

Caracas, Octubre 2002

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Mecánica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Jesús Huggins, titulado:

**AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE ISOMÉTRICOS Y  
DEL MÉTODO DE CÁLCULO DE CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE LAS  
TUBERÍAS.**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudio conducentes al Título de Ingeniero Mecánico, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el Bachiller Jesús Huggins, lo declaran APROBADO.

Prof. Juan Ruilova  
Jurado

Prof. Frank Pietersz  
Jurado

Prof. Manuel Martínez  
Tutor Académico

Ing. Gilberto de Jesus  
Tutor Industrial

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

**AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE ISOMÉTRICOS  
Y DEL MÉTODO DE CÁLCULO DE CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE  
LAS TUBERÍAS.**

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
por el Bachiller  
Huggins Caruso, Jesús Rafael  
para optar al título  
de Ingeniero Mecánico

Caracas, 2002

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE ISOMÉTRICOS Y DEL MÉTODO DE CÁLCULO DE CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE LAS TUBERÍAS.**

**TUTOR ACADÉMICO: Prof. Manuel Martínez**

**TUTOR INDUSTRIAL: Gilberto de Jesús**

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
por el Bachiller  
Huggins Caruso, Jesús Rafael  
para optar al título  
de Ingeniero Mecánico

**Caracas, 2002**

**DEDICATORIA**

Dedico este trabajo especial de grado, antes que a nadie a Dios, por ser la fuerza creadora de la naturaleza, de la cual provenimos todos y por haberme dado las capacidades para estudiar esta tan hermosa carrera de Ingeniería Mecánica en la Universidad Central de Venezuela.

También dedico este manuscrito a las personas más importantes en el mundo quienes son mis padres, Rafael y Argelia, ya que gracias a su amor y paciencia han logrado hacer de mi un hombre digno, feliz, motivado y lleno de alegrías durante todas las etapas de mi vida. Con ellos he llorado y reído en muchas circunstancias y es esta una ocasión especial para decirles que LOS QUIERO.

A mis hermanas, María Alejandra y María Antonieta, quienes siempre han estado allí apoyando e impulsándome a luchar para conseguir mis metas, con todo el tesón que siempre necesite de ellas.

**LES QUIERE**

**Jesús Huggins**

Octubre, 2002

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco ante todo a Dios, quien permitió darme vida y esperanza para continuar y culminar este trabajo.

Agradezco a mi familia, Rafael, Argelia, María Alejandra y María Antonieta, por brindarme todo el apoyo y que con su cariño me colmaron de aliento.

A todos los profesores de esta ilustre escuela, en especial al Prof. Manuel Martínez, quien cumplió su función de Ingeniero, y en especial de Educador.

Doy las gracias en particular al Ingeniero Gilberto de Jesús, quien me brindó la oportunidad de desarrollar este trabajo especial, además de agradecer su paciencia y disposición de brindarme toda la ayuda que le solicité.

A la empresa OTEPI Consultores, C.A. y a los trabajadores con quienes compartí, los cuales me dieron la oportunidad de conocer sus valores y aprender de los mismos. A la Ingeniera Patricia Parodi, al Ingeniero Giuseppe Sposatto, Alexis Oquendo por su paciencia y dedicación al instruir mi trabajo especial de grado.

Agradezco a mis compañeros de estudio, por su siempre activa participación en el desarrollo de este trabajo y sobre todo, por ser amigos que

estrechan sus manos con cariño para brindarme ayuda frente a las dificultades salvadas.

Un muy especial mensaje de agradecimiento le doy a Verónica Alejandra Vilchéz Ruíz quien es mi muy querida y amada novia por estar siempre conmigo, apoyarme y darme ánimos para realizar este trabajo.

Les doy las gracias a mis amigos, María Alejandra Cisneros, María Isabel Piazza, Rodrigo Rincón, María Andreina Romero, Francisco Díaz, Omar Techera por brindarme su apoyo y ayuda durante el tiempo que duré realizando este trabajo especial.

Agradezco a todos aquellos que de alguna u otra manera hicieron posible la finalización de mis estudios Universitarios. Por todo esto y a todos:

**¡GRACIAS!**

**Jesús Huggins**

Octubre, 2002

**Huggins C., Jesús R.**

**AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE ISOMÉTRICOS Y  
DEL MÉTODO DE CÁLCULO DE CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE LAS  
TUBERÍAS.**

**Tutor Académico: Prof. Manuel Martínez.  
Tutor Industrial: Ing. Gilberto de Jesús  
Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería.  
Escuela de Ingeniería Mecánica. 2002, 130 pág.**

Tuberías, Isométricos, Programación, Fricción

El objetivo de este trabajo, fue el de automatizar el método de construcción de isométricos, el cálculo de características específicas de tuberías, y las pérdidas por fricción que se generan en los sistemas de tuberías.

Se estudió las virtudes que tiene el programa de computación "SmartSketch", que acepta la programación bajo el lenguaje de "Visual Basic" para así facilitar la construcción de isométricos de tuberías de la manera más rápida y eficiente posible para un programa con bajo costo de adquisición. Se estudió el uso de la programación bajo el mismo lenguaje, "Visual Basic" para realizar los cálculos de selección del diámetro nominal de las tuberías, tanto como para la obtención de las pérdidas por fricción que se generan en los sistemas de tuberías.

# *INDICE*



<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>2</b>
<b>OBJETIVOS</b>	
<i>Objetivo General</i> .....	3
<i>Objetivos Específicos</i> .....	3
<b>DEFINICIONES .....</b>	<b>4</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>8</b>
<b>DETERMINACIÓN DE LA ECUACIÓN DEL</b>	
<b>CÁLCULO DEL ESPESOR DE PARED DE</b>	
<b>TUBERÍAS.....</b>	<b>8</b>
<b>ESTADO GENERAL DE ESFUERZO.....</b>	<b>11</b>
<b>TEORÍA DE CORTE MÁXIMO.....</b>	<b>11</b>
<b>CÁLCULO DE PERDIDAS POR FRICCIÓN.....</b>	<b>13</b>
<b>CÁLCULO DE PÉRDIDAS A TRAVÉS DE</b>	
<b>ACCESORIOS, UNIONES Y VÁLVULAS.....</b>	<b>17</b>
<b>ISOMÉTRICOS DE TUBERÍAS.....</b>	<b>17</b>
<b>MATERIALES USADOS EN LOS SISTEMAS DE TUBERÍAS</b>	
<b>TUBERÍAS.....</b>	<b>20</b>
<b>CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DE LAS TUBERÍAS.....</b>	<b>21</b>
<b>EXTREMOS DE TUBERÍAS.....</b>	<b>22</b>
<b>JUNTAS DE TUBERÍAS.....</b>	<b>22</b>
<b>SOLDADAS.....</b>	<b>22</b>
<b>SOLDADAS A TOPE (“BUTT WELD”, B.W.).....</b>	<b>23</b>

<b>ENCHUFE Y SOLDADO (“SOCKET WELD”, S.W.).....</b>	<b>23</b>
<b>MECÁNICAS.....</b>	<b>23</b>
<b>ROSCADAS.....</b>	<b>23</b>
<b>ACCESORIOS PRINCIPALES PARA SISTEMAS DE TUBERÍAS.....</b>	<b>25</b>
<b>CODOS.....</b>	<b>26</b>
<b>CODO DE 90 GRADOS BISELADO.....</b>	<b>26</b>
<b>CODO DE 45 GRADOS BISELADO.....</b>	<b>27</b>
<b>CODO ROSCADO Y DE ENCHUFE.....</b>	<b>27</b>
<b>TÉ (TEES).....</b>	<b>27</b>
<b>TEE BISELADAS.....</b>	<b>28</b>
<b>TEE A ENCHUFE Y ROSCADA.....</b>	<b>28</b>
<b>REDUCCIONES.....</b>	<b>28</b>
<b>REDUCCIONES CONCÉNTRICAS.....</b>	<b>29</b>
<b>REDUCCIONES EXCÉNTRICAS.....</b>	<b>29</b>
<b>ACCESORIOS MISCELÁNEOS PARA SISTEMAS DE TUBERÍAS.....</b>	<b>30</b>
<b>TAPA (CAP).....</b>	<b>30</b>
<b>DISCO REVERSIBLE.....</b>	<b>30</b>
<b>UNIÓN UNIVERSAL.....</b>	<b>31</b>
<b>TAPÓN (PLUG).....</b>	<b>31</b>
<b>NIPLE.....</b>	<b>31</b>
<b>REFUERZOS PARA RAMALES PEQUEÑOS.....</b>	<b>32</b>
<b>BRIDAS.....</b>	<b>33</b>
<b>TIPOS DE BRIDAS.....</b>	<b>34</b>
<b>BRIDA DE CUELLO SOLDABLE.....</b>	<b>35</b>

<b>BRIDA DESLIZANTE.....</b>	<b>35</b>
<b>BRIDA LOCA.....</b>	<b>36</b>
<b>BRIDAS ROSCADAS.....</b>	<b>36</b>
<b>BRIDAS DE ENCHUFE Y SOLDADURA.....</b>	<b>36</b>
<b>CARAS DE LAS BRIDAS.....</b>	<b>37</b>
<b>EMPACADURAS.....</b>	<b>39</b>
<b>PERNOS Y ESPÁRRAGOS.....</b>	<b>40</b>
<b>VÁLVULAS.....</b>	<b>41</b>
<b>TIPOS DE VÁLVULAS.....</b>	<b>42</b>
<b>VÁLVULA DE COMPUERTA.....</b>	<b>43</b>
<b>VÁLVULA GLOBO.....</b>	<b>43</b>
<b>VÁLVULA MACHO O TAPÓN.....</b>	<b>44</b>
<b>VÁLVULA DE RETENCIÓN.....</b>	<b>44</b>
<b>VÁLVULA DE BOLA.....</b>	<b>44</b>
<b>VÁLVULA AGUJA.....</b>	<b>45</b>
<b>VÁLVULA DE DIAFRAGMA.....</b>	<b>45</b>
<b>VÁLVULA DE SEGURIDAD.....</b>	<b>45</b>
<b>PROGRAMAS USADOS EN EL DESARROLLO</b>	
<b>DE UN PROYECTO DE TUBERÍAS.....</b>	<b>47</b>
<b>PDS.....</b>	<b>47</b>
<b>SMARTSKETCH.....</b>	<b>48</b>
<b>VISUAL BASIC.....</b>	<b>50</b>
<b>OTEPIPE.....</b>	<b>50</b>
<b>MÉTODO DE MÍNIMOS CUADRADOS.....</b>	<b>53</b>

<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>PROCESO PARA LA REALIZACIÓN DE ISOMÉTRICOS.....</b>	<b>58</b>
<b>AUTOMATIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE</b>	
<b>ISOMÉTRICOS EN SMARTCKETCH.....</b>	<b>68</b>
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>CÁLCULO DE SELECCIÓN DE TUBERÍAS.....</b>	<b>77</b>
<b>ESTRUCTURA DEL PROGRAMA DE CÁLCULO DE DIÁMETRO</b>	
<b>NOMINAL DE TUBERÍAS.....</b>	<b>84</b>
<b>CAPÍTULO 3</b>	
<b>CÁLCULO DE PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN TUBERÍAS.....</b>	<b>86</b>
<b>ESTRUCTURA DEL PROGRAMA QUE CALCULA LAS</b>	
<b>PERDIDAS EN SISTEMAS DE TUBERÍAS.....</b>	<b>93</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>98</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>100</b>
<b>APÉNDICE A.....</b>	<b>102</b>
<b>APÉNDICE B.....</b>	<b>103</b>
<b>APÉNDICE C.....</b>	<b>105</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>122</b>

## INDICE DE TABLAS

TABLA DE SCHEDULE PARA TUBERÍAS DE HASTA 48".....	A.1
TABLA DE ESFUERZOS ADMISIBLES DE DISTINTOS MATERIALES.....	A.2
TABLA DE VELOCIDADES TÍPICAS DE LÍQUIDOS EN TUBERÍAS DE ACERO (KERN).....	A.3
TABLA DE BASE DE DATOS "OTEPIPE".....	B.1
TABLA DE PÉRDIDAS EN TUBERÍAS DE $\frac{3}{8}$ " SCH 40.....	C.1
TABLA DE PÉRDIDAS EN TUBERÍAS DE $\frac{1}{4}$ " SCH 40.....	C.2
TABLA DE PÉRDIDAS EN TUBERÍAS DE $\frac{1}{2}$ " SCH 40.....	C.3
TABLA DE PÉRDIDAS EN TUBERÍAS DE $\frac{3}{4}$ " SCH 40.....	C.4
TABLA DE PÉRDIDAS EN TUBERÍAS DE 1" SCH 40.....	C.5
TABLA DE PÉRDIDAS EN TUBERÍAS DE $1\frac{1}{4}$ " SCH 40.....	C.6
TABLA DE PÉRDIDAS EN TUBERÍAS DE $1\frac{1}{2}$ " SCH 40.....	C.7
TABLA DE PÉRDIDAS EN TUBERÍAS DE 2" SCH 40.....	C.8
TABLA DE PÉRDIDAS EN TUBERÍAS DE $2\frac{1}{2}$ " SCH 40.....	C.9
TABLA DE PÉRDIDAS EN TUBERÍAS DE 3" SCH 40.....	C.10
TABLA DE PÉRDIDAS EN TUBERÍAS DE $3\frac{1}{2}$ " SCH 40.....	C.11
TABLA DE PÉRDIDAS EN TUBERÍAS DE 4" SCH 40.....	C.12
TABLA DE PÉRDIDAS EN TUBERÍAS DE 6" SCH 40.....	C.13
TABLA DE PÉRDIDAS EN TUBERÍAS DE 8" SCH 40.....	C.14
TABLA DE PÉRDIDAS EN TUBERÍAS DE 10" SCH 40.....	C.15
TABLA DE PÉRDIDAS EN TUBERÍAS DE 12" SCH 40.....	C.16
TABLA DE FACTOR K.....	C.17

# *INTRODUCCIÓN*

*PLANTEAMIENTO*

*DEL PROBLEMA*

*OBJETIVOS*



*MARCO  
TEÓRICO*

# *DEFINICIONES*

# *CAPÍTULO I*

# *CAPÍTULO II*

# *CAPÍTULO III*

# CONCLUSIONES

# *RECOMENDACIONES*

# *APÉNDICE A*



# *APÉNDICE B*

# *APÉNDICE C*

*ANEXOS*

## INTRODUCCIÓN

Los Isométricos son representaciones gráficas de sistemas de tuberías futuros, en ellos se representan los distintos tipos de uniones y accesorios que llevara esa tubería, como por ejemplo, válvulas, bridas, codos, empaaduras, venteos, drenajes y todos los elementos que la conforman, ellos también incluyen un listado de materiales, los cuales están detallados en cantidades, tipos de uniones (roscadas, soldadas, etc.), con las especificaciones requeridas para el tipo de fluido que dichas tuberías van a transportar, estas especificaciones se rigen por el Piping Class, el cual es un listado de los materiales que especifican los materiales que se tienen que utilizar, para cada condición de diseño la cual depende de la temperatura, presión y el fluido que circula por el sistema de tuberías.

A esto también habría que añadirle la necesidad de tener herramientas que faciliten los cálculos para determinar los diámetros de las tuberías, sus espesores de pared y para determinar las pérdidas por fricción que se obtendrán en un sistema en específico, estas herramientas pueden ser, la realización de programas de computación los cuales darán los resultados, sin que el operador tenga la tarea de hacer dichos cálculos, pudiéndose evitar errores de cálculo por parte del usuario.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El proceso de elaboración de Isométricos de tuberías se realiza mediante Autocad. Esta herramienta de dibujo es bastante completa y satisfactoria, pero tiene el inconveniente que es un programa de licencia costosa, se busca utilizar uno de menor costo de licencia. Luego de elaborados, el conteo de materiales es realizado manualmente y es allí donde se presenta el mayor inconveniente, ya que normalmente existen discrepancias entre el listado y el Piping Class, alargando el tiempo de producción de estos.

Luego de haber obtenido las ecuaciones respectivas para cada caso hay que hacer una lógica para poder hacer que dichas ecuaciones puedan ser programadas y los pasos y condiciones que deben haber para que el programa de los resultados correctos que estemos esperando.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Realizar la Automatización de la producción de Isométricos de tuberías y optimizar su tiempo de producción sin bajar la calidad, y la realización de programas que sirvan para hacer cálculos en tuberías.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Aplicar la programación para adaptar un programa como Smart Sketch a la generación de Isométricos de tuberías mediante Visual Basic.
- Utilizar en dicho programa las especificaciones que están reflejadas en los Piping Class de la Empresa.
- Verificar si el programa cumple con las condiciones necesarias para la construcción de Isométricos de tuberías.
- Utilizar un lenguaje de programación (Visual Basic) para hacer programas que realicen cálculos específicos.

## DEFINICIONES

### PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS

#### DENSIDAD

La densidad es definida como la relación de la masa entre el volumen que ocupa dicha masa. En la mayoría de los textos suele denominarse con la letra griega  $\rho$  (rho). Las dimensiones de la misma es masa sobre longitud al cubo, que en el sistema internacional (SI) corresponde a gramo sobre centímetro cúbico, o kilogramo (masa) sobre metro cúbico. En el sistema inglés (SE) la unidad de masa se denomina “slug” y como unidad de longitud se utiliza el pie (ft). Sin embargo las dimensiones más utilizadas en este sistema suelen corresponder a fuerza, longitud y tiempo por lo que la unidad de la densidad se puede expresar como libra (fuerza) por segundo al cuadrado, dividida entre pie a la cuarta potencia.

Es de mencionar, la gran dificultad que se presenta motivado a la no clara definición de las unidades de fuerza y masa. Es muy común confundir los vocablos kilogramo y libra (pound) en el momento de ser utilizados ya que ambos se adjudican, sin distinción, para determinar masa o fuerza. Para dicho caso, el sistema internacional (SI) resulta más ventajoso ya que la unidad de fuerza es el Newton o la DINA.

A continuación se presenta las unidades en ambos sistemas

$$(SI) \frac{Kg}{m^3} \text{ o } \frac{N \cdot seg^2}{m^4} \quad (SE) \frac{slug}{ft^3} \text{ o } \frac{lbf \cdot seg^2}{ft^4}$$

Como ejemplo presentamos la densidad del agua:

$$(SI) \quad \rho = 1000 \frac{kg}{m^3} = 1 \frac{gr}{cm^3} \quad (SE) \quad \rho = 1,94038 \frac{slug}{ft^3}$$

## PESO ESPECÍFICO

Se define como el peso del fluido entre su volumen y lo denominaremos por la letra griega gamma  $\gamma$

Sus dimensiones corresponden a fuerza sobre longitud al cubo, por lo que sus unidades más usuales corresponden a:

$$(SI) \quad \frac{N}{m^3} \quad \text{o} \quad \frac{Kg}{m^2 \cdot seg^2} \quad (SE) \quad \frac{lbf}{ft^3}$$

El peso específico y la densidad se relacionan por medio de la aceleración del gravedad

$$\gamma = \rho \cdot g$$

Donde  $g = 9,80665 \text{ m/seg}^2$  y usualmente aceptada  $9,81 \text{ m/seg}^2$ , en unidades inglesas se acepta el valor de  $g = 32,2 \text{ ft/seg}^2$

## VISCOSIDAD

La viscosidad de un fluido es su resistencia a fluir, por lo que su valor es una medida de la fricción entre las moléculas del fluido cuando se mueven contra otras.



Se define como la relación de los esfuerzos de corte entre la tasa de cambio de la velocidad. Suele denominarse con la letra griega  $\mu$  (mu). Así mismo a los esfuerzos de corte se les denomina con la letra griega  $\tau$  (tau), y a la tasa de cambio de la velocidad con la expresión derivada de la velocidad con respecto a la distancia "y" es decir  $dc/dy$ . Esta derivada es llamada gradiente de la velocidad. En la siguiente figura podemos observar dos cuerpos en movimiento relativo

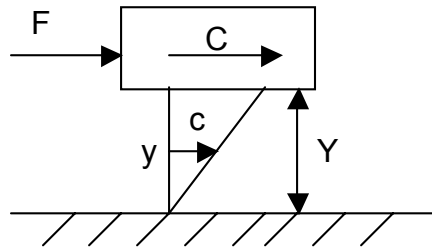


Figura D1

La ecuación resultante será: 
$$\tau = \mu \cdot \frac{dc}{dy}$$

Donde  $\mu$  es la viscosidad absoluta.

Es importante aclarar que esta ecuación no se cumple para flujo turbulento. Y motivado a que un incremento en la temperatura o disminución en la presión debilita la actividad interna molecular en un fluido resultando en una disminución de la viscosidad esta debe ser dada para una presión y temperatura determinada. (Si al mencionarse el valor solo se indica la temperatura, se asume que la presión

es la atmosférica). La unidad más frecuente para la viscosidad absoluta es el Poise, donde  $1 \text{ Poise} = 1 \text{ Dina} \cdot \text{seg} / \text{cm}^2$

## **VISCOSIDAD CINEMÁTICA**

En muchos casos se presenta la viscosidad dividida por la densidad del fluido, y se le denomina viscosidad cinemática.

Esta viscosidad la designaremos con la letra griega  $\nu$  (nu) y su unidad más frecuente es el Stoke.

$1 \text{ Stoke} = 1 \text{ cm}^2/\text{seg}$

## MARCO TEÓRICO

### DETERMINACIÓN DE LA ECUACIÓN DEL CÁLCULO DEL ESPESOR DE PARED DE TUBERÍAS

Para poder encontrar una ecuación que nos permita realizar el cálculo del espesor de pared de una tubería debemos referenciamos a los estudios de esfuerzos y teoría de fallas de los materiales que ocurren dentro de la misma, cuando está sometida a presiones internas, para facilitar el estudio dividimos la tubería por tres planos perpendiculares entre sí, como podemos observar en la Figura 1, y analizamos las fuerzas que se generan en cada uno de ellos.

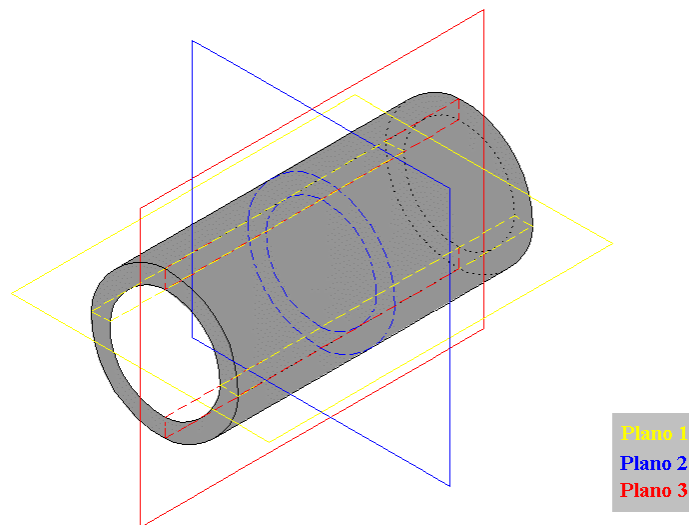


Figura 1

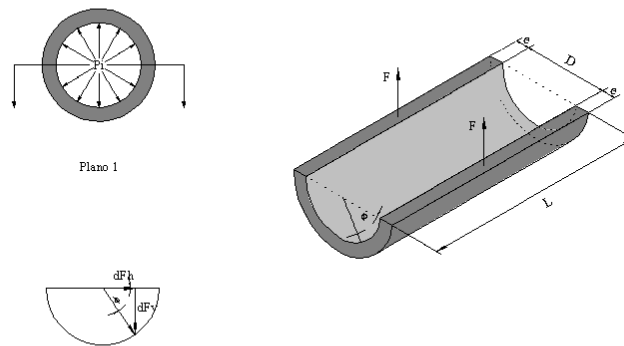


Figura 2

Para la Figura 2 la cual es un corte longitudinal de la tubería representada por el plano #1 obtenemos las siguientes ecuaciones:

$$dF = Pi \cdot dA$$

$$dF = Pi \cdot L \cdot \frac{D}{2} \cdot d\phi$$

$$Fh = \int_0^{\pi} dF \cos \phi \cdot d\phi = \int_0^{\pi} \frac{Pi \cdot L \cdot D}{2} \cdot \cos \phi \cdot d\phi = \frac{Pi \cdot L \cdot D}{2} \cdot \text{Sen} \phi \Big|_0^{\pi}$$

$$Fh = 0$$

$$Fv = \int_0^{\pi} dF \cdot \text{Sen} \phi = \int_0^{\pi} \frac{Pi \cdot L \cdot D}{2} \cdot \text{Sen} \phi \cdot d\phi = \frac{Pi \cdot L \cdot D}{2} (-\text{Cos} \phi) \Big|_0^{\pi}$$

$$Fvt = Pi \cdot L \cdot D$$

$$\sum Fv = 0$$

$$Pi \cdot D \cdot L - 2 \cdot F = 0$$

$$F = \frac{Pi \cdot D \cdot L}{2}$$

$$\nabla t = \frac{F}{A}$$

$$A = L \cdot e$$

$$\nabla t = \frac{Pi \cdot D \cdot L}{2 \cdot L \cdot e} = \frac{Pi \cdot D}{2 \cdot e}$$

$P_i$  = Presión interna de la tubería  
 $D$  = Diámetro interno de la tubería  
 $e$  = Espesor de pared  
 $\nabla_t$  = Esfuerzo tangencial

Tanto en los planos #1 como en el plano #3 existen esfuerzos tangenciales, caso diferente al plano #2, el cual está representado en la Figura #3, donde existe esfuerzo longitudinal  $\nabla_l$  como veremos a continuación:

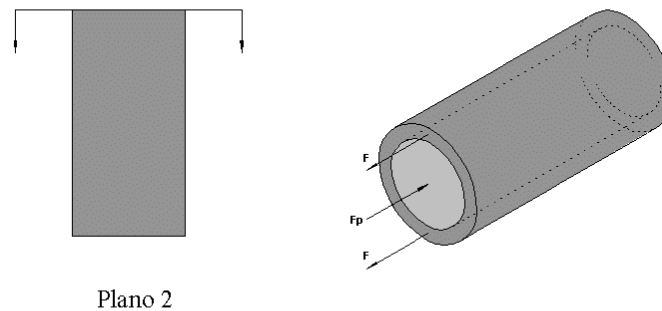


Figura 3

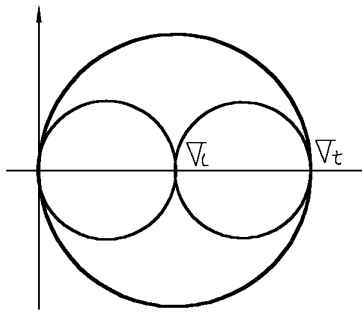
$$\begin{aligned} \sum F_l &= 0 \\ F_p - 2F &= 0 \\ F &= \frac{F_p}{2} \\ F_p &= \frac{P_i \cdot \Pi \cdot D^2}{4} \\ F &= \frac{P_i \cdot \Pi \cdot D^2}{8} \\ \nabla_l &= \frac{F}{A} \\ A &= \frac{\Pi \cdot D \cdot e}{2} \end{aligned}$$

$$\nabla l = \frac{\frac{P_i \cdot \Pi \cdot D^2}{8}}{\frac{\Pi \cdot D \cdot e}{2}} = \frac{P_i \cdot D}{4 \cdot e}$$

## ESTADO GENERAL DE ESFUERZO

$$\begin{bmatrix} \nabla t & 0 & 0 \\ 0 & \nabla l & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Circulo de Möhr



## TEORÍA DE CORTE MÁXIMO

$$\begin{aligned} \tau_{\max} &\leq \frac{S_y}{2} \\ \frac{\nabla t - 0}{2} &\leq \frac{S_y}{2} \\ \frac{P_i \cdot D}{2 \cdot e} &\leq S_y \\ \frac{P_i \cdot D}{2 \cdot S_y} &\leq e \end{aligned} \quad (1)$$

Al comparar los resultados obtenidos en la ecuación (1) y compararlos con la norma ANSI Asme B31.4 encontramos que la única diferencia entre una fórmula y otra, es que en la norma se utiliza como diámetro, el externo de la tubería, lo cual no perjudica el diseño sino que mas bien lo beneficia, ya que da como resultado, un espesor de pared más grande, que cuando se utiliza el diámetro

interno de la tubería y hay que acotar que en la etapa de diseño es aún desconocido el diámetro interno, (en el caso del diseño de tuberías) ya que este diámetro es conocido posteriormente al cálculo del espesor, que en los primeros cálculos es indeterminado.

Hay también que acotar que en estas ecuaciones no se han tomado en cuenta ningún factor de seguridad, el cual generaría un mayor espesor de pared, para cumplir con las exigencias, y evitar el riesgo, cuando estas tuberías se encuentren cerca de poblaciones y el fluido que estén transportando sea tóxico o peligroso para dicha población, Tampoco han sido tomados factores de gran importancia tales como la corrosión, incrustaciones, tolerancias, etc. Estos factores también afectan el espesor de pared, los cuales suman o restan ciertas pulgadas o milímetros a los cálculos obtenidos, teniendo como resultado final

$$e_n = e + Al$$

$e_n$  = Espesor final

$e$  = Espesor calculado

$Al$  = Suma de tolerancias

## CÁLCULO DE PERDIDAS POR FRICCIÓN

Para calcular las pérdidas por fricción de un líquido que se desplaza a través de una tubería circular debemos determinar el régimen de flujo en que se encuentra, es decir, laminar, turbulento o de transición. Ello lo podemos determinar mediante el calculo del Numero de Reynolds.

$$R = \frac{C \cdot D \cdot \rho}{\mu} = \frac{C \cdot D}{\nu}$$

Donde:

$C$  = velocidad

$D$  = diámetro interno

$\rho$  = Densidad

$\mu$  = Viscosidad absoluta

$\nu$  = Viscosidad cinemática

Para valores de  $R$  menores o iguales a 2000 el flujo es laminar.

Para valores de  $R$  mayores a iguales a 4000 el flujo es turbulento.

Para valores de  $R$  entre 2000 y 4000 el flujo es de transición.

En aquellos casos en los cuales la sección de la tubería no es circular o en el caso de que el líquido no cubra la sección completa de dicha tubería es necesario considerar el concepto de “radio hidráulico” ( $R_h$ ) para obtener el diámetro.



$R_h = \text{Área transversal de paso del líquido} / \text{Perímetro mojado}$ .

Y se define el diámetro hidráulico como cuatro veces el radio hidráulico.

$$D_h = 4R_h$$

Esto permite que el diámetro hidráulico sea igual al diámetro de la tubería en el caso de que la misma tenga el área transversales forma circular.

La mayoría de las formulas desarrolladas para calcular las pérdidas por fricción se han basado en la suposición de que dicha energía depende solo de la velocidad del fluido, de las dimensiones y de la rugosidad de las paredes del conducto.

Teniendo como base que la resistencia que posee un líquido a fluir es debido a los esfuerzos viscosos de corte que se generan internamente, y a las turbulencias que ocurren a lo largo de las paredes de la tubería motivado a la rugosidad de las mismas, se han efectuado investigaciones tendientes a obtener una expresión matemática que permita calcular dichas pérdidas.

Uno de los primeros intentos que permiten evaluar algebraicamente a las pérdidas está dada por la fórmula de Chezy (1775).

$$C = \sqrt{Rh * s} \quad \text{donde} \quad s = \frac{Hf}{L}$$

Tomando como premisas el que la fricción de un líquido en una tubería depende de la rugosidad de la superficie interior de la tubería, y su diámetro interno, así como de la viscosidad y velocidad promedio del líquido, fue desarrollada la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$Hf = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{C^2}{2 \cdot g}$$

Donde:

$f$ = Coeficiente de fricción

$L$ = Longitud de la tubería

$D$ = Diámetro interno

$C$ = Velocidad promedio

$g$ = Aceleración gravitacional

En el caso de existir un flujo laminar el factor de fricción puede ser calculado como:

$$f = \frac{64}{R}$$

Ello debido a que la rugosidad de la superficie no tiene efecto perceptible en el flujo o sea  $f$  es independiente de la rugosidad, y solo varía en función del número de Reynolds.

Para el caso de flujo turbulento nos encontramos que el factor fricción esta influenciado tanto por la rugosidad de la superficie interior como por el número de Reynolds. Para el caso de flujo de transición el valor  $f$  es incierto, sin embargo, por seguridad en los cálculos del flujo en tuberías se asume como turbulento.

C.F. Colebrook, en el año 1939, desarrollo la siguiente fórmula:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left( \frac{\varepsilon}{3,7 \cdot D} + \frac{2,51}{R \sqrt{f}} \right)$$

C.F. Moody desarrollo, a partir de la ecuación anterior, un gráfico que permite obtener el valor de  $f$  sin necesidad de resolver la fórmula de Colebrook, y para evitar errores en las lecturas de dicho gráfico se desarrollaron tablas que permiten obtener los valores de pérdidas directamente.

Las tablas fueron desarrolladas asumiendo

- Flujo turbulento
- Fluido que fluye: Agua a 15.6°C (60°F), con una viscosidad cinemática  $\nu=1.130$  centistocks

- Valores de rugosidad absoluta para tubería nueva

Para tubería de acero, Sch 40                       $\varepsilon= 0,000046$  m

Para tubería de hierro fundido                       $\varepsilon= 0,000122$  m

Para tubería de hierro galvanizado                       $\varepsilon= 0,000152$  m

## CÁLCULO DE PÉRDIDAS A TRAVÉS DE ACCESORIOS, UNIONES Y VÁLVULAS.

Las pérdidas a través de accesorios, válvulas, entradas y salidas, contracciones y ensanchamientos, etc. Pueden ser calculadas aplicando la ecuación de Darcy-Weisbach mediante una pequeña modificación:

$$H_f = \left( f \cdot \frac{L}{D} \right) \cdot \frac{C^2}{2 \cdot g} = K \cdot \frac{C^2}{2 \cdot g}$$

Donde  $K = f \cdot L/D$  es un coeficiente de resistencia obtenido experimentalmente y depende del tamaño, diseño y tipo de accesorio.

Para estos casos  $L$  representa la longitud equivalente que tendría una tubería recta con la misma pérdida que el accesorio. Y  $C$  es la velocidad promedio del líquido en la tubería en la cual se aloja el accesorio. En caso de ensanchamiento y contracciones la velocidad será considerada como la velocidad en la tubería de menor diámetro.

## ISOMÉTRICOS DE TUBERÍAS

En los proyectos de Ingeniería en los cuales estén involucradas la construcción de tuberías, se generan Isométricos, los cuales son la representación gráfica de la distribución de la futura tubería que será construida. En los isométricos están representados todos los elementos (válvulas, codos, bridas, tramos de tuberías, etc) tanto como las uniones soldadas, roscadas o según sea el

caso, las elevaciones a las que van a estar las tuberías, las diferentes secciones en las que van a ser divididas las tuberías (spools), las distribuciones de venteos y drenajes, la disposición de “Field” (construcción en campo) o “Shop” (construcción en taller), el listado de todos los elementos utilizados para la construcción del isométrico (listado de materiales) y toda la información necesaria para la posterior construcción de la tubería.

En un proyecto pueden haber grandes cantidades de isométricos ya que cada isométrico es la representación de una sola tubería, si esta tubería tiene una unión con otra tubería, esa otra tubería que se une es otro isométrico, y si a esta se le une otro segmento de tubería será otro isométrico y así sucesivamente.

La fabricación de los isométricos es para crear la disposición espacial de la tubería antes de proceder a construirla, con la finalidad de que no hayan errores en su construcción, tampoco de que falten o sobren componentes a la hora de montarlos, por que hay que recordar que la mayoría de las veces estas se construyen en lugares lejanos a centros poblados y en su mayoría de difícil acceso, por lo tanto el hecho de que falten componentes, genera pérdidas de tiempo y dinero, por lo tanto es preferible encontrar los errores en la oficina donde se generan los isométricos y no en el campo donde se generarían pérdidas.

## MATERIALES USADOS EN LOS SISTEMAS DE TUBERÍAS

El diseño de sistemas de tuberías para proyectos industriales requiere una gran dedicación y exactitud de resultados por parte de los ingenieros, ya que son las tuberías parte primordial en toda planta al ser éstas las encargadas de conducir los fluidos de un lugar a otro de manera segura y conservando las propiedades del mismo necesarias para un determinado proceso. Por esto se requiere gran experticia y conocimiento de todos los materiales que componen un sistema para determinar el mejor arreglo, tanto desde el punto de vista mecánico (flexibilidad y resistencia) como desde el punto de vista económico.

Cuando se habla de los **materiales** que conforman un sistema de tuberías en general, ya sea plantas de proceso, oleoductos, gasoductos o plantas de generación de potencia, entre otros; no se está haciendo referencia al material en sí del cual está fabricada una tubería (aceros al carbono, inoxidable, aluminio), se hace referencia a todos aquellos elementos que se unen entre sí para lograr el propósito primordial de un sistema de tuberías, el cual es transportar un fluido bajo ciertas condiciones de temperatura y presión de un lugar a otro con el fin de lograr algún proceso requerido en una planta.

Aunque no lo parezca, existe una enorme y variada cantidad de éstos elementos, lo cual infiere gran complejidad al diseño de una línea (al nivel de lo que se llama ingeniería de detalle) y cada uno de estos elementos tiene una aplicación determinada ya sea por el tipo de proceso, diámetros de tuberías, vida

útil del sistema y un factor importante que se debe tener en cuenta como lo es el factor económico. Es decir, que tipos de elementos son los mejores para el funcionamiento requerido del sistema y cuales conllevan menor costo, factor preponderante a la hora de presentar una oferta o licitar un proyecto.

Los materiales más comunes que componen un sistema de tuberías de una planta de proceso son los siguientes: Tuberías, Niples, “Sockolets”, “Weldolets”, “Threadolets”, “Swage”, “Caps”, Reducciones, Codos, Te Rectas, Bidas, Válvulas, Discos Reversibles, Unión Universal, Tapones, Empacaduras, “O Rings” y Espárragos. A continuación se describirán cada uno de éstos elementos, su uso, y características relevantes de fabricación para su aplicación en los sistemas de tuberías.

## **TUBERÍAS.**

Una tubería es un elemento hueco que sirve para transferir generalmente fluidos. Son construidas bajo normas ANSI que permiten una geometría standard. Las tuberías comerciales y productos tubulares son clasificados dentro de varios grupos basándose en la aplicación y uso, y no según el método de manufactura. Por ende, existe una diversidad en las clasificaciones de las tuberías. Una de estas clasificaciones es: (1) tuberías standard, (2) tubos de presión, y (3) tubos mecánicos; a su vez estos tres grupos se dividen en otros subgrupos. Las consideraciones de costo entran también dentro de la selección de la especificación del material de la tubería.

## **CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DE LAS TUBERÍAS.**

Debido a los parámetros de sección de flujo, presión corrosión, temperatura y el material es necesario establecer diferentes espesores de tuberías, por lo cual se designa un Diámetro Nominal (DN) y un diámetro externo fijo que siempre es mayor al nominal hasta 12" de diámetro nominal a partir del cual sí se corresponde la designación con la medida, es decir, una tubería de diámetro nominal de 14" tiene un diámetro externo de 14" cosa que no ocurre con las nominaciones menores.

El diámetro nominal, como su nombre lo indica, sólo sirve para nombrar a las tuberías, no para dimensionarlas, mientras que el diámetro exterior (OD) representa la medida real del mismo, este diámetro permanece constante sin importar la variación del espesor de la tubería. En cuanto a los espesores éstos también se conocen con el nombre de "Schedule", estableciéndose los siguientes valores: 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140 y 160. A mayor schedule, mayor es el espesor de la pared de la tubería. Los más usuales en diámetros hasta 12" son el 20, 30, 40 y 60, en tuberías de acero al carbón.

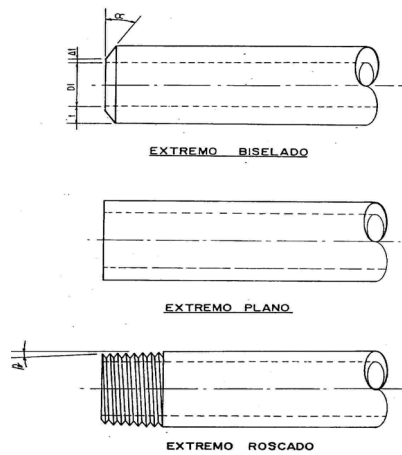
Desde el punto de vista de las conexiones de las tuberías, los extremos y las juntas son las características más importantes, esto se debe a que dependiendo de ellas el tipo de conexión variará.



## EXTREMOS DE TUBERÍAS:

Hay tres formas en los extremos de las tuberías que a la vez determinarán los tres tipos principales de conexiones de tubería que son:

biselado (BE), plano (PE) y roscado (T&C) (ver figura 1.1).



**Figura 1.1:** Presentación de los extremos de las tuberías.

## JUNTAS DE TUBERÍAS:

La junta de las tuberías se denomina a la forma de unión de una tubería con los demás elementos de manera de garantizar la continuidad de la línea por un determinado recorrido o tramo. Los diferentes tipo de juntas son:

### A. SOLDADAS

Este tipo de junta se hace por medio de soldadura y se clasifican en:

**a.1. SOLDADAS A TOPE (“BUTT WELD”, B.W.):**

Se usa para la mayoría de las tuberías de proceso y servicio, de diámetros mayores. Esta junta es totalmente de frente al espesor biselado de tubería a tubería o de accesorio a tubería. (ver figura 1.2.A)

**a.2 ENCHUFE Y SOLDADO (“SOCKET WELD”, S.W.):**

Se usan para tuberías de diámetros menores, su junta es a enchufe en un accesorio que posea una cavidad tal que permita la penetración de la tubería; la soldadura será en la superficie de la tubería con el frente del accesorio. (ver figura 1.2.B)

**B. MECÁNICAS**

Este tipo de juntas está formado por bridas, tornillos y empaaduras; permite el intercambio sin afectar la integridad de los elementos a ser juntados, se utilizan en general para líneas de diámetros mayores a 4 pulgadas. También se consideran juntas mecánicas las roscadas.

