



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROYECTO
“DISEÑO DE INSTALACIÓN HIDRÁULICA
PARA EL DESARROLLO HABITACIONAL
EN ZONA COSTERA”**

TESIS
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO

PRESENTAN
**ALFONSO URIEL CASTILLO VELÁZQUEZ
ISRAEL MORENO POSADAS**

DIRECTOR DE TESIS
DR. RODRIGO ALBERTO RINCÓN GÓMEZ

CIUDAD UNIVERSITARIA, 2008



Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México nuestra máxima casa de estudios y a nuestra querida Facultad de Ingeniería, por brindarnos el privilegio de formarnos y ser parte de ellas, por permitirnos realizar y llevar a buen término uno de nuestros mayores logros de nuestra vida.

A los profesores que tuvimos a lo largo de nuestra formación profesional; por transmitirnos los conocimientos necesarios para ejercer en el campo de la Ingeniería Mecánica con honradez, responsabilidad, disciplina y ética buscando siempre el progreso de nuestro país.

Un agradecimiento especial a nuestro asesor y amigo Dr. Rodrigo Alberto Rincón Gómez por el gran apoyo y tiempo brindado para la realización de este trabajo.

Además un agradecimiento a nuestros sinodales M.I. Esteban Barrios Bonilla, M.I. Gustavo Becerra Muñoz, M.I. Pedro Rincón Gómez e Ing. Octavio Santiago Cruz.

A la Lic. Elvia Moreno Posadas por su valiosa ayuda en la elaboración de este trabajo.

Doy gracias a la vida por permitirme despertar cada mañana con sueños y metas rodeado de mis seres queridos.

A mis padres Raúl Moreno y Jovita Posadas por darme el ejemplo de entrega y dedicación. Por tanto amor incondicional y por esas grandes lecciones de vida que me han forjado como ser humano.

A mis hermanos Rocío, Rosalía, Gloria, Elvia, Alejandra y Raúl por ser mis grandes compañeros y consejeros durante toda mi existencia.

A toda la banda del LCE, Gilvestre, Manuel, Moy, Miguelón, Cejas, Pérez, Adrián, Pelón; además del Manolo y el Maches entre tantos no menos importantes. Que fueron parte indispensable para la culminación de la facultad. Su amistad siempre apreciaré.

Y en especial agradecimiento a Karina Jaimes por tanto amor, apoyo, paciencia y ser mi mejor amiga. Tú representas la sal de mi vida y sin ti todo sería desabrido.

Israel Moreno Posadas

Uriel Castillo Velázquez.

Primeramente agradezco a Dios por haberme permitido llegar a esta etapa de mi vida, por renovar siempre mi fuerza de voluntad para seguir y librar todos esos pequeños o grandes obstáculos que siempre están en el camino.

A mis padres Guillermo y Rosalía a quienes amo profundamente, gracias por su apoyo y confianza.

A mis hermanos que siempre están ahí para exigirme siempre ser una mejor persona.

A mis sobrinos quienes sin decirme nada me alientan a ser el ejemplo a seguir.

A mi compañero Israel Moreno por su confianza y amistad.

A todos mis compañeros y amigos del LCE, por todos esos momentos de alegría que hicieron que la Universidad se sintiera siempre como un hogar; gracias porque con su amistad y compañía me hicieron crecer como persona.

Finalmente a la Facultad de Ingeniería por darme la oportunidad de formar parte de esta comunidad.

ÍNDICE:

Introducción	4
Objetivo	4
Resumen	4
Capítulo I. "Generalidades del Proyecto	7
1.1. Alcances	7
1.2. Ubicación	7
1.3. Características Arquitectónicas	7
1.4. Aspectos Climatológicos del Municipio de Benito Juárez Quintana Roo México	8
Capítulo II. "Propiedades Mecánicas de los Fluidos"	11
2.1. Ecuaciones Fundamentales de la Mecánica de Fluidos	11
2.2. Conductos y Tuberías Comercialmente Disponibles	21
2.3. Velocidad de Flujo Recomendada en Conductos y Tuberías	22
2.4. Potencia Requerida por Bombas	22
2.5. Ecuaciones del Factor de Fricción	23
2.6. Fuentes de Pérdidas Menores	24
2.7. Coeficiente de Resistencia	25
2.8. Coeficientes de Resistencia para Válvulas y Uniones	25
2.9. Codos de Tubería	35
2.10. Sistemas de Tuberías en Paralelo	37
2.11. Sistemas con dos Ramas	38
2.12. Sistemas con tres o más Ramas (Redes)	38
2.13. Parámetros Implicados en la Selección de una Bomba	38
2.14. Selección de una Bomba	46
2.15. Carga de Succión Positiva Neta	48
2.16. Detalles de la Línea de Succión	49
2.17. Detalles de la Línea de Descarga	49
Capítulo III. "Método de Cálculo Empleados"	53
3.1. Método del Máximo Gasto Probable (Método Hunter)	53
3.2. Obtención de la Carga Dinámica Total	56
3.3. Pérdidas de Presión en Tuberías	59
Capítulo IV. "Normatividad"	63
4.1. Reglamento de Construcción del IMSS	63
4.2. Reglamento de Construcción del GDF	78
4.3. Reglamento de Construcción de Municipio de Benito Juárez Q. Roo.	90
Capítulo V. "Proyecto"	93
5.1. Memoria de Cálculo	93
5.2. Memoria Técnica descriptiva	102
5.3. Elaboración de Planos y requerimientos	104
5.4. Especificaciones Generales	104
5.5. Especificaciones Particulares	105
5.6. Catálogo de conceptos	106

Anexos	109
Conclusiones	113
Bibliografía	115

INTRODUCCIÓN

Hoy en día la proyección de las instalaciones básicas y especiales en los desarrollos habitacionales así como en cuestiones de urbanismo, son de gran importancia. Por lo que deberán estar sujetas a normas y reglamentos locales, estatales y federales, a manera que se obtengan estándares de calidad, seguridad e higiene dignos para la utilización humana.

Para obtener una mejor calidad de vida en las ciudades y áreas urbanas es necesario ofrecer condiciones de salubridad y confort a sus habitantes. Desde la reducción de la contaminación; alimentación; psicología; salud física y por supuesto servicios urbanos en sus viviendas.

Para el Proyecto Hidráulico de Agua Potable que se propone a continuación es necesario identificar cuáles son las necesidades de los condóminos, el cliente dueño del inmueble, sus recursos y nuestros alcances. Para así proponer por medio de la Ingeniería la mejor solución al proyecto.

Sin embargo, para desarrollar el proyecto se debe acatar la propuesta arquitectónica. Las instalaciones deben adecuarse dentro de los muros, para conducir a través de ellos todas las instalaciones; a veces no son suficientes o en ocasiones no hay paso para la red hidráulica propuesta, ya que se cruzan otras instalaciones o estructuras mismas de los edificios. De esta manera existe la obligación de respetar la propuesta arquitectónica y considerar tecnologías y materiales nuevos, y así garantizar la funcionalidad del proyecto.

El proyecto arquitectónico y estructural se realizó en el periodo 2005-2007; se consiguió el predio donde se alojará el proyecto y se realizaron trámites y permisos. Durante el año 2007 fue que entró a la etapa de los proyectos ejecutivos de las instalaciones y juntas de coordinación de todos los implicados en el desarrollo. Una vez terminado todo el trabajo de gabinete y conseguido todos los permisos necesarios, el desarrollo entrará en la etapa de construcción. Para ello ya se lanzó la preventa de los condominios.

El desarrollo contará con dos torres de departamentos, áreas verdes, alberca, gimnasio, estacionamiento, vigilancia y todos los servicios municipales.

Para otorgar el servicio de agua potable eficaz dentro del desarrollo y dentro de cada departamento, se requiere proyectar acatando las normas oficiales vigentes, bajo las últimas mejoras tecnológicas y considerando un buen análisis de costos.

OBJETIVO

El objetivo de esta tesis es desarrollar el proyecto de instalación hidráulica de Agua Potable para los condóminos del desarrollo habitacional localizado en zona costera. Incluye el cálculo y diseño de la red hidráulica, selección de materiales, equipo de bombeo y costo base del proyecto.

RESUMEN

En la actualidad existe con mayor frecuencia la problemática relacionada a la falta de servicios urbanos y en específico la explotación y contaminación de los mantos acuíferos y escurrimientos naturales, lo que provoca en épocas de estiaje la escasez del agua potable para el consumo humano.

El presente trabajo se desarrolló con la finalidad de proveer el diseño de la red hidráulica general para los condóminos del desarrollo habitacional localizado en zona costera, estableciendo nuevos parámetros de diseño respecto a lo indicado en la normatividad local. Para ello fue necesario consultar normatividades más rigurosas de otras localidades, e incluso de otras dependencias gubernamentales. Se tuvo como principal inconveniente la adaptación de la nueva normatividad en función de las condiciones particulares de la zona geográfica donde residirá el proyecto.

Dentro de las normas consultadas fueron la Norma Técnica del Municipio de Benito Juárez (Cancún) Quintana Roo México, Gaceta Oficial del Gobierno del Distrito Federal y el Reglamento de Construcción del Instituto Mexicano del Seguro Social IMSS. Esta última reglamentación fue de gran ayuda debido a que contiene una gran cantidad de datos técnicos como son tablas y gráficas de selección y operación; que son complementarias al método de cálculo recomendado (Método del Máximo Gasto Probable).

Para lograr la adaptación de las normas consultadas a las condiciones locales se debieron considerar factores tales como la humedad relativa del ambiente, precipitación pluvial anual promedio, altura respecto al nivel del mar, nivel del manto freático, dureza del agua, temperatura media anual, entre otros factores no menos importantes.

Además, para comprender el método de cálculo indicado por la normatividad y todos sus conceptos, fue necesario utilizar como respaldo conceptos básicos sobre la mecánica de fluidos, entre ellos las ecuaciones que rigen la mecánica de fluidos, pérdidas de presión en tuberías, carga dinámica total, velocidades permisibles en tuberías, coeficientes de resistencia de conexiones y accesorios, parámetros implicados en la selección de bombas; y además se consultaron manuales y curvas de operación de bombas, especificaciones de materiales y productos hidráulicos.

Para la selección del equipo de bombeo se consideró como primer factor la aplicación de las mismas, su costo y además, el porcentaje de eficiencia. Con estas consideraciones se logrará una tasa de retorno de la inversión a través del ahorro de energía eléctrica conseguido a comparación de otros sistemas de bombeo menos eficientes.

Para el desarrollo del proyecto ejecutivo se elaboró una memoria de cálculo, memoria técnica descriptiva, planos del diseño de la red hidráulica, especificaciones y selección de equipos y materiales de construcción y por último un costo base del proyecto.

Para el desarrollo del costo base del proyecto se utilizó el método de precios unitarios, ya que en este método se consideran de manera unitaria costos materiales, costo de mano de obra, costos indirectos y utilidades para el contratista; es por ello que para los fines del proyecto ejecutivo éste método resulta ser muy confiable y arroja una buena aproximación del resultado. Teniendo como inconveniente la continua actualización de los costos de materiales y mano de obra derivados por ajustes al salario mínimo generalizado e inflación.

Capítulo I. Generalidades del Proyecto

1.1 Alcances.

El diseño de las instalaciones del Desarrollo Habitacional en Zona Costera comprende: áreas comunes, servicios generales, interior de los departamentos y la infraestructura de cada una de las instalaciones del conjunto. El conjunto de instalaciones está compuesto por:

Instalaciones Básicas:

- Instalación Hidráulica.
- Instalación de Protección Contra Incendio.
- Instalación Sanitaria.
- Instalación Eléctrica.

Instalaciones Especiales:

- Instalación de Riego.
- Instalación de Aire Acondicionado.
- Instalación de Detectores de Humo.
- Instalación de Voz y Datos.
- Instalación de Pararrayos.

En esta tesis solamente se consideró el apartado de la Red General Hidráulica de Agua Potable. En algunos párrafos de capítulos posteriores se harán comentarios sobre las demás instalaciones pero solamente será para fines ilustrativos o bien para complementar el desarrollo del proyecto de la Red General Hidráulica de Agua Potable.

1.2 Ubicación.

El inmueble que ejemplificará este proyecto está localizado en la zona hotelera de Cancún, que es la principal zona turística del estado de Quintana Roo. Se ubica en Paseo Pok-Ta-Pok, manzana 44, lote 2, sección “B” segundo, Nueve Hoyos Campo de Golf, C. P. 77500, zona hotelera, municipio de Benito Juárez en Cancún, Quintana Roo, México.

1.3 Características Arquitectónicas.

Propietario. LAGOON LOFTS S.A. de C.V.

Especificaciones Arquitectónicas. El proyecto consistirá de dos edificios, más áreas exteriores, áreas comunes y de servicio:

- **Edificio I.** Consta de 4 niveles más planta baja, exclusivamente para 32 departamentos, y 1 *pent house*.
- **Edificio II.** Consta de 6 niveles más planta baja. De los cuales, del nivel 2 al 6 son para 28 departamentos más 1 *pent house*. La planta baja y primer nivel están destinados para áreas de estacionamiento, cuartos de máquinas, subestación, gimnasio y *lobby*.
- **Áreas exteriores.** Consta de áreas verdes y alberca.
- **Áreas comunes y de servicio.** Comprende pasillos, zona de escaleras, elevadores y estacionamiento.

Las **superficies del proyecto** se dividen de la siguiente manera:

- El predio tiene un área de 4,460 m² aproximadamente.
- El área de construcción es de 14,738 m² aproximadamente.
- El estacionamiento tendrá un área de 2,457 m² aproximadamente.
- La alberca tiene un área de 217 m² aproximadamente.
- El área de jardín es de 1191 m² aproximadamente.

La cantidad total de departamentos por los dos edificios es de 62 departamentos, los cuales serán de 1 y 2 niveles con una, dos y tres recámaras.

Los servicios que tendrá este desarrollo son: Agua Potable, Drenaje, Voz y Datos, Seguridad, Sistema de Protección Contra Incendio, Electricidad, Servicios de Limpieza, Sanidad y Servicios Recreativos.

1.4 Aspectos Climatológicos del Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, México.

El Municipio Benito Juárez está localizado en el Trópico de Cáncer, por debajo de los 23° de Latitud Norte, en la zona térmica denominada Zona Tropical Norte. Debido al mayor calentamiento que ocurre en el ecuador por la incidencia de los rayos solares, la superficie donde se localiza el Municipio tiene elevada temperatura y baja presión atmosférica (García, 1988).

En cuanto a la Altitud, el municipio se encuentra al nivel del mar. Está situado en la costa oriental del continente, por lo que recibe la influencia de corrientes marinas calientes, principalmente la Corriente del Golfo de México, que propicia un clima cálido y lluvioso.

El municipio se sitúa dentro de la franja de circulación de los vientos alisios del Norte, los cuales atraviesan el mar y por ello están cargados de humedad. Este tipo de viento tiene su origen en el aire que llega a la superficie terrestre traído por las corrientes descendentes subtropicales que emigran de las zonas de alta presión hacia las zonas de baja presión ecuatorial. La circulación del aire no encuentra barreras físicas a causa del relieve plano que presenta la Península de Yucatán.

El clima predominante del Municipio Benito Juárez se incluye dentro del Grupo A, del tipo Aw, que es cálido subhúmedo, con lluvias todo el año, aunque más abundantes en verano. Una característica que sirve como referencia para la clasificación en este grupo climático es que la temperatura media del mes más frío es mayor de 18 °C. Por otra parte, las isoyetas se encuentran cercanas a los 1,500 mm y el cociente precipitación/temperatura es mayor que 55.3, estando los valores medios de humedad relativa en un rango del 80 al 90 % como consecuencia del régimen de lluvias prevaleciente. El balance de escurrimiento medio anual es de 0-20 mm mientras que el déficit por evapotranspiración para la zona es de 600 a 700 mm anuales.

La información más reciente que se dispone al interior del área de estudio son los datos obtenidos por la Estación Meteorológica Cancún dependiente de la Comisión Nacional del Agua para el período 1991-2000. De acuerdo con éstos y considerando que su cociente P/T es de 49.43 y la oscilación térmica, es decir, la oscilación anual de las temperaturas medias mensuales es mayor que 5 °C, corresponde a un subtipo climático Aw como reportaba García (1988) con los datos de hace 30 años. Estos resultados, sin embargo, deben tomarse con reservas, debido a que los datos reportados sólo abarcan un período de 10 años y corresponden a una sola estación.

En la Tabla 1.1 se presentan los registros de temperatura y precipitación para la zona de Cancún. Así mismo, se incluye la gráfica ombrotérmica, que muestra la marcha anual de temperatura y precipitación que resulta de graficar tales datos (Figura 1.1).

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T (°C)	24.1	24.6	25.4	27.5	28.6	29.0	29.3	29.2	28.7	27.4	26.1	24.7	27.0
P (mm)	155.3	44.3	51.7	39.2	86.8	150.4	53.4	113.1	231.0	197.6	118.9	124.1	1,334.6

Tabla 1.1. Temperatura y Precipitación Media Mensual de Cancún. Los datos que se reportan se refieren a un período de 10 años, obtenidos por la Estación Meteorológica Cancún. Fuente: Comisión Nacional del Agua.

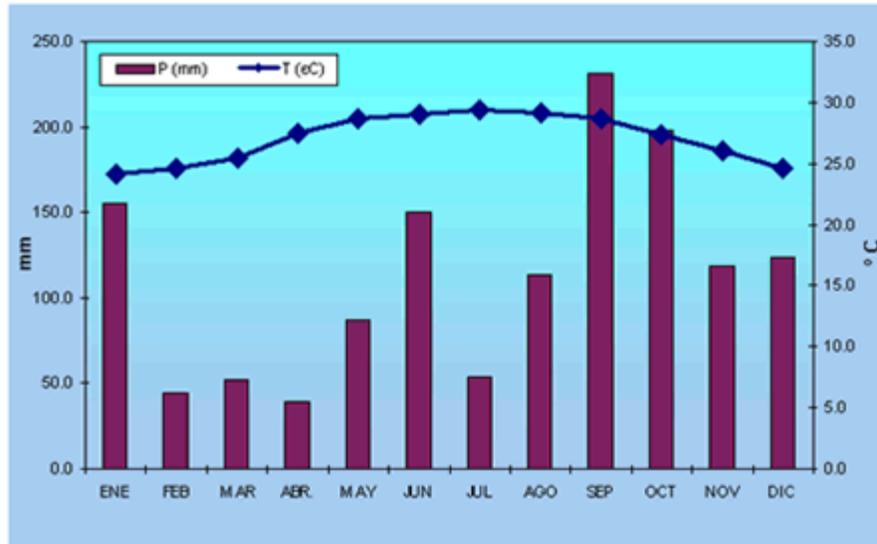


Figura 1.1. Gráfica ombrotérmica para Cancún. A partir de los datos recogidos por la estación meteorológica Cancún de la CNA, para un período de 10 años, se elaboró la gráfica que muestra la marcha anual de temperatura y precipitación, que indica que el subtipo climático en la zona corresponde al Aw1.

De acuerdo con los datos de la CNA, las temperaturas medias anuales del período van de 26.6 a 27.7 °C y la temperatura anual media del período es de 27.0 °C. Las temperaturas medias extremas son de 19.0 °C la mínima y 35.2 °C la máxima. Durante este período la temperatura más baja fue de 9.5 °C y se registró en marzo de 1996, mientras que la más alta fue en agosto de 1998 con 39.5 °C. De acuerdo con las temperaturas medias mensuales registradas en este período el mes más frío es enero con 24.1 °C y julio el más caluroso con 29.3 °C, con una oscilación térmica de 5.2 °C.

En cuanto a la precipitación pluvial, el promedio anual es de 1,334.6 mm. El año de mayor precipitación fue 1998, en él se registraron 1,955.3 mm de lluvia; mientras que 1996 presentó la menor cantidad con 1,032.0 mm de precipitación pluvial. De acuerdo con los datos, la mayor precipitación mensual ocurre generalmente en el mes de septiembre, el cual tiene un promedio de 231.0 mm de lluvia mensual; mientras que abril es el mes que presenta la menor precipitación mensual promedio, con un registro de 39.2 mm. En este período, la precipitación máxima registrada en 24 horas ocurrió en el mes de septiembre de 2000 y fue de 230.6 mm, mientras que la precipitación promedio mensual máxima, de 540.4 mm, se registró en septiembre de 1995.

Capítulo II. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS FLUIDOS

2.1 Ecuaciones Fundamentales de la Mecánica de Fluidos.

Análisis Integral, Sistema y Volumen de Control.

En ocasiones, en ingeniería no se está tan interesado en el conocimiento "exacto" de los campos de velocidad, presión, temperatura, etc., como en las consecuencias macroscópicas de los mismos. Ello significa que para el técnico las descripciones precisas de estas distribuciones no son un fin, sino un medio para determinar variables de mayor interés práctico: empujes, momentos, caudales, rendimientos, potencias, etc. En consecuencia, el estudio profundo del flujo, ya sea por métodos analíticos o numéricos, sólo se efectúa para problemas muy complejos, para los cuales se justifica el empleo de recursos importantes, en tiempo y dinero.

Por todo ello, resulta evidente la necesidad de disponer de un método que conjugue en la medida de lo posible, simplicidad y rigor. Es por este motivo por el cual surgieron ya en el siglo XIX los llamados Métodos Integrales, los cuales consisten en efectuar una aplicación de las ecuaciones básicas de la Mecánica y la Termodinámica a unos determinados dominios del flujo, con características definidas, en los cuales tenga lugar el fenómeno objeto de estudio.

En rigor, estos métodos no son exclusivos de la Mecánica de Fluidos, sino que son válidos en su formulación general para todo sistema deformable. Sin embargo, es evidente que es en el estudio de flujos de materia donde tienen mayor posibilidad de utilización, tanto por la necesidad que de ellos se tiene como por la relativa facilidad de su empleo y grado de exactitud de las soluciones.

La naturaleza del medio material, las características del flujo y las propiedades asociadas al dominio merecen una especial consideración, pues de las hipótesis que respecto a ellos se realicen, se derivará por una parte una mayor o menor bondad de los resultados, y por otra, un distinto grado de complejidad del cálculo. La validez de los métodos integrales viene condicionada por las hipótesis de cálculo adoptadas.

En consecuencia, deberá elegirse adecuadamente el dominio en el cual se aplicarán los principios, de tal forma que se puedan definir unas características de forma inequívoca, que sea posible definir su evolución temporal si procede, que puedan formularse hipótesis razonables respecto a la dirección y distribución de la velocidad del fluido en determinadas secciones, así como la distribución de presión y temperatura y que puedan efectuarse consideraciones sobre la estacionariedad o variación cíclica del flujo. Consideración aparte merece la naturaleza del fluido. Así, deberán efectuarse hipótesis respecto a la compresibilidad o incompresibilidad del mismo, y en caso de ser precisa, utilizar una ecuación de estado. Además, cuando no sea legítima la suposición de flujo ideal sin disipación viscosa, deberán efectuarse hipótesis para la determinación de la misma. Por último, cuando exista transferencia de calor deberán efectuarse hipótesis respecto al mecanismo de transmisión.

Los principios de conservación (de masa, energía, cantidad de movimiento) son aplicables a conjuntos definidos de partículas dentro de un medio material. Es lo que se denomina habitualmente un sistema, y precisa para su reconocimiento la previa determinación de la identidad y propiedades del conjunto de dichas partículas. Dado que se usará la descripción Euleriana para la formulación del movimiento, es necesario obtener expresiones para las leyes de variación de las variables fluidodinámicas ligadas a volúmenes de fluido o, en general, a volúmenes que pueden variar con el tiempo de forma arbitraria, que desde ahora se denominarán volúmenes de control (espacio que limita el dominio del flujo objeto de estudio), tal y como se muestra en la Figura 2.1, que a continuación se muestra:

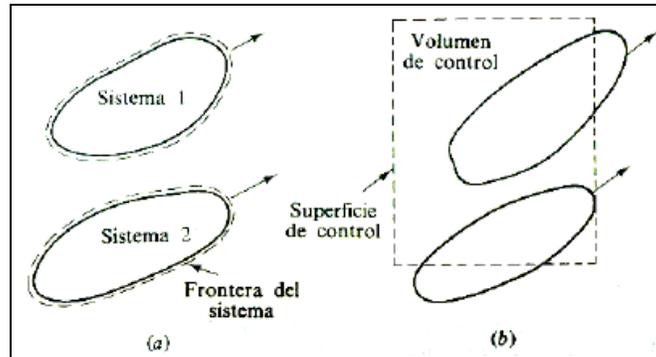


Figura 2.1. Análisis de sistemas frente a análisis de volúmenes de control: (a) dos sistemas en movimiento que satisfacen todas las leyes básicas mientras se dirigen al infinito; (b) dos sistemas que pasan a través de un volumen de control, lo cual permite analizar los efectos locales que producen.

La dificultad de la aplicación de los principios de conservación en el volumen de control deriva del hecho de que estos son válidos para los sistemas materiales, no para los espacios ocupados coyunturalmente por ellos. En consecuencia, es preciso deducir un método que permita obtener la variación de una magnitud asociada a un sistema en función de las propiedades del flujo en un determinado volumen de control ocupado, para un instante dado, por dicho sistema. El Teorema de Arrastre de Reynolds permite efectuar esta relación entre magnitudes, como se mostrará a continuación. En la Figura 2.2 se muestran distintas posibilidades de volumen de control:

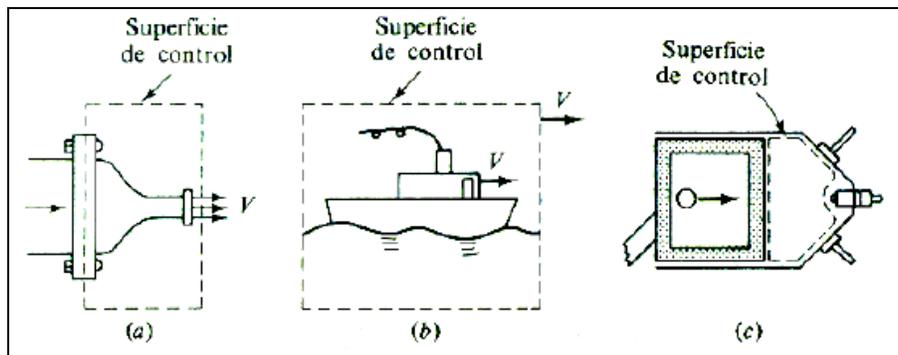


Figura 2.2. Volúmenes de control fijos, móviles y deformables: (a) volumen de control fijo para el análisis de fuerzas sobre una tobera; (b) volumen de control móvil con el barco para analizar su resistencia; (c) volumen de control deformable dentro de un cilindro para analizar transitorios de presión.

Teorema de Transporte de Reynolds.

Asociadas a formulaciones diferenciales se tienen las magnitudes intensivas, que son aquéllas cuyo valor no depende de la cantidad de materia que interviene en el fenómeno en cuestión. Ejemplos de tales magnitudes serían la velocidad y la temperatura.

Las magnitudes extensivas están asociadas a formulaciones integrales y son aquéllas cuyo valor sí depende de la cantidad de materia que interviene. Son ejemplos de tales magnitudes la masa, la cantidad de movimiento y la entalpía.

Los ejemplos dados de magnitudes intensivas y extensivas sugieren una relación entre ambas. Si se denomina $\beta(\bar{x}, t)$ una magnitud intensiva genérica, función de la posición y del tiempo, existe una magnitud extensiva $B(\bar{x}, t)$ asociada a ella, función también del tiempo y de la posición del conjunto de partículas del sistema, estando relacionadas ambas por la expresión:

$$B(\bar{x}, t) = \int_{V_C} \rho \beta(\bar{x}, t) dV$$

La integral está definida en el volumen ocupado por el sistema. Las magnitudes $\beta(\bar{x}, t)$ y $B(\bar{x}, t)$ pueden tener carácter escalar o vectorial. Es sabido que la magnitud $\beta(\bar{x}, t)$, por ser intensiva, admite la operación derivada material, en la forma:

$$\frac{d\beta}{dt} = \frac{\partial \beta}{\partial t} + (\bar{v} \cdot \nabla) \beta$$

Sin embargo, la magnitud extensiva $B(\bar{x}, t)$ no admite dicho operador, por lo cual hay que determinar las variaciones por otro método, teniéndose como primera expresión:

$$\frac{dB}{dt} = \frac{d}{dt} \int_{V_C} \rho \beta(\bar{x}, t) dV$$

En la expresión de la derivada material de una magnitud extensiva no es posible permutar el orden de los operadores derivada e integral, puesto que el volumen de integración es dependiente de la variable temporal. Se tiene pues, necesidad de hacer una transformación Lagrangiana, a fin de poder aplicar los principios de conservación, válidos para sistemas de partículas en evolución y que ocupan posiciones cambiantes en el tiempo, al espacio definido por un volumen de control que, en un instante, aloje al sistema.

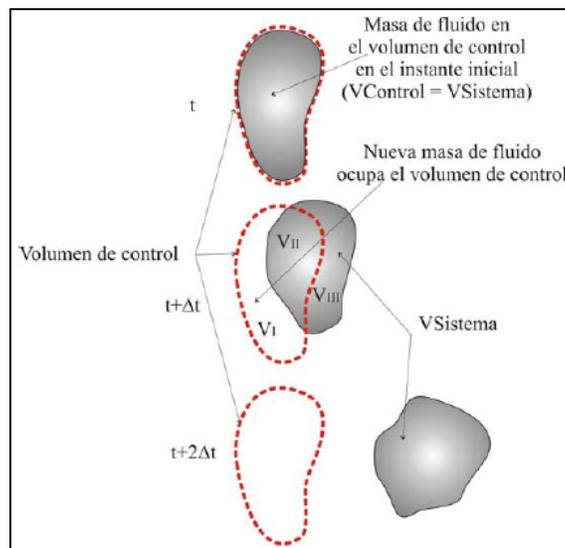


Figura 2.3. En la Figura se muestra una situación inicial (instante t) en el que un sistema ocupa exactamente un volumen de control. En un instante posterior (instante $t+\Delta t$) una porción del sistema ha abandonado el volumen de control y nueva masa de fluido ocupa el volumen de control. En un instante posterior (instante $t+2\Delta t$) el sistema ha abandonado completamente el volumen de control.

A continuación se deducirá el teorema de arrastre de Reynolds a partir de la Figura 2.3.

La cantidad total de B en el sistema es:

$$B = \int_{V_{\text{Sistema}}} \rho \beta \, dV$$

La variación temporal de B es:

$$\frac{dB}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{B_{t+\Delta t} - B_t}{\Delta t}$$

Por la definición anterior:

$$\frac{dB}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\left(\int_{V_{\text{Sistema}}} \rho \beta \, dV \right)_{t+\Delta t} - \left(\int_{V_{\text{Sistema}}} \rho \beta \, dV \right)_t}{\Delta t}$$

En el instante t: $V_{\text{Sistema}} = V_{\text{Control}}$.

En el instante t + Δt : $V_{\text{Sistema}})_{t+\Delta t} = V_{\text{II}} + V_{\text{III}} = V_{\text{Control}} - V_{\text{I}} + V_{\text{III}}$.

Por tanto:

$$\frac{dB}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\left(\int_{V_{\text{Control}}} \rho \beta \, dV \right)_{t+\Delta t} - \left(\int_{V_{\text{I}}} \rho \beta \, dV \right)_{t+\Delta t} + \left(\int_{V_{\text{III}}} \rho \beta \, dV \right)_{t+\Delta t} - \left(\int_{V_{\text{Control}}} \rho \beta \, dV \right)_t}{\Delta t}$$

Que se puede reescribir como:

$$\frac{dB}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\left(\int_{V_{\text{Control}}} \rho \beta \, dV \right)_{t+\Delta t} - \left(\int_{V_{\text{Control}}} \rho \beta \, dV \right)_t}{\Delta t} - \frac{\left(\int_{V_{\text{I}}} \rho \beta \, dV \right)_{t+\Delta t}}{\Delta t} + \frac{\left(\int_{V_{\text{III}}} \rho \beta \, dV \right)_{t+\Delta t}}{\Delta t}$$

El primer término del segundo miembro representa la variación de B en el volumen de control;

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\left(\int_{V_{\text{Control}}} \rho \beta \, dV \right)_{t+\Delta t} - \left(\int_{V_{\text{Control}}} \rho \beta \, dV \right)_t}{\Delta t} = \frac{\partial}{\partial t} \int_{V_{\text{Control}}} \rho \beta \, dV$$

El segundo término representa la cantidad de B que sale del volumen de control entre t y t + Δt, y el tercer término representa la cantidad de B que entra en el volumen de control entre t y t + Δt.

$$\left. \frac{\int_{V_I} \rho \beta \, dV}{\Delta t} \right|_{t+\Delta t} = \int \beta \, (d\dot{m})_{sal}; \left. \frac{\int_{V_{III}} \rho \beta \, dV}{\Delta t} \right|_{t+\Delta t} = \int \beta \, (d\dot{m})_{ent}$$

Los flujos másicos entrante y saliente se pueden representar como:

$$d\dot{m} = \rho (\bar{v}_r \cdot d\bar{A}) = \rho v_r \, dA \cos \theta$$

Siendo θ el ángulo formado por el vector velocidad al atravesar la superficie del volumen de control y la dirección normal saliente a dicha superficie.

Agrupando los siguientes términos se obtiene:

$$\frac{dB}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} \int_{VC} \rho \beta \, dV + \int_{SC} \rho \beta (\bar{v}_r \cdot d\bar{A})$$

En la que el primer término del segundo miembro representa la variación de la suma de la propiedad intensiva en el interior del volumen de control, mientras que el segundo término es el flujo de dicha propiedad intensiva a través de la superficie de control que encierra dicho volumen. $\bar{v}_r = \bar{v} - \bar{v}_{VC}$ es la velocidad relativa entre el fluido y el volumen de control.

En definitiva, el Teorema de Arrastre de Reynolds establece la relación existente entre la derivada material de una magnitud extensiva de un sistema $B(\bar{x}, t)$, con la derivada temporal de la integral de la magnitud intensiva asociada, en el volumen de integración definido, y el término de flujo de dicha magnitud intensiva a través de las superficies del volumen.

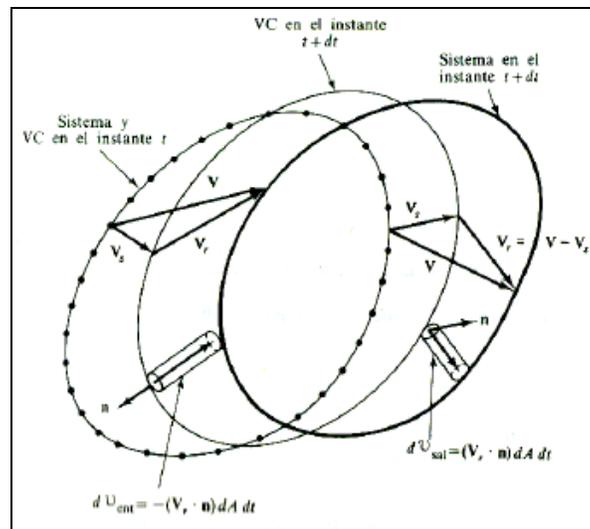


Figura 2.4. Efectos de las velocidades relativas entre el sistema y el volumen de control cuando ambos se mueven y se deforman. La frontera del sistema se mueve con velocidad V_s, y la superficie de control lo hace con velocidad V_c.

Ecuación de Conservación de Masa.

