



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN



DISEÑO DE DISTRIBUCION DE AREAS Y RED. DE
TUBERIAS PARA LA PROPUESTA DE REUBICACION
DE LA PLANTA PILOTO DE LA CARRERA DE
INGENIERIA EN ALIMENTOS

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERA EN ALIMENTOS
P R E S E N T A N :
ANA MARIA SABINA DE LA CRUZ JAVIER
GLORIA SUSANA UBILLOS ROMERO

DIRECTORA DE TESIS:
I.A. ROSALIA MELENDEZ PEREZ



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

	pág.
RESUMEN	1
INTRODUCCION	3
OBJETIVOS	6
I. GENERALIDADES.	7
I.1. Importancia de las Plantas Piloto.	7
I.2. Criterios para la Ubicación.	13
I.3. Criterios de Distribución de Areas	14
I.4. Antecedentes Teóricos para el diseño de la Red de Tuberías.	17
I.4.1. Red de Tuberías.	17
I.4.2. Sistemas de Impulsión.	38
I.4.3. Materiales y Accesorios	42
II. INSTALACIONES ACTUALES.	46
II.1. Planta Piloto de Alimentos de Campo 4.	46
II.2. Servicios Disponibles en Campo 1, para la Planta Piloto.	55
III. CUADRO METODOLOGICO.	60
III.1. Dimensionamiento Previo.	62
III.2. Dimensionamiento de Tuberías.	64
III.3. Sistemas de Distribución.	66
III.4. Sistema de Aislamiento.	70

IV. RESULTADOS Y ANALISIS.	72
IV.1. Ubicación.	72
IV.2. Orientación.	73
IV.3. Distribución de Areas.	75
IV.4. Diseño de la red de Tuberías	79
IV.4.1. Dim. Previo.	81
IV.4.2. Dim. de Tuberías.	83
IV.4.3. Sist. de Distribución.	107
IV.4.4. Sist. de Aislamiento.	111
CONCLUSIONES.	115
RECOMENDACIONES.	119
A. Sistema Suavizador para Agua.	119
B. Sistema de Recuperación de Agua.	121
C. Diseño de Suministro de Agua de Servicio en Base a Datos de Carga Completa, Media y Mínima.(Cisterna y bombas)	126
APENDICES.	132
1. Caída de Presión para Agua.	133
2. Caída de presión para Aire.	134
3. Núm. de Reynolds y factor de fricción en líneas de Flujo compresible.	135
4. Caída de presión en líneas de Flujo compresible.	136
5. Núm. de Reynolds y factor de fricción en Tuberías para flujo de líquidos.	137
6. Caída de presión en líneas de líquido de flujo turbulento.	138

7. Espesores de aislantes para tuberías comerciales de la compañía Socoatl	139
8. Equivalencias de Diámetros	140

BIBLIOGRAFIA.	141
---------------	-----

INDICE DE CUADROS

	Pág.
1. - PROCESO DE DISEÑO	9
2. - DISEÑO DE PLANTAS PILOTO	10
3. - VELOCIDADES RECOMENDADAS PARA DIFERENTES FLUIDOS	23
4. - VALORES DE CAIDAS DE PRESION PERMISIBLES	25
5. - PRESIONES DE PRUEBA	37
6. - EQUIPOS Y SERVICIOS QUE SE UTILIZAN ACTUALMENTE	49
7. - ILUMINACION ARTIFICIAL POR AREA DE LA PLANTA	51
8. - GASTOS DE AGUA EN LA PLANTA PILOTO DE ALIMENTOS	59
9. - EQUIPOS Y AREAS QUE OCUPAN	78
10. - CONSUMOS DE SERVICIOS EN LA PLANTA PILOTO	79
11. - RESULTADOS DEL DIMENSIONAMIENTO PREVIO	81
12. - DETERMINACION DE GASTOS POR EQUIPO Y DIAMETROS DE RAMALES Y SUBRAMALES - AIRE COMPRIMIDO -	88
13. - DETERMINACION DE GASTOS POR EQUIPO Y DIAMETROS DE RAMALES Y SUBRAMALES - VACIO -	90
14. - DETERMINACION DE GASTOS POR EQUIPO Y DIAMETROS DE RAMALES Y SUBRAMALES - AGUA FRIA -	90
15. - DETERMINACION DE GASTOS POR EQUIPO Y DIAMETROS DE RAMALES Y SUBRAMALES - AGUA HELADA -	93
16. - DETERMINACION DE GASTOS POR EQUIPO Y DIAMETROS DE RAMALES Y SUBRAMALES - VAPOR -	93
17. - DETERMINACION DE GASTOS POR EQUIPO Y DIAMETROS DE RAMALES Y SUBRAMALES - AGUA DE SERVICIO -	96
18. - DETERMINACION DE GASTOS POR EQUIPO Y DIAMETROS DE RAMALES Y SUBRAMALES - RETORNO DE CONDENSADOS -	98
19. - COMPARACION DE GASTOS REQUERIDOS POR EQUIPO Y LOS DE DISEÑO. AIRE COMPRIMIDO Y VACIO.	98
20. - COMPARACION DE GASTOS REQUERIDOS POR EQUIPO Y LOS DE DISEÑO. AGUA FRIA Y HELADA.	100