**C. ROSCADAS**

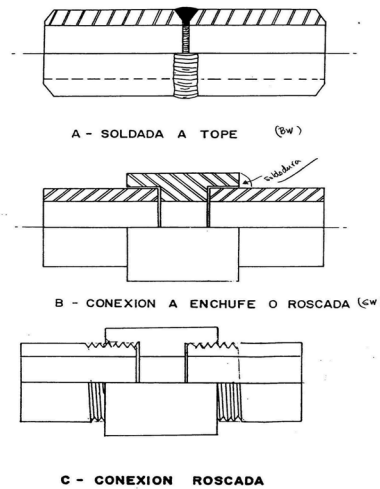
Este tipo de junta permite una fácil instalación, remoción o reemplazo de tuberías, válvulas, y otros accesorios. Se utilizan cuando se prevé un desmontaje

futuro y para facilidad de mantenimiento, sobretodo para líneas de diámetro hasta 4 pulgadas. Este sistema permite conservar los acabados de algunas superficies y accesorios que en ocasiones son decorativos. (ver figura 1.2.C)

En la tabla 1.1 se muestran las diferentes aplicaciones de las juntas de tuberías dependiendo del material del cual estén elaboradas dichas juntas.

<b>Material de la tubería</b>	Tipo de junta	Aplicaciones
Acero	Acoplamiento mecánico	Tuberías de 24" o menores, especialmente con revestimiento
Acero	Juntas soldadas	Tuberías de 24" de diámetro y largas con recubrimiento interno ideales para terrenos blandos donde la sedimentación puede ser excesiva
Acero	Bridas soldadas	Donde las válvulas y los accesorios pueden ser atacados por el medio ambiente
Cobre	Soldadas, roscadas, a compresión	Generalmente usados en servicios de agua subterráneos
Aluminio	Soldadas	Utilizados en sistemas criogénicos, transferencia de calor, líneas de presión.

**Tabla 1.1:** Diferentes aplicaciones de las juntas dependiendo del material.<sup>(5)</sup>



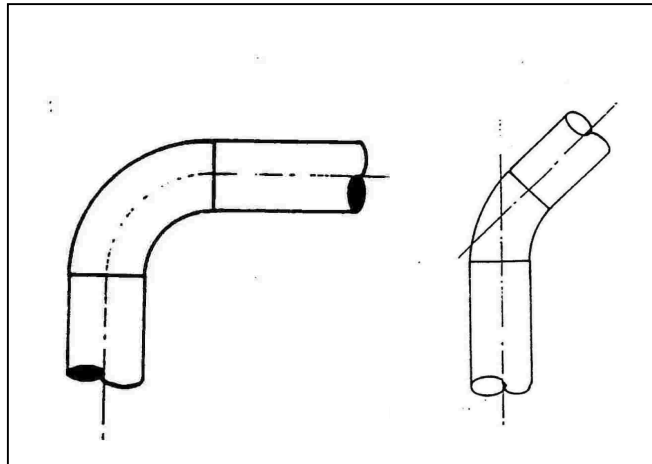
**Figura 1.2:** Tipos de juntas de tuberías.

## ACCESORIOS PRINCIPALES PARA SISTEMAS DE TUBERÍAS

Los accesorios de un sistema de tuberías se denominan al conjunto de piezas que sirven para cumplir una determinada labor en el funcionamiento del sistema, permiten la instalación adecuada y confiable de las tuberías proporcionándoles hermeticidad y seguridad en el transporte de los fluidos. Estos accesorios varían dependiendo de las características de las tuberías y del fluido o servicio. Dentro de los accesorios principales, entendiéndose por éstos los más comunes y de mayor relevancia en un sistema, se tienen los siguientes: Codos, Tees Rectas y Reducciones. A continuación se describen detalladamente cada uno de estos accesorios.

## CODOS

Se denominan codos a los accesorios que logran el cambio de dirección de las tuberías en diferentes planos. Los diferentes tipos de codos son: codo de 90 grados biselado, codo de 45 grado biselado, codos roscados y a enchufe.(Ver figura 1.3).



**Figura 1.3:** Presentación de codos de 90 y 45 grados.<sup>[6]</sup>

### a. CODO DE 90 GRADOS BISELADO:

Es el que va soldado directo al espesor de la tubería o accesorio; su tamaño y espesor corresponde al mismo de la tubería donde vaya a ser instalado ya que su conexión a tope debe coincidir con la geometría de las dos partes en el punto de soldadura. Pueden ser de radio largo (L.R.) cuando su radio sea una vez

y media su diámetro nominal, y radio corto (S.R.) cuando su radio sea igual a su diámetro nominal.

**b. CODO DE 45 GRADOS BISELADO:**

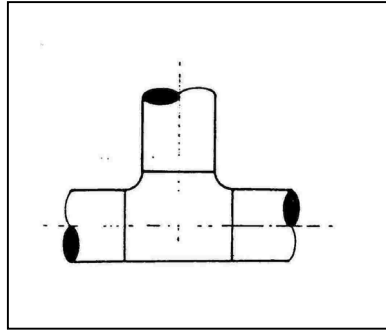
Al igual que el codo de 90, cumple con las características de la tubería donde vaya a ser instalado, en cuanto a su tamaño, extremo y espesor. Su aplicación es muy ventajosa cuando se trata de desplazamientos no ortogonales.

**c. CODO ROSCADO Y DE ENCHUFE:**

Para sus dimensiones hay que acudir a las tablas pertinentes, ya que no tienen ninguna relación con su diámetro nominal. Debido a que normalmente se aplican en diámetros pequeños, en su fabricación se hace indispensable que sean robustos para facilitar el tipo de conexión y en razón de esto se clasifican por libraje y no por “schedule”. Ej. 3000 libras y 6000 libras. Esto aplica para todos los demás accesorios roscados y a enchufe.

**TÉ (TEES)**

Se denomina Té al accesorio que permite un ramal de igual diámetro a la tubería principal, y también permite un ramal de menor diámetro a la tubería principal, éste tipo se conoce como “Té Reductora”.(Ver figura 1.4).



**Figura 1.4:** Presentación de Tee Recta.<sup>[6]</sup>

**a. TEE BISELADAS:**

Son para instalar en las tuberías de forma “a tope”, tanto en la tubería principal como en su ramal. Sus características de dimensionamiento corresponden al mismo de la tubería donde se instale. Este tipo de ramal, utilizando la tee es el que admite la mayor cantidad de esfuerzos.

**b. TEE A ENCHUFE Y ROSCADA:**

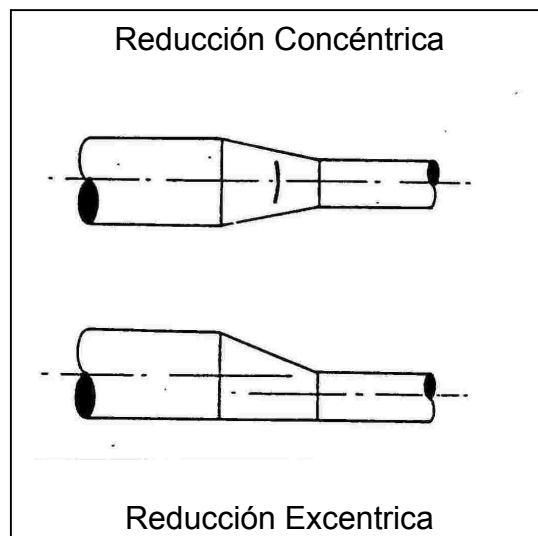
Su función y forma de instalación es como su nombre lo dice. Sus dimensiones no están relacionados con el diámetro nominal y dependen del libraje de fabricación.

## **REDUCCIONES**

Son accesorios que reducen el diámetro de las tuberías linealmente. Existen dos tipos: Concéntrica y Excéntrica. (Ver figura 1.5).

a. **REDUCCIONES CONCÉNTRICAS:** Hacen la reducción manteniendo el eje de las dos tuberías y su aplicación es con mayor frecuencia en tramos verticales.

b. **REDUCCIONES EXCÉNTRICAS:** Logran siempre mantener un lado plano donde se alinean las superficies de las dos tuberías, que dependiendo del diseño esta parte plana va a quedar por arriba o por abajo, ellas si provocan un desfase entre ambos ejes.



**Figura 1.5:** Presentación de reducciones concéntrica y excéntrica.



## **ACCESORIOS MISCELÁNEOS PARA SISTEMAS DE TUBERÍAS**

Los accesorios misceláneos son aquellas piezas de menor uso, generalmente más pequeñas, que se encargan de funciones muy particulares dentro del sistema, dentro de esta categoría se encuentran los siguientes elementos: “cap”, disco reversible, unión universal, “plug” y niple.

### **a. TAPA (CAP):**

Son accesorios colocados en los extremos de las tuberías para cerrarlas temporal o permanentemente, dependiendo del tipo de tapa que se coloque: biselada, roscada o a enchufe. (Ver figura 1.6.A).

### **b. DISCO REVERSIBLE:**

Son accesorios que se introducen entre dos bridas y tienen como función cerrar el paso al flujo cuando se requiera debido a alguna operación que se vaya a realizar en el sistema.

**c. UNIÓN UNIVERSAL:**

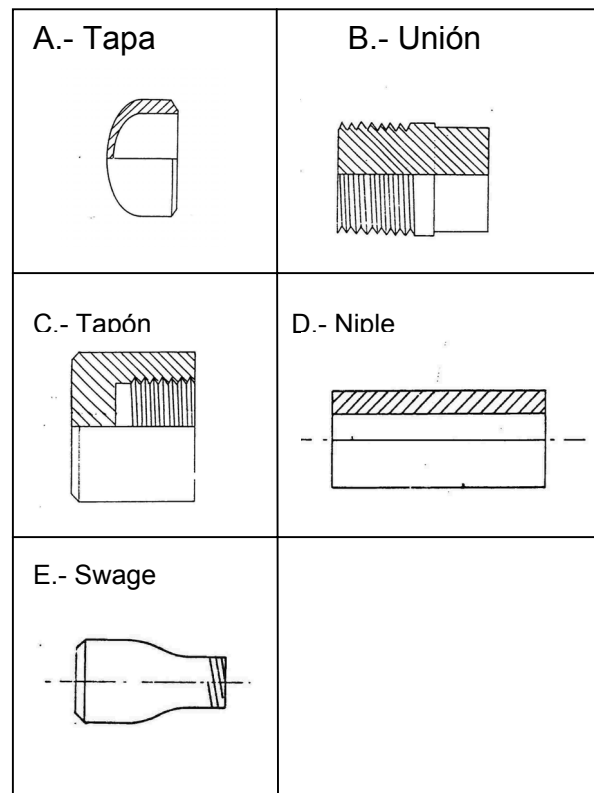
Sirven para unir dos tramos de tuberías, permitiendo separarlos fácilmente. Su aplicación es con el fin de facilitar el montaje y desmontaje, su conexión con la tubería puede ser enchufe o roscado. (Ver figura 1.6.B).

**d. TAPÓN (PLUG):**

Son especies de tapones que permiten cerrar la tubería temporalmente y con frecuencia en diámetros pequeños con conexión roscada. (Ver figura 1.6.C).

**e. NIPLE:**

El niple standard es un tramo de tubería de diámetro pequeño con longitud standard. Existe una especie de niple que es el niple reductor y se conoce como "swage". (Ver figura 1.6.D y 1.6.E).



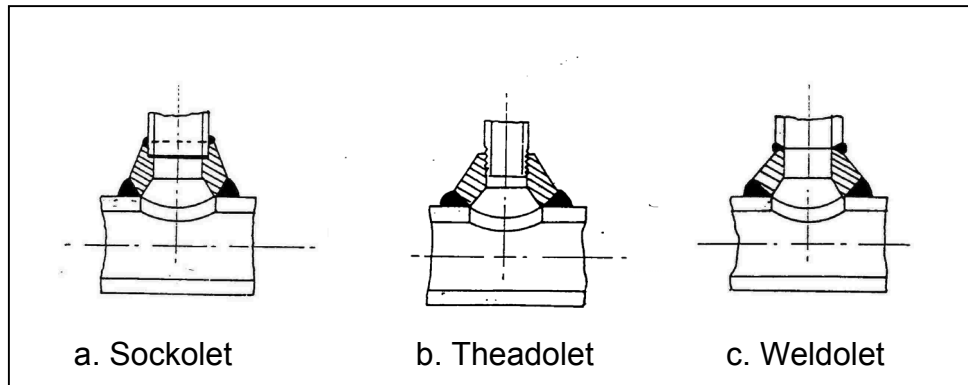
**Figura 1.6:** Presentación de accesorios misceláneos de tuberías.

## REFUERZOS PARA RAMALES PEQUEÑOS

Estos refuerzos a partir de tuberías principales grandes son muy usados para la facilidad de instalación de ramales con diámetro pequeño, generalmente hasta 3" (7.62cm), y además permiten el cambio de tipo de conexión que contempla la especificación, todos ellos son accesorios estándares y van soldados a la tubería principal.

El refuerzo que permite salir con un ramal en el sistema de conexión a enchufe se denomina "**sockolet**". El refuerzo que permite salir con un ramal en el

sistema de conexión roscado se denomina “**threadolet**”. El refuerzo que permite salir con un ramal en el sistema de conexión soldado se llama “**weldolet**”. (Ver figura 1.7).



**Figura 1.7:** Presentación de conexiones para ramales pequeños.<sup>[6]</sup>

## BRIDAS

Son elementos de fabricación forjada o fundida que se emplean para unir tuberías con válvulas, filtros y equipos, entre otros; de forma mecánica con el fin de facilitar el montaje y desmontaje y garantizar la integridad de los equipos y además poder trabajar en áreas en pleno funcionamiento.

Van siempre unidas mediante pernos y acompañadas de empaaduras entre las caras de contacto para asegurar hermeticidad que evite fuga de fluido.

Las bridas de acero forjado “ANSI” están clasificadas en seis tipos de presiones nominales: 150#, 300#, 600#, 900#, 1500# y 2500#. El símbolo “#”



---

- Locas	("Lap-Joint")
- Roscadas	("Threaded")
- De enchufe y soldadura	("Socket-Weld")
- Ciegas	("Blind")
- De orificio	("Orifice Flange")

➤ **BRIDA DE CUELLO SOLDABLE:**

Este tipo de bridas poseen un cuello en forma de cono truncado que permite ir hacia la configuración de extremo de una tubería standard biselada, para poder realizar la soldadura a tope con la tubería (Ver figura 1.8.A). Este el tipo de brida más usado a partir de 2" en adelante. Es la brida que soporta mayores esfuerzos y por eso es conveniente utilizarlas donde existan altas temperaturas, vibraciones y altas presiones. La descripción de esta brida debe ir acompañada por el dato de espesor de pared de la tubería (Pipe Schedule) en la que va a ir soldada, esta brida es usada en todos los rangos de diámetros y clases.

➤ **BRIDA DESLIZANTE:**

Estas bridas se unen a las tuberías mediante una soldadura interna de sellado y otra externa de refuerzo, son de menor costo que las de cuello soldable (Ver figura 1.8.B). Se utilizan normalmente para presiones bajas y también cuando

el espesor del tubo no permite bisel, normalmente no se usa en clases mayores a 600 libras.

➤ **BRIDA LOCA:**

Este tipo de bridas encuentra gran aplicación sobretodo en tuberías de acero inoxidable, puesto que la brida puede ser de material más barato ya que no está en contacto con el fluido y va soldada (Ver figura 1.8.C). Estas bridas vienen acompañadas de un accesorio llamado “stub-ends”, el cual es del mismo material de la tubería ya que es éste el que va soldado a la misma. Los ratings más usados son 150# y 300#.

➤ **BRIDAS ROSCADAS:**

Esta brida, como su nombre lo dice, va roscada a la tubería, es utilizada en pequeños diámetros y bajas presiones. La principal razón de su aplicación es por la variedad de materiales, para poder conservar la presentación del mismo (Ver figura 1.8.D).

➤ **BRIDAS DE ENCHUFE Y SOLDADURA:**

En este tipo, la tubería se ajusta dentro de una cavidad de la brida, y se hace soldadura sobre la parte límite entre la tubería y la brida. Normalmente se aplica en diámetros y presiones nominales bajas (Ver figura 1.9.E).

## 2. CARAS DE LAS BRIDAS

Según el tipo de cara, las bridas se dividen en los siguientes tipo:

- Cara Levantada (Raised Face, RF)
- Cara Plana (Flat Face, FF)
- Junta de anillo (Ring Joint, RJ)
- Macho-Hembra

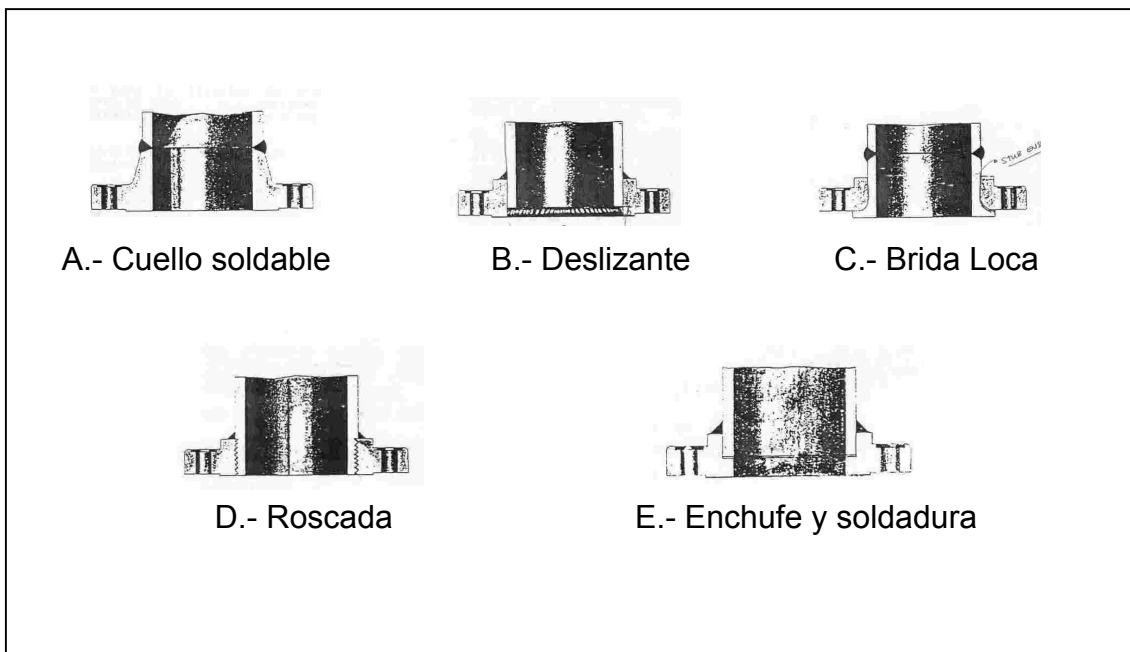
Las de “Cara Levantada” son las de mayor uso, ambas bridas son idénticas teniendo un realce de 1/16” para 150-300 lb, y ¼” para las demás. Se recomienda su uso para tuberías de acero en condiciones de servicio moderadas (Ver figura 1.9.A).

Las de cara plana son iguales a las realzadas, excepto que carecen de realce, a menudo son hechas de una realzada a la cual se le quita el realce mediante un proceso de mecanizado con torno, para adaptarlas a equipos que vienen con bridas de cara plana. Entre sus usos se encuentran las bridas de hierro fundido, de bronce y para unir acero con hierro fundido (Ver figura 1.9.B).

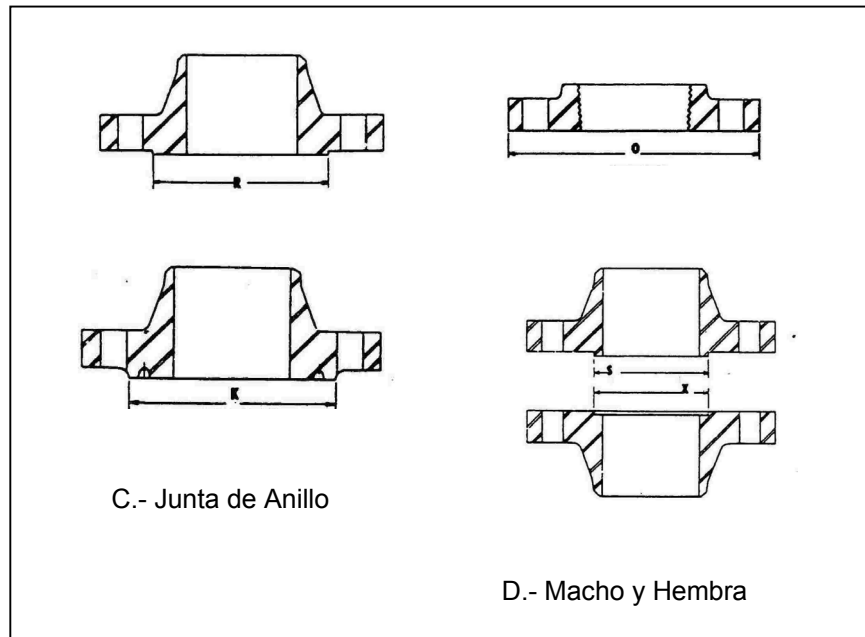
Las juntas de anillos son las más costosas, pero las más eficientes. Es muy difícil de dañar durante el montaje, la cara de la brida tiene un canal de asiento al anillo. Es preferible usarla para servicios de alta presión y temperatura (Ver figura 1.9.C).



Las bridas Macho-Hembra, son hechas para pequeñas y grandes bridas. Se pueden utilizar juntas metálicas a causa de la gran compresión a que se puede someter la junta. La brida macho tiene la cara realzada y la hembra una cavidad para contener en ella la empaadura y la cara realzada de la otra. No son muy usuales, se recomiendan cuando se quiere minimizar al máximo la fuga (Ver figura 1.9.D).



**Figura 1.8:** Clasificación de las bridas según su tipo.<sup>[6]</sup>



**Figura 1.9:** Clasificación de bridas según el tipo de cara.<sup>[6]</sup>

## EMPACADURAS

Son los elementos usados entre bridas, bridas con válvulas y equipos para asegurar la hermeticidad de la unión. Se fabrican de una gran variedad de materiales como: gomas sintéticas, fibras vegetales, teflón, asbesto, acero, entre otros, y se seleccionan de acuerdo con el servicio y la temperatura a las que van a ser destinadas.

Atendiendo a su forma y material, las más usadas son:

1. - Juntas planas taladradas de componentes minerales comprimidos, de diámetro igual al de la brida y por lo tanto agujereada para dar paso a los pernos. Empleadas con bridas de cara plana.

2. – Juntas espirometálicas de acero inoxidable con soporte de teflón y de igual diámetro al resalte. Son usadas en aquellos servicios en los que debido al mantenimiento se necesita un desacople frecuente de las bridas, ya que las juntas se retiran fácilmente.

3. – Juntas de anillo tipo oval u octagonal de acero inoxidable, aleadas o de acero al carbón. Usadas sobretodo en servicios de altas temperaturas y corrosivos.

## **PERNOS Y ESPÁRRAGOS**

Son elementos que se emplean para la fijación de las bridas, válvulas, y demás componentes, pueden fabricarse de gran variedad de materiales atendiendo principalmente a la temperatura a la que se destinan.

Los tipos más usados son:

- Pernos (“Machine Bolts”)
- Espárragos (“Stud Bolts”)

Los pernos llevan sólo un extremo roscado donde se monta una tuerca hexagonal y el otro extremo termina en una cabeza cuadrada o hexagonal. No es recomendado para líneas con servicio a alta temperatura.

Los espárragos son completamente roscados llevando una tuerca hexagonal a cada lado. Tienen la ventaja que se desmontan más fácil que los tornillos y se pueden fabricar en cualquier tamaño y longitud rápidamente partiendo de una varilla o barra de acero.

En la cara de la brida deben considerarse dos ejes de simetría perpendiculares entre sí y perpendiculares al eje de la tubería. Según esto, cualquier brida tiene cuatro cuadrantes y los agujeros para los tornillos o espárragos estarán siempre entre ellos, nunca sobre los ejes.

Estos agujeros estarán siempre igualmente espaciados sobre la circunferencia de la brida y el número es siempre múltiplo de cuatro. De este modo para averiguar la separación entre los agujeros, basta dividir los 360 grados de la circunferencia entre el número de ellos.

## **VÁLVULAS**

Las válvulas son los elementos que controlan los fluidos en cualquier línea de conducción de flujo. Debido a esto la adecuada selección es muy importante para obtener el mejor servicio a bajo costo. La selección se debe realizar basándose en las condiciones de servicio como lo son: fluido a manejar, contaminación en el fluido, erosión, tipo de flujo, si existe contraflujo, temperatura, presión, caída de presión, tipo de control al que será destinada la válvula,

operación, normas de construcción, material de cuerpo y bonete, trim, medio ambiente.

Los catálogos de los fabricantes para válvulas ofrecen una variedad casi interminable de construcciones. Se puede hacer una clasificación, entonces, considerando las partes básicas que componen una válvula:

- (1) El disco y asiento que afectan directamente el flujo
- (2) El vástago que mueve el disco, en algunas válvulas el fluido bajo presión hace el trabajo del vástago
- (3) El cuerpo y “Bonnet” que contienen al vástago
- (4) El “operador” que mueve al vástago.

#### **a. TIPOS DE VÁLVULAS**

Existen una infinidad de tipos de válvulas, con muchas diferentes aplicaciones, en los sistemas de tuberías las más frecuentes son: de compuerta, globo, tapón, de retención, de bola, aguja, de diafragma y de seguridad. A continuación se describen cada una de ellas:

- **VÁLVULA DE COMPUERTA:**

Se componen de un disco cónico en su espesor que se mueve perpendicularmente al flujo. El disco asienta en dos caras cónicas para cerrar. Se recomienda para servicios que no requiera frecuente cierre, es decir, de operación tardía, ya que son muy duras y lentas de cerrar. Además, el estrangulamiento de la vena fluídica causa erosión y vibraciones en los asientos de la válvula. La bolsa en el fondo de la válvula puede llenarse de depósitos, impidiendo el cierre.(Ver figura 1.10.A)

- **VÁLVULA GLOBO:**

Es la principal válvula que sirve para control manual y en vez de tener un disco como elemento de cierre, tiene un cono situado en el extremo del husillo y asienta sobre una abertura circular cónica. El flujo cambia de dirección cuando pasa por la válvula, y el cierre se hace contra el flujo. Es buena para producir estrangulamiento debido a la resistencia que presenta el flujo. No es recomendada para servicios que requieran frecuente cierre y apertura, el costo y la eficiencia en el estrangulamiento para válvulas mayores de 6" es desfavorable . (Ver figura 1.10.B)

- **VÁLVULA MACHO O TAPÓN:**

El macho cónico con agujero de la misma forma que en el interior de la válvula, abre y cierra con un mínimo de esfuerzo en un cuarto de vuelta del macho. Para servicio general de cierre y apertura rápida. Ofrece mayor seguridad de cierre que las de compuerta. Pueden ser utilizadas para el control manual, aunque no tan eficientes como las de globo. Se recomiendan para servicios donde se requiera una pérdida de carga mínima, además los asientos protegidos son menos afectados por la corrosión y erosión.

- **VÁLVULA DE RETENCIÓN:**

Su aplicación general es prevenir el contraflujo o retorno de flujo. Básicamente existen dos tipos que cumplen esta función, la de bisagra lineal y las de pistón transversal al flujo. (Ver figura 1.10.C)

- **VÁLVULA DE BOLA:**

Opera de igual manera que una válvula de tapón, pero sustituyendo el cono por una bola. Muy buena para operar con fluidos viscosos cuyos depósitos perjudicarían la operación de los otros tipos. No es común para tamaños mayores a 12" y no se recomienda para operar con flujo pulsante.

- **VÁLVULA AGUJA:**

Es similar a las de globo, con el disco sustituido por un disco cónico muy puntiagudo, son válvulas robustas en proporción a su diámetro. Las válvulas de 2" y menores son utilizadas en plantas piloto, equipo a pequeña escala y servicio de instrumentación. Buena para el control manual de flujo. No es deseable el cierre fuerte, en algunos diseños se daña el asiento si se cierra demasiado fuerte.

- **VÁLVULA DE DIAFRAGMA:**

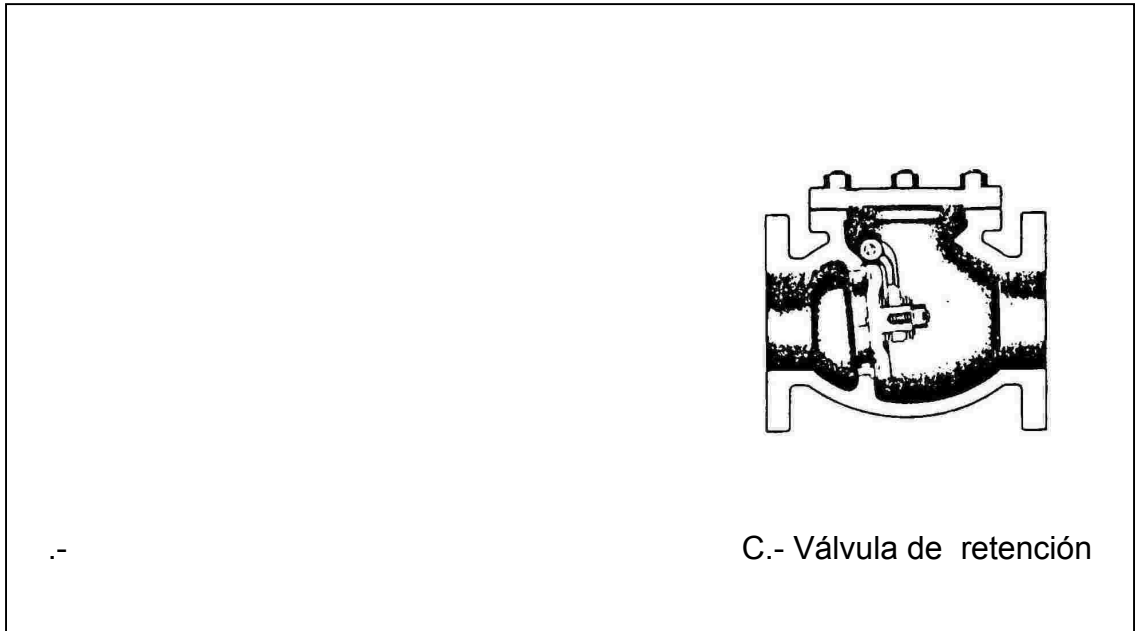
En esta caso el diafragma sirve de junta de bonete, evitando la entrada en contacto del fluido con el interior del bonete. El elemento de asiento puede ser un disco separado, un diafragma o un diafragma sólido, puede servir de cierre. Su aplicación es predominante para servicio corrosivo volátil o tóxico, en el cual no se puede permitir ningún escape. Todas las válvulas de plástico son fabricadas según este diseño.

- **VÁLVULA DE SEGURIDAD:**

La válvula abre automáticamente cuando la fuerza sobre el asiento excede la fuerza del resorte, y se cierra cuando el exceso de presión ha sido aliviado. Su aplicación es para proteger equipos y recipientes de presiones excesivas aliviando el sistema. Requiere inspección periódica



- para asegurar su operabilidad. No es indicada para fluidos altamente corrosivos.



**Figura 1.10:** Presentación de válvulas de compuerta, globo y retención.

En la figura anterior se muestran los tipos convencionales de válvulas de compuerta, de globo y de retención, las cuales son de gran uso en cualquier sistema de tuberías para plantas de procesos industriales.

## **PROGRAMAS USADOS EN EL DESARROLLO DE UN PROYECTO DE TUBERÍAS**

### **PDS**

PDS es el Sistema de Diseño de Plantas (Plant Design System) desarrollado por la compañía INTERGRAPH Inc. Este sistema permite realizar modelos bidimensionales o esquemáticos y tridimensionales que representan una planta real. PDS está comprendido, básicamente, por una interfase gráfica (MicroStation) y una base de datos (ORACLE en nuestro caso) y está formado por varios módulos entre los cuales se encuentran los específicos para las diferentes disciplinas que abarca el programa:

#### Diseño en 3D:

- Tuberías
- Estructuras
- Mecánica (Equipos)
- Electricidad (Bandejas)
- HVAC (Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado)

#### Diseño en 2D:

- P&ID (DTI: Diagramas de Tuberías e Instrumentación)
- PFD (DFP: Diagrama Flujo de proceso)
- Instrumentación (Diagramas de lazo)
- Isométricos de Tuberías

## **SMARTSKETCH**

SMARTSKETCH es un programa en 2D también desarrollado por la compañía INTERGRAPGH Inc. Este programa permite la realización de modelos Bidimensionales tales como isométricos, el mismo acepta programación a través de softwares de programación lo cual lo hace inteligente para la realización de cualquier plano inteligente en 2D.

Con este tipo de software se pueden realizar los siguientes planos:

- Isométricos de tuberías
- Esquemas de procesos P&ID
- Esquemas eléctricos

Es lógico preguntarse, si existe PDS que es una herramienta mas rápida para la elaboración de isométricos, por que utilizar SMARTSKETCH que hay que programar?, la respuesta es solamente el factor económico, ya que los costos de las licencias son sumamente diferentes una de la otra, la licencia de SMARTSKETCH es baja en comparación con la de PDS, por lo tanto para proyectos pequeños en los cuales se realicen pequeñas cantidades de isométricos (20 o 30), es poco conveniente económicamente la utilización de PDS, ya que con SMARTSKETCH, se satisface con suficiente eficiencia la realización

de estos isométricos, teniendo como resultado un producto de calidad, a bajo costo de producción.

La pregunta es como programar al programa SMARTSKETCH?, la manera de programarlo es mediante la utilización de varios de sus recursos, para la creación de una librería de símbolos los cuales tendrán un código de identificación para que, al correr una rutina, reconozca que elemento está siendo procesado, para que la rutina en cuestión le asigne las características al símbolo que se este trabajando, características que están en una base de datos OTEPipe desglosadas según especificaciones creadas para el proyecto en el que se este trabajando.

La finalidad de asignarle las características a los símbolos es para que luego de haber sido creado el isométrico, generar el reporte de materiales el cual describe las cantidades y características de los elementos utilizados para su construcción, desde las válvulas, hasta los espárragos que serán utilizados en el ensamble de las piezas.

La otra meta a conseguir es que las características de estos componentes sean asignadas por un programa que las copie de una base de datos y las pegue al componente, evitando así que sean escritas por la mano humana, que siendo escritas por una persona se corre el riesgo de que esta cometa errores y altere las características de los componentes, generando al final confusiones y pérdidas de

tiempo, al tener que ser revisados los componentes para verificar que estén correctas la características de los componentes.

## **VISUAL BASIC**

Visual Basic es un programa desarrollado por MICROSOFT, el cual tiene como característica principal, la creación de programas de computación con un lenguaje especial característico de el mismo, en el se pueden desarrollar todo tipo de programas que permitan crear interfaces con otros programas, obtener información de trabajos realizados en otros ambientes (SmartSketch, Microsoft Acces, Microsoft Excel, etc) y también permite modificar trabajos realizados en estos ambientes.

Esa es solamente una de las tantas aplicaciones posibles para Visual Basic, ya que su versatilidad es alta y nos permite crear herramientas para crear soluciones a problemas, que de manera cotidiana nos tomaría gran cantidad de tiempo y que utilizando este programa nos permite reducir estas pérdidas de tiempo.

## **OTEPIPE**

OTEPipe es un programa que funciona bajo Microsoft Access desarrollado por el Departamento de Sistemas de Otepi Consultores S.A. Su desarrollo se debió a la necesidad de contar con una herramienta que permitiera automatizar el

proceso de generación de reportes de materiales y además poder manejar la información correspondiente a un proyecto mediante bases de datos dinámicas, las cuales pudiesen ser actualizadas automáticamente por el usuario mientras trabaja dentro del OTEPipe.

En específico, OTEPipe se utiliza para hacer un primer estimado de materiales al comenzar un proyecto, así como también se puede actualizar esta información durante el desarrollo de la fase de ingeniería para generar los Reportes de Materiales “Materials Take off”.

En principio, OTEPipe consta de una serie de módulos que permiten llevar a cabo una labor de gran importancia como lo es sumar todos los elementos que componen un proyecto, isométrico por isométrico, para al final obtener como resultado el consolidado de materiales del proyecto completo.

Como se dijo anteriormente, OTEPipe consta de una base de datos donde se encuentran todos los materiales que se han usado en proyectos anteriores según una determinada especificación, de igual manera permite la posibilidad de cargar materiales nuevos a esa base de datos.

En la ingeniería de detalle, para llevar a cabo el proceso de estimado de materiales, el usuario debe proceder a “cargar” todos los isométricos correspondientes al proyecto en cuestión. En general, en cada isométrico se representa una determinada línea de la planta, y cada uno de éstos trae consigo

una llamada “lista de materiales” que no es más que todos los elementos que componen dicha línea; cada uno con su respectiva descripción, código de identificación y la cantidad de material. Por lo tanto, al unir todas estas listas de materiales se tiene el estimado total del proyecto. Por ejemplo, al incluir en el programa las válvulas de una determinada descripción, según dicte la lista de materiales de cada isométrico, al final se obtendrá el total de válvulas de esa descripción que existen en el proyecto y con esto se podrá entonces pasar a labores de procura.

Para llevar a cabo esta tarea, el usuario debe en primer lugar crear todas las líneas dentro del programa, esto se hace en un módulo del programa en el cual se asigna el nombre de la línea y una serie de datos de relevancia como por ejemplo la especificación que corresponde a esa línea, el contrato, área o sub-área. Esto permitirá que luego se puedan hacer los reportes o consolidados de acuerdo a cada uno de estos datos en caso que exista la necesidad.

Una vez creadas las líneas, el usuario procede entonces a “cargarlas”, esto significa asignar en la base datos todos los materiales que corresponden a esta línea según la lista de materiales de cada isométrico. Para esto se dispone de otro módulo en el cual se busca la línea a cargar dentro de un listado general y una vez seleccionada se buscan los materiales que van a ser asignados a esa línea. La ventaja que ofrece OTEPipe es que como esa línea tiene asignada una especificación entonces los materiales disponibles para seleccionar serán automáticamente los correspondientes a esa especificación y nada más.

De esta manera al realizar este proceso para todos los isométricos pertenecientes a un proyecto se obtendrán automáticamente los estimados totales de todos los materiales que han sido cargados dentro del sistema, y de esta forma se pueden obtener los reportes que se deseen a partir de la base de datos.

Se debe acotar que el nombre del sistema (OTEPipe) se adoptó para el momento de la realización del proyecto. Anteriormente el sistema era conocido como "Dartañan", este nombre se tomó en principio debido a que el sistema era de tipo experimental, y por esta razón se adoptó este nombre sin mucha representatividad. Sin embargo, debido a los buenos resultados obtenidos con el sistema y su creciente importancia dentro de la empresa, se decidió adoptar el nombre "OTEPipe", el cual resulta un poco más representativo. Es por esta razón que más adelante se encontrará referencias a "Dartañan", por lo que es necesario aclarar este punto en este momento para evitar confusiones.

## **MÉTODO DE MÍNIMOS CUADRADOS**

Al obtener una tabla con diferentes valores, y querer encontrar la mejor aproximación cuadrática de dichos puntos en la tabla, podemos aplicar el método de los "mínimos cuadrados" los cuales aproximan los datos a una curva (parábola), obteniendo así una función que determina el comportamiento más aproximado de los puntos en estudio.

