60 | 16.00 | 25.00 | 33.00 | 50.00 |
| 80     | 3/4                   |                          | .742                     | .425                   | 1,950                | 15,000                | 3.00   | 6.00 | 15.00 | 22.00 | 30.00 | 44.00 |
| 160    | 3/4                   |                          | .612                     | .294                   | 2,780                | 21,000                | 1.86   | 3.73 | 9.33  | 14.00 | 18.60 | 28.00 |

**ANEXO 2**  
**CARACTERÍSTICAS DE TUBERÍA (Continuación)**

| CEDULA | TAMAÑO NOMINAL (PULG) | DIAMETRO EXTERIOR (PULG) | DIAMETRO INTERIOR (PULG) | ÁREA (PULG <sup>2</sup> ) | MÁXIMA PRESIÓN (PSI) | PRESIÓN RUPTURA (PSI) | CAPACIDAD DE FLUJO SEGUN LA VELOCIDAD EN (PIES/SEG) C. P. M. |      |       |       |       |      |
|--------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------|-----------------------|--|------|-------|-------|-------|------|
|        |                       |                          |                          |                           |                      |                       | 2  | 4    | 10    | 15    | 20    | 30   |
| 40     | 1                     | 1.32                     | 1.049                    | .86                       | 1,350                | 10,000                | 5.50   | 11.0 | 27.00 | 41.00 | 55.00 | 83.0 |
| 80     | 1                     |                          | .957                     | .710                      | 1,800                | 13,600                | 4.44   | 8.88 | 22.2  | 33.0  | 44.0  | 66.0 |
| 160    | 1                     |                          | .815                     | .522                      | 2,530                | 19,000                | 3.20   | 6.40 | 16.0  | 24.0  | 32.0  | 48.0 |
| 40     | 1 1/4                 | 1.66                     | 1.380                    | 1.49                      | 1,125                | 8,400                 | 9.40   | 19.0 | 47.0  | 70.0  | 94.0  | 140  |
| 80     | 1 1/4                 |                          | 1.280                    | 1.27                      | 1,525                | 11,500                | 6.80   | 13.6 | 40.2  | 60.0  | 80.0  | 120  |
| 160    | 1 1/4                 |                          | 1.160                    | 1.056                     | 2,000                | 15,000                | 6.50   | 13.0 | 32.6  | 49.0  | 65.0  | 98.0 |
| 40     | 1 1/2                 | 1.90                     | 1.610                    | 2.03                      | 1,000                | 7,600                 | 13.0   | 26.0 | 65.0  | 95.0  | 130   | 190  |
| 80     | 1 1/2                 |                          | 1.500                    | 1.75                      | 1,400                | 10,500                | 11.0   | 22.0 | 55.2  | 83.0  | 110   | 166  |
| 160    | 1 1/2                 |                          | 1.340                    | 1.400                     | 1,960                | 14,800                | 8.70   | 17.3 | 43.3  | 65.0  | 87.0  | 130  |
| 40     | 2                     | 2.375                    | 2.067                    | 3.35                      | 865                  | 6,500                 | 21.0   | 42.0 | 105   | 156   | 210   | 312  |
| 80     | 2                     |                          | 1.939                    | 2.95                      | 1,210                | 9,100                 | 18.0   | 37.0 | 91.2  | 138   | 185   | 276  |
| 160    | 2                     |                          | 1.689                    | 2.24                      | 1,925                | 14,500                | 13.7   | 27.5 | 68.8  | 103   | 137   | 200  |
| 40     | 2 1/2                 | 2.875                    | 2.469                    | 4.78                      | 920                  | 7,000                 | 30.0   | 60.0 | 150   | 222   | 300   | 444  |
| 80     | 2 1/2                 |                          | 2.323                    | 4.23                      | 1,267                | 9,600                 | 26.0   | 53.0 | 132   | 198   | 265   | 396  |
| 160    | 2 1/2                 |                          | 2.125                    | 3.54                      | 1,719                | 13,000                | 22.0   | 44.0 | 111   | 166   | 220   | 332  |
|        |                       | PULG.                    | PULG.                    | PULG <sup>2</sup>         | PSI                  | PSI                   | GPM  | GPM  | GPM   | GPM   | GPM   | GPM  |

**ANEXO 3**  
**DIMENSIONES DE LA VÁLVULA LIMITADORA**  
**DE PRESIÓN**



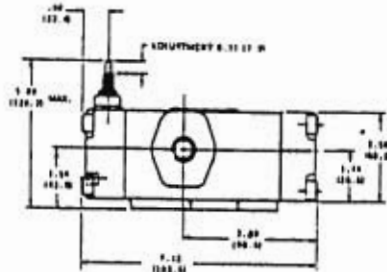
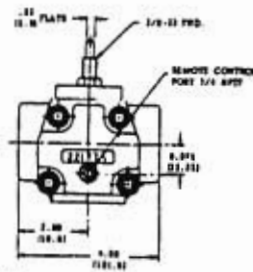




