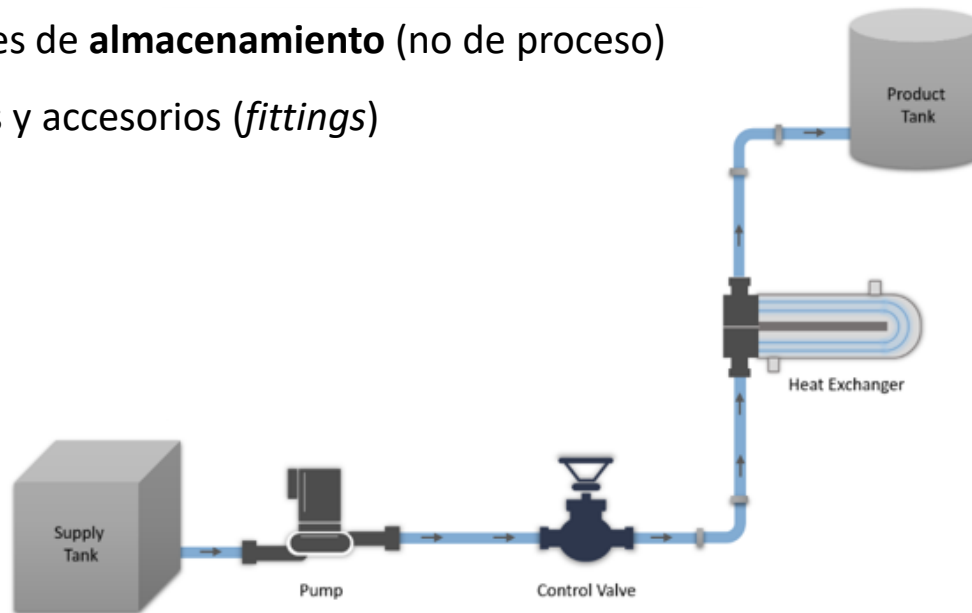


# Operaciones Unitarias 1

## Elementos para el transporte de fluidos

- Tanques de **almacenamiento** (no de proceso)
- Ductos y accesorios (*fittings*)



# Elementos para el transporte de fluidos Dimensionado de tanques de almacenamiento (no de proceso)

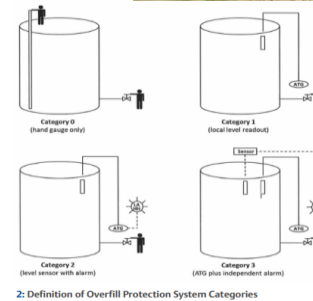
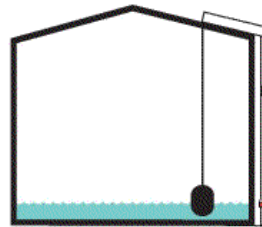
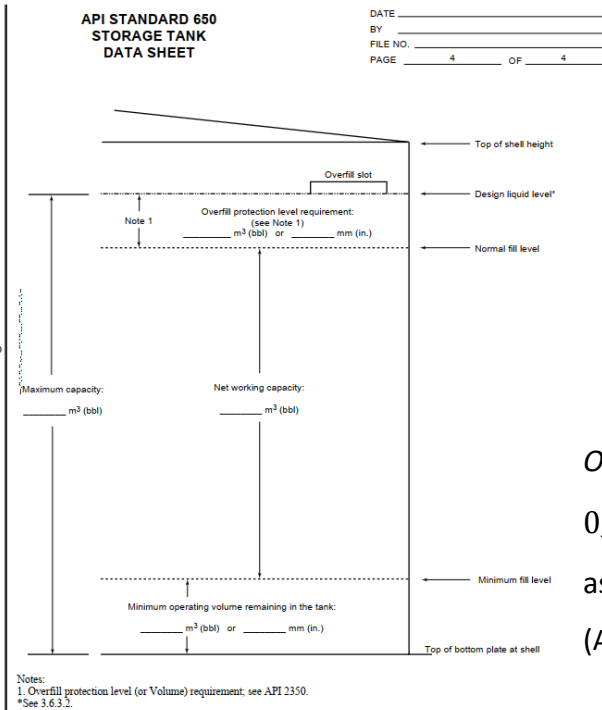
$R_{tq}$  es un factor de diseño asociado a la estabilidad mecánica de la construcción (anclaje y carga de viento):  $0,6 \leq R_{tq} \leq 1,15$ ; un valor recomendado es  $R_{tq} = 2/3$

$$h_{tq} = R_{tq} \phi_{tq}$$

$$V_{tq} = S_{tq} h_{tq} = \frac{\pi \phi_{tq}^2}{4} h_{tq} = \frac{\pi \phi_{tq}^3}{4} R_{tq}$$

Si  $Q_v$  es el caudal y  $\theta_r$  es el tiempo mínimo disponible para la operación

$$Q_v \theta_r = V_{tq} = \frac{\pi \phi_{tq}^3}{4} R_{tq} \rightarrow \phi_{tq} = \sqrt[3]{\frac{4 Q_v \theta_r}{\pi R_{tq}}} \quad h_{tq} = R_{tq} \phi_{tq}$$



Overfill protection level requirement: define el nivel máximo operativo seguro  $0,8 \leq f_{ofill} \leq 0,9$   $h_{tqop} = f_{ofill} h_{tqdis}$ ; nivel o altura mínima: 0,4 – 0,8 m sobre nivel de base del tanque asociado al nivel adecuado para la operación manual de válvula de operación o de escape (API 2750)

## Elementos para el transporte de fluidos ductos: pipe, tubos y conductos

En condiciones de flujo interno los ductos trabajan a presión, es decir, sin superficie libre, con el fluido mojando toda su área transversal. Los términos tubería, caño, ducto y conducto se usan indistintamente, pero pueden hacerse algunas distinciones: El término **caño** (pipe) identifica a un ducto cuyo diámetro nominal NO coinciden con el diámetro exterior (OD) hasta 12" inclusive. El término **tubo** (tube) es un ducto cuyo diámetro nominal SI coincide con el diámetro exterior. Las secciones de flujo de sección transversal no circular son **conductos** (especialmente cuando el fluido es un gas).

### Tipos de materiales más comunes

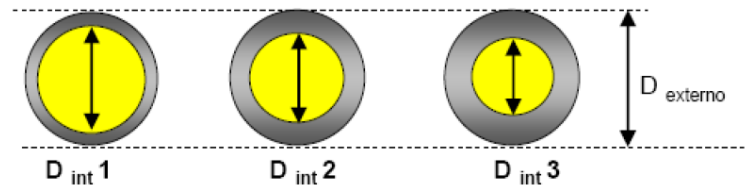
Acero. Pueden ser instalados sobre el suelo. Se debe usar acero galvanizado, ya que el recubrimiento de zinc es muy útil para aumentar su vida laboral.

PVC Cloruro de polivinilo: tubería de plástico rígido. Las tuberías y accesorios de PVC siempre deben instalarse bajo tierra, ya que el material se deteriora con la luz solar y se vuelve quebradizo en condiciones de congelamiento.

PE y HDPE (High Density PolyEthilene): Polietileno está disponible en forma flexible (baja densidad) o rígida (media y alta densidad). La tubería de PE se puede instalar por encima o por debajo del suelo, pero generalmente se entierra para su protección.



Las tuberías están disponibles para varios diámetros internos



# Elementos para el transporte de fluidos ductos clasificación (rating) de ductos

Clasificación basada en la presión admisible: Sistema SCHEDULE

Es la designación en la que el diámetro exterior, la pared el espesor y el diámetro interior se fijan según las especificaciones estandarizados. Su espesor está clasificado en Schedule SCH (SCH, cedula o catálogo) basados en la presión máxima admisible,  $SCH = \frac{P}{\sigma}$  donde  $P$  (psi) es presión y  $\sigma$  tensión máxima admisible del material ( $\sigma = 12 \text{ psi}$ ).

Se identifican como NPS (Nominal Pipe Size) SCH # (Schedule Nro.)

IPS: Iron Pipe size

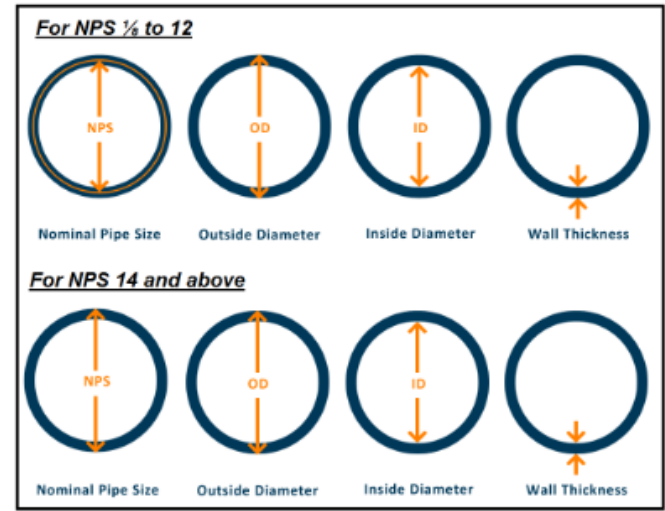
Tamaños estándar para tubos de acero de cédula 40

| Tamaño nominal, in | Diámetro interior real, in |
|--------------------|----------------------------|
| $\frac{1}{8}$      | 0.269                      |
| $\frac{1}{4}$      | 0.364                      |
| $\frac{3}{8}$      | 0.493                      |
| $\frac{1}{2}$      | 0.622                      |
| $\frac{3}{4}$      | 0.824                      |
| 1                  | 1.049                      |
| $1\frac{1}{2}$     | 1.610                      |
| 2                  | 2.067                      |
| $2\frac{1}{2}$     | 2.469                      |
| 3                  | 3.068                      |
| 5                  | 5.047                      |
| 10                 | 10.02                      |

10-78 TRANSPORT AND STORAGE OF FLUIDS

TABLE 10-22 Properties of Steel Pipe

| Nominal pipe size, in | Outside diameter, in | Schedule no. | Wall thickness, in | Inside diameter, in | Cross-sectional area   |                       | Circumference, ft. or surface, ft <sup>2</sup> /ft of length |        | Capacity at 1-ft/s velocity |                        | Weight of plain-end pipe, lb/ft |
|-----------------------|----------------------|--------------|--------------------|---------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------|--------|-----------------------------|------------------------|---------------------------------|
|                       |                      |              |                    |                     | Metal, in <sup>2</sup> | Flow, ft <sup>2</sup> | Outside                                                      | Inside | U.S. gal/min                | ft <sup>3</sup> /water |                                 |
| 1/8                   | 0.405                | 10S          | 0.049              | 0.307               | 0.055                  | 0.00051               | 0.106                                                        | 0.0804 | 0.231                       | 115.5                  | 0.19                            |
|                       |                      | 40ST, 40S    | 0.06               | 0.269               | 0.72                   | 0.0046                | 106                                                          | 0.705  | 179                         | 89.5                   | 24                              |
|                       |                      | 80XS, 80S    | 0.05               | 0.215               | 0.93                   | 0.0025                | 106                                                          | 0.563  | 113                         | 56.5                   | 31                              |
| 1/4                   | 0.540                | 10S          | 0.05               | 0.410               | 0.07                   | 0.00092               | 141                                                          | 1.07   | 412                         | 206.5                  | 33                              |
|                       |                      | 40ST, 40S    | 0.08               | 0.264               | 1.25                   | 0.0072                | 141                                                          | 0.95   | 323                         | 161.5                  | 42                              |
|                       |                      | 80XS, 80S    | 0.19               | 0.302               | 0.90                   | 0.0059                | 141                                                          | 0.79   | 234                         | 112.0                  | 54                              |
| 3/8                   | 0.675                | 10S          | 0.05               | 0.445               | 0.125                  | 0.00162               | 177                                                          | 1.43   | 727                         | 363.5                  | 42                              |
|                       |                      | 40ST, 40S    | 0.091              | 0.463               | 1.07                   | 0.0133                | 177                                                          | 1.29   | 596                         | 298.0                  | 57                              |
|                       |                      | 80XS, 80S    | 0.126              | 0.423               | 0.217                  | 0.0098                | 177                                                          | 1.11   | 440                         | 220.0                  | 74                              |
| 1/2                   | 0.840                | 5S           | 0.05               | 0.710               | 0.58                   | 0.0275                | 220                                                          | 1.86   | 1.234                       | 617.0                  | 54                              |
|                       |                      | 10S          | 0.05               | 0.654               | 1.07                   | 0.0248                | 220                                                          | 1.76   | 1.112                       | 556.0                  | 87                              |
|                       |                      | 40ST, 40S    | 0.10               | 0.550               | 0.82                   | 0.0211                | 220                                                          | 1.65   | 0.945                       | 472.0                  | 85                              |
| 3/4                   | 1.050                | 10S          | 0.05               | 0.920               | 0.201                  | 0.0061                | 275                                                          | 2.41   | 2.072                       | 1036.0                 | 69                              |
|                       |                      | 40ST, 40S    | 0.083              | 0.884               | 0.252                  | 0.0049                | 275                                                          | 2.31   | 1.903                       | 951.5                  | 9.86                            |
|                       |                      | 80XS, 80S    | 0.113              | 0.824               | 0.333                  | 0.0071                | 275                                                          | 2.16   | 1.665                       | 832.5                  | 11.5                            |
| 1                     | 1.315                | 10S          | 0.05               | 1.185               | 0.255                  | 0.0078                | 344                                                          | 3.10   | 3.449                       | 1725                   | 6.87                            |
|                       |                      | 40ST, 40S    | 0.109              | 1.097               | 0.413                  | 0.0056                | 344                                                          | 2.87   | 2.946                       | 1473                   | 1.40                            |
|                       |                      | 80XS, 80S    | 0.154              | 1.043               | 0.533                  | 0.0090                | 344                                                          | 2.75   | 2.660                       | 1345                   | 1.88                            |
| 1 1/2                 | 1.610                | 10S          | 0.05               | 1.442               | 0.328                  | 0.0134                | 435                                                          | 3.78   | 5.09                        | 2545                   | 1.81                            |
|                       |                      | 40ST, 40S    | 0.109              | 1.338               | 0.429                  | 0.0076                | 435                                                          | 3.50   | 4.38                        | 2190                   | 4.86                            |
|                       |                      | 80XS, 80S    | 0.154              | 1.278               | 0.581                  | 0.0091                | 435                                                          | 3.35   | 3.99                        | 1995                   | 3.00                            |
| 2                     | 2.067                | 10S          | 0.05               | 1.770               | 0.375                  | 0.0170                | 497                                                          | 4.63   | 7.67                        | 3835                   | 1.28                            |
|                       |                      | 40ST, 40S    | 0.109              | 1.682               | 0.614                  | 0.0154                | 497                                                          | 4.40   | 6.94                        | 3465                   | 2.09                            |
|                       |                      | 80XS, 80S    | 0.145              | 1.610               | 0.800                  | 0.0114                | 497                                                          | 4.21   | 6.45                        | 3170                   | 2.72                            |
| 2 1/2                 | 2.469                | 10S          | 0.05               | 2.245               | 0.472                  | 0.0249                | 622                                                          | 5.88   | 12.34                       | 6170                   | 1.61                            |
|                       |                      | 40ST, 40S    | 0.109              | 2.157               | 0.776                  | 0.0238                | 622                                                          | 5.65   | 11.39                       | 5695                   | 2.64                            |
|                       |                      | 80XS, 80S    | 0.154              | 2.067               | 1.075                  | 0.0230                | 622                                                          | 5.41   | 10.45                       | 5225                   | 3.65                            |
| 3                     | 3.068                | 10S          | 0.05               | 2.835               | 0.609                  | 0.0359                | 822                                                          | 8.06   | 17.80                       | 8900                   | 1.01                            |
|                       |                      | 40ST, 40S    | 0.109              | 2.747               | 1.177                  | 0.0349                | 822                                                          | 7.86   | 16.87                       | 8430                   | 1.432                           |
|                       |                      | 80XS, 80S    | 0.154              | 2.659               | 1.477                  | 0.0340                | 822                                                          | 7.68   | 15.95                       | 7965                   | 1.858                           |
| 3 1/2                 | 3.548                | 10S          | 0.05               | 3.434               | 0.841                  | 0.0517                | 1047                                                         | 10.84  | 24.80                       | 12300                  | 1.12                            |
|                       |                      | 40ST, 40S    | 0.109              | 3.346               | 1.140                  | 0.0507                | 1047                                                         | 10.65  | 23.87                       | 11830                  | 1.546                           |
|                       |                      | 80XS, 80S    | 0.154              | 3.258               | 1.439                  | 0.0500                | 1047                                                         | 10.47  | 22.94                       | 11360                  | 1.970                           |
| 4                     | 4.5                  | 10S          | 0.05               | 4.334               | 1.152                  | 0.0745                | 1273                                                         | 13.35  | 30.00                       | 15000                  | 0.91                            |
|                       |                      | 40ST, 40S    | 0.109              | 4.246               | 1.651                  | 0.0736                | 1273                                                         | 13.15  | 29.07                       | 14530                  | 1.335                           |
|                       |                      | 80XS, 80S    | 0.154              | 4.158               | 1.950                  | 0.0728                | 1273                                                         | 12.95  | 28.14                       | 14060                  | 1.760                           |



www.theprocesspiping.com

NPS: Nominal Pipe size;

DN: Diámetro nominal;

OD: Outer Diameter; ID:

Inner Diameter; WT: Wall

Thickness; SCH: Schedule o

Cedula. STD: Standard; XS:

Extra Strong; XXS: Double

Extra Strong

|                                                           |                                                             |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| For Carbon Steel and Wrought iron Pipe as per ASME B36.10 | 5, 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, STD, XS, XXS |
| For Stainless Steel Pipe as per ASME B36.19               | 5S, 10S, 40S, 80S                                           |