El desarrollo del método de los mínimos cuadrados es el siguiente:



$$y = A_0 + A_1 \cdot x + A_2 \cdot x^2 = b_0 + b_1 \cdot (x - \bar{x}) + b_2 \cdot (x - \bar{x})^2$$

$$\nabla \varepsilon^2 = \phi = \min (y_i - f(x_i))^2 = \min \sum_{\forall i} (y_i - b_0 - b_1(x_i - \bar{x}) - b_2(x_i - \bar{x})^2)^2$$

$$\begin{cases} \frac{\partial \varepsilon^2}{\partial b_0} = 0 = 2 \sum (y_i - b_0 - b_1 \cdot (x_i - \bar{x}) - b_2 \cdot (x_i - \bar{x})^2) \cdot (-1) \\ \frac{\partial \varepsilon^2}{\partial b_1} = 0 = 2 \sum (y_i - b_0 - b_1 \cdot (x_i - \bar{x}) - b_2 \cdot (x_i - \bar{x})^2) \cdot (-(x_i - \bar{x})) \\ \frac{\partial \varepsilon^2}{\partial b_2} = 0 = 2 \sum (y_i - b_0 - b_1 \cdot (x_i - \bar{x}) - b_2 \cdot (x_i - \bar{x})^2) \cdot (-(x_i - \bar{x})^2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \sum y_i = b_0 \cdot \sum 1 + b_1 \cdot \sum (x_i - \bar{x}) + b_2 \cdot \sum (x_i - \bar{x})^2 \\ \sum y_i \cdot (x_i - \bar{x}) = b_0 \cdot \sum (x_i - \bar{x}) + b_1 \cdot \sum (x_i - \bar{x})^2 + b_2 \cdot \sum (x_i - \bar{x})^3 \\ \sum y_i \cdot (x_i - \bar{x})^2 = b_0 \cdot \sum (x_i - \bar{x})^2 + b_1 \cdot \sum (x_i - \bar{x})^3 + b_2 \cdot \sum (x_i - \bar{x})^4 \end{cases}$$

$$\sum (x_i - \bar{x}) = 0$$

$$\begin{cases} \sum y_i = n \cdot b_0 + b_2 \cdot \sum (x_i - \bar{x})^2 \\ \sum y_i \cdot (x_i - \bar{x}) = b_1 \cdot \sum (x_i - \bar{x})^2 + b_2 \cdot \sum (x_i - \bar{x})^3 \\ \sum y_i \cdot (x_i - \bar{x})^2 = b_0 \cdot \sum (x_i - \bar{x})^2 + b_1 \cdot \sum (x_i - \bar{x})^3 + b_2 \cdot \sum (x_i - \bar{x})^4 \end{cases}$$

$$\sum (x_i - \bar{x})^2 = K_2$$

$$\sum (x_i - \bar{x})^3 = K_3$$

$$\sum (x_i - \bar{x})^4 = K_4$$

$$\sum y_i \cdot (x_i - \bar{x}) = M$$

$$\sum y_i \cdot (x_i - \bar{x})^2 = M_2$$

$$\begin{cases} \bar{y} = b_0 + \frac{K_2 \cdot b_2}{n} \\ M = K_2 \cdot b_1 + K_3 \cdot b_2 \\ M_2 = K_2 \cdot b_0 + K_3 \cdot b_1 + K_4 \cdot b_2 \end{cases}$$

$$b_0 = \bar{y} - \frac{K_2 \cdot b_2}{n} \quad (1)$$

$$b_1 = \frac{M - K_3 \cdot b_2}{K_2} \quad (2)$$

$$b_2 = \frac{M_2 - K_2 \cdot b_0 - K_3 \cdot b_1}{K_4} \quad (3)$$

Incluyendo las ecuaciones (1) y (2) en la ecuación (3) y despejando, obtenemos la ecuación (4)

$$\begin{aligned} K_4 \cdot b_2 &= M_2 - K_2 \cdot \left( \bar{y} - \frac{K_2 \cdot b_2}{n} \right) - K_3 \cdot \left( \frac{M - K_3 \cdot b_2}{K_2} \right) \\ K_4 \cdot b_2 &= M_2 - K_2 \cdot \bar{y} + \frac{K_2^2 \cdot b_2}{n} - \frac{K_3 \cdot M}{K_2} + \frac{K_3^2 \cdot b_2}{K_2} \\ K_4 \cdot b_2 - \frac{K_2^2 \cdot b_2}{n} - \frac{K_3^2 \cdot b_2}{K_2} &= M_2 - K_2 \cdot \bar{y} - \frac{K_3 \cdot M}{K_2} \\ b_2 \cdot \left( K_4 - \frac{K_2^2}{n} - \frac{K_3^2}{K_2} \right) &= M_2 - K_2 \cdot \bar{y} - \frac{K_3 \cdot M}{K_2} \\ b_2 &= \frac{K_2 \cdot M_2 - K_2^2 \cdot \bar{y} - K_3 \cdot M}{K_2 \cdot \left( K_4 - \frac{K_2^2}{n} - \frac{K_3^2}{K_2} \right)} \quad (4) \end{aligned}$$

$$b_0 + b_1 \cdot (x - \bar{x}) + b_2 \cdot (x - \bar{x})^2 = A_0 + A_1 \cdot x + A_2 \cdot x^2$$

$$b_0 + b_1 \cdot x - b_1 \cdot \bar{x} + b_2 \cdot x^2 - 2 \cdot \bar{x} \cdot b_2 \cdot x + b_2 \cdot \bar{x}^2 = A_0 + A_1 \cdot x + A_2 \cdot x^2$$

$$A_2 = b_2$$

$$A_1 = b_1 - 2 \cdot \bar{x} \cdot b_2$$

$$A_0 = b_0 - b_1 \cdot \bar{x} + b_2 \cdot \bar{x}^2$$

Y de esta manera obtenemos la ecuación de la curva que se genera, la cual es la mejor aproximación a los puntos que estén en estudio. A continuación un pequeño ejemplo:

n	x	y	K	K2	K3	K4	M	M2
1	-3	46	-3,6	12,96	-46,656	167,9616	-165,6	596,16
2	-1	12	-1,6	2,56	-4,096	6,5536	-19,2	30,72
3	0	4	-0,6	0,36	-0,216	0,1296	-2,4	1,44
4	2	6	1,4	1,96	2,744	3,8416	8,4	11,76
5	5	54	4,4	19,36	85,184	374,8096	237,6	1045,44
	0,6	24,4	0	37,2	36,96	553,296	58,8	1685,52

$$\bar{x} = 0,6$$

$$\bar{y} = 24,4$$

$$n = 5$$

$$K_2 = 37,2$$

$$K_3 = 36,96$$

$$K_4 = 553,296$$

$$M = 58,8$$

$$M_2 = 1685,52$$

$$b_2 = \frac{37,2 \cdot 1685,52 - (1685,52)^2 \cdot 24,4 - 36,96 \cdot 58,8}{37,2 \cdot \left( 553,296 - \frac{(37,2)^2}{5} - \frac{(36,96)^2}{37,2} \right)} = 3$$

$$b_1 = \frac{58,8 - 36,96 \cdot 3}{37,2} = -1,4$$

$$b_0 = 24,4 - \frac{37,2 \cdot 3}{5} = 2,08$$

$$A_2 = 3$$

$$A_1 = -1,4 - 2 \cdot 0,6 \cdot 3 = -5$$

$$A_0 = 2,08 - (-1,4 \cdot 0,6) + 3 \cdot 0,6^2 = 4$$

Quedando la ecuación de la curva que mejor se aproxima a los puntos en estudio de la siguiente manera:

$$y = 4 - 5 \cdot x + 3 \cdot x^2$$

## **CAPÍTULO 1**

### **PROCESO PARA LA REALIZACIÓN DE ISOMÉTRICOS**

La realización de los Isométricos requieren de muchos pasos o etapas previas a la producción de los mismos ya que se tienen que hacer estudios tanto geográficos, como de procesos, factibilidades económicas, etc. De manera tal que estos estudios tienen que ser tomados en cuenta antes de la realización de los Isométricos.

Los Isométricos son producidos, en aquellos proyectos de Ingeniería en donde esté incluido el transporte de fluidos de un lugar a otro, siendo la mejor manera de transportarlos, la utilización de tuberías, por lo tanto el estudio de las tuberías a ser utilizadas en dicho proyecto constituye parte primordial del proyecto en sí, y en muchos casos es la parte más importante, por lo tanto la Isometría de las tuberías constituyen parte de estudio principal en un proyecto determinado.

En la realización de todo proyecto se cumplen fases muy importantes de diseño de ingeniería, las cuales van reflejando mayor complejidad y mayor confiabilidad mientras se vaya cumpliendo con estas fases, estas fases primordiales se denominan:

- Investigaciones Preliminares y Asesoría

- Estudios Técnicos y Económicos (Preliminares y/o Definitivos)
- Ingeniería Conceptual Básica
- Ingeniería de Detalle (ID)
- Servicios de Procura, Materiales y Equipos (Compra, Expedición, Inspección y Tráfico)

En las primeras etapas de la realización de un proyecto, se estudian los alcances que dicho proyecto tiene que tener, en estas etapas se realizan cálculos sin tener profundidad en los detalles para así poder dar repuestas aproximadas a la solución del diseño del proyecto, dando tiempo y costo aproximado de construcción para luego ir con estas soluciones temporales a la oferta pública, y tratar de ganar la oferta, para poder realizar la construcción de dicho proyecto y ganar dinero.

En estas etapas se realizan cálculos estimados del diámetro nominal de la tubería sin tomar muchos detalles en factores importantes, tales como: pérdidas por fricción, corrosión, etc. Ya que son detalles que implican mucho tiempo y dedicación, y nos es prudente perder mucho tiempo para presentar una buena oferta al posible cliente.

Luego de haber sido ganada la oferta y tener aprobado la realización del proyecto por parte del cliente se procede a la siguiente etapa (Ingeniería Conceptual Básica), en esta fase de la realización del proyecto se toman con más

detalles, los alcances y métodos de realización del mismo, aquí se estudian con mayor detenimiento las condiciones de proceso del proyecto, también se estudian, tomando en cuenta los estudios anteriores de tuberías, la selección de los materiales que serán utilizados, entonces se procede a la realización del Piping Class de donde surgen las especificaciones, los Piping Class son listas en donde están reflejados todos los posibles materiales (válvulas, codos, tuberías, etc) que serán utilizados en el proyecto, dicho Piping Class surge con mutuo acuerdo entre la empresa consultora (Otepi Consultores, C.A.) y el cliente, estudiando costos y disponibilidades en el mercado de estos materiales.

En esta etapa también son realizados los P&ID los cuales son diagramas de proceso, en estos diagramas de proceso van representadas la tuberías, pero sin dimensiones, longitudes, cruces, etc. Solamente en los P&ID están reflejados los procesos que tienen que realizarse con el fluido, tales como entradas y salidas en equipos (Intercambiadores de Calor, Bombas, Equipos de mezclado, Venteos de proceso, Drenajes, etc), en estos diagramas también van reflejado las tuberías que van enterradas (Under Ground) y tuberías que van sobre la superficie de la tierra (Above Ground), todas estas referencias son de vital importancia en la realización de Isométricos ya que todas ellas deben ser tomadas en cuenta para la producción de estos, o sea, que no se puede realizar un buen Isométrico, si no se han tomado las condiciones de proceso, que fueron especificadas en los diagramas de proceso, ya que es sumamente necesario que el fluido cumpla con las condiciones de proceso.

También en los diagramas de procesos P&ID están incluidos los nombres de las tuberías, en el nombre de las tuberías están incluidos:

- Diámetro nominal de la tubería.
- Especificación en la que estemos trabajando
- Tipo de fluido que la tubería transporta
- Numeración asignada a dicha tubería

Un ejemplo del nombre de la tubería es el que sigue a continuación

14-J31D7-001011-DI

En donde :

14: significa un diámetro nominal de 14 pulgadas

J31D7: significa la especificación o clase utilizada

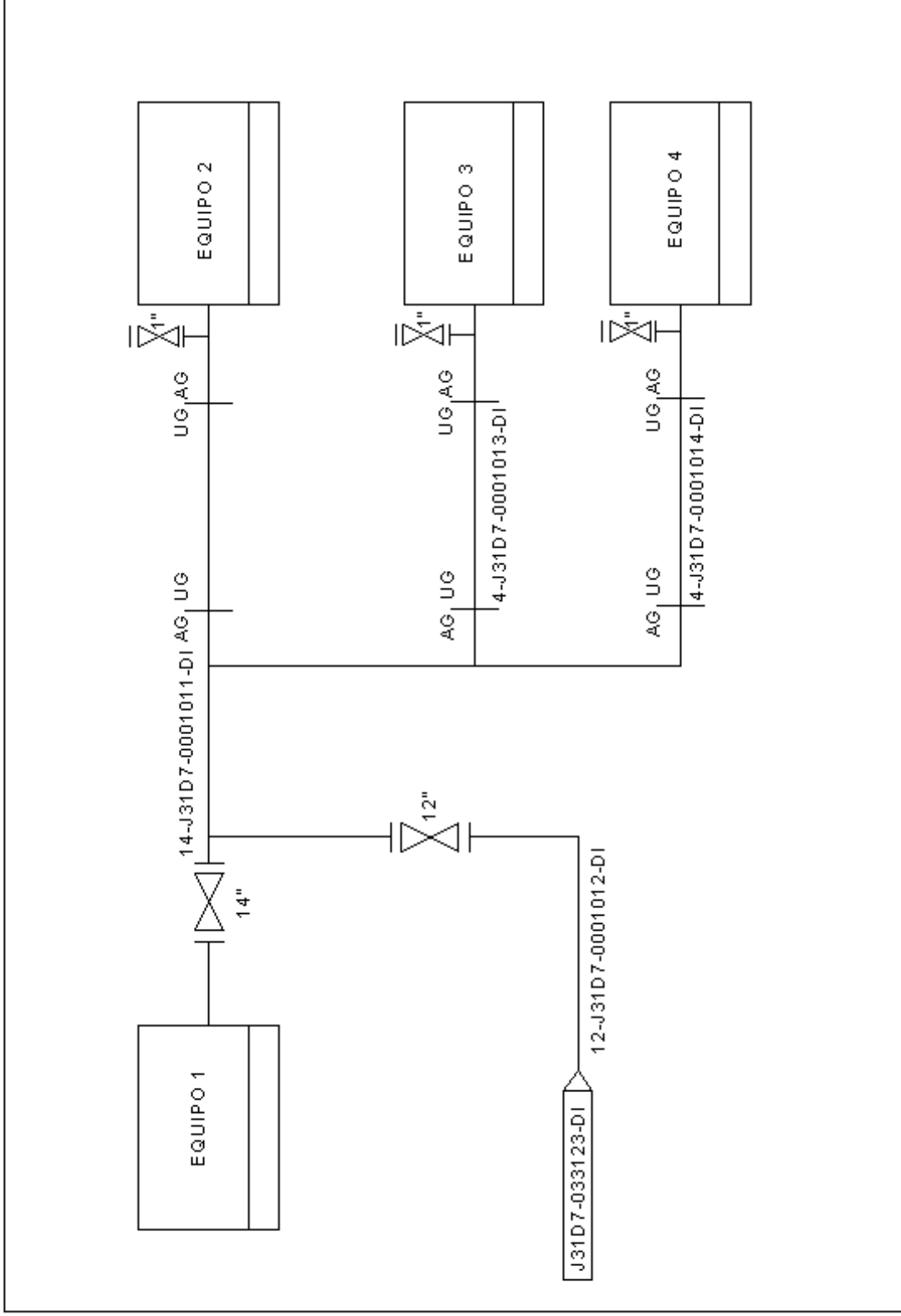
001011: numeración asignada a la tubería

DI: tipo de fluido utilizado (en este caso significa que es “Diluyente”)

Nota: El orden de los factores depende de acuerdos entre la empresa consultora y el cliente.

En un P&ID pueden estar reflejadas varias tuberías a la vez como puede ser observado en la siguiente grafica:





En dicho P&ID están reflejadas 4 tuberías distintas, las cuales generarán 4 isométricos a su vez, dichas tuberías son: una de 14" la cual sale del equipo 1 y se dirige al equipo 2, y tiene en el trayecto una válvula, a esta tubería de 14" se le une otra de 12" que también existe en otro P&ID, ya que esto es lo que significa el símbolo del cual ella emerge y que indica el nombre del P&ID donde sigue el otro extremo, a su vez de la tubería de 14" sale o se une una tubería de 4", que a su vez se bifurca en otra tubería de 4" en donde una de ellas se dirige al equipo 3 y la otra se dirige al equipo 4 respectivamente.

Las tuberías de 14" se entierra luego de que se ramifica y sale a la superficie antes de entrar al equipo 2, y luego las otras tuberías de 4" son enterradas cada una de ellas y vuelven a salir a la superficie más adelante.

En el P&ID anteriormente mostrado, no están reflejadas ningún tipo de distancias entre equipos, como tampoco están reflejadas las elevaciones, cruces y otras características físicas de las tuberías, ya que estas propiedades son reflejadas en los isométricos de ahí su vital importancia.

Para poder culminar la fase de Ingeniería Conceptual Básica, se tiene que construir una base de datos, o incluir en una ya existente, "en el caso de Otepi, existe dicha base de datos y tiene por nombre OTEPipe", los materiales que se han escogido, dichos materiales son elegidos a partir de las características obtenidas de las características de las tuberías seleccionadas mediante el método de selección explicado en el Capítulo 2

Luego de haber comprendido los diagramas de procesos representados en los P&ID, y haber realizado la base de datos que contiene los materiales a utilizar podemos proceder a la construcción de los isométricos y comenzar con la etapa de la Ingeniería de Detalles (ID), esta construcción de los isométricos contempla la distribución espacial de las distintas tuberías presentadas en los P&ID, aunque cada tuberías representa un isométrico, debemos tener especial cuidado, ya que pueden coincidir espacialmente una tubería con otra lo que traería como consecuencias errores en el diseño, que son arrastrados hasta la construcción, por lo tanto es muy importante las acotaciones realizadas en los isométricos de manera tal que la distribución espacial sea la más eficiente posible.

Otro factor a tomar en cuenta para la construcción de los isométricos, es la ubicación geográfica de la zona donde serán construidos, esto se representa en los isométricos indicando las latitudes de puntos especiales seleccionados al azar esto con la finalidad de que a la hora de la construcción del sistema de tuberías, se estén utilizando los isométricos correctos en la zona correcta, tenemos que aclarar nuevamente, que la funcionalidad de los isométricos y de todos los cuidados que se toman en su elaboración, es la de evitar la mayor cantidad de errores posibles a la hora de la construcción de los sistemas de tuberías, ya que estos errores, ocasionan pérdidas de tiempo en la corrección de dichos errores, exceso o deficiencia de materiales, etc., todos estos inconvenientes que se puedan presentar a la final lo único que traen como consecuencia es pérdida de dinero, y baja la reputación de la empresa consultora para la elaboración de proyectos de esa clase y calidad.

En esta etapa de ubicación geográfica, se incluyen en el isométrico, la elevación de cada tuberías o “Center Line” la cual representa la elevación aproximada del punto medio de la tubería, con respecto al suelo; dicha elevación puede ser superior a la de la superficie del suelo “Above Ground” y por debajo de la misma “Under Ground” dichas disposiciones las obtenemos de los diagramas de proceso P&ID como lo explicamos anteriormente.

Cuando esta siendo transportado un fluido a través de sistemas de tuberías, es bien sabido que la mayoría de las veces este tiende a evaporarse, dicha evaporación en un proceso de transporte de fluidos es algo indeseado, ya que se convierte en flujo bifásico, por lo tanto, este vapor generado tiene que ser eliminado, la manera de eliminar este vapor generado es mediante la utilización de venteos; estos venteos que están reflejados en los P&ID, deben ser referenciados en los isométricos, indicando de igual manera elevación con respecto al suelo, válvulas utilizadas, niples, etc., ya que el vapor tiende a estar en las partes superiores, estos venteos deben ser ubicados en las partes más altas de los isométricos, para así poder ser eliminados, existe un tipo de venteo que no es indicado por el proceso y que no es utilizado por la evaporación del fluido, estos venteos se denominan *venteos hidrostáticos*, la utilización de estos, es de uso exclusivo en la puesta en marcha del transporte de fluido, de manera tal que el aire contenido dentro de las tuberías en el momento inicial del arranque sea expulsado de la misma, luego de este ser expulsado, este venteo es cerrado y luego soldado ya que su utilización posterior es nula, también son colocados en lugares de mayor altura al común de las tuberías por el mismo principio de que el

vapor esta siempre en la parte superior, este tipo de venteos también tienen que ser incluidos en los isométricos. Así como los venteos son de vital importancia, no son menos importantes los drenajes, estos drenajes también tienen algunas finalidades especiales para el control de proceso, y otros para fines de usos especiales para el departamento de tuberías. Los drenajes utilizados para fines de procesos, es para tomar muestras del fluido transportado en el momento en que sea requerido, y el uso para el departamento de tuberías es cuando se trabaje con flujos trifásicos, tomando un ejemplo, si se transporta hidrocarburos extrapesados, que han sido diluidos, se obtiene un flujo con varias fases presentes, una de ellas, es el agua, que como también es sabido, si el flujo es de agua, petróleo y gas, el agua está ubicada en la parte inferior de ellos, si está estable, esta agua puede ser drenada para eliminar gran cantidad de la misma. Estos drenajes también tienen que incluirse en la producción de isométricos; los drenajes son colocados en las partes inferiores de las tuberías para que cumplan con su finalidad.

A manera de conseguir que la producción de tuberías sea lo más fácil y económica posible, se ha conseguido la manera de construir piezas en sitios cercanos a poblados de manera tal de disminuir la movilización de una cantidad de trabajadores y así tener que pagar la menor cantidad de viáticos posibles, estas piezas son denominadas como "Spools". Estos Spools luego de ser construidos son transportados en camiones a su lugar final de ensamblaje en donde luego serán unidos unos con otros, estos Spools deben cumplir con unas capacidades espaciales limitadas por la capacidad espacial de los camiones que los transportan, que no puede ser sobrepasada por que si se sobrepasan, no caben

dentro de estos camiones que los transportan. También en los isométricos tienen que estar especificados, siendo la manera de nombrarlos, utilizando el mismo nombre de la tubería representada en el isométrico, pero incluyéndole además un número adicional comenzando desde 1 y culminando con el número total de Spools.

Estos Spools son diferentes unos de los otros ya que existen tramos de tuberías que por sus dimensiones no tienen otra opción más que ser construidos obligatoriamente en el campo abierto, por ejemplo, tramos de tuberías que excedan las dimensiones de transporte de los camiones o secciones de tuberías que excedan los 12m de longitud, tiene que existir una manera de diferenciar estos casos en los isométricos, y esta forma de diferenciarlos, es con las denominaciones “Field” construcción en campo y “Shop” construcción en taller, en los isométricos tienen que ser denominados los tramos de tuberías que van en “Shop” y los que son “Field” de manera tal que los materiales que van para “Field” sean transportados directamente al campo y los materiales “Shop” sean trasladados al taller de producción y luego al campo.

En los isométricos normalmente va incluido el reporte de materiales, el cual incluye todos los materiales utilizados, desde los pernos y sus tuercas, hasta válvulas, metraje de tuberías, etc, este reporte separa los elementos que son armados en el campo y también los elementos armados en el taller, siendo esto de gran importancia, este reporte es de fundamental importancia para la siguiente etapa del proyecto que es la parte de procura , ya que es necesario conseguir los

materiales necesarios para su construcción, generalmente, al ser muchos números los que explican las características de los materiales, se cometen muchos errores de transcripción, por lo tanto se optó por la utilización de programas que realicen esas operaciones, tomando en cuenta todos estos factores que se deben tomar en cuenta, se procede a explicar el proceso de la producción de isométricos, utilizando y explicando el funcionamiento del programa creado para este trabajo especial.

## **AUTOMATIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ISOMÉTRICOS EN SMARTKETCH**

En este capítulo haremos referencia acerca de la construcción de los Isométricos, para entender lo importante que son en la construcción de sistemas de tuberías ya que los mismos son el primer paso en la construcción de dichos sistemas.

El método de construcción de Isométricos será bajo un programa 2d que permite el ensamble de símbolos u objetos que al final constituirán un conjunto de elementos, el cual será el Isométrico en si.

El primer paso fue adaptar el programa para ser utilizado, de manera tal que se cree una simbología standarizada con la cual se ha de trabajar, para ello se necesita conocer las características y diferencias que existen entre los

elementos para luego crear una librería de símbolos que sea fácilmente reconocible uno del otro. La librería que fue creada, puede ser localizada en el Anexo 2.

Estos símbolos luego de haber sido creada la parte gráfica, se procedió a utilizar las cualidades del programa que permiten hacer inteligente al símbolo, de manera tal que se puedan unir un símbolo junto con otro. Las características que tienen los símbolos son las siguientes:

- Puntos de unión para ser unidos a otros símbolos.
- La capacidad de rotación ya que no siempre los símbolos tienen la misma orientación dentro de un Isométrico.
- Posibilidad de tener un reflejo o espejo que permite que el símbolo sea visto desde otro punto de vista.
- Existen símbolos como los símbolos de tuberías que tiene factor de escala, esto nos permite variar la longitud de las tuberías, ya que los tramos de tuberías poseen diferentes longitudes.
- La opción de tener partes variables, aún conservando la misma orientación de la tubería, por ejemplo las válvulas pueden tener una orientación en específica, pero el volante de dicha válvula, puede estar en diferentes posiciones.
- Tener atributos que permitan determinar el tipo de símbolo que es cada uno.



- Permitir que cada elemento tenga la opción de correr un programa en especial, que combinado junto con los atributos, permiten realizar el proceso de adjudicación de las características del elemento que el símbolo representa.

Este programa es capaz de aceptar la programación a través de Visual Basic, lo que nos permite realizar el proceso de adjudicación de datos, de manera automatizada y no manual como ha sido de costumbre en los métodos anteriores, por lo tanto al ser automatizado, se puede lograr tener un margen de error menor al que se pudo haber obtenido anteriormente.

La manera de automatizar la producción de Isométricos fue precisamente el aprovechamiento de esta capacidad de programación, ya que si aprovechamos la capacidad que tiene cada símbolo de invocar a un programa determinado, entonces podemos realizar un programa que tenga ciertas estructuras que nos permita encontrar las características de los elementos, características tales como diámetro, material en el que son construidos, peso, rating de presiones, etc. Para luego adjudicárselos a cada uno de los símbolos que se estén utilizando. Entonces usaremos esa propiedad de los símbolos de correr un programa determinado para que estos ejecuten el programa "InsertarDatos.exe" dicho programa fue creado para adjudicarles las características a los elementos simbolizados en el Isométrico.

El programa "InsertarDATos.exe" fue hecho analizando primero los alcances que dicho programa tenía que cumplir, también analizando las dificultades y las adecuaciones que tenía que hacerse para que este programa cumpla con los alcances.

Los alcances y dificultades de este programa son los siguientes:

- Este programa tiene que buscar en una base de datos existente denominada "OTEPipe", en esta base de datos están las características de todos los elementos (válvulas, bridas, codos, etc), organizando los elementos inicialmente mediante un código, descripción, descripción en idioma ingles, código compra, tipo de material, unidad y peso.
- Cada elemento fue utilizado en un proyecto en específico, esto quiere decir que cada elemento tiene una especificación o clase determinada, por lo tanto la búsqueda tiene que ser también utilizando dicha especificación o clase.
- Una dificultad y de gran magnitud, fue como localizar el elemento correcto y ser asignado al símbolo utilizado.
- Como adjudicar las características luego de ser localizadas

La solución que se encontró para buscar en la base de datos fue la de ir desde el inicio de la base de datos, hasta el final, ya que la misma no tiene orden alfabético, e ir comparando cada elemento, hasta localizar el correcto, pero aún existía la pregunta, ¿como y con que comparamos?. Entonces tuvimos que utilizar

una de las virtudes del programa “SmartSketch” que son los “Atributos” estos atributos son espacios de memoria donde podemos guardar características a los símbolos que se conservan, siempre que el usuario no los modifique, entonces se procedió a adjudicar una codificación nueva de uso exclusivo para los símbolos, dicha codificación dependió del tipo de material o elemento utilizado, junto con el tipo de unión que este material tenga, por ejemplo, una válvula de compuerta de tipo bridada, fue codificada “VCNA”, VC por válvula de compuerta, y NA por ser bridada. Este mismo código “VCNA” también tuvo que ser incluido en la base de datos, por lo tanto se tuvo que incluir en ella una nueva columna que tendría este y otros códigos para otros elementos.

El programa que fue creado, toma el código asignado al símbolo y lo identifica y ya entiende que tipo de elemento va a buscar, las informaciones que le faltarían al programa por conocer sería que el usuario le indique en que especificación o clase se está trabajando, y el diámetro del elemento, para luego buscarlo de la siguiente manera:

1. Compara la especificación o clase introducida con cada especificación del OTEPipe, si no coincide pasa al siguiente registro, si coincide sigue con el paso 2
2. Luego de estar en la especificación correcta, localiza que el tipo de elemento que estamos buscando coincida con el que está en la base de datos, o sea que coincidan “VCNA” del símbolo con el “VCNA” de

---

la base de datos, si no coinciden sigue al siguiente registro, si coincide, sigue con el paso 3

3. En este caso, el programa busca el diámetro del elemento, el diámetro fue una columna que se incluyó en la base de datos OTEPipe la cual incluye el diámetro o diámetros de los elementos, de manera tal que si coinciden el diámetro incluido por el usuario con el diámetro del registro de la base de datos, hemos localizado el elemento deseado

Este proceso de búsqueda se realiza en toda la base de datos, ya que pueden existir dos o mas elementos en ella con el mismo código de identificación y el mismo diámetro, pero que puedan tener variaciones en el rating de presión, o en otro aspecto físico, que en la parte gráfica no es visualizada, por ejemplo una válvula de compuerta rating #300 tiene el mismo dibujo de una válvula de compuerta rating #150.

Luego de haber encontrado las características de los elementos tienen que ser asignados a los símbolos, por lo tanto, seguimos utilizando los atributos de los símbolos para en ellos colocar las características de los mismo, para que luego de ser asignadas, poder generar un reporte de todos ellos que estén en los isométricos, esta cualidad la tiene el programa “SmartSketch”, por lo tanto el reporte de materiales o elementos, es de fácil generación, ya que es un comando que se encuentra en el menú de las barras de herramientas del programa.





Luego de haber realizado los isométricos, podemos proceder a realizar cálculos con mayor grado de detalles, ya que tenemos todas las dimensiones de las tuberías, los codos, las válvulas, y todos los elementos que constituirán las tuberías entonces podemos tener las pérdidas por fricción que se generarían en un sistema de tuberías en específico. Esta manera de calcular las pérdidas por fricción, está explicado en el capítulo 3 de este trabajo, mediante el cual se puede proceder a la selección de la bomba o sistema de bombeo necesario que cumple y satisface las exigencias requeridas por el proyecto.

Luego de haber sido construido los isométricos y haber seleccionado todos los materiales que han de ser utilizados en un proyecto en específico, se procede a la siguiente etapa del mismo, la cual esta constituida por la Procura del proyecto, en esta etapa se trata de localizar a proveedores que tengan los materiales requeridos tratando de conseguirlos al mejor costo, también tomando en cuenta el tiempo de entrega de los materiales. En esta etapa también se inspecciona que los materiales recibidos sean los materiales pedidos y que estos estén en buen estado y se verifica que los proveedores cumplan con el tiempo de entrega estipulado por ellos mismo.

La finalidad de esta etapa es la de controlar que la construcción de los sistemas de tuberías, sea realizada con los materiales justos, para que no existan materiales que no sean los necesarios en el proyecto, y también que estos materiales cumplan con los patrones de calidad que se requieran, en esta etapa del proyecto es mayormente supervisión de materiales.

## CAPÍTULO 2

### CÁLCULO DE SELECCIÓN DE TUBERÍAS

En este capítulo se procederá al desarrollo del cálculo o diseño de selección de tuberías según el proyecto y las condiciones de procesos que se requieren, explicando de manera sistemática el método de selección de la misma.

Para la realización del cálculo del diámetro nominal de las tuberías y del Schedule se siguieron varios pasos, los cuales de manera lógica son, comenzar primero por el cálculo del diámetro de la tubería en sí, y luego proceder a calcular su Schedule. Estos pasos se citan a continuación:

1. Como dato se tiene que necesitamos tener un caudal y una presión predeterminados, dependiendo de las necesidades requeridas en nuestro proyecto al cual vamos a realizarles los cálculos hidráulicos, teniendo como dato inicial, el tipo de fluido que estamos manejando (agua o hidrocarburos), tanto como el tipo de aplicación en la cual se esta trabajando, como por ejemplo: succión de bomba, descarga de bomba o drenajes.
2. Al tener el caudal, lo dividimos entre el área de la sección transversal de la tubería, como aún no sabemos el Schedule, se toma como valor inicial de diámetro, el diámetro externo de la misma tubería que estemos utilizando



como muestra, el cual se encuentra en la tabla A.1 del apéndice A, luego dependiendo de la aplicación, comparamos la velocidad del fluido, que queda como resultado de la operación anterior, si dicha velocidad se encuentra dentro de los rangos recomendados por la norma de PDVSA (Dimensionamiento de tuberías de proceso), ver tabla A.3, entonces escogemos como diámetro nominal, el de la tubería que nos dio los resultados dentro de estos rangos.

$$V = \frac{Q \cdot 0,320833}{A}$$

Donde  $V$  = Velocidad del fluido (pie/seg)

$Q$  = Caudal (GPM)

$A$  = Área de la sección transversal (pulgadas<sup>2</sup>)

3. Luego de haber obtenido el diámetro nominal de la tubería se procede al cálculo del espesor de pared de la misma (normalmente llamado "Schedule"), el cual se calcula, teniendo como datos primordiales para el mismo: la presión de operación del sistema, el esfuerzo permisible del material de la tubería que vayamos a emplear, y el diámetro externo de la tubería, mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$t = \frac{P_i \cdot D}{2 \cdot S}$$

Donde  $t$  = Espesor de pared calculado (pulgadas)

$P_i$  = Presión interna de la tubería. (Psi)

$D$  = Diámetro externo de la tubería.(pulgadas)

$S$  = Esfuerzo permisible del material de la tubería.(Psi)

Nota: La fórmula anterior, es tomada de la norma ANSI Asme B31.4 , Capítulo 2 Part2 (Diseño de componentes de tuberías bajo presión) ver anexo 1

4. Luego de tener el espesor de pared calculado se utiliza la tabla de “Schedule”, tabla A.1, en la cual están los espesores de pared standards y que son la manera que se consiguen comercialmente, como es de suponer la tubería no va a ser fabricada si no que va a ser seleccionada por la que existen comercialmente, o sea que ya tienen un espesor predeterminado, por lo tanto nosotros debemos escoger una de ellas, de manera que sea mucho mas fácil de conseguir y menos costoso que mandarlas a fabricar, de tal manera que escogeremos la que se acerque mas en el valor de espesor de pared tanto el calculado como el tabulado, teniendo como criterio que el valor tabulado debe ser igual o mayor al valor calculado, por que si escogemos un valor menor, la resistencia de la tubería sería menor a la requerida.
  
5. Al escoger el espesor de pared, es lógico pensar que la velocidad anteriormente calculada es alterada de manera tal que esta aumenta, algo que en la realidad sucede, por lo tanto hay que verificar si la tubería calculada aún cumple con los parámetro de velocidad interna del fluido, lo cual se realiza efectuando el mismo cálculo empleado en el paso 2 con la

---

única variante de que ahora el área a utilizar, es el área de la sección transversal interna de la tubería, que ahora si podemos saber cual es, al restarle al diámetro externo de la tubería, el espesor de pared obtenido en el paso 4 y luego de obtener el área, se divide el caudal entre esta área, y entonces se verifica si esta velocidad aún está dentro de los rangos de velocidades de la norma PDVSA (Dimensionamiento de tuberías de proceso).

6. Si la tubería luego de haber sido calculado el espesor de pared, y la velocidad final se sale dentro de los rangos de velocidades recomendados por la norma PDVSA (Dimensionamiento de tuberías de proceso), se pasa a realizar los mismos cálculos anteriores con un diámetro de tubería, mayor al que utilizamos anteriormente, verificando que la velocidad final este dentro del rango para esta tubería.
7. Si aún así no esta dentro de los rangos recomendados, seleccionar el caso que mejor se acerque a ellos, o tratar de cambiar algún parámetro como por ejemplo: presión o caudal, para cumplir con las recomendaciones, comunicando estos casos a la persona interesada en estas operaciones de transporte de fluido.
8. Esta forma de cálculo de tuberías solamente tiene un alcance de hasta un diámetro nominal de 20 pulgadas, para tuberías de mayores diámetros se

---

tomarán en cuenta otra norma en donde estén incluidos estos diámetros, junto con sus velocidades de diseño correspondientes.

### **Ejemplo**

Calcular el diámetro nominal y determinar el Schedule para la siguiente condición de proceso:

$Q = 300$  G.P.M

$P_i = 2000$  P.s.i

Tubería ASTM A 106 sin costura (seamless)

El fluido de operación es agua y va a ser empleada en la succión de una bomba

### **Solución**

Para comenzar buscamos el valor de esfuerzo permisible en la tabla A.2 en el apéndice A de donde obtenemos que para una tubería de material ASTM A 106, sin costura, tiene un esfuerzo permisible  $S$  igual a 28800 P.s.i.

Luego de tener los datos necesarios recurrimos a realizar los cálculos, comenzando por el cálculo del área interna de la tubería, empezando por la de menor diámetro a la de mayor. El diámetro interno, como ya ha sido expuesto, es aún indeterminado, por lo cual procedemos a realizar el cálculo con el diámetro externo de la tubería, el cual esta tabulado en la Tabla A.1 en el apéndice A.

También debemos determinar los valores de la velocidad interna del fluido en la tubería, eso lo obtendremos a partir del fluido que estemos utilizando y el tipo de utilidad que se le este dando, con estos datos nos dirigimos a la norma de PDVSA (Dimensionamiento de tuberías de proceso), específicamente tabla A.3 en el apéndice A, de donde extraemos, los rangos de velocidades recomendables para este tipo de utilidad, la cual esta comprendida entre 1 y 2 *pie/seg*, para tuberías de hasta 2" de diámetro nominal, de 2 a 4 *pie/seg* para tuberías entre 3" y 10" y entre 3 y 6 *pie/seg* para tuberías entre 10" y 20", con esta información procedemos a los cálculos.

Para diámetro nominal de ½"

$$D_{\text{ext}} = 0,84 \text{ in}$$

$$A = \frac{\Pi \cdot \left(\frac{0,84}{12}\right)^2}{4} = 3,8484 \cdot 10^{-3} \text{ pie}^2$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{300}{3,8484 \cdot 10^{-3}} \cdot 2,228 \cdot 10^{-3} = 173,68 \text{ pie} / \text{seg}$$

Esta velocidad esta muy por fuera del rango recomendado, procedemos a tomar una de mayor diámetro nominal

Tomamos una tubería de 2"

$$D_{\text{ext}} = 2,375$$

$$A = \frac{\Pi \cdot \left(\frac{2,375}{12}\right)^2}{4} = 3,076 \cdot 10^{-2} \text{ pie}^2$$

$$V = \frac{300}{3,076 \cdot 10^{-2}} \cdot 2,228 \cdot 10^{-3} = 21,726 \text{ pie} / \text{seg}$$

Con este diámetro aún no cumple con las recomendaciones, tendremos que tomar diámetro mayores hasta llegar a 6"

$$D_{\text{ext}} = 6,625 \text{ in}$$

$$A = \frac{\Pi \cdot \left(\frac{6,625}{12}\right)^2}{4} = 0,2393 \text{ pie}^2$$

$$V = \frac{300}{0,2393} \cdot 2,228 \cdot 10^{-3} = 2,7921 \text{ pie} / \text{seg}$$

Esta velocidad esta comprendida dentro del rango recomendado, así que ahora precedemos a calcular el espesor de pared.

$$e = \frac{2000 \cdot 6,625}{2 \cdot 28800} = 0,230 \text{ in}$$

Si buscamos en la tabla A.1 en el apéndice A observamos que para Schedule 10 el espesor de pared es menor al que hemos calculado, por lo tanto tomamos Schedule STD ya que el espesor de pared es de 0,28" siendo este mayor al que calculamos, ahora con el nuevo espesor de pared debemos verificar que la velocidad del fluido en esta tubería cumple con las velocidades recomendadas.

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - \text{espesor de pared} \Rightarrow D_{\text{int}} = 6,625 - 0,28 = 6,345 \text{ in}$$

$$A = \frac{\Pi \cdot \left(\frac{6,345}{12}\right)^2}{4} = 0,2196 \text{ pie}^2$$

$$V = \frac{300}{0,2196} \cdot 2,228 \cdot 10^{-3} = 3,044$$

La velocidad final está comprendida dentro del rango de velocidades recomendadas, por lo tanto el resultado final para satisfacer las exigencias iniciales será, la selección de una tubería de material ASTM A 106 sin costura, de diámetro nominal 6" de Schedule STD.

## **ESTRUCTURA DEL PROGRAMA DE CÁLCULO DE DIÁMETRO NOMINAL DE TUBERÍAS**

El programa realizado en este trabajo cumple exactamente con los mismos pasos descritos en el ejemplo, o sea que primero calcula un posible diámetro nominal, calcula un espesor de pared, y luego verifica si aún se cumplen las velocidades requeridas, esta iteración se repite varias veces hasta conseguir los resultados, a este programa se le incluyen datos tales como: caudal, presión interna y esfuerzo admisible, y el programa realiza los cálculos realizando comparaciones de velocidades incluidos en la tabla A.3 y luego tomando la tabla A.1 que esta contenida en una base de datos, procede a comparar los espesores de pared que están en la tabla con el valor del espesor que este mismo programa obtuvo.

Este programa de cómo resultado el diámetro nominal de la tubería, el diámetro externo e interno de la misma, la velocidad obtenida inicialmente y la velocidad final del fluido, el espesor calculado y el espesor de la tabla.

Si existe un caudal que no esta dentro de los rangos de velocidades, el programa de la opción de que sea el usuario quien seleccione la tubería, este luego de que el usuario seleccionó la tubería, procede a realizar los cálculos del espesor de pared, dando por resultado un Schedule que el mismo selecciona bajo el mismo criterio de selección anterior, dando también los mismo resultados calculados por el programa

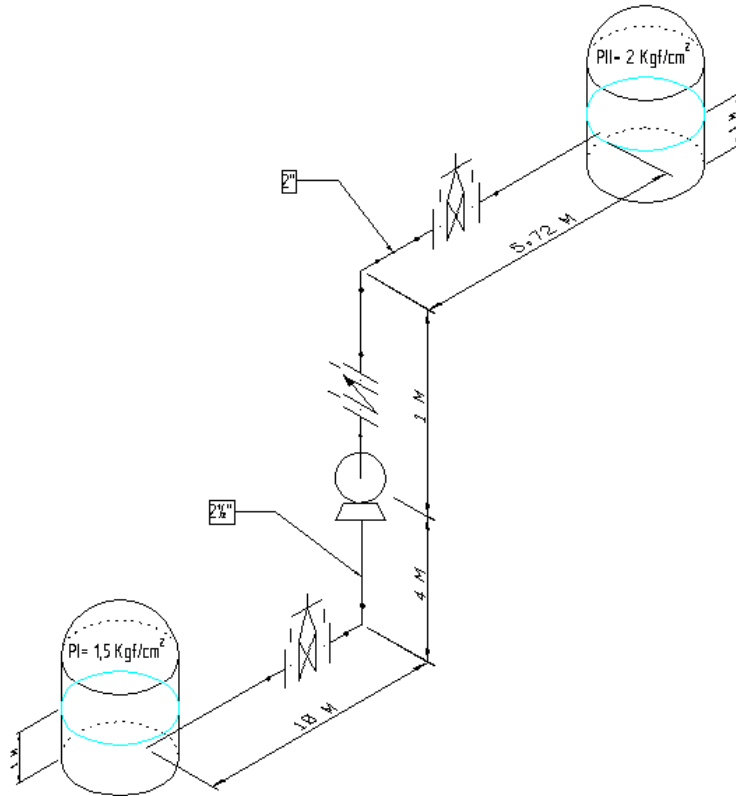


## CAPÍTULO 3

### CÁLCULO DE PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN TUBERÍAS

Para realizar el estudio de las pérdidas en tubería, utilizamos el principio de conservación de la Energía, este principio nos conduce a la utilización de la ecuación de Bernoulli, la cual se basa en la transformación de la Energía ya sea de Energía Potencial a Energía Cinética ó viceversa, y todas las posibles transformaciones de la misma, esto nos lleva a concluir que parte de la Energía entregada a un sistema en específico, es utilizada para que el fluido pueda vencer las fuerzas que se producen al fluir a través de una superficie rugosa, estas fuerzas son mayores, mientras mayores sean las velocidades del fluido, por lo tanto no solamente hay que vencer las propiedades físicas del sistema, sino también las pérdidas por fricción que en dicho sistema se generan.