Recibe el nombre de ecuación de continuidad la expresión obtenida de la aplicación simultánea del Principio de Conservación de la masa y del Teorema de Arrastre de Reynolds a un volumen de control. La magnitud extensiva es la masa "m" mientras que la magnitud intensiva asociada sería:

$$" \beta = 1 "$$

Por el principio de conservación de masa, la masa de un sistema no varía, de tal manera que se puede escribir:

$$\frac{dm}{dt} = 0$$

Por el teorema de arrastre se tendría:

$$\frac{dm}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} \int_{VC} \rho dV + \int_{SC} \rho (\bar{v}_r \cdot d\bar{A})$$

Igualando ambas expresiones, se deduce la llamada ecuación de continuidad o de conservación de la masa para un volumen de control:

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_{VC} \rho dV + \int_{SC} \rho (\bar{v}_r \cdot d\bar{A}) = 0$$

Dicha expresión indica que la variación de masa (aumento o disminución) en el interior del volumen de control se obtiene mediante el flujo de masa (hacia el interior o hacia el exterior) a través de las superficies del mismo.

Ecuación de Conservación de Energía.

De la aplicación simultánea de la primera ley de la Termodinámica y del Teorema de Arrastre de Reynolds, se deduce la ecuación de la energía para volúmenes de control. Aquí, la magnitud extensiva es la energía, "E", mientras que la magnitud intensiva asociada es la energía por unidad de masa, "e".

El Primer Principio permite relacionar la energía, el calor y el trabajo, mediante la expresión:

$$\frac{dE}{dt} = \frac{dQ}{dt} - \frac{dW}{dt}$$

El convenio de signos utilizado establece que el calor (Q) absorbido por el sistema es positivo mientras que el cedido se considera negativo. En cambio se considera positivo el trabajo (W) efectuado por el sistema y negativo el efectuado sobre el mismo.

En este caso, el Teorema de Arrastre establece que:

$$\frac{dE}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} \int_{VC} \rho e dV + \int_{SC} \rho e (\bar{v}_r \cdot d\bar{A})$$

Igualando ambas expresiones resulta la ecuación de la energía en su forma más general:

$$\frac{dQ}{dt} - \frac{dW}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} \int_{VC} \rho e dV + \int_{SC} \rho e (\bar{v}_r \cdot d\bar{A})$$

La energía por unidad de masa es:

$$e = e_{\text{interna}} + e_{\text{cinética}} + e_{\text{potencial}} + e_{\text{otras}} = u + \frac{v^2}{2} + g z + e_{\text{otras}}$$

Donde e_{otras} incluye los posibles cambios de composición química, reacciones nucleares, efectos electromagnéticos y electrostáticos, entre otros.

El término de trabajo se puede dividir en los siguientes términos:

$$\dot{W} = \dot{W}_{\text{motor}} + \dot{W}_{\text{presión}} + \dot{W}_{\text{esf. visc.}} = \dot{W}_S + \dot{W}_P + \dot{W}_V$$

El trabajo de las fuerzas gravitatorias está incluido como energía potencial en la energía e . El trabajo de elementos móviles denominado motor (\dot{W}_S) incluye el trabajo intercambiado entre el volumen de control y una máquina cuyo eje atraviese la superficie de control. El trabajo realizado por la presión actuante sobre las superficies de control (\dot{W}_P) es igual a la fuerza sobre un elemento de área $d\bar{A}$ por la componente normal de la velocidad hacia el volumen de control:

$$\dot{W}_P = \int_{SC} p (\bar{v} \cdot d\bar{A})$$

Para la determinación del trabajo debido a los esfuerzos viscosos (\dot{W}_V) es suficiente considerar éstos sólo en la superficie de control (pues los esfuerzos cortantes internos se cancelan), y se obtiene integrando el producto escalar de cada esfuerzo viscoso (con una componente normal y dos tangenciales) por la componente respectiva de la velocidad:

$$\dot{W}_V = - \int_{SC} (\bar{\tau} \cdot \bar{v}) dA$$

Donde $\bar{\tau}$ es el vector esfuerzo sobre el elemento de área "dA". Este término puede ser nulo o despreciable en ciertos tipos particulares de superficies de control, entre las que se tiene:

- Superficie sólida: $\bar{v} = 0$, por la condición de no deslizamiento, y por tanto: $\dot{W}_V = 0$.

- Superficie de una máquina: el esfuerzo viscoso es una contribución de la máquina y se incluye en el término \dot{W}_S .
- Entrada o salida: el flujo suele ser normal al elemento de área y la única contribución procede del esfuerzo viscoso normal, que habitualmente es muy pequeño.
- Superficie de corriente: hay que tenerlo en cuenta.

Agrupando términos, el término del trabajo es:

$$\dot{W} = \dot{W}_S + \int_{SC} \bar{p} (\bar{v} \cdot d\bar{A}) - \int_{SC} (\bar{\tau} \cdot \bar{v}) dA$$

A partir de ahora, se considerará que no hay movimiento del volumen de control, es decir: $\bar{v}_{VC} = 0$ y $\bar{v}_r = \bar{v}$.

En estas condiciones, el término de trabajo de la fuerza de presión se puede incorporar al término de flujo de energía, con lo que se llega a:

$$\dot{Q} - \dot{W}_S - \dot{W}_V = \frac{\partial}{\partial t} \int_{VC} \rho e dV + \int_{SC} \rho \left(e + \frac{p}{\rho} \right) (\bar{v}_r \cdot d\bar{A})$$

Como dentro de "e" aparece la energía interna, "u", en el término del flujo de energía aparece la entalpía, $h = u + \frac{p}{\rho}$, por lo que la ecuación queda:

$$\dot{Q} - \dot{W}_S - \dot{W}_{Sup.Corr.} = \frac{\partial}{\partial t} \int_{VC} \rho \left(u + \frac{v^2}{2} + g z \right) dV + \int_{SC} \rho \left(h + \frac{v^2}{2} + g z \right) (\bar{v}_r \cdot d\bar{A})$$

Particularizándose para el caso de un flujo estacionario en un volumen de control con una entrada y una salida, se obtiene:

$$\dot{Q} - \dot{W}_S - \dot{W}_{Sup.Corr.} = - \left(h_1 + \frac{v_1^2}{2} + g z_1 \right) \dot{m}_1 + \left(h_2 + \frac{v_2^2}{2} + g z_2 \right) \dot{m}_2$$

Por la ecuación de continuidad: $\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m}$. Si se divide la ecuación anterior por \dot{m} .

$$h_1 + \frac{v_1^2}{2} + g z_1 = h_2 + \frac{v_2^2}{2} + g z_2 - q + w_S + w_{Sup.Corr.}$$

Dividiendo entre g:

$$\frac{p_1}{\rho_1 g} + \frac{u_1}{g} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\rho_2 g} + \frac{u_2}{g} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 - H_q + H_s + H_v$$

$$H_0 = \frac{p}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} + z$$

Llamando H_0 , la expresión anterior quedará:

$$H_{O1} = H_{O2} + H_s + H_v + \frac{u_2 - u_1 - q}{g}$$

$$\frac{u_2 - u_1 - q}{g}$$

Donde el término $\frac{u_2 - u_1 - q}{g}$ representa las variaciones de energía (medida en metros) reversibles e irreversibles. Las reversibles son debidas al intercambio entre energía mecánica e interna durante procesos de expansión o compresión.

Las irreversibles tienen lugar como resultado de la disipación viscosa que convierte energía mecánica en energía interna, no recuperable, y calor.

Ecuación de Conservación de Cantidad de Movimiento.

El Segundo Principio de Newton establece la relación existente entre fuerzas exteriores aplicadas a un sistema y la variación de la cantidad de movimiento del mismo. La magnitud extensiva a considerar es ahora dicha cantidad de movimiento "vm" mientras que la magnitud intensiva asociada es la velocidad " \bar{v} ". De esta manera, se tiene:

$$\frac{d(m \bar{v})}{dt} = \Sigma \bar{F} = \frac{\partial}{\partial t} \int_{VC} \rho \bar{v} dV + \int_{SC} \rho \bar{v} (\bar{v}_r \cdot d\bar{A})$$

En esta expresión \bar{v} es la velocidad del flujo respecto a un sistema de coordenadas inercial.

El término $\Sigma \bar{F}$ es el vector suma de todas las fuerzas exteriores que actúan sobre el volumen de control considerado. Incluye las fuerzas de superficie ejercidas sobre las superficies de control más las fuerzas de volumen (gravitatorias, inerciales, electromagnéticas) que actúan sobre la masa incluida en el volumen de control.

Si el sistema de referencia es inercial (reposo o velocidad de traslación uniforme) la derivada de la velocidad es la aceleración absoluta del sistema. Si el sistema es no inercial debe corregirse la anterior expresión a fin de poder utilizar las facilidades que proporciona el referir el volumen de control al sistema más propio. Dicha corrección consiste en incluir las fuerzas de inercia en el primer miembro a fin de utilizar las velocidades relativas en los dos términos anteriores.

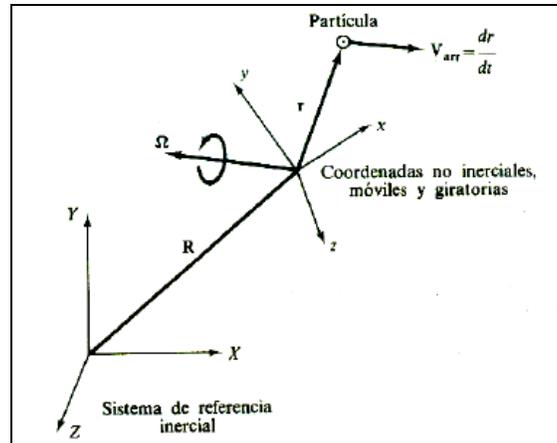


Figura 2.5. Sistemas de coordenadas inercial y no inercial.

\bar{v} : velocidad respecto al sistema no inercial.

\bar{a}_i : aceleración de la partícula respecto al sistema inercial, es decir:

$$\bar{a}_i = \frac{d\bar{v}}{dt} + \bar{a}_{arr}$$

La segunda ley de Newton se aplica a \bar{a}_i :

$$\Sigma \bar{F} = m \bar{a}_i = m \left(\frac{d\bar{v}}{dt} + \bar{a}_{arr} \right)$$

$$\Sigma \bar{F} - \int_{VC} \bar{a}_{arr} dm = m \frac{d\bar{v}}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} \int_{VC} \rho \bar{v} dV + \int_{SC} \rho \bar{v} (\bar{v}_r \cdot d\bar{A})$$

Siendo \bar{a}_{arr} la aceleración del sistema no inercial respecto al inercial, es decir:

$$\bar{a}_{arr} = \frac{d^2 \bar{R}}{dt^2} + \frac{d\bar{\Omega}}{dt} \times \bar{r} + 2 \bar{\Omega} \times \bar{v} + \bar{\Omega} \times (\bar{\Omega} \times \bar{r})$$

Ecuación de Conservación del Momento Cinético.

Si se consideran momentos en lugar de fuerzas tanto en la expresión del Segundo Principio de Newton, como en la del Teorema de Arrastre de Reynolds se llega a la expresión:

$$\Sigma \bar{M}_O = \Sigma (\bar{r} \times \bar{F}) = \frac{\partial}{\partial t} \int_{VC} \rho (\bar{r} \times \bar{v}) dV + \int_{SC} \rho (\bar{r} \times \bar{v}) (\bar{v}_r \cdot d\bar{A})$$

En la que se debe añadir el momento de las fuerzas de inercia en el volumen de control en caso de tomar un sistema de referencia no inercial, llegándose a la siguiente expresión:

$$\Sigma(\bar{\mathbf{r}} \times \bar{\mathbf{F}}) - \int_{\bar{V}_C} (\bar{\mathbf{r}} \times \bar{\mathbf{a}}_{\text{arr}}) dm = \frac{\partial}{\partial t} \int_{\bar{V}_C} \rho (\bar{\mathbf{r}} \times \bar{\mathbf{v}}) dV + \int_{\bar{S}_C} \rho (\bar{\mathbf{r}} \times \bar{\mathbf{v}}) (\bar{\mathbf{v}}_r \cdot d\bar{\mathbf{A}})$$

2.2. Conductos y Tuberías Comercialmente Disponibles.

Los diámetros internos y externos de conductos y tubos estándar disponibles comercialmente, pueden ser bastante diferentes del tamaño nominal dado. En esta sección se describirán varios tipos de conductos y tubos utilizados ampliamente. En los datos correspondientes al diámetro exterior, diámetro interior, grueso de pared y área de flujo para algunos de tales tipos. Los tamaños nominales para los conductos comercialmente disponibles todavía están en unidades de pulgadas, a pesar de que la adopción del SI es una tendencia internacional. Puesto que el tamaño nominal se utiliza solamente para el diseño de ciertos conductos o tuberías, en este trabajo se utilizará el tamaño estándar convencional, sin embargo, como se puede apreciar en el las dimensiones están dadas en milímetros (mm) para los diámetros interior y exterior y para el grueso de las paredes. El área de flujo está dada en metros cuadrados (m²) para mantener la consistencia de unidades en los cálculos. Los datos también se dan en el Sistema Británico de Unidades.

Conducto de acero.

Las líneas de conductos para propósitos generales, a menudo, están construidas de acero. Los tamaños estándar de los conductos de acero están diseñados de acuerdo con el tamaño nominal y el número de calibre. Los números de calibre están relacionados con la presión de operación permisible y con la tensión permitida del acero en el conducto. El intervalo de números de calibre va de 10 a 160, y los números más grandes indican un grosor mayor en las paredes del conducto. Como todos los calibres de conductos de un tamaño nominal dado tienen el mismo diámetro externo, los calibres más grandes tienen un diámetro interno más pequeño. La serie más completa de conductos de acero disponibles son los calibres 40 y 80. En él se dan los datos correspondientes a estos dos calibres tanto en SI como en las del Sistema Británico de Unidades.

Tubos de acero.

Los tubos estándar de acero se utilizan en sistemas hidráulicos, condensadores, intercambiadores de calor, sistemas de combustible de motores y en sistemas industriales de procesamiento de fluidos. Los tamaños están diseñados según el diámetro externo y el grueso de las paredes.

Tubos de cobre.

Las líneas de plomería doméstica, para refrigeración y de aire comprimido, con frecuencia utilizan tuberías de cobre manufacturadas como del tipo K o del tipo L. El tipo K tiene un mayor grosor de pared y es recomendable para instalaciones subterráneas. El tipo L es adecuado para tuberías domésticas de propósito general. El tamaño nominal de los tubos de cobre es de 1/8 de pulgada, menos el diámetro exterior real del tubo.

Ductos de hierro dúctil.

A menudo, las líneas de conducto de agua, gas y drenaje se hacen con hierro dúctil debido a su resistencia, ductilidad y relativa facilidad de manejo. Ha sustituido al hierro forjado en muchas aplicaciones. Junto con los tubos, se proporcionan conectores estándar para la instalación adecuada de la tubería, ya sea subterránea o no. Varias clases de conductos de hierro dúctil están disponibles para su uso en sistemas que manejan un intervalo de presiones. En el se presentan las dimensiones del conducto

clase 150, para operar a 150 lb/pulg² (1,03 MPa) en tamaños nominales que van de 3 a 24 pulgadas. Los diámetros reales interno y externo son mayores que los tamaños nominales.

Otros tipos de conductos y tuberías.

Los conductos de latón se utilizan con fluidos corrosivos, al igual que el acero inoxidable. Otros materiales utilizados son el aluminio, el plomo, el estaño, arcilla vitrificada, concreto y muchos tipos de plástico, como el polietileno, el nailon y el cloruro de polivinilo (PVC).

2.3. Velocidad de Flujo Recomendada en Conductos y Tuberías.

Los factores que afectan en la velocidad de flujo satisfactoria en los sistemas de fluidos son numerosos. Algunos de los más importantes son el tipo de fluido, la longitud del sistema de flujo, el tipo de conducto o tubo, la caída de presión que pueden tolerar, los dispositivos (como válvulas, bombas, etc.), que se pueden conectar al conducto o la tubería, la presión, la temperatura y el ruido. La velocidad del flujo se incrementa conforme disminuye el área en la trayectoria del flujo; Por consiguiente, los tubos más grandes proporcionan bajas velocidades.

Una velocidad de flujo razonable para sistemas de distribución es aproximadamente 3.0 m/s, esto se puede aplicar a agua, aceite y otros fluidos de uso común en las tuberías de la descarga de las bombas. Un desempeño apropiado de una bomba requiere velocidades más bajas en su entrada, aproximadamente 1.0 m/s. En la tabla 2.1 se presentan los lineamientos generales para velocidades de flujo en sistemas hidráulicos de potencia de fluido.

	Unidades SI	Unidades del Sistema Británico
Entradas a bombas: (Líneas de succión)	0.6 a 2.2 m/s	2.0 a 7.0 pies/s
Salidas de bombas: (Líneas de descarga o de presión)	2.4 a 7.5 m/s	8.0 a 25.0 pies/s
Líneas de retorno:	0.6 a 2.6 m/s	2.0 a 8.5 pies/s

Tabla 2.1. Velocidades de flujo recomendadas en sistemas de potencia de fluido.

2.4. Potencia Requerida por Bombas.

La potencia requerida se define como la rapidez con la que se realiza un trabajo. En mecánica de fluidos podemos modificar este enunciado y considerar que la potencia es la rapidez con la que la energía esta siendo transferida. La unidad de potencia en SI es el watt (W), que es equivalente a 1.0 N-m/s.

La potencia se calcula con la multiplicación de la energía transferida por newton de fluido por el flujo en peso es decir:

$$P_A = h_A W$$

Pero como $W = \gamma Q$, podemos escribir también:

$$P_A = h_A \gamma Q$$

Donde:

h_A = energía transferida por newton (m)

W = rapidez de flujo en peso (kg/seg)

En la que P_A representa la potencia añadida al fluido (watt), γ es el peso específico del fluido (kg/m^3) en el que fluye por la bomba y Q es la rapidez del flujo de volumen del fluido (litros/seg).

La potencia transmitida por la bomba al fluido se puede expresar de la manera siguiente:

$$P_A = h_A \gamma Q$$

2.5. Ecuaciones del Factor de Fricción

El diagrama de Moody es un medio conveniente y lo suficientemente preciso para determinar el factor de fricción cuando se resuelven problemas mediante cálculos manuales.

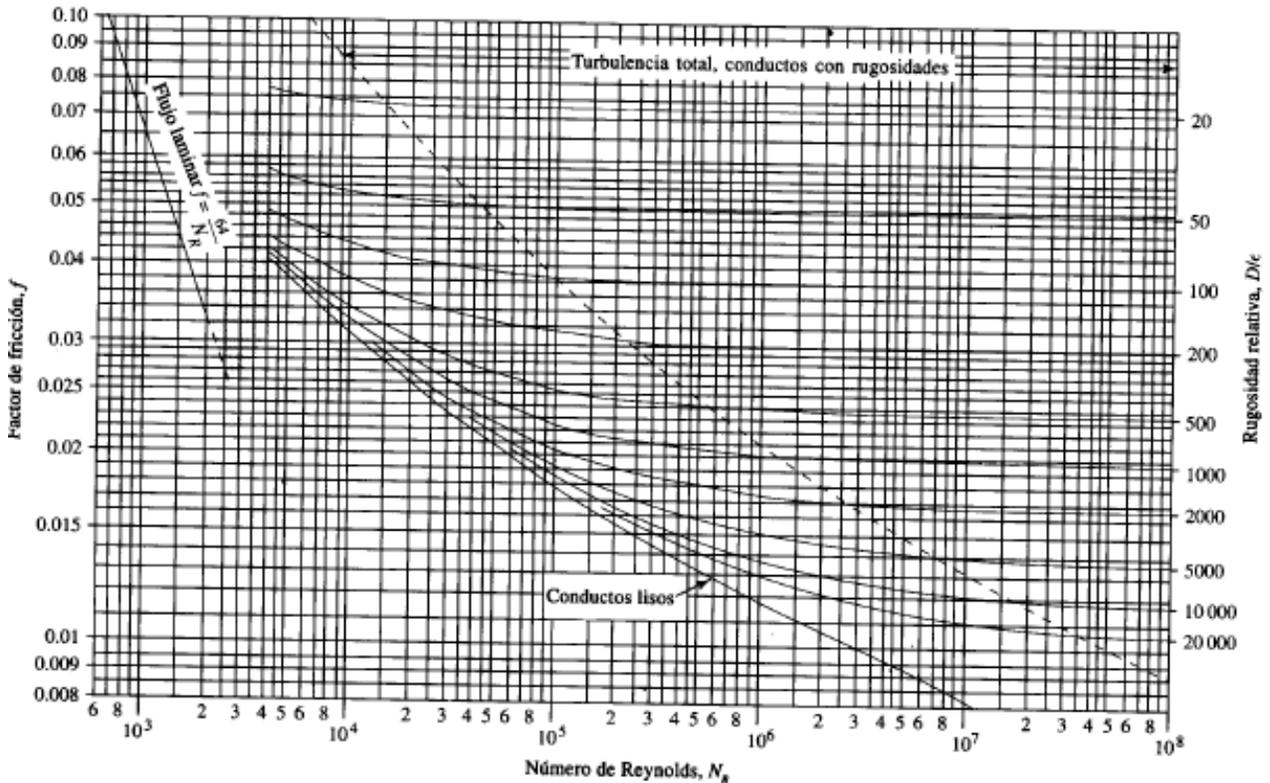


Figura 2.6. Diagrama de Moody.

Sin embargo los cálculos deben ser algo automáticos para poder obtener la solución en una computadora o una calculadora programable, es necesario tener ecuaciones para el factor de fricción.

Para calcular el coeficiente de fricción "f" se usa el diagrama de Moody, el cual se presenta en la Figura 2.6, o las siguientes ecuaciones.

Para flujo laminar y tuberías sin rugosidad $f = 64 / Re$

$$f = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{1}{3,7D/\varepsilon} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2}$$

Pérdidas por accesorios h_i

$$h_i = \frac{kv^2}{2g}$$

Donde:

h_i = pérdida menores.

k = coeficiente de resistencia.

v = velocidad promedio.

k = El coeficiente de resistencia que es medido experimentalmente y depende del tipo de accesorio y de la velocidad promedio.

2.6. Fuentes de Pérdidas Menores.

En la mayor parte de los sistemas de flujo, la pérdida de energía primaria se debe a la fricción de un conducto. Los demás tipos de pérdidas generalmente son pequeñas en comparación con las pérdidas por accesorios y válvulas, y por consiguiente se hace referencia a ellas como pérdidas menores. Las pérdidas menores ocurren cuando hay un cambio en la sección cruzada de la trayectoria de flujo o en la dirección de flujo, o cuando la trayectoria de flujo se encuentra obstruida, como sucede con una válvula. La energía se pierde bajo estas condiciones debido a fenómenos físicos bastante complejos. La predicción teórica de estas pérdidas también es compleja, y por tanto, normalmente se usan datos experimentales.

Pérdidas de presión por rozamiento en las paredes de la tubería. Las pérdidas para una tubería recta son función de la superficie interior de la misma, del diámetro interior y de la velocidad, la densidad y la viscosidad del agua; se expresa por la ecuación de Darcy.

$$h_L = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

f = coeficiente de fricción

L = longitud de la tubería, en m

D = diámetro interior de la tubería, en m

v = velocidad media de flujo, en m/s

g = aceleración de la gravedad = 9.81 m/s²

$$\text{Si } Re < 2000, f = \frac{64}{Re}$$

Si $Re > 4000$, f es función del valor del número de Reynolds y del tipo de pared de la tubería; f se obtiene del diagrama de Moody.

Las pérdidas de presión, por cambios en la dirección del flujo y cambio de la sección transversal de la tubería se expresan también en función de la altura y velocidad.

$$h = K \frac{v^2}{2g}$$

2.7 Coeficiente de Resistencia.

Las pérdidas de energía son proporcionales a la carga de velocidad del fluido, al fluir éste alrededor de un codo, a través de una dilatación o contracción de la sección de flujo, o a través de una válvula. Los valores experimentales de pérdidas de energía generalmente se reportan en términos de un coeficiente de resistencia K , de la siguiente forma:

$$h_L = K(v^2/2g)$$

En esta ecuación, h_L es la pérdida menor, K , es el coeficiente de resistencia y v es la velocidad de flujo promedio en el conducto en la vecindad donde se presenta la pérdida menor. En algunos casos, puede haber más de una velocidad de flujo, como las dilataciones son las concentraciones.

Si la carga de velocidad de esta ecuación se expresa en unidades de metros, entonces la pérdida de energía también se expresará en metros o newton por m/N de flujo de fluido. El coeficiente de resistencia no tiene unidades, pues representa una constante de proporcionalidad entre la pérdida de energía y la carga de velocidad. La magnitud de resistencia depende de la geometría del dispositivo que ocasiona la pérdida y algunas depende de la velocidad de flujo.

2.8 Coeficientes de Resistencia para Válvulas y Uniones.

Se dispone de muchos tipos diferentes de válvulas y uniones de varios fabricantes para especificación e instalación en sistema de flujo de fluidos. Las válvulas se utilizan para controlar la cantidad de flujo y pueden ser válvulas de globo, de ángulo, de mariposa, otros varios tipos de válvulas de verificación y muchas más.

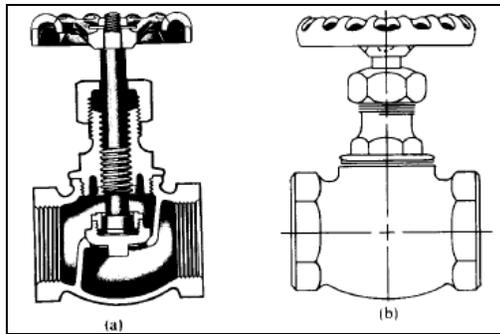


Figura 2.7. Válvulas de globo.

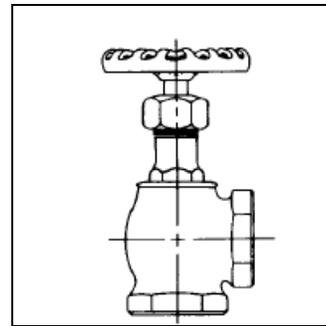


Figura 2.8. Válvula de ángulo.

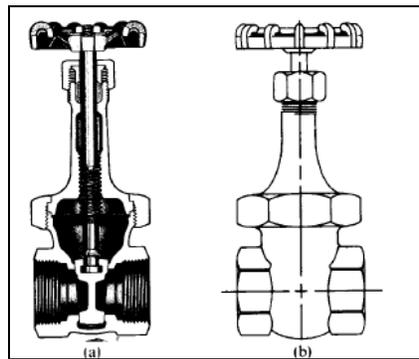


Figura 2.9. Válvula de compuerta.

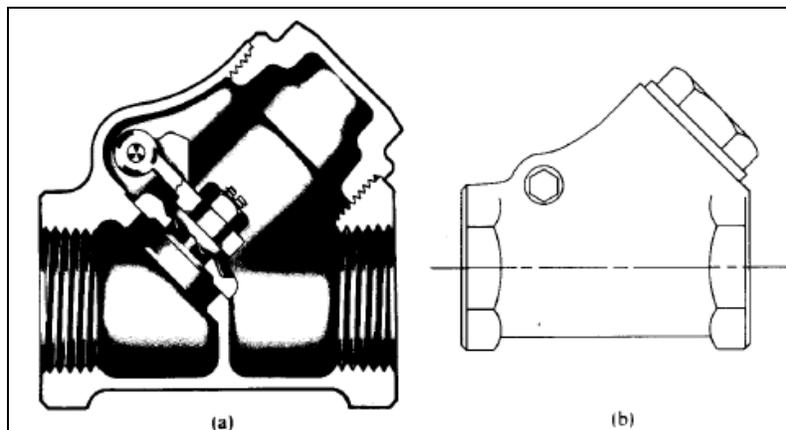


Figura 2.10. Válvula de verificación tipo giratorio.

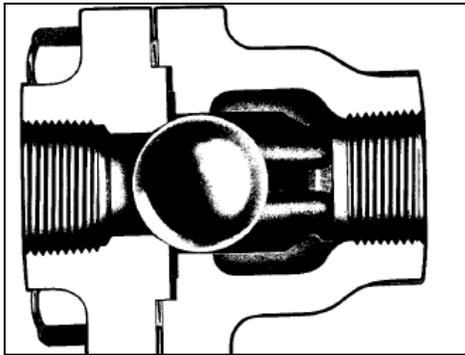


Figura 2.11. Válvula de verificación-tipo bola

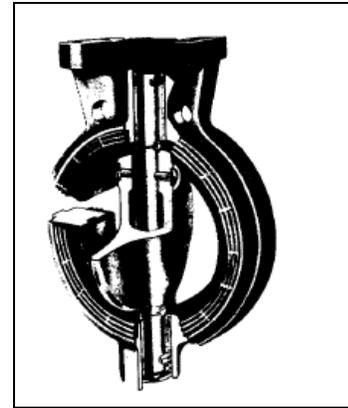


Figura 2.12. Válvula de mariposa.

Las tuberías se construyen con tubos y accesorios que dirigen la trayectoria del flujo y ocasionan un cambio en el tamaño de la trayectoria de flujo. Se incluyen codos de varios diseños, tees, reductores, boquillas, orificios, conectores y uniones.

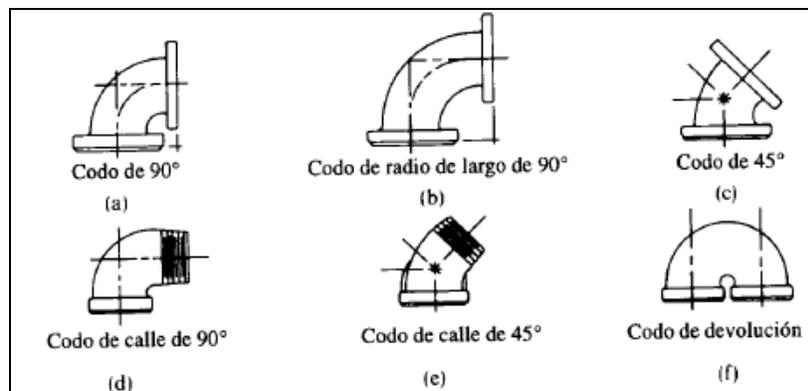


Figura 2.13. Representación gráfica de Codos.

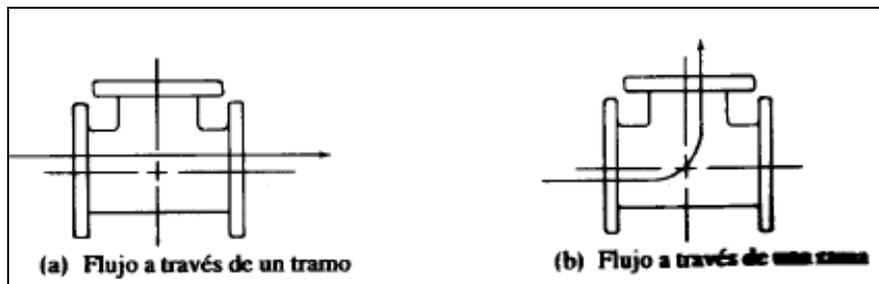


Figura 2.14. Representación gráfica de Tees.

Es importante, determinar los datos de resistencia para el tipo y tamaño particular elegido, porque la resistencia depende de la geometría de la válvula para su ajuste.

Así mismo, los distintos fabricantes pueden reportar datos en distintas formas. La pérdida de energía incurrida como flujos de fluido a través de una válvula o unión se calcula a partir de la ecuación de coeficiente de resistencia, según su utilización para las pérdidas menores ya analizadas. Sin embargo, el método para determinar el coeficiente de resistencia K es diferente. El valor K se reporta en la forma:

$$K = (L_e/D) f_T$$

El valor L_e/D , llamado la proporción de longitud equivalente, se reporta en la tabla 2.2 y se considera que es una constante para un tipo dado de válvula o unión. El valor de L_e mismo se denomina la longitud equivalente y es la longitud del conducto recto del mismo diámetro nominal como la válvula que tendría la

misma resistencia que ésta. El término D es el diámetro interno real del conducto. El término f_T es el factor de fricción en el conducto, al cual está conectada la válvula o unión tomando la zona de turbulencia.

Tipo	Longitud equivalente en diámetros de conducto, L_e/D
Válvula de globo—completamente abierta	340
Válvula de ángulo—completamente abierta	150
Válvula de compuerta—completamente abierta	8
—3/4 abierta	35
—1/2 abierta	160
—1/4 abierta	900
Válvula de verificación—tipo giratorio	100
Válvula de verificación—tipo de bola	150
Válvula de mariposa—completamente abierta	45
Codo estándar de 90°	30
Codo de radio de largo de 90°	20
Codo de calle de 90°	50
Codo estándar de 45°	16
Codo de calle de 45°	26
Codo de devolución cerrada	50
Te estándar—con flujo a través de un tramo	20
Te estándar—con flujo a través de una rama	60

Tabla 2.2. Longitud equivalente en diámetros de conducto.

Los valores del factor de fricción varían con el tamaño del conducto y de la válvula, ocasionando que el valor del coeficiente de K también varíe. La siguiente tabla, enumera los valores del factor de fricción para tamaños estándar en conductos de acero comercial, nuevo y limpio.

Tamaño de conducto nominal (pulg)	Factor de fricción, f_r	Tamaño de conducto nominal (pulg)	Factor de fricción, f_r
$\frac{1}{2}$	0.027	4	0.017
$\frac{3}{4}$	0.025	5	0.016
1	0.023	6	0.015
$1\frac{1}{4}$	0.022	8-10	0.014
$1\frac{1}{2}$	0.021	12-16	0.013
2	0.019	18-24	0.012
$2\frac{1}{2}$, 3	0.018		

Tabla 2.3. Factor de fricción para tamaños estándar en conductos de acero comercial.

Algunos diseñadores de sistemas prefieren calcular la longitud equivalente del conducto para una válvula y combinar ese valor con la longitud real del conducto. Donde la longitud puede resolverse como:

$$L_e = K D / f_r$$

En algunos casos, particularmente con respecto de las válvulas de control en sistemas de potencia de fluidos, la pérdida de energía como tal no se reporta, en vez de esto, se reporta la magnitud de la caída de presión al fluir el fluido a través de la válvula a una cierta velocidad de flujo.

Evaluación de la pérdida de presión en válvulas.

Las pérdidas en una válvula se calcularán en función de la carga de velocidad por medio de

$$h_a = K \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

h_a = pérdida de carga en metros

K = coeficiente de resistencia o de pérdida de carga por velocidad, es función del tipo de válvula

v = velocidad media del flujo, en m/s

g = aceleración de la gravedad = 9.81 m/s²

El valor de K se obtendrá con las siguientes fórmulas.