Elementos para el transporte de fluidos ductos clasificación (rating) de ductos

## NPS NOMINAL PIPE SIZE CHART - DIMENSIONS IN INCHES

| DIAMETERS                      |       | SCHEDULES |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Nominal<br>in Inch |       |
|--------------------------------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------|-------|
| Nominal<br>Diameter<br>in Inch | OD    | 5         | 5s    | 10    | 10s   | 20    | 30    | 40    | 40s   | Std   | 60    | 80    | 80s   | XS    | 100   | 120   | 140   | 160   | XXS   |                    |       |
| 1/8                            | 0.405 |           |       | 0.049 | 0.049 |       |       | 0.068 | 0.068 | 0.068 |       |       | 0.095 | 0.095 | 0.095 |       |       |       |       |                    | 1/8   |
| 1/4                            | 0.54  |           |       | 0.065 | 0.065 |       |       | 0.088 | 0.088 | 0.088 |       |       | 0.119 | 0.119 | 0.119 |       |       |       |       |                    | 1/4   |
| 3/8                            | 0.675 |           |       | 0.065 | 0.065 |       | 0.073 | 0.091 | 0.091 | 0.091 |       |       | 0.126 | 0.126 | 0.126 |       |       |       |       |                    | 3/8   |
| 1/2                            | 0.84  | 0.065     | 0.065 | 0.083 | 0.083 |       | 0.095 | 0.109 | 0.109 | 0.109 |       |       | 0.147 | 0.147 | 0.147 |       |       |       | 0.188 | 0.294              | 1/2   |
| 3/4                            | 1.05  | 0.065     | 0.065 | 0.083 | 0.083 |       | 0.095 | 0.113 | 0.113 | 0.113 |       |       | 0.154 | 0.154 | 0.154 |       |       |       | 0.219 | 0.308              | 3/4   |
| 1                              | 1.315 | 0.065     | 0.065 | 0.109 | 0.109 |       | 0.114 | 0.133 | 0.133 | 0.133 |       |       | 0.179 | 0.179 | 0.179 |       |       |       | 0.25  | 0.358              | 1     |
| 1 1/4                          | 1.66  | 0.065     | 0.065 | 0.109 | 0.109 |       | 0.117 | 0.14  | 0.14  | 0.14  |       |       | 0.191 | 0.191 | 0.191 |       |       |       | 0.25  | 0.382              | 1 1/4 |
| 1 1/2                          | 1.9   | 0.065     | 0.065 | 0.109 | 0.109 |       | 0.125 | 0.145 | 0.145 | 0.145 |       |       | 0.2   | 0.2   | 0.2   |       |       |       | 0.281 | 0.4                | 1 1/2 |
| 2                              | 2.375 | 0.065     | 0.065 | 0.109 | 0.109 |       | 0.125 | 0.154 | 0.154 | 0.154 |       |       | 0.218 | 0.218 | 0.218 |       |       |       | 0.344 | 0.436              | 2     |
| 2 1/2                          | 2.875 | 0.083     | 0.083 | 0.12  | 0.12  |       | 0.188 | 0.203 | 0.203 | 0.203 |       |       | 0.276 | 0.276 | 0.276 |       |       |       | 0.375 | 0.552              | 2 1/2 |
| 3                              | 3.5   | 0.083     | 0.083 | 0.12  | 0.12  |       | 0.188 | 0.216 | 0.216 | 0.216 |       |       | 0.3   | 0.3   | 0.3   |       |       |       | 0.438 | 0.6                | 3     |
| 3 1/2                          | 4     | 0.083     | 0.083 | 0.12  | 0.12  |       | 0.188 | 0.226 | 0.226 | 0.226 |       |       | 0.318 | 0.318 | 0.318 |       |       |       |       | 0.636              | 3 1/2 |
| 4                              | 4.5   | 0.083     | 0.083 | 0.12  | 0.12  |       | 0.188 | 0.237 | 0.237 | 0.237 |       |       | 0.337 | 0.337 | 0.337 |       | 0.438 |       | 0.531 | 0.674              | 4     |
| 5                              | 5.563 | 0.109     | 0.109 | 0.134 | 0.134 |       |       | 0.258 | 0.258 | 0.258 |       |       | 0.375 | 0.375 | 0.375 |       | 0.5   |       | 0.625 | 0.75               | 5     |
| 6                              | 6.625 | 0.109     | 0.109 | 0.134 | 0.134 |       |       | 0.28  | 0.28  | 0.28  |       |       | 0.432 | 0.432 | 0.432 |       | 0.562 |       | 0.719 | 0.864              | 6     |
| 8                              | 8.625 | 0.109     | 0.109 | 0.148 | 0.148 | 0.25  | 0.277 | 0.322 | 0.322 | 0.322 | 0.406 | 0.5   | 0.5   | 0.5   | 0.594 | 0.719 | 0.812 | 0.906 | 0.875 | 8                  |       |
| 10                             | 10.75 | 0.134     | 0.134 | 0.165 | 0.165 | 0.25  | 0.307 | 0.365 | 0.365 | 0.365 | 0.5   | 0.594 | 0.5   | 0.5   | 0.719 | 0.844 | 1     | 1.125 | 1     | 10                 |       |
| 12                             | 12.75 | 0.156     | 0.156 | 0.18  | 0.18  | 0.25  | 0.33  | 0.406 | 0.375 | 0.375 | 0.562 | 0.688 | 0.5   | 0.5   | 0.844 | 1     | 1.125 | 1.312 | 1     | 12                 |       |
| 14                             | 14    | 0.156     | 0.156 | 0.25  | 0.188 | 0.312 | 0.375 | 0.438 | 0.375 | 0.375 | 0.594 | 0.75  | 0.5   | 0.5   | 0.938 | 1.094 | 1.25  | 1.406 |       | 14                 |       |
| 16                             | 16    | 0.165     | 0.165 | 0.25  | 0.188 | 0.312 | 0.375 | 0.5   | 0.375 | 0.375 | 0.656 | 0.844 | 0.5   | 0.5   | 1.031 | 1.219 | 1.438 | 1.594 |       | 16                 |       |
| 18                             | 18    | 0.165     | 0.165 | 0.25  | 0.188 | 0.312 | 0.438 | 0.562 | 0.375 | 0.375 | 0.75  | 0.938 | 0.5   | 0.5   | 1.156 | 1.375 | 1.562 | 1.781 |       | 18                 |       |
| 20                             | 20    | 0.188     | 0.188 | 0.25  | 0.218 | 0.375 | 0.5   | 0.594 | 0.375 | 0.375 | 0.812 | 1.031 | 0.5   | 0.5   | 1.281 | 1.5   | 1.75  | 1.969 |       | 20                 |       |
| 22                             | 22    | 0.188     | 0.188 | 0.25  | 0.218 | 0.375 | 0.5   |       |       | 0.375 | 0.875 | 1.125 |       | 0.5   | 1.375 | 1.625 | 1.875 | 2.125 |       | 22                 |       |
| 24                             | 24    | 0.218     | 0.218 | 0.25  | 0.25  | 0.375 | 0.562 | 0.688 | 0.375 | 0.375 | 0.969 | 1.219 | 0.5   | 0.5   | 1.531 | 1.812 | 2.062 | 2.344 |       | 24                 |       |
| 26                             | 26    |           |       | 0.312 |       | 0.5   |       |       |       | 0.375 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |                    |       |
| 28                             | 28    |           |       | 0.312 |       | 0.5   | 0.625 |       |       | 0.375 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |                    |       |
| 30                             | 30    | 0.25      | 0.25  | 0.312 | 0.312 | 0.5   | 0.625 |       |       | 0.375 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |                    |       |
| 32                             | 32    |           |       | 0.312 |       | 0.5   | 0.625 | 0.688 |       | 0.375 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |                    |       |
| 34                             | 34    |           |       | 0.312 |       | 0.5   | 0.625 | 0.688 |       | 0.375 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |                    |       |
| 36                             | 36    |           |       | 0.312 |       | 0.5   | 0.625 | 0.75  |       | 0.375 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |                    |       |
| 38                             | 38    |           |       |       |       |       |       |       |       | 0.375 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |                    |       |
| 40                             | 40    |           |       |       |       |       |       |       |       | 0.375 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |                    |       |
| 42                             | 42    |           |       |       |       |       |       |       |       | 0.375 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |                    |       |
| 44                             | 44    |           |       |       |       |       |       |       |       | 0.375 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |                    |       |
| 46                             | 46    |           |       |       |       |       |       |       |       | 0.375 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |                    |       |
| 48                             | 48    |           |       |       |       |       |       |       |       | 0.375 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |                    |       |

# Elementos para el transporte de fluidos ductos clasificación (rating) de ductos

## DN NOMINAL PIPE SIZE CHART - DIMENSIONS IN MILLIMETRES (MM)

| DIAMETERS |       | SCHEDULES |      |      |      |       |       |       |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       | DN in mm |      |
|-----------|-------|-----------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|------|
| DN in mm  | OD    | 5         | 5s   | 10   | 10s  | 20    | 30    | 40    | 40s  | Std  | 60    | 80    | 80s   | XS    | 100   | 120   | 140   | 160   | XXS   | DN in mm |      |
| 6         | 10.3  |           |      | 1.24 | 1.24 |       |       | 1.73  | 1.73 | 1.73 |       | 2.41  | 2.41  | 2.41  |       |       |       |       |       | 6        |      |
| 8         | 13.7  |           |      | 1.65 | 1.65 |       |       | 2.24  | 2.24 | 2.24 |       | 3.02  | 3.02  | 3.02  |       |       |       |       |       | 8        |      |
| 10        | 17.1  |           |      | 1.65 | 1.65 |       | 1.85  | 2.31  | 2.31 | 2.31 |       | 3.20  | 3.20  | 3.20  |       |       |       |       |       | 10       |      |
| 15        | 21.3  | 1.65      | 1.65 | 2.11 | 2.11 |       | 2.41  | 2.77  | 2.77 | 2.77 |       | 3.73  | 3.73  | 3.73  |       |       |       | 4.78  | 7.47  | 15       |      |
| 20        | 26.7  | 1.65      | 1.65 | 2.11 | 2.11 |       | 2.41  | 2.87  | 2.87 | 2.87 |       | 3.91  | 3.91  | 3.91  |       |       |       | 5.56  | 7.82  | 20       |      |
| 25        | 33.4  | 1.65      | 1.65 | 2.77 | 2.77 |       | 2.90  | 3.38  | 3.38 | 3.38 |       | 4.55  | 4.55  | 4.55  |       |       |       | 6.35  | 9.09  | 25       |      |
| 32        | 42.2  | 1.65      | 1.65 | 2.77 | 2.77 |       | 2.97  | 3.56  | 3.56 | 3.56 |       | 4.85  | 4.85  | 4.85  |       |       |       | 6.35  | 9.70  | 32       |      |
| 40        | 48.3  | 1.65      | 1.65 | 2.77 | 2.77 |       | 3.18  | 3.68  | 3.68 | 3.68 |       | 5.08  | 5.08  | 5.08  |       |       |       | 7.14  | 10.16 | 40       |      |
| 50        | 60.3  | 1.65      | 1.65 | 2.77 | 2.77 |       | 3.18  | 3.91  | 3.91 | 3.91 |       | 5.54  | 5.54  | 5.54  |       |       |       | 8.74  | 11.07 | 50       |      |
| 65        | 73    | 2.11      | 2.11 | 3.05 | 3.05 |       | 4.78  | 5.16  | 5.16 | 5.16 |       | 7.01  | 7.01  | 7.01  |       |       |       | 9.53  | 14.02 | 65       |      |
| 80        | 88.9  | 2.11      | 2.11 | 3.05 | 3.05 |       | 4.78  | 5.49  | 5.49 | 5.49 |       | 7.62  | 7.62  | 7.62  |       |       |       | 11.13 | 15.24 | 80       |      |
| 90        | 101.6 | 2.11      | 2.11 | 3.05 | 3.05 |       | 4.78  | 5.74  | 5.74 | 5.74 |       | 8.08  | 8.08  | 8.08  |       |       |       |       | 16.15 | 90       |      |
| 100       | 114.3 | 2.11      | 2.11 | 3.05 | 3.05 |       | 4.78  | 6.02  | 6.02 | 6.02 |       | 8.56  | 8.56  | 8.56  |       | 11.13 |       | 13.49 | 17.12 | 100      |      |
| 125       | 141.3 | 2.77      | 2.77 | 3.40 | 3.40 |       |       | 6.55  | 6.55 | 6.55 |       | 9.53  | 9.53  | 9.53  |       | 12.70 |       | 15.88 | 19.05 | 125      |      |
| 150       | 168.3 | 2.77      | 2.77 | 3.40 | 3.40 |       |       | 7.11  | 7.11 | 7.11 |       | 10.97 | 10.97 | 10.97 |       | 14.27 |       | 18.26 | 21.95 | 150      |      |
| 200       | 219.1 | 2.77      | 2.77 | 3.76 | 3.76 | 6.35  | 7.04  | 8.18  | 8.18 | 8.18 | 10.31 | 12.70 | 12.70 | 12.70 | 15.09 | 18.26 | 20.62 | 23.01 | 22.23 | 200      |      |
| 250       | 273   | 3.40      | 3.40 | 4.19 | 4.19 | 6.35  | 7.80  | 9.27  | 9.27 | 9.27 | 12.70 | 15.09 | 12.70 | 12.70 | 18.26 | 21.44 | 25.40 | 28.58 | 25.40 | 250      |      |
| 300       | 323.8 | 3.96      | 3.96 | 4.57 | 4.57 | 6.35  | 8.38  | 10.31 | 9.53 | 9.53 | 14.27 | 17.48 | 12.70 | 12.70 | 21.44 | 25.40 | 28.58 | 33.32 | 25.40 | 300      |      |
| 350       | 355.6 | 3.96      | 3.96 | 6.35 | 4.78 | 7.92  | 9.53  | 11.13 | 9.53 | 9.53 | 15.09 | 19.05 | 12.70 | 12.70 | 23.83 | 27.79 | 31.75 | 35.71 |       | 350      |      |
| 400       | 406.4 | 4.19      | 4.19 | 6.35 | 4.78 | 7.92  | 9.53  | 12.70 | 9.53 | 9.53 | 16.66 | 21.44 | 12.70 | 12.70 | 26.19 | 30.96 | 36.53 | 40.49 |       | 400      |      |
| 450       | 457   | 4.19      | 4.19 | 6.35 | 4.78 | 7.92  | 11.13 | 14.27 | 9.53 | 9.53 | 19.05 | 23.83 | 12.70 | 12.70 | 29.36 | 34.93 | 39.67 | 45.24 |       | 450      |      |
| 500       | 508   | 4.78      | 4.78 | 6.35 | 5.54 | 9.53  | 12.70 | 15.09 | 9.53 | 9.53 | 20.62 | 26.19 | 12.70 | 12.70 | 32.54 | 38.10 | 44.45 | 50.01 |       | 500      |      |
| 550       | 559   | 4.78      | 4.78 | 6.35 | 5.54 | 9.53  | 12.70 |       |      | 9.53 | 22.23 | 28.58 |       | 12.70 | 34.93 | 41.28 | 47.63 | 53.98 |       | 550      |      |
| 600       | 610   | 5.54      | 5.54 | 6.35 | 6.35 | 9.53  | 14.27 | 17.48 | 9.53 | 9.53 | 24.61 | 30.96 | 12.70 | 12.70 | 38.89 | 46.02 | 52.37 | 59.54 |       | 600      |      |
| 650       | 660   |           |      | 7.92 |      | 12.70 |       |       |      | 9.53 |       |       |       | 12.70 |       |       |       |       |       |          | 650  |
| 700       | 711   |           |      | 7.92 |      | 12.70 | 15.88 |       |      | 9.53 |       |       |       | 12.70 |       |       |       |       |       |          | 700  |
| 750       | 762   | 6.35      | 6.35 | 7.92 | 7.92 | 12.70 | 15.88 |       |      | 9.53 |       |       |       | 12.70 |       |       |       |       |       |          | 750  |
| 800       | 813   |           |      | 7.92 |      | 12.70 | 15.88 | 17.48 |      | 9.53 |       |       |       | 12.70 |       |       |       |       |       |          | 800  |
| 850       | 864   |           |      | 7.92 |      | 12.70 | 15.88 | 17.48 |      | 9.53 |       |       |       | 12.70 |       |       |       |       |       |          | 850  |
| 900       | 914   |           |      | 7.92 |      | 12.70 | 15.88 | 19.05 |      | 9.53 |       |       |       | 12.70 |       |       |       |       |       |          | 900  |
| 950       | 965   |           |      |      |      |       |       |       |      | 9.53 |       |       |       | 12.70 |       |       |       |       |       |          | 950  |
| 1000      | 1016  |           |      |      |      |       |       |       |      | 9.53 |       |       |       | 12.70 |       |       |       |       |       |          | 1000 |
| 1050      | 1067  |           |      |      |      |       |       |       |      | 9.53 |       |       |       | 12.70 |       |       |       |       |       |          | 1050 |
| 1100      | 1118  |           |      |      |      |       |       |       |      | 9.53 |       |       |       | 12.70 |       |       |       |       |       |          | 1100 |
| 1150      | 1168  |           |      |      |      |       |       |       |      | 9.53 |       |       |       | 12.70 |       |       |       |       |       |          | 1150 |
| 1200      | 1219  |           |      |      |      |       |       |       |      | 9.53 |       |       |       | 12.70 |       |       |       |       |       |          | 1200 |

ASME B31.3-2016

## PART 2 PRESSURE DESIGN OF PIPING COMPONENTS

(16)

**Table A-1M Basic Allowable Stresses in Tension for Metals (Metric)**  
Numbers in Parentheses Refer to Notes for Appendix A Tables; Specifications Are ASTM Unless Otherwise Indicated

| Line No. | Nominal Composition | Product Form | Spec. No. | Type/Grade | UNS No. | Class/Condition/Temp | Notes | Min. Temp., °C (6) | Min. Tensile Strgth., MPa | Min. Yield Strgth., MPa | Max. Use Temp., °C |
|----------|---------------------|--------------|-----------|------------|---------|----------------------|-------|--------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------|
|----------|---------------------|--------------|-----------|------------|---------|----------------------|-------|--------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------|

$$t = \frac{P_d OD}{2(SE + P_d Y)} \rightarrow P_d = \frac{2tSE}{(OD - 2tY)}$$

$t$ : espesor mm

$P_d$ : presión de diseño kPa

$OD$ : diámetro exterior del tubo  $m$

$S$ : tensión según material (Table IX-1A), valor adoptado: 16 ksi

$E$ : factor de calidad (Table IX-2), valor adoptado: 0,8

$Y$ : coeficiente (Table 3.2-1), valor adoptado: 0,4

Nota: los valores adoptados corresponden a una temperatura de 77°C (100°F) para un material genérico. La ecuación es válida para  $t < OD/6$

ASME B31.3-2016  
(Revision of ASME B31.3-2014)

### Process Piping

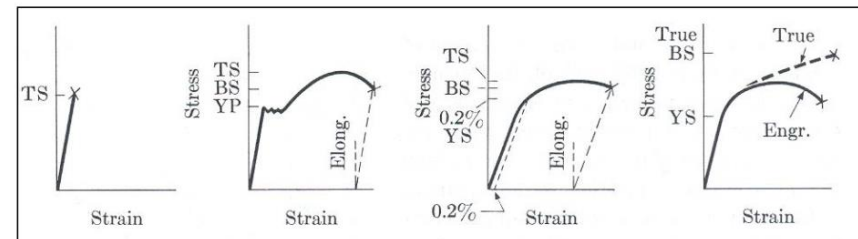
ASME Code for Pressure Piping, B31

[B31.3 - Process Piping - ASME](#)



TS: Tensile strength  
YP: Yield point  
BS: Breaking strength

El valor de  $P_d$  debe ser comparado con el mayor valor de presión manométrica posible en el sistema de transporte,  $P_{max}$ . Será aceptable el # (espesor) seleccionado si  $P_{max} \ll P_d$



# Elementos para el transporte de fluidos ductos

Clasificación basada en la presión admisible: Sistema SDR

En este sistema el ducto se designa y se agrupa con el mismo rating de presión de trabajo. Por ejemplo, la serie o clase 100 tiene rating de presión de 8 bar, independientemente del tamaño de la tubería. Todas las tuberías de una serie determinada tienen el mismo margen de seguridad y funcionan con la misma tensión. Los ductos se agrupan según su relación dimensional estándar (SDR: *Standard Dimension Ratio*), relación entre el diámetro exterior y el espesor de la pared de la tubería.



| MRS (MPa) | Tipo de Material | Tensión de diseño (MPa) |
|-----------|------------------|-------------------------|
| 8         | PE 80            | 6,3                     |
| 10        | PE 100           | 8                       |

La presión nominal es mayor para relaciones SDR bajas y menor para relaciones SDR más altas.