La manera de realizar el cálculo de la altura equivalente y la potencia requerida en un sistema en específico se describe en la solución del sistema siguiente el cual es tomado como ejemplo:



### Descripción del sistema

#### Tubería de succión:

Tubería de diámetro nominal = 2½" Schedule 40

1 Válvula de compuerta

1 codo de 90° radio corto

Tubería proyectada en tanque

Longitud de tubería de succión = 14 mts

#### Tubería de descarga:

Tubería de diámetro nominal = 2" Schedule 40

1 Válvula de compuerta

1 Válvula de retención L/D = 100

1 codo de 90° radio corto

Tubería proyectada en tanque

Longitud de tubería de descarga = 6,72 mts

Mediante la tabla C.17 en el apéndice C obtenemos los valores de K equivalente a cada dispositivo utilizado en el sistema, por ejemplo para la tubería de 2½” , tenemos que la válvula de compuerta es igual a 0,14 la válvula de retención es 1,8 y el codo es 0,54. Para la tubería de 2” son 0,15 , 1,9 y 0,57 para la válvula de compuerta, retención y codo de 90 respectivamente.

La entrada en tubería Proyectada dentro del tanque => K = 0,78

La salida de tubería cuando esta proyectada en tanque => K = 1

Para calcular las pérdidas dentro del sistema utilizamos la ecuación de Bernoulli, dada a continuación:

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + (Z_2 - Z_1) + \left( \frac{c_2^2 - c_1^2}{2 \cdot g} \right) + \sum h_{s-b} + \sum h_{b-d} \quad (1)$$

Donde

$H$  = Altura equivalente del sistema (m)

$P_1$  = Presión de Tanque de succión (Kgf/cm<sup>2</sup>)

$P_2$  = Presión de Tanque de descarga (Kgf/cm<sup>2</sup>)

$Z_1$  = Altura de succión (m)

$Z_2$  = Altura de descarga (m)

$c_1$  = Velocidad del fluido en tubería de succión (m/s)

$c_2$  = Velocidad del fluido en tubería de descarga (m/s)

$\sum h_{s-b}$  = Pérdidas por fricción en tubería de succión (m)

$\sum h_{b-d}$  = Pérdidas por fricción en tubería de descarga (m)

$g$  = gravedad (m/seg<sup>2</sup>) = 9,8065 m/seg<sup>2</sup>

$\gamma$  = Peso específico del fluido (Kgf/m<sup>3</sup>)

$$\sum h_{s-b} = \frac{L}{100} \cdot Hf_{succión} + \sum K_{succión} \cdot \frac{c_1^2}{2 \cdot g} \quad (2)$$

$$\sum h_{b-d} = \frac{L}{100} \cdot Hf_{descarga} + \sum K_{descarga} \cdot \frac{c_2^2}{2 \cdot g} \quad (3)$$

Donde

$Hf_{succión}$  = Pérdidas por fricción en la tubería de succión equivalente a 100 metros de tubería de la misma.

$Hf_{descarga}$  = Pérdidas por fricción en la tubería de descarga equivalente a 100 metros de tubería de la misma.

Sumatoria de K en tubería de succión

$$\sum K_{succión} = 0,14 + 0,54 + 0,78 = 1,46$$

Sumatoria de K en tubería de descarga

$$\sum K_{descarga} = 1,9 + 0,57 + 0,15 + 1 = 3,62$$

Quedando las ecuaciones de la siguiente manera respectivamente

$$\sum h_{s-b} = \frac{14}{100} \cdot Hf_{succión} + 1,46 \cdot \frac{c^2}{2 \cdot g} \quad (4)$$

$$\sum h_{b-d} = \frac{6,72}{100} \cdot Hf_{descarga} + 3,62 \cdot \frac{c^2}{2 \cdot g} \quad (5)$$

Al estar las tuberías proyectadas dentro de ambos tanques, las velocidades

$\frac{c_1^2}{2 \cdot g}$  y  $\frac{c_2^2}{2 \cdot g}$  son despreciables, utilizando los datos iniciales dados y utilizando las

ecuaciones (4) y (5), la ecuación (1) queda de la siguiente manera:

$$H = \frac{(2-1,5) \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2} \cdot 10000 \cdot \frac{\text{cm}^2}{\text{m}^2}}{1000 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}^3}} + (5-0)m + \frac{14}{100} \cdot Hf_{\text{succión}} + 1,46 \cdot \frac{c_1^2}{2 \cdot g} + \frac{6,72}{100} \cdot Hf_{\text{descarga}} + 3,62 \cdot \frac{c_2^2}{2 \cdot g}$$

$$H = 10 + 0,14 \cdot Hf_{\text{succión}} + 1,46 \cdot \frac{c_1^2}{2 \cdot g} + 6,72 \cdot Hf_{\text{descarga}} + 3,62 \cdot \frac{c_2^2}{2 \cdot g} \quad (6)$$

Mediante el método de mínimos cuadrados obtenemos los valores de A2,

A1, A0, B2, B1y B0 según sea el caso que satisfacen las siguientes ecuaciones:

$$\frac{c^2}{2 \cdot g} = A2 \cdot Q^2 + A1 \cdot Q + A0 \quad (7)$$

$$Hf = B2 \cdot Q^2 + B1 \cdot Q + B0 \quad (8)$$

Para la tubería de 2½" (Succión), utilizando la ecuación (7) y (8) y la tabla C.9 en el apéndice C, obtenemos las ecuaciones (9) y (10)

$$\frac{c_1^2}{2 \cdot g} = 4,1233 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2 + 1,5868 \cdot 10^{-7} \cdot Q + 1,3473 \cdot 10^{-6} \quad (9)$$

$$Hf_{\text{succión}} = 1,1983 \cdot 10^{-2} \cdot Q^2 + 4,9616 \cdot 10^{-2} \cdot Q - 1,7279 \cdot 10^{-1} \quad (10)$$

Para la tubería de 2" (descarga) utilizando la ecuación (7) y (8) y la tabla

C.8 en el apéndice C, obtenemos las ecuaciones (11) y (12)

$$\frac{c_2^2}{2 \cdot g} = 8.3940 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2 - 1.3065 \cdot 10^{-7} \cdot Q + 2.5376 \cdot 10^{-6} \quad (11)$$

$$Hf_{desc\ arg\ a} = 3.0487 \cdot 10^{-2} \cdot Q^2 + 8.1208 \cdot 10^{-2} \cdot Q - 1.2923 \cdot 10^{-1} \quad (12)$$

Teniendo que la potencia requerida para un caudal en específico, viene dada por la siguiente ecuación:

$$Pot = Q \cdot H \cdot \gamma \cdot 3,653 \cdot 10^{-6} \quad (13)$$

Donde

$Pot$  = Potencia requerida (Hp)

$Q$  = Caudal (m<sup>3</sup>/h)

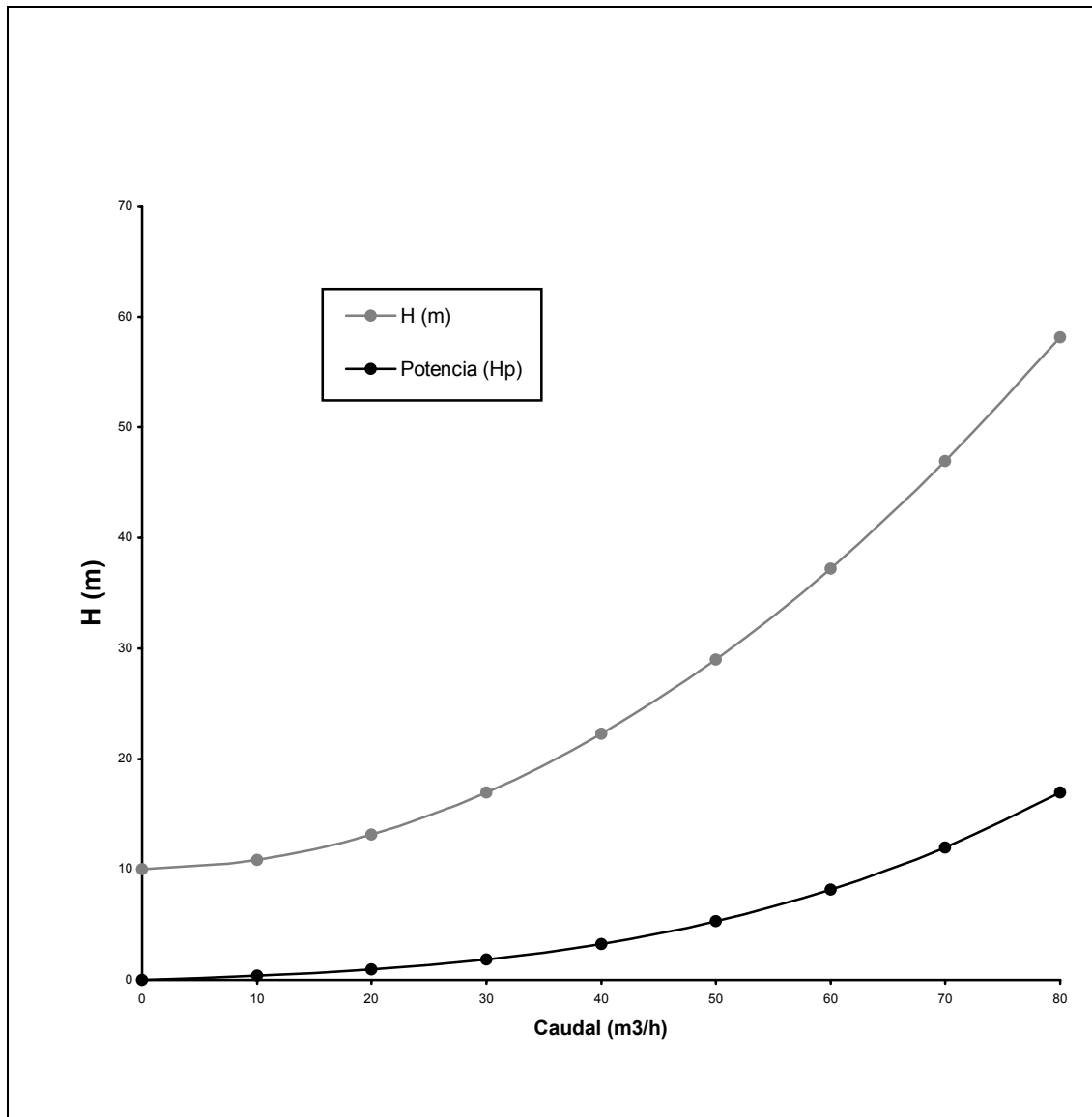
Nota: El valor de Potencia obtenido es el valor neto que requiere el sistema, las pérdidas en la bomba, pérdidas eléctricas y otras pérdidas deben ser tomadas en cuenta a la hora de selección del elemento de bombeo.

Dando diferentes valores de caudal circulante por el sistema en las ecuaciones (9), (10), (11), (12) luego aplicando los valores obtenidos en las ecuaciones anteriores en la ecuación (6), el valor de  $H$  obtenido en la ecuación (6), lo utilizamos junto con el caudal utilizado en la ecuación (13) y obtenemos la tabla #1:

$Q(\text{m}^3/\text{h})$	$\frac{c_1^2}{2 \cdot g}$ (m)	$Hf_{\text{succión}}$ (m)	$\frac{c_2^2}{2 \cdot g}$ (m)	$Hf_{\text{descarga}}$ (m)	$H$ (m)	$Pot$ (Hp)
0	0	0	0	0	10,0000	0
10	0,0412	1,5216	0,0839	3,7317	10,8278	0,3955
20	0,1649	5,6128	0,3357	13,6904	13,1621	0,9616
30	0,3711	12,1005	0,7554	29,7469	16,9697	1,8597
40	0,6597	20,9849	1,3431	51,9011	22,2509	3,2513
50	1,0308	32,2659	2,0985	80,1531	29,0055	5,2979
60	1,4844	45,9435	3,0219	114,5028	37,2335	8,1609
70	2,0205	62,0178	4,1132	154,9503	46,9350	12,0019
80	2,6390	80,4886	5,3724	201,4955	58,1100	16,9823

Tabla #1

Si graficamos los valores de caudal, altura equivalente y potencia, de la tabla obtenemos como resultado la gráfica #1:



Gráfica #1

## ESTRUCTURA DEL PROGRAMA QUE CALCULA LAS PERDIDAS EN SISTEMAS DE TUBERÍAS

El programa desarrollado en este trabajo especial, realiza los cálculos que se realizaron en el ejemplo anterior, primero en él se le introducen los datos



iniciales del sistema, tales como las diferentes presiones, las alturas entre el punto de absorción del líquido, tanto como la descarga del mismo, la unidad de caudal en la que estemos trabajando, por ejemplo ( $\text{m}^3/\text{h}$ , GPM, etc), los diferentes dispositivos que contiene el sistema tales como válvulas, codos, etc. Los diámetros de las tuberías utilizadas, tanto la de succión, como la de descarga. Luego conforme se van incluyendo los datos el programa va realizando los distintos cálculos que nos permitirán llegar a los resultados de los datos obtenidos, dichos resultados serán la altura equivalente del sistema a un caudal en específico, y la potencia requerida al mismo caudal para satisfacer las exigencias requeridas por el sistema.

Para poder utilizar el programa, se recurrió al uso del método de los mínimos cuadrados, para obtener los valores de ambos  $H_f$  y  $c^2/2g$ , ya que estos valores se encontraban en tablas, con los valores específicos de caudal, pero hay que recordar que las pérdidas son el cuadrado de la velocidad, por lo tanto la curva que resultaría es una parábola, o ecuación de segundo grado, obteniendo así por el método de los mínimos cuadrados la mejor aproximación de estos valores, pudiendo ser obtenidos los mismo con el uso de una ecuación, el método de los mínimos cuadrados se repitió para cada diámetro de tubería, ya que son diferentes los valores de  $H_f$  y  $c^2/2g$  en distintas tuberías para el mismo valor de caudal.

El programa procede para obtener los valores de  $H_f$  y  $c^2/2g$  de la siguiente manera:

Primero luego de haber obtenido los valores de  $A_2$ ,  $A_1$ ,  $A_0$ ,  $B_2$ ,  $B_1$ ,  $B_0$  procedentes de las tablas del apéndice C, para cada caso, es incluido en varias estructuras condicionales, de manera tal que si se elige por ejemplo una tubería de 2" el programa lo reconoce y procede a utilizar la ecuación  $A_0 + A_1 Q + A_2 Q^2 = c^2 / 2g$  y  $B_0 + B_1 Q + B_2 Q^2 = Hf$  con los valores obtenidos por el método de los mínimos cuadrados aplicado a la tabla donde se encuentran los valores de la tubería de 2" (tabla C.8), y así el programa procede de igual manera con los demás diámetros de tuberías.

El valor K (coeficiente equivalente de resistencia) es obtenido mediante la interface entre el programa y una base de datos que tiene digitalizada la tabla C.17 apéndice C, la cual incluye los valores de k para cada elemento (válvula, codos, etc) para cada diámetro de tubería, y son localizados según sea seleccionados en el programa, al ser seleccionados el programa busca en la base de datos, por el código que se le fue asignado a cada elemento, por ejemplo, a las válvulas de compuerta se le asignó el código "VC", de manera tal que al presionar el botón "Cálculo K" en el programa, si se seleccionó válvula de compuerta, el programa le pregunta la cantidad de válvulas de compuerta que tiene el sistema y luego la busca en la base de datos, luego multiplica el valor K encontrado por la cantidad de válvulas y así procede con los demás dispositivos, al final de realizar todas las búsquedas, se suman los valores de K, para obtener el valor K final que utilizaremos en los cálculos posteriores, este proceso se efectúa de igual manera para la tubería de succión, tanto para la tubería de descarga, con la única

diferencia, que en un caso se busca en un diámetro de tubería diferente al del otro, si así es el caso.

Luego el programa tiene dos opciones para determinar el valor de  $H$  y la Potencia requerida, y puede ser una incluyendo un valor específico de caudal, o una tabla la cual va a estar comprendida por 11 valores, partiendo desde cero 0, el valor máximo de dicha tabla será incluido por el usuario, siendo las divisiones 11 valores divididos de igual manera, o sea el valor máximo dividido entre 10, y con eso valores de caudal se genera una secuencia de cálculo igual a 10, por lo tanto se generarán 10 valores de  $H$  y 10 valores de Potencia para cada valor de caudal calculado.

Luego de haberse obtenido la tabla el programa tiene la opción de observar la curva que es generada por el sistema, mediante la interfase entre el programa y una archivo de Microsoft Excel. El programa adjudicará los valores de  $H$  obtenidos a una tabla la cual genera una gráfica, la cual también es obtenida mediante el método de los mínimos cuadrados . Teniendo la facilidad de incluirle los valores de una bomba, e interceptar ambas curvas para determinar el caudal que debemos manejar para una bomba que hallamos seleccionado.

El valor de caudal obtenido se realiza mediante la igualación y luego despeje de las dos ecuaciones, tanto de la bomba como la del sistema, dicho despeje es realizado de la siguiente manera:

$$H_{sistema} = S_2 \cdot Q^2 + S_1 \cdot Q + S_0$$

$$H_{bomba} = B_2 \cdot Q^2 + B_1 \cdot Q + B_0$$

$$H_{sistema} = H_{bomba}$$

De esta manera logramos obtener el punto de operación para el sistema, con una bomba en específico, verificando si con esa bomba cumplimos con los patrones de diseño requeridos.

## CONCLUSIONES

Los objetivos específicos fueron alcanzados en su totalidad con este trabajo especial de grado, cumpliendo con todas las exigencias requeridas al inicio de el mismo, ya que se obtuvieron programas que cumplen con las condiciones de diseño que fueron planteados.

Los resultados que se obtienen en estos programas están cumpliendo todas las normas y recomendaciones que exige la industria, para cumplir de manera satisfactoria todos los procesos o proyectos que quieran ser desarrollados, y emplean en sus desarrollos un breve periodo de tiempo que se ve reflejado en menores inversiones de tiempo y dinero.

También los resultados obtenidos proveen márgenes de errores muy bajos ya que todos los procesos son realizados por un computador, este computador, provee bajos errores ya que las rutinas de trabajo son siempre los mismo, y los valores que el presenta no tiene redondeos de ningún orden de manera tal que el trabaja con el valor exacto aunque tenga grandes cantidades de decimales.

Podemos entonces confiar en los programas desarrollados ya que nos proveen resultados confiables en poco tiempo, que facilita el trabajo de diseño de redes de tuberías, pudiendo aplicar el tiempo en tareas de mayor complejidad que

necesiten más dedicación, ya que para la selección tenemos estas herramientas que nos facilitan los diseños en general.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda que para el uso de estos programas se tengan instalados en el computador estos programas: SmartSketch, Microsoft Excel, Microsoft Acces, ya que los programas creados tienen conexiones internas con estos programas, la ausencia de alguno de ellos generará fallas en el desempeño de los programas.

También se recomienda a la empresa impartir instrucciones básicas de los usuarios que serán dibujantes, sobre el programa SmartSketch para que realicen la creación de los Isométricos de manera eficiente, y así se familiaricen con el programa que estarán utilizando de manera que no se generen errores ni pérdidas de tiempo.

Es de mucha importancia saber de antemano las condiciones de proceso, tanto como también la distribución de los sistemas en estudio, para garantizar que los resultados de los programas sean los resultados correctos, de manera de no introducirle datos erróneos a los programas y así obtener entonces resultados erróneos.

Para que los programas funcionen de manera correcta se debe crear una carpeta en el disco "C:/Mis Documentos" del computador con el nombre de "Archivos" en donde debe incluir los siguientes archivos: bdespecial.mdb, DISPOSITIVO.mdb, Schedule.mdb Perdidas.xls.

## BIBLIOGRAFÍA

- POTTER, Merle C “Mecánica de Fluidos” segunda edición, México, Editorial Prentice Hall. 1998.
- FOX, Robert W. “Introducción a la Mecánica de Fluidos” segunda edición, México, Editorial Mc Graw Hill. 1989.
- POPOV, Egor “Introducción a la mecánica de sólidos”, México, Editorial Lumusa. 1976
- PIETERSZ, Frank “Pérdidas por fricción en tuberías debido a la resistencia del flujo de líquidos” 2000.
- PDVSA 90616.1.024 “Manual de Ingeniería de Diseño (Dimensionamiento de tuberías de proceso)” Volumen 13-III, 1994
- ANSI Asme B31.4 “Diseño de componentes de tuberías bajo presión” Capítulo II, Parte II, 1998.
- CRANE: “Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías”, México, Editorial Mc Graw Hill. 1992.



**Anexo 1**  
**Norma ANSI ASME B31.4**  
**Capítulo II**

## CHAPTER II DESIGN

### PART 1 CONDITIONS AND CRITERIA

#### 401 DESIGN CONDITIONS

##### 401.1 General

Paragraph 401 defines the pressures, temperatures, and various forces applicable to the design of piping systems within the scope of this Code. It also takes into account considerations that shall be given to ambient and mechanical influences and various loadings.

##### 401.2 Pressure

**401.2.2 Internal Design Pressure.** The piping component at any point in the piping system shall be designed for an internal design pressure which shall not be less than the maximum steady state operating pressure at that point, or less than the static head pressure at that point with the line in a static condition. The maximum steady state operating pressure shall be the sum of the static head pressure, pressure required to overcome friction losses, and any required back pressure. Credit may be given for hydrostatic external pressure, in the appropriate manner, in modifying the internal design pressure for use in calculations involving the pressure design of piping components (see para. 404.1.3). Pressure rise above maximum steady state operating pressure due to surges and other variations from normal operations is allowed in accordance with para. 402.2.4.

**401.2.3 External Design Pressure.** The piping component shall be designed to withstand the maximum possible differential between external and internal pressures to which the component will be exposed.

##### 401.3 Temperature

**401.3.1 Design Temperature.** The design tempera-

to specifications approved for use under this Code may not have properties suitable for the lower portion of the temperature band covered by this Code. Engineers are cautioned to give attention to the low temperature properties of the materials used for facilities to be exposed to unusually low ground temperatures, low atmospheric temperatures, or transient operating conditions.

##### 401.4 Ambient Influences

**401.4.2 Fluid Expansion Effects.** Provision shall be made in the design either to withstand or to relieve increased pressure caused by the heating of static fluid in a piping component.

##### 401.5 Dynamic Effects

**401.5.1 Impact.** Impact forces caused by either external or internal conditions shall be considered in the design of piping systems.

**401.5.2 Wind.** The effect of wind loading shall be provided for in the design of suspended piping.

**401.5.3 Earthquake.** Consideration in the design shall be given to piping systems located in regions where earthquakes are known to occur.

**401.5.4 Vibration.** Stress resulting from vibration or resonance shall be considered and provided for in accordance with sound engineering practice.

**401.5.5 Subsidence.** Consideration in the design shall be given to piping systems located in regions where subsidence is known to occur.

**401.5.6 Waves and Currents.** The effects of waves and currents shall be provided for in the design of pipelines across waterways.

##### 401.6 Weight Effects

**401.6.1 Live Loads.** Live loads include the weight of the liquid transported and any other extraneous materials such as ice or snow that adhere to the pipe. The impact of wind, waves, and currents are also considered live loads.

**401.6.2 Dead Loads.** Dead loads include the weight of the pipe, components, coating, backfill, and unsupported attachments to the piping.

#### **401.7 Thermal Expansion and Contraction Loads**

Provisions shall be made for the effects of thermal expansion and contraction in all piping systems.

#### **401.8 Relative Movement of Connected Components**

The effect of relative movement of connected components shall be taken into account in design of piping and pipe supporting elements.

### **402 DESIGN CRITERIA**

#### **(98) 402.1 General**

Paragraph 402 pertains to ratings, stress criteria, design allowances, and minimum design values, and formulates the permissible variations to these factors used in the design of piping systems within the scope of this Code.

The design requirements of this Code are adequate for public safety under conditions usually encountered in piping systems within the scope of this Code, including lines within villages, towns, cities, and industrial areas. However, the design engineer shall provide reasonable protection to prevent damage to the pipeline from unusual external conditions which may be encountered in river crossings, inland coastal water areas, bridges, areas of heavy traffic, long self-supported spans, unstable ground, vibration, weight of special attachments, or forces resulting from abnormal thermal conditions. Some of the protective measures which the design engineer may provide are encasing with steel pipe of larger diameter, adding concrete protective coating, increasing the wall thickness, lowering the line to a greater depth, or indicating the presence of the line with additional markers.

#### **402.2 Pressure-Temperature Ratings for Piping**

conform to those stated for 100°F (40°C) in material standards listed in Table 423.1. The nonmetallic trim, packing, seals, and gaskets shall be made of materials which are not injuriously affected by the fluid in the piping system and shall be capable of withstanding the pressures and temperatures to which they will be subjected in service. Low temperatures due to pressure reduction situations, such as blow downs and other events, shall be considered when designing carbon dioxide pipelines.

**402.2.2 Ratings — Components Not Having Specific Ratings.** Piping components not having established pressure ratings may be qualified for use as specified in paras. 404.7 and 423.1(b).

**402.2.3 Normal Operating Conditions.** For normal operation the maximum steady state operating pressure shall not exceed the internal design pressure and pressure ratings for the components used.

**402.2.4 Ratings — Allowance for Variations From Normal Operations.** Surge pressures in a liquid pipeline are produced by a change in the velocity of the moving stream that results from shutting down of a pump station or pumping unit, closing of a valve, or blockage of the moving stream.

Surge pressure attenuates (decreases in intensity) as it moves away from its point of origin.

Surge calculations shall be made, and adequate controls and protective equipment shall be provided, so that the level of pressure rise due to surges and other variations from normal operations shall not exceed the internal design pressure at any point in the piping system and equipment by more than 10%.

**402.2.5 Ratings — Considerations for Different Pressure Conditions.** When two lines that operate at different pressure conditions are connected, the valve segregating the two lines shall be rated for the more severe service condition. When a line is connected to a piece of equipment which operates at a higher pressure condition than that of the line, the valve segregating the line from the equipment shall be rated for at least

### 402.3 Allowable Stresses and Other Stress Limits

#### 402.3.1 Allowable Stress Values

(a) The allowable stress value  $S$  to be used for design calculations in para. 404.1.2 for new pipe of known specification shall be established as follows:

$$S = 0.72 \times E \times \text{specified minimum yield strength of the pipe, psi (MPa)}$$

where

0.72 = design factor based on nominal wall thickness. In setting design factor, due consideration has been given to and allowance has been made for the underthickness tolerance and maximum allowable depth of imperfections provided for in the specifications approved by the Code.

$E$  = weld joint factor (see para. 402.4.3 and Table 402.4.3)

Table 402.3.1(a) is a tabulation of examples of allowable stresses for reference use in transportation piping systems within the scope of this Code.

(b) The allowable stress value  $S$  to be used for design calculations in para. 404.1.2 for used (reclaimed) pipe of known specification shall be in accordance with (a) above and limitations in para. 405.2.1(b).

(c) The allowable stress value  $S$  to be used for design calculations in para. 404.1.2 for new or used (reclaimed) pipe of unknown or ASTM A 120 specification shall be established in accordance with the following and limitations in para. 405.2.1(c).

$S$  =  $0.72 \times E \times$  minimum yield strength of the pipe, psi (MPa) [24,000 psi (165 MPa)] or yield strength determined in accordance with paras. 437.6.6 and 437.6.7]

where

0.72 = design factor based on nominal wall thickness. In setting design factor, due consideration has been given to and allowance has been made for the underthickness tolerance and maximum allowable depth of imperfections provided for in the specifications approved by the Code.

$E$  = weld joint factor (see Table 402.4.3)

(d) The allowable stress value  $S$  to be used for

the applicable allowable stress value as determined by para. 402.3.1(a), (b), or (c).

(e) Allowable stress values in shear shall not exceed 45% of the specified minimum yield strength of the pipe, and allowable stress values in bearing shall not exceed 90% of the specified minimum yield strength of the pipe.

(f) Allowable tensile and compressive stress values for materials used in structural supports and restraints shall not exceed 66% of the specified minimum yield strength. Allowable stress values in shear and bearing shall not exceed 45% and 90% of the specified minimum yield strength, respectively. Steel materials of unknown specifications may be used for structural supports and restraints, provided a yield strength of 24,000 psi (165 MPa) or less is used.

(g) In no case where the Code refers to the specified minimum value of a physical property shall a higher value of the property be used in establishing the allowable stress value.

#### 402.3.2 Limits of Calculated Stresses Due to Sustained Loads and Thermal Expansion

(a) *Internal Pressure Stresses.* The calculated stresses due to internal pressure shall not exceed the applicable allowable stress value  $S$  determined by para. 402.3.1 (a), (b), (c), or (d) except as permitted by other subparagraphs of para. 402.3.

(b) *External Pressure Stresses.* Stresses due to external pressure shall be considered safe when the wall thickness of the piping components meets the requirements of paras. 403 and 404.

(c) *Allowable Expansion Stresses.* The allowable stress values for the equivalent tensile stress in para. 419.6.4(b) for restrained lines shall not exceed 90% of the specified minimum yield strength of the pipe. The allowable stress range  $S_A$  in para. 419.6.4(c) for unrestrained lines shall not exceed 72% of the specified minimum yield strength of the pipe.

(d) *Additive Longitudinal Stresses.* The sum of the longitudinal stresses due to pressure, weight, and other sustained external loadings [see para. 419.6.4(c)] shall not exceed 75% of the allowable stress value specified for  $S_A$  in (c) above.

#### 402.3.3 Limits of Calculated Stresses Due to Occasional Loads

Table 402.3.1(e)

**TABLE 402.3.1(a)**  
**TABULATION OF EXAMPLES OF ALLOWABLE STRESSES FOR REFERENCE USE IN PIPING**  
**SYSTEMS WITHIN THE SCOPE OF THIS CODE**

Specification	Grade	Specified Min. Yield Strength, psi (MPa)	Weld Joint Factor <i>E</i>	Allowable Stress Value <i>S</i> , -20°F to 250°F (-30°C to 120°C), psi (MPa)
<b>Seamless</b>				
API 5L	A25	25,000 (172)	1.00	18,000 (124)
API 5L, ASTM A 53, ASTM A 106	A	30,000 (207)	1.00	21,600 (149)
API 5L, ASTM A 53, ASTM A 106	B	35,000 (241)	1.00	25,200 (174)
API 5LU	U80	80,000 (551)	1.00	57,600 (397)
API 5LU	U100	100,000 (689)	1.00	72,000 (496)
API 5L	X42	42,000 (289)	1.00	30,250 (208)
API 5L	X46	46,000 (317)	1.00	33,100 (228)
API 5L	X52	52,000 (358)	1.00	37,450 (258)
API 5L	X56	56,000 (386)	1.00	40,300 (278)
API 5L	X60	60,000 (413)	1.00	43,200 (298)
API 5L	X65	65,000 (448)	1.00	46,800 (323)
API 5L	X70	70,000 (482)	1.00	50,400 (347)
ASTM A 106	C	40,000 (278)	1.00	28,800 (199)
ASTM A 333	6	35,000 (241)	1.00	25,000 (174)
ASTM A 524	I	35,000 (241)	1.00	25,200 (174)
ASTM A 524	H	30,000 (207)	1.00	21,600 (149)
<b>Furnace Butt Welded, Continuous Welded</b>				
ASTM A 53	...	25,000 (172)	0.60	10,800 (74)
API 5L Classes I and II	A25	25,000 (172)	0.60	10,800 (74)
<b>Electric Resistance Welded and Electric Flash Welded</b>				
API 5L	A25	25,000 (172)	1.00	18,000 (124)
API 5L, ASTM A 53, ASTM A 135	A	30,000 (207)	1.00	21,600 (149)
API 5L, ASTM A 53, ASTM A 135	B	35,000 (241)	1.00	25,200 (174)
API 5L	X42	42,000 (289)	1.00	30,250 (208)
API 5L	X46	46,000 (317)	1.00	33,100 (228)
API 5L	X52	52,000 (358)	1.00	37,450 (258)
API 5L	X56	56,000 (386)	1.00	40,300 (278)
API 5L	X60	60,000 (413)	1.00	43,200 (297)
API 5L	X65	65,000 (448)	1.00	46,800 (323)
API 5L	X70	70,000 (482)	1.00	50,400 (347)
API 5LU	U80	80,000 (551)	1.00	57,600 (397)
API 5LU	U100	100,000 (689)	1.00	72,000 (496)

TABLE 402.3.1(a) (CONT'D)  
 TABULATION OF EXAMPLES OF ALLOWABLE STRESSES FOR REFERENCE USE IN PIPING  
 SYSTEMS WITHIN THE SCOPE OF THIS CODE

Specification	Grade	Specified Min. Yield Strength, psi (MPa)	Weld Joint Factor <i>E</i>	Allowable Stress Value <i>S</i> -20°F to 250°F (-30°C to 120°C), psi (MPa)
<b>Electric Fusion Welded</b>				
ASTM A 134	...	...	0.80	...
ASTM A 139	A	30,000 (207)	0.80	17,300 (119)
ASTM A 139	B	35,000 (241)	0.80	20,150 (139)
ASTM A 671	...	Note (1)	1.00 [Notes (2), (3)]	...
ASTM A 671	...	Note (1)	0.70 [Note (4)]	...
ASTM A 672	...	Note (1)	1.00 [Notes (2), (3)]	...
ASTM A 672	...	Note (1)	0.80 [Note (4)]	...
<b>Submerged Arc Welded</b>				
API 5L	A	30,000 (207)	1.00	21,600 (149)
API 5L	B	35,000 (241)	1.00	25,200 (174)
API 5L	X42	42,000 (289)	1.00	30,250 (208)
API 5L	X46	46,000 (317)	1.00	33,100 (228)
API 5L	X52	52,000 (358)	1.00	37,450 (258)
API 5L	X56	56,000 (386)	1.00	40,300 (278)
API 5L	X60	60,000 (413)	1.00	43,200 (298)
API 5L	X65	65,000 (448)	1.00	46,800 (323)
API 5L	X70	70,000 (482)	1.00	50,400 (347)
API 5LU	U80	80,000 (551)	1.00	57,600 (397)
API 5LU	U100	100,000 (689)	1.00	72,000 (496)
ASTM A 381	Y35	35,000 (241)	1.00	25,200 (174)
ASTM A 381	Y42	42,000 (290)	1.00	30,250 (209)
ASTM A 381	Y46	46,000 (317)	1.00	33,100 (228)
ASTM A 381	Y48	48,000 (331)	1.00	34,550 (238)
ASTM A 381	Y50	50,000 (345)	1.00	36,000 (248)
ASTM A 381	Y52	52,000 (358)	1.00	37,450 (258)
ASTM A 381	Y60	60,000 (413)	1.00	43,200 (298)
ASTM A 381	Y65	65,000 (448)	1.00	46,800 (323)

## GENERAL NOTES:

- (a) Allowable stress values *S* shown in this Table are equal to  $0.72E$  (weld joint factor)  $\times$  specified minimum yield strength of the pipe.  
 (b) Allowable stress values shown are for new pipe of known specification. Allowable stress values for new pipe of unknown specification, ASTM A 120 specification, or used (reclaimed) pipe shall be determined in accordance with para. 402.3.1.  
 (c) For some Code computations, particularly with regard to branch connections [see para. 404.3.1(d)(3)] and expansion, flexibility, structural attachments, supports, and restraints (Chapter 11, Part 5), the weld joint factor *E* need not be considered.  
 (d) For specified minimum yield strength of other grades in approved specifications, refer to that particular specification.  
 (e) Allowable stress value for cold worked pipe subsequently heated to 600°F (300°C) or higher (welding excepted) shall be 75% of the value listed in Table.  
 (f) Definitions for the various types of pipe are given in para. 400.2.  
 (g) Metric stress levels are given in MPa (1 megapascal = 1 million pascals).

yield strength of the pipe. It is not necessary to consider wind and earthquake as occurring concurrently.

(b) *Test*. Stresses due to test conditions are not subject to the limitations of para. 402.3. It is not necessary to consider other occasional loads, such as wind and earthquake, as occurring concurrently with the live, dead, and test loads existing at the time of test.

#### 402.4 Allowances

**402.4.1 Corrosion.** A wall thickness allowance for corrosion is not required if pipe and components are protected against corrosion in accordance with the requirements and procedures prescribed in Chapter VIII.

**402.4.2 Threading and Grooving.** An allowance for thread or groove depth in inches (mm) shall be included in  $A$  of the equation under para. 404.1.1 when threaded or grooved pipe is allowed by this Code (see para. 414).

**402.4.3 Weld Joint Factors.** Longitudinal or spiral weld joint factors  $E$  for various types of pipe are listed in Table 402.4.3.

**402.4.5 Wall Thickness and Defect Tolerances.** Wall thickness tolerances and defect tolerances for pipe shall be as specified in applicable pipe specifications or dimensional standards included in this Code by reference in Appendix A.

#### 402.5 Fracture Propagation in Carbon Dioxide Pipelines

**402.5.1 Design Considerations.** The possibility of brittle and ductile propagating fractures shall be considered in the design of carbon dioxide pipelines. The design engineer shall provide reasonable protection to limit the occurrence and the length of fractures throughout the pipeline with special consideration at river crossings, road crossings, and other appropriate areas or intervals.

**402.5.2 Brittle Fractures.** Brittle fracture propagation shall be prevented by selection of a pipe steel which fractures in a ductile manner at operating temperatures. API 5L supplementary requirements or similar specifications shall be used for testing requirements to ensure the proper pipe steel selection.

**402.5.3 Ductile Fractures.** Ductile fracture propagation shall be minimized by the selection of a pipe

operating temperature, and the decompression characteristics of carbon dioxide and its associated impurities.

## PART 2 PRESSURE DESIGN OF PIPING COMPONENTS

### 403 CRITERIA FOR PRESSURE DESIGN OF PIPING COMPONENTS

The design of piping components, considering the effects of pressure, shall be in accordance with para. 404. In addition, the design shall provide for dynamic and weight effects included in para. 401 and design criteria in para. 402.

### 404 PRESSURE DESIGN OF COMPONENTS

#### 404.1 Straight Pipe

##### 404.1.1 General

(a) The *nominal* wall thickness of straight sections of steel pipe shall be equal to or greater than  $t_n$  determined in accordance with the following equation.

$$t_n = t + A$$

(b) The notations described below are used in the equations for the pressure design for straight pipe.

$t_n$  = nominal wall thickness satisfying requirements for pressure and allowances

$t$  = pressure design wall thickness as calculated in inches (mm) in accordance with para.

404.1.2 for internal pressure. As noted under para. 402.3.1 or para. A402.3.5, as applicable, in setting design factor, due consideration has been given to and allowance has been made for the underthickness tolerance and maximum allowable depth of imperfections provided for in the specifications approved by the Code.  $A$  = sum of allowances for threading and grooving as required under para. 402.4.2, corrosion as required under para. 402.4.1, and increase in wall thickness if used as protective measure under para. 402.1.

$P_i$  = internal design gage pressure (see para. 401.2.2), psi (bar)

TABLE 402.4.3  
WELD JOINT FACTOR E

Specification No.	Pipe Type [Note (1)]	Weld Joint Factor E
ASTM A 53	Seamless	1.00
	Electric resistance welded	1.00
	Furnace butt welded	0.60
ASTM A 106	Seamless	1.00
	Electric fusion (arc) welded	0.80
ASTM A 134	Electric resistance welded	1.00
ASTM A 135	Electric fusion (arc) welded	0.80
ASTM A 333	Seamless	1.00
	Electric resistance weld	1.00
ASTM A 381	Double submerged arc welded	1.00
ASTM A 671	Electric fusion welded	1.00 [Notes (2), (3)] 0.80 [Note (4)]
ASTM A 672	Electric fusion welded	1.00 [Notes (2), (3)] 0.80 [Note (4)]
API 5L	Seamless	1.00
	Electric resistance welded	1.00
	Electric induction welded	1.00
	Submerged arc welded	1.00
	Furnace butt welded, continuous welded	0.60
API 5LU	Seamless	1.00
	Electric resistance welded	1.00
	Electric induction welded	1.00
	Submerged arc welded	1.00
Known	Known	Note (5)
	Unknown	1.00 [Note (6)]
	Unknown	0.80 [Note (6)]
	Unknown	0.80 [Note (7)] 0.60 [Note (8)]

## NOTES:

- (1) Definitions for the various pipe types (weld joints) are given in para. 400.2.
- (2) Factor applies for Classes 12, 22, 32, 42, and 52 only.
- (3) Radiography must be performed after heat treatment.
- (4) Factor applies for Classes 13, 23, 33, 43, and 53 only.
- (5) Factors shown above apply for new or used (reclaimed) pipe if pipe specification and pipe type are known.
- (6) Factor applies for new or used pipe of unknown specification and ASTM A 120 if type of weld joint is known.
- (7) Factor applies for new or used pipe of unknown specification and ASTM A 120 or for pipe over NPS 4 if type of joint is unknown.
- (8) Factor applies for new or used pipe of unknown specification and ASTM A 120 or for pipe NPS 4 and



**404.1.2 Straight Pipe Under Internal Pressure.**

The internal pressure design wall thickness  $t$  of steel pipe shall be calculated by the following equation.

$$t = \frac{P D}{2 S} \quad \left( t = \frac{P D}{20 S} \right)$$

**404.1.3 Straight Pipe Under External Pressure.**

Pipelines within the scope of this Code may be subject to conditions during construction and operation where the external pressure exceeds the internal pressure (vacuum within the pipe or pressure outside the pipe when submerged). The pipe wall selected shall provide adequate strength to prevent collapse, taking into consideration mechanical properties, variations in wall thickness permitted by material specifications, ellipticity (out-of-roundness), bending stresses, and external loads (see para. 401.2.2).