Fórmula 1

$$K_2 = \frac{0.8 \left(\text{sen} \frac{\theta}{2} \right) (1 - \beta^2)}{\beta^4} = \frac{K_1}{\beta^4}$$

Fórmula 2

$$K_2 = \frac{0.5(1 - \beta^2) \sqrt{\text{sen} \frac{\theta}{2}}}{\beta^4} = \frac{K_1}{\beta^4}$$

Fórmula 3

$$K_2 = \frac{2.6 \left(\text{sen} \frac{\theta}{2} \right) (1 - \beta^2)^2}{\beta^4} = \frac{K_1}{\beta^4}$$

Fórmula 4

$$K_2 = \frac{(1 - \beta^2)^2}{\beta^4} = \frac{K_1}{\beta^4}$$

Fórmula 5

$$K_2 = \frac{K_1}{\beta^4} + \text{Fórmula 1} + \text{Fórmula 3}$$

$$K_2 = \frac{K_1 + \text{sen} \frac{\theta}{2} \left[0.8(1 - \beta^2) + 2.6(1 - \beta^2)^2 \right]}{\beta^4}$$

Fórmula 6

$$K_2 = \frac{K_1}{\beta^4} + \text{Fórmula 2} + \text{Fórmula 4}$$

$$K_2 = \frac{K_1 + 0.5 \sqrt{\text{sen} \frac{\theta}{2}} (1 - \beta^2) + (1 - \beta^2)^2}{\beta^4}$$

Fórmula 7

$$K_2 = \frac{K_1}{\beta^4} + \beta (\text{Fórmula 2} + \text{Fórmula 4}),$$

cuando $\theta=180^\circ$

$$K_2 = \frac{K_1 + \beta[0.5(1 - \beta^2) + (1 - \beta^2)^2]}{\beta^4}$$

$$\beta = \frac{d_1}{d_2}$$

$$\beta^2 = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2$$

Siendo:

d_1 .- diámetro de entrada

d_2 .- diámetro de salida

f_t .- factor de fricción

Los valores de f_t se tomarán de la tabla 2.4:

Diámetro nominal (mm)	Factor de fricción f_t
15	0.027
20	0.025
25	0.023
32	0.022
40	0.021
50	0.019
65.80	0.018
100	0.017
125	0.016
150	0.015
200.250	0.014
300-400	0.013
450-600	0.02

Tabla 2.4. Factores de fricción.

El subíndice 1 define dimensiones y coeficientes para el diámetro menor. El subíndice 2 se refiere al diámetro mayor. A continuación se dan los coeficientes (K) de resistencia en función al tipo de válvula.

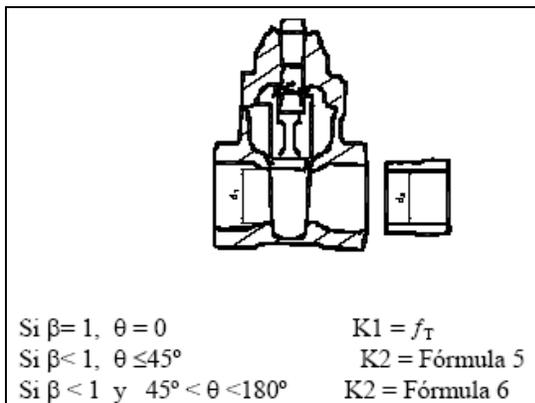


Figura 2.15. Válvula de compuerta de cuña.

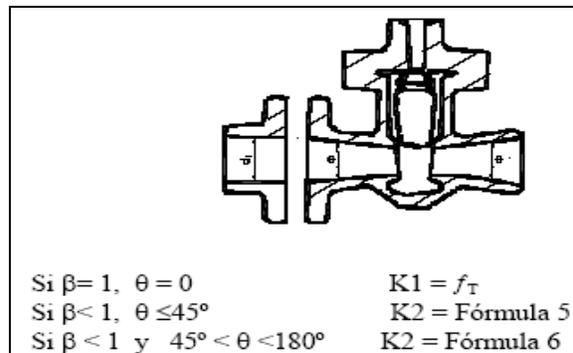


Figura 2.16. Válvula de compuerta de doble obturador.

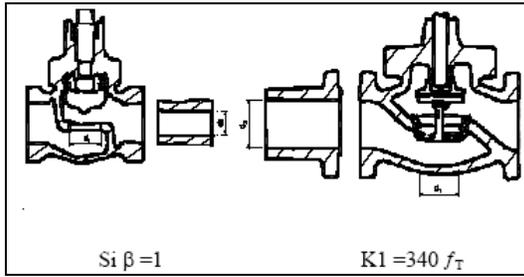


Figura 2.17. Válvula de globo.

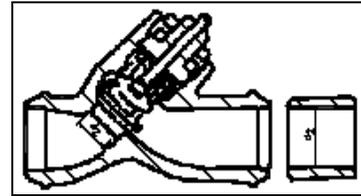


Figura 2.18. Válvula de globo en Y.

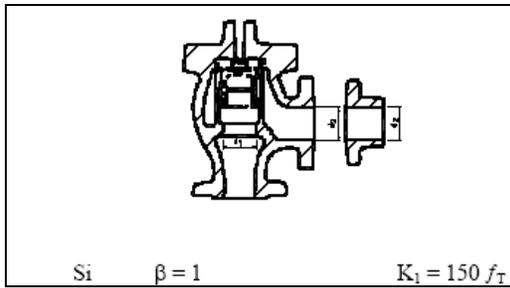


Figura 2.19. Válvula angulares bridadas.

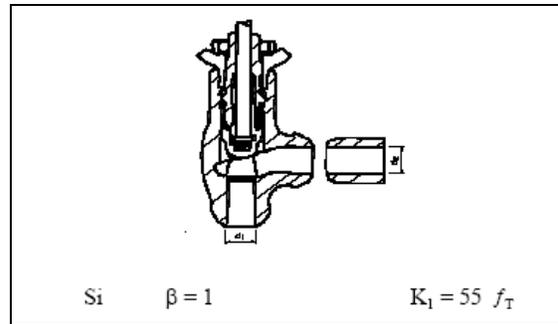


Figura 2.20. Válvula angulares soldables.

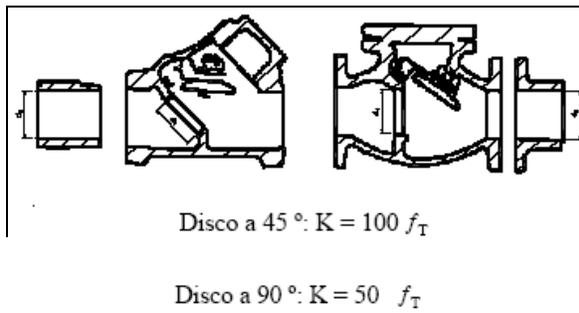


Figura 2.21. Válvulas de retención de disco oscilante.

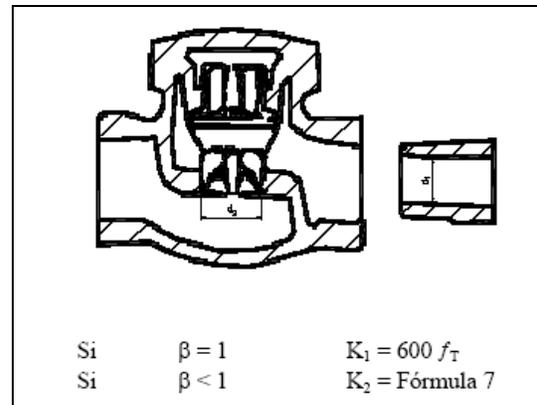


Figura 2.22. Válvulas de retención de obturador ascendente.

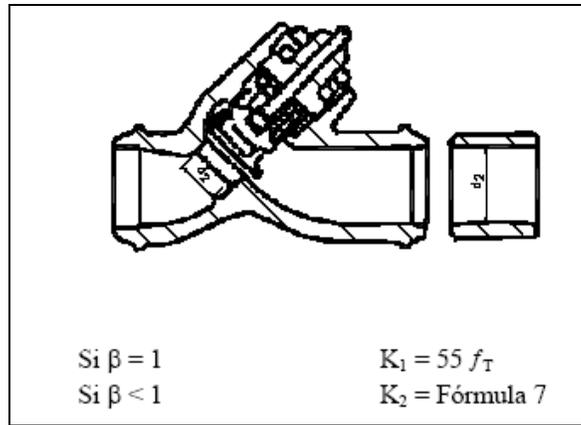
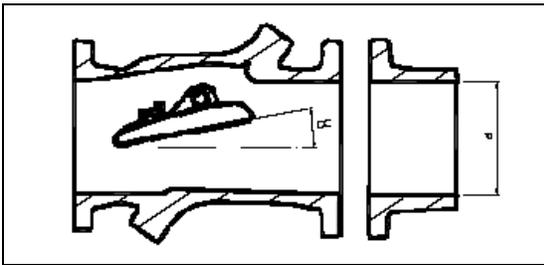


Figura 2.23. Válvulas de retención de obturador ascendente en Y.



Pasos		$a = 5^\circ$	$a = 15^\circ$
50 mm	a 200 mm	$K = 40 f_T$	$120 f_T$
250 mm	a 350 mm	$K = 30 f_T$	$90 f_T$
400 mm	a 1200 mm	$K = 20 f_T$	$60 f_T$

Figura 2.24. Válvula de retención de disco basculante.

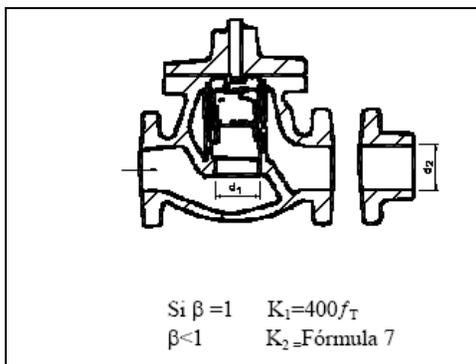


Figura 2.25. Válvula de retención y cierre tipo recto.

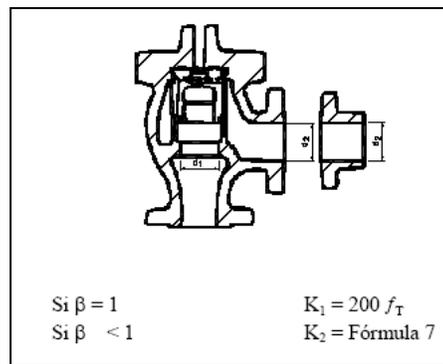


Figura 2.26. Válvula de retención y cierre tipo angular.

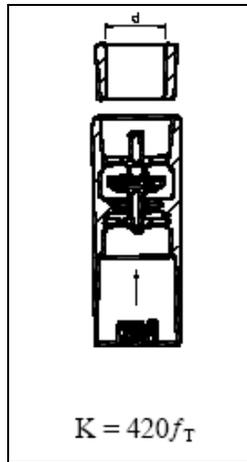


Figura 2.27.- Válvula de pie con filtro obturador ascendente.

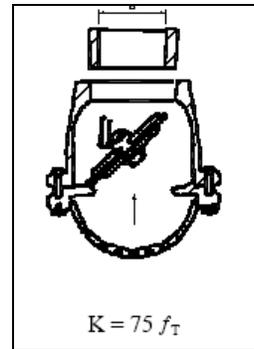


Figura 2.28.- Válvula de pie con filtro obturador oscilante.

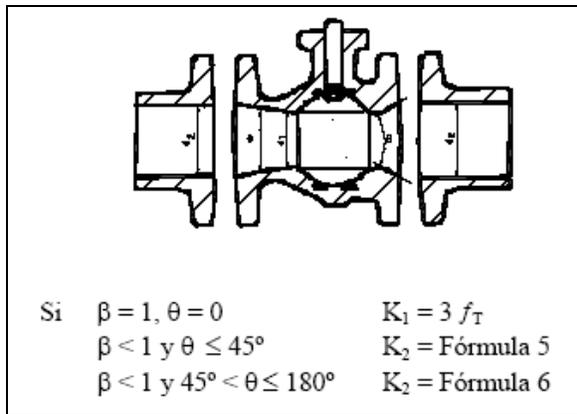
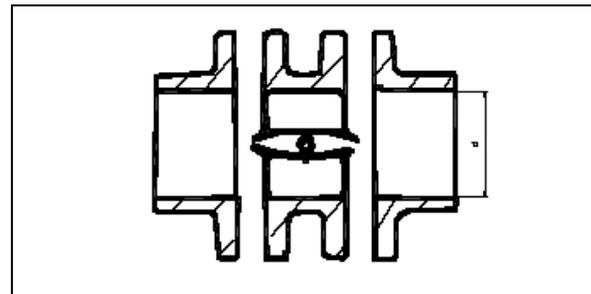


Figura 2.29.- Válvula de globo.



Diámetro	
50 mm a 200 mm	$K = 45 f_T$
250 mm a 350 mm	$K = 35 f_T$
400 mm a 600 mm	$K = 25 f_T$

Figura 2.30.- Válvula de mariposa.

Pérdidas de presión por rozamiento en las paredes de la tubería. Las pérdidas para una tubería recta son función de la superficie interior de la misma, del diámetro interior y de la velocidad, la densidad y la viscosidad del agua; se expresa por la ecuación de Darcy:

$$h_L = f \frac{L v^2}{D 2g}$$

Donde:

f : coeficiente de fricción.

L : longitud de la tubería, en metros.

D : diámetro interior de la tubería, en metros.

v : velocidad media de flujo, en m/s

g : aceleración de la gravedad = 9.81 m/s²

$$\text{Si } Re < 2000, f = \frac{64}{Re}$$

Si $Re > 4000$, f es función del valor del número de Reynolds y del tipo de pared de la tubería; f se obtiene del diagrama de Moody.

Pérdidas de presión por cambios en la dirección del flujo y cambio de la sección transversal de la tubería. Estas pérdidas se expresan también como función de la altura de velocidad

$$h = K \frac{v^2}{2g}$$

Se dan a continuación algunos de los valores de K más usuales para las fórmulas representadas en la página 24 de éste capítulo.

A) Estrechamiento brusco y gradual.

$$\begin{array}{ll} \text{Si } q \leq 45^\circ & K_2 = \text{Fórmula 1} \\ 45^\circ < q < 180^\circ & K_2 = \text{Fórmula 2} \end{array}$$

B) Ensanchamiento brusco y gradual.

$$\begin{array}{ll} \text{Si } q \leq 45^\circ & K_2 = \text{Fórmula 3} \\ 45^\circ < q < 180^\circ & K_2 = \text{Fórmula 4} \end{array}$$

2.9. Codos de Tubería.

A menudo es más conveniente curvar un conducto o tubo que instalar un codo comercialmente hecho. La resistencia de flujo de un codo depende de la proporción del radio r del codo con el conducto dentro del diámetro D . la Figura 2.32 muestra que la resistencia mínima ocurre cuando la proporción r/D es aproximadamente tres.

La resistencia se da en términos de la proporción de longitud equivalente L/D , y por lo tanto la ecuación de coeficiente de resistencia debe usarse para calcular el coeficiente de resistencia.

La resistencia mostrada en la Figura 2.31 incluye tanto la resistencia del codo como la resistencia debido a la longitud del conducto en el codo.

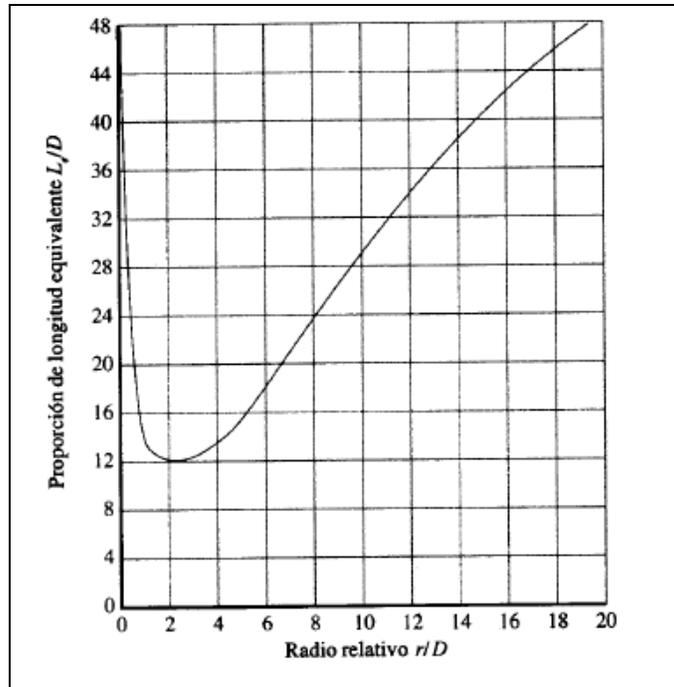
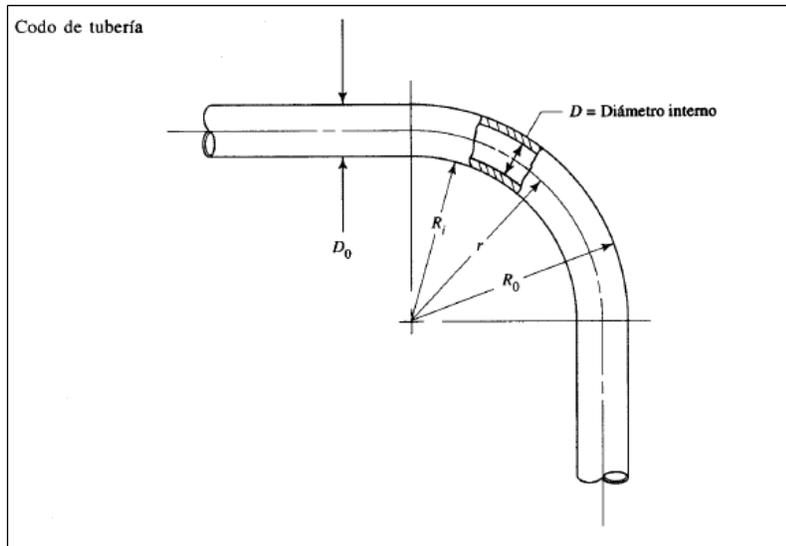


Figura 2.31.- Gráfica, proporción de longitud equivalente contra radio relativo.

Resistencia debido a codos de tubería de 90 grados. Cuando se calcula la proporción r/D , r se define como el radio de la línea del centro del conducto o tubo denominado el radio medio.

Esto es, si R es el diámetro externo del conducto o tubería:



$$r = R_i + D_o/2$$

$$r = R_o - D_o/2$$

$$r = (R_o + R_i)/2$$

Figura 2.32.- Proporción equivalente en un codo de 90°.

2.10. Sistemas de Tuberías en Paralelo.

El análisis de los sistemas de línea de tubería paralelos, requieren el uso de la ecuación general de la energía junto con las ecuaciones que relacionan las velocidades de flujo y de volumen en las diferentes ramas del sistema y las expresiones para las pérdidas en la tubería a lo largo del sistema. Las siguientes ecuaciones establecen los principios que relacionan las velocidades de flujo de volumen y las pérdidas de carga para sistemas paralelos con tres ramas tales como se muestra en la Figura 2.32.

$$Q_1 = Q_2 = Q_a + Q_b + Q_c$$

$$h_{L_{1-2}} = h_a = h_b = h_c$$

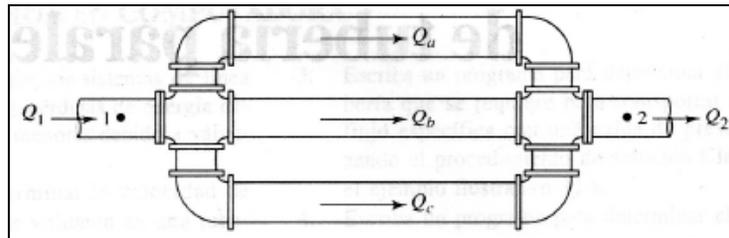


Figura 2.33.- Ejemplo de un sistema de línea de tubería paralelo con tres ramas.

En la ecuación de flujo anterior Q , se establece la condición de continuidad para el flujo estable en un sistema paralelo.

El flujo total que entra al sistema Q , se divide entre los flujos ramales Q_a , Q_b y Q_c . Después de que estos salen por una tubería de salida donde la velocidad es Q_2 . Por el principio de conservación de energía, el flujo de salida en la sección 2 es igual al flujo de entrada en la sección 1. En la ecuación de pérdida de energía el término h_{1-2} es la pérdida de energía por unidad de fluido entre los puntos 1-2 de las líneas principales. En los términos h con subíndices a , b , y c son las pérdidas de energía por unidad de fluido en cada rama del sistema.

La cantidad de fluido que corre por una rama en particular en un sistema en paralelo, depende de la resistencia al flujo en esa rama en relación con la resistencia en otras ramas. El fluido tenderá a seguir la trayectoria con menor resistencia.

Todas las resistencias dependen de la velocidad del fluido, por lo tanto, en un sistema paralelo, el flujo se divide de tal forma que las velocidades son diferentes en las ramas y la pérdida en la cabeza en cada rama es igual.

Un sistema paralelo de tubería común incluye dos ramas dispuestas como se muestra en la Figura 2.33.

La rama inferior se abre para evitar que parte del fluido pase a través del intercambiador de calor, permitiendo el fluido continuo mientras se le da servicio al equipo.

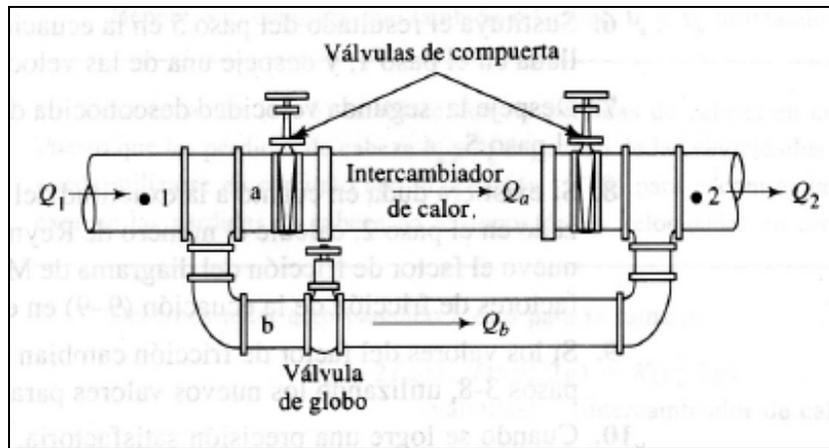


Figura 2.34.- Ejemplo de un sistema de línea de tubería paralelo con dos ramas y válvulas de seccionamiento.

El análisis de este tipo de sistemas es relativamente simple y directo. Los sistemas paralelos que tienen más de dos ramas, son más complejos debido a que existen más incógnitas que ecuaciones que las relacionen y la solución requiere de iteraciones que relacionen ecuaciones básicas.

2.11. Sistemas con dos Ramas.

Utilizando la Figura 2.28 para ilustrar el análisis del flujo en dos ramas. Las relaciones básicas que se aplican aquí son similares a las ecuaciones del apartado anterior excepto que solo se utilizan dos ramas en lugar de tres estas relaciones son:

$$Q_1 = Q_2 = Q_a + Q_b$$

$$h_{L_{1-2}} = h_a = h_b$$

2.12. Sistemas con tres o más Ramas (Redes).

Utilizando la Figura 2.27 para ilustrar el análisis del flujo en tres ramas. Las relaciones básicas que se aplican aquí son:

$$Q_1 = Q_2 = Q_a + Q_b + Q_c$$

$$h_{L_{1-2}} = h_a = h_b = h_c$$

2.13. Parámetros Implicados en la Selección de una Bomba.

Quando se selecciona una bomba para una aplicación particular, se deben considerar los siguientes factores:

1. La naturaleza del líquido que se va a bombear.
2. La capacidad requerida (velocidad de flujo de volumen).
3. Las condiciones en el lado de succión (entrada) de la bomba.
4. Las condiciones en el lado de descarga (salida) de la bomba.
5. La cabeza total de la bomba (el término h subíndice a de la ecuación de la energía).
6. El tipo de sistema al que la bomba le está entregando el fluido.
7. El tipo de fuente de alimentación (motor eléctrico, motor diesel, turbina de vapor, etcétera.).
8. Limitaciones de espacio peso y posición.
9. Condiciones ambientales.
10. Costo de la bomba y su instalación.
11. Costo de operación de bomba.
12. Códigos y estándares que rigen a las bombas.

La naturaleza del fluido está caracterizada por su temperatura en las condiciones de bombeo, la gravedad específica, viscosidad, tendencia a generar corrosión o erosión en las diferentes partes de la bomba y la presión de vapor a la temperatura de bombeo. El término presión de vapor se utiliza para definir la presión en la superficie libre de un fluido debido a la formación de un vapor.

Después de la selección de bomba, se deben especificar los siguientes puntos.

1. Tipo de bomba y fabricante.
2. Tamaño de la bomba.
3. Tamaño de la conexión de succión y tipo (de borde, roscada, etcétera).
4. Tamaño y tipo de la conexión de descarga.
5. Velocidad de operación.
6. Especificaciones de la alimentación. (velocidad, voltaje, fase, frecuencia, tamaño y tipo de la estructura).
7. Tipo de acoplamiento, fabricante, número del modelo.
8. Características de montaje.
9. Materiales y accesorios especiales que requieran si los hay.
10. Diseño y sellado de la flecha y materiales de sellado.

Los catálogos de las bombas y los representantes de los fabricantes, proporcionaran la información necesaria para ayudar en la selección y especificación de las bombas y del equipamiento de los accesorios.

Clasificación de las Bombas.

En cuanto a su forma de funcionamiento:

Bombas Centrifugas: Están constituidas por una caja dentro de la cual rota un rodete que le imprime gran velocidad al líquido. La altura de velocidad se transforma en presión.

Existen 2 tipos principales de bombas centrifugas:

- Tipo Voluta: El impulsor rota dentro de una caja en forma de espiral, cuya sección se va ensanchando progresivamente.
- Tipo Difusor o de paletas directrices: Existen paletas directrices fijas que rodean al impulsor, de modo que el líquido cambia de dirección al mismo tiempo que ensancha su sección.

Rotatorias: Consiste en una caja fija que contiene engranajes, tornillos, álabes, aspas, pistones u otros elementos que son activados por medios de un eje motriz. Se caracterizan por tener un

pequeño juego y por no tener válvulas de succión o descarga. Tienen un gasto formado por pequeños golpes de agua como en las bombas de émbolo, pero que prácticamente es continuo.

De movimiento alternativo: Están formadas por un cilindro dentro de el cual se mueve un pistón que aspira e impele el líquido mediante la acción de las válvulas. Son llamadas corrientemente bombas de émbolo. Producen un gasto intermitente.

Varias: En este grupo se incluyen los eyectores, las periféricas, los arietes, bombas de aire comprimido (bombas mamut), etcétera.

Curvas características.

Las curvas características de las bombas son relaciones gráficas entre la carga, el gasto, potencia y rendimiento. Excepto cuando se trata de bombas de muy pequeño tamaño, es indispensable conocer las curvas características antes de adquirir una bomba, Ya que solo así podremos saber el comportamiento de ella una vez instalada en un determinado sistema hidráulico.



Figura 2.35. Curva Q-H. En esta curva se lleva en abscisa el gasto y en ordenada la carga total, a velocidad constante.

El valor de H que resulta para $Q = 0$ es la presión que desarrolla la bomba cuando la válvula de salida esta totalmente cerrada y es generalmente un 15 % a un 30% superior a la presión normal. Las bombas centrifugas al contrario de las de émbolo, permiten que se cierre la válvula de salida pues su presión de estrangulamiento es limitada y su caja resiste perfectamente esa presión.

Las curvas pueden ser crecientes o decrecientes denominadas estables o inestables.

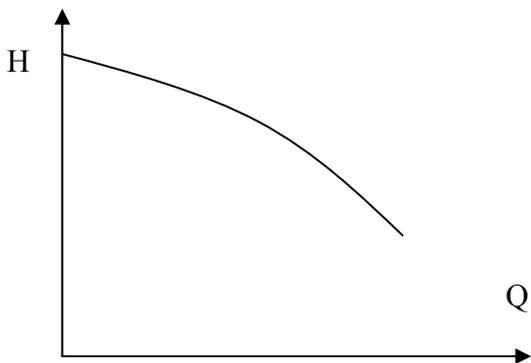


Figura 2.36.- Curva Estable.

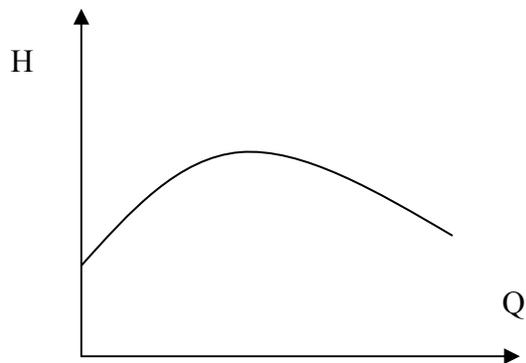


Figura 2.37.- Inestable.

Las bombas de curva QH inestable tienen grandes problemas para ponerlas en paralelo debido a que cuando está funcionando en la parte alta de la curva, la otra no puede entrar en servicio ya que su presión es menor.

También se habla de curvas planas o inclinadas según sea la pendiente. Las bombas de curva Q-H inclinadas son más convenientes cuando las condiciones de altura de elevación son variables, ya que para una variación dada de H la variación de Q es mucho menor que en el caso de una curva plana.

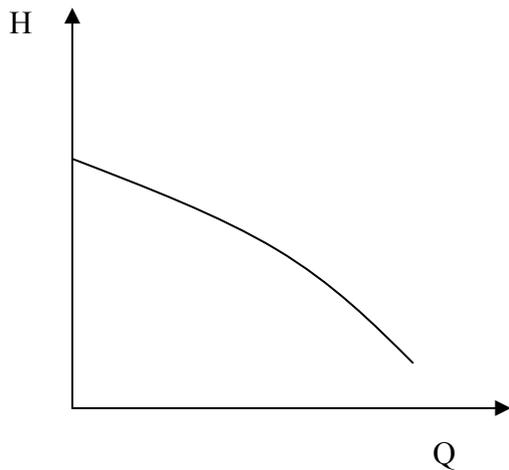


Figura 2.38. Curva Inclinada.

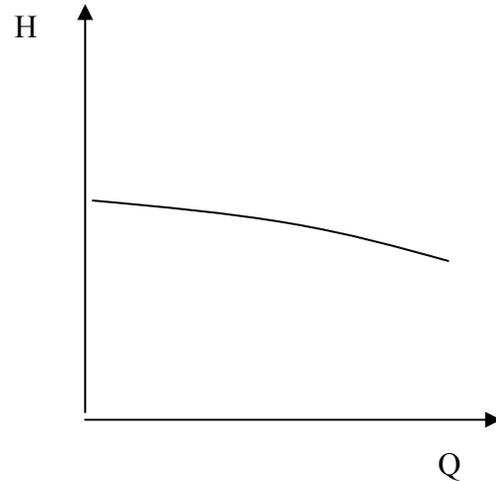


Figura 2.39. Curva Plana.

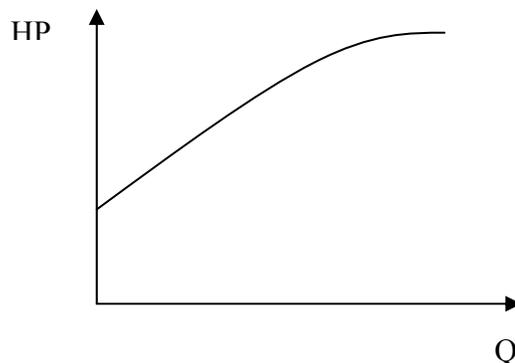


Figura 2.40. Curva Potencia - Gasto.

Se puede observar que el mínimo de potencia se produce para un gasto cero o sea con válvula de salida cerrada. La potencia se gasta sólo en sostener el agua contra la válvula y no hay consumo de energía para hacerla circular por el sistema. Esa potencia es aproximadamente un 50% - 60% de la potencia normal de funcionamiento. Se comprende que no solo es posible cerrar la válvula de salida sino que es conveniente debido a que se tiene el mínimo de energía. Efectivamente en las grandes instalaciones se hacen funcionar bombas con la válvula totalmente estrangulada y se va abriendo poco a poco.

Se debe tratar en lo posible que la curva de potencia sea plana en la zona de funcionamiento cuando la carga es variable, es decir, que la potencia sea ligeramente diferente a la de funcionamiento normal.

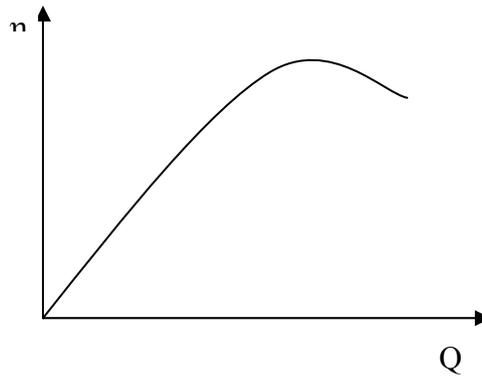


Figura 2.41. Rendimiento – Gasto.

En abscisas se lleva el gasto y en ordenadas el rendimiento en porcentaje, siempre con la velocidad constante. Para $Q=0$, $\eta=0$ y llega a su máximo para la condición de funcionamiento normal. Luego empieza a descender. Las pérdidas de rendimiento de una bomba pueden ser:

- Hidráulicas: debido a pérdidas de carga al escurrir el líquido,
- Mecánicas: debido a rozamientos mecánicos.
- De filtración: debido a que una pequeña cantidad de agua se filtra desde el lado de alta presión hacia el lado de baja presión.

El ideal es que la curva sea plana en el tramo que nos interesa. El rendimiento puede ser tan alto como de 92% para bombas grandes y tan pequeño como el 10% y aún el 5% para las bombas chicas.

La potencia, que es igual al producto del gasto por la altura, sería proporcional al cubo de la velocidad. Esto suponiendo que se mantenga constante el rendimiento. En realidad el rendimiento mejora ligeramente al aumentar la velocidad debido a que la potencia hidráulica aumenta con el cubo mientras que las pérdidas de carga aumentan con el cuadrado o con una potencia un poco inferior a 2.

Curva de carga del sistema.

Si consideramos el sistema hidráulico dentro del cual opera la bomba, podemos dibujar una curva que nos de en abscisas el gasto y en ordenadas las pérdidas de carga totales, es decir la suma de las pérdidas de

carga por frotamiento en las cañerías ($\sum JL$) y de las pérdidas de carga de tipo singular $\sum k \frac{V^2}{2g}$, evidentemente esta curva debe pasar por el origen.

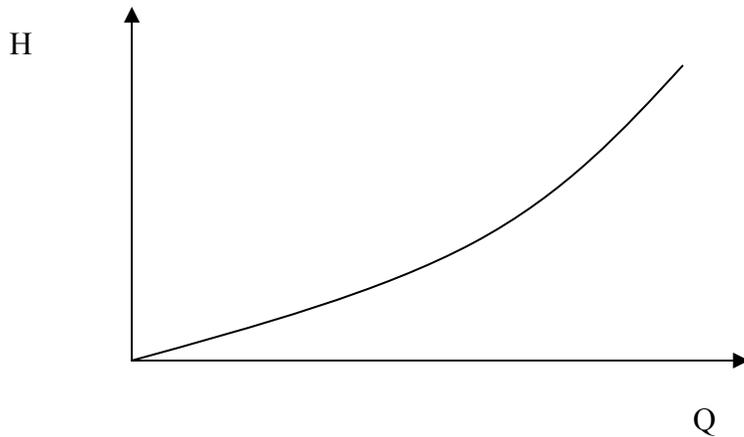


Figura 2.42. Curva que relaciona Gasto-Pérdidas.

Si hacemos que esta curva, en vez de partir desde cero, corte al eje de las ordenadas en el punto H_0 igual a la altura estática de elevación total, tendremos lo que se denomina curva de carga del sistema. En otras palabras la curva anterior se ha trasladado paralelamente en la cantidad H_0 .