<https://www.pe100plus.com/>

La máxima presión operativa (MOP: *Maximum Operating Pressure*) está relacionada con SDR mediante:  $MOP =$

$\frac{MRS}{C} \frac{2}{(SDR-1)}$  donde MRS (*Mínimum Required Strength*, Mpa, normalizado en 6,3 8 y 10 MPa) es la mínima

resistencia requerida, C es un factor de diseño (para agua: 1,25) y la relación  $\frac{MRS}{C}$  es la tensión tangencial o

hidrostática de diseño, MPa ; así un ducto PE100 presenta una MRS de 10 MPa y una tensión de diseño de  $\frac{MRS}{C} =$

$\frac{10}{1,25} = 8$  ; Si SDR es 21,  $MOP = 8 \frac{2}{(21-1)} = 0,8 \text{ MPa} \equiv 8 \text{ bar}$ ; esto es PN8 (PN: Presión nominal, bar). De la misma

forma  $SDR = 1 + 2 \frac{MRS}{C} \frac{1}{MOP}$



# Elementos para el transporte de fluidos ductos

## Clasificación basada en la presión admisible: Sistema SDR

### Tubería de PE80

| Diámetro externo<br>mm | PN 4          |              | PN 6          |              | PN 8          |              | PN 10         |              | PN 12,5       |              | PN 16         |              |
|------------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
|                        | SDR 33        |              | SDR 21        |              | SDR 17        |              | SDR 13,6      |              | SDR11         |              | SDR9          |              |
|                        | Espesor<br>mm | Peso<br>Kg/m | Espesor<br>mm | Peso<br>Kg/m | Espesor<br>mm | Peso<br>Kg/m | Espesor<br>mm | Peso<br>Kg/m | Espesor<br>mm | Peso<br>Kg/m | Espesor<br>mm | Peso<br>Kg/m |
| 20                     | -             | -            | -             | -            | 2,3           | 0,13         | 2,3           | 0,14         | 2,3           | 0,14         | 2,3           | 0,13         |
| 25                     | -             | -            | -             | -            | 2,3           | 0,17         | 2,3           | 0,17         | 2,3           | 0,17         | 2,8           | 0,2          |
| 32                     | -             | -            | -             | -            | 2,30          | 0,23         | 2,4           | 0,23         | 3,0           | 0,28         | 3,6           | 0,33         |
| 40                     | -             | -            | 2,30          | 0,30         | 2,40          | 0,30         | 3,0           | 0,36         | 3,7           | 0,43         | 4,5           | 0,52         |
| 50                     | 2,30          | 0,36         | 2,40          | 0,38         | 3,0           | 0,46         | 3,7           | 0,56         | 4,6           | 0,67         | 5,6           | 0,81         |
| 63                     | 2,30          | 0,46         | 3,00          | 0,60         | 3,8           | 0,72         | 4,7           | 0,88         | 5,8           | 1,06         | 7,1           | 1,28         |
| 75                     | 2,32          | 0,56         | 3,43          | 0,81         | 4,5           | 1,02         | 5,6           | 1,25         | 6,8           | 1,51         | 8,4           | 1,82         |
| 90                     | 2,78          | 0,81         | 4,3           | 1,16         | 5,4           | 1,48         | 6,7           | 1,79         | 8,2           | 2,17         | 10,1          | 2,62         |
| 110                    | 3,40          | 1,19         | 5,3           | 1,72         | 6,6           | 2,19         | 8,1           | 2,67         | 10,0          | 3,23         | 13,3          | 3,90         |
| 125                    | 3,86          | 1,53         | 6,0           | 2,22         | 7,4           | 2,84         | 9,2           | 3,44         | 11,4          | 4,18         | 14,0          | 5,03         |
| 140                    | 4,33          | 1,93         | 6,7           | 2,80         | 8,3           | 3,56         | 10,3          | 4,32         | 12,7          | 5,24         | 15,7          | 6,32         |
| 160                    | 4,95          | 2,52         | 7,7           | 3,65         | 9,5           | 4,65         | 11,8          | 5,63         | 14,6          | 6,83         | 17,9          | 8,39         |
| 180                    | 5,56          | 3,18         | 8,6           | 4,60         | 10,7          | 5,89         | 13,3          | 7,11         | 16,4          | 8,83         | 20,1          | 10,64        |
| 200                    | 6,18          | 3,92         | 9,6           | 5,59         | 11,9          | 7,25         | 14,7          | 8,80         | 18,2          | 10,88        | 22,4          | 13,12        |
| 225                    | 6,96          | 4,99         | 10,8          | 7,30         | 13,4          | 9,19         | 16,6          | 11,12        | 20,5          | 13,76        | 25,2          | 16,62        |
| 250                    | 7,73          | 6,14         | 11,9          | 8,87         | 14,8          | 11,34        | 18,4          | 13,96        | 22,7          | 17,00        | 27,9          | 20,50        |

PN: Presión nominal; SDR: Relación entre el diámetro externo y el espesor.

### Tubería de PE100

| Diámetro externo<br>mm | PN 6          |              | PN 8          |              | PN 10         |              | PN 12,5       |              | PN 16         |              | PN 20         |              |
|------------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
|                        | SDR 26        |              | SDR 21        |              | SDR 17        |              | SDR 13,6      |              | SDR11         |              | SDR9          |              |
|                        | Espesor<br>mm | Peso<br>Kg/m | Espesor<br>mm | Peso<br>Kg/m | Espesor<br>mm | Peso<br>Kg/m | Espesor<br>mm | Peso<br>Kg/m | Espesor<br>mm | Peso<br>Kg/m | Espesor<br>mm | Peso<br>Kg/m |
| 20                     | -             | -            | -             | -            | -             | -            | -             | -            | 2,3           | 0,14         | 2,3           | 0,14         |
| 25                     | -             | -            | -             | -            | -             | -            | 2,3           | 0,17         | 2,3           | 0,17         | 2,8           | 0,20         |
| 32                     | -             | -            | -             | -            | 2,3           | 0,23         | 2,4           | 0,24         | 3,0           | 0,28         | 3,6           | 0,33         |
| 40                     | -             | -            | 2,3           | 0,30         | 2,4           | 0,30         | 2,9           | 0,35         | 3,7           | 0,44         | 4,5           | 0,52         |
| 50                     | -             | -            | 2,4           | 0,38         | 3,0           | 0,46         | 3,7           | 0,56         | 4,6           | 0,68         | 5,6           | 0,81         |
| 63                     | 2,3           | 0,47         | 3,0           | 0,59         | 3,8           | 0,73         | 4,7           | 0,90         | 5,8           | 1,08         | 7,1           | 1,28         |
| 75                     | 2,8           | 0,67         | 3,6           | 0,84         | 4,5           | 1,03         | 5,6           | 1,80         | 6,8           | 1,51         | 8,4           | 1,81         |
| 90                     | 3,3           | 0,94         | 4,3           | 1,20         | 5,4           | 1,49         | 6,7           | 1,82         | 8,2           | 2,18         | 10,1          | 2,62         |
| 110                    | 4,0           | 1,38         | 5,3           | 1,80         | 6,6           | 2,21         | 8,1           | 2,69         | 10,0          | 3,23         | 12,3          | 3,89         |
| 125                    | 4,6           | 1,80         | 6,0           | 2,32         | 7,4           | 2,84         | 9,2           | 3,45         | 11,4          | 4,20         | 14            | 5,02         |
| 140                    | 5,1           | 2,24         | 6,7           | 2,92         | 8,3           | 3,55         | 10,3          | 4,34         | 12,7          | 5,25         | 15,7          | 6,31         |
| 160                    | 5,8           | 2,91         | 7,7           | 3,82         | 9,5           | 4,65         | 11,8          | 5,67         | 14,6          | 6,87         | 17,9          | 8,36         |
| 180                    | 6,6           | 3,72         | 8,6           | 4,79         | 10,7          | 5,90         | 13,3          | 7,18         | 16,4          | 8,84         | 20,1          | 10,58        |
| 200                    | 7,3           | 4,57         | 9,6           | 5,95         | 11,9          | 7,26         | 14,7          | 8,85         | 18,2          | 10,91        | 22,4          | 13,08        |
| 225                    | 8,2           | 5,80         | 10,8          | 7,53         | 13,4          | 9,22         | 16,6          | 11,44        | 20,5          | 13,81        | 25,2          | 16,57        |
| 250                    | 9,1           | 7,13         | 11,9          | 9,20         | 14,8          | 11,31        | 18,4          | 14,07        | 22,7          | 17,02        | 27,9          | 20,38        |

PN: Presión nominal; SDR: Relación entre el diámetro externo y el espesor.

| SDR  | PE 63   | PE 80   | PE 100  |
|------|---------|---------|---------|
| 41   |         | PN 3.2  | PN 4    |
| 33   | PN 3.2  | PN 4    |         |
| 26   | PN 4    |         | PN 6.3  |
| 21   |         | PN 6.3  | PN 8    |
| 17   | PN 6.3  | PN 8    | PN 10   |
| 13.6 | PN 8    | PN 10   | PN 12.5 |
| 11   | PN 10   | PN 12.5 | PN 16   |
| 9    | PN 12.5 | PN 16   | PN 20   |
| 7.4  | PN 16   | PN 20   | PN 25   |

TABLE 1. PE AND PVC PIPE SPECIFICATIONS<sup>1</sup>

| nominal pipe size | pipe type | PE density | PVC schedule | class or series | SDR | outside diameter (in) | wall thickness (in) | inside diameter (in) | weight per 100ft (lb) | max pressure (psi) | safe working pressure (psi) | pipe length per USgal (ft) |
|-------------------|-----------|------------|--------------|-----------------|-----|-----------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------------|----------------------------|
| 0.75 inch         | pvc       | 40         | 40           | 9.3             | 9.3 | 1.050                 | 0.113               | 0.624                | 23                    | 480                | see manufacturer            | 36.1                       |
|                   |           |            |              |                 |     | 0.954                 | 0.070               | 0.824 <sup>2</sup>   | 8                     | 75                 | 54                          |                            |
|                   |           |            |              |                 |     | 1.008                 | 0.092               |                      | 11                    | 100                | 72                          | 36.1                       |
| 1 inch            | poly      | medium     | 40           | 9.3             | 9.3 | 1.056                 | 0.116               | 0.824                | 14                    | 125                | 90                          |                            |
|                   |           |            |              |                 |     | 1.135                 | 0.063               | 1.155                | 20                    | 200                | 144                         | 18.4                       |
|                   |           |            |              |                 |     | 1.215                 | 0.083               | 1.049 <sup>2</sup>   | 12                    | 75                 | 54                          |                            |
| 1.25 inch         | pvc       | 40         | 40           | 9.3             | 9.3 | 1.660 <sup>3</sup>    | 0.079               | 1.500                | 27                    | 200                | 144                         | 10.9                       |
|                   |           |            |              |                 |     | 1.598                 | 0.109               | 1.380 <sup>2</sup>   | 21                    | 75                 | 54                          |                            |
|                   |           |            |              |                 |     | 1.688                 | 0.154               |                      | 31                    | 100                | 72                          | 12.9                       |
| 1.5 inch          | pvc       | 40         | 40           | 9.3             | 9.3 | 1.900 <sup>3</sup>    | 0.090               | 1.720                | 34                    | 200                | 144                         | 8.1                        |
|                   |           |            |              |                 |     | 1.866                 | 0.128               | 1.740                | 31                    | 160                | 115                         |                            |
|                   |           |            |              |                 |     | 1.970                 | 0.180               | 1.610 <sup>2</sup>   | 42                    | 100                | 72                          | 9.5                        |
| 2 inch            | poly      | medium     | 40           | 9.3             | 9.3 | 2.142                 | 0.266               | 1.610 <sup>2</sup>   | 54                    | 125                | 90                          |                            |
|                   |           |            |              |                 |     | 2.375 <sup>3</sup>    | 0.091               | 2.173                | 44                    | 160                | 115                         | 5.2                        |
|                   |           |            |              |                 |     | 2.395                 | 0.164               | 2.149                | 52                    | 200                | 144                         | 5.3                        |
| 2.5 inch          | pvc       | 40         | 40           | 9.3             | 9.3 | 2.527                 | 0.230               | 2.067 <sup>2</sup>   | 69                    | 100                | 72                          | 5.7                        |
|                   |           |            |              |                 |     | 2.645                 | 0.289               |                      | 89                    | 125                | 90                          |                            |
|                   |           |            |              |                 |     | 2.899                 | 0.289               |                      |                       |                    |                             |                            |

<sup>1</sup> pipe and sizes most commonly used in livestock watering systems: PE medium density; PVC Schedule 40, Class 200 and Class 160

<sup>2</sup> note that poly pipe of the same size (regardless of series) has the same inside diameter

<sup>3</sup> note that pvc pipe of the same size (regardless of series) has the same outside diameter

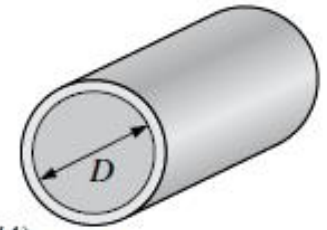
# Elementos para el transporte de fluidos ductos



$$D_h = \frac{4A_c}{P_m} \text{ diámetro hidráulico}$$

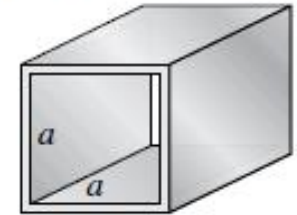
Para flujo turbulento, todas las relaciones sobre irreversibilidad deducidas para conducciones cilíndricas (ecuación de Darcy) se cumplen con suficiente precisión, para conducciones con diversas formas de sus secciones transversales, considerando como diámetro de las mismas el diámetro equivalente. Este concepto no es válido para flujo laminar.

*Tubería circular:*



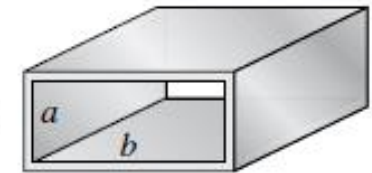
$$D_h = \frac{4(\pi D^2/4)}{\pi D} = D$$

*Tubería cuadrada:*



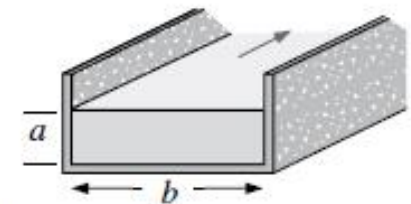
$$D_h = \frac{4a^2}{4a} = a$$

*Tubería rectangular:*



$$D_h = \frac{4ab}{2(a+b)} = \frac{2ab}{a+b}$$

*Canal:*

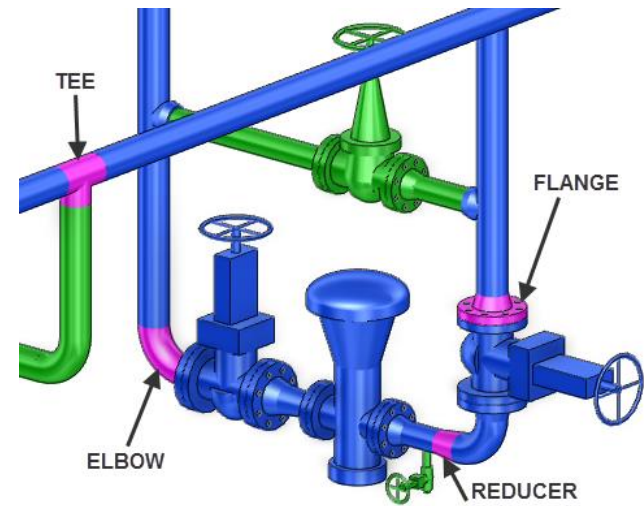


$$D_h = \frac{4ab}{2a+b}$$

## Elementos para el transporte de fluidos accesorios (*fittings*)

Un sistema de ductos típico, además de tramos rectos, está conformado por varias uniones, válvulas, flexiones, codos, ramificaciones en forma de letra T (conexiones en T), entradas, salidas, ensanchamientos y contracciones.

Dichos componentes (accesorios) interrumpen el flujo del fluido y provocan pérdidas adicionales debido al fenómeno de separación y mezcla del flujo que producen. En un sistema típico, con tubos largos, estas pérdidas son menores en comparación con la pérdida de carga por fricción en los tubos (las pérdidas mayores) y se llaman **pérdidas menores**



# Elementos para el transporte de fluidos accesorios (*fittings*); computo de irreversibilidad o perdidas menores

La ecuación de Darcy permite la evaluación de irreversibilidades en ductos rectos.

$$h_L = \frac{\Delta P_L}{\rho g} = f_D \frac{L}{D} \frac{\bar{v}^2}{2g}$$

Por analogía se define la irreversibilidad para accesorios como:

$$h_{L,menor} = K_L \frac{\bar{v}^2}{2g} \quad K_L = f_{D,menor} \frac{L}{D}$$

$h_{L,menor}$ , [m] es la pérdida de carga irreversible adicional en el sistema provocada por la inserción del accesorio. Se nota por  $K_{LV}$ , el coeficiente de pérdida del flujo a través de una válvula.

Existen **dos métodos predominantes** para caracterizar la resistencia al flujo de una tubería con sus accesorios.