**404.2 Curved Segments of Pipe**

Changes in direction may be made by bending the pipe in accordance with para. 406.2.1 or installing factory made bends or elbows, in accordance with para. 406.2.3.

**404.2.1 Pipe Bends.** The wall thickness of pipe before bending shall be determined as for straight pipe in accordance with para. 404.1. Bends shall meet the flattening limitations of para. 434.7.1.

**(98) 404.2.2 Elbows**

(a) The minimum metal thickness of flanged or threaded elbows shall not be less than specified for the pressures and temperatures in the applicable American National Standard or the MSS Standard Practice.

(b) Steel butt welding elbows shall comply with ASME B16.9, ASME B16.28, or MSS SP-75 and shall have pressure and temperature ratings based on the same stress values as were used in establishing the pressure and temperature limitations for pipe of the same or equivalent materials.

**404.3 Intersections**

**404.3.1 Branch Connections.** Branch connections may be made by means of tees, crosses, integrally reinforced extruded outlet headers, or welded connections, and shall be designed in accordance with the

for the pressures and temperatures in the applicable American National Standard or the MSS Standard Practice.

(2) Steel butt welding tees and crosses shall comply with ASME B16.9 or MSS SP-75 and shall have pressure and temperature ratings based on the same stress values as were used in establishing the pressure and temperature limitations for pipe of the same or equivalent material.

(3) Steel butt welding tees and crosses may be used for all ratios of branch diameter to header diameter and all ratios of design hoop stress to specified minimum yield strength of the adjoining header and branch pipe, provided they comply with (2) above.

**(b) Integrally Reinforced Extruded Outlet Headers**

(1) Integrally reinforced extruded outlet headers may be used for all ratios of branch diameter to header diameter and all ratios of design hoop stress to specified minimum yield strength of the joining header and branch pipe, provided they comply with (2) through (8) immediately following.

(2) When the design meets the limitations on geometry contained herein, the rules established arc valid and meet the intent of the Code. These rules cover minimum requirements and are selected to assure satisfactory performance of extruded headers subjected to pressure. In addition, however, forces and moments are usually applied to the branch by such agencies as thermal expansion and contraction, by vibration, by dead weight of piping, valves and fittings, covering and contents, and by earth settlement. Consideration shall be given to the design of extruded header to withstand these forces and moments.

**(3) Definition**

(a) An *extruded outlet header* is defined as a header in which the extruded lip at the outlet has a height above the surface of the header which is equal to or greater than the radius of curvature of the external contoured portion of the outlet, i.e.,  $h_o \geq r_o$ . See nomenclature and Fig. 404.3.1(b)(3).

(b) These rules do not apply to any nozzle in which additional nonintegral material is applied in the form of rings, pads, or saddles.

(c) These rules apply only to cases where the axis of the outlet intersects and is perpendicular to the axis of the header.

(4) *Notation.* The notation used herein is illustrated











**Anexo 2**  
**Librería de Símbolos creados**

# MANUAL INSTRUCTIVO PARA LA REALIZACIÓN DE ISOMÉTRICOS EN SMARTSKETCH

Este pequeño manual tiene por finalidad facilitar el proceso de crear Isométricos de Tuberías, utilizando como herramienta de diseño, el programa SmartSketch, el cual es una herramienta Cad en 2D, y cumple de manera satisfactoria con los requisitos exigidos para su realización.

Los pasos mas importantes para realizar los Isométricos son los siguientes:

- Abrir la aplicación SmartSketch.
- Abrir nuevo documento, para ello dirigirse al menú “File” y elegir “Open” o dirigirse directamente a las barras de herramientas.
- Luego se elige el tipo de “Template” que va a ser utilizado, el cual dependerá del proyecto en el que se este trabajando
- Como cualquier aplicación de Microsoft, usted puede agregar o quitar barras de herramientas de manera tal que la manera de trabajar le sea mas comoda.
- Para unir los distintos símbolos que contienen los Isométricos, existe una Librería la cual tiene dichos símbolos los cuales están creados de manera tal contienen puntos de unión para unir uno con otro.
- La manera de unir un símbolo junto con otro es la siguiente:



1. En la ventana “Symbol Explorer” se encontrarán los símbolos a utilizar, dichos símbolos están separados por carpetas para que sea más fácil su localización.
2. Luego de escoger el símbolo a utilizar, existen dos formas de llevar el símbolo a la hoja de trabajo:
  - 2.1 Haciendo clic en el botón izquierdo del mouse y luego soltarlo “botón derecho si esta configurado para usuarios zurdos” y luego arrastrarlo a la hoja de trabajo. De esta manera se evita correr el programa que adjudicará las características a dicho símbolo.
  - 2.2 Haciendo clic en el botón izquierdo del mouse y no soltarlo “botón derecho si esta configurado para usuarios zurdos” y luego arrastrarlo a la hoja de trabajo cuando el símbolo esté en la hoja de trabajo, soltar el botón del mouse. Al realizarlo de esta manera, se ejecuta el programa que adjudica las características al símbolo en cuestión.
3. Los símbolos vienen con una dirección y punto de conexión predeterminados, pero pueden ser modificados a conveniencia utilizando las teclas siguientes:
  - 3.1 ←→ para cambiar rotar el símbolo.
  - 3.2 ↑↓ para cambiar el punto de conexión.
4. Los símbolos tienen la capacidad de utilizar un espejo, el cual cambia también la dirección de los símbolos, puede ser utilizado de

dos formas, una que tiene el símbolo en sí, y otra que se encuentra ubicada en las barras de herramientas

Nota: si se desea que se ejecute el programa de adjudicación de datos, y el símbolo ya se encuentra ubicado en la hoja trabajo, dicho programa se ejecutará haciendo doble clic en el botón izquierdo del mouse sobre el símbolo al cual se le quiere adjudicar sus características.

5. Existen símbolos que tienen diferentes formas (como por ejemplo las válvulas) y que pueden ser seleccionadas haciendo clic en el botón derecho del mouse, y en la barra de herramientas que aparece están las diferentes posiciones, diferenciadas una de otra por la manera de la terminación del nombre, que son números simplemente, haciendo clic en cualquiera de ellas el símbolo es automáticamente cambiado.

**Anexo 3**

**MANUAL INSTRUCTIVO PARA LA REALIZACIÓN DE ISOMÉTRICOS EN  
SMARTSKETCH**

	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	30	36	40	42	48	
Nominal Outside Diameter	0.84	1.05	1.32	1.66	1.90	2.38	2.88	3.50	4.00	4.50	5.56	6.63	8.63	10.75	12.75	14.00	16.00	18.00	20.00	22.00	24.00	26.00	30.00	36.00	40.00	42.00	48.00	
Sched10	0.08	0.08	0.11	0.11	0.11	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12	0.13	0.13	0.15	0.17	0.18	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.31	0.31				
Sched20													0.25	0.25	0.25	0.31	0.31	0.31	0.38		0.38		0.50	0.50				
Sched30													0.28	0.31	0.33	0.38	0.38	0.44	0.50		0.56		0.63	0.63				
STD	0.11	0.11	0.13	0.14	0.15	0.15	0.20	0.22	0.23	0.24	0.26	0.28	0.32	0.37	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
Sched40	0.11	0.11	0.13	0.14	0.15	0.15	0.20	0.22	0.23	0.24	0.26	0.28	0.32	0.37	0.41	0.44	0.50	0.56	0.59		0.69			0.75				
Sched60													0.41	0.50	0.56	0.59	0.66	0.75	0.81		0.87							
XS	0.15	0.15	0.18	0.19	0.20	0.22	0.28	0.30	0.32	0.34	0.38	0.43	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Sched80	0.15	0.15	0.18	0.19	0.20	0.22	0.28	0.30	0.32	0.34	0.38	0.43	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Sched100													0.59	0.72	0.84	0.94	1.03	1.16	1.28		1.53							
Sched120										0.44	0.50	0.56	0.72	0.84	1.00	1.09	1.22	1.38	1.50		1.81							
Sched140													0.81	1.00	1.13	1.25	1.44	1.56	1.75		2.06							
Sched160	0.19	0.22	0.25	0.25	0.28	0.34	0.38	0.44	0.00	0.53	0.63	0.72	0.91	1.13	1.31	1.41	1.59	1.78	1.97		2.34							
XXS	0.29	0.31	0.36	0.38	0.40	0.44	0.55	0.60	0.64	0.67	0.75	0.86	0.88	1.00	1.00													

Tabla #A.1

Tabla de Velocidades típicas de líquidos en tuberías de acero (KERN)

VELOCIDADES TÍPICAS DE LÍQUIDOS EN TUBERÍAS DE ACERO (KERN)			
LÍQUIDO Y LÍNEA	DIAMETRO NOMINAL DE TUBERÍA (pulgadas)		
	2 o menor	3 a 10	10 a 20
	Velocidad pie/seg	Velocidad pie/seg	Velocidad pie/seg
<b>AGUA</b>			
Succión de bomba	1 a 2	2 a 4	3 a 6
Descarga de bomba (larga)	2 a 3	3 a 5	4 a 6
Conexiones de descarga (corta)	4 a 9	5 a 12	8 a 14
Drenajes	4 a 9	5 a 12	8 a 14
Alimentación de caldera	3 a 4	3 a 5	-
Aguas negras inclinadas	-	3 a 5	-
<b>HIDROCARBUROS LÍQUIDOS (Viscosidades normales)</b>			
Succión de bomba	1,5 a 2,5	2 a 4	3 a 6
Cabezal de descarga (largo)	2,5 a 3,5	3 a 5	4 a 7
Conexiones de descarga (corta)	4 a 9	5 a 12	8 a 15
Drenajes	3 a 4	3 a 5	-
<b>HIDROCARBUROS VISCOSOS (Viscosidad mediana)</b>			
Succión de bomba	-	1,5 a 3	2,5 a 5
Alquitrán y aceites combustibles	-	0,4 a 0,75	0,5 a 1
Descarga (corta)	-	3 a 5	4 a 6
Drenajes	1	1,5 a 3	-

Tabla de Base de Datos de Otepipe (Parte)

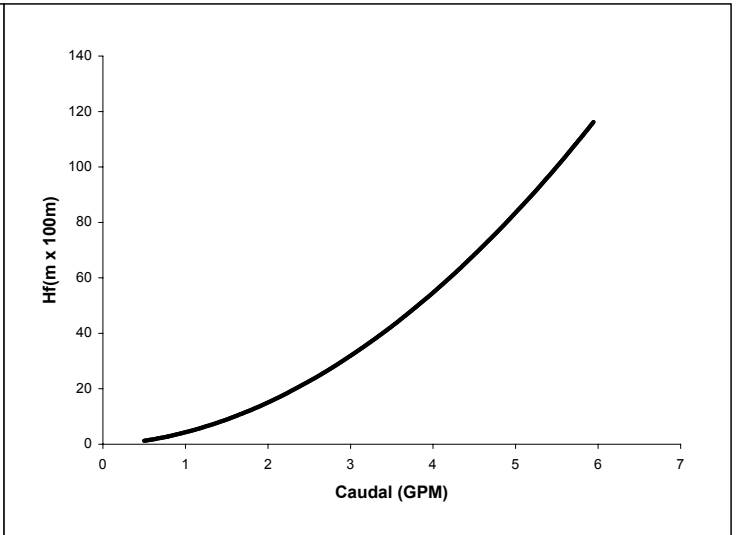
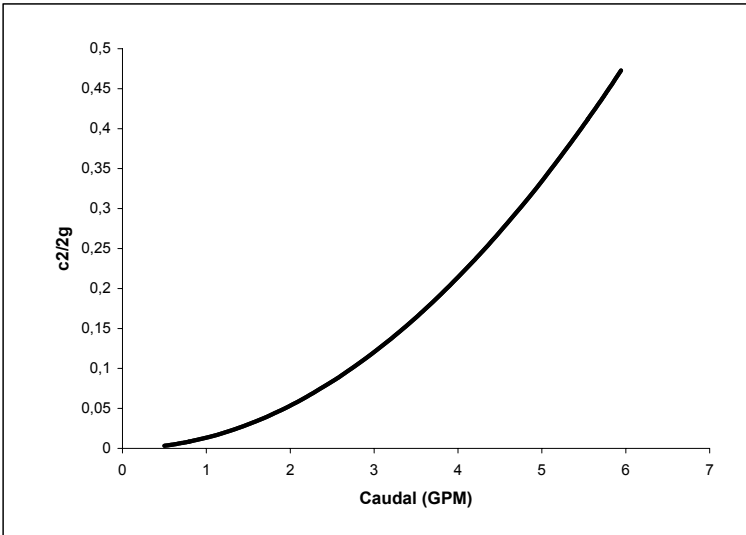
CLASE	CODIGOMATERIAL	DESCRIPCION	DESCRIPCIONINGLES	DIAMETRO	ID	CODIGOCOMPRA	TIPOMAT	UNIDAD	PESO
LASMO AF2Z	BC-NA-01-AE-02-04-NA-NA	BRIDA CIEGA 1", ASTM A 105, 150 #, FF	BLIND FLANGE 1", ASTM A 105, 150 #, FF	01	BCNA	024290-8		1100 Und.	0.9
LASMO AA2Z	BC-NA-01-AE-02-04-NA-NA	BRIDA CIEGA 1", ASTM A 105, 150 #, FF	BLIND FLANGE 1", ASTM A 105, 150 #, FF	01	BCNA	024290-8		1100 Und.	0.9
LASMO AF2	BC-NA-01-AE-02-06-NA-NA	BRIDA CIEGA 1", ASTM A 105, 150 #, RF	BLIND FLANGE 1", ASTM A 105, 150 #, RF	01	BCNA			1100 Und.	0.9
LASMO DB5Z	BC-NA-01-AY-07-08-NA-NA	BRIDA CIEGA 1", ASTM A 350 GR LF2, 600 #, RTJ	BLIND FLANGE 1", ASTM A 350 GR LF2, 600 #, RTJ	01	BCNA			1100 Und.	1.8
LASMO AF2	BC-NA-02-AE-02-04-NA-NA	BRIDA CIEGA 2", ASTM A 105, 150 #, FF	BLIND FLANGE 2", ASTM A 105, 150 #, FF	02	BCNA	008288-1		1100 Und.	2.3
LASMO AA2Z	BC-NA-02-AE-02-04-NA-NA	BRIDA CIEGA 2", ASTM A 105, 150 #, FF	BLIND FLANGE 2", ASTM A 105, 150 #, FF	02	BCNA	008288-1		1100 Und.	2.3
LASMO AF2Z	BC-NA-02-AE-02-04-NA-NA	BRIDA CIEGA 2", ASTM A 105, 150 #, FF	BLIND FLANGE 2", ASTM A 105, 150 #, FF	02	BCNA	008288-1		1100 Und.	2.3
LASMO AU2Z	BC-NA-02-AE-02-04-NA-NA	BRIDA CIEGA 2", ASTM A 105, 150 #, FF	BLIND FLANGE 2", ASTM A 105, 150 #, FF	02	BCNA	008288-1		1100 Und.	2.3
LASMO BA5Z	BC-NA-02-AE-05-06-NA-NA	BRIDA CIEGA 2", ASTM A 105, 300 #, RF	BLIND FLANGE 2", ASTM A 105, 300 #, RF	02	BCNA	025152-3		1100 Und.	3.6
LASMO DA5Z	BC-NA-02-AE-06-08-NA-NA	BRIDA CIEGA 2", ASTM A 105, 400 #, RTJ	BLIND FLANGE 2", ASTM A 105, 400 #, RTJ	02	BCNA	025017-7		1100 Und.	4.5
EL PALITO BB	BO-SW-01-AE-05-06-NA-NA	BRIDA ORIFICIO SW 1", ASTM A 105, 300 #, RF	ORIFICE FLANGE SW 1", ASTM A 105, 300 #, RF	01	BOSW			1300 Und.	3
BD3	BO-SW-02-AE-05-06-NA-NA	BRIDA ORIFICIO SW 2", ASTM A 105, 300 #, RF	ORIFICE FLANGE SW 2", ASTM A 105, 300 #, RF	02	BOSW			1300 Und.	5.5
EL PALITO LC	BR-RC-01-AE-02-04-NA-NA	BRIDA ROSCADA (NPT) 1", ASTM A 105, 150 #, FF	FLANGE THREADED (NPT) 1", ASTM A 105, 150 #, FF	01	BRRC	023747-7		1000 Und.	0.9
LASMO AF2Z	BR-RC-01-AE-02-04-NA-NA	BRIDA ROSCADA (NPT) 1", ASTM A 105, 150 #, FF	FLANGE THREADED (NPT) 1", ASTM A 105, 150 #, FF	01	BRRC	023747-7		1000 Und.	0.9
LASMO AA2Z	BR-RC-01-AE-02-04-NA-NA	BRIDA ROSCADA (NPT) 1", ASTM A 105, 150 #, FF	FLANGE THREADED (NPT) 1", ASTM A 105, 150 #, FF	01	BRRC	023747-7		1000 Und.	0.9
LASMO AF2Z	BR-RC-01-AE-05-06-NA-NA	BRIDA ROSCADA 1", ASTM A 105, 300 #, RF	FLANGE THREADED 1", ASTM A 105, 300 #, RF	01	BRRC	024287-4		1000 Und.	0.9
EL PALITO LC	BR-RC-02-AE-02-04-NA-NA	BRIDA ROSCADA (NPT) 2", ASTM A 105, 150 #, FF	FLANGE THREADED (NPT) 2", ASTM A 105, 150 #, FF	02	BRRC	009119-8		1000 Und.	2.3
LASMO BRIDLES	BR-RC-02-AE-02-06-NA-NA	BRIDA ROSCADA 2", ASTM A 105, 150 #, RF	FLANGE THREADED 2", ASTM A 105, 150 #, RF	02	BRRC	021089-7		1000 Und.	2.3
LASMO BRIDLES	BR-RC-02-AE-05-06-NA-NA	BRIDA ROSCADA 2", ASTM A 105, 300 #, RF	FLANGE THREADED 2", ASTM A 105, 300 #, RF	02	BRRC	023541-4		1000 Und.	2.3
LASMO AF2Z	BR-RC-02-AE-05-06-NA-NA	BRIDA ROSCADA 2", ASTM A 105, 300 #, RF	FLANGE THREADED 2", ASTM A 105, 300 #, RF	02	BRRC	023541-4		1000 Und.	2.3
LASMO AF2Z	BR-RC-03-AE-02-06-NA-NA	BRIDA ROSCADA 3", ASTM A 105, 150 #, RF	FLANGE THREADED 3", ASTM A 105, 150 #, RF	03	BRRC			1000 Und.	4.2
EL PALITO LC	BR-RC-1½-AE-02-04-NA-NA	BRIDA ROSCADA (NPT) 1 ½", ASTM A 105, 150 #, FF	FLANGE THREADED (NPT) 1 ½", ASTM A 105, 150 #, FF	1½	BRRC	022935-5		1000 Und.	1.5
LASMO AA5Z	BR-SW-01-AE-02-06-NA-NA	BRIDA SW 1", ASTM A 105, 150 #, RF	FLANGE SW 1", ASTM A 105, 150 #, RF	01	BRWSW	001051-2		1000 Und.	0.9
EL PALITO AF	BR-SW-01-AE-02-06-NA-NA	BRIDA SW 1", ASTM A 105, 150 #, RF	FLANGE SW 1", ASTM A 105, 150 #, RF	01	BRWSW	001051-2		1000 Und.	0.9
LASMO AB5Z	BR-SW-01-AY-02-06-NA-NA	BRIDA SW 1", ASTM A 350 GR LF2, 150 #, RF	FLANGE SW 1", ASTM A 350 GR LF2, 150 #, RF	01	BRWSW	022937-7		1000 Und.	1
LASMO DB5Z	BR-SW-01-AY-07-08-NA-NA	BRIDA SW 1", ASTM A 350 GR LF2, 600 #, RTJ	FLANGE SW 1", ASTM A 350 GR LF2, 600 #, RTJ	01	BRWSW			1000 Und.	1.8
EL PALITO RE	BR-SW-01-CI-02-06-NA-NA	BRIDA SW 1", ASTM A 182 GR F316L, 150 #, RF	FLANGE SW 1", ASTM A 182 GR F316L, 150 #, RF	01	BRWSW	029378-7		1000 Und.	0
EL PALITO BH2	BR-SW-01-SP-05-06-NA-NA	BRIDA SW 1", ASTM A 182 GR F5, 300 #, RF	FLANGE SW 1", ASTM A 182 GR F5, 300 #, RF	01	BRWSW	026989-6		1000 Und.	1.4
LASMO AA2Z	BR-SW-02-AE-02-04-NA-NA	BRIDA SW 2", ASTM A 105, 150 #, FF	FLANGE SW 2", ASTM A 105, 150 #, FF	02	BRWSW	010881-4		1000 Und.	2.3
LASMO AU2Z	BR-SW-02-AE-02-04-NA-NA	BRIDA SW 2", ASTM A 105, 150 #, FF	FLANGE SW 2", ASTM A 105, 150 #, FF	02	BRWSW	010881-4		1000 Und.	2.3
J1618	BR-SW-02-AE-02-06-NA-NA	BRIDA SW 2", ASTM A 105, 150 #, RF	FLANGE SW 2", ASTM A 105, 150 #, RF	02	BRWSW	010840-5		1000 Und.	2.3
EL PALITO A	BR-SW-02-AE-02-06-NA-NA	BRIDA SW 2", ASTM A 105, 150 #, RF	FLANGE SW 2", ASTM A 105, 150 #, RF	02	BRWSW	010840-5		1000 Und.	2.3
LASMO BRIDLES	BR-SW-02-AE-02-06-NA-NA	BRIDA SW 2", ASTM A 105, 150 #, RF	FLANGE SW 2", ASTM A 105, 150 #, RF	02	BRWSW	010840-5		1000 Und.	2.3
SNEA AK	BR-SW-02-AE-02-06-NA-NA	BRIDA SW 2", ASTM A 105, 150 #, RF	FLANGE SW 2", ASTM A 105, 150 #, RF	02	BRWSW	010840-5		1000 Und.	2.3
LASMO AM0Z	BR-SW-02-AE-02-06-NA-NA	BRIDA SW 2", ASTM A 105, 150 #, RF	FLANGE SW 2", ASTM A 105, 150 #, RF	02	BRWSW	010840-5		1000 Und.	2.3
LASMO AA5	BR-SW-02-AE-02-06-NA-NA	BRIDA SW 2", ASTM A 105, 150 #, RF	FLANGE SW 2", ASTM A 105, 150 #, RF	02	BRWSW	010840-5		1000 Und.	2.3
AA5A	BR-SW-02-AE-02-06-NA-NA	BRIDA SW 2", ASTM A 105, 150 #, RF	FLANGE SW 2", ASTM A 105, 150 #, RF	02	BRWSW	010840-5		1000 Und.	2.3
LASMO AA5Z	BR-SW-02-AE-02-06-NA-NA	BRIDA SW 2", ASTM A 105, 150 #, RF	FLANGE SW 2", ASTM A 105, 150 #, RF	02	BRWSW	010840-5		1000 Und.	2.3
EL PALITO AR	BR-SW-02-AE-02-06-NA-NA	BRIDA SW 2", ASTM A 105, 150 #, RF	FLANGE SW 2", ASTM A 105, 150 #, RF	02	BRWSW	010840-5		1000 Und.	2.3
LASMO AB5	BR-SW-02-AY-07-08-NA-NA	BRIDA SW 2", ASTM A 350 GR LF2, 600 #, RTJ	FLANGE SW 2", ASTM A 350 GR LF2, 600 #, RTJ	02	BRWSW			1000 Und.	4
EL PALITO BH2	BR-SW-02-SP-05-06-NA-NA	BRIDA SW 2", ASTM A 182 GR F5, 300 #, RF	FLANGE SW 2", ASTM A 182 GR F5, 300 #, RF	02	BRWSW	026994-3		1000 Und.	3
EL PALITO LY	BR-SW-03-PVC-01-04-NA-NA	BRIDA SW 3", ASTM D 2467, 125 FF	FLANGE SW 3", ASTM D 2467, 125 FF	03	BRWSW	026998-7		1000 Und.	0
EA1	BR-SW-1 ½-AE-07-06-NA-NA	BRIDA SW 1 ½", ASTM A 105, 600 #, RF	FLANGE SW 1 ½", ASTM A 105, 600 #, RF	1	BRWSW	018727-8		1000 Und.	3.1
EL PALITO AF	BR-SW-1½-AE-02-06-NA-NA	BRIDA SW 1 ½", ASTM A 105, 150 #, RF	FLANGE SW 1 ½", ASTM A 105, 150 #, RF	1½	BRWSW	018725-6		1000 Und.	1.5
SNEA AR	BR-SW-1½-AE-02-06-NA-NA	BRIDA SW 1 ½", ASTM A 105, 150 #, RF	FLANGE SW 1 ½", ASTM A 105, 150 #, RF	1½	BRWSW	018725-6		1000 Und.	1.5
J14B14	BR-SW-1½-AE-02-06-NA-NA	BRIDA SW 1 ½", ASTM A 105, 150 #, RF	FLANGE SW 1 ½", ASTM A 105, 150 #, RF	1½	BRWSW	018725-6		1000 Und.	1.5
LASMO EA5Z	BR-SW-1½-AE-10-08-NA-NA	BRIDA SW 1 ½", ASTM A 105, 1500 #, RTJ	FLANGE SW 1 ½", ASTM A 105, 1500 #, RTJ	1½	BRWSW	023976-8		1000 Und.	5.4
SNEA SB	BR-SW-1½-AX-05-06-NA-NA	BRIDA SW 1 ½", ASTM B 564 (UNS N04400), 300 #, RF	FLANGE SW 1 ½", ASTM B 564 (UNS N04400), 300 #, RF	1½	BRWSW	026992-1		1000 Und.	0
SB	BR-SW-1½-AX-05-06-NA-NA	BRIDA SW 1 ½", ASTM B 564 (UNS N04400), 300 #, RF	FLANGE SW 1 ½", ASTM B 564 (UNS N04400), 300 #, RF	1½	BRWSW	026992-1		1000 Und.	0
LASMO DB5Z	BR-SW-1½-AY-07-08-NA-NA	BRIDA SW 1 ½", ASTM A 350 GR LF2, 600 #, RTJ	FLANGE SW 1 ½", ASTM A 350 GR LF2, 600 #, RTJ	1½	BRWSW			1000 Und.	3.1
EL PALITO LY	BR-SW-1½-PVC-01-04-NA-NA	BRIDA SW 1 ½", ASTM D 2467, 125 FF	FLANGE SW 1 ½", ASTM D 2467, 125 FF	1½	BRWSW	026999-8		1000 Und.	0
SANTA FE AAU3	BR-SW-2½-AE-02-06-NA-NA	BRIDA SW 2½", ASTM A 105, 150 #, RF	FLANGE SW 2½", ASTM A 105, 150 #, RF	2½	BRWSW	023042-0		1000 Und.	3.7
SNEA BD3	BR-WN-01-AE-05-06-J-NA	BRIDA WN 1", ASTM A 105, 300 #, RF, SCH 160	FLANGE WN 1", ASTM A 105, 300 #, RF, SCH 160	01	BRWVN	029245-4		1100 Und.	0
J14B14	BR-WN-02-AE-02-06-D-NA	BRIDA WN 2", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH 40	FLANGE WN 2", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH 40	02	BRWVN			1000 Und.	2.7
BA	BR-WN-02-AE-02-06-F-NA	BRIDA WN 2", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH 80	FLANGE WN 2", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH 80	02	BRWVN	010014-7		1000 Und.	0
J117A-14	BR-WN-02-AE-02-06-J-NA	BRIDA WN 2", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH 160	FLANGE WN 2", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH 160	02	BRWVN			1000 Und.	2.7
SNEA BD3	BR-WN-02-AE-05-06-F-NA	BRIDA WN 2", ASTM A 105, 300 #, RF, SCH 80	FLANGE WN 2", ASTM A 105, 300 #, RF, SCH 80	02	BRWVN	008668-0		1000 Und.	4
SANTA FE BBA3	BR-WN-02-AE-05-06-L-NA	BRIDA WN 2", ASTM A 105, 300 #, RF, SCH XS	FLANGE WN 2", ASTM A 105, 300 #, RF, SCH XS	02	BRWVN	000725-7		1000 Und.	4
BD3	BR-WN-02-AE-05-06-L-NA	BRIDA WN 2", ASTM A 105, 300 #, RF, SCH XS	FLANGE WN 2", ASTM A 105, 300 #, RF, SCH XS	02	BRWVN	000725-7		1000 Und.	4
LASMO AU2Z	BR-WN-03-AE-02-04-K-NA	BRIDA WN 3", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	FLANGE WN 3", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	03	BRWVN	011251-3		1000 Und.	4.5
SNEA AF	BR-WN-03-AE-02-06-K-NA	BRIDA WN 3", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	FLANGE WN 3", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	03	BRWVN	000647-1		1000 Und.	4.5
EL PALITO AR	BR-WN-03-AE-02-06-K-NA	BRIDA WN 3", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	FLANGE WN 3", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	03	BRWVN	000647-1		1000 Und.	4.5
SANTA FE ABK3	BR-WN-03-AE-02-06-K-NA	BRIDA WN 3", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	FLANGE WN 3", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	03	BRWVN	000647-1		1000 Und.	4.5
SANTA FE AAU3	BR-WN-03-AE-02-06-K-NA	BRIDA WN 3", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	FLANGE WN 3", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	03	BRWVN	000647-1		1000 Und.	4.5
EL PALITO AF	BR-WN-03-AE-02-06-K-NA	BRIDA WN 3", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	FLANGE WN 3", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	03	BRWVN	000647-1		1000 Und.	4.5
EL PALITO AK	BR-WN-03-AE-02-06-K-NA	BRIDA WN 3", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	FLANGE WN 3", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	03	BRWVN	000647-1		1000 Und.	4.5
J1618	BR-WN-03-AE-02-06-K-NA	BRIDA WN 3", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	FLANGE WN 3", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	03	BRWVN	000647-1		1000 Und.	4.5
EL PALITO AB	BR-WN-03-AE-02-06-K-NA	BRIDA WN 3", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	FLANGE WN 3", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	03	BRWVN	000647-1		1000 Und.	4.5
SANTA FE ABA3	BR-WN-03-AE-02-06-K-NA	BRIDA WN 3", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	FLANGE WN 3", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	03	BRWVN	000647-1		1000 Und.	4.5
SANTA FE AAA3	BR-WN-03-AE-02-06-K-NA	BRIDA WN 3", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	FLANGE WN 3", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	03	BRWVN	000647-1		1000 Und.	4.5
SNEA LC	BR-WN-03-AE-02-06-K-NA	BRIDA WN 3", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	FLANGE WN 3", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	03	BRWVN	000647-1		1000 Und.	4.5
SNEA AB	BR-WN-03-AE-02-06-K-NA	BRIDA WN 3", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	FLANGE WN 3", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	03	BRWVN	000647-1		1000 Und.	4.5
BN2	BR-WN-03-SS-05-06-L-NA	BRIDA WN 3", ASTM A 182 GR F11, 300 #, RF, SCH XS	FLANGE WN 3", ASTM A 182 GR F11, 300 #, RF, SCH XS	03	BRWVN			1000 Und.	7
HA5	BR-WN-04-AE-02-04-D-NA	BRIDA WN 4", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH 40	FLANGE WN 4", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH 40	04	BRWVN	010786-6		1000 Und.	7
J08-9	BR-WN-04-AE-02-04-D-NA	BRIDA WN 4", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH 40	FLANGE WN 4", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH 40	04	BRWVN	010786-6		1000 Und.	7
LASMO AA2Z	BR-WN-04-AE-02-04-K-NA	BRIDA WN 4", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	FLANGE WN 4", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	04	BRWVN	011252-4		1000 Und.	7
EL PALITO LC	BR-WN-04-AE-02-04-K-NA	BRIDA WN 4", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	FLANGE WN 4", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	04	BRWVN	011252-4		1000 Und.	7

Tabla de Base de Datos de Otepipe (Parte)

CLASE	CODIGOMATERIAL	DESCRIPCION	DESCRIPCIONINGLES	DIAMETRO	ID	CODIGOCOMPRA	TIPOMAT	UNIDAD	PESO
LASMO DA5Z	BR-WN-04-AE-07-08-F-NA	BRIDA WN 4", ASTM A 105, 600 #, RTJ, SCH 80	FLANGE WN 4", ASTM A 105, 600 #, RTJ, SCH 80	04	BRWN	027010-8	1000 Und.		19
LASMO EA5Z	BR-WN-04-AE-09-08-H-NA	BRIDA WN 4", ASTM A 105, 900 #, RTJ, SCH 120	FLANGE WN 4", ASTM A 105, 900 #, RTJ, SCH 120	04	BRWN	008687-3	1000 Und.		23
LASMO AB5	BR-WN-04-AY-02-06-D-NA	BRIDA WN 4", ASTM A 350 GR LF2, 150 #, RF, SCH 40	FLANGE WN 4", ASTM A 350 GR LF2, 150 #, RF, SCH 40	04	BRWN	009075-4	1000 Und.		7
LASMO DB5Z	BR-WN-04-AY-07-08-F-NA	BRIDA WN 4", ASTM A 350 GR LF2, 600 #, RTJ, SCH 80	FLANGE WN 4", ASTM A 350 GR LF2, 600 #, RTJ, SCH 80	04	BRWN		1000 Und.		19
EL PALITO BH2	BR-WN-04-SP-05-06-L-NA	BRIDA WN 4", ASTM A 182 GR F5, 300 #, RF, SCH STD	FLANGE WN 4", ASTM A 182 GR F5, 300 #, RF, SCH STD	04	BRWN	027002-8	1000 Und.		11
BH2	BR-WN-04-SP-05-06-L-NA	BRIDA WN 4", ASTM A 182 GR F5, 300 #, RF, SCH STD	FLANGE WN 4", ASTM A 182 GR F5, 300 #, RF, SCH STD	04	BRWN	027002-8	1000 Und.		11
BN2	BR-WN-04-SS-05-06-L-NA	BRIDA WN 4", ASTM A 182 GR F11, 300 #, RF, SCH XS	FLANGE WN 4", ASTM A 182 GR F11, 300 #, RF, SCH XS	04	BRWN	027242-3	1000 Und.		11
LASMO AF2Z	BR-WN-06-AE-02-04-K-NA	BRIDA WN 6", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	FLANGE WN 6", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	06	BRWN	011254-6	1000 Und.		10.8
LASMO AA2Z	BR-WN-06-AE-02-04-K-NA	BRIDA WN 6", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	FLANGE WN 6", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	06	BRWN	011254-6	1000 Und.		10.8
EL PALITO LC	BR-WN-06-AE-02-04-K-NA	BRIDA WN 6", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	FLANGE WN 6", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	06	BRWN	011254-6	1000 Und.		10.8
CLASE ARN	BR-WN-06-AE-02-04-K-NA	BRIDA WN 6", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	FLANGE WN 6", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	06	BRWN	011254-6	1000 Und.		10.8
LASMO AU2Z	BR-WN-06-AE-02-04-K-NA	BRIDA WN 6", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	FLANGE WN 6", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	06	BRWN	011254-6	1000 Und.		10.8
LASMO AA5	BR-WN-06-AE-02-06-D-NA	BRIDA WN 6", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH 40	FLANGE WN 6", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH 40	06	BRWN	008648-5	1000 Und.		10.8
J14B14	BR-WN-06-AE-02-06-D-NA	BRIDA WN 6", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH 40	FLANGE WN 6", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH 40	06	BRWN	008648-5	1000 Und.		10.8
AA5A	BR-WN-06-AE-02-06-D-NA	BRIDA WN 6", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH 40	FLANGE WN 6", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH 40	06	BRWN	008648-5	1000 Und.		10.8
BA	BR-WN-06-AE-02-06-D-NA	BRIDA WN 6", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH 40	FLANGE WN 6", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH 40	06	BRWN	008648-5	1000 Und.		10.8
EL PALITO AE	BR-WN-08-AE-02-06-E-NA	BRIDA WN 8", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH 60	FLANGE WN 8", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH 60	08	BRWN	029504-4	1000 Und.		0
LASMO AA5Z	BR-WN-08-AE-02-06-K-NA	BRIDA WN 8", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	FLANGE WN 8", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	08	BRWN	000640-3	1000 Und.		18
LASMO AA5	BR-WN-08-AE-02-06-K-NA	BRIDA WN 8", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	FLANGE WN 8", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	08	BRWN	000640-3	1000 Und.		18
EL PALITO AT	BR-WN-08-AE-02-06-K-NA	BRIDA WN 8", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	FLANGE WN 8", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	08	BRWN	000640-3	1000 Und.		18
J1618	BR-WN-08-AE-02-06-K-NA	BRIDA WN 8", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	FLANGE WN 8", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	08	BRWN	000640-3	1000 Und.		18
EL PALITO AR	BR-WN-08-AE-02-06-K-NA	BRIDA WN 8", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	FLANGE WN 8", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	08	BRWN	000640-3	1000 Und.		18
J117A-14	BR-WN-08-AE-02-06-K-NA	BRIDA WN 8", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	FLANGE WN 8", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	08	BRWN	000640-3	1000 Und.		18
EL PALITO AF	BR-WN-08-AE-02-06-K-NA	BRIDA WN 8", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	FLANGE WN 8", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	08	BRWN	000640-3	1000 Und.		18
CA	BR-WN-10-AE-05-06-D-NA	BRIDA WN 10", ASTM A 105, 300 #, RF, SCH 40	FLANGE WN 10", ASTM A 105, 300 #, RF, SCH 40	10	BRWN	008660-1	1000 Und.		41
LASMO BA5Z	BR-WN-10-AE-05-06-E-NA	BRIDA WN 10", ASTM A 105, 300 #, RF, SCH 60	FLANGE WN 10", ASTM A 105, 300 #, RF, SCH 60	10	BRWN	018717-6	1000 Und.		41
AA9C	BR-WN-10-AE-05-06-F-NA	BRIDA WN 10", ASTM A 105, 300 #, RF, SCH 80	FLANGE WN 10", ASTM A 105, 300 #, RF, SCH 80	10	BRWN	029610-5	1000 Und.		0
EL PALITO AB	BR-WN-1½-AE-05-06-F-NA	BRIDA WN 1½", ASTM A 105, 300 #, RF, SCH 80	FLANGE WN 1½", ASTM A 105, 300 #, RF, SCH 80	1½	BRWN	029023-2	1000 Und.		0
EL PALITOBD3API	BR-WN-1½-AE-05-06-F-NA	BRIDA WN 1½", ASTM A 105, 300 #, RF, SCH 80	FLANGE WN 1½", ASTM A 105, 300 #, RF, SCH 80	1½	BRWN	029023-2	1000 Und.		0
SNEA BD3	BR-WN-1½-AE-05-06-L-NA	BRIDA WN 1½", ASTM A 105, 300 #, RF, SCH XS	FLANGE WN 1½", ASTM A 105, 300 #, RF, SCH XS	1½	BRWN	029246-5	1100 Und.		0
EL PALITO LC	BR-WN-12-AE-02-04-K-NA	BRIDA WN 12", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	FLANGE WN 12", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	12	BRWN	024325-2	1000 Und.		37
LASMO AU2Z	BR-WN-12-AE-02-04-K-NA	BRIDA WN 12", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	FLANGE WN 12", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	12	BRWN	024325-2	1000 Und.		37
LASMO AF2Z	BR-WN-12-AE-02-04-K-NA	BRIDA WN 12", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	FLANGE WN 12", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	12	BRWN	024325-2	1000 Und.		37
LASMO AA2Z	BR-WN-12-AE-02-04-K-NA	BRIDA WN 12", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	FLANGE WN 12", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	12	BRWN	024325-2	1000 Und.		37
AA5A	BR-WN-12-AE-02-06-B-NA	BRIDA WN 12", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH 20	FLANGE WN 12", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH 20	12	BRWN	018731-4	1000 Und.		37
EL PALITO AE	BR-WN-12-AE-02-06-D-NA	BRIDA WN 12", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH 40	FLANGE WN 12", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH 40	12	BRWN	011237-5	1000 Und.		37
AA9C	BR-WN-12-AE-02-06-F-NA	BRIDA WN 12", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH 80	FLANGE WN 12", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH 80	12	BRWN		1000 Und.		0
LASMO DB5Z	BR-WN-12-AY-07-08-F-NA	BRIDA WN 12", ASTM A 350 GR LF2, 600 #, RTJ, SCH 80	FLANGE WN 12", ASTM A 350 GR LF2, 600 #, RTJ, SCH 80	12	BRWN	027007-3	1000 Und.		102
EL PALITO BH2	BR-WN-12-SP-05-06-L-NA	BRIDA WN 12", ASTM A 182 GR F5, 300 #, RF, SCH XS	FLANGE WN 12", ASTM A 182 GR F5, 300 #, RF, SCH XS	12	BRWN	027007-3	1000 Und.		62
BH2	BR-WN-12-SP-05-06-L-NA	BRIDA WN 12", ASTM A 182 GR F5, 300 #, RF, SCH XS	FLANGE WN 12", ASTM A 182 GR F5, 300 #, RF, SCH XS	12	BRWN	027007-3	1000 Und.		62
LASMO AA2Z	BR-WN-14-AE-02-04-K-NA	BRIDA WN 14", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	FLANGE WN 14", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	14	BRWN	009090-3	1000 Und.		47
LASMO AF2Z	BR-WN-14-AE-02-04-K-NA	BRIDA WN 14", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	FLANGE WN 14", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	14	BRWN	009090-3	1000 Und.		47
LASMO AA5Z	BR-WN-14-AE-02-06-K-NA	BRIDA WN 14", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	FLANGE WN 14", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	14	BRWN	000643-6	1000 Und.		47
LASMO BA5Z	BR-WN-14-AE-05-06-L-NA	BRIDA WN 14", ASTM A 105, 300 #, RF, SCH XS	FLANGE WN 14", ASTM A 105, 300 #, RF, SCH XS	14	BRWN	018742-7	1000 Und.		84
LASMO EA5Z	BR-WN-14-AE-09-08-H-NA	BRIDA WN 14", ASTM A 105, 900 #, RTJ, SCH 120	FLANGE WN 14", ASTM A 105, 900 #, RTJ, SCH 120	14	BRWN		1000 Und.		186
LASMO DB5Z	BR-WN-14-AY-07-08-F-NA	BRIDA WN 14", ASTM A 350 GR LF2, 600 #, RTJ, SCH 80	FLANGE WN 14", ASTM A 350 GR LF2, 600 #, RTJ, SCH 80	14	BRWN		1000 Und.		150
EL PALITO BH2	BR-WN-14-SP-05-06-D-NA	BRIDA WN 14", ASTM A 182 GR F5, 300 #, RF, SCH 40	FLANGE WN 14", ASTM A 182 GR F5, 300 #, RF, SCH 40	14	BRWN	027008-4	1000 Und.		84
BH2	BR-WN-14-SP-05-06-D-NA	BRIDA WN 14", ASTM A 182 GR F5, 300 #, RF, SCH 40	FLANGE WN 14", ASTM A 182 GR F5, 300 #, RF, SCH 40	14	BRWN	027008-4	1000 Und.		84
LASMO AA2Z	BR-WN-16-AE-02-04-K-NA	BRIDA WN 16", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	FLANGE WN 16", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	16	BRWN	024331-0	1000 Und.		58
EL PALITO LC	BR-WN-16-AE-02-04-K-NA	BRIDA WN 16", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	FLANGE WN 16", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	16	BRWN	024331-0	1000 Und.		58
LASMO AF2Z	BR-WN-16-AE-02-04-K-NA	BRIDA WN 16", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	FLANGE WN 16", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	16	BRWN	024331-0	1000 Und.		58
AA5A	BR-WN-16-AE-02-06-B-NA	BRIDA WN 16", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH 20	FLANGE WN 16", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH 20	16	BRWN	018748-4	1000 Und.		58
BA	BR-WN-16-AE-02-06-C-NA	BRIDA WN 16", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH 30	FLANGE WN 16", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH 30	16	BRWN	026203-1	1000 Und.		0
LASMO EA5Z	BR-WN-16-AE-09-08-H-NA	BRIDA WN 16", ASTM A 105, 900 #, RTJ, SCH 120	FLANGE WN 16", ASTM A 105, 900 #, RTJ, SCH 120	16	BRWN	023498-9	1000 Und.		224
LASMO AB5Z	BR-WN-16-AY-02-06-K-NA	BRIDA WN 16", ASTM A 350 GR LF2, 150 #, RF, SCH STD	FLANGE WN 16", ASTM A 350 GR LF2, 150 #, RF, SCH STD	16	BRWN	008747-7	1000 Und.		58
LASMO DB5Z	BR-WN-16-AY-07-08-F-NA	BRIDA WN 16", ASTM A 350 GR LF2, 600 #, RTJ, SCH 80	FLANGE WN 16", ASTM A 350 GR LF2, 600 #, RTJ, SCH 80	16	BRWN		1000 Und.		190
BH2	BR-WN-16-SP-05-06-D-NA	BRIDA WN 16", ASTM A 182 GR F5, 300 #, RF, SCH 40	FLANGE WN 16", ASTM A 182 GR F5, 300 #, RF, SCH 40	16	BRWN	027009-5	1000 Und.		111
EL PALITO BH2	BR-WN-16-SP-05-06-D-NA	BRIDA WN 16", ASTM A 182 GR F5, 300 #, RF, SCH 40	FLANGE WN 16", ASTM A 182 GR F5, 300 #, RF, SCH 40	16	BRWN	027009-5	1000 Und.		111
EL PALITO LC	BR-WN-18-AE-02-04-K-NA	BRIDA WN 18", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	FLANGE WN 18", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	18	BRWN	027011-9	1000 Und.		64
LASMO AA2Z	BR-WN-18-AE-02-04-K-NA	BRIDA WN 18", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	FLANGE WN 18", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	18	BRWN	027011-9	1000 Und.		64
LASMO AF2Z	BR-WN-18-AE-02-04-K-NA	BRIDA WN 18", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	FLANGE WN 18", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	18	BRWN	027011-9	1000 Und.		64
LASMO AA5Z	BR-WN-18-AE-02-06-K-NA	BRIDA WN 18", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	FLANGE WN 18", ASTM A 105, 150 #, RF, SCH STD	18	BRWN	011227-3	1000 Und.		64
CA	BR-WN-18-AE-05-06-C-NA	BRIDA WN 18", ASTM A 105, 300 #, RF, SCH 30	FLANGE WN 18", ASTM A 105, 300 #, RF, SCH 30	18	BRWN	018761-1	1000 Und.		138
LASMO BA5	BR-WN-18-AE-05-06-D-NA	BRIDA WN 18", ASTM A 105, 300 #, RF, SCH 40	FLANGE WN 18", ASTM A 105, 300 #, RF, SCH 40	18	BRWN	018762-2	1000 Und.		138
LASMO BA5Z	BR-WN-18-AE-05-06-D-NA	BRIDA WN 18", ASTM A 105, 300 #, RF, SCH 40	FLANGE WN 18", ASTM A 105, 300 #, RF, SCH 40	18	BRWN	018762-2	1000 Und.		138
LASMO DA5Z	BR-WN-18-AE-07-08-F-NA	BRIDA WN 18", ASTM A 105, 600 #, RTJ, SCH 80	FLANGE WN 18", ASTM A 105, 600 #, RTJ, SCH 80	18	BRWN	021590-5	1000 Und.		240
LASMO DA5	BR-WN-18-AE-07-08-F-NA	BRIDA WN 18", ASTM A 105, 600 #, RTJ, SCH 80	FLANGE WN 18", ASTM A 105, 600 #, RTJ, SCH 80	18	BRWN	021590-5	1000 Und.		240
LASMO EA5Z	BR-WN-18-AE-09-08-H-NA	BRIDA WN 18", ASTM A 105, 900 #, RTJ, SCH 120	FLANGE WN 18", ASTM A 105, 900 #, RTJ, SCH 120	18	BRWN		1000 Und.		300
LASMO DB5Z	BR-WN-18-AY-07-08-F-NA	BRIDA WN 18", ASTM A 350 GR LF2, 600 #, RTJ, SCH 80	FLANGE WN 18", ASTM A 350 GR LF2, 600 #, RTJ, SCH 80	18	BRWN		1000 Und.		240
LASMO AF2Z	BR-WN-20-AE-02-04-K-NA	BRIDA WN 20", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	FLANGE WN 20", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	20	BRWN	027016-4	1000 Und.		77
EL PALITO LC	BR-WN-20-AE-02-04-K-NA	BRIDA WN 20", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	FLANGE WN 20", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	20	BRWN	027016-4	1000 Und.		77
LASMO AA2Z	BR-WN-20-AE-02-04-K-NA	BRIDA WN 20", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	FLANGE WN 20", ASTM A 105, 150 #, FF, SCH STD	20	BRWN	027016-4	1000 Und.		77