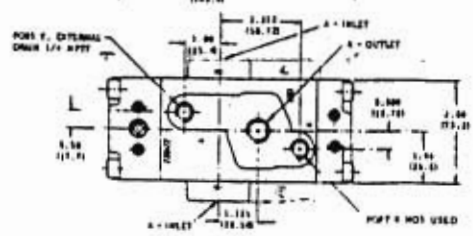
### ANEXO 5 DIMENSIONES DE LA VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN



| VALVE SIZE  | 3/8"               | 1/2"               | 1-1/4"             |
|---|--------------------|--------------------|--------------------|
| Rated Flow Capacity - GPM                             | 10                 | 30                 | 45                 |
| Adjustment Range                                      | 40-1000<br>40-3000 | 75-1000<br>75-3000 | 10-1000<br>10-3000 |
| Drop from 1000 PSI<br>at 100 GPM, 8 in<br>Barrel Flow | 40                 | 60                 | 100                |

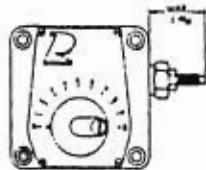
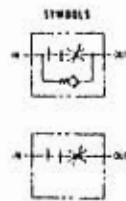


INCHES  
(MILLIMETERS)  
NOTE:  
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED  
ALL DIMENSIONS ARE DECIMALS.



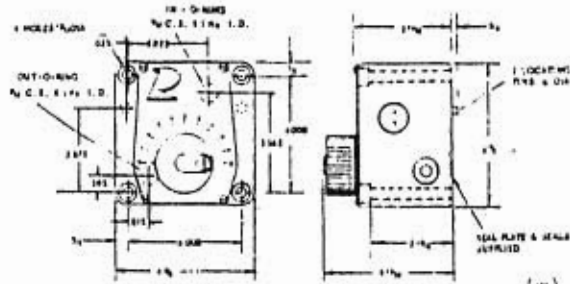
## ANEXO 6

### DIMENSIONES DE LA VÁLVULA DE 2 VÍAS REGULADORA DE CAUDAL

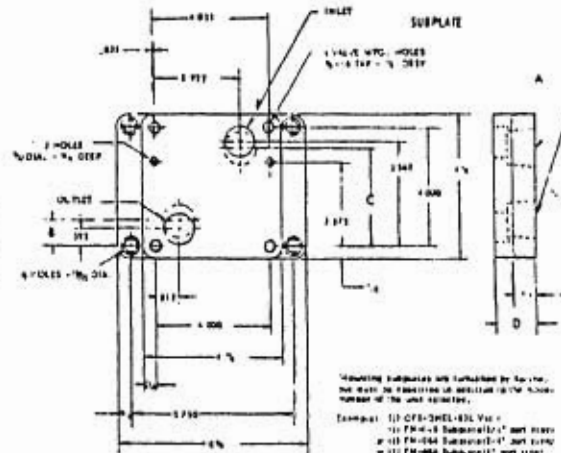
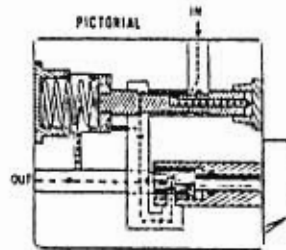


**STROKE ADJUSTMENT**

When operation is required, adjustment is required to start in flow. Compensation stroke adjustment can be done effectively. This device must operate for use for each variable flow setting. Manual compensation control action is required by the device. Refer to "How to Order" section on this sheet.



**SUBPLATE**



| MODEL NO | ADJ | B   | C   | D   |
|----------|-----|-----|-----|-----|
| FN-04B   | 1/4 | 1/2 | 1/2 | 1/2 |
| FN-05A   | 1/4 | 1/2 | 1/2 | 1/2 |
| FN-05B   | 1   | 1/2 | 1/2 | 1/2 |

\*Mounting subplates are furnished by the manufacturer. The user is required to specify the flow number of the unit ordered.  
 Example: (1) FN-05B Subplate (2) Part 1000 or (3) FN-05A Subplate (4) Part 1000 or (5) FN-05B Subplate (6) Part 1000

## ANEXO 7

## MANGUERAS PATENTADAS

## MANGUERA CON TRENZADO DE ALAMBRE «AEROQUIP»

Construcción: Tipo 302 — Refuerzo de trenza simple de alambre, recubrimiento de algodón.  
 2851, 2632 — Con recubrimiento de goma sintética.  
 Tipo 303 — Refuerzo de trenza doble de alambre y recubrimiento de goma sintética.  
 Temperatura de servicio: -40 grados C a 120 grados C.