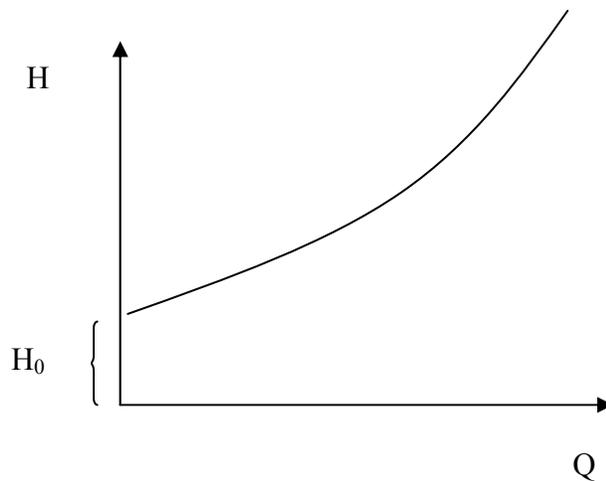


Figura 2.43. Curva de Carga del Sistema.

Esta curva para cada valor del gasto nos da la altura manométrica total de elevación. Es muy sencilla de construir y bastan tres a cuatro puntos ya que su forma es aproximadamente parabólica. Depende exclusivamente de las características hidráulicas del sistema.

Punto de funcionamiento de una bomba.

Si combinamos la curva de carga del sistema con la curva Q-H de la bomba, obtenemos el punto de intersección de ambas, las características de funcionamiento, es decir el gasto y la altura con las cuales funcionará la bomba.

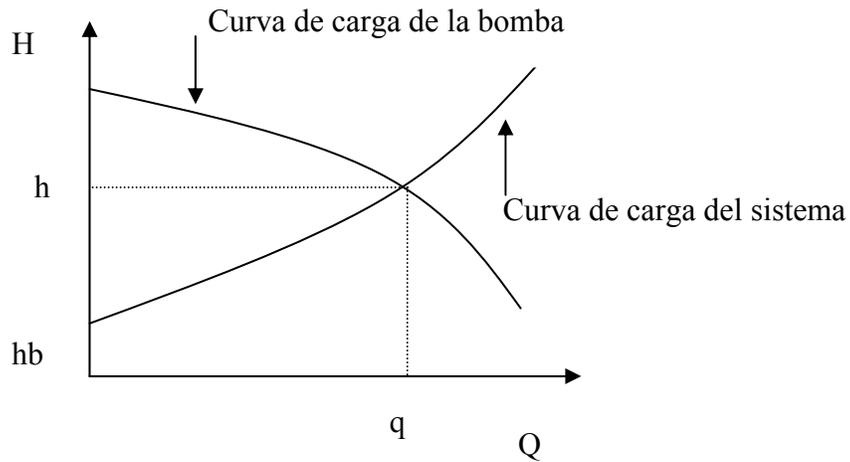


Figura 2.44. Punto de Intersección de la Curva de Carga del Sistema Contra la Curva Q-H.

Supongamos ahora que se estrangula parcialmente la válvula de salida o una válvula cualquiera del sistema. En ese caso la curva de carga del sistema variará como se indica con la línea de segmentos. Se obtiene así mayor altura de elevación de la bomba, pero menor gasto.

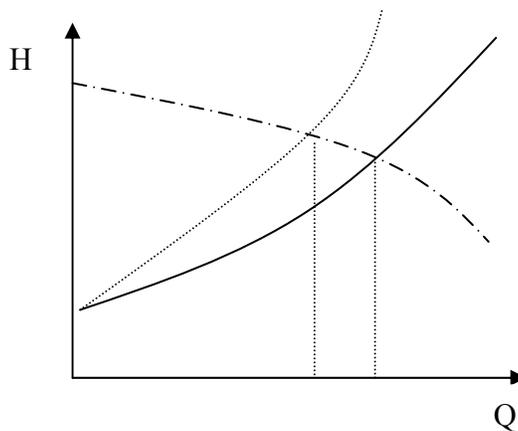


Figura 2.45 Variación de carga y altura por medio de estrangulamiento.

Operación en serie y en paralelo.

En muchas instalaciones las bombas deben trabajar en serie y en paralelo. A continuación se verá como se combinan las curvas características de cada unidad cuando funcionan en conjunto.

Bombas en serie.

Supongamos dos bombas gemelas en serie, es decir que la impulsión de una bomba llega a aspiración de la otra. En este caso el gasto que circula por ambas bombas es el mismo y para cada gasto se obtiene el doble de la carga correspondiente a una bomba. La curva Q-H resultante se obtiene duplicando para cada gasto la carga correspondiente $Q1A=AB$.

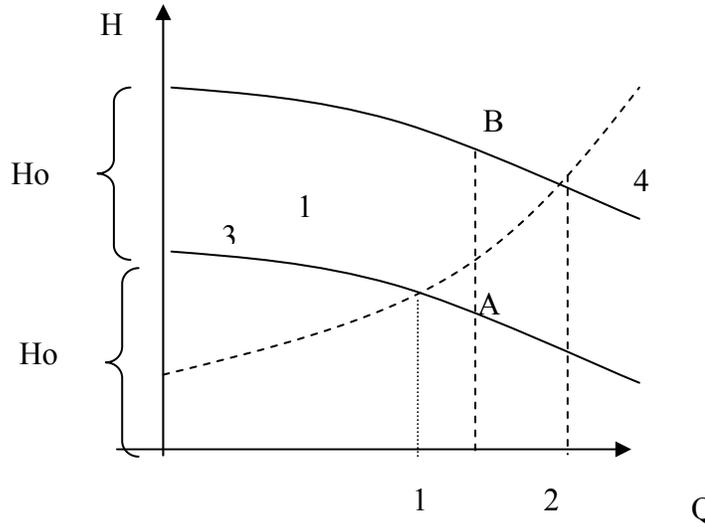


Figura 2.46 Representación de dos Bombas en Serie (Q-H).

Si la curva de carga del sistema es la indicada con línea de segmentos, podemos observar que el gasto que se obtiene con las dos bombas es inferior al doble de que se obtiene con una sola $0-2 < 2(0-1)$.

Del mismo modo la altura correspondiente a las dos bombas es inferior del doble de la correspondiente a una sola $2-4 < 2(1-3)$.

El rendimiento se obtiene para cada Q de la curva correspondiente a una bomba. En efecto la potencia es $\frac{QH}{\eta}$ para una bomba. Para dos será $2 \frac{QH}{\eta}$ o sea $\frac{2QH}{\eta}$ siendo H la altura que corresponde a cada bomba en serie.

La curva de potencia se obtiene para cada gasto, sumando las potencias de ambas bombas.

La puesta en serie de dos bombas de distintas características es posible, pero ofrece dificultades. Se debe instalar la de mayor capacidad como primera etapa, ya que si no fuera así podría faltar alimentación a la bomba más potente.

Bombas en paralelo.

El caso de bombas en paralelo se presenta frecuentemente en la práctica. Las elevadoras se proyectan generalmente con dos o más unidades que pueden funcionar en paralelo. Las curvas resultantes se transforman como sigue:

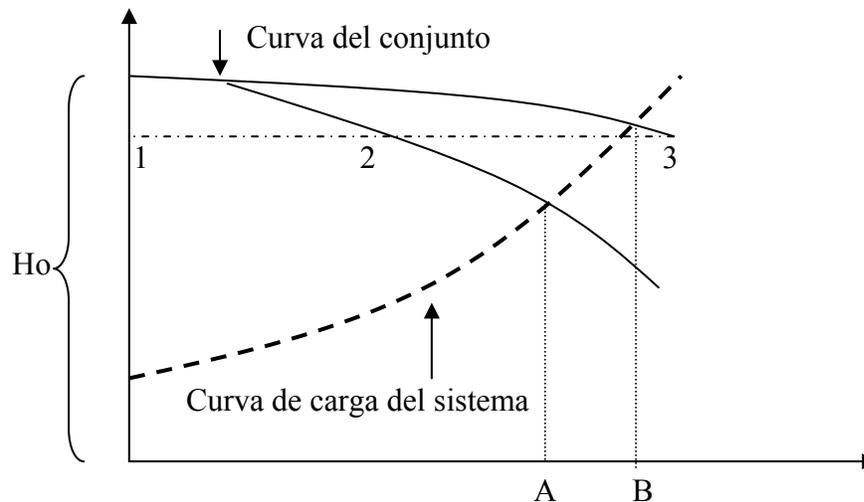


Figura 2.47 Representación de dos Bombas en Paralelo. Intersección Curva Carga del Sistema Contra (Q-H).

Q-H. Para construir la curva resultante para 2 bombas gemelas en paralelo, se suman los gastos para cada carga. O sea la curva parte del mismo punto en el eje de la H y se verifica que $1-2 = 2-3$.

Al combinarla con la curva de carga del sistema, como la de segmentos, se puede ver que el gasto que dan las bombas gemelas en paralelo es inferior al doble del que da una sola: $0-B < 2(0-A)$.

A pesar de que las bombas sean gemelas, siempre existen pequeñas diferencias, de modo que las curvas Q-H difieren ligeramente.

Se produce así una distribución de gastos desequilibrada, lo que acentúa si las curvas Q-H son planas. Por esta razón, cuando se trata de bombas que van a trabajar en paralelo es preferible que la curva Q-H sea inclinada.

La potencia del conjunto es igual a la suma de las potencias de cada bomba, de modo que para cada gasto llevamos la suma de las potencias en ordenadas. El rendimiento es el mismo que corresponde a una sola bomba.

2.14. Selección de una Bomba.

En la siguiente Figura se muestra un método para decidir que tipo de bomba es apropiada para un servicio determinado. Algunas conclusiones generales pueden realizarse de esa grafica, pero se debe enfatizar que las fronteras entre las zonas son aproximadas. Dos o más tipos de bombas pueden proporcionar un servicio satisfactorio bajo las mismas condiciones. Los factores como el costo, el tamaño, condiciones de succión, y el tipo de fluido pueden dictar la elección de una bomba en particular. En general:

1. Las bombas reciprocantes se utilizan para velocidades de flujo aproximadamente de 500 gal/min desde valores de cabeza muy bajos hasta valores altos como 50000 pies de cabeza.
2. Las bombas centrifugas se utilizan en una variedad muy amplia de condiciones, la mayoría de ellas de alta capacidad y aplicaciones de valor de cabeza moderado.

3. Las bombas centrífugas de una sola etapa que operan a 3500 rpm son económicas a velocidades de flujo mayores y valores de cabeza moderados.
4. Las bombas multietapas son adecuadas para condiciones de valor de cabeza alto.
5. Las bombas rotatorias (es decir, de engranes, de paletas, etc.) se utilizan en aplicaciones que requieren capacidades moderadas y altos valores de cabeza o para fluidos con altas viscosidades.
6. Las bombas centrífugas de altas velocidades especiales, que operan a una velocidad mayor a las 3500 rpm de motores eléctricos estándar, son adecuadas para cabezas altas y capacidades moderadas. Tales bombas son algunas veces alimentadas por turbinas de vapor o gas.
7. Las bombas de flujo mezclado y flujo axial se utilizan para velocidades de flujo muy altas y valores de cabeza bajos.

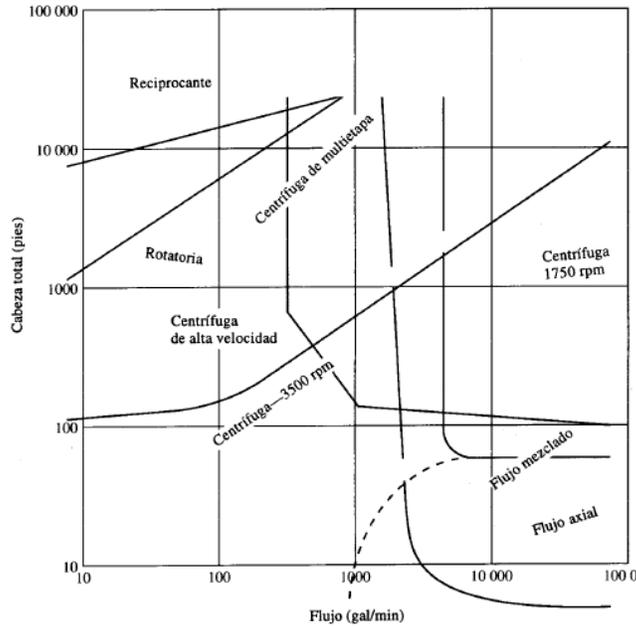


Figura 2.48 Regímenes de operación de diversos tipos de bombas.

Otro parámetro que es útil considerar en la selección del tipo de bomba para una determinada aplicación es la velocidad específica, definida como:

$$N_s = \frac{N\sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

N = velocidad rotacional del impulsor (rpm)

Q = velocidad de flujo a través de la bomba (gal/min)

H = cabeza total de la bomba (pies)

Se pueden utilizar otras unidades. La velocidad específica se combina con frecuencia con el diámetro específico para producir una grafica como la Figura 2.41.

El diámetro específico es:

$$D_s = \frac{DH^{1/4}}{\sqrt{Q}}$$

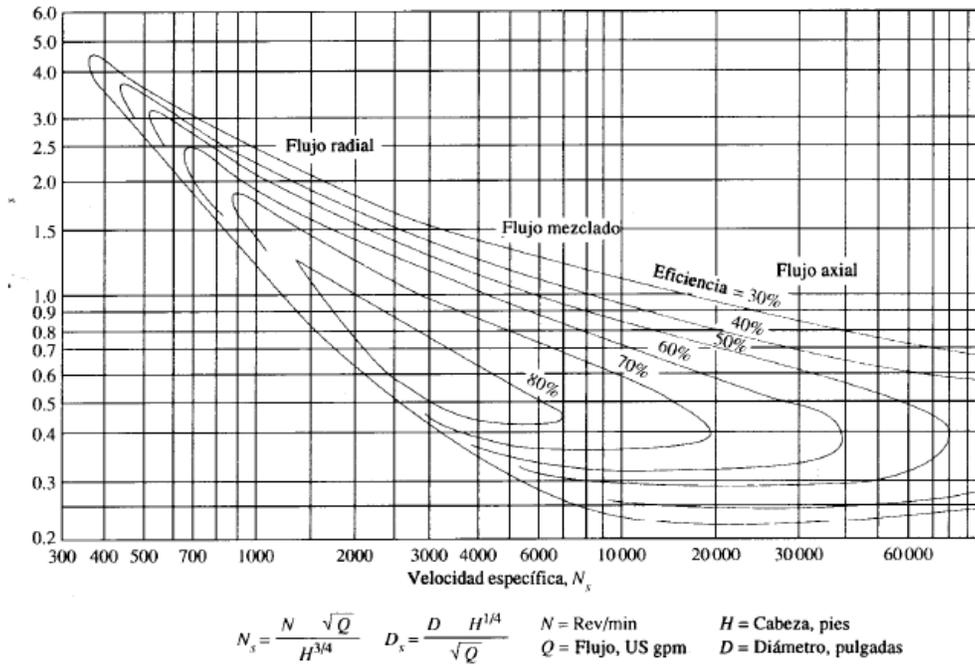


Figura 2.49 Gráfica velocidad específica contra diámetro específico.

2.15. Carga de Succión Positiva Neta.

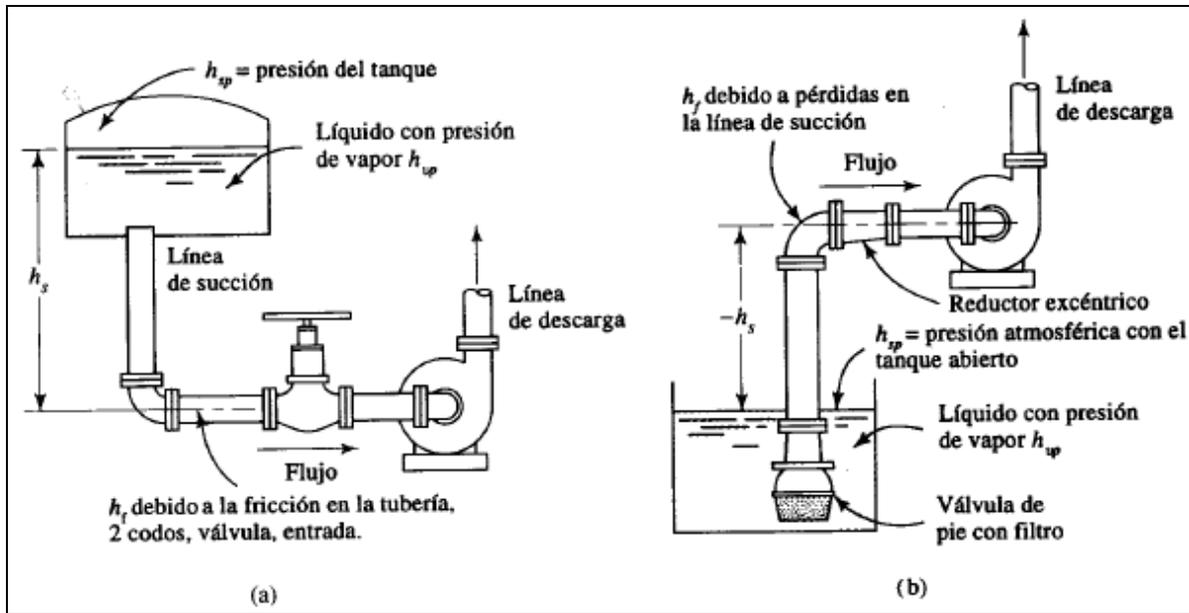


Figura 2.50. (a) Caso en el que la bomba se encuentra debajo del depósito y la carga es positiva. (b) Caso en el que la bomba se encuentra sobre el depósito y la carga es negativa.

$NPSH$ disponible > $NPSH$ requerida

$$NPSH_a = h_{sp} \pm h_s - h_f - h_{vp}$$

h_{sp} = Carga de presión estática (absoluta) aplicada al fluido, expresada en metros o pies de líquido.

h_s = Diferencia de elevación desde el nivel del fluido en el depósito hacia la entrada de la bomba, expresada en metros o pies.

Si la bomba está debajo del depósito, h_s es positiva (preferida), Figura 2.50 (a).

Si la bomba está arriba del depósito, h_s es negativa, Figura 2.50 (b).

h_f = Pérdidas por fricción en la tubería de succión, expresada en metros o pies.

h_{vp} = Presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo en metros o pie de líquido.

2.16. Detalles de la Línea de Succión.

La línea de succión se refiere a todas las partes del sistema de flujo desde la fuente del fluido hasta la entrada de la bomba. Se debe ser especialmente cuidadoso en el diseño de la línea de succión, para asegurar un valor de carga de succión positiva neta adecuado. Así mismo, pueden ser necesarios dispositivos auxiliares en condiciones especiales.

La Figura 2.50 muestra dos métodos para proporcionar fluido a una bomba.

En la parte (a), se crea cabeza positiva colocando la bomba debajo del depósito de alimentación. Esto es una ayuda para garantizar un valor satisfactorio de $NPSH$. También la bomba será siempre purgada con una columna de líquido al inicio.

En la parte (b), se presenta una condición de elevación de succión debido a que la bomba debe tomar líquido de abajo. La mayoría de las bombas de desplazamiento positivo pueden levantar fluido alrededor de 8 m y se les llama autoarrancables. En las bombas centrífugas, sin embargo la bomba debe ser encendida de forma artificial llenando la línea de succión con fluido. Esto puede hacerse proporcionando una alimentación auxiliar de líquido durante el encendido o formando vacío en la cubierta de la bomba, provocando que el fluido sea absorbido de la fuente.

2.17. Detalles de la Línea de Descarga.

En general, la línea de descarga debe ser tan corta y directa como sea posible para minimizar la carga de la bomba. Los codos deben ser estándar o de radio grande si es posible. El tamaño de la tubería debe escogerse de acuerdo con la velocidad o las pérdidas por fricción permisibles.

La especificación del tamaño de la tubería de descarga está relacionada en gran medida con la economía. En particular, para tramos de tubería largos, el costo de la tubería se incrementa significativamente conforme el tamaño de la tubería es mayor. Sin embargo, los tamaños de tubería más pequeños para una determinada velocidad de flujo provocan velocidades más altas y por lo tanto pérdidas de energía más grandes. Recuerde que las pérdidas de energía son proporcionales a la carga de velocidad y por lo tanto son proporcionales a la velocidad al cuadrado. A medida que se incrementan las pérdidas de energía, la carga total de la bomba se incrementa, lo cual requiere más potencia de alimentación de la bomba. Así mismo, se requiere usualmente una bomba más cara si se desea tener mayor carga.

Por lo tanto, las velocidades recomendadas en las líneas de descarga pueden ser solo aproximadas debido a que se debe considerar la economía total de una determinada instalación. La tabla 2.5 proporciona

algunos ejemplos de los tamaños de tubería razonables para velocidades de flujo determinadas con la correspondiente velocidad de flujo. Las velocidades en rango de 1.35 metros por segundo para las tuberías más pequeñas y velocidades de flujo más bajas hasta 3.42 metros por segundo para tuberías más largas y velocidades de flujo más grandes y cualquiera de las dos puede producir una velocidad razonable.

Velocidad de flujo (gal/min)	Velocidad (pies/s)	Tamaño de la tubería (Calibre 40)	Velocidad de flujo (l./min)	Velocidad (m/s)
12	4.45	1	45	1.35
25	5.36	1½	55	1.63
35	5.51	1½	130	1.68
50	7.88	1½	150	2.40
75	7.16	2	285	2.18
125	8.37	2½	475	2.55
175	7.59	3	660	2.31
250	6.30	4	950	1.92
500	8.01	5	1 850	2.44
1 000	11.10	6	3 800	3.38
1 000	6.41	8	3 800	1.95
1 250	8.02	8	4 730	2.44
1 750	11.22	8	6 625	3.42
1 750	7.11	10	6 625	2.17
2 500	10.16	10	9 450	3.10
2 500	7.16	12	9 450	2.18
3 500	10.03	12	13 250	3.06

Tabla 2.5 Ejemplos de diámetros de tuberías con respecto a la velocidad del fluido.

La línea de descarga debe contener una válvula cerca de la bomba para permitir darle servicio o reemplazarla. Esta válvula actúa con la línea de succión para aislar la bomba. Es preferible utilizar una compuerta o válvula tipo mariposa para baja resistencia. Si durante el servicio el flujo debe ser regulado, es preferible utilizar una válvula de globo debido a que permite un ahogamiento parejo de descarga. Esto, en efecto, incrementa la carga del sistema y causa que la entrega de la bomba disminuya como demuestra en la Figura 2.51, se pueden agregar otros elementos a la línea de descarga según requiera. Una válvula de alivio de presión protegerá la bomba y el resto de equipo en caso de bloqueo de flujo o del paro accidental de una válvula. Una válvula check el flujo de reversa a través de la bomba cuando esta no se encuentra operando. Un ramificado de la línea de descarga para un medidor con su válvula de paro puede ser necesario. También, un cucharón de prueba permitirá que tome una pequeña cantidad de fluido para propósitos de prueba sin que la operación normal se vea afectada.

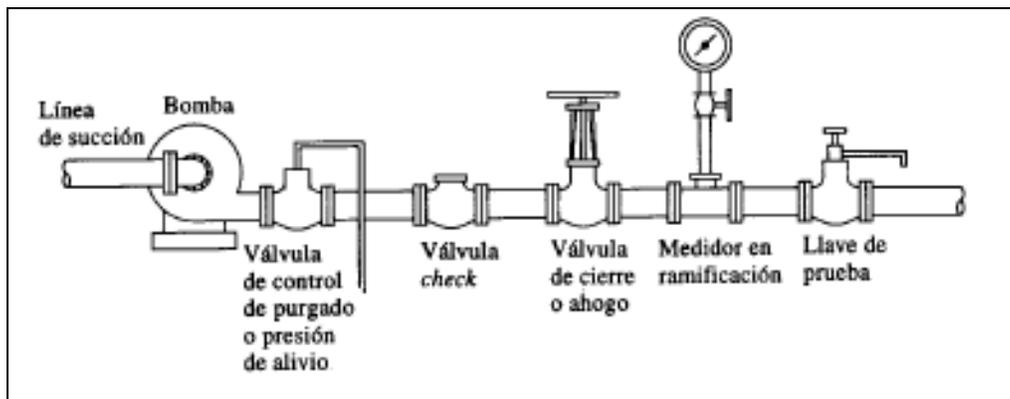


Figura 2.51 Detalles de la línea de descarga.

Capítulo III. “MÉTODO DE CÁLCULO EMPLEADO”

3.1 Método del Máximo Gasto Probable (Método Hunter).

Para el cálculo de volúmenes de regulación, se consideran las unidades mueble de cada mueble o centro de consumo de agua, tanto fría como caliente según se muestran en la tabla 3.1 En el cálculo se sumarán las unidades mueble a partir del punto más alejado del punto de alimentación para tener los consumos acumulados en cada tramo de la tubería de distribución, para el cálculo de su diámetro y las pérdidas en ella.

Para transformar las unidades mueble en gastos, se utilizará el diagrama de Hunter actualizado para dispositivos ahorradores de agua.

MUEBLE	UNIDADES-MUEBLE		
	Total	Agua Fría	Agua Caliente
Artesa	2	1.5	1.5
Bebedero	2	1.5	1.5
Cocineta	1	1	
Fregadero	2	1.5	1.5
Grupo de Baño (WC con Fluxómetro)			
WC-R-L	3	3	1.5
WC-R	3	3	1.5
WC-L	3	3	1
L-R	2	1.5	1.5
Grupo de Baño (WC con Tanque)			
WC-R-L	2	1.5	1.5
WC-R	2	1.5	1.5
WC-L	2	1	1
Inodoro con Fluxómetro	3	3	
Inodoro con Tanque	1	1	
Lavabos	2	1	1
Mingitorio con Fluxómetro	3	3	
Mingitorio con Llave de Resorte	2	2	
Regaderas	2	1.5	1.5
Vertederos	1	1	
Lavadora de Loza	10		10
Lavadoras (Por Kg de Ropa Seca)			
Horizontales	3	2	2
Extractores	6	4	4

Tabla 3.1. Unidades - Mueble para instalaciones hidráulicas.

Según este método, a cada pieza sanitaria se le asigna, de acuerdo con su uso y tipo, un número, el cual es llamado NÚMERO DE UNIDADES MUEBLE. La tabla 3-1 muestra las unidades de gastos asignadas a muebles sanitarios tanto de uso público como privado.

Procedimiento a seguir en este método:

- Elabore un diagrama de la tubería de distribución del sistema.
- Por cada tramo especifique el número y tipo de piezas a servir por el mismo.
- Multiplicar los totales de piezas sanitarias de igual tipo, por su correspondiente número de unidades de gastos, según la tabla 3-1.

- Totalice todos estos productos parciales.
- Con el número total de unidades de gastos que sirve la red, se busca la capacidad del sistema (lps) En las Tablas 3-2 y 3-3.

Diámetro Nominal mm	Velocidad Recomendada m/s
13	0.9
19	1.3
25	1.6
32	2.15
38 o mayor	2.5

Tabla 3.2. Velocidades recomendadas en tuberías de distribución de aguas limpias.

Una vez teniendo la cantidad de unidades mueble, se podrá determinar el diámetro de tubería que complementa cada parte del sistema hidráulico, apoyándonos en la tabla 3.4.

TANQUE U.M.	GASTO PROBABLE l/s	DIAMETRO mm	FLUXÓMETRO U.M.
1-2	0.114	13	1-1
3-6	0.342	19	2-2
7-15	0.730	25	3-4
16-30	1.260	32	5-7
31-53	1.900	38	8-13
54-180	4.000	51	14-80
181-430	7.000	64	81-307
431-830	11.500	76	308-800
831-2430	23.000	100	801-2430
		150	

Tabla 3.4. Diámetros a emplear en función del gasto de agua (unidades mueble).

CONVERSIÓN DE UNIDADES MUEBLE A LITROS POR SEGUNDO								
GASTO (LPS)	UNIDADES MUEBLE		GASTO (LPS)	UNIDADES MUEBLE		GASTO (LPS)	UNIDADES MUEBLE	
	TANQUE	FLUXÓMETRO		TANQUE	FLUXÓMETRO		TANQUE	FLUXÓMETRO
0.063	0	-	2.77	103	35	8.83	585	490
0.13	1	-	2.84	107	37	9.14	611	521
0.19	3	-	2.9	111	39	9.46	638	559
0.25	4	-	2.96	115	42	9.77	665	596
0.32	6	-	3.03	119	44	10.09	692	631
0.38	7	-	3.09	123	46	10.4	719	666
0.44	8	-	3.15	127	48	10.72	748	700
0.5	10	-	3.22	130	50	11.04	778	739
0.57	12	-	3.28	135	52	11.35	809	775
0.63	13	-	3.34	141	54	11.67	840	811
0.69	15	-	3.41	146	57	11.99	874	850
0.76	16	-	3.47	151	60	12.62	945	931
0.82	18	-	3.53	155	63	13.25	1018	1009
0.88	20	-	3.6	160	66	13.88	1091	1091
0.95	21	-	3.66	165	69	14.51	1173	1173
1.01	23	-	3.72	170	73	15.14	1254	1254
1.07	24	-	3.78	175	76	15.77	1335	1335
1.13	26	-	3.91	185	82	16.4	1418	1418
1.2	28	-	4.04	195	88	17.03	1500	1500
1.26	30	-	4.16	205	95	17.66	2583	1583
1.32	32	-	4.29	215	102	18.29	1668	1668
1.39	34	5	4.42	225	108	18.92	1755	1755
1.45	36	6	4.54	236	116	19.55	1845	1845
1.51	39	7	4.67	245	124	20.19	1926	1926
1.58	42	8	4.79	254	132	20.82	2018	2018
1.64	44	9	4.92	264	140	21.45	2110	2110
1.7	46	10	5.05	275	148	22.08	2204	2204
1.77	49	11	5.17	284	158	22.71	2298	2298
1.83	51	12	5.3	294	168	23.34	2388	2388
1.89	54	13	5.43	305	176	23.97	2408	2480
1.95	56	14	5.55	315	186	24.6	2575	2575
2.02	58	15	5.68	326	195	25.23	2670	2670
2.08	60	16	5.8	337	205	25.86	2765	2765
2.14	63	18	5.93	348	214	26.49	2862	2862
2.21	66	20	6.06	359	223	27.13	2960	2960
2.27	69	21	6.18	370	234	27.76	3060	3060
2.33	74	23	6.31	380	245	28.39	3150	3150
2.4	78	25	6.62	406	270	31.54	3620	3620
2.46	83	26	6.94	431	295	34.7	4070	4070
2.52	86	28	7.25	455	329	37.85	4480	4480
2.59	90	30	7.57	479	265	44.15	5380	5380
2.65	95	31	7.89	506	396	50.47	6280	6280
2.71	99	33	8.2	533	430	56.77	7280	7280
			8.52	559	460	63.08	8300	8300

Tabla 3.3. Tabla de conversión de unidades mueble a litros por segundo.

3.2. Obtención de la Carga Dinámica Total.

Carga Dinámica Total de Bombeo (C.D.T.).

La Carga Dinámica Total de bombeo representa todos los obstáculos que tendrá que vencer un líquido impulsado por una bomba (expresados en metros de columna del mismo) para poder llegar hasta el punto específico considerado como la toma más desfavorable.

La expresión para el cálculo de C.D.T. proviene de la ecuación de BERNOULLI y es como sigue:

$$ADT = h + \Sigma hf + \frac{V''}{2 \cdot g} + hr$$

Dónde:

h = Altura geométrica entre el nivel inferior y el superior del líquido.

Σhf = La sumatoria de todas las pérdidas (tanto en tubería recta como en accesorios) que sufre el fluido entre el nivel de succión y el de descarga.

$\frac{V''}{2 \cdot g}$ = Energía cinética o presión dinámica.

hr = Es la presión residual que debe vencer la bomba cuando el fluido llegue a su destino o punto más desfavorable.

Cálculo de C.D.T.

La expresión de la ecuación de la C.D.T. se ve modificada en función de la configuración de la red y del tipo de succión positiva o negativa (si el nivel del líquido se encuentra por encima o por debajo respectivamente del eje de la bomba) a la cual estará sometida la bomba. En las figuras 3.1 y 3.2, se muestran ambos casos. En la medida de lo posible es conveniente colocar la bomba con succión positiva, ya que así se mantiene la misma llena de fluido, a la vez que se le disminuye la C.D.T., debido a la presión adicional agregada por la altura del líquido.

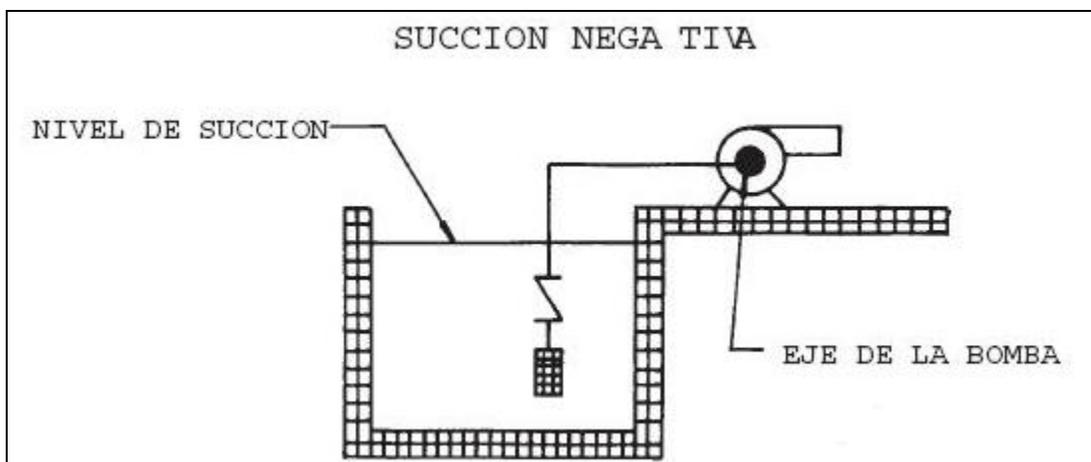


Figura 3.1. Succión negativa para una bomba.

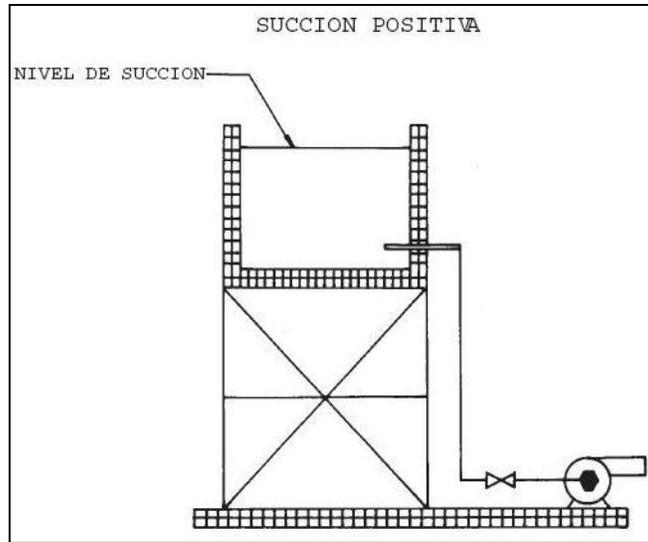


Figura 3.2. Succión positiva para una bomba.

Para mayor comprensión en el cálculo de la C.D.T. a continuación se presentan tres casos (entre otros conocidos), cada uno con sus respectivos análisis, figura y expresión de la ecuación de la C.D.T.