LIT/S	LIT/MIN	M <sup>3</sup> /H	GPM	VEL(m/s)	c <sup>2</sup> /2g(m)	Hf(m x 100m)
0,0315	1,890	0,11	0,50	0,2561	0,0033	1,266
0,0341	2,046	0,12	0,54	0,2766	0,0039	1,447
0,0360	2,160	0,13	0,57	0,2920	0,0043	1,590
0,0372	2,232	0,13	0,59	0,3022	0,0047	1,689
0,0391	2,346	0,14	0,62	0,3176	0,0051	1,842
0,0410	2,460	0,15	0,65	0,3330	0,0057	2,001
0,0435	2,610	0,16	0,69	0,3535	0,0064	2,222
0,0500	3,000	0,18	0,79	0,4060	0,0084	2,837
0,0667	4,002	0,24	1,06	0,5413	0,0149	4,733
0,0757	4,542	0,27	1,20	0,6147	0,0193	5,946
0,0883	5,298	0,32	1,40	0,7172	0,0262	7,853
0,0972	5,832	0,35	1,54	0,7894	0,0318	9,346
0,1073	6,438	0,39	1,70	0,8709	0,0387	11,176
0,1136	6,816	0,41	1,80	0,9221	0,0434	12,406
0,1250	7,500	0,45	1,98	1,0150	0,0525	14,792
0,1389	8,334	0,50	2,20	1,1278	0,0648	17,957
0,1577	9,462	0,57	2,50	1,2807	0,0836	22,717
0,1667	10,002	0,60	2,64	1,3533	0,0934	25,165
0,1833	10,998	0,66	2,91	1,4886	0,1130	30,049
0,2000	12,000	0,72	3,17	1,6240	0,1345	35,352
0,2167	13,002	0,78	3,43	1,7593	0,1578	41,073
0,2272	13,632	0,82	3,60	1,8450	0,1736	44,911
0,2397	14,382	0,86	3,80	1,9465	0,1932	49,673
0,2524	15,144	0,91	4,00	2,0491	0,2141	54,725
0,2639	15,834	0,95	4,18	2,1427	0,2341	59,542
0,2722	16,332	0,98	4,31	2,2104	0,2491	63,148
0,2839	17,034	1,02	4,50	2,3053	0,2710	68,378
0,2944	17,664	1,06	4,67	2,3908	0,2914	73,271
0,3056	18,336	1,10	4,84	2,4811	0,3139	78,610
0,3167	19,002	1,14	5,02	2,5713	0,3371	84,132
0,3281	19,686	1,18	5,20	2,6638	0,3618	89,984
0,3406	20,436	1,23	5,40	2,7653	0,3899	96,630
0,3500	21,000	1,26	5,55	2,8420	0,4118	101,806
0,3611	21,666	1,30	5,72	2,9322	0,4384	108,065
0,3667	22,002	1,32	5,81	2,9773	0,4519	111,264
0,3750	22,500	1,35	5,94	3,0449	0,4727	116,148

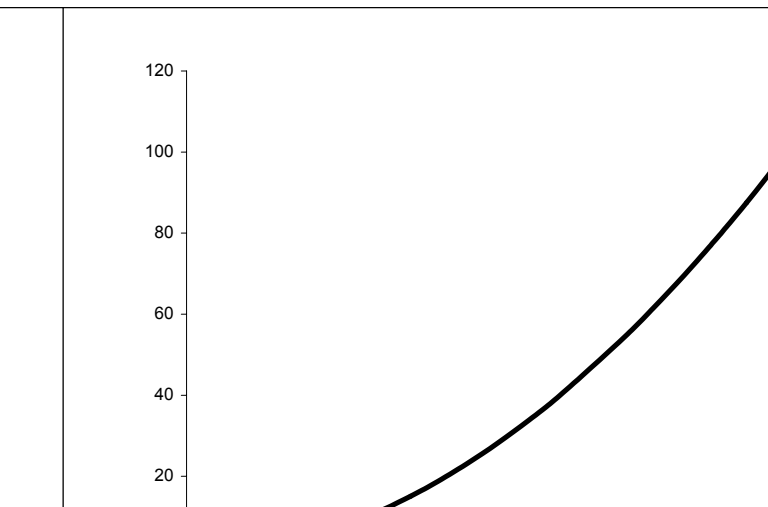
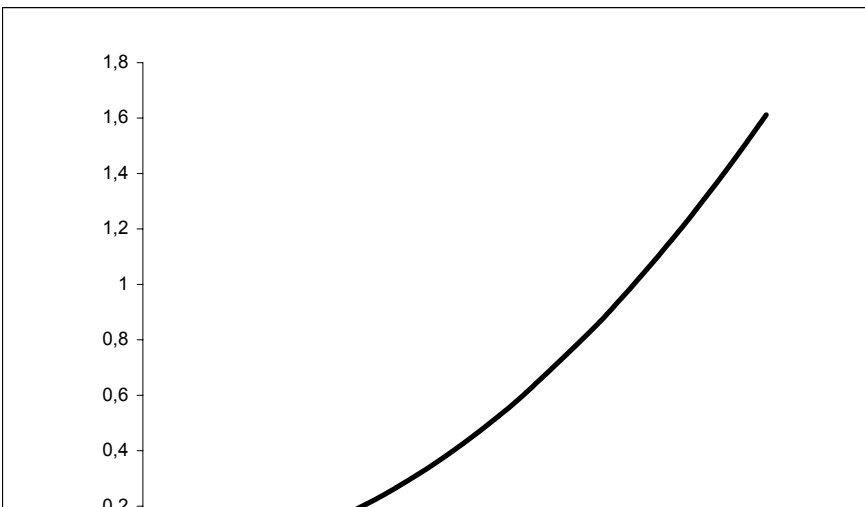
c <sup>2</sup> /2g (m)	A2			A1			A0			Hf (m x 100m)
	LIT/Seg	3,3604E+00	3,9135E-04	-2,0787E-05	LIT/Seg	7,5529E+02	2,7776E+01	-4,3020E-01		
	LIT/Min	9,3345E-04	6,5225E-06	-2,0787E-05	LIT/Min	2,0980E-01	4,6294E-01	-4,3020E-01		
	M <sup>3</sup> /H	2,5929E-01	1,0871E-04	-2,0787E-05	M <sup>3</sup> /H	5,8279E+01	7,7156E+00	-4,3020E-01		
	GPM	1,3376E-02	2,4691E-05	-2,0787E-05	GPM	3,0065E+00	1,7524E+00	-4,3020E-01		

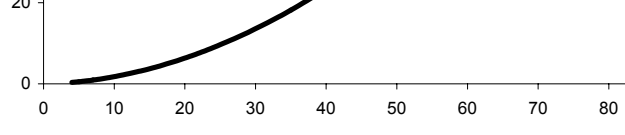
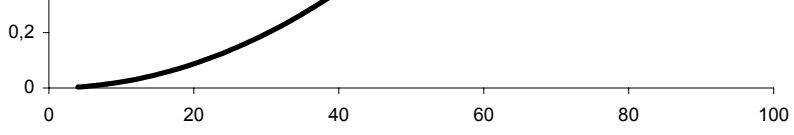




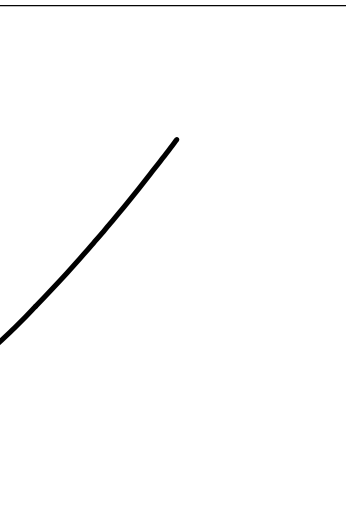
LIT/S	LIT/MIN	M <sup>3</sup> /H	GPM	VEL(m/s)	c <sup>2</sup> /2g(m)	Hf(m x 100m)
0,2524	15,144	0,91	4,00	0,2615	0,0035	0,342
0,3155	18,930	1,14	5,00	0,3269	0,0054	0,509
0,3785	22,710	1,36	6,00	0,3923	0,0078	0,704
0,4000	24,000	1,44	6,34	0,4145	0,0088	0,777
0,4200	25,200	1,51	6,66	0,4352	0,0097	0,848
0,4416	26,496	1,59	7,00	0,4577	0,0107	0,928
0,5000	30,000	1,80	7,93	0,5181	0,0137	1,161
0,5500	33,000	1,98	8,72	0,5700	0,0166	1,379
0,5994	35,964	2,16	9,50	0,6211	0,0197	1,612
0,6667	40,002	2,40	10,57	0,6909	0,0243	1,956
0,7571	45,426	2,73	12,00	0,7846	0,0314	2,468
0,8333	49,998	3,00	13,21	0,8636	0,0380	2,943
0,9028	54,168	3,25	14,31	0,9355	0,0446	3,410
1,0000	60,000	3,60	15,85	1,0363	0,0548	4,119
1,0725	64,350	3,86	17,00	1,1115	0,0630	4,689
1,1667	70,002	4,20	18,49	1,2090	0,0745	5,482
1,2618	75,708	4,54	20,00	1,3076	0,0872	6,343
1,3333	79,998	4,80	21,13	1,3817	0,0973	7,031
1,4583	87,498	5,25	23,11	1,5113	0,1164	8,314
1,5278	91,668	5,50	24,22	1,5832	0,1278	9,072
1,7664	105,984	6,36	28,00	1,8305	0,1708	11,920
2,0000	120,000	7,20	31,70	2,0726	0,2190	15,074
2,2082	132,492	7,95	35,00	2,2883	0,2670	18,188
2,5000	150,000	9,00	39,63	2,5907	0,3422	23,036
2,7778	166,668	10,00	44,03	2,8786	0,4225	28,171
3,0556	183,336	11,00	48,43	3,1665	0,5112	33,813
3,3333	199,998	12,00	52,83	3,4543	0,6084	39,963
3,8889	233,334	14,00	61,64	4,0300	0,8281	53,784
4,1667	250,002	15,00	66,04	4,3179	0,9506	61,455
4,4444	266,664	16,00	70,44	4,6058	1,0816	69,632
4,7222	283,332	17,00	74,85	4,8936	1,2210	78,315
4,8333	289,998	17,40	76,61	5,0088	1,2791	81,930
5,0000	300,000	18,00	79,25	5,1815	1,3689	87,504
5,1667	310,002	18,60	81,89	5,3542	1,4616	93,260
5,3333	319,998	19,20	84,53	5,5269	1,5575	99,199
5,4258	325,548	19,53	86,00	5,6228	1,6119	102,574

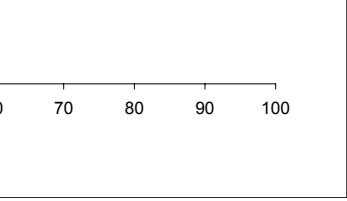
c <sup>2</sup> /2g (m)		A2	A1	A0	Hf (m x 100m)		B2
	LIT/Seg	5,4756E-02	-9,3342E-06	5,4728E-06		LIT/Seg	3,3022E+00
	LIT/Min	1,5210E-05	-1,5557E-07	5,4728E-06		LIT/Min	9,1728E-04
	M <sup>3</sup> /H	4,2250E-03	-2,5928E-06	5,4728E-06		M <sup>3</sup> /H	2,5480E-01
	GPM	2,1796E-04	-5,8891E-07	5,4728E-06		GPM	1,3145E-02





B1	B0
1,0274E+00	-1,8359E-01
1,7123E-02	-1,8359E-01
2,8538E-01	-1,8359E-01
6,4819E-02	-1,8359E-01













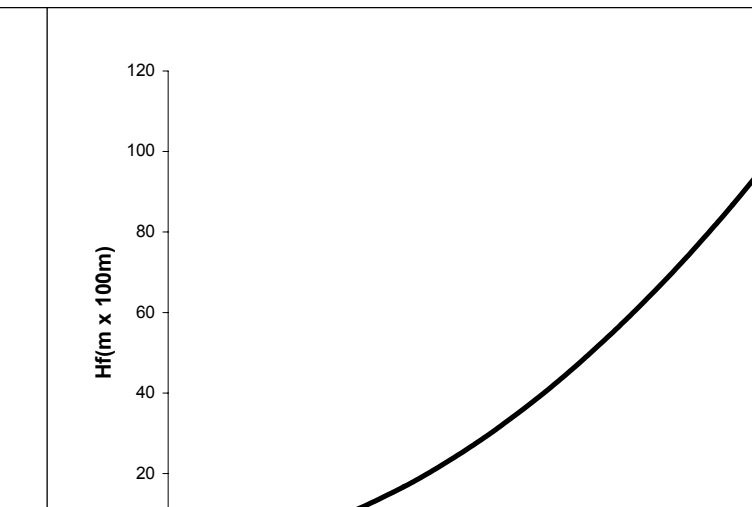
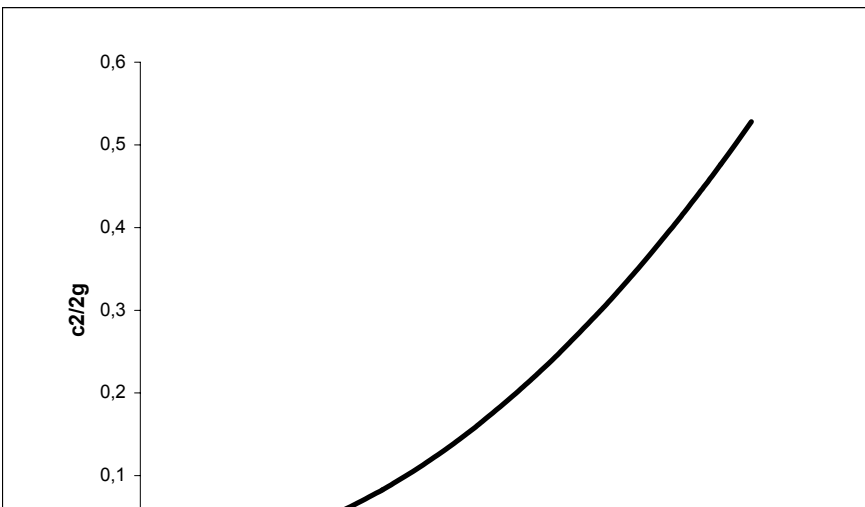


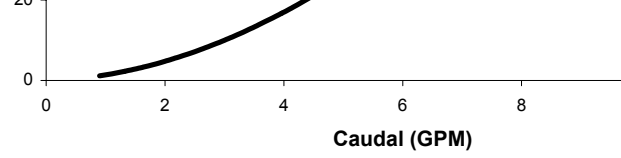
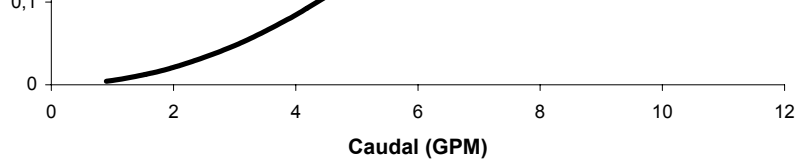




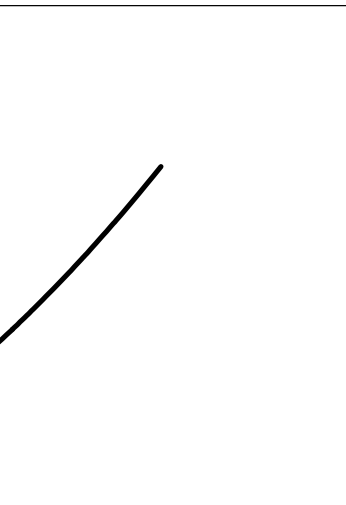
LIT/S	LIT/MIN	M <sup>3</sup> /H	GPM	VEL(m/s)	c <sup>2</sup> /2g(m)	Hf(m x 100m)
0,0568	3,408	0,20	0,90	0,2896	0,0043	1,154
0,0694	4,164	0,25	1,10	0,3542	0,0064	1,644
0,0833	4,998	0,30	1,32	0,4251	0,0092	2,270
0,0972	5,832	0,35	1,54	0,4959	0,0125	2,988
0,1042	6,252	0,38	1,65	0,5314	0,0144	3,380
0,1136	6,816	0,41	1,80	0,5793	0,0171	3,947
0,1250	7,500	0,45	1,98	0,6376	0,0207	4,693
0,1333	7,998	0,48	2,11	0,6801	0,0236	5,274
0,1500	9,000	0,54	2,38	0,7652	0,0299	6,530
0,1667	10,002	0,60	2,64	0,8502	0,0369	7,912
0,1893	11,358	0,68	3,00	0,9655	0,0475	9,987
0,2050	12,300	0,74	3,25	1,0457	0,0558	11,566
0,2222	13,332	0,80	3,52	1,1336	0,0655	13,421
0,2500	15,000	0,90	3,96	1,2753	0,0829	16,691
0,2639	15,834	0,95	4,18	1,3461	0,0924	18,455
0,2833	16,998	1,02	4,49	1,4453	0,1065	21,067
0,2997	17,982	1,08	4,75	1,5289	0,1192	23,398
0,3155	18,930	1,14	5,00	1,6091	0,1320	25,747
0,3375	20,250	1,22	5,35	1,7216	0,1511	29,223
0,3500	21,000	1,26	5,55	1,7854	0,1625	31,289
0,3785	22,710	1,36	6,00	1,9310	0,1901	36,263
0,4000	24,000	1,44	6,34	2,0404	0,2123	40,238
0,4100	24,600	1,48	6,50	2,0914	0,2230	42,159
0,4250	25,500	1,53	6,74	2,1680	0,2396	45,123
0,4416	26,496	1,59	7,00	2,2528	0,2588	48,525
0,4732	28,392	1,70	7,50	2,4137	0,2970	55,310
0,4833	28,998	1,74	7,66	2,4655	0,3099	57,587
0,4953	29,718	1,78	7,85	2,5265	0,3254	60,323
0,5167	31,002	1,86	8,19	2,6356	0,3542	65,378
0,5333	31,998	1,92	8,45	2,7206	0,3774	69,455
0,5444	32,664	1,96	8,63	2,7773	0,3933	72,241
0,5556	33,336	2,00	8,81	2,8339	0,4095	75,081
0,5833	34,998	2,10	9,25	2,9756	0,4514	82,416
0,5994	35,964	2,16	9,50	3,0574	0,4766	86,799
0,6150	36,900	2,21	9,75	3,1372	0,5018	91,188
0,6309	37,854	2,27	10,00	3,2183	0,5281	95,758

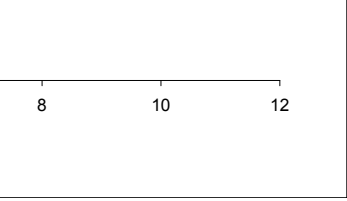
c <sup>2</sup> /2g (m)		A2	A1	A0	Hf (m x 100)		B2
	LIT/Seg	1,3268E+00	-3,3800E-05	4,7229E-06		LIT/Seg	2,2065E+02
	LIT/Min	3,6854E-04	-5,6333E-07	4,7229E-06		LIT/Min	6,1291E-02
	M <sup>3</sup> /H	1,0237E-01	-9,3888E-06	4,7229E-06		M <sup>3</sup> /H	1,7025E+01
	GPM	5,2812E-03	-2,1325E-06	4,7229E-06		GPM	8,7829E-01





B1	B0
1,3260E+01	-3,9066E-01
2,2100E-01	-3,9066E-01
3,6833E+00	-3,9066E-01
8,3659E-01	-3,9066E-01













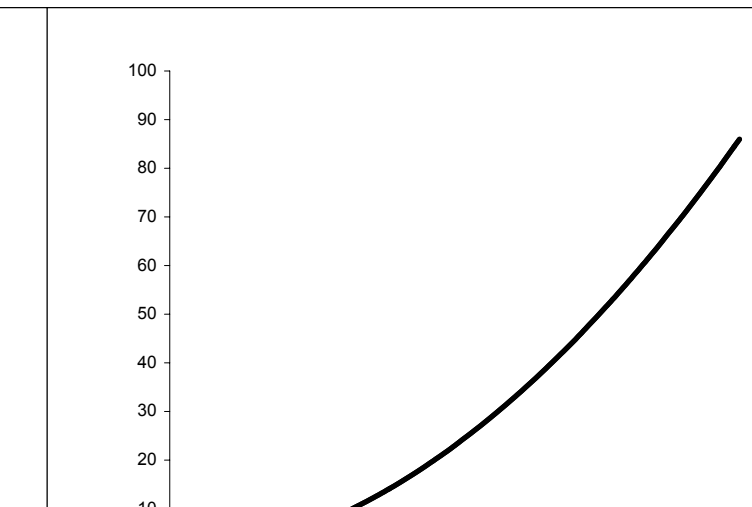
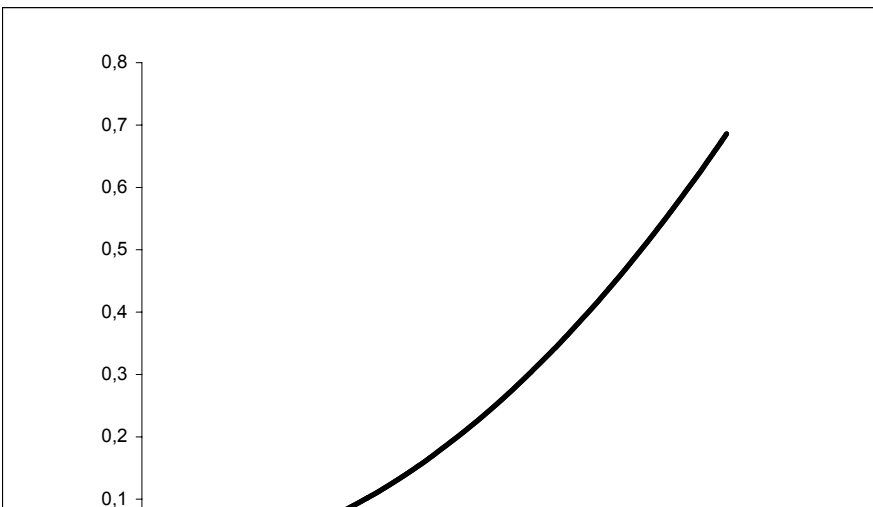


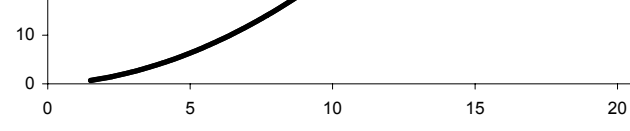
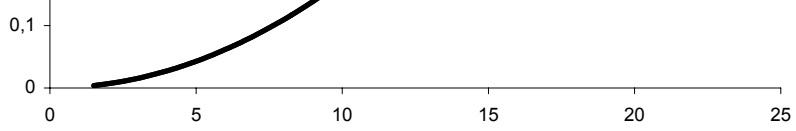




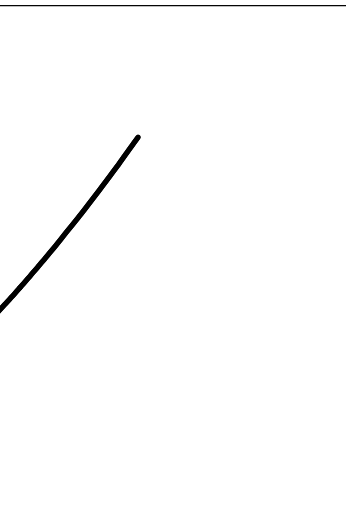
LIT/S	LIT/MIN	M <sup>3</sup> /H	GPM	VEL(m/s)	c <sup>2</sup> /2g(m)	Hf(m x 100m)
0,0946	5,676	0,34	1,50	0,2751	0,0039	0,729
0,1419	8,514	0,51	2,25	0,4126	0,0087	1,494
0,1893	11,358	0,68	3,00	0,5501	0,0154	2,501
0,2083	12,498	0,75	3,30	0,6055	0,0187	2,973
0,2500	15,000	0,90	3,96	0,7267	0,0269	4,138
0,2778	16,668	1,00	4,40	0,8074	0,0332	5,014
0,3155	18,930	1,14	5,00	0,9169	0,0429	6,328
0,3470	20,820	1,25	5,50	1,0086	0,0519	7,541
0,3944	23,664	1,42	6,25	1,1465	0,0670	9,554
0,4101	24,606	1,48	6,50	1,1920	0,0724	10,267
0,4200	25,200	1,51	6,66	1,2208	0,0760	10,733
0,4416	26,496	1,59	7,00	1,2837	0,0840	11,782
0,4861	29,166	1,75	7,70	1,4129	0,1018	14,087
0,5206	31,236	1,87	8,25	1,5131	0,1167	16,008
0,5556	33,336	2,00	8,81	1,6148	0,1329	18,082
0,5994	35,964	2,16	9,50	1,7421	0,1547	20,850
0,6250	37,500	2,25	9,91	1,8166	0,1683	22,560
0,6940	41,640	2,50	11,00	2,0172	0,2075	27,484
0,7500	45,000	2,70	11,89	2,1800	0,2423	31,830
0,7886	47,316	2,84	12,50	2,2922	0,2679	35,008
0,8333	49,998	3,00	13,21	2,4222	0,2991	38,874
0,8833	52,998	3,18	14,00	2,5673	0,3360	43,425
0,9147	54,882	3,29	14,50	2,6587	0,3604	46,419
0,9722	58,332	3,50	15,41	2,8259	0,4072	52,146
1,0000	60,000	3,60	15,85	2,9066	0,4308	55,029
1,0333	61,998	3,72	16,38	3,0035	0,4599	58,591
1,0500	63,000	3,78	16,64	3,0520	0,4749	60,413
1,0833	64,998	3,90	17,17	3,1488	0,5055	64,140
1,1111	66,666	4,00	17,61	3,2296	0,5318	67,329
1,1356	68,136	4,09	18,00	3,3008	0,5555	70,207
1,1672	70,032	4,20	18,50	3,3927	0,5869	74,005
1,1987	71,922	4,32	19,00	3,4842	0,6189	77,888
1,2222	73,332	4,40	19,37	3,5525	0,6435	80,851
1,2333	73,998	4,44	19,55	3,5848	0,6552	82,271
1,2500	75,000	4,50	19,81	3,6333	0,6730	84,423
1,2618	75,708	4,54	20,00	3,6676	0,6858	85,963

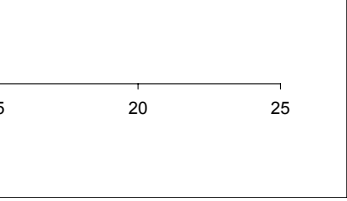
c <sup>2</sup> /2g (m)		A2	A1	A0	Hf (m x 100m)		B2
	LIT/Seg	4,3080E-01	-5,9382E-05	1,1783E-05		LIT/Seg	4,9955E+01
	LIT/Min	1,1967E-04	-9,8970E-07	1,1783E-05		LIT/Min	1,3876E-02
	M <sup>3</sup> /H	3,3241E-02	-1,6495E-05	1,1783E-05		M <sup>3</sup> /H	3,8546E+00
	GPM	1,7148E-03	-3,7465E-06	1,1783E-05		GPM	1,9885E-01





B1	B0
5,3609E+00	-3,0690E-01
8,9349E-02	-3,0690E-01
1,4891E+00	-3,0690E-01
3,3823E-01	-3,0690E-01













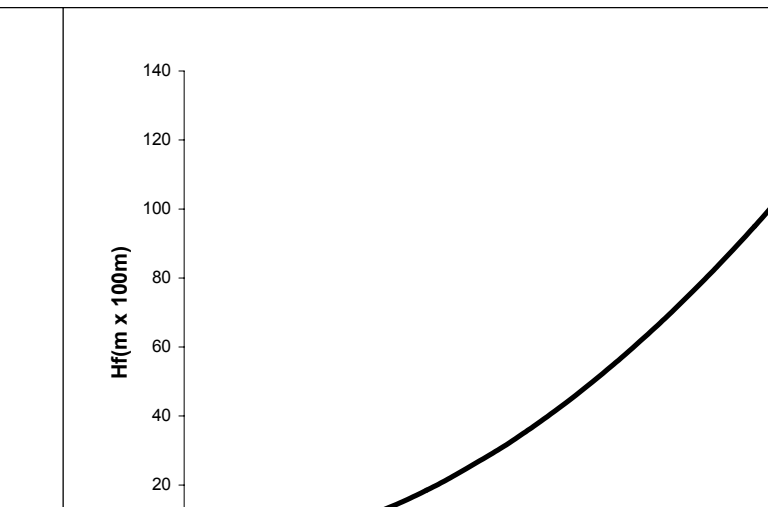
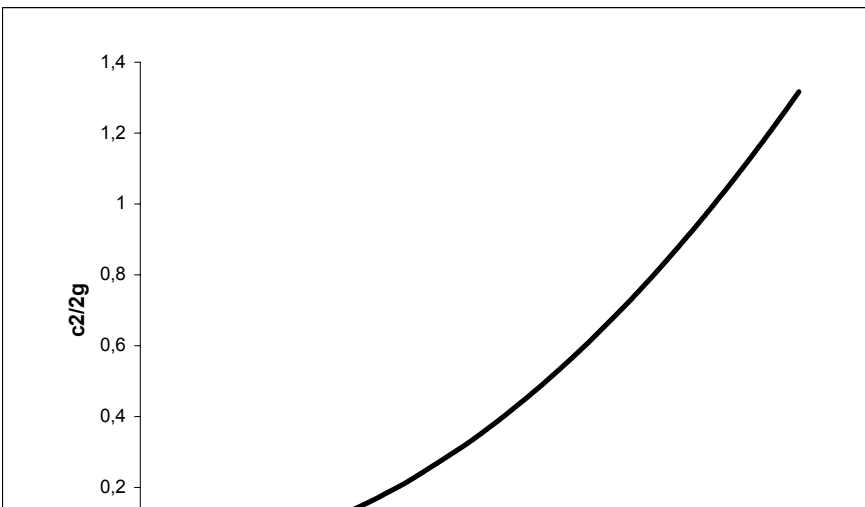


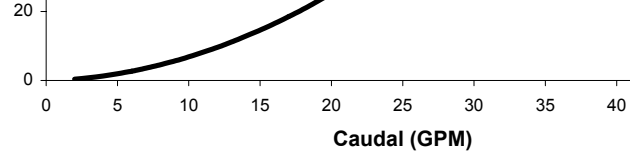
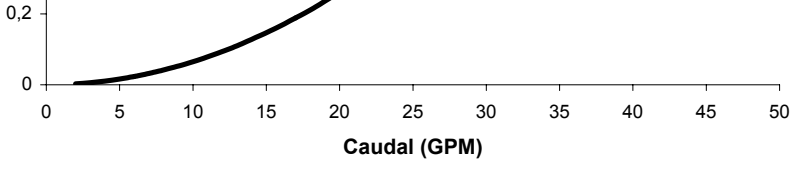




LIT/S	LIT/MIN	M <sup>3</sup> /H	GPM	VEL(m/s)	c <sup>2</sup> /2g(m)	Hf(m x 100m)
0,1262	7,572	0,45	2,00	0,2263	0,0026	0,378
0,1893	11,358	0,68	3,00	0,3394	0,0059	0,773
0,2524	15,144	0,91	4,00	0,4526	0,0104	1,291
0,3155	18,930	1,14	5,00	0,5657	0,0163	1,929
0,3785	22,710	1,36	6,00	0,6789	0,0235	2,685
0,4000	24,000	1,44	6,34	0,7174	0,0262	2,968
0,4200	25,200	1,51	6,66	0,7533	0,0289	3,244
0,4416	26,496	1,59	7,00	0,7920	0,0320	3,556
0,5000	30,000	1,80	7,93	0,8967	0,0410	4,465
0,5500	33,000	1,98	8,72	0,9864	0,0496	5,320
0,5994	35,964	2,16	9,50	1,0749	0,0589	6,235
0,6667	40,002	2,40	10,57	1,1956	0,0729	7,594
0,7571	45,426	2,73	12,00	1,3578	0,0940	9,621
0,8333	49,998	3,00	13,21	1,4946	0,1139	11,510
0,9722	58,332	3,50	15,41	1,7436	0,1550	15,371
1,0725	64,350	3,86	17,00	1,9235	0,1886	18,495
1,1667	70,002	4,20	18,49	2,0924	0,2232	21,682
1,3881	83,286	5,00	22,00	2,4894	0,3160	30,154
1,5000	90,000	5,40	23,78	2,6902	0,3690	34,957
1,5773	94,638	5,68	25,00	2,8287	0,4080	38,475
1,7033	102,198	6,13	27,00	3,0549	0,4758	44,573
1,8056	108,336	6,50	28,62	3,2382	0,5346	49,842
1,8927	113,562	6,81	30,00	3,3945	0,5875	54,563
1,9558	117,348	7,04	31,00	3,5077	0,6273	58,115
2,0819	124,914	7,49	33,00	3,7339	0,7108	65,541
2,1667	130,002	7,80	34,34	3,8858	0,7699	70,778
2,2500	135,000	8,10	35,66	4,0353	0,8302	76,123
2,3333	139,998	8,40	36,98	4,1847	0,8929	81,661
2,3889	143,334	8,60	37,86	4,2844	0,9359	85,460
2,4444	146,664	8,80	38,74	4,3840	0,9799	89,344
2,5236	151,416	9,08	40,00	4,5260	1,0444	95,027
2,5833	154,998	9,30	40,95	4,6331	1,0944	99,431
2,6389	158,334	9,50	41,83	4,7327	1,1420	103,615
2,7128	162,768	9,77	43,00	4,8653	1,2069	109,312
2,7758	166,548	9,99	44,00	4,9783	1,2636	114,294
2,8333	169,998	10,20	44,91	5,0815	1,3165	119,934