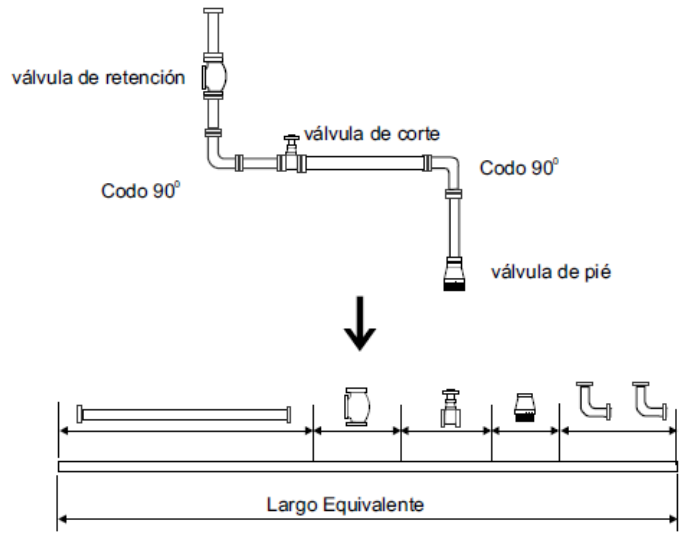
## Método de longitud equivalente $L_{equiv}$

Se les asigna a los accesorios un valor de resistencia expresado en términos de longitud de tubería recta. Alternativamente, se les asigna una resistencia expresada como longitud equivalente dividida por el diámetro

$$h_L = K_L \frac{\bar{v}^2}{2g} = f_D \frac{L_{equiv}}{D} \frac{\bar{v}^2}{2g} \rightarrow \frac{L_{equiv}}{D} = \frac{K_L}{f_D} \rightarrow L_{equiv} = \frac{K_L}{f_D} D$$

Se suma la longitud equivalente de todos los accesorios del ducto y se agrega su longitud de tramo recto (incluida la distancia a través de los accesorios):

$$h_{L,total.i\ tramos} = h_{L,mayor,i\ tramos} + h_{L,menor.i\ tramos} = \sum_i f_i \left[ \frac{L_i}{D_i} + \left( \frac{L_{equiv}}{D} \right)_i \right] \frac{\bar{v}_i^2}{2g}$$



# Elementos para el transporte de fluidos accesorios (*fittings*); computo de irreversibilidad o perdidas menores

## Método del coeficiente de resistencia $K_L$

Las perdidas menores se expresan en términos del coeficiente de pérdida  $K_L$  (también llamado coeficiente de resistencia):  $K_L = \frac{h_L}{\frac{\bar{v}^2}{2g}}$

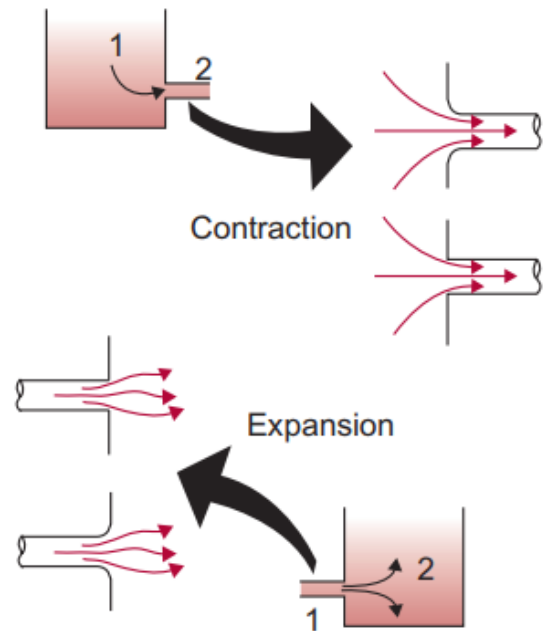
El coeficiente de pérdida depende de la geometría del accesorio y del número de Reynolds. Usualmente se supone que es independiente del número de Reynolds. En la práctica, la mayoría de los flujos tienen Reynolds grandes y los coeficientes de pérdida (incluyendo el factor de fricción) tienden a ser independientes del Reynolds a valores grandes

$$K_L = f_T \frac{L}{D} \rightarrow \frac{L}{D} = \frac{K_L}{f_T}$$
$$f_{DSJ} = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{\varepsilon/D}{3,7} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2} \rightarrow f_T = \frac{0,25}{\left[ \log \frac{\varepsilon}{3,7D} \right]^2} \approx f_{DSJ}$$

A las pérdidas en accesorios debe sumarse las pérdidas de expansión y contracción

La pérdida de carga total en un sistema de tubería :

A diámetro (velocidad) constante:  $h_{L,total} = \left( f_D \frac{L}{D} + \sum_j K_L \right) \frac{\bar{v}^2}{2g}$



El método de la longitud equivalente calcula una caída de presión que es entre un 10 % y un 20 % más alta para una tubería típica en comparación con el método del coeficiente K.

# Elementos para el transporte de fluidos accesorios (*fittings*); computo de irreversibilidad o perdidas menores

$$K_L = \alpha f_T \approx \alpha f_D$$

Tener en cuenta que, para la mayoría de los tipos de accesorios, el coeficiente está relacionado con  $f_T \cong f_{DSJ}$ . Por lo tanto, la longitud equivalente de esos accesorios es el factor multiplicado por el diámetro de la tubería (por ejemplo, para un codo estándar  $90^\circ$ ,  $L_{equiv} = 30D$ ).

$$h_L = K_L \frac{\bar{v}^2}{2g} \quad e_L = K_L \frac{\bar{v}^2}{2}$$

Ductos de sección circular

$$h_L = K_L \frac{1}{g} \left[ \frac{8Q_v^2}{\pi^2 D^4} \right]$$

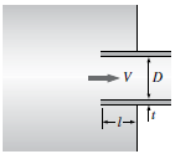
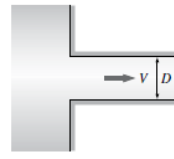
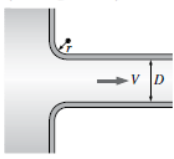
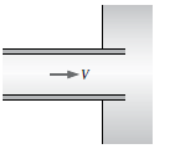
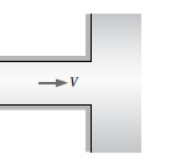
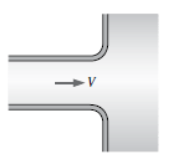
$$e_L = K_L \left[ \frac{8Q_v^2}{\pi^2 D^4} \right]$$

| Fitting                 | Description                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Resistance Coefficient, $K_L$               |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 90 degrees elbow        | Standard, threaded or socket welded                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | $K = 30f_T$                                 |
| 90 degrees bend         | Flanged or butt-welded, with radius/diameter ratio of                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                             |
|                         | $r/d=1$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | $K = 20f_T$                                 |
|                         | $r/d=1.5$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | $K = 14f_T$                                 |
|                         | $r/d=2$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | $K = 12f_T$                                 |
| 45 degrees elbow        | Standard, threaded or socket welded                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | $K = 16f_T$                                 |
| TEE                     | Flow through the straight run                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | $K = 20f_T$                                 |
|                         | Flow through the branch (same size as straight run)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | $K = 60f_T$                                 |
|                         | Crane reports new research that accounts for differences between converging or diverging flow, diameter ratio of the straight and branch legs of the tee, and angle of the branch leg [3]                                                                                                                                                                              |                                             |
| 180 degrees return bend | Close pattern, threaded or socket welded                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | $K = 50f_T$                                 |
| Pipe entrance           | Inward projecting                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | $K = 0.78$                                  |
|                         | Flush with sharp edge                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | $K = 0.5$                                   |
|                         | Flush with entrance radius/diameter ratio of $r/d=0.1$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | $K = 0.09$                                  |
| Pipe exit               | Projecting, sharp edge, or rounded                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | $K = 1.0$                                   |
| Pipe coil               | Multiple 90 degrees bends connected together to form a continuous coil. This $K$ includes the physical length of the coil. The term $n$ is the number of 90 degrees bends comprising the coil. $K_1$ is the coefficient for a single bend which is dependent on the radius/diameter ratio. The formula reported by Crane is $K = (n-1)(0.25f_T\pi r/d + 0.5K_1) + K_1$ |                                             |
| Valve<br>$K_{LV}$       | Any valve for which the manufacturer has specified a flow coefficient<br>SI units: valve coefficient $K_v$ =flow of water at 20°C in m <sup>3</sup> /h with a pressure drop of 1 bar ( $d$ =pipe ID, mm)                                                                                                                                                               | $K = \left[ \frac{0.04d^2}{K_v} \right]^2$  |
|                         | US units: valve coefficient $C_v$ =flow of water at 60°F in gal/min with a pressure drop of 1 psi ( $d$ =in.)                                                                                                                                                                                                                                                          | $K = \left[ \frac{29.84d^2}{C_v} \right]^2$ |
| Gate valve              | Full port valve                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | $K = 8f_T$                                  |
| Globe valve             | Full port valve with port 90 degrees to pipe direction                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | $K = 340f_T$                                |
| Angle valve             | Full port valve with 90 degrees connections (i.e., flanges)                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | $K = 150f_T$                                |
| Ball valve              | Full port valve                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | $K = 3f_T$                                  |
| Swing check             | Disk is vertical in the pipe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | $K = 50f_T$                                 |
| Lift check              | Disk is horizontal in the pipe, full port                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | $K = 600f_T$                                |

# Elementos para el transporte de fluidos accesorios (*fittings*); computo de irreversibilidad o perdidas menores

$$1 \leftarrow \alpha = 2 \quad (\alpha \text{ cercano a } 1 \text{ para flujo turbulento; } \alpha = 2 \text{ para flujo laminar})$$

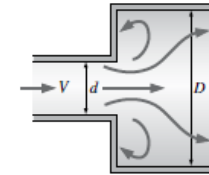
Coefficientes de pérdida  $K_L$  de varios accesorios de tubería para flujo turbulento (para usar en la relación  $h_L = K_L V^2 / (2g)$ , donde  $V$  es la velocidad promedio en la tubería que contiene el accesorio)\*

|                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Entrada de la tubería</b><br/>Reentrante: <math>K_L = 0.80</math><br/>(<math>t \ll D</math> e <math>I \approx 0.1D</math>)</p>  | <p>De borde agudo: <math>K_L = 0.50</math></p>    | <p>Redondeada (<math>r/D &gt; 0.2</math>): <math>K_L = 0.03</math><br/>Ligeramente redondeada (<math>r/D = 0.1</math>): <math>K_L = 0.12</math><br/>(véase figura 8-40)</p>  |
| <p><b>Salida de la tubería</b><br/>Reentrante: <math>K_L = \alpha</math></p>                                                          | <p>De borde agudo: <math>K_L = \alpha</math></p>  | <p>Redondeada: <math>K_L = \alpha</math></p>                                                                                                                                 |

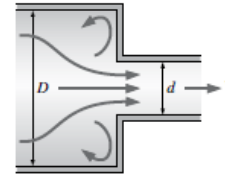
Nota: el factor de corrección de energía cinética es  $\alpha = 2$  para flujo laminar totalmente desarrollado, y  $\alpha = 1.05$  para flujo turbulento totalmente desarrollado.

**Expansión y contracción repentina (con base en la velocidad en la tubería de diámetro más pequeño)**

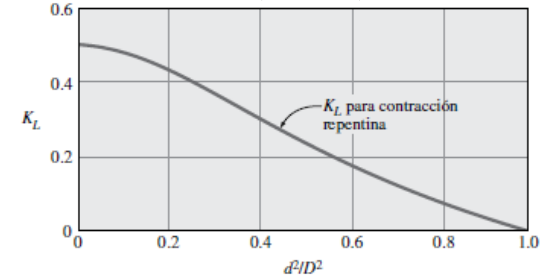
Expansión repentina:  $K_L = \alpha \left(1 - \frac{d^2}{D^2}\right)^2$



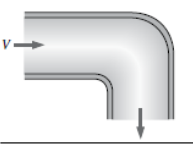
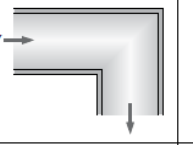
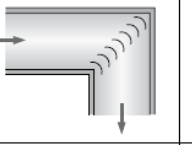
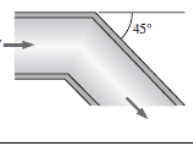
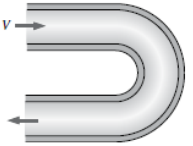
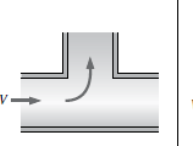
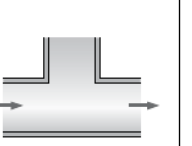
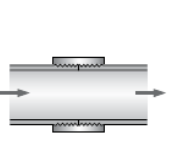
Contracción repentina: ver gráfica.



$$K_{LSE} = \left(1 - \frac{d^2}{D^2}\right)^2$$

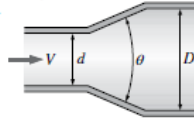


$$K_{LSC} = 0.5 \left(1 - \frac{d^2}{D^2}\right)$$

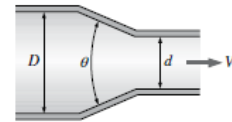
|                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Codos y ramificaciones</b><br/>Codo suave de 90°:<br/>Embridado: <math>K_L = 0.3</math><br/>Roscado: <math>K_L = 0.9</math></p>  | <p>Codo esquinado de 90°<br/>(sin alabes directores):<br/><math>K_L = 1.1</math></p>                              | <p>Codo esquinado de 90°<br/>(con alabes directores):<br/><math>K_L = 0.2</math></p>                                | <p>Codo roscado de 45°:<br/><math>K_L = 0.4</math></p>  |
| <p>Codo de retorno de 180°:<br/>Embridado: <math>K_L = 0.2</math><br/>Roscado: <math>K_L = 1.5</math></p>                            | <p>Conexión en T (flujo deriv.):<br/>Embridado: <math>K_L = 1.0</math><br/>Roscado: <math>K_L = 2.0</math></p>  | <p>Conexión en T (flujo en línea):<br/>Embridado: <math>K_L = 0.2</math><br/>Roscado: <math>K_L = 0.9</math></p>  | <p>Unión roscada:<br/><math>K_L = 0.08</math></p>     |

**Expansión y contracción gradual (con base en la velocidad en la tubería de diámetro más pequeño)**

Expansión: (para  $\theta = 20^\circ$ ):  
 $K_L = 0.30$  para  $d/D = 0.2$   
 $K_L = 0.25$  para  $d/D = 0.4$   
 $K_L = 0.15$  para  $d/D = 0.6$   
 $K_L = 0.10$  para  $d/D = 0.8$



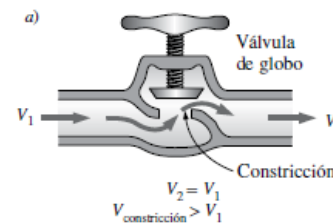
Contracción:  
 $K_L = 0.02$  para  $\theta = 30^\circ$   
 $K_L = 0.04$  para  $\theta = 45^\circ$   
 $K_L = 0.07$  para  $\theta = 60^\circ$



## Válvulas

Válvula de globo, totalmente abierta:  $K_L = 10$   
 Válvula de ángulo, totalmente abierta:  $K_L = 5$   
 Válvula de bola, totalmente abierta:  $K_L = 0.05$   
 Válvula de charnela:  $K_L = 2$

Válvula de compuerta, totalmente abierta:  $K_L = 0.2$   
 $\frac{1}{4}$  cerrada:  $K_L = 0.3$   
 $\frac{1}{2}$  cerrada:  $K_L = 2.1$   
 $\frac{3}{4}$  cerrada:  $K_L = 17$

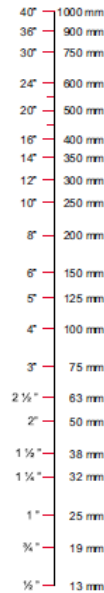
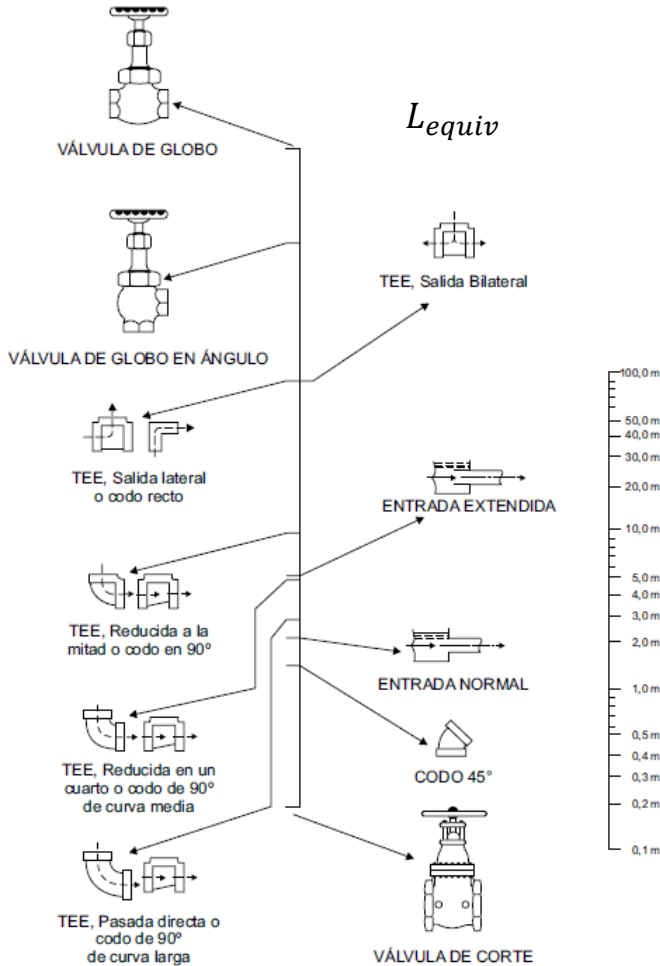
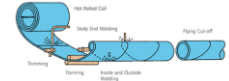