21.- COMPARACION DE GASTOS REQUERIDOS POR EQUIPO Y LOS DE DISEÑO. VAPOR.	100
22.- COMPARACION DE GASTOS REQUERIDOS POR EQUIPO Y LOS DE DISEÑO. AGUA DE SERVICIO.	101
23.- SISTEMA DE ABASTO PARA FLUIDOS DE SERVICIO	107
24.- SOLUCION A LA ECUACION DE BERNOULLI MODIFICADA PARA FLUIDOS DE SERVICIO	108
25.- ESPECIFICACIONES DEL AISLANTE PARA VAPOR DE AGUA	112
26.- ESPECIFICACIONES DEL AISLANTE PARA AGUA HELADA	113
27.- ESPECIFICACIONES DEL SUAVIZADOR CULLIGAN MOD. 19 C	120
28.- VOLUMEN DE AGUA ESTIMADO PARA RECUPERAR	123
29.- ESPECIFICACIONES DEL FILTRO HI FLO	124

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. - DETERMINACION GRAFICA DE DIAMETRO ECONOMICO	27
2. - COMPONENTES DE LA DIRECCION DE UNA LINEA DE CORRIENTE DE LAS FUERZAS QUE ACTUAN SOBRE UNA PARTICULA DE FLUIDO	39
3. - UBICACION ACTUAL DE LA PLANTA PILOTO	47
4. - POSIBLES ALTERNATIVAS PARA LA UBICACION	56
5. - CUADRO METODOLOGICO	61
5. I DIMENSIONAMIENTO PREVIO	63
5. II DIMENSIONAMIENTO DE TUBERIAS	65
5. III SISTEMA DE DISTRIBUCION	69
5. IV SISTEMA DE AISLAMIENTO	71
6. - DETERMINACION GRAFICA DE ESPESOR DE AISLANTE	70
7. - UBICACION Y ORIENTACION DE LA NAVE EN CAMPO I	74
8. - DISTRIBUCION DE AREAS PLANTA ALTA	76
9. - DISTRIBUCION DE AREAS PLANTA BAJA	77
10. -DISTRIBUCION RED DE TUBERIAS -ESQUEMATICO-	87
10. I TUBERIA AIRE COMPRIMIDO	89
10. II TUBERIA VACIO	91
10. III TUBERIA AGUA FRIA	92
10. IV TUBERIA AGUA HELADA	94
10. V TUBERIA VAPOR	95
10. VI TUBERIA AGUA DE SERVICIO	97
10. VII TUBERIA RETORNO DE CONDENSADOS	99
11. -CISTERNA	128

RESUMEN

En este trabajo se da respuesta a la propuesta de Reubicación, Distribución de Áreas y Red de Tuberías de la Planta Piloto de la carrera de Ingeniería en Alimentos.

Para cumplir con este objetivo se analizaron criterios básicos de Diseño e Ingeniería : Para el caso de la reubicación de la planta se aplicaron los conceptos necesarios para poder ofrecer la localización - orientación de la nave que se considera más adecuada; ya que el lugar estaba definido. Para la Distribución de Áreas y Red de Tuberías se consideraron:

1.- Las áreas a distribuir como lo fueron:

- Áreas para los equipos: Filtros; rotatorio y dos prensa, secadores; por aspersión y de charolas, Evaporadores; de bola y centrífugo, molinos, autoclave, pasteurizador, cámaras de refrigeración (3) y cámaras de congelación (2), preenfriadores (2), Red de flujo de fluidos y engargoladora.
- Áreas de trabajo: Tanto para el desarrollo experimental como para mantenimiento y servicio.
- Áreas para Investigación: Incluye aquí los laboratorios (5).
- Cubículos, área para retiradores, área para gavetas y almacén.

2.- Fluidos de servicio y sus condiciones los cuales fueron:

- Agua: Fría, helada y de servicio.
- Vapor: De alta y de baja presión.
- Vacío.
- Aire comprimido.
- Retornos para agua fría, helada y para condensados.

3.- Seguridad: Considerando aquí la seguridad para estudiantes dentro de la nave por posibles accidentes y por el ruido generado por los equipos.

4.- Equipos a reubicar: Aquí se observaron tanto los fluidos de servicio que manejan como los gradientes de temperatura producidos por estos mismos.

Como resultado de el desarrollo de este trabajo se tienen los diagramas de localización y orientación para la propuesta de reubicación en Campo 1, Distribución de Áreas y Distribución de la Red de Tuberías así como para este último se presentan los resultados de las memorias de cálculo y finalmente se dan las conclusiones a las que llegamos después de haber seguido una metodología que es también presentada.

INTRODUCCION

México como uno más de los países en vías de desarrollo tiene el compromiso social de mejorar los estándares de vida de su población, la experimentación que se realiza durante la formación del Ingeniero en Alimentos, debe ayudar precisamente a lograr este objetivo y nuestra profesión con ello puede alcanzar el lugar que dentro de las ciencias y dentro de la sociedad corresponde, ya que al plantearse problemas estructurales sobre alimentación y resolverlos adecuadamente puede así aportar soluciones que como profesionales, como universitarios, estamos obligados en bien de nuestro país.