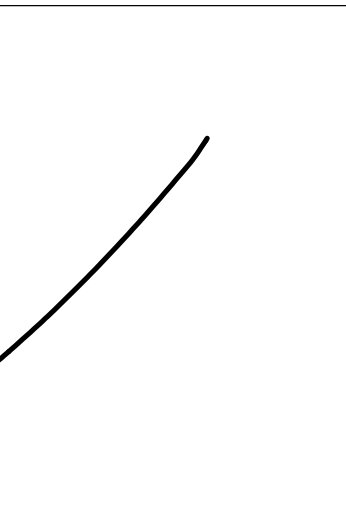
c <sup>2</sup> /2g (m)		A2	A1	A0	Hf (m x 100m)		B2
	LIT/Seg	1,6400E-01	6,0208E-06	-1,2396E-05		LIT/Seg	1,4053E+01
	LIT/Min	4,5554E-05	1,0035E-07	-1,2396E-05		LIT/Min	3,9036E-03
	M <sup>3</sup> /H	1,2654E-02	1,6724E-06	-1,2396E-05		M <sup>3</sup> /H	1,0843E+00
GPM	6,5279E-04	3,7986E-07	-1,2396E-05	GPM	5,5938E-02		

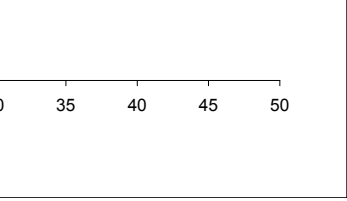






B1	B0
2,3073E+00	-1,7928E-01
3,8455E-02	-1,7928E-01
6,4091E-01	-1,7928E-01
1,4557E-01	-1,7928E-01













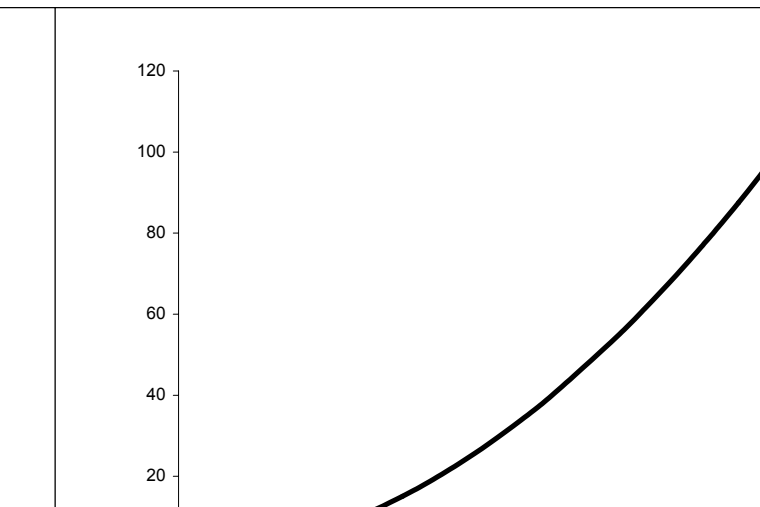
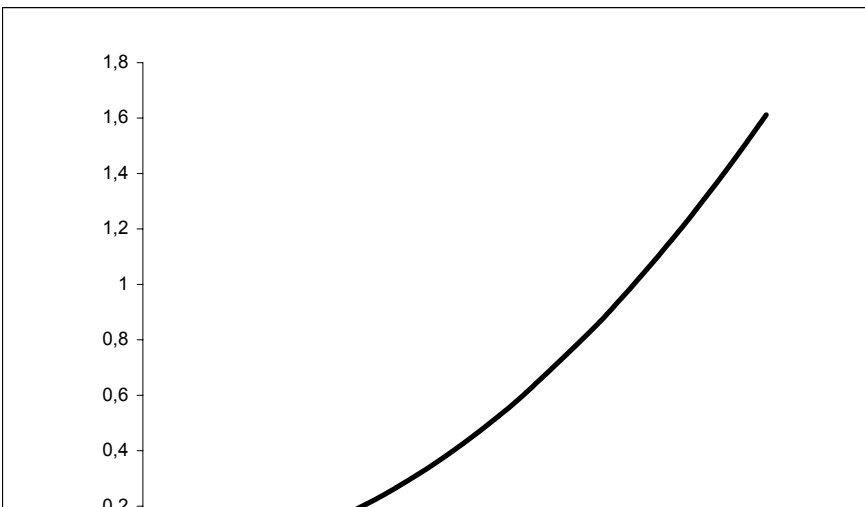


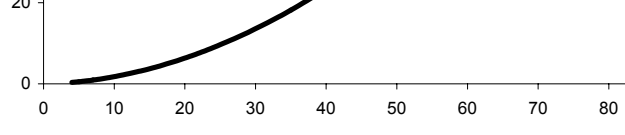
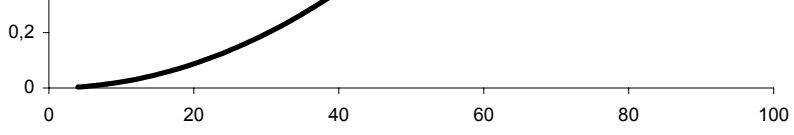




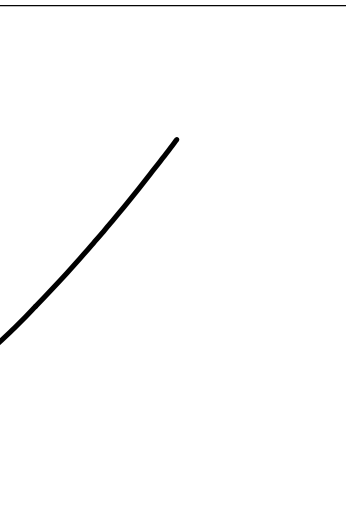
LIT/S	LIT/MIN	M <sup>3</sup> /H	GPM	VEL(m/s)	c <sup>2</sup> /2g(m)	Hf(m x 100m)
0,2524	15,144	0,91	4,00	0,2615	0,0035	0,342
0,3155	18,930	1,14	5,00	0,3269	0,0054	0,509
0,3785	22,710	1,36	6,00	0,3923	0,0078	0,704
0,4000	24,000	1,44	6,34	0,4145	0,0088	0,777
0,4200	25,200	1,51	6,66	0,4352	0,0097	0,848
0,4416	26,496	1,59	7,00	0,4577	0,0107	0,928
0,5000	30,000	1,80	7,93	0,5181	0,0137	1,161
0,5500	33,000	1,98	8,72	0,5700	0,0166	1,379
0,5994	35,964	2,16	9,50	0,6211	0,0197	1,612
0,6667	40,002	2,40	10,57	0,6909	0,0243	1,956
0,7571	45,426	2,73	12,00	0,7846	0,0314	2,468
0,8333	49,998	3,00	13,21	0,8636	0,0380	2,943
0,9028	54,168	3,25	14,31	0,9355	0,0446	3,410
1,0000	60,000	3,60	15,85	1,0363	0,0548	4,119
1,0725	64,350	3,86	17,00	1,1115	0,0630	4,689
1,1667	70,002	4,20	18,49	1,2090	0,0745	5,482
1,2618	75,708	4,54	20,00	1,3076	0,0872	6,343
1,3333	79,998	4,80	21,13	1,3817	0,0973	7,031
1,4583	87,498	5,25	23,11	1,5113	0,1164	8,314
1,5278	91,668	5,50	24,22	1,5832	0,1278	9,072
1,7664	105,984	6,36	28,00	1,8305	0,1708	11,920
2,0000	120,000	7,20	31,70	2,0726	0,2190	15,074
2,2082	132,492	7,95	35,00	2,2883	0,2670	18,188
2,5000	150,000	9,00	39,63	2,5907	0,3422	23,036
2,7778	166,668	10,00	44,03	2,8786	0,4225	28,171
3,0556	183,336	11,00	48,43	3,1665	0,5112	33,813
3,3333	199,998	12,00	52,83	3,4543	0,6084	39,963
3,8889	233,334	14,00	61,64	4,0300	0,8281	53,784
4,1667	250,002	15,00	66,04	4,3179	0,9506	61,455
4,4444	266,664	16,00	70,44	4,6058	1,0816	69,632
4,7222	283,332	17,00	74,85	4,8936	1,2210	78,315
4,8333	289,998	17,40	76,61	5,0088	1,2791	81,930
5,0000	300,000	18,00	79,25	5,1815	1,3689	87,504
5,1667	310,002	18,60	81,89	5,3542	1,4616	93,260
5,3333	319,998	19,20	84,53	5,5269	1,5575	99,199
5,4258	325,548	19,53	86,00	5,6228	1,6119	102,574

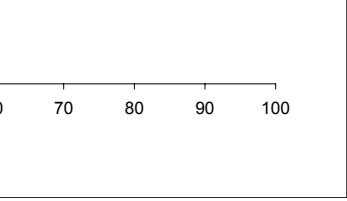
c <sup>2</sup> /2g (m)		A2	A1	A0	Hf (m x 100m)		B2
	LIT/Seg	5,4756E-02	-9,3342E-06	5,4728E-06		LIT/Seg	3,3022E+00
	LIT/Min	1,5210E-05	-1,5557E-07	5,4728E-06		LIT/Min	9,1728E-04
	M <sup>3</sup> /H	4,2250E-03	-2,5928E-06	5,4728E-06		M <sup>3</sup> /H	2,5480E-01
	GPM	2,1796E-04	-5,8891E-07	5,4728E-06		GPM	1,3145E-02





B1	B0
1,0274E+00	-1,8359E-01
1,7123E-02	-1,8359E-01
2,8538E-01	-1,8359E-01
6,4819E-02	-1,8359E-01













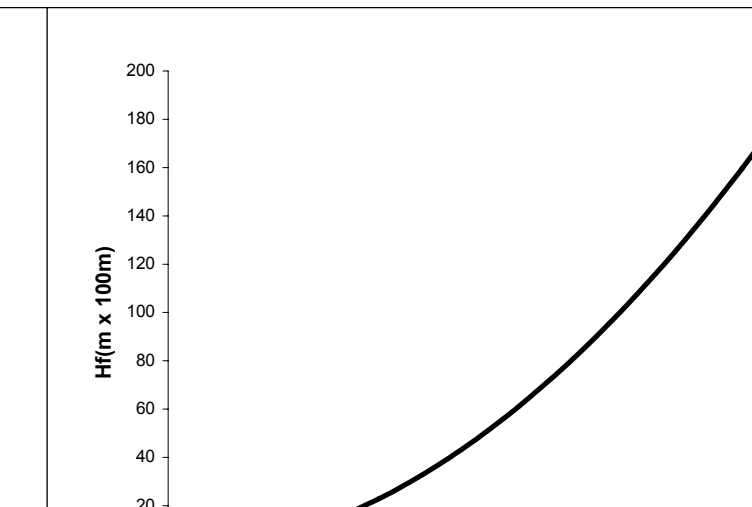
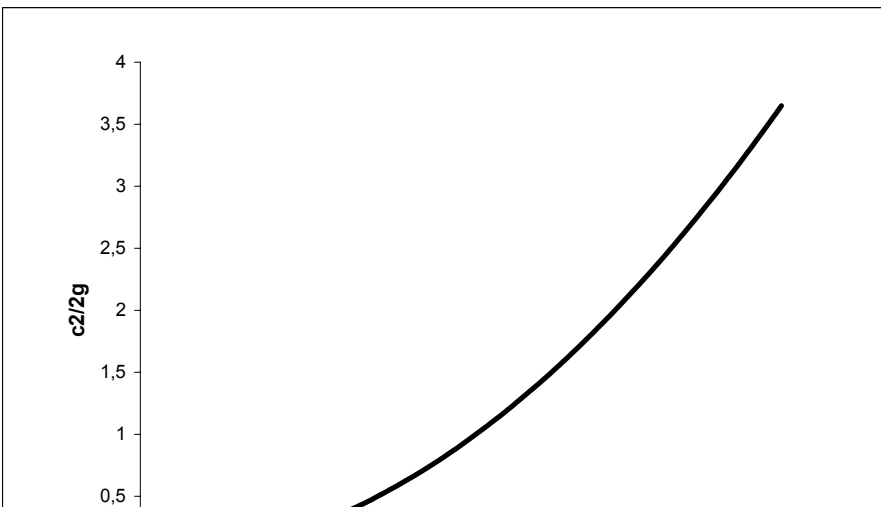


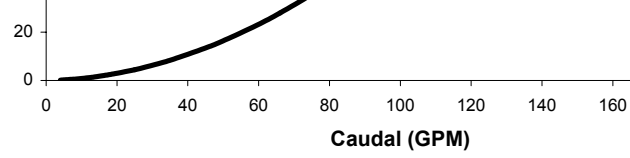
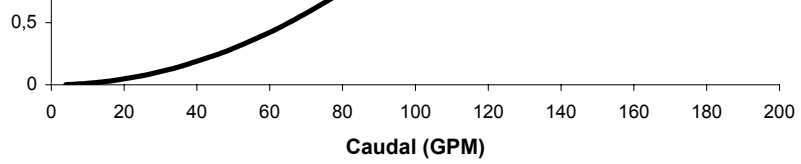




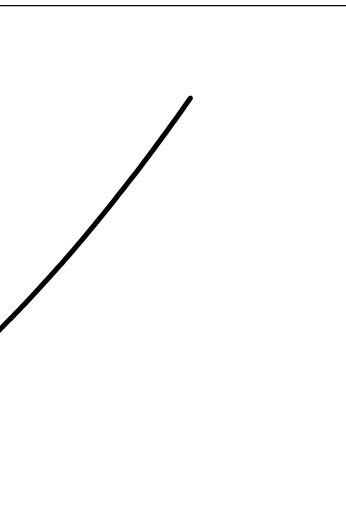
LIT/S	LIT/MIN	M <sup>3</sup> /H	GPM	VEL(m/s)	c <sup>2</sup> /2g(m)	Hf(m x 100m)
0,2524	15,144	0,91	4,00	0,1921	0,0019	0,163
0,3155	18,930	1,14	5,00	0,2402	0,0029	0,242
0,5000	30,000	1,80	7,93	0,3807	0,0074	0,548
0,5678	34,068	2,04	9,00	0,4323	0,0095	0,689
0,8000	48,000	2,88	12,68	0,6091	0,0189	1,280
0,9000	54,000	3,24	14,27	0,6852	0,0239	1,586
1,0094	60,564	3,63	16,00	0,7685	0,0301	1,956
1,1356	68,136	4,09	18,00	0,8646	0,0381	2,429
1,5773	94,638	5,68	25,00	1,2009	0,0735	4,460
1,9444	116,664	7,00	30,82	1,4804	0,1117	6,592
2,2222	133,332	8,00	35,22	1,6919	0,1460	8,471
2,8391	170,346	10,22	45,00	2,1615	0,2382	13,457
3,1545	189,270	11,36	50,00	2,4017	0,2941	16,440
3,7500	225,000	13,50	59,44	2,8551	0,4156	22,866
4,1667	250,002	15,00	66,04	3,1723	0,5131	27,981
4,7317	283,902	17,03	75,00	3,6025	0,6617	35,729
5,2778	316,668	19,00	83,65	4,0183	0,8233	44,104
5,6781	340,686	20,44	90,00	4,3231	0,9529	50,798
6,1111	366,666	22,00	96,86	4,6528	1,1038	58,566
6,3889	383,334	23,00	101,26	4,8643	1,2064	63,837
6,9399	416,394	24,98	110,00	5,2823	1,4234	74,960
7,2222	433,332	26,00	114,47	5,4987	1,5416	81,003
7,5708	454,248	27,25	120,00	5,7641	1,6940	88,785
7,9167	475,002	28,50	125,48	6,0274	1,8523	96,857
8,2017	492,102	29,53	130,00	6,2445	1,9881	103,772
8,6111	516,666	31,00	136,49	6,5562	2,1915	114,119
8,8889	533,334	32,00	140,89	6,7677	2,3352	121,418
9,1667	550,002	33,00	145,29	6,9791	2,4834	128,942
9,4635	567,810	34,07	150,00	7,2051	2,6469	137,231
9,7222	583,332	35,00	154,10	7,4021	2,7936	144,666
10,0000	600,000	36,00	158,50	7,6136	2,9555	152,866
10,2206	613,236	36,79	162,00	7,7815	3,0873	159,536
10,4167	625,002	37,50	165,10	7,9308	3,2069	165,587
10,6944	641,664	38,50	169,51	8,1423	3,3802	174,350
10,9144	654,864	39,29	172,99	8,3098	3,5207	181,450
11,1111	666,666	40,00	176,11	8,4596	3,6488	187,916

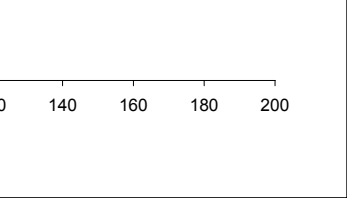
c <sup>2</sup> /2g (m)		A2	A1	A0	Hf (m x 100m)		B2
	LIT/Seg	2,9554E-02	6,3136E-06	-1,8783E-05		LIT/Seg	1,4643E+00
	LIT/Min	8,2096E-06	1,0523E-07	-1,8783E-05		LIT/Min	4,0675E-04
	M <sup>3</sup> /H	2,2804E-03	1,7538E-06	-1,8783E-05		M <sup>3</sup> /H	1,1299E-01
	GPM	1,1764E-04	3,9833E-07	-1,8783E-05		GPM	5,8288E-03





B1	B0
6,6173E-01	-1,8131E-01
1,1029E-02	-1,8131E-01
1,8381E-01	-1,8131E-01
4,1750E-02	-1,8131E-01













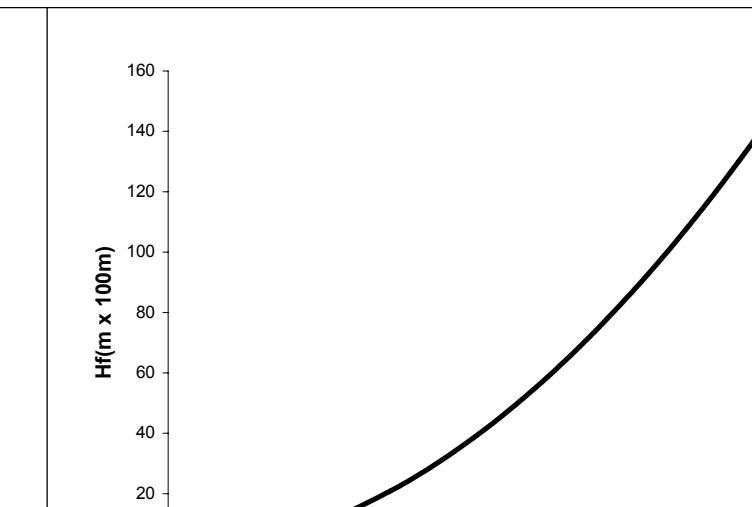
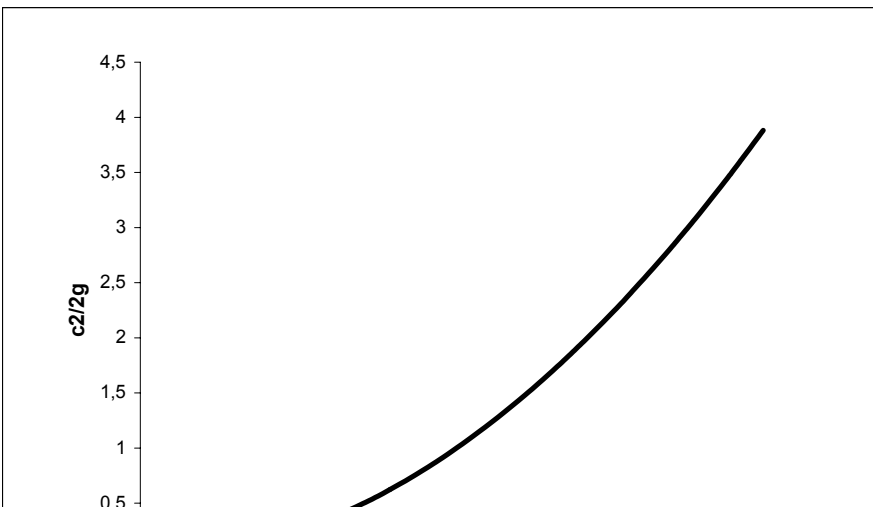


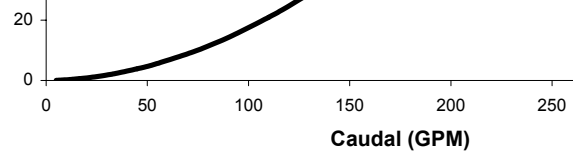
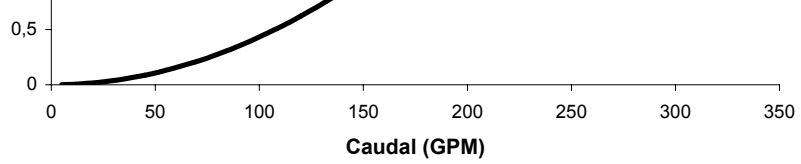




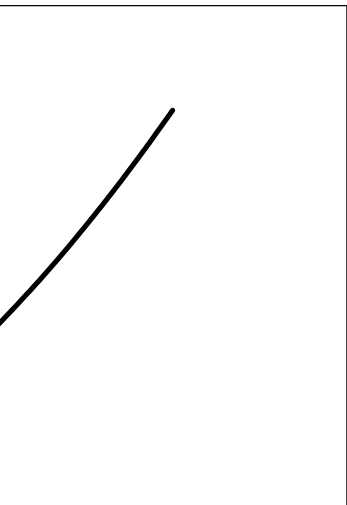
LIT/S	LIT/MIN	M <sup>3</sup> /H	GPM	VEL(m/s)	c <sup>2</sup> /2g(m)	Hf(m x 100m)
0,3155	18,930	1,14	5,00	0,1457	0,0011	0,073
0,5000	30,000	1,80	7,93	0,2310	0,0027	0,164
0,7571	45,426	2,73	12,00	0,3497	0,0062	0,343
0,9000	54,000	3,24	14,27	0,4157	0,0088	0,468
1,0000	60,000	3,60	15,85	0,4619	0,0109	0,566
1,3889	83,334	5,00	22,01	0,6415	0,0210	1,027
1,8927	113,562	6,81	30,00	0,8743	0,0390	1,812
2,2222	133,332	8,00	35,22	1,0265	0,0537	2,438
2,8391	170,346	10,22	45,00	1,3114	0,0877	3,845
3,3333	199,998	12,00	52,83	1,5397	0,1209	5,194
4,4163	264,978	15,90	70,00	2,0400	0,2122	8,830
5,0472	302,832	18,17	80,00	2,3314	0,2771	11,379
5,8333	349,998	21,00	92,46	2,6945	0,3702	14,995
6,9399	416,394	24,98	110,00	3,2056	0,5239	20,915
7,5708	454,248	27,25	120,00	3,4971	0,6235	24,723
8,2017	492,102	29,53	130,00	3,7885	0,7318	28,845
8,8889	533,334	32,00	140,89	4,1059	0,8595	33,692
9,4635	567,810	34,07	150,00	4,3713	0,9743	38,032
10,0944	605,664	36,34	160,00	4,6628	1,1085	43,096
10,8333	649,998	39,00	171,71	5,0041	1,2767	49,426
11,6667	700,002	42,00	184,92	5,3890	1,4807	57,081
12,5000	750,000	45,00	198,13	5,7739	1,6998	65,283
13,0000	780,000	46,80	206,05	6,0049	1,8385	70,467
13,3333	799,998	48,00	211,33	6,1589	1,9340	74,033
13,8889	833,334	50,00	220,14	6,4155	2,0985	80,169
14,5108	870,648	52,24	230,00	6,7028	2,2906	87,328
15,0000	900,000	54,00	237,75	6,9287	2,4477	93,172
15,5556	933,336	56,00	246,56	7,1853	2,6324	100,038
16,0881	965,286	57,92	255,00	7,4313	2,8157	106,847
16,3889	983,334	59,00	259,76	7,5703	2,9219	110,793
16,7189	1003,134	60,19	264,99	7,7227	3,0408	115,203
17,2222	1033,332	62,00	272,97	7,9552	3,2266	122,094
17,7778	1066,668	64,00	281,78	8,2118	3,4382	129,932
18,0556	1083,336	65,00	286,18	8,3401	3,5465	133,942
18,3333	1099,998	66,00	290,58	8,4684	3,6564	138,013
18,8889	1133,334	68,00	299,39	8,7251	3,8814	146,337

c <sup>2</sup> /2g(m)		A2	A1	A0	Hf (m x 100m)		B2
	LIT/Seg	1,0879E-02	-4,7033E-07	2,5376E-06		LIT/Seg	3,9512E-01
	LIT/Min	3,0218E-06	-7,8388E-09	2,5376E-06		LIT/Min	1,0975E-04
	M <sup>3</sup> /H	8,3940E-04	-1,3065E-07	2,5376E-06		M <sup>3</sup> /H	3,0487E-02
GPM	4,3303E-05	-2,9674E-08	2,5376E-06	GPM	1,5728E-03		





B1	B0
2,9235E-01	-1,2923E-01
4,8725E-03	-1,2923E-01
8,1208E-02	-1,2923E-01
1,8445E-02	-1,2923E-01



250 300 350









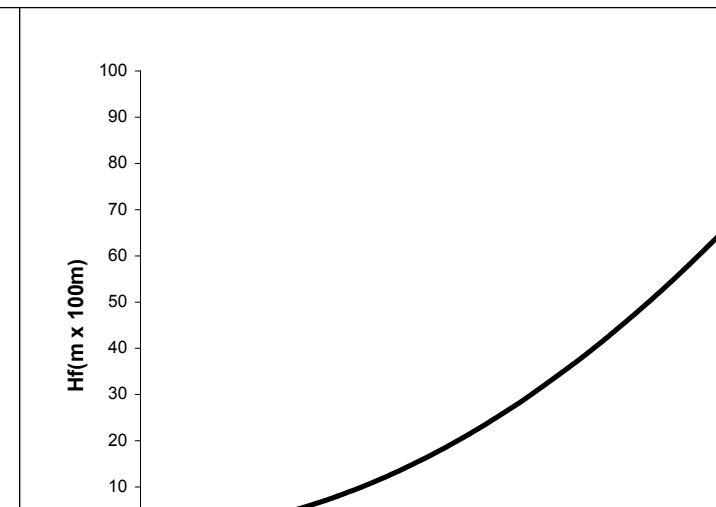
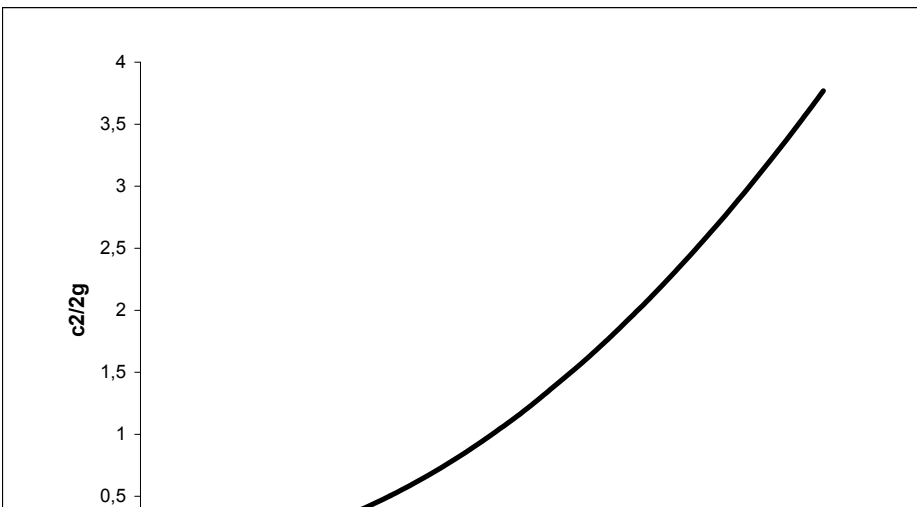


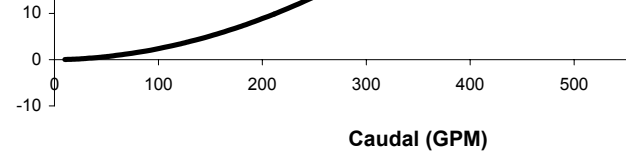
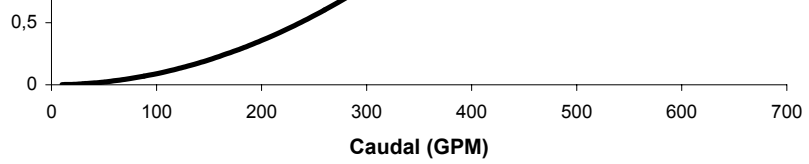




LIT/S	LIT/MIN	M <sup>3</sup> /H	GPM	VEL(m/s)	c <sup>2</sup> /2g(m)	Hf(m x 100m)
0,6309	37,854	2,27	10,00	0,1323	0,0009	0,037
0,9464	56,784	3,41	15,00	0,1984	0,0020	0,076
1,1356	68,136	4,09	18,00	0,2381	0,0029	0,105
1,5773	94,638	5,68	25,00	0,3307	0,0056	0,189
1,9444	116,664	7,00	30,82	0,4077	0,0085	0,275
2,7778	166,668	10,00	44,03	0,5824	0,0173	0,526
3,1545	189,270	11,36	50,00	0,6614	0,0223	0,663
4,4163	264,978	15,90	70,00	0,9260	0,0437	1,233
5,5556	333,336	20,00	88,06	1,1648	0,0692	1,888
6,6667	400,002	24,00	105,67	1,3978	0,0996	2,655
7,5708	454,248	27,25	120,00	1,5874	0,1285	3,371
8,3333	499,998	30,00	132,08	1,7472	0,1557	4,040
9,4635	567,810	34,07	150,00	1,9842	0,2007	5,139
11,1111	666,666	40,00	176,11	2,3296	0,2767	6,971
11,9871	719,226	43,15	190,00	2,5133	0,3221	8,056
13,3333	799,998	48,00	211,33	2,7956	0,3985	9,874
15,0000	900,000	54,00	237,75	3,1450	0,5043	12,375
16,4034	984,204	59,05	259,99	3,4393	0,6031	14,697
18,0556	1083,336	65,00	286,18	3,7857	0,7307	17,683
20,0000	1200,000	72,00	317,00	4,1934	0,8965	21,546
22,0815	1324,890	79,49	349,99	4,6298	1,0929	26,099
23,6111	1416,666	85,00	374,24	4,9505	1,2495	29,721
26,3889	1583,334	95,00	418,26	5,5329	1,5608	36,895
27,7597	1665,582	99,93	439,99	5,8203	1,7272	40,719
28,3905	1703,430	102,21	449,99	5,9526	1,8066	42,542
30,0000	1800,000	108,00	475,50	6,2900	2,0172	47,372
30,8333	1849,998	111,00	488,71	6,4648	2,1309	49,974
31,9444	1916,664	115,00	506,32	6,6977	2,2872	53,552
33,3333	1999,998	120,00	528,33	6,9889	2,4904	58,197
34,6995	2081,970	124,92	549,99	7,2754	2,6987	62,953
35,3303	2119,818	127,19	559,99	7,4076	2,7977	65,212
36,5922	2195,532	131,73	579,99	7,6722	3,0012	69,850
37,8540	2271,240	136,27	599,99	7,9368	3,2117	74,646
39,1158	2346,948	140,82	619,99	8,2013	3,4294	79,601
40,2778	2416,668	145,00	638,40	8,4450	3,6362	84,304
41,0085	2460,510	147,63	649,98	8,5982	3,7693	87,331

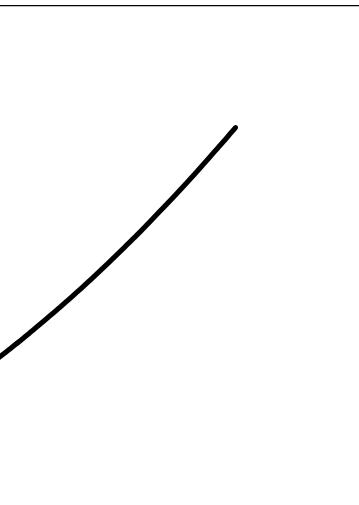
c <sup>2</sup> /2g (m)		A2	A1	A0	Hf (m x 100m)		B2
	LIT/Seg	2,2414E-03	-1,1255E-06	1,2964E-05		LIT/Seg	5,0041E-02
	LIT/Min	6,2261E-07	-1,8758E-08	1,2964E-05		LIT/Min	1,3900E-05
	M <sup>3</sup> /H	1,7295E-04	-3,1263E-07	1,2964E-05		M <sup>3</sup> /H	3,8612E-03
	GPM	8,9219E-06	-7,1008E-08	1,2964E-05		GPM	1,9919E-04







B1	B0
7,9891E-02	-7,6614E-02
1,3315E-03	-7,6614E-02
2,2192E-02	-7,6614E-02
5,0404E-03	-7,6614E-02



500 600 700









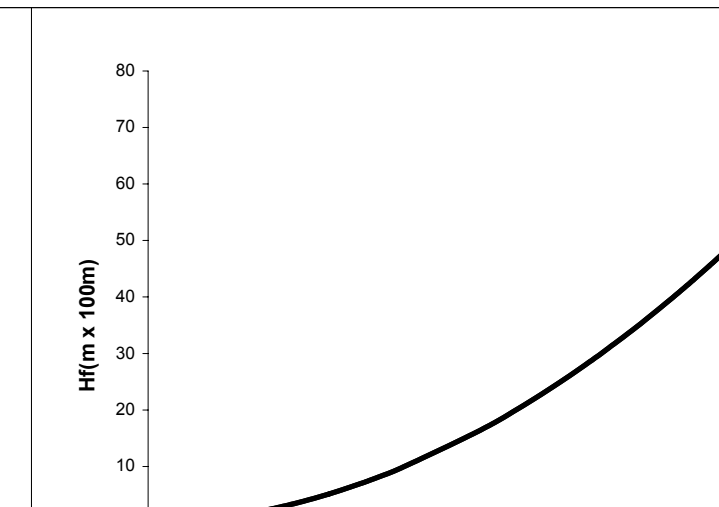
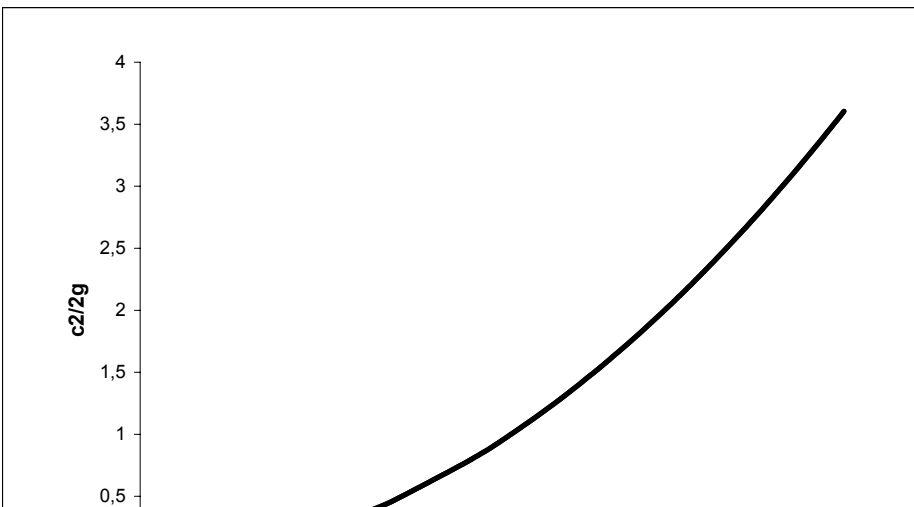


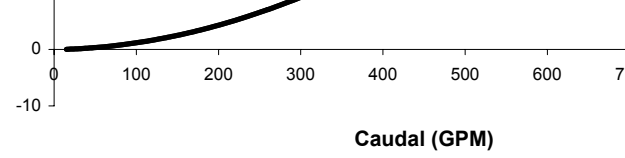
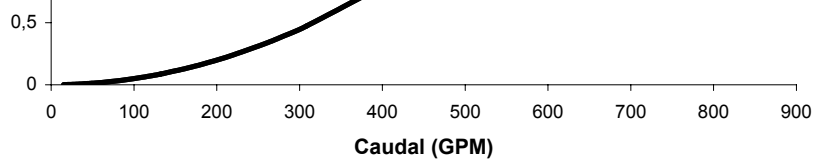




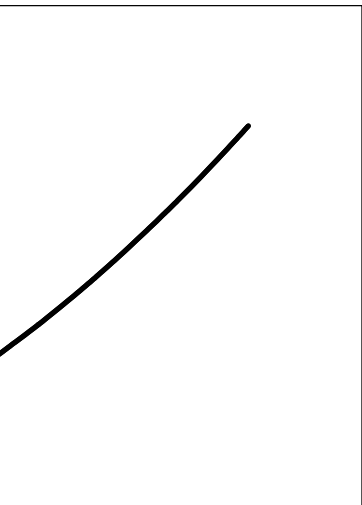
LIT/S	LIT/MIN	M <sup>3</sup> /H	GPM	VEL(m/s)	c <sup>2</sup> /2g(m)	Hf(m x 100m)
0,9464	56,784	3,41	15,00	0,1484	0,0011	0,038
1,3889	83,334	5,00	22,01	0,2177	0,0024	0,075
1,9444	116,664	7,00	30,82	0,3048	0,0047	0,136
2,8391	170,346	10,22	45,00	0,4451	0,0101	0,269
3,0000	180,000	10,80	47,55	0,4703	0,0113	0,297
4,1667	250,002	15,00	66,04	0,6532	0,0218	0,542
5,5556	333,336	20,00	88,06	0,8710	0,0387	0,920
6,9444	416,664	25,00	110,07	1,0887	0,0604	1,391
8,3333	499,998	30,00	132,08	1,3065	0,0870	1,955
9,0000	540,000	32,40	142,65	1,4110	0,1015	2,259
10,0000	600,000	36,00	158,50	1,5677	0,1253	2,753
11,6667	700,002	42,00	184,92	1,8290	0,1706	3,683
13,8798	832,788	49,97	219,99	2,1760	0,2414	5,120
16,4034	984,204	59,05	259,99	2,5716	0,3372	7,039
17,6652	1059,912	63,59	279,99	2,7695	0,3911	8,111
19,4444	1166,664	70,00	308,19	3,0484	0,4738	9,749
25,2360	1514,160	90,85	399,99	3,9564	0,7981	16,106
28,3905	1703,430	102,21	449,99	4,4509	1,0101	20,228
31,9444	1916,664	115,00	506,32	5,0081	1,2788	25,428
34,6995	2081,970	124,92	549,99	5,4400	1,5089	29,865
35,0000	2100,000	126,00	554,75	5,4871	1,5351	30,371
37,5000	2250,000	135,00	594,38	5,8790	1,7622	34,738
40,0000	2400,000	144,00	634,00	6,2710	2,0050	39,397
41,6389	2498,334	149,90	659,98	6,5279	2,1727	42,610
42,2703	2536,218	152,17	669,98	6,6269	2,2391	43,881
43,0556	2583,336	155,00	682,43	6,7500	2,3231	45,488
44,4444	2666,664	160,00	704,44	6,9678	2,4753	48,400
45,8333	2749,998	165,00	726,46	7,1855	2,6325	51,402
47,2222	2833,332	170,00	748,47	7,4032	2,7944	54,494
47,9483	2876,898	172,61	759,98	7,5171	2,8810	56,147
48,5792	2914,752	174,89	769,98	7,6160	2,9573	57,602
50,0000	3000,000	180,00	792,50	7,8387	3,1329	60,948
51,6667	3100,002	186,00	818,92	8,1000	3,3452	64,993
52,9956	3179,736	190,78	839,98	8,3084	3,5195	68,311
53,3333	3199,998	192,00	845,33	8,3613	3,5645	69,168
53,6265	3217,590	193,06	849,98	8,4073	3,6038	69,916

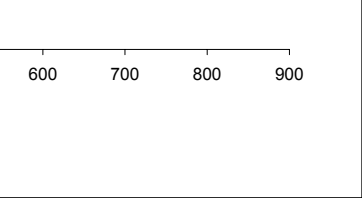
c <sup>2</sup> /2g (m)		A2	A1	A0	Hf (m x 100m)		B2
	LIT/Seg	1,2531E-03	1,8317E-06	-1,0438E-05		LIT/Seg	2,3406E-02
	LIT/Min	3,4809E-07	3,0528E-08	-1,0438E-05		LIT/Min	6,5016E-06
	M <sup>3</sup> /H	9,6691E-05	5,0881E-07	-1,0438E-05		M <sup>3</sup> /H	1,8060E-03
	GPM	4,9880E-06	1,1557E-07	-1,0438E-05		GPM	9,3168E-05