Válvula mariposa, (*butterfly valve*)

$$K_{Lbtfv} = 0.25$$

# Elementos para el transporte de fluidos accesorios (*fittings*); computo de irreversibilidad o perdidas menores

$$L_{equiv}/D$$



Hight Density PolyEthylene Fiber Reinforced Polymer

| Fittings                            | Rigid PVC/HDPE<br>e = 0.005 mm | GRP/FRP<br>e = 0.02 mm | Commercial Steel<br>e = 0.05 mm | Spiral Weld Steel<br>e = 0.1 mm |
|-------------------------------------|--------------------------------|------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| <b>Threaded bends</b>               |                                |                        |                                 |                                 |
| 90° elbow, r/d=1                    | 37                             | 34                     | 30                              | 26                              |
| 45° elbow, r/d=1                    | 20                             | 18                     | 16                              | 14                              |
| <b>Welded bends</b>                 |                                |                        |                                 |                                 |
| 90° elbow, sharp bend               | 69                             | 63                     | 55                              | 49                              |
| 90° elbow, r/d=1                    | 23                             | 21                     | 19                              | 16                              |
| 90° elbow, r/d=1.5                  | 17                             | 15                     | 13                              | 12                              |
| 90° elbow, r/d=2                    | 14                             | 13                     | 11                              | 10                              |
| 45° elbow, sharp bend               | 22                             | 20                     | 18                              | 16                              |
| 45° elbow, r/d=1                    | 17                             | 16                     | 14                              | 12                              |
| 45° elbow, r/d=1.5                  | 12                             | 11                     | 9.4                             | 8.3                             |
| <b>Threaded tees</b>                |                                |                        |                                 |                                 |
| Tee, straight through               | 25                             | 23                     | 20                              | 18                              |
| Tee, through branch                 | 75                             | 68                     | 60                              | 53                              |
| <b>Welded tees</b>                  |                                |                        |                                 |                                 |
| Tee, square, straight through       | 0                              | 0                      | 0                               | 0                               |
| Tee, square, through branch         | 87                             | 79                     | 70                              | 61                              |
| Tee, radiused, straight through     | 13                             | 12                     | 10                              | 9                               |
| Tee, radiused, through branch       | 72                             | 65                     | 57                              | 50                              |
| <b>Valves / Strainers</b>           |                                |                        |                                 |                                 |
| Globe valve, full open              | 400                            | 370                    | 320                             | 280                             |
| Gate valve, full open               | 9                              | 8.5                    | 7.5                             | 6.6                             |
| Ball valve, full bore               | 3.3                            | 3.0                    | 2.6                             | 2.3                             |
| Ball valve, reduced bore            | 31                             | 28                     | 25                              | 22                              |
| Plug valve, 2-way                   | 21                             | 19                     | 17                              | 15                              |
| Plug valve, 3-way, straight through | 36                             | 32                     | 29                              | 25                              |
| Plug valve, 3-way, through branch   | 100                            | 95                     | 84                              | 74                              |
| Diaphragm valve, weir type          | 200                            | 190                    | 160                             | 140                             |
| Butterfly valve                     | 46                             | 42                     | 37                              | 32                              |
| Lift check valve                    | 700                            | 640                    | 560                             | 490                             |
| Swing check valve                   | 120                            | 110                    | 95                              | 85                              |
| Wafer disk check valve              | 530                            | 480                    | 420                             | 370                             |
| Y-strainer, clean                   | 300                            | 280                    | 250                             | 220                             |



# Elementos para el transporte de fluidos accesorios (*fittings*); computo de irreversibilidad o perdidas menores

$$L_{equiv}/D$$

| Fitting                          | Types                             | (L/D) <sub>eq</sub> |
|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| 90° Elbow Curved, Threaded       | Standard Radius (R/D = 1)         | 30                  |
|                                  | Long Radius (R/D = 1.5)           | 16                  |
| 90° Elbow Curved, Flanged/Welded | Standard Radius (R/D = 1)         | 20                  |
|                                  | Long Radius (R/D = 2)             | 17                  |
|                                  | Long Radius (R/D = 4)             | 14                  |
|                                  | Long Radius (R/D = 6)             | 12                  |
| 90° Elbow Mitered                | 1 weld (90°)                      | 60                  |
|                                  | 2 welds (45°)                     | 15                  |
|                                  | 3 welds (30°)                     | 8                   |
| 45° Elbow Curved, Threaded       | Standard Radius (R/D = 1)         | 16                  |
|                                  | Long Radius (R/D = 1.5)           |                     |
| 45° Elbow Mitered                | 1 weld 45°                        | 15                  |
|                                  | 2 welds 22.5°                     | 6                   |
| 180° Bend                        | threaded, close-return (R/D = 1)  | 50                  |
|                                  | flanged (R/D = 1)                 |                     |
| Tee Through-branch as an Elbow   | all types (R/D = 1.5)             |                     |
|                                  | threaded (r/D = 1)                | 60                  |
|                                  | threaded (r/D = 1.5)              |                     |
|                                  | flanged (r/D = 1)                 | 20                  |
| Tee Run-through                  | stub-in branch                    |                     |
|                                  | threaded (r/D = 1)                | 20                  |
| Angle valve                      | flanged (r/D = 1)                 |                     |
|                                  | stub-in branch                    |                     |
| Globe valve                      | 45°, full line size, β = 1        | 55                  |
|                                  | 90° full line size, β = 1         | 150                 |
| Plug valve                       | standard, β = 1                   | 340                 |
|                                  | branch flow                       | 90                  |
|                                  | straight through                  | 18                  |
| Gate valve                       | three-way (flow through)          | 30                  |
|                                  | standard, β = 1                   | 8                   |
| Ball valve                       | standard, β = 1                   | 3                   |
| Diaphragm                        | dam type                          |                     |
| Swing check valve                | $V_{min} = 35 [(lbm/ft^3)]^{1/2}$ | 100                 |
| Lift check valve                 | $V_{min} = 40 [(lbm/ft^3)]^{1/2}$ | 600                 |
| Hose Coupling                    | Simple, Full Bore                 | 5                   |

$$L_{equiv}$$

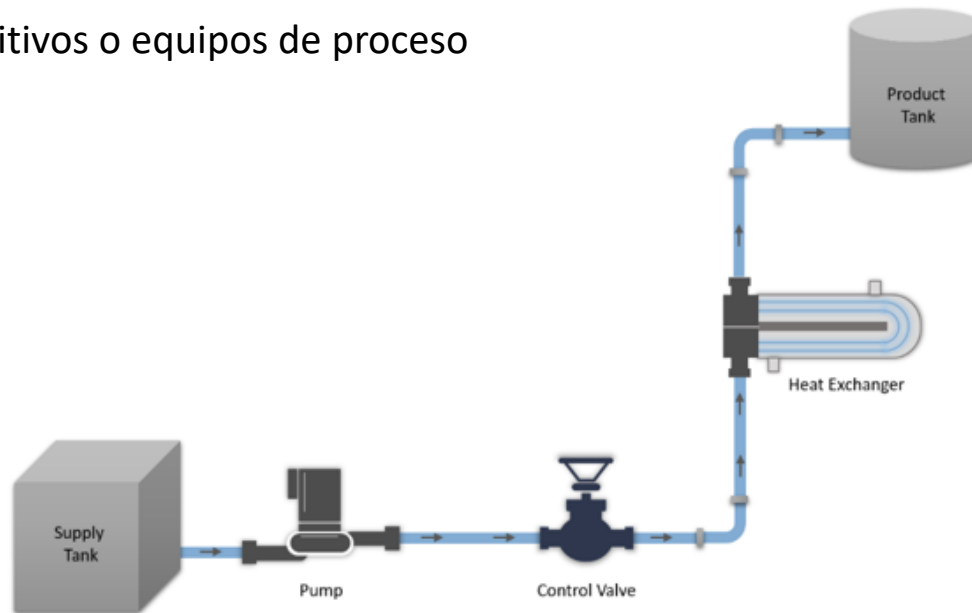
Largos equivalentes para pérdidas de carga localizadas. (Expresado en metros de tubería recta)\*

| DIAMETRO D |      | CODO 90° CURVA LARGA | CODO 90° CURVA MEDIA | CODO 90° CURVA CORTA | CODO 45° | CURVA 90° R/D - 1 1/2 | CURVA 90° R/D - 1 | CURVA 45° | ENTRADA NORMAL | ENTRADA EXTENDIDA | VÁLVULA DE CORTE ABIERTA | VÁLVULA DE GLOBO ABIERTA | VÁLVULA DE GLOBO EN ANGULO ABIERTA | TEE CON PASAJE DIRECTO | TEE CON SALIDA LATERAL | TEE CON SALIDA BILATERAL | VÁLVULA DE PIE Y FILTRO | SALIDA CANALIZACIÓN | VÁLVULA DE RETENCIÓN TIPO BOLA | VÁLVULA DE RETENCIÓN TIPO CHAPAleta |
|------------|------|----------------------|----------------------|----------------------|----------|-----------------------|-------------------|-----------|----------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| mm         | pulg |                      |                      |                      |          |                       |                   |           |                |                   |                          |                          |                                    |                        |                        |                          |                         |                     |                                |                                     |
| 13         | ½    | 0,3                  | 0,4                  | 0,5                  | 0,2      | 0,2                   | 0,3               | 0,2       | 0,2            | 0,4               | 0,1                      | 4,9                      | 2,6                                | 0,3                    | 1,0                    | 1,0                      | 3,6                     | 0,4                 | 1,1                            | 1,6                                 |
| 19         | ¾    | 0,4                  | 0,6                  | 0,7                  | 0,3      | 0,3                   | 0,4               | 0,2       | 0,3            | 0,5               | 0,1                      | 6,7                      | 3,6                                | 0,4                    | 1,4                    | 1,4                      | 5,6                     | 0,5                 | 1,6                            | 2,4                                 |
| 25         | 1    | 0,5                  | 0,7                  | 0,8                  | 0,4      | 0,3                   | 0,5               | 0,2       | 0,3            | 0,7               | 0,2                      | 8,2                      | 4,6                                | 0,5                    | 1,7                    | 1,7                      | 7,3                     | 0,7                 | 2,1                            | 3,2                                 |
| 32         | 1 ¼  | 0,7                  | 0,9                  | 1,1                  | 0,5      | 0,4                   | 0,6               | 0,3       | 0,4            | 0,9               | 0,2                      | 11,3                     | 5,6                                | 0,7                    | 2,3                    | 2,3                      | 10,0                    | 0,9                 | 2,7                            | 4,0                                 |
| 38         | 1 ½  | 0,9                  | 1,1                  | 1,3                  | 0,6      | 0,5                   | 0,7               | 0,3       | 0,5            | 1,0               | 0,3                      | 13,4                     | 6,7                                | 0,9                    | 2,8                    | 2,8                      | 11,6                    | 1,0                 | 3,2                            | 4,8                                 |
| 50         | 2    | 1,1                  | 1,4                  | 1,7                  | 0,8      | 0,6                   | 0,9               | 0,4       | 0,7            | 1,5               | 0,4                      | 17,4                     | 8,5                                | 1,1                    | 3,5                    | 3,5                      | 14,0                    | 1,5                 | 4,2                            | 6,4                                 |
| 63         | 2 ½  | 1,3                  | 1,7                  | 2,0                  | 0,9      | 0,8                   | 1,0               | 0,5       | 0,9            | 1,9               | 0,4                      | 21,0                     | 10,0                               | 1,3                    | 4,3                    | 4,3                      | 17,0                    | 1,9                 | 5,2                            | 8,1                                 |
| 75         | 3    | 1,6                  | 2,1                  | 2,5                  | 1,2      | 1,0                   | 1,3               | 0,6       | 1,1            | 2,2               | 0,5                      | 26,0                     | 13,0                               | 1,6                    | 5,2                    | 5,2                      | 20,0                    | 2,2                 | 6,3                            | 9,7                                 |
| 100        | 4    | 2,1                  | 2,8                  | 3,4                  | 1,3      | 1,3                   | 1,6               | 0,7       | 1,6            | 3,2               | 0,7                      | 34,0                     | 17,0                               | 2,1                    | 6,7                    | 6,7                      | 23,0                    | 3,2                 | 6,4                            | 12,9                                |
| 125        | 5    | 2,7                  | 3,7                  | 4,2                  | 1,9      | 1,6                   | 2,1               | 0,9       | 2,0            | 4,0               | 0,9                      | 43,0                     | 21,0                               | 2,7                    | 8,4                    | 8,4                      | 30,0                    | 4,0                 | 10,4                           | 16,1                                |
| 150        | 6    | 3,4                  | 4,3                  | 4,9                  | 2,3      | 1,9                   | 2,5               | 1,1       | 2,5            | 5,0               | 1,1                      | 51,0                     | 26,0                               | 3,4                    | 10,0                   | 10,0                     | 39,0                    | 5,0                 | 12,5                           | 19,3                                |
| 200        | 8    | 4,3                  | 5,5                  | 6,4                  | 3,0      | 2,4                   | 3,3               | 1,5       | 3,5            | 6,0               | 1,4                      | 67,0                     | 34,0                               | 4,3                    | 13,0                   | 13,0                     | 52,0                    | 6,0                 | 16,0                           | 25,0                                |
| 250        | 10   | 5,5                  | 6,7                  | 7,9                  | 3,8      | 3,0                   | 4,1               | 1,8       | 4,5            | 7,5               | 1,7                      | 85,0                     | 43,0                               | 5,5                    | 16,0                   | 16,0                     | 65,0                    | 7,5                 | 20,0                           | 32,0                                |
| 300        | 12   | 6,1                  | 7,9                  | 9,5                  | 4,6      | 3,6                   | 4,8               | 2,2       | 5,5            | 9,0               | 2,1                      | 102,0                    | 51,0                               | 6,1                    | 19,0                   | 19,0                     | 78,0                    | 9,0                 | 24,0                           | 38,0                                |
| 350        | 14   | 7,3                  | 9,5                  | 10,5                 | 5,3      | 4,4                   | 5,4               | 2,5       | 6,2            | 11,0              | 2,4                      | 120,0                    | 60,0                               | 7,3                    | 22,0                   | 22,0                     | 90,0                    | 11,0                | 28,0                           | 45,0                                |

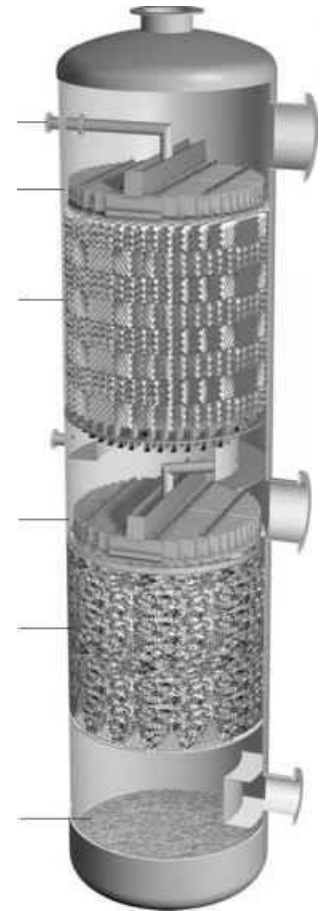
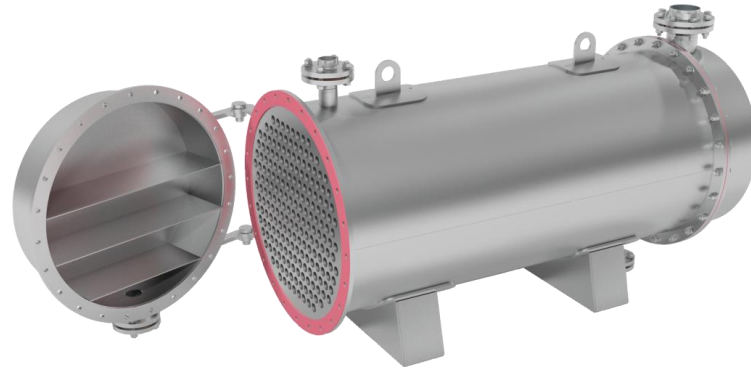
# Operaciones Unitarias 1

## Elementos para el transporte de fluidos

- Dispositivos o equipos de proceso



Irreversibilidad provocada por equipos de proceso.



$Q_{V,0}$  ; caudal de diseño del equipo de Proceso

$\Delta P_0$  : caída de presión (irreversibilidad) al caudal de diseño del equipo de proceso

$\Delta P$ : caída de presión (irreversibilidad) provocada por el equipo, al caudal del sistema

$$\Delta P_L = \Delta P_{L0} \left( \frac{Q_V}{Q_{V,0}} \right)^2 \text{ bar}$$

$$\frac{\Delta P_L}{\rho} = \frac{\Delta P_{L0}}{\rho} \left( \frac{Q_V}{Q_{V,0}} \right)^2 \text{ J.kg}^{-1}$$

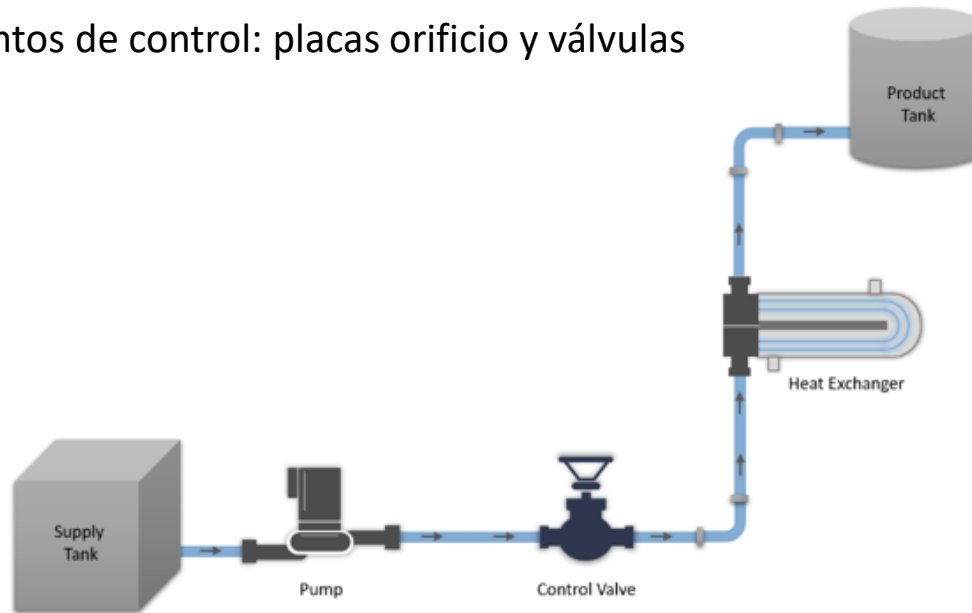
$$\frac{\Delta P_L}{\rho g} = \frac{\Delta P_{L0}}{\rho g} \left( \frac{Q_V}{Q_{V,0}} \right)^2 \text{ m}$$

$$w_s = \frac{P_2 - P_1}{\rho} + g(z_2 - z_1) + \frac{1}{2}(\alpha_2 v_2^2 - \alpha_1 v_1^2) + \left\{ \frac{8}{\pi^2 D^4} \left[ f_D \frac{L}{D} + \left( \sum_j K_L \right) + K_{LV} \right] + \frac{\Delta P_0}{\rho} \left( \frac{1}{Q_{V,0}^2} \right) \right\} Q_V^2 \text{ J.kg}^{-1}$$