CASO 1:

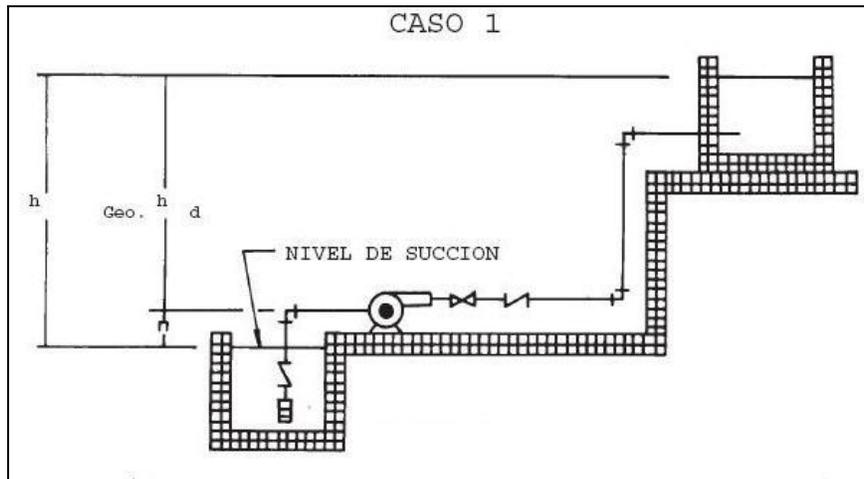


Figura 3.3. Succión Negativa con Tanque de Descarga Abierto.

La figura 3.3, representa una succión negativa, donde se indica claramente los tramos de succión y descarga con sus respectivos accesorios. Se tendrá entonces en la tubería de succión una caída de presión por efecto del roce que se denotará h_{fs} , una velocidad V_s , una altura de succión h_s y un diámetro de succión D_s . En la descarga se tendrá un h_{fd} , una velocidad de descarga V_d , una altura de descarga h_d y un diámetro de descarga D_d , al cual se considera como el inmediato superior al de la succión. Para este primer caso y considerando cada tramo por separado la ecuación para la Carga Dinámica Total queda de la siguiente forma:

$$ADT = (h_d + h_s) + h_{fs} + h_{fd} + \frac{V_d^2}{2g} + h_{rs} + h_{rd}$$

En este caso al encontrarse ambos tanques abiertos a la atmósfera las presiones hrs y hrd se anulan.
CASO 2:

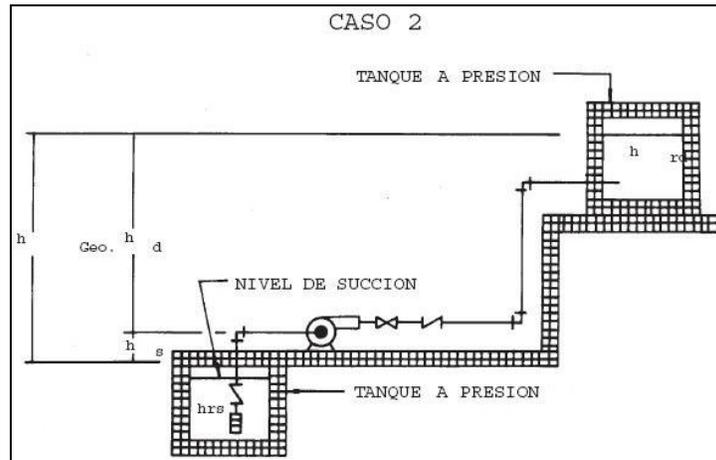


Figura 3.4. Succión Negativa con Tanque de Descarga Cerrado.

La figura 3.4, representa dos tanques, uno inferior y otro superior los cuales se encuentran sellados y poseen una presión residual hrs y hrd. En la ecuación de la CDT, la presión hrd tiene que sumarse mientras que la presión hrs debe restarse por ser energía adicional que va a tener el sistema y que va a ayudar al trabajo de bombeo. La ecuación de la CDT resultante es:

$$ADT = (hd + hs) + hfs + hfd + Vd^2/2g + hrs - hrd$$

Si solamente se tiene el tanque superior a presión y el inferior abierto a la atmósfera, de la ecuación anterior se elimina hrs, si en cambio es el superior abierto a la atmósfera y el inferior cerrado y presurizado de la ecuación se elimina el término hrd.

CASO 3:

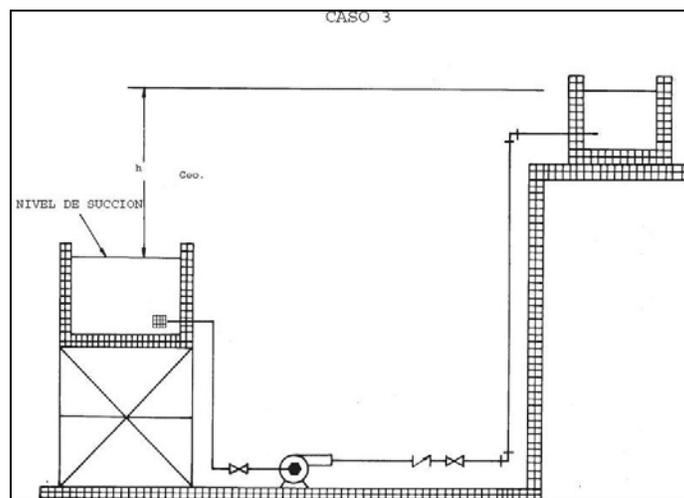


Figura 3.5. Succión Positiva con Tanque de Descarga Abierto.

La figura 3.5, representa una succión positiva, la altura geométrica que la bomba debe vencer en este caso es menor, para este caso la CDT será:

$$ADT = (hd - hs) + hfs + hfd + Vd^2/2g$$

Al encontrarse ambos tanques abiertos a la atmósfera, las presiones residuales hrs y hrd se eliminan. Si en cambio el tanque de descarga se mantiene con una determinada presión, a la ecuación anterior se le suma el valor de hrd y si además el tanque de succión se mantiene también presurizado, a la misma ecuación se le restará hrs.

3.3. Pérdidas de Presión en Tuberías.

Cálculo de Pérdidas de Carga por Fricción en Tubería Recta.

Para el cálculo de las pérdidas de carga se ha tomado como base la fórmula de Hazen & Williams para tuberías de hierro galvanizadas de uso común. A continuación se presenta la fórmula (en ambos sistemas de unidades) para la manipulación de la misma.

En el sistema métrico tenemos:

$$j \% = 1.6595 * K * \frac{Q^{1.852}}{D^{4.8708}}$$

Reordenando nos queda:

$$j \% = 131.455 * \frac{Q^{1.852}}{C * D^{2.63}}$$

Donde:

j%= % de pérdidas por fricción (m).

C = Constante de rugosidad (adimensional).

Q = Caudal pasante (l/min).

D = Diámetro interior del tubo (cm).

En el sistema inglés tenemos:

$$j \% = 0.2083 * K * \frac{Q^{1.852}}{D^{4.8708}}$$

Donde:

j %= % de pérdida por fricción (en pies).

K = $(100/C)^{1.852}$ corrección por rugosidad.

Q = Caudal pasante en (GPM).

D = Diámetro interno (pulg) el término independiente se ajusta a las unidades.

Esta fórmula da resultados bastantes exactos con agua a 60 °F (15.6°C), la cual a esa temperatura tiene una viscosidad cinemática en el orden de 1,1 centistokes.

Dado que la viscosidad del agua varía según la temperatura, pueden existir variaciones mensurables en la aplicación de las fórmulas, que van desde un incremento del 20% en temperaturas cercanas a 100 °C

($\nu = 0.3 \text{ csk}$). En temperaturas comprendidas entre 15°C y 24°C la fórmula tiene una exactitud por este concepto de $\pm 5\%$.

El coeficiente de rugosidad "C" varía según el tipo de tubería a utilizar y los valores que se muestran en la Figura 3.6, son los más aceptados comúnmente en cálculo y diseño.

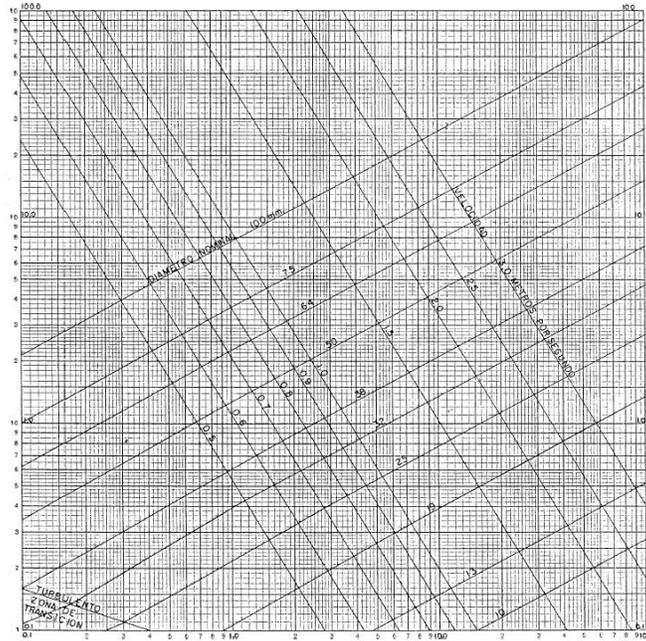


Figura 3.6. Pérdidas de cargas por fricción en metros por 100 metros para Tubería de Cobre tipo M.

Determinado el valor porcentual de fricción, nos interesa además conocer el valor de la velocidad del agua, esto lo determinaremos despejando "V" de la ecuación $A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 = A_3 \cdot v_3$ (m^3/s), la cual nos queda realizando los cambios convenientes, como:

$$V = \frac{Q \text{ (l/min)}}{4,7124 \cdot \varnothing \text{ (cm)}} = \text{(m/seg)}$$

Ya que este valor nos debe servir para determinar si la tubería está dentro de un rango lógico de selección y que para la misma es siempre recomendable, que el mínimo caudal pasante no alcance valores inferiores a $0,60 \text{ m/s}$, para evitar la sedimentación, ni que superen, los 3 m/s , para evitar ruidos en la tubería.

En la figura 3.6, se presentan la pérdidas por fricción (en m, por cada 100 m de tubería), calculada según la fórmula

$$j \% = 0.2083 \cdot K \cdot \frac{Q^{1,852}}{D^{4,8708}}$$

Utilizando un coeficiente de rugosidad $C = 100$.

Pérdidas de Presión en Válvulas y Conexiones:

Cuando un fluido se desplaza uniformemente por una tubería recta, larga y de diámetro constante, la configuración del flujo indicada por la distribución de la velocidad sobre el diámetro de la tubería adopta una forma característica. Cualquier obstáculo en la tubería cambia la dirección de la corriente en forma

total o parcial, altera la configuración característica de flujo y ocasiona turbulencia, causando una pérdida de energía mayor de la que normalmente se produce en un flujo por una tubería recta.

Ya que las válvulas y accesorios en una línea de tubería alteran la configuración de flujo, producen una pérdida de presión adicional la cual se puede determinar por:

$$h_f = \frac{K \cdot V^2}{2 \cdot g}$$

Donde:

h_f = Caída de presión (m)

K = Coeficiente de resistencia según el tipo específico de válvula o conexión.

Los diferentes valores del coeficiente de resistencia (K) para los distintos diámetros de válvulas y conexiones se presentan en la tabla 3.5 y 3.6.

En aquellas edificaciones consideradas como comunes, en las cuales se tienen 1 ó 2 montantes, las pérdidas por fricción podrán ser consideradas como el 10 % de la altura del edificio mas 5 ó 7 metros para cubrir las pérdidas en la tubería horizontal al final del tramo.

DIAM. mm	f_i					DIAM. mm	f_i				
13	0.029	0.464	0.87	0.58	1.74	13	0.050	0.800	1.50	1.00	3.00
19	0.027	0.432	0.81	0.54	1.62	19	0.045	0.720	1.35	0.90	2.70
25	0.025	0.400	0.75	0.50	1.50	25	0.041	0.656	1.23	0.82	2.46
32	0.024	0.384	0.72	0.48	1.44	32	0.037	0.592	1.11	0.74	2.22
38	0.023	0.368	0.69	0.46	1.38	38	0.036	0.576	1.08	0.72	2.16
50	0.021	0.336	0.63	0.42	1.26	50	0.033	0.528	0.99	0.66	1.98
64	0.020	0.320	0.60	0.40	1.20	64	0.031	0.496	0.93	0.62	1.86
75	0.019	0.304	0.57	0.38	1.14	75	0.029	0.464	0.87	0.58	1.74
100	0.018	0.288	0.54	0.36	1.08	100	0.027	0.432	0.81	0.54	1.62

Tabla 3.5. Coeficiente de fricción "K" para conexiones de cobre soldables y roscadas.

DIAMETRO mm							
13	0.40	17.0	5.0	11.34	0.36	15.30	2.25
19	0.36	15.3	4.5	10.50	0.328	13.94	2.05
25	0.328	13.94	4.1	9.66	0.304	12.92	1.90
32	0.296	12.58	3.7	9.24	0.272	11.56	1.70
38	0.288	12.24	3.6	8.82	0.264	11.22	1.65
50	0.264	11.22	3.3	7.98	0.240	10.20	1.50
64	0.248	10.54	3.1	7.56	0.232	9.86	1.45
75	0.232	9.86	2.9	7.56	0.216	9.18	1.35
100	0.216	9.18	2.7		0.200	8.50	1.25
150					0.192	8.16	1.20
200					0.184	7.82	1.15
250					0.168	7.14	1.05
300					0.160	6.80	1.00

Tabla 3.6. Coeficiente de fricción "K" para conexiones roscadas y bridadas.

Presiones Residuales.

La presión residual, es aquella presión óptima, la cual debe vencer el sistema de bombeo para poder mandar el agua hasta un punto deseado, el cual es considerado hidráulicamente como el más desfavorable.

Capítulo IV. "NORMATIVIDAD"

En este capítulo se incluirá los apartados de las leyes aplicables al proyecto en general. Estas leyes emanan del poder legislativo, y son referentes al sector del agua.

4.1 Reglamento de Construcción del IMSS.

4.1.1. Riego de Jardines.

4.1.1.1. Tipo de Agua por Usar. El agua que se utilice para el riego puede ser agua potable o agua tratada (municipal). Si en la localidad se dispone de agua tratada municipal y el área por regar lo amerita, este tipo de agua será la que se considere como primera alternativa. En estos casos el IMSS debe verificar con la autoridad correspondiente la factibilidad de obtener el agua tratada y poder decidir qué tipo de agua se usará.

4.1.2. Protección Contra Incendios.

4.1.2.2. Almacenamiento de Agua Requerido. Se deberá contar con un almacenamiento de agua, exclusivo para protección contra incendio, en proporción de 5 litros por metro cuadrado construido. La capacidad mínima para este efecto será de 20 000 litros y la máxima de 100 000 litros. Cuando por el cálculo se requirieran más de 100 000 litros, se consultará con el IMSS.

4.1.3. Producción y Distribución de Agua Caliente.

4.1.3.1. Tuberías.

- Las de 64 mm de diámetro o menores serán de cobre rígido tipo "M".
- Las de 75 mm de diámetro o mayores serán de acero sin costura, con extremos lisos para soldar, cédula 40.

4.1.3.2. Conexiones.

- En las tuberías de cobre serán de bronce fundido o de cobre forjado para uso en agua.
- En las tuberías de acero serán de acero soldable, sin costura, cédula 40.
- Las bridas serán de acero forjado para una presión de trabajo de 10.5 Kg/cm².

4.1.3.3. Materiales de Unión.

- Para tuberías y conexiones de cobre se usará soldadura de baja temperatura de fusión, con aleación de estaño 95% y antimonio 5%, utilizando para su aplicación fundente no corrosivo.
- Para tuberías y conexiones de acero soldable utilizar soldadura eléctrica empleando electrodos de calibre adecuado al espesor de las tuberías, clasificación: AWS E 6010 y AWS 7018.
- Para unir bridas, conexiones bridadas o válvulas bridadas, utilizar tornillos maquinados de acero al carbono, con cabeza y tuerca hexagonal, y junta de hule rojo con espesor de 3.175 mm.

4.1.3.4. Válvulas. Las válvulas de compuerta, retención y "macho" que se usen en la instalación serán clase 8.8 Kg/cm² y se pondrán roscadas hasta 50 mm de diámetro y bridadas de 64 mm de diámetro o mayores. Las válvulas de compuerta serán de vástago fijo.

4.1.3.5. Aislamiento Térmico.

- Las tuberías deben aislarse térmicamente empleando tubos preformados en dos medias cañas, de fibra de vidrio, con espesor de 25 mm para todos los diámetros ó tubos de polímero espumado de celda cerrada con espesor de 13 mm.

- El acabado en el forro para tuberías instaladas en interiores y plafones deberá hacerse con una capa de manta y dos flejes de aluminio por cada tramo de 91 cm y el acabado final correspondiente a la pintura para identificación de las tuberías, según código de colores del IMSS.
- El aislamiento de las tuberías instaladas en lugares donde pueden estar sujetas al abuso mecánico, o instaladas a la intemperie, se debe proteger con una capa protectora de lámina de aluminio lisa de 0.718 mm de espesor, traslapada 5 centímetros tanto longitudinalmente como transversalmente y sujeta con remaches "pop" de aluminio de 2.4 mm de diámetro a cada 30 cm, y el acabado final con la identificación según el Código de Colores del IMSS.

4.1.3.6. Juntas Flexibles

- Se proyectará la instalación de juntas flexibles para absorber los movimientos diferenciales entre juntas constructivas, para absorber los alargamientos y contracciones por efectos de temperatura o para absorber ambos efectos cuando se presente el caso.
- Las juntas flexibles serán mangueras metálicas con interiores y entramado exterior de acero inoxidable para tubos de 13 mm de diámetro o mayores.

4.1.3.7. Selección de Diámetros.

Sistemas con bombeo. En estos sistemas la selección de los diámetros debe hacerse tomando en cuenta la carga disponible a partir del origen del agua caliente, tratando de que las presiones de agua fría y de agua caliente sean sensiblemente iguales en los muebles con estos servicios, especialmente las regaderas.

4.1.3.8. Válvulas en las Líneas.

En el circuito principal, o circuito básico de diseño, se colocarán una válvula de compuerta para seccionar el ramal y una de retención para evitar inversiones en el sentido del flujo. En los demás circuitos, además de las dos válvulas antes mencionadas, se colocará una válvula de macho para equilibrar temperaturas y flujo. Estas válvulas se deben instalar lo más cerca posible de la conexión del ramal de retorno.

4.1.3.9. Equipo de Producción de Agua Caliente.

El tipo de equipos de producción de agua caliente dependerá de la capacidad requerida de calentamiento, de la fuente de energía disponible para producir calor, deberá ser de alta eficiencia y para equipos de alta tecnología el IMSS aprobará su uso.

4.1.3.10. Consumo Horario Probable.

El consumo horario probable de agua caliente es igual al consumo horario total de los muebles y equipos en consideración, multiplicado por el factor de demanda de acuerdo con tipo de utilización del inmueble.

4.1.3.11. Diferencial de Temperatura.

La diferencial de temperatura depende de las temperaturas inicial y final del agua para calentar.

Temperatura inicial.

Dependiendo del tipo de clima del lugar, use los valores siguientes:

TEMPERATURA CLIMA	INICIAL (°C)
Extremoso	10
Altiplano	15
Tropical	20

Temperatura final.

- Será de 60 °C para alimentación en muebles de uso común o equipos en los que las personas tienen contacto con el agua.
- En equipos en los que las personas no tienen contacto con el agua, como es el caso de las lavadoras de ropa, lavadoras de loza, etc., la temperatura será determinada por el IMSS, de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

Capacidad de Calentamiento. Cuando se utilice equipo para calentamiento "al paso", el calor requerido en Kcal/hora, es el gasto instantáneo llevado a la hora y multiplicado por la diferencial de temperatura.

Cuando se utilice equipo para calentamiento con almacenamiento, el calor requerido en Kcal/hora está en función del consumo horario probable multiplicado por la diferencial de temperatura.

4.1.4. Anteproyecto.

4.1.4.1. Procesos de Potabilización, de Tratamiento y de Reuso de Agua. Es indispensable que en esta etapa de anteproyecto el área de proyectos de ingeniería del IMSS determine estos aspectos, ya que influirán en el desarrollo del anteproyecto y, por consecuencia, del proyecto.

- a) Si el agua de abastecimiento va a tener, además de cloración, algún otro proceso de potabilización (suavización, filtración, etc.), habrá que considerar una cisterna adicional para el agua potabilizada, así como el espacio requerido por estos equipos en la Casa de Máquinas.
- b) Si las aguas negras se van a tratar antes de su vertido final, el tipo de tratamiento determinará si se requerirá o no de área de tratamiento y caseta de equipos.
- c) Si se van a reusar las aguas residuales en la alimentación de inodoros, mingitorios, lava cómodos y de riego de jardines, esto requiere que se separen las alimentaciones de estos muebles de las alimentaciones de los demás muebles sanitarios. Cuando se tiene este reuso del agua, además de los equipos y cisterna(s) que normalmente se considera, una cisterna para recibir las aguas tratadas y con sus equipos de bombeo.

4.1.4.2. Presentación y Contenidos de los Planos. Los anteproyectos deberán presentarse dibujados a lápiz sobre copias del anteproyecto arquitectónico y se elaborarán por separado para las instalaciones hidráulicas, para las sanitarias y para las de gases medicinales.

Estos planos deberán mostrar, en todos los casos, las trayectorias de las líneas generales de cada uno de los servicios por proyectar.

4.1.4.3. Tazo de las Redes Generales. Para el trazo de las redes generales se deberán seguir dentro de lo posible, las indicaciones siguientes:

- Deben ir por circulaciones del edificio para facilitar los trabajos de mantenimiento.
- No deben pasar por lugares habitados como son salas de operaciones, salas de encamados, puestos de enfermeras, etc., ya que se pueden ocasionar trastornos de consideración en caso de fugas o trabajos de mantenimiento.
- No pasarlas sobre equipos eléctricos, ni por lugares que puedan ser peligrosos para los operarios al hacer trabajos de mantenimiento.
- Las tuberías verticales deberán proyectarse por los ductos determinados con el arquitecto y con los proyectistas de otras instalaciones, evitando los cambios de dirección innecesarios.
- Las trayectorias deberán ser paralelas a los ejes principales de la estructura.
- Las redes generales de las instalaciones hidráulicas deberán proyectarse paralelas y agrupadas, formando una sola "cama de tuberías". Lo mismo deberá hacerse con las redes principales de gases medicinales, aire comprimido y succión.

4.1.4.4. Localización de las Redes Generales Horizontales.

Instalaciones Hidráulicas.

- Si abajo de la planta baja existe una planta de sótano, las líneas principales que alimentan a esos pisos son comunes para ambos y van entre el plafond del sótano y el piso de planta baja, mostrándose en el plano del sótano con la indicación de "Tuberías por plafond" y ya no se muestra ninguna línea general en el plano de planta baja.
- En caso de que existan pisos arriba de la planta baja, las líneas generales que dan servicio a cada uno de los pisos se localizan entre el plafond del piso inferior y la losa del piso que se proyecta y se dibujan en su piso.
- Si el edificio no tiene sótano, las redes principales que alimentan la planta baja, o a la planta baja y al primer piso en caso de existir éste, van entre el plafond de la planta baja y la losa de la azotea o la losa del primer piso, dibujándose en el plano de la planta baja con la indicación de "Tuberías por plafond", y ya no se muestra ninguna línea principal en el plano del primer piso.
- En caso de que existan pisos arriba del primer piso, las líneas generales van entre el plafond del piso inferior y la losa del piso que se proyecta, dibujándose en el plano de su piso.

Instalaciones Hidráulicas Exteriores.

Las redes generales de las instalaciones hidráulicas exteriores deberán proyectarse por pasos de instalaciones o pasos a cubierto los que pueden servir para proyectar las redes generales de otras instalaciones. Las dimensiones de estos elementos serán de acuerdo con la cantidad y diámetros de las tuberías a instalarse.

4.1.4.5. Acomodo de Equipos en Casas de Máquinas. Con los planos del anteproyecto arquitectónico el proyectista de instalaciones podrá determinar, en forma bastante aproximada, las capacidades y tamaños de los diferentes equipos que se vayan a usar. Con esos tamaños el proyectista deberá dibujar y recortar plantillas de esos equipos a escala 1:50.

En esta junta de acomodo de equipos en casa de máquinas, todos los proyectistas de instalaciones presentarán las plantillas de sus equipos, con los que se hará la distribución y acomodo de ellos, tomando en cuenta los espacios requeridos para su operación y mantenimiento.

También deberá proporcionarle al arquitecto la capacidad de la o las cisternas y tanques elevados o tinacos, así como las áreas requeridas para: los tanques de almacenamiento de combustible, centrales de gases medicinales que vayan a ser usadas, estación de medición de gas natural, etc., recomendando al mismo tiempo, localizaciones convenientes desde el punto de vista de estas instalaciones, para que el arquitecto las tome en cuenta para el desarrollo del proyecto.

4.1.4.6. Cisternas. Si no se requiere de algún proceso de potabilización, la cisterna será exclusivamente para agua "cruda" dividida en dos celdas y su volumen útil se calculará a razón de 1 600 litros por cama censable por día. Este valor incluye consumo por servicios hospitalarios y por riego, así como reserva para protección contra incendio.

Cisterna de Agua Potable.

En caso de que se requiera potabilizar el agua para los servicios hospitalarios, el volumen útil de la cisterna de agua potabilizada se calculará a razón de 1 000 litros por cama censable por día, también dividida en dos celdas.

Equipo de Suavización.

Si se requiere suavizar el agua para servicios, considérense un equipo de suavización y dos bombas de transferencia, así como una mesa con tarja para análisis.

4.1.5. Distribución de Agua Fría.

4.1.5.1. Materiales.

Tuberías.

- Las de 64 mm de diámetro o menores serán de cobre rígido tipo "M".
- Las de 75 mm de diámetro o mayores serán de acero sin costura, con extremos lisos para soldar, cédula 40.

Conexiones.

- En las tuberías de cobre serán de bronce fundido para soldar o de cobre forjado para uso en agua.
- En las tuberías de acero serán de acero soldable, sin costura cédula 40.
- Las bridas serán de acero forjado para una presión de trabajos de 10.5 Kg/cm².

Materiales de Unión.

- Para tuberías y conexiones de cobre se usará soldadura de baja temperatura de fusión, con aleación de plomo 50% y estaño 50%, utilizando para su aplicación fundente no corrosivo.
- Para tuberías y conexiones de acero soldable utilizar soldadura eléctrica empleando electrodos de calibre adecuado al espesor de las tuberías, clasificación: AWS E 6 010 y AWS 7018.
- Para unir bridas, conexiones bridadas o válvulas bridadas, utilizar tornillos maquinados de acero al carbono, con cabeza y tuerca hexagonal, y junta de hule rojo con espesor de 3.175 mm.

Válvulas.

- Todas las válvulas serán clase 8.8 Kg/cm².
- En las líneas de succión de bombas las válvulas de compuerta y las válvulas de retención serán roscadas hasta 38 mm de diámetro y bridadas de 50 mm o mayores.
- En todo el resto de la instalación las válvulas de compuerta y de retención serán roscadas hasta 50 mm de diámetro y bridadas de 64 mm o mayores.
- Las válvulas de compuerta serán de vástago fijo en cajas de válvulas y de vástago ascendente, en todos los lugares donde se cuente con el espacio suficiente para su operación.

Aislamiento Térmico.

En las localidades de clima extremo se aislarán térmicamente las tuberías localizadas a la intemperie, para lo cual se usarán tubos preformados en dos medias cañas, de fibra de vidrio, con espesor de 25 mm para todos los diámetros ó tubos de polímero espumado de celda cerrada con espesor de 13 mm.

El acabado deberá hacerse con una capa de manta y dos flejes de aluminio por cada tramo de 91 cm y se recubrirán con una capa protectora de lámina de aluminio lisa de 0.718 mm de espesor, traslapada 5 centímetros, tanto longitudinalmente como transversalmente, sujeta con remaches "pop" de aluminio de 2.4 mm de diámetro, a cada 30 centímetros.

Juntas Flexibles.

Para absorber movimientos diferenciales entre juntas de construcción en zonas sísmicas y en terrenos de baja capacidad de carga, se instalarán juntas flexibles, las que serán mangueras metálicas con entramado de acero inoxidable.

4.1.5.2. Cálculo de Gastos. El gasto de cada uno de los tramos del sistema se calculará por medio del Método de las Unidades-Mueble, utilizando los valores y las tablas de gastos en función de las Unidades-Mueble.

4.1.5.3. Velocidades de Flujo.

Línea Principal.

Con objeto de no tener excesivas pérdidas de carga por fricción en la línea principal que se considere para la determinación de la carga total de bombeo, se recomienda que las velocidades de flujo estén lo más cercanas posibles a las que producen una pérdida de carga del 8 al 10%. La velocidad máxima será de 2.5 m/s para diámetro de 38 mm o mayores.

Líneas Secundarias y Ramales.

Siempre que sea posible se recomienda que las velocidades de flujo estén lo más próximo a las mencionadas a continuación:

DIÁMETRO NOMINAL mm	VELOCIDAD RECOMENDADA m/s
13	0.9
19	1.3
25	1.6
32	2.15
38 ó mayor	2.5

Velocidades Mínima y Máxima.

En cualquier caso, la velocidad mínima será de 0.7 metros por segundo y la máxima de 2.5 metros por segundo.

4.1.5.4. Selección de Diámetros.

Sistemas por Gravedad.

En estos sistemas lo importante es determinar el mueble que origine la mínima pendiente de pérdida de carga permisible, la cual se obtiene dividiendo la carga disponible para perder por fricción entre la longitud total equivalente de la tubería hasta el punto de alimentación considerado.

Con esta pendiente y tomando en cuenta las velocidades recomendadas, seleccione los diámetros de esta línea, que será la línea principal, de tal forma que la suma de las pérdidas de carga por fricción sea igual o menor que la carga disponible para perder por este concepto.

Es de hacerse notar que en donde se tienen suministros de agua fría y de agua caliente, esta línea principal generalmente consiste de tramos de ambos sistemas y que hay que seleccionar primero los diámetros de la red de agua caliente, por ser los más desfavorables, para después calcular los diámetros de la red de agua fría tratando de que las presiones disponibles en los muebles con estos servicios sean sensiblemente iguales, especialmente en el caso de regaderas.

Sistemas por Bombeo.

En estos sistemas la selección de los diámetros se hará exclusivamente en base a la velocidad, pero tomando en cuenta los valores recomendados para no tener pérdidas por fricción excesivas.

4.1.5.5. Determinación de la Carga Total de Bombeo. Para determinar la carga total de bombeo use la siguiente fórmula:

$$H = h_{es} + h_{fs} + h_{ed} + h_{fd} + h_t$$

En la que:

h_{es} = Carga o altura de succión expresada, en metros.

h_{fs} = Carga por fricción en la línea de succión, en metros.

hed = Carga o distancia vertical entre el eje de la bomba y el punto de alimentación considerado, en metros.

hfd = Carga por fricción en la línea de descarga, en metros.

ht = Carga de trabajo requerida para la correcta operación del mueble o equipo considerado, en metros.

4.1.5.6. Presión Máxima. La presión máxima en cualquier punto de la red de distribución, incluyendo la diferencial de presión considerada, no deberá ser mayor de 6.0 Kg/cm².

Si con una sola red de distribución se tiene una presión mayor, el proyectista propondrá al IMSS, para su aprobación, sistemas de baja y alta presión.

4.1.5.7. Selección del Equipo de Bombeo. En todos los casos, al seleccionar las bombas se deberá tomar en cuenta lo siguiente:

- Que la diferencial de presión sea de 0.7 a 1.4 Kg/cm² (7 a 14 MCA).
- Que se tenga una Carga Neta Positiva de Succión Disponible (CNPSD) igual o mayor que la requerida por las bombas, para lo cual se debe cumplir con la expresión:

$$\text{CNPSD} \geq \text{CNPSR}$$

En la que:

CNPSD = Carga Neta Positiva de Succión Disponible por el arreglo geométrico para el gasto considerado, en metros.

CNPSR = Carga Neta Positiva de Succión Requerida por la bomba para el gasto considerado, en metros.

*Que las bombas operen lo más cercano posible a la zona de máxima eficiencia de la curva.

4.1.5.8. Bombeo con Tanque Hidroneumático. Si el gasto máximo probable es de 13 litros por segundo o menor, el equipo constará de 2 o 3 bombas, un tanque a presión cargado con compresora o tanque(s) precargado(s) de diafragma y su equipo de control, (Para el tipo de tanque a especificar, consultar con el IMSS).

4.1.5.9. Bombas. El número de bombas será de acuerdo con lo siguiente:

- Si el gasto máximo es de 8 litros por segundo o menor, se tendrán 2 bombas, cada una con capacidad para proporcionar del 80 al 100% del gasto máximo, dependiendo de la curva de la bomba. Estas bombas operarían, normalmente, en forma alternada y, en casos excepcionales, en forma simultánea.
- Si el gasto está entre 8 y 13 litros por segundo, se tendrán 3 bombas, cada una con capacidad para proporcionar el 50% del gasto máximo probable. Una bomba estaría de reserva.

En este caso la secuencia de operación de las bombas sería la siguiente:

PASO	% DEL GASTO TOTAL	BOMBAS OPERANDO
1	VARIABLE	TANQUE
2	50	1 BOMBA
3	100	2 BOMBAS

4.1.5.10. Cálculo de las Unidades Mueble de los Diferentes Tramos. Para el cálculo de las Unidades-Mueble correspondiente a cada uno de los diferentes tramos de una red de distribución sume las Unidades-Mueble de los muebles y equipos a los que da servicio el tramo, con la única salvedad de que al ir acumulando las Unidades-Mueble, el último inodoro del último tramo de cualquier línea vale 10 U-M, independientemente de su valor dado por las tablas, y a partir del segundo tramo ya todos los muebles involucrados tendrán el valor dado por las Tablas.

4.1.5.11. Determinación de Gastos. Los gastos de los diferentes tramos de las redes de distribución de agua fría o de agua caliente a muebles sanitarios se determinarán con base a la tabla de GASTOS EN FUNCIÓN DE UNIDADES-MUEBLE.

Cuando el tramo al que se le va a determinar su gasto y que alimente exclusivamente a muebles sin fluxómetro, se usará la columna "sin fluxómetro", pero en caso de que el tramo alimente a muebles con fluxómetro o a muebles con y sin fluxómetro, su gasto se determinará usando la columna "con fluxómetro".

4.1.6. Abastecimiento de Agua.

4.1.6.1. Fuente de Abastecimiento.

Zona con Servicios de Red Municipal.

Si la unidad está localizada en una zona servida por la red municipal de distribución de agua y ésta es capaz de satisfacer las necesidades de la unidad, deberá abastecerse de ella por medio de una "Toma domiciliaria".

Zona sin Servicios de Red Municipal.

Si la unidad está localizada en una zona que no esté servida por la red municipal de distribución de agua o que ésta no sea capaz de satisfacer las necesidades de la unidad, deberá seleccionarse la mejor fuente disponible de acuerdo con las características físico-químicas y bacteriológicas del agua, así como del costo más económico para obtenerla, pero en general deberá darse prioridad a las fuentes de abastecimiento subterráneas sobre las superficiales y a éstas sobre las atmosféricas.

4.1.6.2. Toma Domiciliaria y Línea de Llenado de la Cisterna. El tramo entre la red municipal de distribución y el medidor, incluyendo éste, constituye la "Toma domiciliaria" y la instala el municipio. Para calcular sus pérdidas por fricción suponga que es de fierro galvanizado.

4.1.7. Materiales.

4.1.7.1. Materiales.

Tuberías.

Para diámetros hasta de 50 mm podrán ser de cobre rígido tipo "M", o de PVC rígido hidráulico, con extremos lisos para cementar, clasificación RD-13.5 para diámetros hasta de 25 mm y RD-26 para diámetros de 32 mm hasta 50 mm.