B1	B0
5,0119E-02	-6,8434E-02
8,3531E-04	-6,8434E-02
1,3922E-02	-6,8434E-02
3,1621E-03	-6,8434E-02













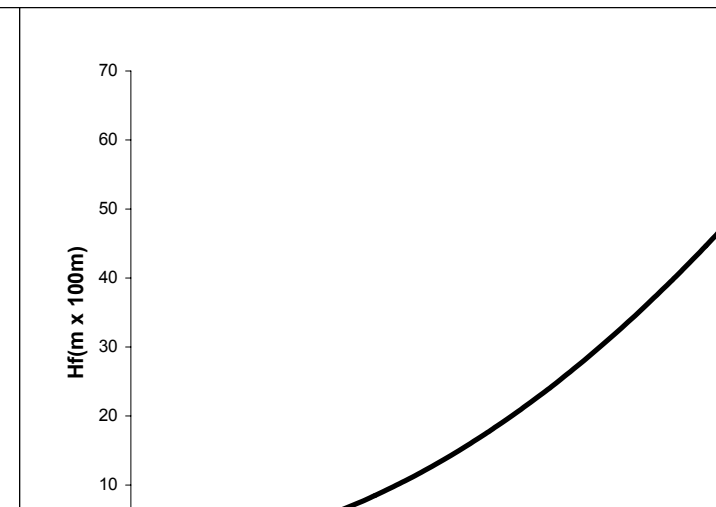
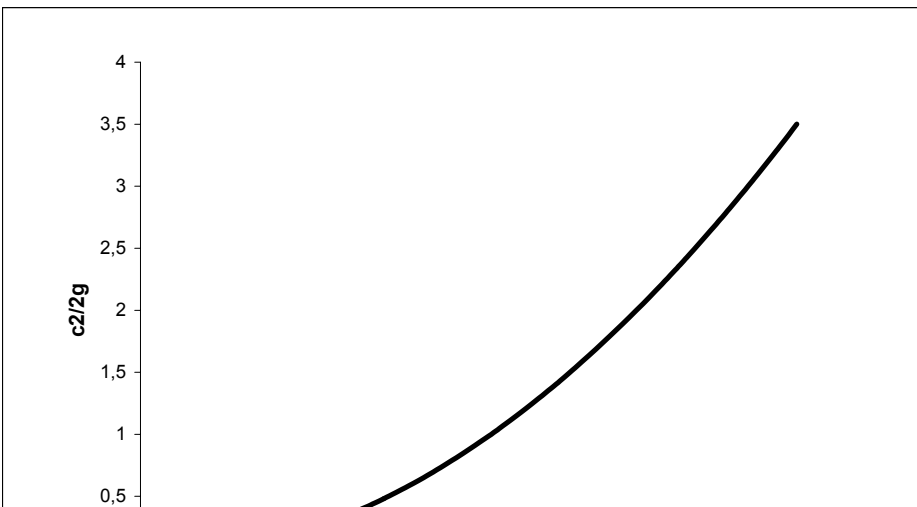


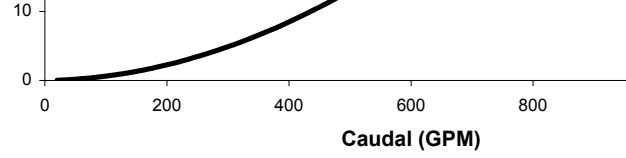
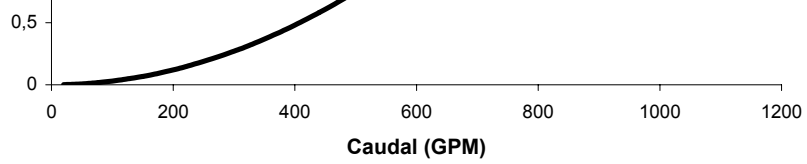




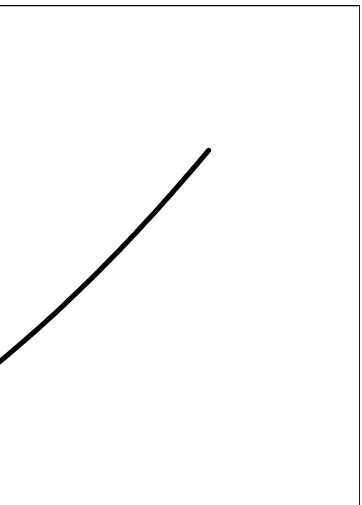
LIT/S	LIT/MIN	M <sup>3</sup> /H	GPM	VEL(m/s)	c <sup>2</sup> /2g(m)	Hf(m x 100m)
1,2618	75,708	4,54	20,00	0,1536	0,0012	0,034
1,8927	113,562	6,81	30,00	0,2305	0,0027	0,070
2,2222	133,332	8,00	35,22	0,2706	0,0037	0,094
3,0000	180,000	10,80	47,55	0,3653	0,0068	0,161
4,1667	250,002	15,00	66,04	0,5073	0,0131	0,292
5,0472	302,832	18,17	80,00	0,6145	0,0193	0,414
6,3090	378,540	22,71	100,00	0,7682	0,0301	0,624
7,5708	454,248	27,25	120,00	0,9218	0,0433	0,874
8,3333	499,998	30,00	132,08	1,0146	0,0525	1,044
9,4635	567,810	34,07	150,00	1,1523	0,0677	1,324
11,1111	666,666	40,00	176,11	1,3529	0,0933	1,787
12,6180	757,080	45,42	200,00	1,5363	0,1203	2,269
13,8889	833,334	50,00	220,14	1,6911	0,1458	2,719
16,6667	1000,002	60,00	264,17	2,0293	0,2100	3,840
18,9270	1135,620	68,14	299,99	2,3045	0,2708	4,891
20,5042	1230,252	73,82	324,99	2,4965	0,3178	5,697
23,3333	1399,998	84,00	369,83	2,8410	0,4115	7,295
25,2360	1514,160	90,85	399,99	3,0727	0,4814	8,478
27,7778	1666,668	100,00	440,28	3,3821	0,5832	10,196
30,0000	1800,000	108,00	475,50	3,6527	0,6803	11,826
33,1222	1987,332	119,24	524,99	4,0329	0,8292	14,317
36,1111	2166,666	130,00	572,36	4,3968	0,9856	16,922
37,8540	2271,240	136,27	599,99	4,6090	1,0831	18,541
40,0000	2400,000	144,00	634,00	4,8703	1,2094	20,634
42,5858	2555,148	153,31	674,98	5,1851	1,3708	23,305
44,4444	2666,664	160,00	704,44	5,4114	1,4931	25,323
47,2222	2833,332	170,00	748,47	5,7497	1,6855	28,496
50,0000	3000,000	180,00	792,50	6,0879	1,8896	31,855
52,7778	3166,668	190,00	836,53	6,4261	2,1054	35,399
55,2039	3312,234	198,73	874,98	6,7215	2,3035	38,647
56,7810	3406,860	204,41	899,98	6,9135	2,4369	40,835
59,4444	3566,664	214,00	942,19	7,2378	2,6709	44,665
61,1111	3666,666	220,00	968,61	7,4407	2,8228	47,149
63,3333	3799,998	228,00	1003,83	7,7113	3,0318	50,564
66,2444	3974,664	238,48	1049,97	8,0657	3,3169	55,219
68,0556	4083,336	245,00	1078,68	8,2863	3,5008	58,218

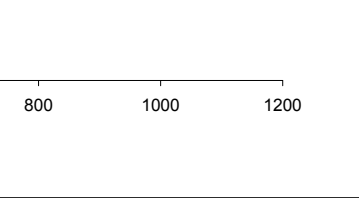
c <sup>2</sup> /2g (m)		A2	A1	A0	Hf (m x 100m)		B2
	LIT/Seg	7,5584E-04	8,8441E-07	-7,5980E-06		LIT/Seg	1,2100E-02
	LIT/Min	2,0996E-07	1,4740E-08	-7,5980E-06		LIT/Min	3,3611E-06
	M <sup>3</sup> /H	5,8321E-05	2,4567E-07	-7,5980E-06		M <sup>3</sup> /H	9,3364E-04
	GPM	3,0086E-06	5,5799E-08	-7,5980E-06		GPM	4,8164E-05





B1	B0
3,3072E-02	-5,8376E-02
5,5120E-04	-5,8376E-02
9,1866E-03	-5,8376E-02
2,0865E-03	-5,8376E-02













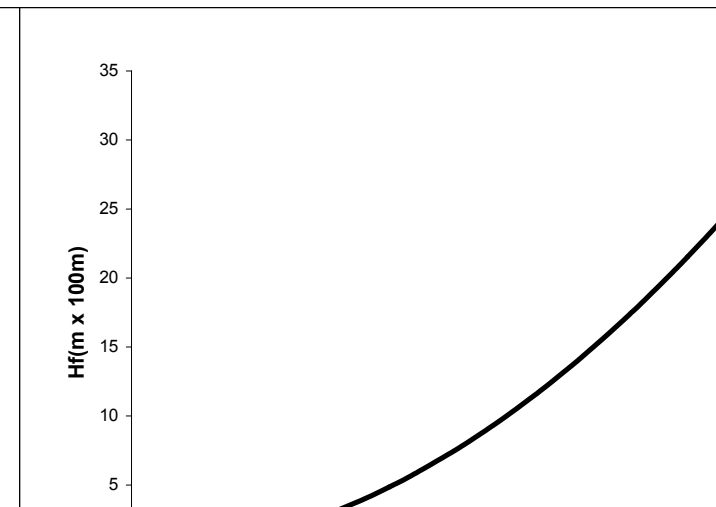
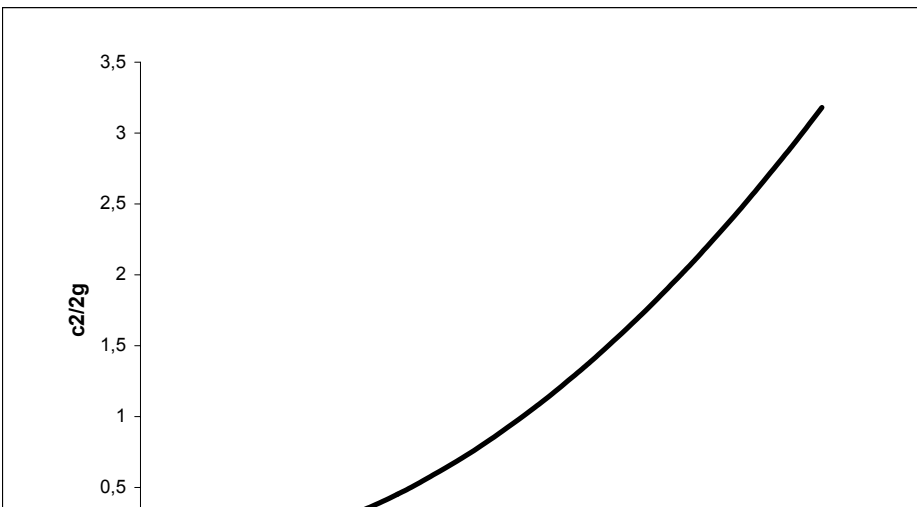


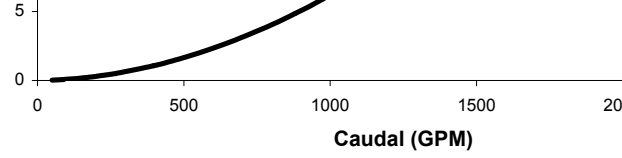
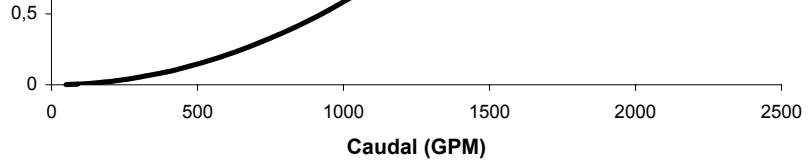




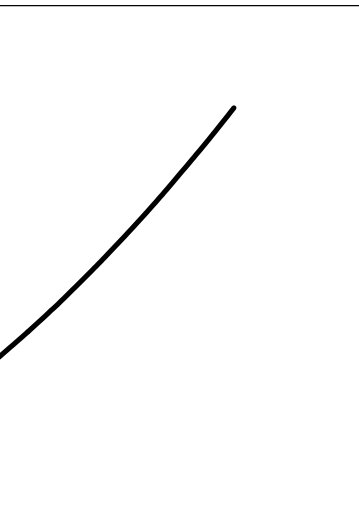
LIT/S	LIT/MIN	M <sup>3</sup> /H	GPM	VEL(m/s)	c <sup>2</sup> /2g(m)	Hf(m x 100m)
3,1545	189,270	11,36	50,00	0,1692	0,0015	0,024
4,4163	264,978	15,90	70,00	0,2369	0,0029	0,044
5,6781	340,686	20,44	90,00	0,3046	0,0047	0,070
6,9399	416,394	24,98	110,00	0,3723	0,0071	0,100
8,0000	480,000	28,80	126,80	0,4292	0,0094	0,130
8,8326	529,956	31,80	140,00	0,4739	0,0114	0,155
10,0000	600,000	36,00	158,50	0,5365	0,0147	0,195
11,6667	700,002	42,00	184,92	0,6259	0,0200	0,259
13,3333	799,998	48,00	211,33	0,7154	0,0261	0,331
15,1416	908,496	54,51	239,99	0,8124	0,0336	0,418
17,6652	1059,912	63,59	279,99	0,9478	0,0458	0,557
25,0000	1500,000	90,00	396,25	1,3413	0,0917	1,065
28,3905	1703,430	102,21	449,99	1,5232	0,1183	1,353
34,6995	2081,970	124,92	549,99	1,8617	0,1767	1,977
41,6667	2500,002	150,00	660,42	2,2355	0,2548	2,800
50,0000	3000,000	180,00	792,50	2,6826	0,3669	3,966
55,5556	3333,336	200,00	880,56	2,9806	0,4530	4,853
59,9355	3596,130	215,77	949,98	3,2156	0,5272	5,615
69,3990	4163,940	249,84	1099,97	3,7234	0,7068	7,448
75,7080	4542,480	272,55	1199,97	4,0618	0,8412	8,812
80,5556	4833,336	290,00	1276,81	4,3219	0,9524	9,937
85,1671	5110,026	306,60	1349,90	4,5693	1,0645	11,069
88,8889	5333,334	320,00	1408,89	4,7690	1,1596	12,027
94,4444	5666,664	340,00	1496,94	5,0671	1,3091	13,530
97,7894	5867,364	352,04	1549,96	5,2465	1,4034	14,477
102,7778	6166,668	370,00	1629,03	5,5142	1,5503	15,949
107,2530	6435,180	386,11	1699,96	5,7543	1,6882	17,329
111,1111	6666,666	400,00	1761,11	5,9613	1,8119	18,565
116,6667	7000,002	420,00	1849,17	6,2593	1,9976	20,419
119,8710	7192,260	431,54	1899,96	6,4312	2,1088	21,529
125,0000	7500,000	450,00	1981,25	6,7064	2,2931	23,365
129,3344	7760,064	465,60	2049,95	6,9390	2,4549	24,975
133,3333	7999,998	480,00	2113,33	7,1535	2,6091	26,508
138,7980	8327,880	499,67	2199,95	7,4467	2,8273	28,676
141,9525	8517,150	511,03	2249,95	7,6160	2,9573	29,966
147,2222	8833,332	530,00	2333,47	7,8987	3,1810	32,185

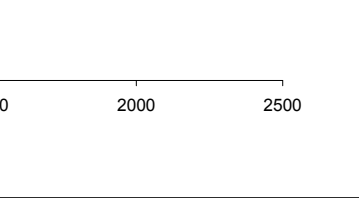
c <sup>2</sup> /2g (m)		A2	A1	A0	Hf (m x 100m)		B2
	LIT/Seg	1,4676E-04	-1,4588E-07	5,4919E-06		LIT/Seg	1,4276E-03
	LIT/Min	4,0767E-08	-2,4313E-09	5,4919E-06		LIT/Min	3,9655E-07
	M <sup>3</sup> /H	1,1324E-05	-4,0522E-08	5,4919E-06		M <sup>3</sup> /H	1,1015E-04
	GPM	5,8419E-07	-9,2038E-09	5,4919E-06		GPM	5,6826E-06





B1	B0
8,7333E-03	-3,4371E-02
1,4556E-04	-3,4371E-02
2,4259E-03	-3,4371E-02
5,5100E-04	-3,4371E-02













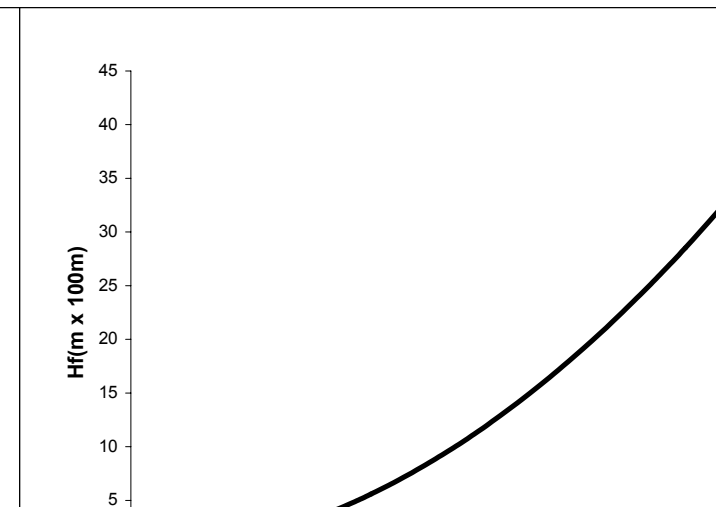
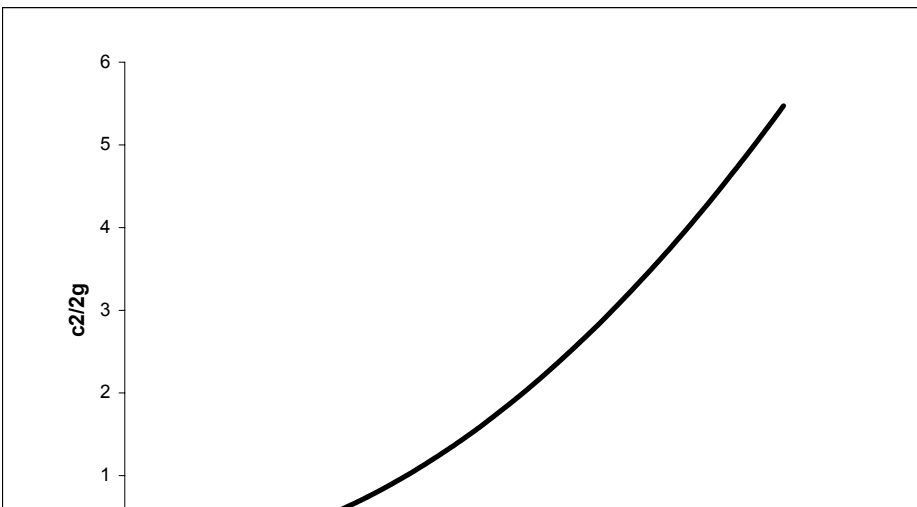


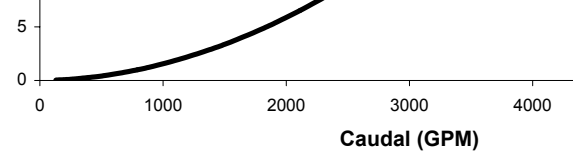
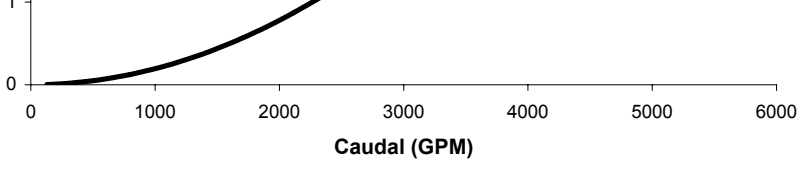




LIT/S	LIT/MIN	M <sup>3</sup> /H	GPM	VEL(m/s)	c <sup>2</sup> /2g(m)	Hf(m x 100m)
8,2017	492,102	29,53	130,00	0,2541	0,0033	0,036
9,0000	540,000	32,40	142,65	0,2788	0,0040	0,042
10,7253	643,518	38,61	170,00	0,3323	0,0056	0,058
12,6180	757,080	45,42	200,00	0,3909	0,0078	0,078
16,4034	984,204	59,05	259,99	0,5082	0,0132	0,126
18,9270	1135,620	68,14	299,99	0,5864	0,0175	0,164
27,7778	1666,668	100,00	440,28	0,8606	0,0378	0,333
33,3333	1999,998	120,00	528,33	1,0328	0,0544	0,468
41,0085	2460,510	147,63	649,98	1,2706	0,0823	0,689
50,0000	3000,000	180,00	792,50	1,5492	0,1224	1,001
56,7810	3406,860	204,41	899,98	1,7593	0,1578	1,273
66,6667	4000,002	240,00	1056,67	2,0656	0,2175	1,727
75,7080	4542,480	272,55	1199,97	2,3457	0,2805	2,200
88,3260	5299,560	317,97	1399,97	2,7366	0,3818	2,954
94,6350	5678,100	340,69	1499,96	2,9321	0,4383	3,372
100,9440	6056,640	363,40	1599,96	3,1276	0,4987	3,818
108,3333	6499,998	390,00	1717,08	3,3565	0,5744	4,374
116,6667	7000,002	420,00	1849,17	3,6147	0,6662	5,045
123,0256	7381,536	442,89	1949,96	3,8117	0,7408	5,590
133,3333	7999,998	480,00	2113,33	4,1311	0,8701	6,531
141,6667	8500,002	510,00	2245,42	4,3893	0,9823	7,345
151,4160	9084,960	545,10	2399,94	4,6914	1,1221	8,357
164,0340	9842,040	590,52	2599,94	5,0823	1,3170	9,762
173,4975	10409,850	624,59	2749,94	5,3755	1,4733	10,888
183,3333	10999,998	660,00	2905,83	5,6803	1,6451	12,122
200,0000	12000,000	720,00	3170,00	6,1967	1,9578	14,364
216,6667	13000,002	780,00	3434,17	6,7131	2,2977	16,795
236,1111	14166,666	850,00	3742,36	7,3155	2,7286	19,870
250,0000	15000,000	900,00	3962,50	7,7458	3,0590	22,224
263,8889	15833,334	950,00	4182,64	8,1762	3,4084	24,708
272,2222	16333,332	980,00	4314,72	8,4344	3,6270	26,262
283,9050	17034,300	1022,06	4499,89	8,7963	3,9450	28,520
300,0000	18000,000	1080,00	4755,00	9,2950	4,4050	31,783
316,6667	19000,002	1140,00	5019,17	9,8114	4,9081	35,347
327,7778	19666,668	1180,00	5195,28	10,1556	5,2585	37,828
334,3769	20062,614	1203,76	5299,87	10,3601	5,4724	39,341

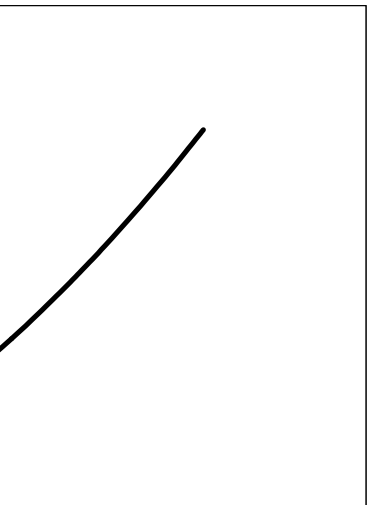
c <sup>2</sup> /2g (m)		A2	A1	A0	Hf (m x 100m)		B2
	LIT/Seg	4,8945E-05	-1,3548E-07	4,3071E-06		LIT/Seg	3,4103E-04
	LIT/Min	1,3596E-08	-2,2580E-09	4,3071E-06		LIT/Min	9,4729E-08
	M <sup>3</sup> /H	3,7766E-06	-3,7633E-08	4,3071E-06		M <sup>3</sup> /H	2,6314E-05
	GPM	1,9483E-07	-8,5476E-09	4,3071E-06		GPM	1,3575E-06

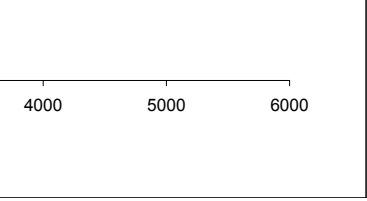






B1	B0
3,7368E-03	-3,0015E-02
6,2281E-05	-3,0015E-02
1,0380E-03	-3,0015E-02
2,3576E-04	-3,0015E-02













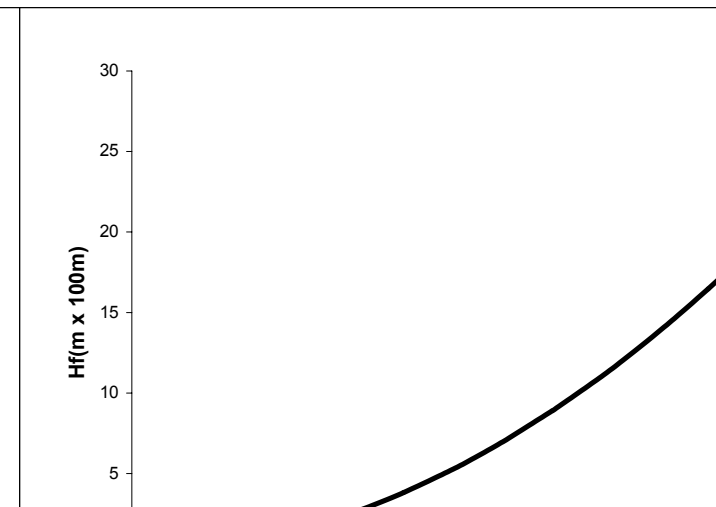
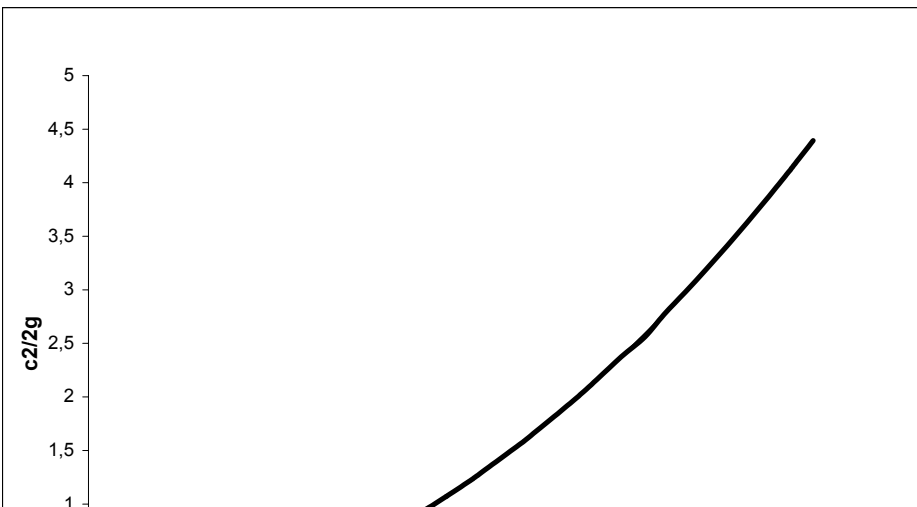


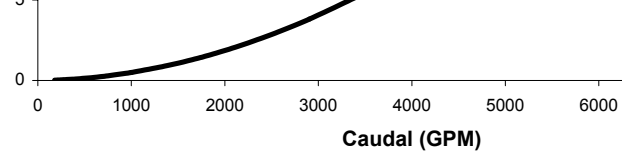
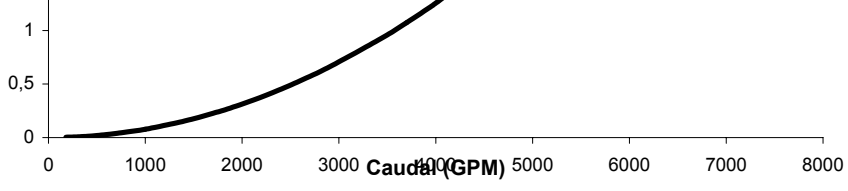




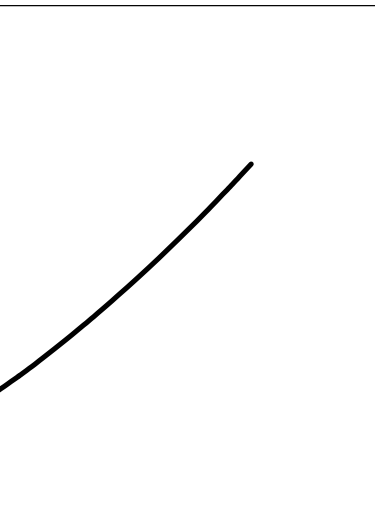
LIT/S	LIT/MIN	M <sup>3</sup> /H	GPM	VEL(m/s)	c <sup>2</sup> /2g(m)	Hf(m x 100m)
11,3562	681,372	40,88	180,00	0,2232	0,0025	0,021
13,8798	832,788	49,97	219,99	0,2728	0,0038	0,031
17,6652	1059,912	63,59	279,99	0,3472	0,0061	0,048
25,2360	1514,160	90,85	399,99	0,4961	0,0125	0,091
31,5450	1892,700	113,56	499,99	0,6201	0,0196	0,138
37,8540	2271,240	136,27	599,99	0,7441	0,0282	0,193
47,3175	2839,050	170,34	749,98	0,9301	0,0441	0,292
55,5556	3333,336	200,00	880,56	1,0920	0,0608	0,394
63,0900	3785,400	227,12	999,98	1,2401	0,0784	0,500
82,0170	4921,020	295,26	1299,97	1,6122	0,1325	0,820
94,6350	5678,100	340,69	1499,96	1,8602	0,1764	1,075
107,2530	6435,180	386,11	1699,96	2,1082	0,2266	1,364
116,6667	7000,002	420,00	1849,17	2,2933	0,2681	1,601
133,3333	7999,998	480,00	2113,33	2,6209	0,3502	2,067
150,0000	9000,000	540,00	2377,50	2,9485	0,4432	2,591
164,0340	9842,040	590,52	2599,94	3,2243	0,5301	3,077
183,3333	10999,998	660,00	2905,83	3,6037	0,6621	3,813
216,6667	13000,002	780,00	3434,17	4,2589	0,9248	5,267
233,3333	13999,998	840,00	3698,33	4,5865	1,0725	6,080
250,0000	15000,000	900,00	3962,50	4,9141	1,2312	6,952
252,3600	15141,600	908,50	3999,91	4,9605	1,2546	7,080
283,3333	16999,998	1020,00	4490,83	5,5694	1,5815	8,869
283,9050	17034,300	1022,06	4499,89	5,5806	1,5879	8,904
315,4500	18927,000	1135,62	4999,88	6,2007	1,9603	10,935
331,2225	19873,350	1192,40	5249,88	6,5107	2,1612	12,028
347,2222	20833,332	1250,00	5503,47	6,8252	2,3751	13,190
362,7675	21766,050	1305,96	5749,86	7,1308	2,5625	14,370
375,0000	22500,000	1350,00	5943,75	7,3712	2,7703	15,334
388,8889	23333,334	1400,00	6163,89	7,6442	2,9793	16,466
402,7778	24166,668	1450,00	6384,03	7,9172	3,1959	17,638
416,3939	24983,634	1499,02	6599,84	8,1849	3,4156	18,827
429,0119	25740,714	1544,44	6799,84	8,4329	3,6258	19,962
441,6300	26497,800	1589,87	6999,84	8,6809	3,8422	21,131
454,2481	27254,886	1635,29	7199,83	8,9289	4,0649	22,333
460,5569	27633,414	1658,00	7299,83	9,0530	4,1786	22,946
472,2222	28333,332	1700,00	7484,72	9,2823	4,3930	24,102

c <sup>2</sup> /2g (m)		A2	A1	A0	Hf (m x 100m)		B2
	LIT/Seg	1,9718E-05	-1,3271E-05	7,8880E-04		LIT/Seg	1,0444E-04
	LIT/Min	5,4772E-09	-2,2118E-07	7,8880E-04		LIT/Min	2,9011E-08
	M <sup>3</sup> /H	1,5215E-06	-3,6864E-06	7,8880E-04		M <sup>3</sup> /H	8,0586E-06
	GPM	7,8488E-08	-8,3728E-07	7,8880E-04	GPM	4,1572E-07	





B1	B0
1,7794E-03	-2,2664E-02
2,9657E-05	-2,2664E-02
4,9429E-04	-2,2664E-02
1,1227E-04	-2,2664E-02



5000 6000 7000 8000









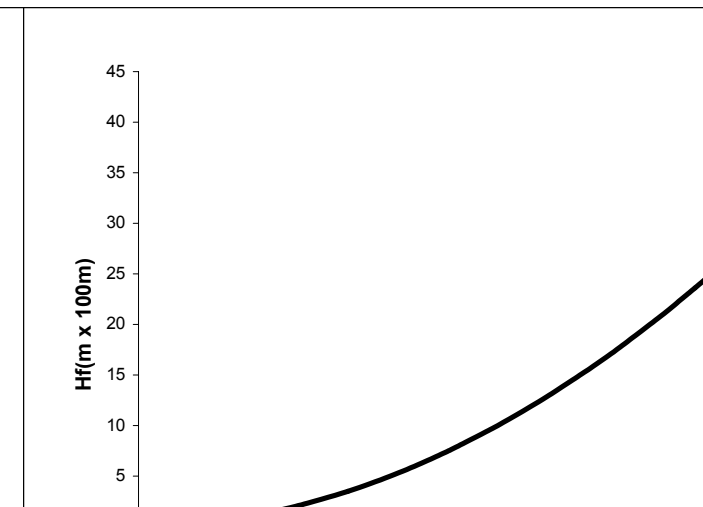
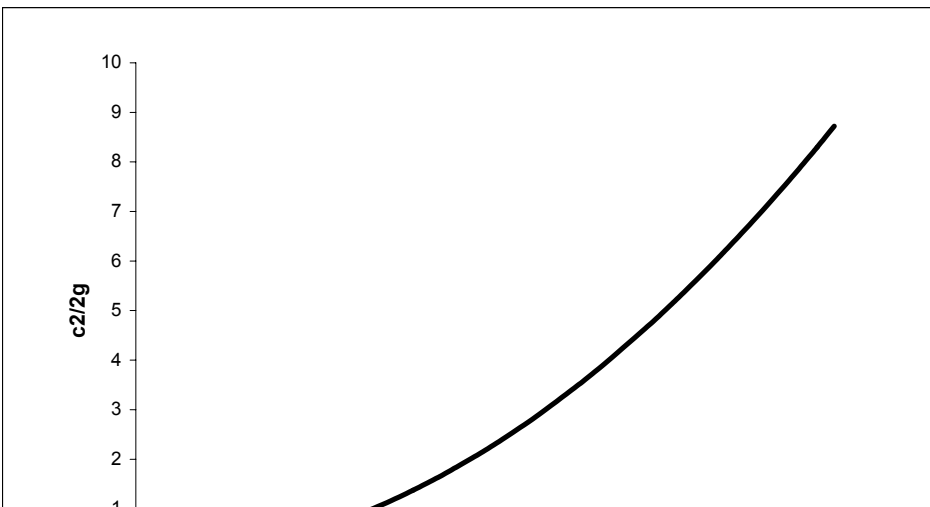


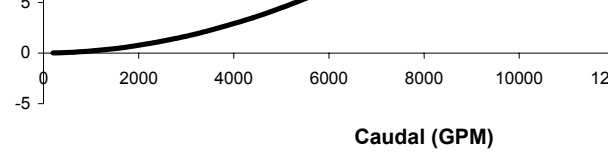
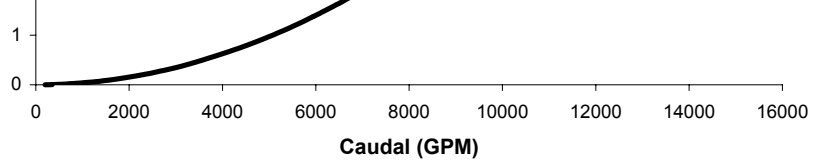




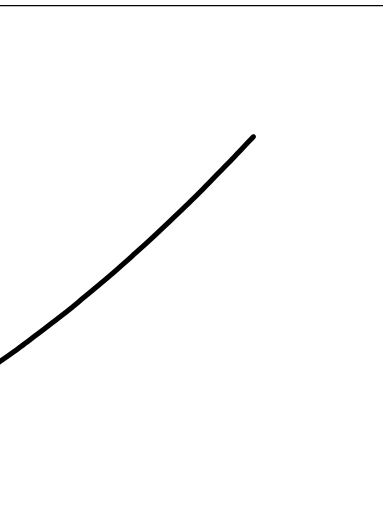
LIT/S	LIT/MIN	M <sup>3</sup> /H	GPM	VEL(m/s)	c <sup>2</sup> /2g(m)	Hf(m x 100m)
12,6180	757,080	45,42	200,00	0,1747	0,0016	0,011
22,0815	1324,890	79,49	349,99	0,3058	0,0048	0,031
31,5450	1892,700	113,56	499,99	0,4368	0,0097	0,059
41,6667	2500,002	150,00	660,42	0,5770	0,0170	0,098
50,0000	3000,000	180,00	792,50	0,6924	0,0244	0,137
56,7810	3406,860	204,41	899,98	0,7863	0,0315	0,173
69,3990	4163,940	249,84	1099,97	0,9610	0,0471	0,251
82,0170	4921,020	295,26	1299,97	1,1358	0,0658	0,343
94,6350	5678,100	340,69	1499,96	1,3105	0,0876	0,449
113,5620	6813,720	408,82	1799,96	1,5726	0,1261	0,633
138,7980	8327,880	499,67	2199,95	1,9220	0,1884	0,927
164,0340	9842,040	590,52	2599,94	2,2715	0,2631	1,274
208,3333	12499,998	750,00	3302,08	2,8850	0,4244	2,013
277,7778	16666,668	1000,00	4402,78	3,8466	0,7544	3,504
333,3333	19999,998	1200,00	5283,33	4,6159	1,0863	4,989
375,0000	22500,000	1350,00	5943,75	5,1929	1,3749	6,272
403,7761	24226,566	1453,59	6399,85	5,5914	1,5940	7,243
416,6667	25000,002	1500,00	6604,17	5,7699	1,6974	7,701
466,8661	28011,966	1680,72	7399,83	6,4650	2,1310	9,615
500,0000	30000,000	1800,00	7925,00	6,9239	2,4443	10,994
541,6667	32500,002	1950,00	8585,42	7,5009	2,8686	12,859
593,0461	35582,766	2134,97	9399,78	8,2124	3,4386	15,359
611,9731	36718,386	2203,10	9699,77	8,4745	3,6616	16,335
638,8889	38333,334	2300,00	10126,39	8,8472	3,9908	17,775
694,4444	41666,664	2500,00	11006,94	9,6165	4,7150	20,940
722,2222	43333,332	2600,00	11447,22	10,0012	5,0998	22,619
738,1531	44289,186	2657,35	11699,73	10,2218	5,3272	23,611
763,8889	45833,334	2750,00	12107,64	10,5782	5,7052	25,259
788,6250	47317,500	2839,05	12499,71	10,9207	6,0806	26,895
805,5556	48333,336	2900,00	12768,06	11,1551	6,3445	28,044
833,3333	49999,998	3000,00	13208,33	11,5398	6,7896	29,982
861,1111	51666,666	3100,00	13648,61	11,9245	7,2498	31,984
883,2600	52995,600	3179,74	13999,67	12,2312	7,6276	33,626
908,4961	54509,766	3270,59	14399,66	12,5806	8,0696	35,548
921,1139	55266,834	3316,01	14599,66	12,7554	8,2954	36,529
944,4444	56666,664	3400,00	14969,44	13,0784	8,7209	38,377

c <sup>2</sup> /2g (m)		A2	A1	A0	Hf (m x 100m)		B2
	LIT/Seg	9,7771E-06	-9,7681E-08	2,0691E-05		LIT/Seg	4,1929E-05
	LIT/Min	2,7159E-09	-1,6280E-09	2,0691E-05		LIT/Min	1,1647E-08
	M <sup>3</sup> /H	7,5441E-07	-2,7134E-08	2,0691E-05		M <sup>3</sup> /H	3,2352E-06
GPM	3,8918E-08	-6,1628E-09	2,0691E-05	GPM	1,6690E-07		





B1	B0
1,0636E-03	-2,1922E-02
1,7727E-05	-2,1922E-02
2,9544E-04	-2,1922E-02
6,7104E-05	-2,1922E-02



0000 12000 14000 16000















DISPOSITIVO	ID	L/D	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	6	8-10	12-16
CODO 45	C4	16,00	0,43	0,40	0,37	0,35	0,34	0,30	0,29	0,29	0,27	0,24	0,22	0,21
CODO 90	C9	30,00	0,81	0,75	0,69	0,66	0,63	0,57	0,54	0,54	0,51	0,45	0,42	0,39
CODO 90 RADIO LARGO	C9LG	16,00	0,43	0,40	0,37	0,35	0,34	0,30	0,29	0,29	0,27	0,24	0,22	0,21
TEE	T	20,00	0,54	0,50	0,46	0,44	0,42	0,38	0,36	0,36	0,34	0,30	0,28	0,26
VALVULA DE BOLA	VB	3,00	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04
VALVULA DE COMPUERTA	VC	8,00	0,22	0,20	0,18	0,18	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,12	0,11	0,10
VALVULA DE GLOBO	VG	340,00	9,20	8,50	7,80	7,50	7,10	6,50	6,10	6,10	5,80	5,10	4,80	4,40
VALVULA DE RETENCION (SWING)100	VRS100	100,00	2,70	2,50	2,30	2,20	2,10	1,90	1,80	1,80	1,70	1,50	1,40	1,30
VALVULA DE RETENCION (SWING)50	VRS50	50,00	1,40	1,30	1,20	1,10	1,10	1,00	0,90	0,90	0,90	0,75	0,70	0,65
VALVULA DE RETENCION 55	VR55	55,00	1,50	1,40	1,30	1,20	1,20	1,10	1,00	1,00	0,94	0,83	0,77	0,72
VALVULA DE RETENCION 600	VR600	600,00	16,20	15,00	13,80	13,20	12,60	11,40	10,80	10,80	10,20	9,00	8,40	7,80
VALVULA MARIPOSA	VM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,86	0,81	0,81	0,77	0,68	0,63	0,35

Tabla #C.17