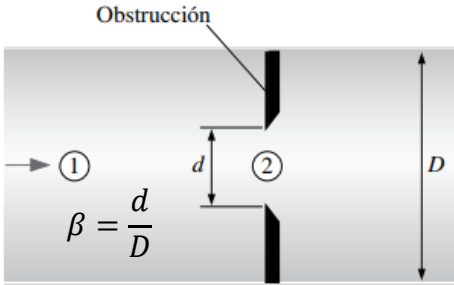
# Operaciones Unitarias 1

## Elementos para el transporte de fluidos

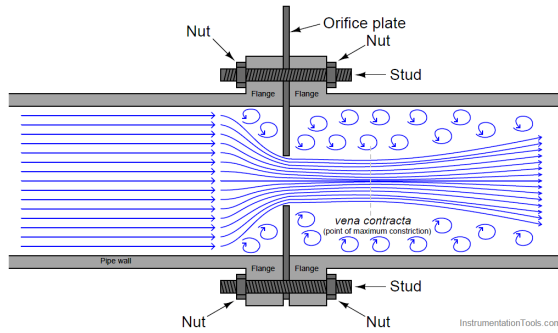
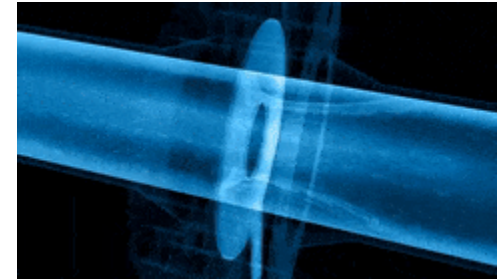
- Elementos de control: placas orificio y válvulas



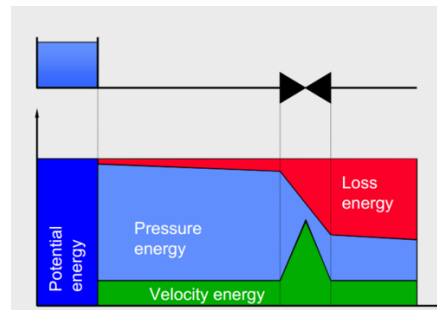
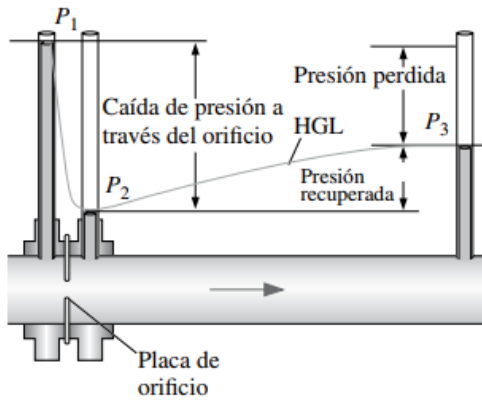
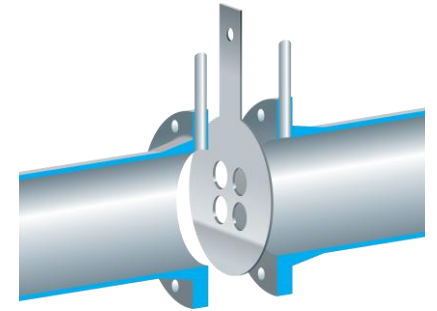
# Elementos para el transporte de fluidos; elemento de control: placa orificio



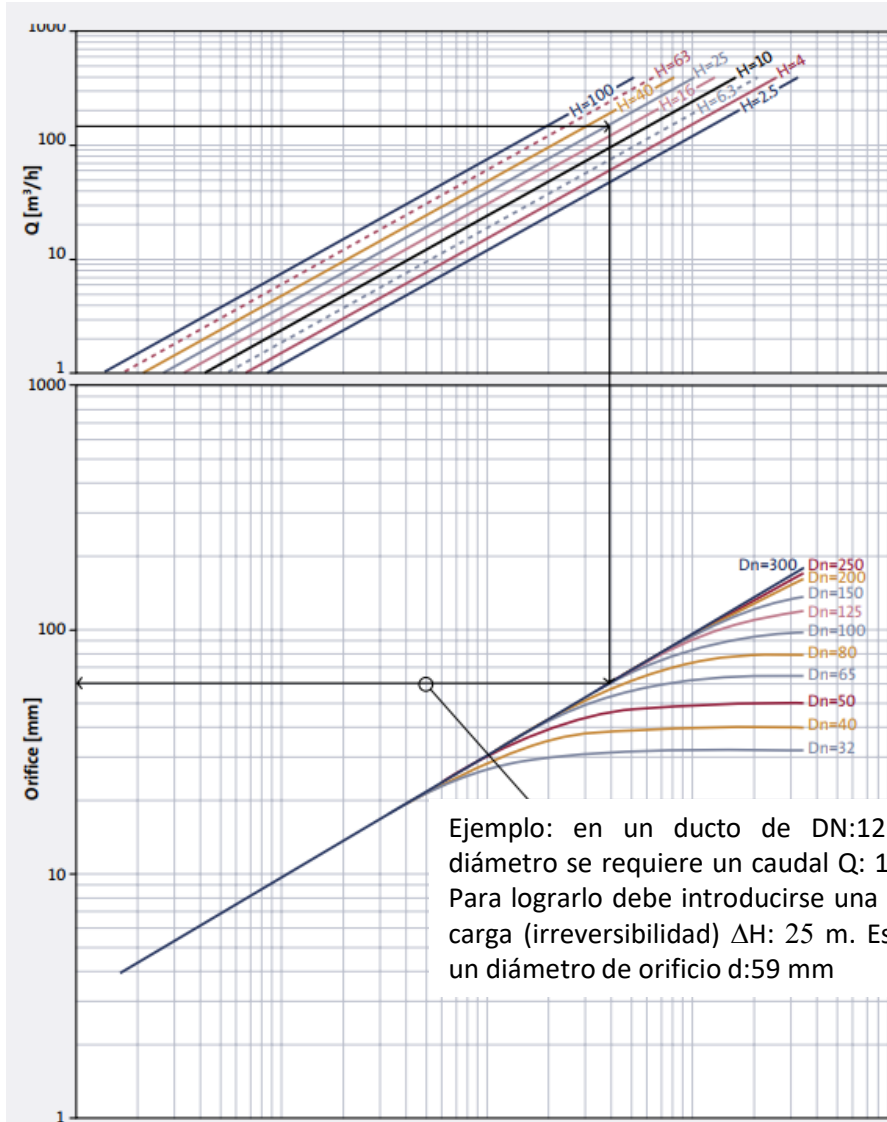
$$e_{Lpo} = K_{Lpo} \frac{\bar{v}^2}{2} \quad e_{Lpo} = K_{Lpo} \left[ \frac{8Q_v^2}{\pi^2 D^4} \right]$$



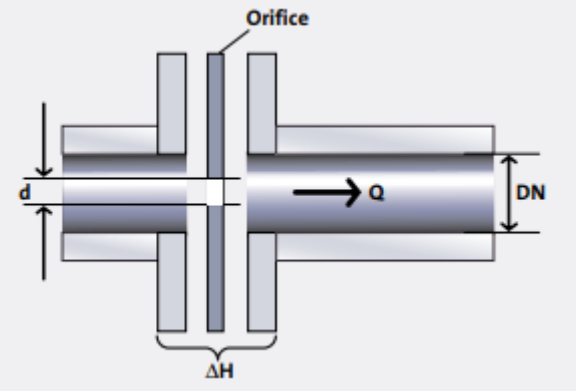
$$K_{Lpo} = 2,8(1 - \beta^2) \left[ \left( \frac{1}{\beta} \right)^4 - 1 \right]$$



# Elementos para el transporte de fluidos; elemento de control: placa orificio

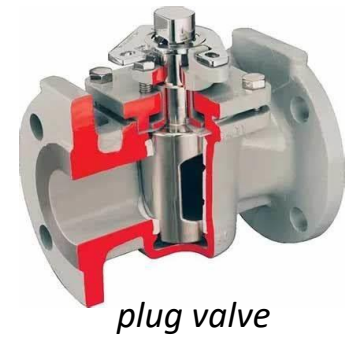
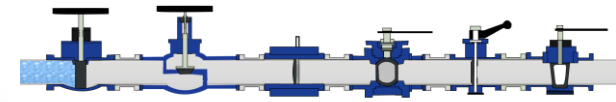
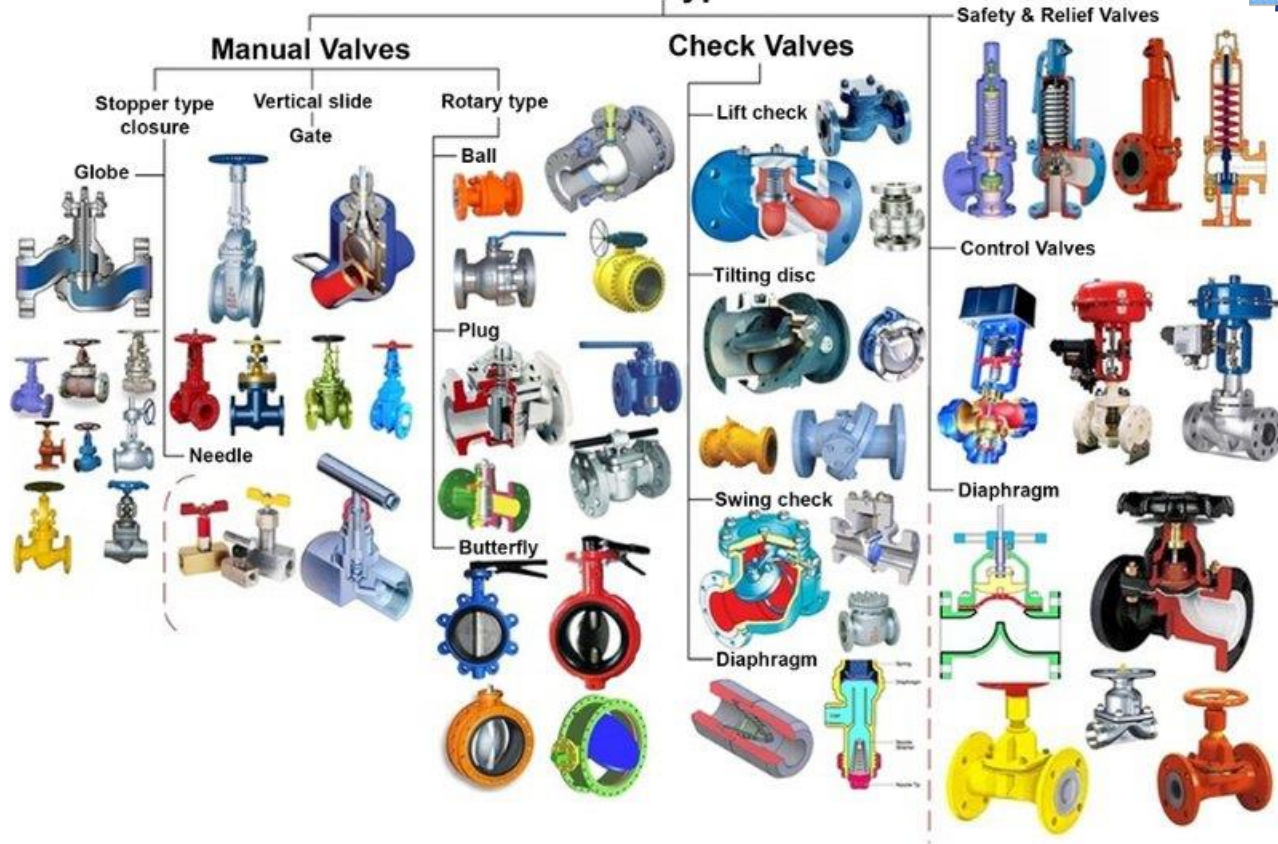


Ejemplo: en un ducto de DN:125 mm de diámetro se requiere un caudal  $Q$ : 150  $\text{m}^3 \cdot \text{hr}^{-1}$ . Para lograrlo debe introducirse una pérdida de carga (irreversibilidad)  $\Delta H$ : 25 m. Es necesario un diámetro de orificio  $d$ :59 mm



# Elementos para el transporte de fluidos; elemento de control: válvulas

## Valve Types

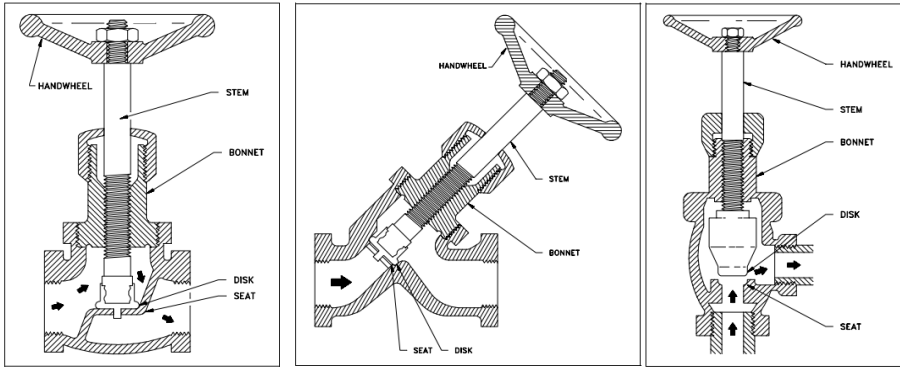


Se han desarrollado una amplia gama de tipos de válvulas. Cada tipo de válvula ha sido diseñada para satisfacer necesidades específicas (tales como, sistemas corrosivos y fluidos a alta presión).

Pueden estrangular (*throttling valves*) y/o detener el flujo (*on-off valves*). Aunque todas las válvulas tienen los mismos componentes básicos y funcionan para controlar el flujo de alguna manera, el método puede variar. En general, existen cuatro para controlar el flujo a través de una válvula.

# Elementos para el transporte de fluidos; elemento de control: tipos de válvulas

1. Mediante el movimiento de un disco o tapón dentro o contra un orificio (por ejemplo, una válvula de globo, o una válvula *check*).



Válvula globo Z – Y - angular

## Globe Valve Symbol

### Globe valve

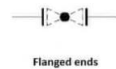
P&ID Symbol



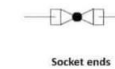
Isometric Symbol



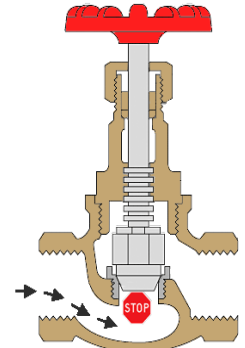
Butt-welding ends



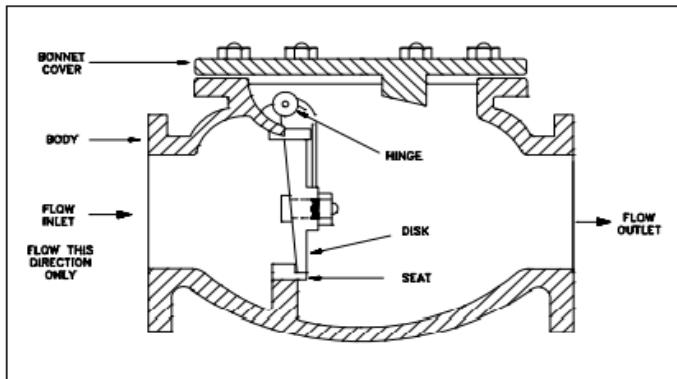
Flanged ends



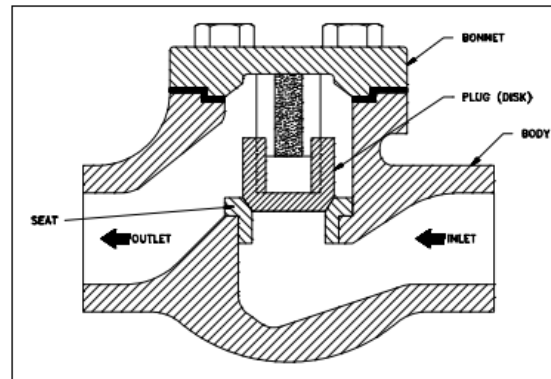
Socket ends



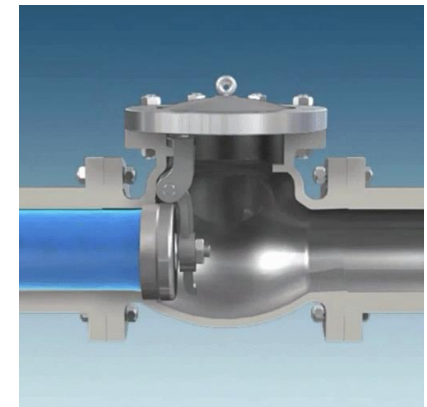
Válvula globo



*Swing check Valve* utilizada junto a válvulas compuerta



*Lift check Valve* utilizada junto a válvulas globo

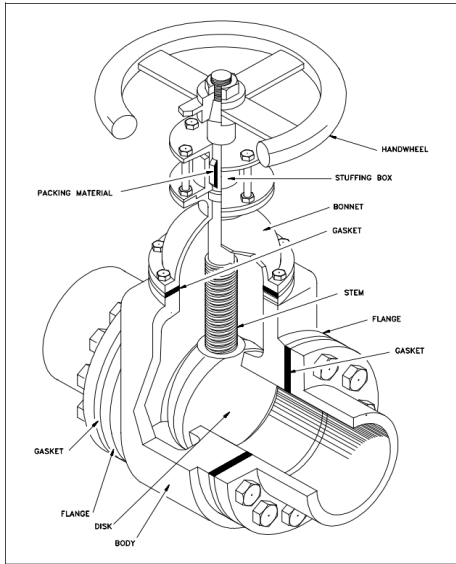


Válvula retención (check)

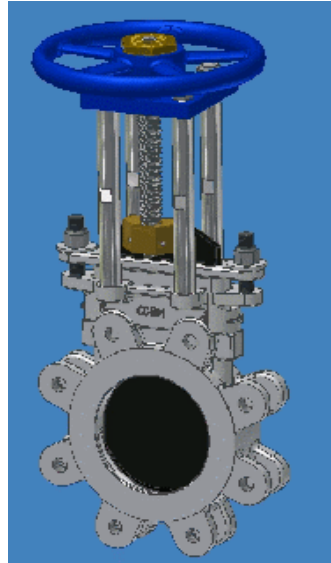
[How is the Installation Position of a Check Valve Determined \(prospervalves.com\)](http://prospervalves.com)



# Elementos para el transporte de fluidos; elemento de control: tipos de válvulas

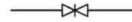


Válvula compuerta



## Gate valve

P&ID Symbol



Isometric Symbol



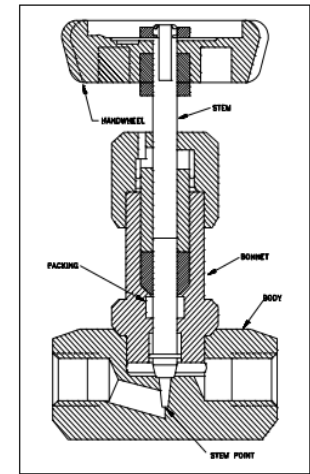
Butt-welding ends



Flanged ends



Socket ends

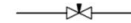


Válvula aguja

2. Mediante el deslizamiento de una superficie plana, cilíndrica o esférica a través de un orificio (por ejemplo, válvulas de compuerta y aguja / tapón).