Para diámetros de 64 mm o mayores, instalar tubería de fibrocemento clase A-7 con uniones de coples con sello de anillo de hule, o tubería de acero sin costura con extremos lisos para soldar, cédula 40.

Conexiones.

- En tuberías de cobre utilizar conexiones soldables de bronce fundido o de cobre forjado para uso en agua.
- En tuberías de PVC utilizar conexiones del mismo material, tipo cementar.
- En tuberías de fierro negro, utilizar conexiones reforzadas de fierro maleable, con rosca.
- En tuberías de fibrocemento utilizar piezas especiales de fundición, bridadas.
- En tuberías de acero serán de acero soldable, sin costura, cédula 40.
- Las bridas serán de acero forjado para una presión de trabajo de 10,5 Kg/cm².

Materiales de unión.

- Para tuberías de cobre utilizar soldadura de baja temperatura de fusión con aleación de plomo 50% y estaño 50%, utilizando para su aplicación fundente no corrosivo.
- Para tuberías y conexiones de PVC utilizar limpiador y cemento especial para este tipo de material.

- Para tuberías y conexiones de fierro negro utilizar cinta de teflón de 13 mm de ancho.
- Para tuberías y conexiones de acero soldable utilizar soldadura eléctrica empleando electrodos de calibre adecuado al espesor de las tuberías, clasificación AWS E 6010.
- Para unir bridas, conexiones bridadas o válvulas bridadas, utilizar tornillos maquinados de acero al carbono, con cabeza y tuerca hexagonal, y junta de hule rojo con espesor de 3.175 mm.

4.1.7.2. Diámetro de la Línea de Toma y la de Llenado. Para determinar los diámetros, tanto de la línea de "toma" como de la línea de llenado de la cisterna, hay que tomar en cuenta lo siguiente:

- Gasto de la "toma", que se considerará igual al consumo diario probable dividido entre las horas de servicio de la red municipal, por lo que en cada caso habrá necesidad de verificar las horas de suministro de acuerdo con la Cédula de Servicios.
- Presión mínima disponible de la red municipal en el probable punto de conexión con la línea de "toma", según la Cédula de servicios.
- Diferencia de nivel entre la red municipal y el punto de salida de la línea de llenado, en la cisterna.
- Pérdidas de carga por fricción en las tuberías, válvulas, conexiones, medidor y flotador.

4.1.7.3. Cisternas. Se proyectarán las cisternas que sean necesarias para almacenar el agua requerida para el consumo de la Unidad. El número de cisternas dependerá de la calidad del agua de abastecimiento y de si se van o no a reusar las aguas residuales.

Si no se van a reusar las aguas residuales, las cisternas que se pueden tener en función de la calidad del agua son:

- a) Cisterna de agua cruda, o
- b) Cisterna de agua cruda y cisterna de agua potabilizada.

En caso de que se vayan a tratar las aguas residuales para ser reutilizadas, además de las cisternas antes mencionadas se requerirá de una cisterna para almacenar estas aguas ya tratadas.

En aquellas localidades en que se disponga de agua tratada municipal y el área de jardines lo amerite, se deberá proyectar una cisterna adicional para estas aguas con el fin de usarlas para el riego de jardines.

4.1.7.4. Volumen Útil de Cisternas.

Cisterna de Agua Cruda.

Es la cisterna que almacena el agua de abastecimiento de la Unidad. Cuando ésta agua no requiere de algún otro proceso de potabilización además de cloración (suavización, filtración, etc.), para su volumen útil deben considerarse todas las dotaciones que correspondan al caso.

- a) Si la fuente de abastecimiento es completamente confiable en cuanto a su capacidad de abastecimiento y horas de servicio, la capacidad útil será igual a la del consumo de un día, más un volumen para protección contra incendio.
- b) Si la fuente de abastecimiento no es completamente confiable en cuanto a su capacidad de abastecimiento y horas de servicio, la capacidad útil será igual a la del consumo de dos días más el volumen para protección contra incendio.
- c) Si el volumen de reserva para protección contra incendio, resultara mayor de 100,000 l, consultar con el IMSS.

Cisterna de Agua Potabilizada.

Cuando el agua de abastecimiento, además de cloración, necesita de algún otro proceso de potabilización (suavización, filtración, etc.), aparte de la cisterna de agua cruda se deberá considerar una cisterna de agua potabilizada y su capacidad útil será la del consumo de un día excluyendo el volumen necesario para riego y para protección contra incendio.

Cisterna de Aguas Residuales Tratadas.

Es la cisterna que almacena las aguas residuales que han sido ya tratadas para ser reutilizadas. Su capacidad útil será igual a la del volumen diario de las aguas residuales que se vayan a reusar.

Cisterna de Agua Tratada Municipal, no Potable, para Riego.

Esta cisterna almacena, el agua tratada municipal, su capacidad útil será igual a la dotación para riego pero no inferior a 10,000 litros.

4.1.7.5. Profundidad Total.

- a) La profundidad del piso de las cisternas de agua cruda, de agua potabilizada y de agua tratada, deberá tomar en cuenta el tirante útil más un espacio superior para alojar el flotador y que sirva de cámara de aire.
- b) Cisterna de recolección de aguas residuales deberá tomar en cuenta el tirante útil a partir de la plantilla del tubo de llegada de aguas claras a la cisterna.

4.1.7.6. Zona de Succión y Recolección de Sedimentos. En el lado donde se instalen las tuberías de succión se proyectará un foso para la recolección de sedimentos que sean arrastrados por el agua y para darle la sumergencia adecuada a las tuberías de succión. La profundidad de este foso, a partir del fondo de la cisterna, deberá considerar 30 cm para sedimentos más 4 diámetros de la tubería de succión de mayor diámetro. Estos 4 diámetros se contarán a partir de la parte inferior de la válvula de retención en el caso de las tuberías de succión verticales, o a partir de la parte superior de la tubería de succión cuando ésta es horizontal, como es el caso de un cabezal de succión.

Si se tienen succiones verticales directas, el ancho mínimo del foso será de 0.6 metros y el largo mínimo será el requerido para todas las tuberías de succión.

Cuando la succión de las bombas es por medio de un cabezal, se tiene solamente una tubería horizontal. En este caso el foso deberá tener una área horizontal no menor de 2.0 x 2.0 metros.

4.1.7.7. Celdas en las Cisternas de Agua Cruda. Para facilitar su limpieza y no interrumpir el servicio, las cisternas de agua cruda que se mencionan a continuación deberán estar divididas en 2 celdas, cada una con la capacidad del 50% del volumen útil.

- De las Unidades Médicas con hospitalización, sin importar su capacidad útil.
- De las Unidades Médicas sin hospitalización y de las otras edificaciones del IMSS cuando su capacidad útil sea mayor de 25,000 litros.

En estos casos se deberán tomar las providencias necesarias para el llenado de ellas, para la succión de las bombas cuando solamente una celda esté en servicio, para la interconexión entre las celdas y para el aislamiento de una de las celdas sin que se interrumpa el servicio.

4.1.7.8. Ventilación. Para la entrada del aire exterior y la salida del vapor y gases desprendidos del agua, deberán proyectarse tubos de ventilación con un diseño adecuado para evitar la entrada de insectos, roedores y otros animales y, en general, de basura y materias extrañas.

Se pondrá una ventilación de 100 mm de diámetro por cada 200 metros cuadrados o fracción de área superficial. En caso de haber trabes o celdas, se podrán dejar, en ellas, "pasos de aire" de 76

mm de diámetro y contiguos a la losa superior para no tener que poner una ventilación por cada casetón.

4.1.7.9. Accesos para Inspección y Limpieza. En el lugar más cercano al flotador, a las tuberías de succión y a los electrodos para el control de los niveles alto y bajo, deberán proyectarse registros de acceso y una escalera marina de aluminio adosada al muro. La alimentación a la cisterna deberá estar en el lado opuesto a la zona de succión.

4.1.7.10. Localización. Para la localización de las cisternas considere lo siguiente:

- a) Deben estar lo más cerca posible de los equipos de bombeo.
- b) La cisterna de agua cruda podrá estar enterrada, semienterrada o superficial, dependiendo del tipo de suministro en la red municipal de distribución de agua.
Si la distribución municipal de agua es por bombeo, la cisterna siempre estará enterrada.
Si el suministro municipal se efectúa a partir de un tanque de distribución con la suficiente altura que garantice que siempre se tendrá carga suficiente en el punto de "toma", la cisterna podrá estar enterrada, semienterrada o superficial. En caso de ser superficial, la decisión se tomará en coordinación con el IMSS y con el Arquitecto proyectista.
La altura máxima estará dada en función de la carga mínima en el punto de "toma" y de las recomendaciones estructurales.
- c) En el caso de cisternas enterradas, se evitará el contacto con las aguas freáticas y se tratará de mantener una separación no menor de 5 metros de fosas sépticas o de albañales de aguas negras, y cuando esto no sea posible, se consultará con el IMSS para determinar su localización.

4.1.7.11. Acondicionamiento de Agua. Cuando sea necesario acondicionar el agua para ajustar sus características a las normas de calidad del IMSS requeridas para obtener una eficiencia adecuada en las múltiples aplicaciones resultantes de la Unidad que se trate, el IMSS indicará al especialista que determine la selección del método y del equipo adecuado para proporcionar el acondicionamiento requerido.

4.1.8. Desarrollo del Proyecto.

4.1.8.1. Alcance del Proyecto. El alcance comprende:

- 1.- Elaboración en computadora e impresos en papel albanene de cada uno de los conceptos siguientes:
 - * Proyecto en planta e isométrico de las instalaciones hidráulicas, sanitarias, gases medicinales y combustibles que se requieran en cada una de las plantas arquitectónicas.
 - * Proyecto en planta e isométrico de los equipos e instalaciones en casa de máquinas.
 - * Proyecto en planta de todas las redes exteriores con detalles de cisterna y tanques de combustibles.
 - * Planos complementarios y de detalle.
- 2.- Elaboración en el programa de cómputo que el IMSS determine, de las Memorias Descriptiva y de Cálculo y de las Especificaciones de Equipos.
- 3.- Entrega de los Diskettes del proyecto ejecutado.

4.1.8.2. Casas de Máquinas.

Instalaciones Hidráulicas en Planta.

Mostrará todos los equipos que se hayan considerado que van dentro del local, las tuberías de interconexión entre ellos y las tuberías que salen de ellas y se imprimirá a escala 1:25.

Todos los equipos se numerarán y en el mismo plano se mostrará una lista de esos equipos y sus capacidades.

Instalaciones Hidráulicas en Isométrico.

Además de mostrar los equipos y las tuberías, mostrará las características y detalles de instalación de accesorios, válvulas termostáticas, válvulas reductoras de presión, succiones de bombas, cabezales, trampas de vapor, válvulas de seguridad, ventilaciones, escapes, soportes, etcétera y se imprimirá a escala 1:25.

4.1.8.3. Trazo de las Redes de Tuberías. En general: para el trazo de la configuración geométrica, de las redes generales así como de los ramales secundarios, se deberán seguir dentro de lo posible las indicaciones siguientes:

- Deben ir por circulaciones del edificio para facilitar los trabajos de mantenimiento y posibles ampliaciones, remodelaciones, o ambas.
- No pasarlas sobre equipos eléctricos ni por lugares que puedan ser peligrosos para los operarios al hacer trabajos de mantenimiento, o por posibles fugas.
- Las tuberías verticales deberán proyectarse por los ductos determinados con el arquitecto y con los proyectistas de otras instalaciones, y evitar los cambios de dirección innecesarios.
- Las trayectorias deberán ser paralelas a los ejes principales de la estructura.

4.1.8.4. Localización de las Tuberías Horizontales por Niveles. En edificios con sótano:

- Si abajo de la planta baja existe una planta de sótano, las líneas principales que alimentan a esos pisos serán comunes para ambos pisos y van entre el plafond del sótano y la losa de planta baja, mostrándose en el plano del sótano con las indicaciones de "Tuberías por plafond" y ya no se muestra ninguna tubería principal en el plano de planta baja.
- Los ramales que alimentan al sótano bajan a este piso para después alimentar a los muebles y estos ramales también se dibujan en el plano de sótano.
- Los ramales que alimentan la planta baja van también por el plafond del sótano y solamente suben a la planta baja y atraviesan la losa de este piso; los ramales individuales a los muebles, se dibujan en el plano de planta baja.
- En caso de que existan pisos arriba de la planta baja, las líneas generales como los ramales que dan servicio a cada uno de esos pisos se localizan entre el plafond del piso inferior y la losa del piso que se proyecta, dibujándose en su piso.
- En edificios sin sótano
- Si el edificio no tiene sótano, las redes principales que alimentan a la planta baja, o a la planta baja y al primer piso en caso de existir éste, en cuyo caso son comunes para ambos pisos, van entre el plafond de la planta baja y la losa de la azotea o la losa del primer piso, dibujándose en el plano de la planta baja con la indicación de "Tuberías por plafond", y ya no se muestra ninguna línea principal en el plano del primer piso.
- Los ramales que alimentan a la planta baja, descienden al piso para después derivarse a los muebles; estos ramales también se dibujan en el plano de planta baja.
- Los ramales que alimentan al primer piso van por el plafond de planta baja y solamente suben a primer piso, atravesando la losa de este piso, los ramales a los muebles se dibujan en el plano del primer piso.
- En caso de que existan pisos arriba del primer piso, tanto las líneas generales como los ramales que dan servicio a cada uno de esos pisos se localizan entre el plafond del piso inferior y la losa del piso que se proyecta, dibujándose en su piso.
- Para evitar interferencias en el cruce de tuberías, las que van en un sentido deben proyectarse en un plano superior o inferior a las que van en otro sentido, y la conexión de unas con otras deberá hacerse con una "T" con la boca hacia arriba o hacia abajo, de acuerdo con el plano en que se localicen.

4.1.8.5. Ángulo de Conexión entre las Tuberías. Las tuberías, tanto horizontales como verticales, deberán conectarse formando ángulos rectos entre sí, excepto cuando se conecten 2 tuberías de retorno con el flujo en sentido opuesto, una de ellas se conectará a 45°.

4.1.8.6. Agrupamiento de Tuberías. Cuando se proyecten dos o más tuberías con la misma trayectoria deberán proyectarse agrupadas, paralelas y en un mismo plano formando una "cama". La separación entre las tuberías está limitada por la facilidad para ejecutar la colocación del aislamiento térmico, pintura y trabajos de mantenimiento en los cuales se requiere espacio para uso de herramientas y movimientos del operario.

Dentro de lo posible, cuando se tengan "camas de tuberías", se tratará de que las tuberías vayan en el orden siguiente:

- Protección contra incendio.
- Agua fría tratada.
- Agua fría.
- Agua caliente a 60 °C.
- Retorno de agua caliente de 60 °C.
- Agua caliente a 80 °C.
- Retorno de agua caliente de 80 °C.
- Retorno de vapor de baja presión.
- Vapor de baja presión.
- Retorno de vapor de presión media.
- Vapor de presión media.
- Retorno de vapor de alta presión.
- Vapor de alta presión.
- Retorno de condensado bombeado.

Este orden es considerando que la línea de protección contra incendio es la que va más cercana al muro del pasillo en que se proyectan.

4.1.8.7. Soportes. Todas las tuberías que no estén enterradas deberán ser soportadas de acuerdo con las especificaciones del IMSS.

En los planos de plantas se indicarán las localizaciones de los soportes para las tuberías horizontales.

4.1.8.8. Válvulas de Seccionamiento. Para control y flexibilidad de las instalaciones se pondrán válvulas de seccionamiento de acuerdo con las indicaciones siguientes:

- Por cuerpos. En los ramales principales para aislar cada cuerpo, colocándolas de modo que al aislar un cuerpo no se afecte el funcionamiento de los demás, y tan cerca como sea posible de la conexión con la línea principal.
- Por columnas. En la base de cada columna.
- Por piso. En cada piso y contigua a la derivación de la columna, para poder aislar la zona del piso a la que dé servicio la columna.
- Por zonas. En cada piso, para poder aislar zonas parciales sin que se afecte el funcionamiento del resto del piso.

4.1.9. Memorias Técnicas.

4.1.9.1. Memoria Descriptiva. Aquí se indicarán los criterios generales empleados en la solución de las instalaciones proyectadas y deberá incluirse toda la información que haya sido proporcionada por el IMSS. Se incluirá también una descripción técnica de las instalaciones.

4.1.9.2. Memoria de Cálculo. Esta memoria contendrá los cálculos y diagramas de todos los servicios proyectados. Los cálculos deberán estar hechos en los formatos autorizados por el IMSS.

4.1.9.3. Especificaciones de Equipos. El proyectista deberá entregar especificaciones de todos los equipos que intervengan en su proyecto. Para este efecto, el área correspondiente de

Ingeniería del IMSS proporcionará formatos de especificaciones que el proyectista deberá llenar en cada caso.

Si se requiere especificar algún equipo del que no se disponga de formato, el proyectista elaborará especificaciones del equipo lo más explícitas posible, empleando el criterio de los formatos que para otros equipos se tienen.

4.1.10. Equipo de Suavización de Agua.

De acuerdo al consumo diario de agua a suavizar, considere las siguientes áreas:

CONSUMO DIARIO DE AGUA SUAVIZADA (Litros)	ÁREA REQUERIDA PARA EL EQUIPO PARA LA SAL			
	ancho largo		ancho largo	
	(m)	(m)	(m)	(m)
Hasta - 25 000	0.90	2.00	1.00	1.00
25 000 - 50 000	1.08	2.45	1.50	1.50
50 000 - 75 000	1.22	2.90	2.00	2.00
75 000 - 100 000	1.22	3.05	2.00	2.00
100 000 - 125 000	1.22	3.20	2.00	2.00
125 000 - 150 000	1.55	3.55	2.00	2.00
150 000 - 175 000	1.55	3.70	2.00	2.25
175 000 - 200 000	1.55	3.81	2.00	2.50
200 000 - 250 000	1.83	4.42	2.00	2.75
250 000 - 300 000	1.83	4.57	2.00	3.00
300 000 - 350 000	1.83	4.88	2.50	3.50
350 000 - 400 000	2.21	5.19	3.00	4.00
400 000 - 450 000	2.21	5.49	3.00	4.00
450 000 - 500 000	2.37	5.80	3.00	4.00

Capacidad de las Bombas de Transferencia.

Gasto: Suponga que el proceso de suavización se efectúa en 12 horas.

Potencia: Para el cálculo de la potencia suponga una eficiencia del 52.6% y una carga total de 30 metros.

4.1.11. Equipo de Filtración.

Si se requiere filtrar el agua, considere las áreas mencionadas a continuación de acuerdo con el gasto de filtrado, suponiendo que el proceso también dura 12 horas:

GASTO DE FILTRADO (l.p.s.)	ÁREA REQUERIDA	
	Ancho Largo	
	(m)	(m)
0.60	1.02	1.53
0.95	1.20	1.83
1.33	1.40	2.13
1.83	1.63	2.44
2.40	1.78	2.75
3.03	1.98	3.05
3.72	2.13	3.35
4.48	2.41	3.66
5.36	2.57	3.96
6.31	2.72	4.27

4.1.12. Determinación del Equipo de Bombeo para la Distribución de Agua Potable.

Selección del Equipo.

Se seleccionará un sistema hidroneumático para gastos hasta de 13 litros por segundo, y un de bombeo programado para gastos mayores de 13 litros por segundo.

Sistema Hidroneumático.

Para gastos menores de 8 litros por segundo, constará de un tanque hidroneumático, dos bombas con capacidad, cada una, del 80 al 100% del gasto total requerido, una compresora y su equipo de control.

Para gastos entre 8 y 13 litros por segundo, constará del tanque hidroneumático, tres bombas con capacidad, cada una, del 50% del gasto total requerido, una compresora y su equipo de control.

Tanque Hidroneumático (Con Compresor).

Para determinar el espacio que ocupa el tanque hidroneumático su volumen se calculará en forma aproximada, en base en la siguiente expresión:

$$V = 590 Q$$

En la que:

V= Volumen del tanque, en litros.

Q= Gasto máximo, en litros por segundo.

Y para tanques comerciales, considérense los siguientes, de acuerdo con el gasto máximo supuesto.

GASTO DE BOMBEO (l.p.s)	DIMENSIONES DEL TANQUE		
	VOLUMEN (lts.)	DIÁMETRO (m)	LARGO (m)
3	1750	1.06	2.13
4	2450	1.25	2.17
5	3090	1.06	3.65
6	3570	1.25	3.08
7	4320	1.25	3.69
8	5050	1.35	3.71
9	5480	1.35	4.01
10	5910	1.35	4.31
11	6350	1.35	4.62
12	7170	1.54	4.05
13	7730	1.54	4.35

4.1.13. Carga Total de Bombeo.

Para obtener la probable carga total de bombeo se deberán considerar las cargas estáticas de descarga, de fricción, de trabajo y la altura ó carga de succión, considerando para la carga de fricción un 12% de la longitud entre el equipo de bombeo en el cuarto de máquinas y el mueble más desfavorable, ya sea por su altura, por su lejanía, o por ambas.

4.1.14. Potencia de las Bombas.

Los probables caballos de potencia del motor de cada una de las bombas del sistema se considerará igual a:

$$C.P. = 0.024 Q \times H$$

4.2. Reglamento de Construcción del GDF.

4.2.1. Instalaciones Hidrosanitarias en Edificios.

4.2.1.2. Datos de Proyecto. En términos generales, las necesidades de agua potable demandadas por empleados o trabajadores se considerarán por separado a razón de 100 l/trabajador/día, en donde se requieran baños con regadera, y 40 l en caso contrario.

Se tomarán como población y dotación de proyecto, en caso de edificios o unidades habitacionales, el número de recámaras con dos ocupantes por recámara, y en los casos de edificios comerciales o de servicios e industrias la que se presenta en la tabla 4.1.

TIPOLOGÍA	DOTACIÓN
I. HABITACIONAL	
I.1 Vivienda de hasta 90 m ² construidos	150 l/hab./día
I.2 Vivienda mayor de 90 m ² construidos	200 l/hab./día
II. COMERCIAL	
II.1 Comercios	6 l/m ² /día
II.2 Mercados públicos y tianguis	100 l/puesto/día
III. SERVICIOS	
III.1 Servicios administrativos y financieros III.1 Oficinas de cualquier tipo	50 l/persona/día
III.2 Servicios automotrices	100 l/trabajador/día
TIPOLOGÍA	
DOTACIÓN	
III.3 Servicios diversos III.3.1 Baños públicos III.3.2 Servicios sanitarios públicos III.3.3 Limpieza III.3.4 Otros servicios III.3.5 Dotación para animales, en su caso	300 l/bañista/día 40 l/kg ropa seca 100 l/trabajador/día 25 l/animal/día
III.4 Servicios de salud y asistencia III.4.1 Atención médica a usuarios externos III.4.2 Servicios de salud a usuarios internos III.4.3 Orfanatorios y asilos	12 l/sitio/paciente 800 l/cama/día 300 l/huésped/día
III.5 Educación, ciencia y cultura III.5.1 Educación preescolar	20 l/alumno/turno

III.5.2 Educación básica y media	25 l/alumno/turno
III.5.3 Educación media superior y superior	25 l/alumno/turno
III.5.4 Institutos de investigación	50 l/persona/día
III.5.5 Museos y centros de información	10 l/asistente/día
III.6 Centros de reunión	
III.6.1 Servicios de alimentos y bebidas	12 l/comida/día
III.6.2 Espectáculos y reuniones	10 l/asistente/día
III.6.3 Recreación social	25 l/asistente/día
III.6.4 Prácticas deportivas con baños y vestidores	150 l/asistente/día
III.6.5 Espectáculos deportivos	10 l/asiento/día
III.6.6 Lugares de culto Templos, iglesias y sinagogas	10 l/asistente/día
III.7 Servicios turísticos	
III.7.1 Hoteles, moteles, albergues y casas de huéspedes	300 l/huésped/día
III.7.2 Campamentos para remolques	200 l/persona/día
TIPOLOGÍA	DOTACIÓN
III.8 Seguridad	
III.8.1 Defensa, policía y bomberos	200 l/persona/día
III.8.2 Centros de readaptación social	200 l/interno/día
III.9 Servicios funerarios	
III.9.1 Agencias funerarias	10 l/sitio/visitante
III.9.2 Cementerios, crematorios y mausoleos	100 l/trabajador/día
III.9.3 Visitantes a cementerios, crematorios y mausoleos	10 l/sitio/visitante
III.10 Comunicaciones y transportes	
III.10.1 Estacionamientos	8 l/cajón/día
III.10.2 Sitios, paraderos y estaciones de transferencia	100 l/trabajador/día
III.10.3 Estaciones de transporte y terminales de autobuses foráneos	10 l/pasajero/día
III.10.4 Estaciones del sistema	

de transporte colectivo	2 l/m ² /día
IV. INDUSTRIA	
IV.1 Industrias	100 l/trabajador/día
V. INFRAESTRUCTURA	
V.1 Equipamiento e infraestructura Aplica las necesidades de uso y funcionamiento y además los índices de los locales correspondientes.	100 l/trabajador/día
VI. ESPACIOS ABIERTOS	
	100 l/trabajador/día

Tabla 4.1. Dotación Mínima de Agua Potable.

Para el cálculo de volúmenes de regulación se consideran las unidades mueble de cada mueble o centro de consumo de agua, tanto fría como caliente según se muestran en la tabla 4.2. En el cálculo se sumarán las unidades mueble a partir del punto más alejado del punto de alimentación para tener los consumos acumulados en cada tramo de la tubería de distribución, para el cálculo de su diámetro y las pérdidas en ella.

Para transformar las unidades mueble en gastos se utilizará el diagrama de Hunter actualizado para dispositivos ahorradores de agua.

Mueble	Unidades - Mueble		
	Total	Agua fría	Agua caliente
Artesa	2	1.5	1.5
Bebedero	2	1.5	1.5
Cocineta	1	1	
Fregadero	2	1.5	1.5
Grupos de baño (WC con fluxómetro)			
WC-R-L	3	3	1.5
WC-R	3	3	1.5
WC-L	3	3	1
L-R	2	1.5	1.5
Grupos de baño (WC con tanque)			
WC-R-L	2	1.5	1.5
WC-R	2	1.5	1.5
WC-L	2	1	1
Inodoro con fluxómetro	3	3	
Inodoro con tanque	1	1	
Lavabos	2	1	1
Mingitorio con fluxómetro	3	3	
Mingitorio con llave de resorte	2	2	
Regaderas	2	1.5	1.5
Vertederos	1	1	
Lavadora de loza	10		10
Lavadoras (por kg de ropa seca)			
Horizontales	3	2	2
Extractores	6	4	4

Tabla 4.2. Unidades-Mueble para Instalaciones Hidráulicas.

La Administración del Distrito Federal no autorizará dotación de agua potable para los servicios de riego de áreas verdes, para el lavado de vehículos, ni para la condensación del refrigerante en sistemas de aire acondicionado, por lo que para satisfacer esta demanda se deberá recurrir al empleo de agua residual a un nivel terciario o pluvial.

4.2.1.2. Instalaciones Hidráulicas. Las líneas y redes de distribución de agua potable deberán ser desinfectadas antes de entrar en operación y cuidar que por ellas fluya el agua cuando menos con la velocidad mínima para evitar azolve que con el tiempo degeneren en escamas permanentes que contaminen dicho flujo.

Las instalaciones de infraestructura hidráulica y sanitaria que deban realizarse en el interior de predios de conjuntos habitacionales, industriales, comerciales, de servicios, mixtos y otras edificaciones de gran magnitud que requieran de licencia de uso del suelo, deberán sujetarse a las disposiciones que emita la Administración.

Las instalaciones hidráulicas de baños y sanitarios deberán tener llaves de cierre automático o aditamentos economizadores de agua; los excusados tendrán una descarga máxima de seis litros en cada servicio; las regaderas y los mingitorios tendrán una descarga de diez litros por minuto, y los dispositivos de apertura y cierre de agua que evite su desperdicio; los lavabos, tinas, lavaderos de ropa y fregaderos tendrán llaves que no permitan más de diez litros por minuto.

Cálculo de pérdidas de carga en las tuberías y piezas de distribución.

Se usará la fórmula de Manning, considerando el área interior de las tuberías según información comercial de los fabricantes de cada uno de los tubos, ya sean de cobre, fierro galvanizado, acero o cloruro de polivinilo.

Las presiones mínimas del agua en los muebles y llaves está dada en la tabla 4.3.

Mueble o equipo	Diámetro	Carga de trabajo
	mm	m.c.a.
Inodoro (fluxómetro)	32	10
Inodoro (tanque)	13	3
Lavabo	13	3
Lavadero	13	3
Mingitorio (fluxómetro)	25	10
Mingitorio (llave de resorte)	13	5
Regadera	13	10
Salida para riego con manguera	19	17

Mueble o equipo	Diámetro	Carga de trabajo
	mm	m.c.a.
Vertedero de aseo	13	3
Fregadero (por mezcladora)	13	3
Lavadora de loza	13	14

Tabla 4.3. Cargas Mínimas de Trabajo.

El cálculo de las presiones en las llaves de los centros de consumo se hará partiendo del mueble más desfavorable desde el punto de vista de ubicación topográfica y lejanía del punto de

alimentación general, acumulando las pérdidas de carga tanto de la tubería como de las válvulas y piezas especiales. Cuando exista, se iniciará el cálculo por la red de agua caliente.

El cálculo de pérdidas de carga en válvulas y piezas especiales se hará por el método de longitudes de tubería recta equivalente, de acuerdo con las tablas 6.7, 6.8 y 6.9 de la referencia 29.

Tanques y cisternas.

Los edificios deberán contar con las cisternas que de acuerdo con el destino de la industria o edificación sean necesarias, para tener una dotación, para no menos de tres días en caso de que por alguna razón, llegara a faltar el vital líquido.

Las cisternas deberán ser construidas con concreto reforzado, al que se adiciona un aditivo impermeabilizante integral y utilizando además cemento tipo V.

Todas las cisternas deberán ser completamente impermeables y tener registros con cierre hermético y sanitario y ubicarse a tres metros, cuando menos, de cualquier tubería de aguas negras; deberán además lavarse y desinfectarse cuando menos cada seis meses o antes si se detecta visualmente que está en condiciones desfavorables de higiene.

Salvo lo que resulte del análisis estructural, los muros y losa de desplante de las cisternas no tendrá un espesor menor de 20 cm, garantizando el estancamiento en ambos lados de la cisterna; de otra manera, puede ocurrir, debido a la calidad del suelo del valle de México que agua del nivel freático pudiera filtrarse al interior de la cisterna por diferencia de presiones.

El agua que llegue a las cisternas deberá ser estudiada periódicamente por un laboratorio para comparar la calidad antes y después de llegada, con la finalidad de revisar si se ha contaminado por filtración externa.

Para la distribución de agua al interior de un edificio, se colocará un solo tanque en la parte superior del mismo, con la capacidad equivalente formado por tinacos, para la utilización prorrateada del usuario.

Todas las estructuras almacenadoras de agua deberán contar con tapas de cierre hermético, lavarse y desinfectarse cuando menos cada seis meses o antes si se detecta visualmente que están en condiciones desfavorables de higiene.

Todos los tinacos antes del codo de bajada deberá tener un dispositivo para el desalojo del agua para el lavado y mantenimiento del mismo; acto seguido se deberá localizar una válvula de control, posterior a lo mencionado, al iniciar la bajada se localizará el jarro de aire el cual tendrá una altura mayor que el máximo nivel de agua en el tinaco.

Los tinacos deberán colocarse a una altura de, por lo menos, dos metros arriba del mueble sanitario más alto. Deberán ser de materiales inocuos y tener registros con cierre hermético.

La tubería de distribución del tinaco deberá ir a una altura paralela al piso 30 cm con la finalidad de colocar un recipiente para coleccionar el agua de lavado del tinaco, ya que ésta no debe escurrir en el acabado de la ya mencionada azotea.

Tubería.

La tubería que conforme la red de agua potable en los edificios, será principalmente de los siguientes materiales: cobre y fierro galvanizado y de fabricación nacional; la tubería de P. V. C. se podrá utilizar siempre y cuando cumpla con las especificaciones requeridas en el proyecto.

Se podrán emplear otros tipos de materiales siempre y cuando lo aprueben las autoridades competentes.

La tubería de cobre del tipo para soldar deberá cumplir con la norma NOM - W - 17 - 1981.

Para la unión de los tramos de esta tubería se utilizará soldadura de hilo y pasta fundente conforme a lo siguiente:

- Soldadura de estaño No. 50 cuando se trate de agua fría y columnas de doble ventilación.
- Soldadura de estaño No. 95 cuando se trate de conducción de agua caliente.

Cuando el material de conducción sea de fierro galvanizado éste deberá ser del tipo "A" de la cédula que se indica en el proyecto, que cumplan con la norma NOM - B - 10 - 1981.

Todas las conexiones de fierro galvanizado, en la parte macho deberá aplicarse un compuesto especial o cinta de teflón, la cual debe aplicarse siempre que se conecte tubería de fierro galvanizado con piezas especiales, válvulas de cobre, bronce acero o cualquier otro material.

Todas las tuberías metálicas enterradas antes de su colocación deberán ser pintadas con pintura anticorrosiva y deberán ir a 30 cm bajo el nivel del jardín a menos que se especifique una mayor profundidad en el proyecto.

En el caso de emplear otro tipo de material especificado en el proyecto, este deberá estar protegido contra la corrosión, impactos mecánicos y en su caso, del fenómeno de la electrólisis; estos materiales deberán tener la aprobación de las normas ecológicas vigentes, para tener la seguridad que no contaminen el agua que conducen ni el estrato que las contiene.

Con la finalidad de tener el control de eficiencia de la tubería que se ha instalado en los edificios, se deberán realizar pruebas que determinen que el coeficiente de rugosidad η del material de fabricación de la tubería no ha cambiado.

Conducción de agua caliente.

Toda tubería que habiendo salido de una caldera conduciendo agua caliente o vapor de agua para el servicio de baños públicos o privados, una vez aprobados, se procederá a recubrir con material aislante de calor con el espesor que el fabricante recomiende y garantice.

Instalaciones contra incendio.

Cuando se trate de edificaciones clasificadas como de riesgo mayor, deberá proveerse de una capacidad de almacenamiento de agua para cisternas contra incendio, de acuerdo con lo estipulado en el Artículo 122 del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal vigente. Para satisfacer esta demanda podrán aprovecharse las aguas pluviales captadas dentro de la edificación (previo filtrado).

El sistema contra incendio debe contar con una estructura almacenadora de cuando menos cinco litros de agua por metro cuadrado de construcción tomando en cuenta losas de techo y piso así como muros pero no menor de 20,000 l siempre y cuando se trate de edificaciones de hasta 4,000 m² de construcción; este volumen debe mezclarse con el volumen destinado a servicios con el fin de permitir la renovación del agua potable, ambos volúmenes estarán en la misma cisterna dejando siempre el tirante de agua destinado exclusivamente al sistema contra incendio.

- Se deberá proyectar y construir una red hidráulica para alimentar directa y exclusivamente las mangueras contra incendio instaladas en los gabinetes respectivos.
- Se deberá colocar una toma siamesa por fachada o bien una por cada 90 m de fachada.

- Se deberán colocar gabinetes con salidas y mangueras contra incendio, las cuales deberán cubrir un área de 15 y 30 m radiales, de acuerdo con las necesidades del inmueble.

La ubicación de los gabinetes será tal, que al punto donde se inicie el siniestro, se llegue con cualquiera de los hidrantes ubicados en esa zona.

Otro sistema de distribución de agua.