Trenza simple de alambre

| Diámetro interno<br>pulg. | Diámetro exterior<br>pulg. | Presión—lb. pulg. <sup>2</sup> |        | Radio de curvatura mínimo<br>pulg. | Peso<br>lb./pie |
|---------------------------|----------------------------|--------------------------------|--------|------------------------------------|-----------------|
|                           |                            | Trabaja                        | Estira |                                    |                 |
| 3/8                       | 3/4 3/8                    | 2 000                          | 4 000  | 3                                  | 0.124           |
| 3/16                      | 3/4 3/4                    | 3 000                          | 6 000  | 3                                  | 0.112           |
| 1/2                       | 3/4 3/4                    | 3 000                          | 5 000  | 3 1/2                              | 0.156           |
| 5/16                      | 3/4 3/4                    | 2 250                          | 4 500  | 4                                  | 0.223           |
| 1 1/32                    | 3/4 3/4                    | 2 000                          | 4 000  | 4 1/2                              | 0.264           |
| 1/2                       | 3/4 3/4                    | 1 750                          | 3 500  | 5 1/2                              | 0.372           |
| 5/8                       | 1 3/16                     | 1 500                          | 3 000  | 6 1/2                              | 0.456           |
| 7/8                       | 1 1/4 3/4                  | 900                            | 1 800  | 7 1/2                              | 0.443           |
| 1 1/8                     | 1 1/2                      | 600                            | 1 250  | 9                                  | 0.520           |
| 1 3/8                     | 1 3/4                      | 500                            | 1 000  | 10 1/2                             | 0.673           |
| 1 1/2                     | 2 1/2                      | 350                            | 700    | 13 1/2                             | 0.940           |
| 2 3/8                     | 2 7/8                      | 250                            | 500    | 24                                 | 1.428           |
| 3                         | 3 1/2 3/4                  | 200                            | 400    | 33                                 | 2.14            |



Trenza doble de alambre

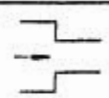
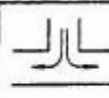

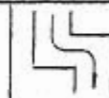
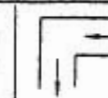
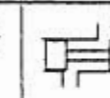
| in    | in    | lb    | lb     |       | lb/pie |
|-------|-------|-------|--------|-------|--------|
| 0.187 | 0.671 | 5 000 | 10 000 | 4     | 0.266  |
| 0.250 | 0.687 | 5 000 | 10 000 | 4     | 0.340  |
| 0.343 | 0.750 | 4 500 | 9 000  | 5     | 0.440  |
| 0.437 | 0.813 | 4 000 | 8 000  | 5 1/2 | 0.445  |
| 0.562 | 1.031 | 3 500 | 7 000  | 6 1/2 | 0.623  |
| 0.687 | 1.187 | 3 000 | 6 000  | 7 1/2 | 0.763  |
| 0.875 | 1.50  | 2 000 | 4 000  | 9 1/2 | 1.276  |
| 0.875 | 1.50  | 3 000 | 6 000  | 13    | 1.100  |
| 1.250 | 2.0   | 1 650 | 1 350  | 16    | 1.950  |
| 1.50  | 2.25  | 1 250 | 2 500  | 20    | 2.020  |
| 2.0   | 2.75  | 1 000 | 2 000  | 26    | 2.700  |

## ANEXO 8

Tabla para el factor de corrección b

|    |    |    |     |     |     |      |      |      |
|----|----|----|-----|-----|-----|------|------|------|
| Re | 25 | 50 | 100 | 250 | 500 | 1000 | 1500 | 2300 |
| b  | 30 | 15 | 7.5 | 3   | 1.5 | 1.25 | 1.15 | 1.0  |

Tabla para el coeficiente geométrico

|   |   |   |   |  |   |   |
|---|---|---|---|--|---|---|
|   |  |  |  |  |  |  |
| ζ | 0.5   | 1.3   | 0.5-1   | 2  | 1.2   | 5...15  |

$$\Delta p = \zeta \cdot b \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}$$

$$\Delta p = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2$$

## BIBLIOGRAFÍA

## BIBLIOGRAFÍA

- 1.- MANCEBO DEL CASTILLO Uriel, Teoría del Golpe de Ariete y sus Aplicaciones en Ingeniería Hidráulica, México, Ed. Limusa, 1987.
- 2.- SIMÓN Andrew, Hidráulica Básica, México, Ed. Limusa, 1983.
- 3.- FORCHHEIMER Philipp, Tratado De Hidráulica, (Manuel Lucini), México, Ed. Labor, 1935, (ed 3a).
- 4.- AZEVEDO NETTO J.M., ACOSTA Guillermo, Manual De Hidráulica, México, Ed. Harla, 1976.
- 5.- JIMENEZ DE CISNEROS Luis María, Manual De Oleohidráulica, España, Ed. Blume, 1975, (ed 2a).
- 6.- CHEVALIER A., Dibujo Industrial, México, Ed. Limusa, 1992, (ed 2a).

7.- MERKLE D., SCHIRADER B. y THOMES M., Hidráulica, México, Fests, 1989.

8.- DEUTSCHMAN Aaron, Diseño de Maquinas, México, Ed. Ceesa, 1987

9.- WHITE Frank M., Mecánica de Fluidos, México, Ed. Mc Graw Hill, 1992.

10.- LUZADDER Warren J., Fundamentos de Dibujo en Ingeniería, México,  
Ed. Prentice Hall, 1991, (ed. 9a).

11.- MATAIX Claudio, Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas, México,  
Ed. Harla, 1982, (ed. 2a).