## Needle valve

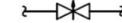
P&ID Symbol



Isometric Symbol



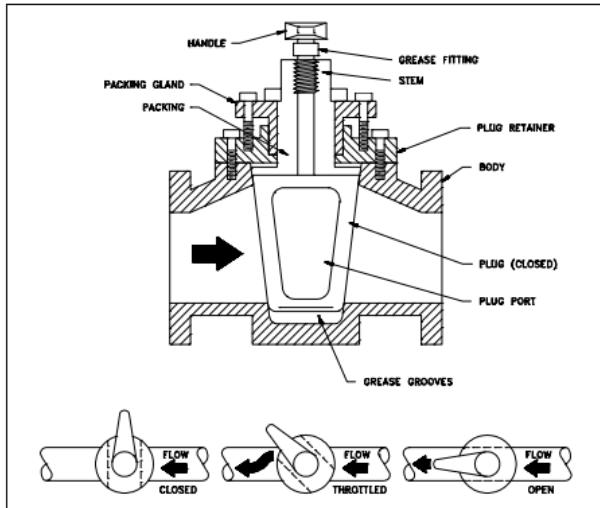
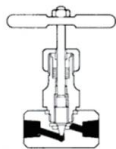
Butt-welding ends



Flanged ends



Socket ends



Válvula tapón



Válvula tapón angular

## Plug valve

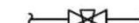
P&ID Symbol



Isometric Symbol



Butt-welding ends



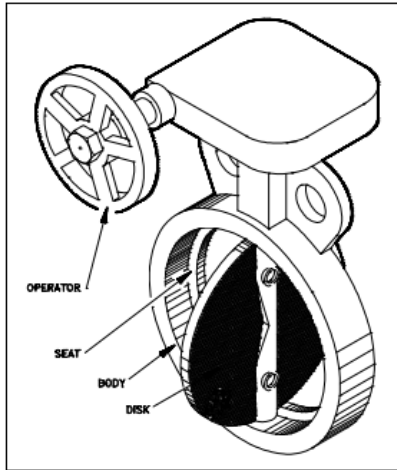
Flanged ends



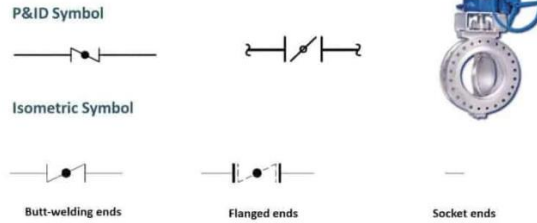
Socket ends



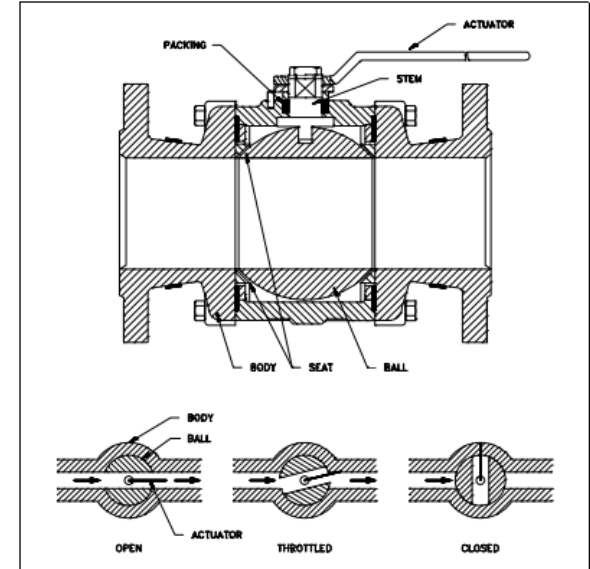
## Butterfly valve



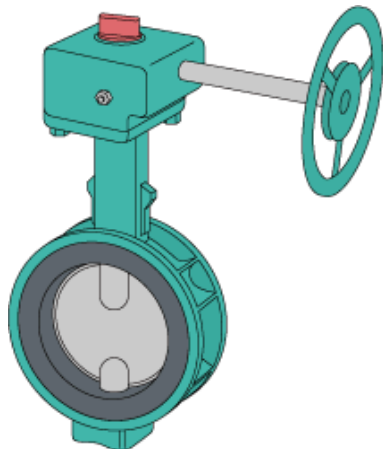
válvula mariposa



3. Mediante el giro de un disco o una elipse alrededor de un eje que se extiende a lo largo del diámetro de un orificio (por ejemplo, una válvula de mariposa, de bola o plug).

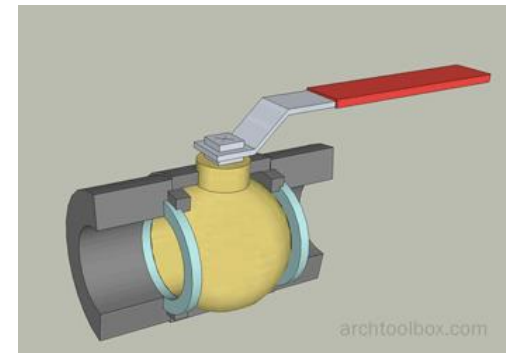
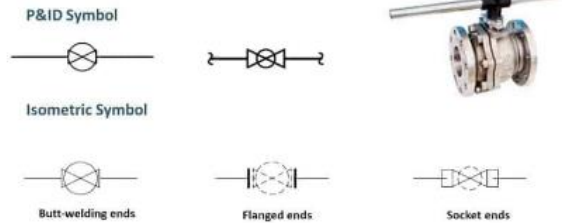


válvula esférica



Válvula mariposa

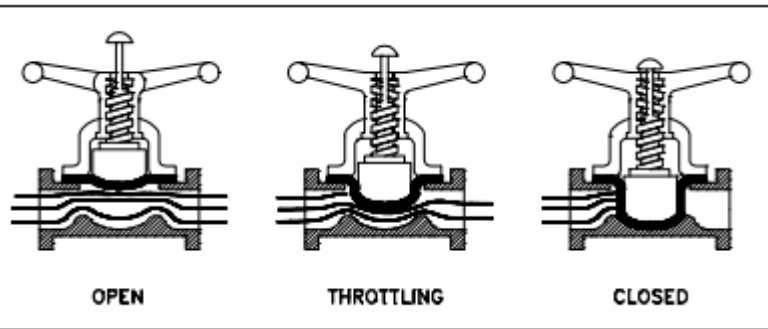
## Ball valve



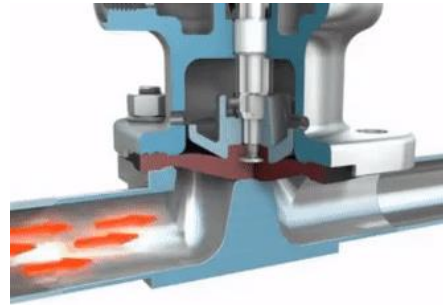
Válvula esférica o bola

## Elementos para el transporte de fluidos; elemento de control: tipos de válvulas

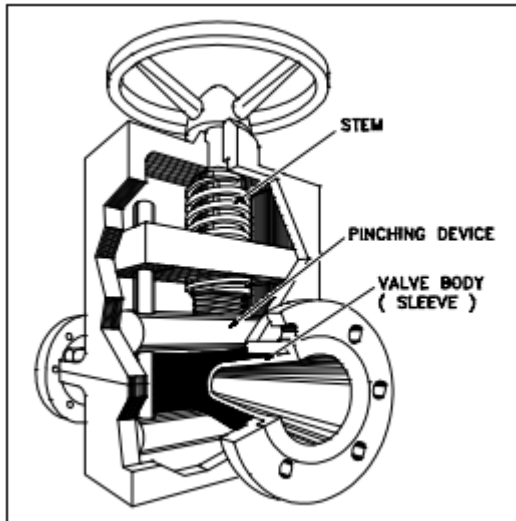
4. Mediante el movimiento de un material flexible en el paso de flujo (por ejemplo, válvulas de diafragma y de manguito).



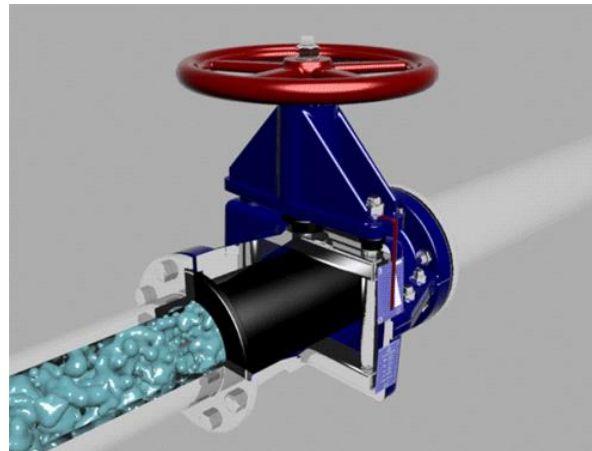
Válvula de diafragma



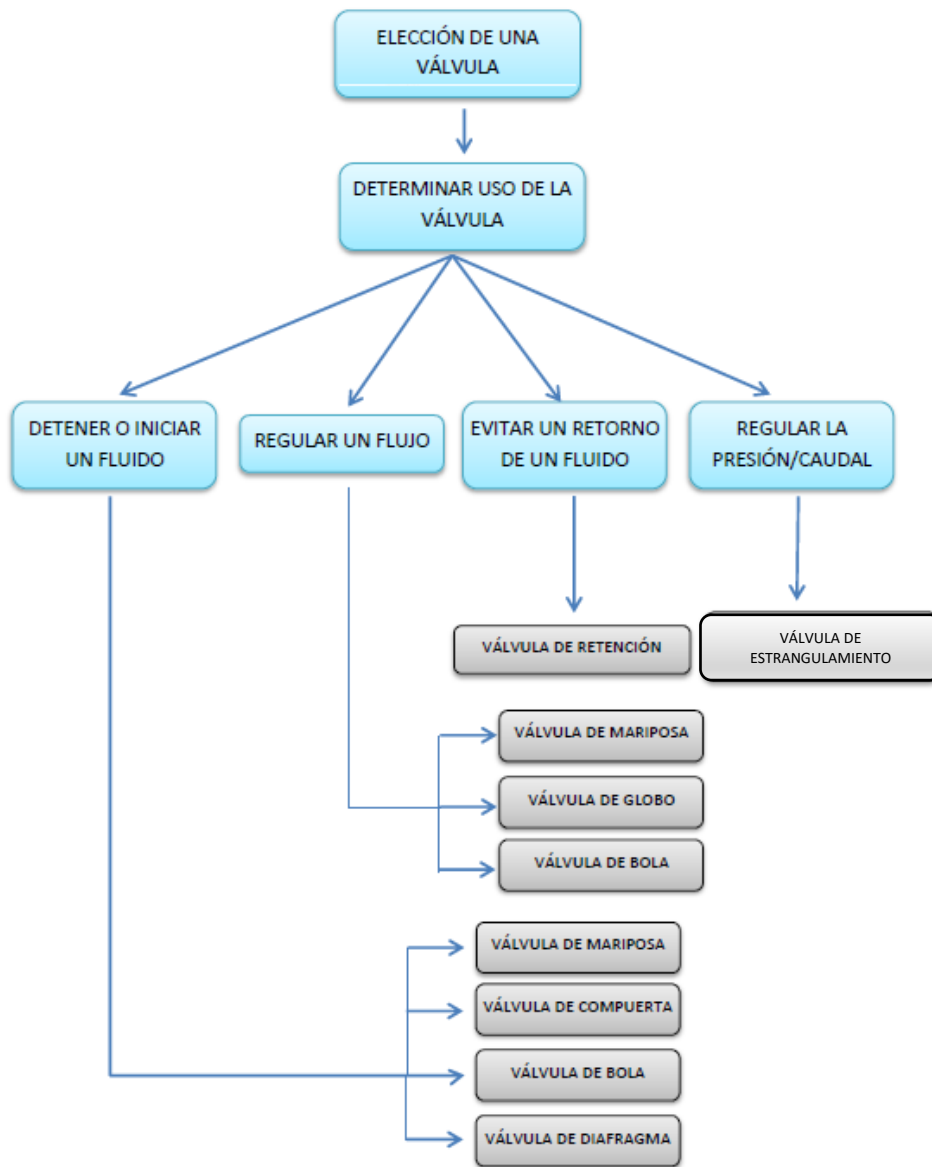
*Weir diaphragm valve*



*Pinch valve* o Válvula de manguito

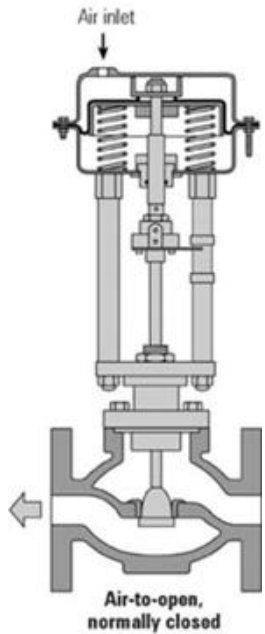
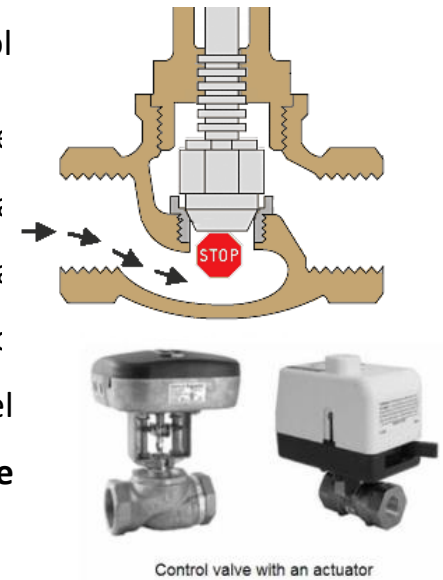


# Elementos para el transporte de fluidos; elemento de control: selección de válvula



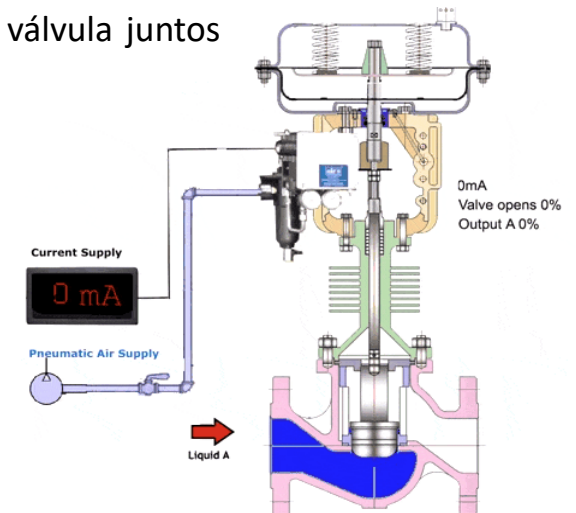
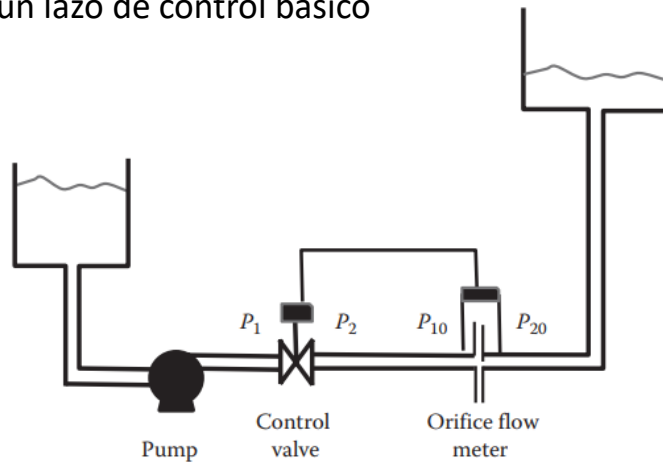
# Elementos para el transporte de fluidos; elemento de control: válvula de control

Una válvula de control es un dispositivo capaz de modular el flujo en diversos grados entre un mínimo y la capacidad máxima, frecuentemente en respuesta a una señal de un sistema de control. Básicamente está formado por un mecanismo que es capaz de cambiar la posición de un obturador en relación con los canales de flujo ubicados dentro del cuerpo de la válvula; el obturador está conectado a un vástago de válvula unido a un actuador; el movimiento de este sistema permite el control de flujo. La mayor parte de las **válvulas de control de flujo son válvulas de estrangulamiento (*throttling valves*)**

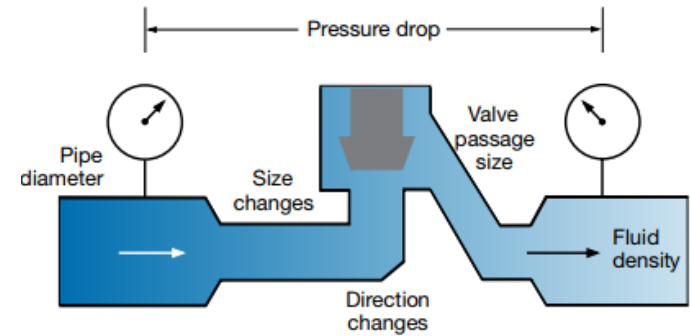
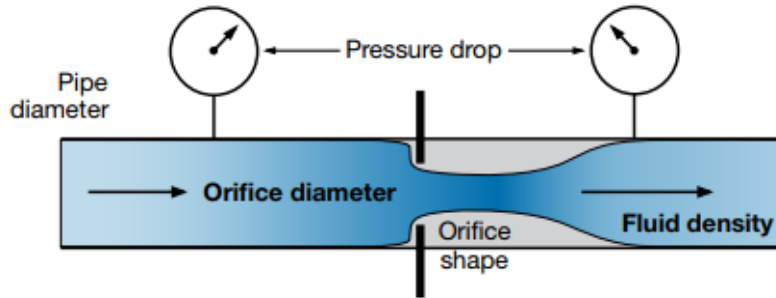


El actuador puede operarse manual, neumática o eléctricamente dirigir el movimiento del vástago.