Como una variante de lo propuesto también se podrá dotar del agua necesaria a un edificio mediante un sistema hidroneumático con lo cual los tinacos dejan de tener utilidad.

Si se llegara a utilizar el sistema de hidroneumáticos se requerirá siempre de una instalación adicional de otro hidroneumático que funcione en caso de emergencia o de manera alternada.

4.2.1.3. Bombas e Instalaciones de Bombeo. Las plantas de bombeo tienen como objetivo, dentro del plan de funcionalidad hidráulica de una conducción, transferir volúmenes de fluido de un determinado punto a otro para satisfacer ciertas necesidades de utilización.

De acuerdo con los requerimientos específicos, las plantas de bombeo se utilizan para extraer agua de pozos profundos o de cárcamos: Las primeras son generalmente para agua potable o riego y las segundas pueden ser, tanto para agua potable como para aguas residuales.

Todos los equipos deberán apoyarse en una cimentación adecuadamente diseñada de concreto reforzado.

La cimentación de la bomba y motor deberá ser especial, debido a que ésta, deberá poseer en el área de desplante y en forma lateral, entre la placa inferior de concreto y el elemento que soporta la bomba o el motor, un material que tenga la propiedad de amortiguar las vibraciones que se producen con el funcionamiento de estos elementos.

Toda la tubería, del múltiple de llegada así como la utilizada para unir los diversos equipos que conforman el sistema de bombeo y hasta el múltiple de salida, será de acero; el resto de la conducción puede ser de otro tipo de material siempre que cumpla con los requerimientos de proyecto, en cuanto a resistencia y economía se refiere.

Para definir la carga dinámica que deberá vencer la bomba para entregar el gasto de diseño en el sitio de proyecto, se debe conocer el desnivel existente entre el punto de inicio del bombeo y el punto de entrega del gasto de proyecto, a este desnivel se deberán sumar las pérdidas por fricción más las pérdidas secundarias provocadas por las piezas especiales y los cambios de dirección de la conducción.

Para efectuar el cálculo de las pérdidas por fricción, se recomienda la utilización de la fórmula de Manning, la cual se enuncia a continuación:

$$hf = \left(\frac{vn}{r^{2/3}} \right)^2 L$$

Las pérdidas secundarias se deberán calcular para cada pieza especial, cambio de dirección, reducciones y ampliaciones existentes en la conducción.

Todos los cambios de dirección, de una conducción, deben ser analizados para definir racionalmente las fuerzas que se generan en los codos de dicha conducción, y con esa base, proponer el atraque más conveniente.

Con la finalidad de proporcionar el espacio suficiente para inspección y mantenimiento a la tubería de la planta de bombeo, ésta, deberá levantarse a una altura de $h = 60$ cm de piso a plantilla.

Cuando exista un paro en las bombas; para que los fenómenos transitorios no afecten al equipo de bombeo, se colocará, antes del ramal hacia la torre de oscilación, una válvula de no retorno, para encausar estos efectos hacia la torre de oscilación.

El piso de la casa de bombas, deberá contener las pendientes suficientes, que garanticen un pronto desagüe.

Las instalaciones electromecánicas básicas de una planta típica de bombeo, son las que a continuación se enuncian:

- Subestación eléctrica. La subestación eléctrica tiene como función principal, aprovechar la energía eléctrica que proporciona la compañía suministradora y transformarla a las condiciones que requieren los motores para su funcionamiento.
- Equipo de bombeo. El equipo de bombeo, son los componentes electromecánicos encargados de transferir el agua desde un sitio hasta el lugar donde se requiera para su utilización.
- Motor eléctrico. Es el componente que transforma la energía eléctrica en energía mecánica para el accionamiento de la bomba.
- Tableros de control, eléctricos o electrónicos. Los controles eléctricos, son los dispositivos de mando para arranque y paro de los motores eléctricos, que proveen los elementos de protección, así como el control de utilización de los diversos equipos que componen la planta de bombeo.
- Arreglo de la descarga.

4.2.1.4. Bombas. Las bombas que formarán parte de una planta de bombeo, de acuerdo con su tipo de succión pueden ser:

- Simple succión.
- Doble succión.

Las bombas, según la dirección de su flujo, son:

- De flujo radial.
- De flujo axial.
- De flujo mixto.

Las bombas, por la posición de su flecha, son:

- Bombas horizontales.
- Bombas verticales.
- Bombas con motor sumergido.

Las bombas más utilizadas en el sector de agua potable son las bombas de tipo centrífuga.

Sin importar el número de bombas que componen el sistema de bombeo, para no incrementar las pérdidas por cambio de dirección, la salida de estas será a 45° .

Si por razones de diseño se requiere aumentar las pérdidas, por cambio de dirección, la salida hacia el múltiple se debe incrementar a 90° .

Cuando se trate de estaciones de rebombeo, el ángulo del múltiple de entrada será igual al ángulo de salida del múltiple. Por razones de economía y buen funcionamiento del equipo de bombeo, cuando se trate de bombear aguas negras, antes de la estructura de bombeo, debe proyectarse una estructura desarenadora, para que el exceso de partículas en suspensión, al ser

aceleradas por la succión de las bombas no acelere el desgaste de las bombas; disminuyendo de esa manera el horizonte de vida útil de las bombas.

La estructura desarenadora mencionada deberá ser limpiada mediante un procedimiento mecánico que no provoque turbulencias (retiro de la arena y demás materiales depositados en el fondo de la estructura desarenadora).

Será necesario que la descarga, para el buen funcionamiento de la planta de bombeo esté compuesta por dispositivos y piezas especiales, cuya función sea, regular, controlar, y medir el flujo producido por el equipo de bombeo.

Los dispositivos utilizados en la descarga, serán:

- Válvula de admisión y expulsión de aire.
- Manómetro.
- Válvula de no retorno (check).
- Válvula de seccionamiento.
- Válvula de seguridad o aliviadora de presión.

Las plantas de bombeo, deberán contar con un sistema de bombeo auxiliar, con motores de combustión interna, para dar continuidad al servicio, en caso de desastre eléctrico.

En plantas de bombeo, donde el desalojo de las aguas tiene que ser altamente confiable, se deberán utilizar sistemas combinados de bombeo, tanto con motores de combustión interna como motores eléctricos. Este medio motriz garantizará la operación en cualquier momento de los equipos de bombeo.

Para ayudar a disipar el efecto de los fenómenos transitorios producidos por el paro automático de las bombas o por el cierre instantáneo de alguna válvula; las plantas de bombeo deben contar con una estructura de oscilación.

Las instalaciones de bombeo donde se utilizarán motores de combustión interna, son:

- Bombeo de aguas residuales.
- Bombeo de agua potable.
- Bombeo en pozos que no cuenten con suministro de energía eléctrica.

Las plantas de bombeo, deben contar con equipo de mantenimiento, el cual consta, básicamente de una grúa móvil, un polipasto, máquina de soldar, equipo de corte de oxiacetileno y herramientas menores.

La grúa móvil, deberá proponerse previo estudio para la determinación de la carga mayor que levantará y transportará, con un factor de seguridad de 2 como mínimo.

El polipasto deberá tener la capacidad suficiente para levantar y soportar el máximo de carga para la que fue proyectada la grúa móvil, además de tener la capacidad de poderse trasladar a lo largo de la grúa viajera.

Las plantas de bombeo deberán estar protegidas perimetralmente con un muro de no menos de 2.5 m de altura con aditamentos para la colocación de protección adicional a base de espiral de alambre de púas afiladas.

El equipo de bombeo se deberá proteger contra la intemperie, localizándose éste, en el interior de una casa, cuya estructura sea de acero estructural o bien, a base de estructura de concreto.

Para facilitar el acceso a cada una de las ramificaciones que componen los equipos de bombeo, se deberán proponer pasos de gato o pasarelas adecuadamente dispuestas para su utilización.

4.2.1.5. Equipo y Maquinaria Hidráulica. En el diseño, elementos tales como medidores de presión, medidores de gasto, actuadores para válvulas, válvulas, compuertas de fierro fundido, malacates para operación de las compuertas, etc. son fabricados por compañías especializadas por lo que el diseñador especificará equipo elementos que se puedan conseguir con facilidad, es decir, de fabricación estándar.

Proceso de selección de válvulas. La selección de válvulas tiene muchos factores y es preferible tener como referencia una lista que facilite su selección, se deberán tener en cuenta las siguientes características básicas en esta lista:

- Tipo de válvula.
- Materiales de construcción.
- Capacidades de presión y temperatura.
- Material de empaquetaduras y juntas.
- Gasto y disponibilidad.

Una vez determinadas la función y el tipo de servicio, se puede seleccionar el tipo de válvula, según su construcción, con el uso de la lista para clasificación de las válvulas.

A) Válvulas para servicio de bloqueo o cierre.

Las características principales y los usos más comunes de los diversos tipos de válvulas para servicio de bloqueo o cierre son:

Válvulas de compuerta	Resistencia mínima al flujo de la tubería.	Se utiliza totalmente abierta o cerrada. Accionamiento poco frecuente.
Válvulas macho	Cierre hermético.	Deben estar abiertas o cerradas del todo.
Válvulas de bola	No hay obstrucción al flujo.	Se utiliza cuando se quieren minimizar las pérdidas.
Válvulas de mariposa	Su uso principal es para cierre y estrangulación de grandes volúmenes de agua a baja presión.	Su diseño de disco abierto, rectilíneo, evita cualquier acumulación de sólidos; la caída de presión es muy pequeña.

B) Válvulas para estrangulación.

Las características principales y los usos más comunes para diversos tipos de válvulas para servicio de estrangulación son:

Válvulas de globo:	Son para uso poco frecuente, produce resistencia y caída de presión considerables.	
Válvulas de aguja:	Estas válvulas son básicamente válvulas de globo que tienen un macho cónico similar a una aguja que ajusta con precisión en su asiento.	
Válvulas en Y:	Son válvulas de globo que permiten el paso rectilíneo y sin obstrucción igual que las válvulas de compuerta.	
Válvulas de ángulo:	Son en esencia iguales que las válvulas de globo. La diferencia principal es que el flujo del fluido en la válvula de ángulo, hace un giro de 90°.	
Válvulas de mariposa:	Su uso principal es para cierre y estrangulación de grandes volúmenes de fluido a baja presión (desde 150 psig hasta el vacío). Produce poca caída de presión.	
Válvula de no retorno:	Este tipo de válvulas no permiten el flujo inverso, actúan en forma automática ante los cambios de presión para evitar que se invierta el flujo.	

C) Materiales de construcción.

Se deben tener en cuenta los materiales de construcción adecuados para el servicio a que se destinará la válvula.

Todas las partes de la válvula en contacto con el fluido, deben tener resistencia a la corrosión; para lograrlo, se debe tener en cuenta la guía de los materiales recomendados por los fabricantes.

D) Sobre capacidades de presión y temperatura.

Para cubrir este punto es necesario determinar las presiones y elementos químicos y físicos que pudiera contener el agua y comparar estos datos con los que aparecen en las listas de los fabricantes.

E) Sobre el material de empaquetaduras y juntas.

La selección del material adecuado para empaquetaduras y juntas, es tan importante como la de los materiales de la válvula para el servicio al que se destinan. Un error en la selección podría obligar a un paro del sistema. Al seleccionar el material de empaquetaduras, el ingeniero debe consultar la literatura de los fabricantes, para comprobar que el material seleccionado sea el adecuado. La forma física de la empaquetadura debe ser compatible con las características mecánicas de la válvula. Ciertos materiales de empaquetaduras requieren una elevada compresión, pero hay válvulas que son muy endebles y no se puede aplicar una gran compresión. Ciertas empaquetaduras incompatibles pueden producir desgaste del vástago.

F) Sobre el costo y disponibilidad.

Muchas veces se encontrará más de un tipo de válvula para un trabajo específico. Cuando todos los factores, como materiales de construcción, rendimiento, capacidad para presión y temperatura y disponibilidad son iguales, se debe seleccionar la válvula de menor precio.

La única forma de conocer el costo y disponibilidad de cualquier tipo de válvula, es cuando se tienen las cotizaciones de diversos distribuidores o fabricantes.

G) Sobre la evaluación.

Cuando ya se conocen la función, tipo, materiales de construcción y empaquetaduras, se pueden solicitar cotizaciones a los distribuidores y fabricantes y evaluarlas después de recibirlas. Se hace una lista comparativa de los datos críticos, como nombre del fabricante, costo, tiempo de entrega, materiales de construcción y empaquetadura. La experiencia indica que habrá una gran variación en el costo, tiempo de entrega y calidad. Una lista bien preparada para comparación de ofertas ayudará a tomar una decisión óptima y, aun después de este paso, se deben analizar a fondo los detalles de la válvula seleccionada, para tener seguridad de que es la idónea para la función requerida.

4.2.1.6. Normas sobre Soldaduras en Tuberías. La eficiencia de una junta soldada necesariamente debe ser igual o superior al del material de las piezas que une. Para lograr esto, se requiere la utilización de electrodos de la calidad adecuada a la de las placas a soldar; además la junta deberá normalizarse para eliminar tensiones internas.

También deberá contarse con los medios convenientes para la revisión del cordón de soldadura.

Se deberá exigir que la soldadura sea aplicada por operarios especializados.

Básicamente los procedimientos de soldadura son:

- Soldadura eléctrica manual, por arco descubierto, con electrodo fusible revestido.
- Soldadura eléctrica semiautomática, por arco en atmósfera gaseosa, con alambre electrodo fusible.
- Soldadura eléctrica automática, por arco sumergido, con alambre electrodo desnudo.

*Antes de soldar, se limpiarán los bordes de la junta, eliminando oxidación, pintura, grasa, etc.; las partes a soldar estarán bien secas.

La geometría de las juntas podrá ser:

- A tope, en placas de hasta 6 milímetros de espesor.
- En V en placas desde 6 hasta 19 milímetros de espesor.
- En X o a veces en K en placas desde 19 milímetros de espesor hacía adelante.

4.3. Reglamento de Construcción de Municipio de Benito Juárez Q. Roo.

- 4.3.1.** Los conjuntos habitacionales, las edificaciones de 4 niveles o más y las edificaciones ubicadas en zonas cuya red pública de agua potable tenga una presión inferior a 10 metros de columna de agua, deberán contar con cisternas calculadas para almacenar 2 veces la demanda mínima diaria de agua potable de la edificación y equipadas con sistema de bombeo.
- 4.3.2.** Las cisternas deberán ser completamente impermeables, tener registros de cierre hermético y sanitario y ubicarse a 3 metros cuando menos, de cualquier tubería permeable de aguas negras.
- 4.3.3.** Los tinacos deberán colocarse a una altura de por lo menos de 2 metros arriba del mueble sanitario más alto. Deberán de ser materiales impermeables e inocuos y tener registros con cierre hermético sanitario.
- 4.3.4.** Las tuberías, conexiones y válvulas para agua potable deberán de ser de cobre rígido, cloruro de polivinilo, hierro galvanizado o de otros materiales que aprueben la dirección.
- 4.3.5.** Las instalaciones de infraestructura hidráulica y sanitaria que deben realizarse en el interior de predios de conjuntos habitacionales y otras edificaciones de gran magnitud, previstas en la fracción II de del artículo 53 de este reglamento, deberán sujetarse a lo que disponga la dirección para cada caso.
- 4.3.6.** Las instalaciones hidráulicas de baños y sanitarios deben tener llaves de cierre automático o aditamentos economizadores de agua; los excusados tendrán una descarga máxima de 6 litros por servicio; las regaderas y los mingitorios tendrán una descarga máxima de 10 litros por minuto y dispositivos de apertura y cierre de agua que eviten su desperdicio; los lavabos, tinas, lavaderos de ropa y fregaderos tendrán llaves que no consuman más de 10 litros por minuto.
- 4.3.7.** Las instalaciones eléctricas, hidráulicas, sanitarias, contra incendio, de gas, de vapor, combustible, líquidos, aire acondicionado, telefónicas, de comunicación y todas aquellas que se coloquen en las edificaciones, serán las que indique el proyecto; y garanticen la eficiencia de las mismas, así como la seguridad de la edificación, trabajadores y usuarios, para lo cual deberán con lo señalado en este capítulo, y demás ordenamientos federales y locales aplicables a cada caso.
- 4.3.8.** En las instalaciones se emplearán únicamente tuberías, válvulas, conexiones, materiales y productos que satisfagan las Normas Oficiales correspondientes.
- 4.3.9.** Los procedimientos para colocación de instalaciones se sujetarán a las siguientes disposiciones:
- 4.3.9.1.** • El director responsable de obra programará la colocación de las tuberías de instalaciones en los conductos destinados a tal fin en el proyecto, los pasos complementarios y las preparaciones necesarias para no romper los pisos, muros, plafones /o elementos estructurales.
- 4.3.9.2.** • En los casos que se requiera ranurar muros y elementos estructurales para la colocación de las tuberías, se trazará previamente las trayectorias de dichas tubería, y su ejecución, será aprobada por el Director Responsable de Obra. Las ranuras en elementos de concreto no deberán exceder los recubrimientos mínimos del acero de refuerzo señalado en las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto.

- 4.3.9.3.** • Los tramos verticales de las tuberías de instalaciones se colocarán a plomo empotrados en los muros o elementos estructurales o sujetos a estos mediante abrazaderas.
- 4.3.9.4.** • Los tramos de tuberías hidráulicas, sanitarias, contra incendio, de gas, vapor, combustibles líquidos, aire comprimido y oxígeno, deberán unirse y sellarse herméticamente, de manera que impidan la fuga del fluido que conduzca, para lo cual deberán utilizarse los tipos de soldadura que establecen en las normas Técnicas Complementarias de este reglamento.

TABLA COMPLEMENTARIA.

TIPOLOGÍA	SUBGENERO	DOTACIÓN MÍNIMA	OBSERVACIONES
HABITACIÓN	VIVIENDA	150 l/Hab/día	a
Servicios			
Oficinas	Cualquier Tipo	20 l/m ² /día	a,b
Comercio	Locales Comerciales Mercados Baños Públicos Lavandería de Autoservicio	6 l /m ² /día 100 l /puesto/día 300 l /bañista regadera/día 40 l /kilo de ropa seca	a
Salud	Hospitales, Clínicas y Centros de Salud Orfanatos y asilos	800 l /cama/día 300 l /huésped/día	a,b,c a,c
Educación y cultura	Educación elemental Educación media superior Exposiciones temporales	30 l/alumno/turno 25 l/alumno/turno 10 l/asistente/día	a,b,c a,b,c b
Recreación	Alimentos y bebidas Entretenimiento Circos y ferias Dotación para animales en su caso Recreación social Deportes al aire libre, con baños y vestidores Estadios	10 l/comida 6 l/asiento/día 10 l/asistencia/día 25 l/animal/día 25 l/asistente/día 150 l/asistente/día 10 l/asiento/día	a,b,c a,b b a,c a a,c
Alojamiento	Hoteles, moteles y casas de huéspedes	500 l/huésped/día	a,c
Seguridad	Cuarteles reclusorios	150 l/persona/día 150 l/interno/día	a,c a,c
Comunicaciones y transportes	Estaciones de transporte Estacionamiento	10 l/persona/día 2 l/m ² /día	c
Industria	Industrias donde se manipulen materiales y substancias que ocasionen manifiesto desaseado Otras Industrias	100 l/trabajador 30 l/trabajador	
Espacios abiertos	Jardines y parques	5 l/m ² /día	
Observaciones:	Las necesidades de riego se considerarán por separado a razón de 5 l/m ² /día Las necesidades generales por empleados o trabajadores se considerarán por separado a razón de 100 l/trabajador/día En lo referente a la capacidad del almacenamiento de agua para sistemas contra incendios deberá observarse lo dispuesto en el artículo 122 de este reglamento.		

Tabla 4.4. Demanda mínima de agua potable.

Considerando un almacenamiento por días 2

VOLUMEN 1 = Departamentos X Habitante X Dotación X Días = **93,000** litros

ESTACIONAMIENTOS

Número de trabajadores en estacionamiento 4.00

Dotación en litros por trabajador por día 100.00

Considerando un almacenamiento por días 1

VOLUMEN 2 = Trabajador X Dotación X días = **400** litros

* Se considera un 3% de fugas y desperdicio obtenido a partir del gasto total/día.

155,000.00 X 3% = **4,650 litros/día**

ÁREAS PÚBLICAS

El consumo de agua de los habitantes y empleados ya está considerado, sin embargo en porcentaje de ocupantes de áreas públicas estimaremos un 25% con un consumo de 30 litros.

Gimnasio-sala de espera **30 personas**

Total de personas 30 x 0.25 = **7.5 ≈ 8**

Consumo de áreas públicas 8 X 30 = **240 l/día**

AGUA DE REPOSICIÓN DE LA ALBERCA

Se consideran pérdidas por evaporación, vientos y chapoteos de 1 cm de altura de la superficie total.
 Área aproximada de la alberca = $217 \text{ m}^2 \times 0.01 \text{ m} = 2.17 \text{ m}^3 = \mathbf{2,170 \text{ l/día}}$

RIEGO DE JARDINES Y LIMPIEZA DE ESTACIONAMIENTO

área aproximada de jardines = 1,190 m² aproximados

área aproximada de estacionamientos = 2,456 m² aproximados

consumo estimado para jardines = 5 l/m²

consumo estimado para estacionamiento = 2 l/m²

jardines	1,190 X 5 =	5,950 l/día
estacionamientos	2,456 X 2 =	4,910 l/día
total		10,860 l/día

ALMACENAMIENTO PARA PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO

GABINETES:

Área remota (metros cuadrados)	14,737.20	
Densidad (litros por metro cuadrado) (NFPA 13-5-2.3.1 riesgo ligero)	5	l/m ²
Considerando un almacenamiento por días	1	

HIDRANTES:

Gasto en GPM (NFPA 14-5-9.1.2)	=	250
Flujo total = $Q_t = Q_r + Q_h =$	=	73,936 litros

De acuerdo a reglamento la cantidad mínima será de 20,000 litros.

VOLUMEN TOTAL DE ALMACENAMIENTO DE AGUA

Este volumen de protección Contra Incendio se almacenara en la cisterna de Agua Potable Cruda. Por lo tanto el volumen de almacenamiento de agua potable cruda queda como sigue:

1) DEPARTAMENTOS	93,000	litros
2) ESTACIONAMIENTO	400	litros

**VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO
AGUA POTABLE TRATADA****93,400** litros

3) FUGAS Y DESPERDICIO	4,650	litros
4) ÁREAS PÚBLICAS	240	litros
5) REPOSICIÓN DE ALBERCA	2,170	litros
6) RIEGO Y LIMPIEZA	10,860	litros
7) ALMACENAMIENTO PARA PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO	73,936	litros

**VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO
AGUA POTABLE CRUDA****91,856** litros**VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO AGUA POTABLE TRATADA
EN CISTERNA**

140,208 litros

**VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO AGUA POTABLE CRUDA
EN CISTERNA**

116,840 litros

**VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO
TOTAL****185,256** litros**VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO
TOTAL REAL****257,048** litros

5.1.2. Capacidad de Agua Potable en Cisterna.

Capacidad de Agua Potable Suavizada en Cisterna.

La cisterna por condiciones del terreno se construye de las siguientes dimensiones:

Largo -	12.70		
Ancho -	4.80	V =	140.21 m ³
Altura -	2.50 m.		
Área -	60.96 m ² .		
Altura de agua -	2.30 m.	=	140,208 Litros

Volumen total = **140,208.00** litros de almacenamiento REAL

Volumen total = 93,400.00 litros CALCULADO

Capacidad de Agua Potable Cruda en Cisterna.

La cisterna por condiciones del terreno se construye de las siguientes dimensiones:
Celda No. 1 donde se encuentra la toma de agua con el F.A.P.

Largo -	12.70		
Ancho -	4.00	V =	116.84 m ³
Altura -	2.50 m.		
Área -	50.80 m ² .		
Altura de agua -	2.30 m.	=	116,840 Litros

Volumen total = **116,840.00** litros de almacenamiento REAL

Volumen total = 91,856.00 litros CALCULADO

5.1.3. Cálculo de Diámetro para Toma de Agua.

El volumen a recuperar será el consumido diariamente.

Volumen de agua por recuperar	=	46,700	[l]
Tiempo de reposición	=	12	[horas]

De tal manera que el gasto será igual a:

Gasto de reposición	=	G	
	=	3,892	[l/h]
	=	64.86	[l/min]
	=	1.08	[l/s]

$$\text{Gasto} = \frac{\text{Área} \times \text{Velocidad}}{\dots\dots\dots(1)}$$

$$\text{Área transversal en la tubería} = \frac{\pi \times d}{4} \dots\dots\dots(2)$$

d = Diámetro en la tubería en [m]

$\pi =$
3.1416

Sustituyendo la ecuación 2 en 1 y despejando el diámetro tenemos:

$$d = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}}$$

Si consideramos la velocidad
 $V = 1.65$ [m/s]
 $d = 0.029$ [m]
 $= \mathbf{28.882}$ [mm]

El tubo de cobre tipo "M" de 38mm. Tiene un diámetro interno real de: 32.7914mm. Por lo que éste será el tubo que se utilice.

5.1.4. Presión de Toma de Agua.

De las tablas para tuberías de cobre :

##	Velocidad del agua	=	1.60	[m/seg]
##	Caída de presión/metro lineal	=	0.0991	[m.c.a.]
	Longitud total de tubería	=	42.00	[m]
**	Caída de presión en la tubería	=	4.16	[m.c.a.]
**	Caída de presión en el medidor	=	2.80	[m.c.a.]
**	Altura estática para alimentar a la cisterna	=	0.00	[m.c.a.]
**	Presión de trabajo	=	2.00	[m.c.a.]

La PRESIÓN mínima necesaria en la TOMA será la suma de todas las cantidades señaladas con (**)

= **8.96** [m.c.a]

= **0.90** [Kg/cm²]

SELECCIÓN DE MEDIDOR DE AGUA:

Mca.	AZTECA
Mod.	Extremos roscados
Diámetro	38mm
Rango	6.50-8.00m³/h
Exactitud	5 %
P. de trabajo	12.0 kg/cm²

5.1.5. Cálculo de la Red de Agua Fría.

El cálculo de diámetros para tuberías, se hará basándonos en el método de HUNTER, de las unidades mueble (U.M.) El cual relaciona el gasto con la frecuencia de uso en cada uno de los muebles sanitarios de los edificios.

MUEBLE	CANTIDAD	UNIDADES MUEBLES		TOTALES	TOTAL	
		AF	AC			
LAVABO (A.F.,A.C.)	4	0.5	0.5	1	4	
LAVABO (A.F.)	4	1	0	1	4	
REGADERA	4	1	1	2	8	
INODORO	6	3	0	3	18	
MINGITORIO	1	1	0	1	1	
TARJA DE ASEO	1	3	0	3	3	
LLAVE MANGUERA	1	1	0	1	1	
				TOTAL (áreas comunes) 39 U.M.	TOTAL (departamentos) 1077 U.M.	TOTAL 1116 U.M.

Partiendo de lo anterior y de acuerdo con las tablas que relaciona las Unidades Mueble con los litros por segundo se obtiene que:

$$\begin{aligned}
 \text{Gasto} &= 1,116 && [\text{U.M.}] \\
 &= 13.88 && [\text{l/seg}] \\
 &= 220.03 && [\text{gpm}] \\
 &= 832.80 && [\text{l/min}]
 \end{aligned}$$

5.1.6. Sistema a Presión de Agua.**Gasto probable:**

El total de unidades mueble para el sistema es de el gasto probable, de acuerdo a tablas es :

$$\begin{aligned}
 \text{U.M.} &= 1,116 && \text{por lo que} \\
 \text{G} &= 13.88 && \text{L.P.S.} \\
 &= 832.8 && \text{L.P.M.} \\
 &= 220.03 && \text{G.P.M.}
 \end{aligned}$$

CARGA DINÁMICA TOTAL (C.D.T.)

H fricción =	140.00	[m.c.a.]
H estática de succión =	2.50	[m.c.a.]
H estática de descarga =	20.13	[m.c.a.]
H dinámica = 0.12 x H fricción =	16.80	[m.c.a.]
H trabajo =	3.00	[m.c.a.]
C.D.T. =	<u>42.43</u>	[m.c.a.]
	= 139.21	[pie c.a.]

CÁLCULO DE POTENCIA EN BOMBAS

$$C.P. = 0.022 \times Q \text{ lps} \times H \text{ mca}$$

$$C.P. = (0.022)(13.88 \text{ lps})(42.43 \text{ mca})$$

$$C.P. = 12.96 \text{ hp} \approx 15 \text{ hp totales}$$

Por lo tanto se consideran 4 bombas de 5 hp al 100 %. Tres operando a frecuencia variable y una más en modo de *standby*.

SELECCION DE BOMBAS

BOMBA :

Cantidad	4		
Mca.	AURORA PICSA		
Tipo	Vertical Multietapas		
Mod.	SERIE 393 a 3450 rpm		
Conexiones	bridadas		
Impulsor	acero inoxidable		
Gasto =	4.21	[l/seg]	AL 100% CADA UNA
	252.60	[l/min]	
	66.74	[gpm]	
C.D.T. =	42.43	[m.c.a.]	
	139.21	[pies c.a.]	

MOTOR :

Mca.	AP
H.P.	5.00
Fases	3
r.p.m.	3,450
Armazón	Totalmente cerrado con ventilación
Volts	220

Funcionamiento de Bombas

	% TRABAJO	TIPO DE DEMANDA
BOMBA 1	100	DE LA DEMANDA TOTAL
BOMBA 2	100	DE LA DEMANDA TOTAL
BOMBA 3	100	DE LA DEMANDA TOTAL

El tanque a presión tendrá una capacidad de 19 litros entre agua y aire comprimido y su función será únicamente como amortiguador para proteger la tubería del golpe de ariete y diferencias de presiones bruscas.

SELECCION DE TANQUE:

Marca	ALTAMIRA				
Modelo	AF19				
Tipo	Cilíndrico vertical de membrana intercambiable				
Volumen	19	litros	=	5	Galones
Altura	360	mm	=	14.17	pulg.
Diámetro	260	mm	=	10.23	pulg.
Presión de trabajo	8.75	Kg/cm ²	=	125	PSIG

5.1.7. Datos de Proyecto.**A) POBLACIÓN Y/O ÁREAS DE PROYECTO**

1.- Área de Departamentos (aproximada)	10,958.00 m ²
2.- Área de Estacionamiento (aproximada)	2,464.00 m ²
3.- Áreas de Vigilancia (aproximadas)	35.10 m ²
4.- Áreas total remota (aproximadas)	4,648.00 m ²

B) DOTACIÓN SEGÚN REGLAMENTO DE CONSTRUCCIÓN VIGENTE

Para dotaciones mínimas de acuerdo a los siguientes datos:

TIPOLOGA	SUBGÉNERO	DOTACIÓN MÍNIMA	
I.- HABITACIÓN	Vivienda mayor de 71.00m ²	200	l/hab/día
II.7.- SEGURIDAD PUBLICA	Cuarteles ó casetas de vigilancia	200	l/persona/día
		100	l/trabajador/día
II.8.- COMUNICACIONES Y TRANSPORTE	Estaciones de transporte	10	l/pasajero/día
	Estacionamientos	100	l/trabajador/día

nota 3

nota 2

NOTAS:

1.- Actualmente el Gobierno del Distrito Federal no autoriza dotación de agua potable para los servicios del riego de áreas verdes, por lo que para satisfacer esta demanda se deberá recurrir al empleo de agua residual tratada a un nivel terciario o agua pluvial.

2.- Por lo que respecta a la dotación de agua para estacionamientos únicamente podrá autorizarse una dotación de esta para los trabajadores a razón de 100 l./huésped/día. Por lo que también para satisfacer las demandas del lavado de automóviles y de patios deberá fomentarse el empleo de agua residual tratada u un nivel terciario o pluvial.

3.- En términos generales las necesidades de agua potable demandadas por empleados o trabajadores se consideran por separado a razón de 100 l/trabajador/día.

4.- Cuando se trate de edificaciones clasificadas como de riesgo mayor, deberá proveerse de una capacidad de almacenamiento de agua para sistemas contra incendios, de acuerdo con lo estipulado en el Artículo 122 del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal vigente. Aclarando que para satisfacer esta demanda se podrán aprovechar las aguas pluviales captadas dentro de la edificación (previo filtrado).

5.- Cuando los sistemas de drenaje de la edificación (sanitaria y pluvial), sean de tipo separado, se deberá aprovechar al máximo el uso de las aguas pluviales captadas en la época de lluvias, con la finalidad de fomentar el ahorro de agua potable.

6.- Para el caso de las industrias, es obligatorio el que aprovechen las aguas pluviales a captar dentro del predio, debido a que la mayoría de estas, en algunos de sus procesos, no requieren el uso obligatorio de agua potable.

C) COEFICIENTES DE VARIACIÓN DIARIA Y HORARIA

CDV = Coeficiente de variación diaria = 1.2

CDH = Coeficiente de variación horaria = 1.5

D) GASTO DE DISEÑO EN (litros por segundo)

Qma = gasto medio anual = Demanda diaria = 46,700 0.54051 l / seg
No. de seg en un día = 86,400

Qmd = gasto máximo diario CDV x Qma = 1.2 x Qma 0.64861 l / seg

Qmh = gasto máximo horario CVH x Qmd = 1.5 x Qmd 0.97292 l / seg

CDH = Coeficiente de variación horaria 50 % más de Qmd 0.97292 l / seg

E) VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO

1.- Volumen de agua potable	140,208	Litros
VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO	140,208	Litros

F) DIÁMETRO DE TOMA REQUERIDO

De acuerdo a calculo se requiere de 38 mm.

G) FUENTE DE ABASTECIMIENTO

Se obtendrá de la red de distribución Municipal hidráulica existente de la calle

H) SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

El sistema empleado es un sistema a presión, generada por un equipo hidroneumático tipo triplex con función de variador de frecuencia.

I) MÉTODOS DE DISEÑO

Método de las " UNIDADES MUEBLES "

5.2. Memoria Técnica Descriptiva.

5.2.1. Parámetros generales de diseño.

El proyecto hidráulico fue diseñado en función de los siguientes elementos:

- Número de departamentos.
- Cantidad de muebles sanitarios por departamento como son: WC, lavabos, y regaderas por cada núcleo de baño.
- Muebles que requieren del servicio de agua potable como son: centros de lavado, lava vajillas, tarjas, etcétera.
- Se consideraron las trayectorias horizontales y verticales más apropiadas para el suministro de agua hacia cada departamento.

5.2.2. Normas y Reglamentos.

Para contar con un diseño de una instalación hidráulica confiable se tomó como apoyo técnico los siguientes estatutos:

- Reglamento de Construcción para el municipio de Benito Juárez Quintana Roo y sus Normas Técnicas Complementarias.
- Normas y reglamentos del IMSS para instalaciones hidráulicas.
- Gaceta Oficial del Gobierno del Distrito Federal.
- Manual Helvex.
- Manuales de fabricantes de bombas y equipos.
- Manuales de fabricantes de accesorios para uso hidráulico.

5.2.3. Medios y volúmenes de almacenamiento.

Se proponen dos cisternas para el almacenamiento de agua; de las cuales, una será de agua potable tratada y la otra será de agua cruda. Las cisternas se localizarán en la Planta Baja (estacionamiento) del Edificio II, las cuales fueron diseñadas en función del tipo de cimentación del edificio y del nivel del manto freático del subsuelo, por lo cual la cisterna de agua potable tratada se integrará de una celda, que tendrá una capacidad total de 140.21 m³. Ésta cisterna será llenada por el agua que previamente fue tratada por el sistema de suavización, el cual toma agua potable cruda y durante su proceso le va eliminando, partículas sólidas, sales minerales, gérmenes y bacterias. Dicho sistema de suavización se encuentra localizado en el cuarto de máquinas.

La cisterna de agua cruda se compondrá en una sola celda de 116.84 m³ y será llenada con agua de la red municipal por medio de una tubería de 38” de diámetro conectada a un flotador de alta presión.

La capacidad de la cisterna de agua potable tratada fue determinada en función de la dotación de agua potable para los servicios mínimos indispensables de cada departamento para dos días y también, se consideraron pérdidas por fugas, estacionamientos, áreas públicas y agua para reposición de alberca.

Por otro lado la capacidad de la cisterna de agua cruda fue determinada en función del suministro de agua para Protección Contra Incendio, Sistema de Riego, reposición de agua para la alberca y limpieza de áreas comunes como estacionamientos y áreas públicas.

5.2.4 Método utilizado.

El método que se utilizó para calcular los diámetros, fue el método Hunter (máximo gasto probable), donde se calcularon las “Unidades Mueble” independientes por cada departamento para obtener los totales del edificio I, totales del edificio II y el total de la red principal para los dos edificios. Así, mediante éste método se logró determinar los diámetros de cada departamento, los de acometida a cada edificio, y el de la red general hidráulica.

5.2.5. Descripción del Sistema Hidráulico.

El sistema de distribución de agua potable será por medio de un sistema presurizado (Sistema Hidroneumático tipo trípLex). Que contará con tablero de control para funciones de alternado, simultaneado y variador de frecuencia para las bombas; además deberá contar con toda la protección eléctrica para los motores.

La red hidráulica general fue diseñada como un anillo, de esta manera evitamos drásticas caídas de presión y garantizamos una mejor distribución del agua a presión en toda la red hidráulica.

En las partes más elevadas de la red hidráulica se proponen Válvulas Eliminadoras de Aire (VEA) con la finalidad de evitar molestas burbujas de aire dentro de la red.

5.2.6. Equipo de bombeo.

Para el sistema hidráulico se calculó un sistema de agua a presión tipo hidroneumático trípLex de 15 CP totales a velocidad variable.

Los datos operacionales de diseño son:

GASTO =	13.88	[l/seg.]
=	832.8	[l/min.]
=	220.03	G. P. M.
C. D. T. =	42.43	[m. c. a.]
=	139.21	[pie c. a.]

El equipo consistirá de (4) electro bombas tipo centrífuga multietapas vertical de 5CP cada una, (3) de ellas estarán en operación y una más en modo de *standby*, fabricadas en acero inoxidable, (1) tanque vertical precargado de 19 l fabricado en acero rolado en frío, tablero de control alternador, simultaneador y variador de frecuencia, cabezal de descarga bridado que incluya válvulas de cierre rápido, válvulas de retención y demás elementos de señalización. Todo los elementos antes mencionados tendrán que estar integrados en un bastidor tipo patín de acero.

5.3. Elaboración de Planos y Requerimientos.

Los planos del proyecto fueron desarrollados en Auto Cad, donde se consultaron manuales de dibujo, a fin de estandarizar el dibujo. Dentro de las estandarizaciones se puede hacer mención a la calidad de línea, escalas, simbología, pie de plano, colores indicativos, tipo y tamaño de letra, etc. En apartado de anexos se podrá ver a detalle los planos correspondientes al proyecto.

5.4. Especificaciones Generales.

Condiciones generales, especiales y especificaciones a las que deberán sujetarse las instalaciones hidráulicas de agua potable.

La capacidad de almacenamiento de la cisterna se calculó con respecto a los datos de suministro que proporciona el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal y la Gaceta Oficial del Distrito Federal. El volumen de almacenamiento es de 136,931 litros de Agua.

El almacenamiento se distribuye de la manera siguiente:

Agua Potable	94,566	Litros 2 días de Almacenamiento
Agua para P.C.I.	42,365	Litros 1 día de Almacenamiento

El sistema de distribución de agua potable será por medio de un sistema presurizado (Sistema Hidroneumático tipo triplex).

El sistema consiste en tres motobombas tipo centrifugo horizontal, las cuales trabajaran al 100% cada una, operando dos de forma simultánea y la tercera alternadamente, para así obtener con las tres el 100% de la demanda total y una de reserva para mantenimiento.

Este sistema se encarga de distribuir el agua potable a los muebles sanitarios que se encuentran en los edificios y áreas comunes.

Especificaciones de materiales a emplear en las instalaciones hidráulicas. Cabe aclarar que el proyectista, constructor o residente de la obra podrán proponer otro tipo de materiales, piezas especiales ó equipo diferente al que se especifica a continuación, esto debido a la múltiple introducción de materia prima que ingresa al país por los tratados internacionales de comercio que ha firmado el país, siempre y cuando esos materiales aseguren el correcto funcionamiento de las redes hidráulicas y que cumpla con las normas ecológicas en vigencia y con las demás normas oficiales vigentes en el país con que a la materia se trate.

Las tuberías que conforman las redes de agua potable se fabrican principalmente de Polipropileno, P.V.C. (Poli cloruro de vinilo). El empleo de cualquier tipo de estos materiales, estará en función de las condiciones mecánicas y ambientales a las que estará expuesta la tubería; aunque cabe aclarar que el empleo de tuberías de P.V.C. quedará restringido cuando la línea este expuesta a altas temperaturas.

Cuando las tuberías de P.V.C. estén expuestas a presiones hidrostáticas considerables o a la intemperie se deberá consultar con el fabricante las características y tipo de tubería a emplear, así como de las protecciones a las mismas.

Protección. Las tuberías enterradas deberán pintarse con pintura anticorrosiva y deberán ir a 30 cm., abajo del nivel de jardines, a menos que se especifique otra profundidad mayor en proyecto.

En caso de emplearse otro material que no sean de los indicados anteriormente, estos deberán estar perfectamente protegidos contra la corrosión, impactos mecánicos y en su caso del fenómeno de la electrólisis, además los materiales a emplear deberán cumplir con las normas ecológicas vigentes, así como asegurar que no contaminen el agua a conducir y el subsuelo en caso de que las tuberías estén enterradas.

Por lo que respecta a los materiales de unión, conexiones y piezas especiales para los demás tipos de materiales que se utilicen dentro de las instalaciones y que no se contemplen dentro de las presentes Normas, se deberán consultar con los fabricantes de las tuberías, quienes de acuerdo a sus especificaciones técnicas, recomendarán el tipo de conexiones y materiales de unión mas adecuados para el acoplamiento de las tuberías; o bien se recomienda consultar los catálogos y Reglamentos que existen para la materia.

5.5 Especificaciones Particulares.

Las especificaciones Particulares son todas aquellas recomendaciones dirigidas al contratista que desarrollará la obra. Estas recomendaciones consideran los productos, marcas y modelos de los equipos, materiales y accesorios necesarios para ejecutar la obra. Los equipos, materiales y accesorios son seleccionados en la etapa del proyecto, tomando como criterios la procedencia de fabricación, que cumple y supere la Norma Oficial Mexicana NOM, eficiencias y materiales de fabricación.

Dentro del segmento de equipos, materiales y accesorios están:

- Calentadores de Agua Eléctricos (CALOREX).
- Equipo de Bombeo (AURORA PICSA, ALTAMIRA).
- Tubería (TUBOPLUS).
- Válvulas (VALMEX).

5.6. Catálogo de Conceptos.

CUANTIFICACIÓN HIDRÁULICA RED GENERAL
--

EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS "LAGOON LOFTS "
--

UBICACIÓN	Paseo Pok-Ta-Pk, Mz 44 Lote 2, Sección "B" segundo, Nueve Hoyos, Campo de Golf, C. P. 77500, zona hotelera, Municipio de Benito Juárez, Cancún, Quintana Roo, México
-----------	---

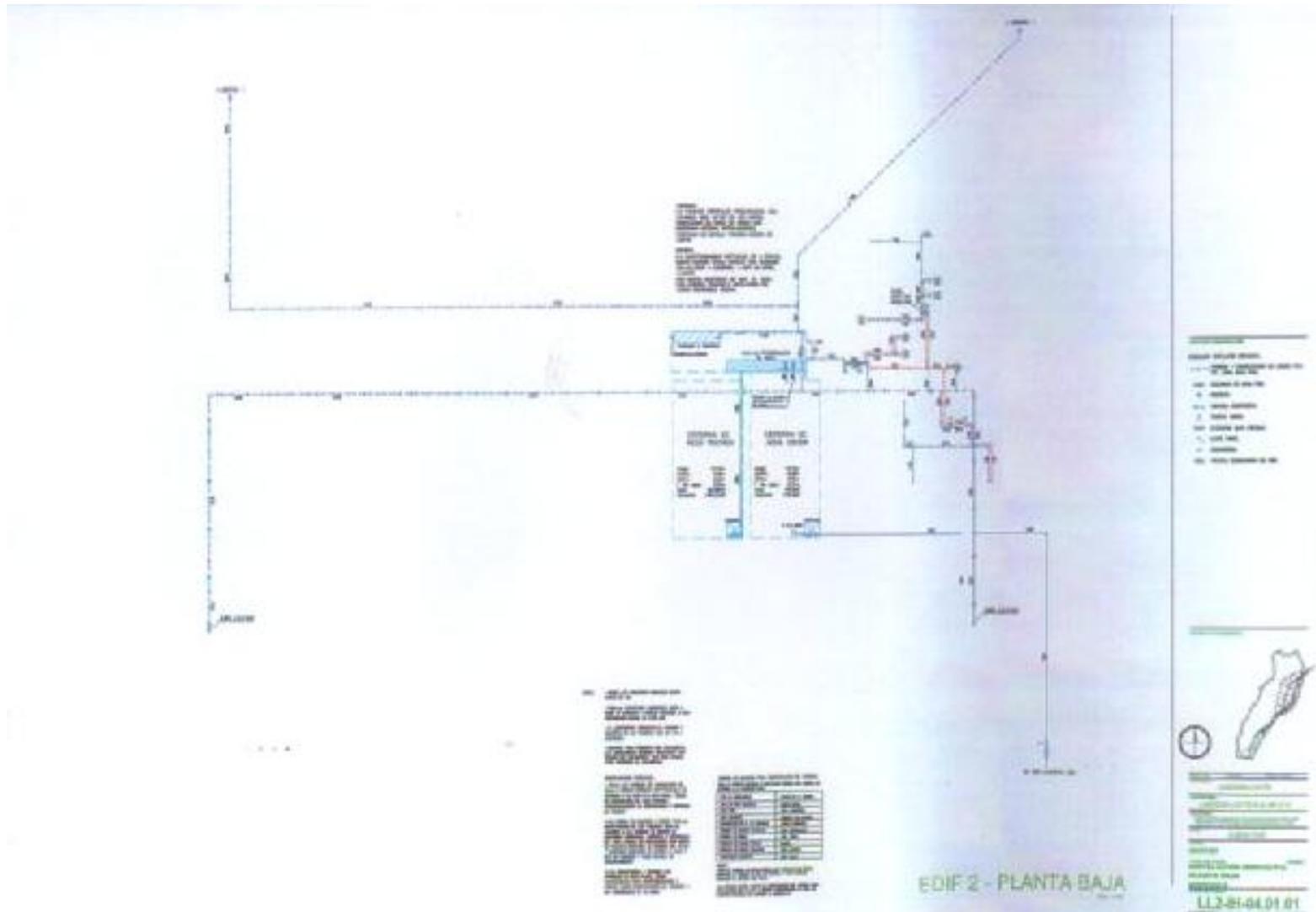
CLAVE	DESCRIPCIÓN	U	CANT	P.U	IMPORTE
IH 001	Tubería de PVC Hidráulico mca. DURALON ó equivalente de 19 mmø	m	21.00	22.58	474.18
IH 002	Tubería de PVC Hidráulico mca. DURALON ó equivalente de 25 mmø	m	27.00	26.66	719.82
IH 003	Tubería de PVC Hidráulico mca. DURALON ó equivalente de 32 mmø	m	72.00	30.80	2,217.60
IH 004	Tubería de PVC Hidráulico mca. DURALON ó equivalente de 38 mmø	m	30.00	36.61	1,098.30
IH 005	Tubería de PVC Hidráulico mca. DURALON ó equivalente de 51 mmø	m	216.00	46.34	10,009.44
IH 006	Tubería de PVC Hidráulico mca. DURALON ó equivalente de 64 mmø	m	210.00	64.48	13,540.80
IH 007	Tubería de PVC Hidráulico mca. DURALON ó equivalente de 76 mmø	m	12.00	85.61	1,027.32
IH 008	Codo de PVC Hidráulico mca. DURALON ó equivalente de 90°x19 mmø	Pza.	1.00	17.42	17.42
IH 009	Codo de PVC Hidráulico mca. DURALON ó equivalente de 90°x25 mmø	Pza.	30.00	20.92	627.60
IH 010	Codo de PVC Hidráulico mca. DURALON ó equivalente de 90°x32 mmø	Pza.	74.00	25.80	1,909.20
IH 011	Codo de PVC Hidráulico mca. DURALON ó equivalente de 90°x38 mmø	Pza.	10.00	28.36	283.60
IH 012	Codo de PVC Hidráulico mca. DURALON ó equivalente de 90°x51 mmø	Pza.	10.00	33.94	339.40
IH 013	Codo de PVC Hidráulico mca. DURALON ó equivalente de 90°x64 mmø	Pza.	15.00	58.81	882.15
IH 014	Codo de PVC Hidráulico mca. DURALON ó equivalente de 90°x76 mmø	Pza.	3.00	69.09	207.27
IH 015	Codo de PVC Hidráulico mca. DURALON ó equivalente de 45°x64 mmø	Pza.	2.00	58.81	117.62
IH 016	Cople de PVC Hidráulico mca. DURALON ó equivalente de 19 mmø	Pza	4.00	16.86	67.44
IH 017	Cople de PVC Hidráulico mca. DURALON ó equivalente de 25 mmø	Pza	5.00	20.09	100.45
IH 018	Cople de PVC Hidráulico mca. DURALON ó equivalente de 32 mmø	Pza	12.00	23.91	286.92
IH 019	Cople de PVC Hidráulico mca. DURALON ó equivalente de 38 mmø	Pza	5.00	26.98	134.90
IH 020	Cople de PVC Hidráulico mca. DURALON ó equivalente de 51 mmø	Pza	36.00	32.12	1,156.32
IH 021	Cople de PVC Hidráulico mca. DURALON ó equivalente de 64 mmø	Pza	35.00	42.84	1,499.40
IH 022	Cople de PVC Hidráulico mca. DURALON ó equivalente de 76 mmø	Pza	2.00	55.41	110.82
IH 023	Tee pareja de PVC Hidráulico marca. DURALON ó equivalente de 32 mm ø	Pza.	2.00	30.68	61.36

IH	024	Tee pareja de PVC Hidráulica marca. DURALON ó equivalente de 38 mm ø	Pza.	9.00	35.32	317.88
IH	025	Tee pareja de PVC Hidráulica marca. DURALON ó equivalente de 51 mm ø	Pza.	55.00	57.57	3,166.35
IH	026	Tee pareja de PVC Hidráulica marca. DURALON ó equivalente de 64 mm ø	Pza.	9.00	72.10	648.90
IH	027	Tee pareja de PVC Hidráulica marca. DURALON ó equivalente de 76 mm ø	Pza.	3.00	89.93	269.79
IH	028	Tee pareja de PVC Hidráulica marca. DURALON ó equivalente de 100 mm ø	Pza.	1.00	148.98	148.98
IH	029	Reducción bushing de PVC Hidráulico marca. DURALON ó equivalente de 25x19 mm ø	Pza	2.00	18.54	37.08
IH	030	Reducción bushing de PVC Hidráulico marca. DURALON ó equivalente de 32x25 mm ø	Pza	8.00	21.89	175.12
IH	031	Reducción bushing de PVC Hidráulico marca. DURALON ó equivalente de 51x25 mm ø	Pza	13.00	30.00	390.00
IH	032	Reducción bushing de PVC Hidráulico marca. DURALON ó equivalente de 51x32 mm ø	Pza	35.00	30.12	1,054.20
IH	033	Reducción bushing de PVC Hidráulico marca. DURALON ó equivalente de 51x38 mm ø	Pza	7.00	30.55	213.85
IH	034	Reducción bushing de PVC Hidráulico marca. DURALON ó equivalente de 38x32 mm ø	Pza	19.00	24.84	471.96
IH	035	Reducción bushing de PVC Hidráulico marca. DURALON ó equivalente de 38x19 mm ø	Pza	3.00	24.52	73.56
IH	036	Reducción bushing de PVC Hidráulico marca. DURALON ó equivalente de 64x51 mm ø	Pza	8.00	39.72	317.76
IH	037	Reducción bushing de PVC Hidráulico marca. DURALON ó equivalente de 76x64 mm ø	Pza	4.00	51.66	206.64
IH	038	Reducción bushing de PVC Hidráulico marca. DURALON ó equivalente de 64x38 mm ø	Pza	4.00	39.57	158.28
IH	039	Reducción bushing de PVC Hidráulico marca. DURALON ó equivalente de 32x19 mm ø	Pza	2.00	7.03	14.06
IH	040	Reducción bushing de PVC Hidráulico marca. DURALON ó equivalente de 100x76 mm ø	Pza	2.00	78.56	157.12
IH	041	Cople PVC Hidráulico rosca exterior marca. DURALON ó equivalente de 19 mm ø	Pza	4.00	19.45	77.80
IH	042	Cople PVC Hidráulico rosca interior marca. DURALON ó equivalente de 19 mm ø	Pza	1.00	19.90	19.90
IH	043	Cople PVC Hidráulico rosca exterior marca. DURALON ó equivalente de 38 mm ø	Pza	2.00	32.02	64.04
IH	044	Tuerca Unión de PVC Hidráulico mca. DURALON ó equivalente de 38 mm ø	Pza	1.00	106.34	106.34
IH	045	Válvula de Cierre Rápido, Roscada, mca. URREA ó equivalente, de 38 mm ø	Pza	2.00	349.24	698.48
IH	046	Flotador de Alta Presión, Roscada, mca. URREA ó equivalente, de 38 mm ø	Pza	1.00	1,026.04	1,026.04
IH	047	Válvula eliminadora de aire, Roscada, de 19 mm ø.	Pza.	4.00	412.04	1,648.16
IH	048	Medidor de Agua mca. AZTECA ó equivalente, Roscada, de 38 mm ø	Pza	1.00	4,671.77	4,671.77
IH	049	Soporte tipo Unicanal para tubería de PVC Hidráulico. Marca CROSS LINE, catálogo LU3300	m	196.00	69.77	13,674.92
IH	050	Abrazaderas para Unicanal, Marca CROSS LINE ó equivalente, de 19 mm ø, que incluyan tornillo y contratuerca	Pza.	14.00	9.43	132.02
IH	051	Abrazaderas para Unicanal, Marca CROSS LINE ó equivalente, de 25 mm ø, que incluyan tornillo y contratuerca	Pza.	18.00	9.82	176.76
IH	052	Abrazaderas para Unicanal, Marca CROSS LINE ó equivalente, de 32 mm ø, que incluyan tornillo y contratuerca	Pza.	48.00	11.64	558.72
IH	053	Abrazaderas para Unicanal, Marca CROSS LINE ó equivalente, de 38 mm ø, que incluyan tornillo y contratuerca	Pza.	20.00	12.33	246.60
IH	054	Abrazaderas para Unicanal, Marca CROSS LINE ó equivalente, de 51 mm ø, que incluyan tornillo y contratuerca	Pza.	144.00	13.55	1,951.20
IH	055	Abrazaderas para Unicanal, Marca CROSS LINE ó equivalente, de 64 mm ø, que incluyan tornillo y contratuerca	Pza.	140.00	15.31	2,143.40
IH	056	Abrazaderas para Unicanal, Marca CROSS LINE ó equivalente, de 76 mm ø, que incluyan tornillo y contratuerca	Pza.	8.00	17.74	141.92
IH	057	Tubería de cobre rígido tipo "M" NACOBRE de 76 mm	m	6.00	789.45	4,736.70
IH	058	Tubería de cobre rígido tipo "M" NACOBRE de 64 mm	m	9.00	593.21	5,338.89

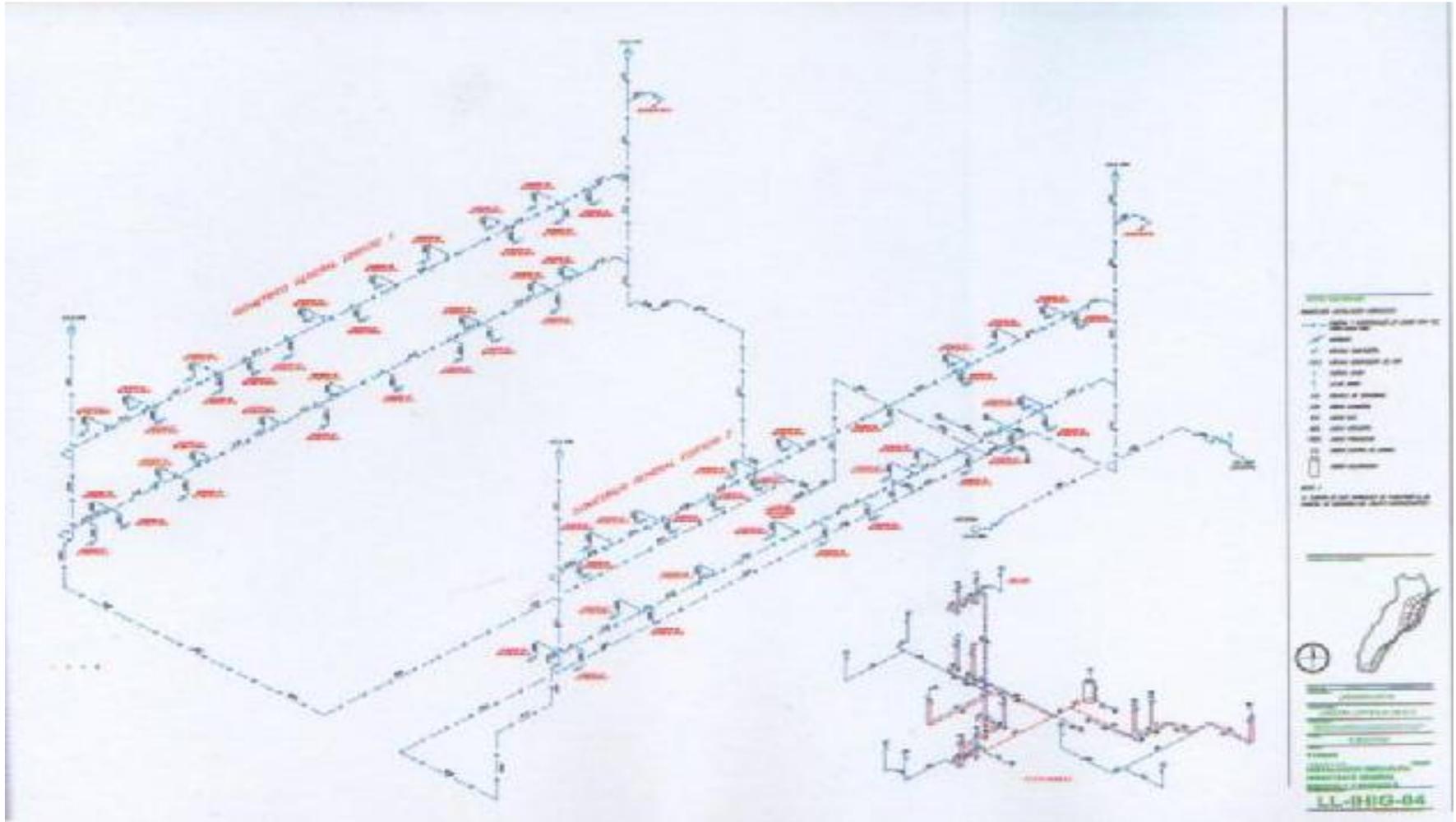
IH	059	Tubería de cobre rígido tipo "M" NACOBRE de 51 mm	m	4.50	328.57	1,478.57
IH	060	Tubería de cobre rígido tipo "M" NACOBRE de 38 mm	m	7.50	213.18	1,598.85
IH	061	Codo de cobre NACOBRE de 90° x 76 mm	pza	3.00	363.00	1,089.00
IH	062	Codo de cobre NACOBRE de 90° x 64 mm	pza	3.00	263.00	789.00
IH	063	Codo de cobre NACOBRE de 90° x 38 mm	pza	3.00	76.83	230.49
IH	064	Tee de cobre NACOBRE de 76 mm	pza	5.00	826.87	4,134.35
IH	065	Reduccion bushing de cobre NACOBRE de 76x51 mm	pza	6.00	160.00	960.00
IH	066	Reduccion bushing de cobre NACOBRE de 50x38 mm	pza	3.00	45.00	135.00
IH	067	Conector rosc/ext de cobre NACOBRE de 64 mm	pza	6.00	356.44	2,138.64
IH	068	Conector rosc/ext de cobre NACOBRE de 51 mm	pza	9.00	121.69	1,095.21
IH	069	Conector rosc/ext de cobre NACOBRE de 38 mm	pza	3.00	72.19	216.57
IH	070	Pichancha de 64 mm	pza	4.00	754.00	3,016.00
IH	071	Tuerca unión cobre/cobre NACOBRE de 64 mm	pza	4.00	890.00	3,560.00
IH	072	Tuerca unión cobre/cobre NACOBRE de 38 mm	pza	3.00	274.63	823.89
IH	073	Brida roscada de 64 mm inc junta y tornillos c/tuerca	pza	4.00	412.00	1,648.00
IH	074	Brida roscada de 51 mm inc junta y tornillos c/tuerca	pza	4.00	362.00	1,448.00
IH	075	Conector hembra de PVC hidráulico DURALON de 76 mm	pza	1.00	168.00	168.00
IH	076	Conector rosc/ext de cobre NACOBRE de 76 mm	pza	1.00	486.07	486.07
IH	077	Válvula check ret vertical roscable 125 lbs de 51 mm	pza	4.00	961.65	3,846.60
IH	078	Válvula compuerta soldable 125 lbs de 51 mm	pza	4.00	964.45	3,857.80
IH	079	Válvula compuerta soldable 125 lbs de 38 mm	pza	4.00	723.78	2,895.12
IH	080	Bomba centrífuga horiz AURORA PICSA de 5 HP	pza	4.00	16,778.00	67,112.00
IH	081	Tablero de control PICSA Mod THTI-215DLC Digital	pza	1.00	24,534.00	24,534.00
IH	082	Tanque precargado ALTAMIRA Mod AF19	pza	1.00	1,200.00	1,200.00
IH	083	Soporte a base de unicanal para tubería de 76 mm	pza	6.00	87.51	525.06

IMPORTE TOTAL	\$ 211,111.74 m.n.
---------------	--------------------

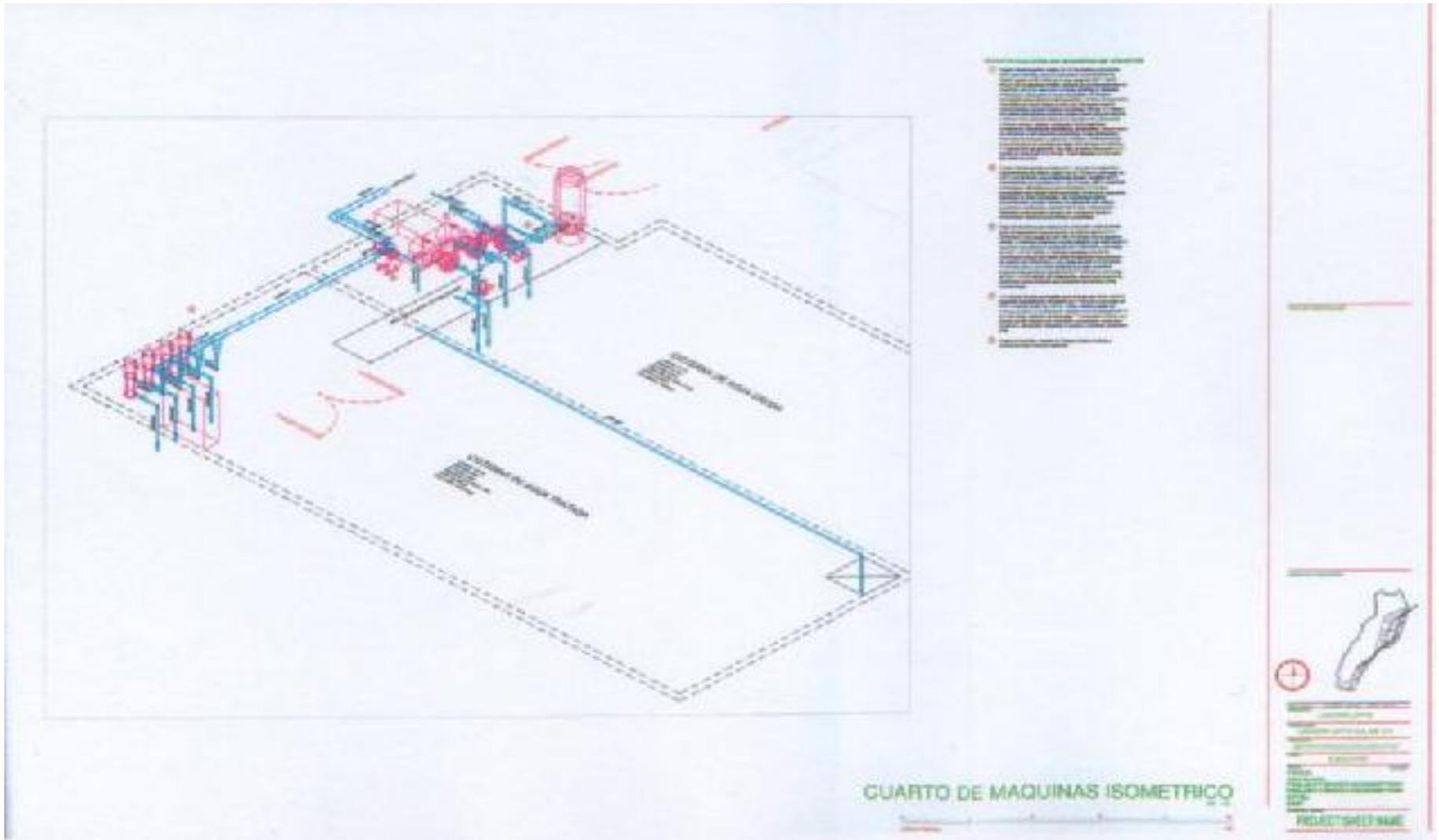
ANEXOS
Anexo 1 (Plano Instalación Hidráulica Planta Baja)



ANEXO 3 (Plano Instalación Hidráulica Cuarto de Máquinas)



ANEXO 4 (Plano Instalación Hidráulica Cuarto de Máquinas Isométrico)



CONCLUSIONES

1. Para poder sentar las bases del proyecto, primeramente se consultó el Reglamento de Construcción del Municipio de Benito Juárez Cancún Q. Roo donde se apreció que le faltan varios conceptos necesarios para proyectar como son métodos de cálculo recomendados y tablas complementarias. Posteriormente se consultó el Reglamento de Construcción del Instituto Mexicano del Seguro Social y además, la Gaceta Oficial del Gobierno del Distrito Federal, en estas dos últimas reglamentaciones se encontraron todos los elementos y parámetros necesarios para iniciar el proyecto. Al revisar estos reglamentos nos percatamos que el reglamento del municipio de Benito Juárez Cancún Q. Roo, tiene muchas similitudes con respecto a la Gaceta Oficial del Distrito Federal, lo cual nos hizo dudar sobre su confiabilidad, ya que a nuestra consideración cada reglamentación debería adaptarse en función a su contexto social y su localización geográfica. Dichas adecuaciones tendrán que ser realizadas por especialistas y peritos en el tema.
2. En lo correspondiente a la capacidad de volumen de agua por almacenar, las reglamentaciones indican ciertos parámetros a considerar, esos parámetros fueron respetados, pero físicamente, por las condiciones de la estructura de la edificación y el nivel del manto freático, las cisternas de almacenamiento resultaron con una capacidad mayor a lo dictaminado en los reglamentos, esto no repercute en ningún sentido de manera perjudicial al proyecto, ya que se planearon de forma adecuada las profundidades de las válvulas de fondo de los diversos sistemas de bombeo, de tal manera que operativamente el proyecto cumpla todas las reglamentaciones que se consideraron.
3. En lo correspondiente a la selección de materiales y equipos de bombeo se consideraron primeramente de procedencia nacional que cumplieran y superaran la Norma Oficial Mexicana. Esto es con la finalidad de garantizar refacciones y piezas que estén vigentes y sean de línea.
4. El presupuesto base del proyecto fue realizado con ayuda del Método de Precios Unitarios. Se eligió éste método porque es muy confiable ya que considera materiales, misceláneos, mano de obra, indirectos y utilidad por cada pieza considerada, y después por la sumatoria de todas las piezas de su segmento para así arrojar un total. El inconveniente es que todos los precios de lista considerados fueron obtenidos a la fecha vigente de la realización de esta tesis y seguramente tendrá variaciones debidas a incrementos de materia prima, paridad peso-dólar, etcétera.
5. Para el cálculo del gasto total del inmueble se consideró el Método de las Unidades Mueble, dicho método se rige de parámetros estadísticos, los cuales fueron medidos y registrados para obtener una serie de datos y valores promedio que se han estandarizado para su uso. Por esa razón, es un método que presenta inexactitudes y factores de error a comparación de los cálculos que se obtendrían por la ecuación de Bernoulli. Pero para los fines prácticos del proyecto, el método de las Unidades Mueble es completamente funcional. Además, éste método es el que proponen las tres reglamentaciones consultadas.
6. Para el diseño de la red de tuberías, siempre se consideraron los trayectos más rectos y sencillos, a fin de reducir las pérdidas de presión por fricción en accesorios, y también, abaratar costos de materiales y mano de obra.
7. Dentro de la memoria de cálculo no se presentan las características de la planta de suavización de agua, porqué solamente se suministró el gasto y la presión a la que debe operar el sistema. Para poder seleccionar la planta de suavización de manera correcta, se recomienda realizar un estudio en donde se mida la dureza del agua y la calidad de potabilización, estos estudios tendrán que ser realizados por personal biólogo competente y un laboratorio calificado.

BIBLIOGRAFÍA

Robert L. Mott. MECÁNICA DE FLUIDOS APLICADA. 4ª Edición. Editorial Prencice Hall. México 1996.

Claudio Mataix. MECÁNICA DE FLUIDOS Y MÁQUINAS HIDRÁULICAS. 2ª Edición. Editorial Alfaomega. México 1982.

R. W. Fox, A.T. McDonald. Introducción a la Mecánica de Fluidos. 2ª Edición. Editorial McGraw Hill. México 1993.

Crane, División de Ingenieros, Flujo de fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías. Editorial: McGraw Hill/Interamericana de México, S.A. México, 1990.

H. W. King y E. F. Brater. Manual de Hidráulica. Editorial UTEHA. México, 1962.

Alberto E. Olivares. Cálculo de Distribución de agua para edificios. 2ª edición. Tercera impresión. Caracas, 1952.

IMSS, Reglamento de Construcción del Instituto Mexicano del Seguro Social. México 1997.

GDF, Gaceta Oficial del Distrito Federal. México D.F. 2004.

Reglamento de Construcción para el Municipio de Benito Juárez, Q. Roo. México 2007.

García E, Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 4ta. Edición. México 1988.