En los sistemas de control, el actuador responde a una señal externa que normalmente proviene de un controlador. El controlador y la válvula juntos forman un lazo de control básico



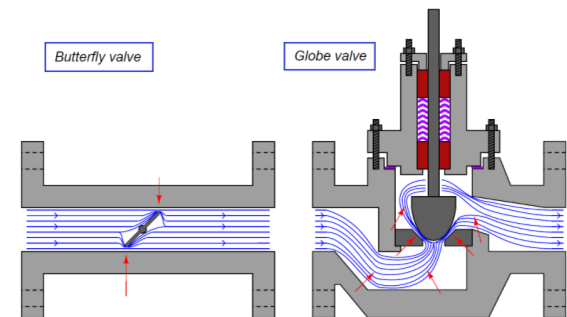
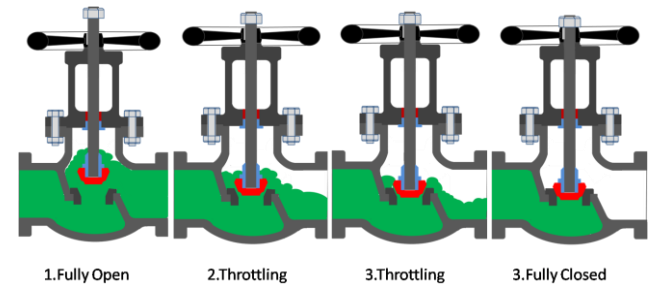
# Elementos para el transporte de fluidos; válvulas de estrangulamiento, principio de funcionamiento



Cuando una válvula de control opera entre las posiciones abierta (*full open*) y cerrada (*full shut*), su propósito en los sistemas de transporte es disipar energía; la disipación es principalmente por transferencia de calor, aunque parte puede manifestarse en forma de vibración y ruido.

El mecanismo dominante es el resultado de la turbulencia en el fluido, provocada como consecuencia de su desplazamiento a través de las restricciones introducidas por los componentes de la válvula en contacto con el fluido (*trim valve*)

Una válvula funciona como una restricción en una línea de flujo, con áreas de flujo  $A_1$  (*upstream*) y  $A_2$  (en la restricción) y diferencial de presión  $\Delta P$

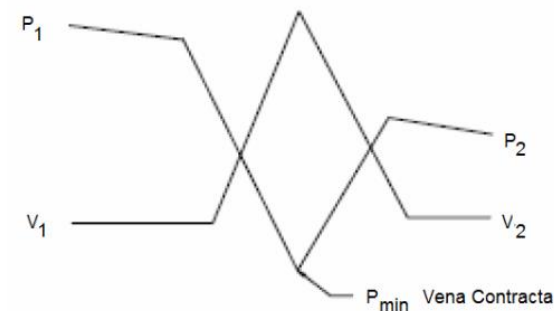
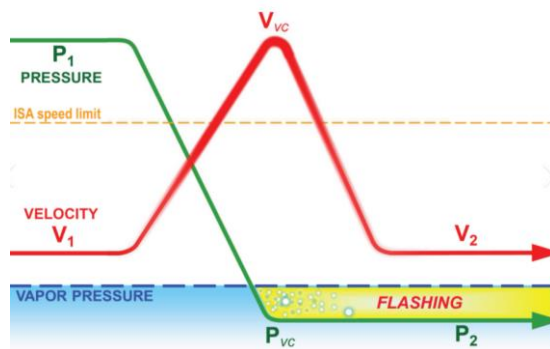
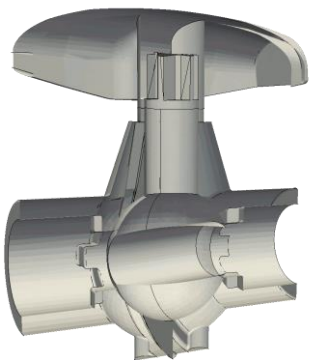
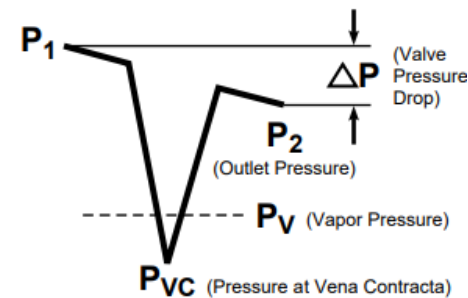
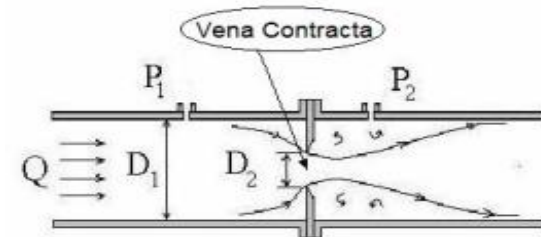
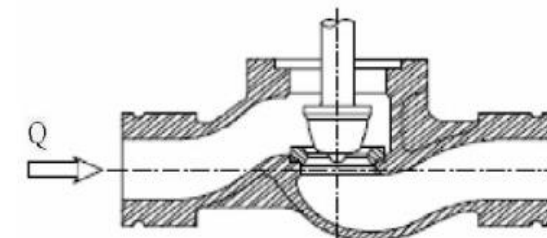


Note: red arrows show points of maximum fluid energy loss

# Elementos para el transporte de fluidos válvulas, principio de funcionamiento

El flujo se regula mediante la variación de la resistencia debido al cambio del área de sección transversal efectiva. Por la ecuación de continuidad, el pasaje de una sección mayor a una menor aumenta la velocidad. La energía necesaria para este incremento se genera a expensas de la presión, por lo que el punto de mayor velocidad es también el punto de menor presión (sección transversal más pequeña). El punto donde la presión es más baja es la "vena contracta".

Más allá de la vena contracta, la velocidad del fluido disminuirá a medida que aumente el diámetro de la tubería. Habrá cierta recuperación de la presión ya que la energía que se transmitió como velocidad ahora se convierte **parcialmente** nuevamente en presión. El grado de recuperación depende del tipo de válvula.



# Elementos para el transporte de fluidos válvulas, relación entre caudal y caída de presión (para fluidos incompresibles)

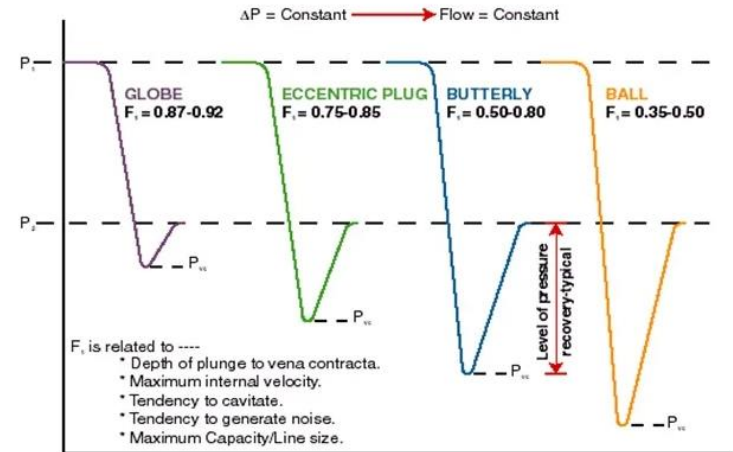
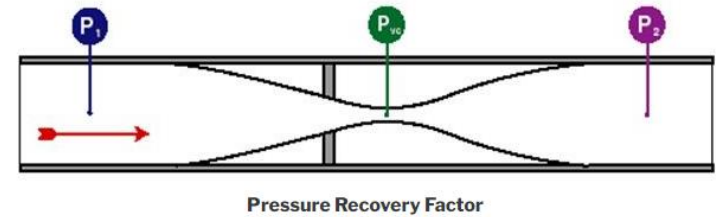
El grado de recuperación depende de influencia relativa sobre la irreversibilidad, de las pérdidas por fricción respecto a las pérdidas en vórtices.

El coeficiente de válvula característico  $K_V$  se define como el flujo de agua ( $m^3 \cdot hr^{-1}$ ) a  $20^\circ C$  a través de una válvula que presenta una caída de presión de 1 bar (SI). Su valor depende del diseño de la válvula y del grado de apertura de la misma

$$Q_V = K_V \sqrt{\frac{\Delta P_{valv}}{GE}}$$

En el sistema US el coeficiente de válvula se conoce como  $C_V$ . Se define como la cantidad de galones por minuto ( $gpm$ ) de agua a  $60^\circ F$  a través de una válvula que presenta una caída de presión de 1 *psi*.  $C_V = 1,16K_V$

$$Q_V = C_V \sqrt{\frac{\Delta P_{valv}}{GE}}$$





## Elementos para el transporte de fluidos válvulas de estrangulamiento (*throttling valves*); coeficiente de flujo

$$Q_V = K_V \sqrt{\frac{\Delta P_{valv}}{GE}} \quad Q_V = C_V \sqrt{\frac{\Delta P_{valv}}{GE}}$$

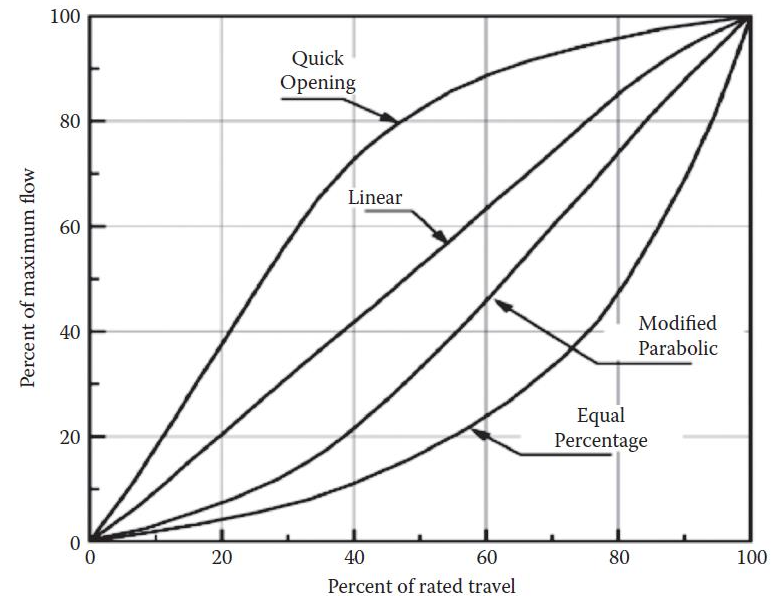
$$K_V = K_{Vfo} \phi(x) \Rightarrow \dot{Q}_V = \phi(x) K_{Vfo} \sqrt{\frac{\Delta P_V}{GE}}$$

El valor de  $K_V$  ( $C_V$ ) cambia de cero (cuando la válvula está completamente cerrada) a un valor máximo,  $K_{Vfo}$  ( $C_{Vfo}$ ), cuando la válvula está completamente abierta (*fo: full open*).  $x$  denota la apertura fraccional o recorrido de la válvula entre 0 y 1 (0 a 100%)

La función  $\phi(x)$ , ( $0 \leq x \leq 1$ ) (característica inherente de la válvula) puede tomar diferentes formas; las más comunes:

a)  $\phi(x) = x$ ; el comportamiento de la válvula es lineal;  $dQ_v/dx \propto$  constante. Se dice que la ganancia es constante, esto es, el cambio incremental de caudal con el cambio de posición del vástago es el mismo para todas las posiciones. Esta es la característica más comúnmente deseada.

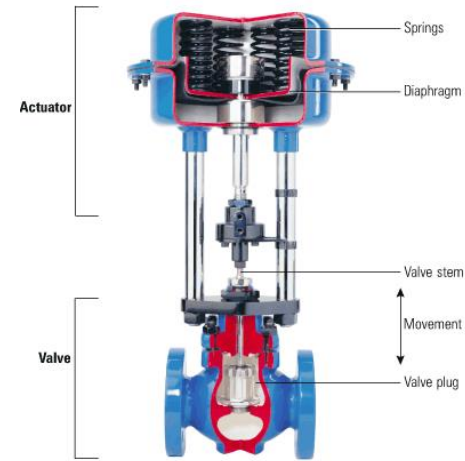
b)  $\phi(x) = R^{x-1}$  (R cte) o  $\phi(x) = \frac{e^{ax^n} - 1}{e^a - 1}$ ; el comportamiento de la válvula es de igual porcentaje (EP);  $dQ_v/Q_v \propto dx$ ; el cambio relativo del caudal es proporcional al cambio de posición de la válvula; inicia con bajos incrementos de caudal (*slow opening*) ( $a = 0,5$ ;  $n = 2,5$ )



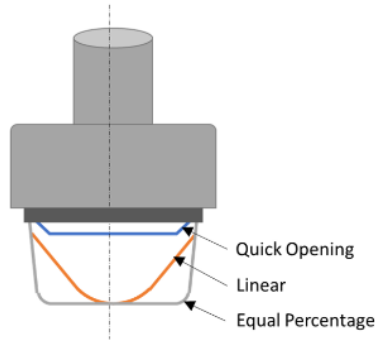
# Elementos para el transporte de fluidos válvulas de estrangulamiento (*throttling valves*); coeficiente de flujo

c)  $\phi(x) = 1 - [a(1 - x) - (a - 1)(1 - x^n)]$ ; el comportamiento es de rápida apertura (*quick opening QO*); provee el máximo cambio de caudal a  $x \rightarrow 0$  con un comportamiento casi lineal. Cuando  $x \rightarrow 1$   $dQ_v/dx \rightarrow 0$  ( $a = 0, 1$ ;  $n = 2,5$ )

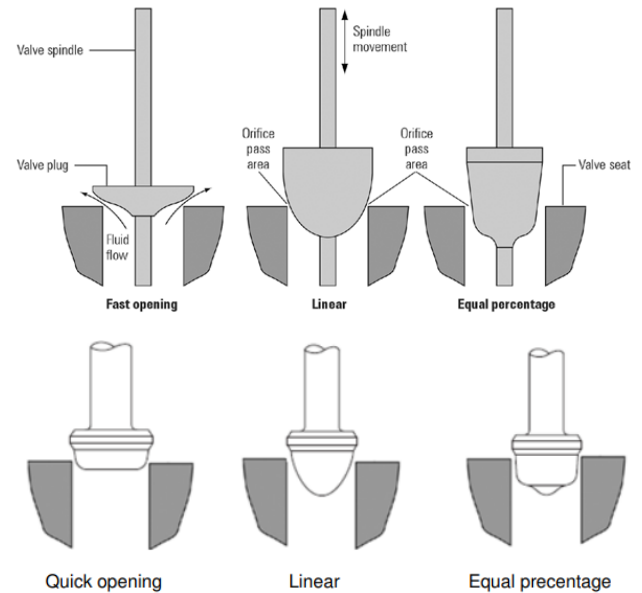
Los valores de  $a$  y  $n$  son provistos por el proveedor de la válvula; aquí valores adoptados a efectos de cómputo.



Valve Trim Modifications



Posibles *trim* de válvulas



Las partes internas extraíbles y reemplazables de la válvula que entran en contacto con el fluido es el ajuste (*trim*) de una válvula. El obturador, el asiento o jaula (*cage*) y el vástago (*stem*) forman parte del *trim* de una válvula.

# Elementos para el transporte de fluidos (*throttling valves*); caudal y su relación con la ecuación de Bernoulli

SI:  $Q_V [m^3 \cdot hr^{-1}]; \Delta P_{valv} [bar]$   $Q_V = K_V \sqrt{\frac{\Delta P_{valv}}{GE}}$   $K_{LV} = \left(0,04 \frac{D^2}{K_V}\right)^2$   $K_V \left[\frac{m^3}{hr \cdot bar^{\frac{1}{2}}}\right]; D [mm]; 0,04 \left[\frac{m^3}{mm^2 \cdot hr \cdot bar^{\frac{1}{2}}}\right]$

$$e_{L,valv} = K_{LV} \frac{\bar{v}^2}{2} \quad h_{L,valv} = K_{LV} \frac{\bar{v}^2}{2g}$$

US:  $Q_V [gpm]; \Delta P_{valv} [psi]$   $Q_V = C_V \sqrt{\frac{\Delta P_{valv}}{GE}}$   $C_V = 1,16 K_V$

## ecuación de Bernoulli

$$\frac{P_1}{\rho} + gz_1 + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2} + w_s = \frac{P_2}{\rho} + gz_2 + \alpha_2 \frac{v_2^2}{2} + \sum e_L \quad J \cdot kg^{-1} \quad \sum e_L = e_{L,p} + e_{L,menor} + e_{L,valv}$$

$$e_{L,p} = f_D \frac{L \bar{v}^2}{D} \quad e_{L,menor} = \left(\sum_j K_L\right) \frac{\bar{v}^2}{2}$$

$$e_{L,valv} = K_{LV} \frac{\bar{v}^2}{2}$$

$$K_{LV} = \left(0,04 \frac{D^2}{K_V}\right)^2$$

A las irreversibilidades descritas debe sumarse, cuando están presentes, equipos o dispositivos de proceso.

$$K_V = K_{Vfo} \Phi(x) \quad K_V \left[\frac{m^3}{hr \cdot bar^{\frac{1}{2}}}\right]; D [mm]; 0,04 \left[\frac{m^3}{mm^2 \cdot hr \cdot bar^{\frac{1}{2}}}\right]$$

$\Phi(x)$ : función del trim

Para ductos circulares  $Q_V = \frac{\pi D^2}{4} \bar{v}$ ;  $\bar{v} = \frac{4Q_V}{\pi D^2}$ ;  $\frac{\bar{v}^2}{2} = \frac{1}{2} \left[\frac{4Q_V}{\pi D^2}\right]^2 = \frac{8Q_V^2}{\pi^2 D^4}$

$$w_s = \frac{P_2 - P_1}{\rho} + g(z_2 - z_1) + \frac{1}{2}(\alpha_2 v_2^2 - \alpha_1 v_1^2) + \frac{8}{\pi^2 D^4} \left[ f_D \frac{L}{D} + \left(\sum_j K_L\right) + K_{LV} \right] Q_V^2 + \left[\frac{\Delta P_o}{Q_{vo}^2}\right] Q_v^2 \quad J \cdot kg^{-1}$$