Es por esto y mucho más la importancia de la formación teórico-experimental que se imparte a los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Alimentos, teniéndose como resultado la creación de Ingenieros e Investigadores. A través de nueve semestres el estudiante adquiere la metodología científica, la responsabilidad y gusto por el trabajo experimental, es orientado al estudio y solución de problemas tecnológicos, aprovechamiento, producción y transformación de alimentos.

En 1983 se construyen las instalaciones para los Laboratorios Experimentales Multidisciplinarios, en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Campo 4 para las carreras de Ingeniería en Alimentos e Ingeniería Química, con la finalidad de establecer una vinculación multidisciplinaria entre las carreras que se imparten en ambos campos: Ingeniería Agrícola, Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Licenciado en Administración de Empresas, Contaduría Pública y Médico Veterinario Zootecnista. Para 1990 surge la necesidad de un acercamiento de áreas teórico-experimentales.

docencia e investigación y un acceso inmediato a la información teórica; presentándose para esto dos posibles alternativas, una de ellas es el traslado de las Naves a Campo 1, o bien la construcción de un edificio para impartir las materias teóricas en Campo 4, así como el traslado del material bibliográfico de apoyo para ambas carreras.

Este trabajo, en el caso de que se decida el traslado de las naves, va enfocado a diseñar la distribución de áreas y red de tuberías de la Nave de Alimentos.

Para el logro de un diseño adecuado es necesario partir del conocimiento de lo que se pretende diseñar así como de la metodología para lograrlo satisfactoriamente: por lo tanto en este proyecto se han aplicado los elementos de Ingeniería y Diseño, adquiridos durante la formación de la carrera, donde se analizan y discuten los criterios para solucionar la propuesta de reubicación de la nave como son: Ubicación; ya que en la elección para la localización de una planta se debe fundamentar en un estudio detallado en el cual han de considerarse todos los factores tanto como sea posible. Distribución de áreas; porque en el diseño de una planta, la preparación de un plano es la función más importante, es la clave para una buena operación, para una construcción económica, para una distribución funcional de equipo y para un mantenimiento bien planeado y eficiente. Dimensionamiento y Diseño de la Red de Tuberías; por ser el resultado de la distribución de áreas, es el determinar longitudes, diámetros y tipos de tuberías a utilizar en el transporte de fluidos, para lo cual se debe conocer el tipo de fluido, condiciones de trabajo (presión, temperatura, flujo, etc) y criterios de dimensionamiento, con todo esto se tiene el propósito de ofrecer un diseño con una distribución interna que comparada con la actual es más eficiente y funcional.

Finalmente, cabe aclarar que la nave propuesta tiene las mismas dimensiones que la actual, además de contar con otras áreas surgidas de las necesidades actuales de la Carrera, principalmente un área más para investigación, habría que mencionar también que en la realización de este proyecto se está considerando la infraestructura disponible en cuanto a equipos se refiere.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Elaborar el diseño de distribución de áreas y redes de tuberías para la propuesta de reubicación de la Planta Piloto de la carrera de Ingeniería en Alimentos.

OBJETIVO PARTICULAR 1:

Determinar la distribución de áreas en la Planta considerando las limitaciones y efectos de las diferentes áreas de acuerdo al equipo disponible y áreas necesarias para los requerimientos académicos de la carrera.

OBJETIVO PARTICULAR 2:

Dimensionar la red de tuberías de los fluidos de servicio de la Planta aplicando los criterios de la ingeniería de diseño, necesarios para lograr su máxima funcionalidad.

I. - GENERALIDADES

I.1 IMPORTANCIA DE LAS PLANTAS PILOTO Y SU DISEÑO

Se puede definir a la Planta Piloto como un modelo a escala de diseño funcional de una nave industrial para obtener información cualitativa y cuantitativa de operación y resultados en procesos o equipos en condiciones experimentales de trabajo. (16).

Por fijar la idea de ser la Planta Piloto un modelo a escala, se define el término modelo, ya que en la Ingeniería se ha generalizado su uso a todas sus áreas. Un Modelo es la representación más objetiva del motivo de estudio, aplicado en diferentes etapas del proceso de diseño y estudio de procesos y equipos. Existen diferentes tipos de modelos que tienen variación en escala y detalles de presentación dependiendo de su propósito. Según Earle (12) se clasifican en :

- Modelos Preliminares
- Modelos de disposición de sistemas
- Prototipos y
- Modelos a Escala, los cuales se construyen para análisis o la presentación de un diseño perfeccionado.

La decisión de construir una Planta Piloto representa una inversión considerable de recursos económicos, intelectuales y humanos por lo que se hace imprescindible un previo balance, valoración y consideración del resultado que de la Planta Piloto se va a obtener contra el gasto que representa su instalación y funcionamiento, su construcción se justifica por la importancia de las funciones que representan para la empresa o institución a la que va a servir de apoyo.

Dentro de las principales funciones para las que se construyen las plantas piloto se encuentran, según Giral y Kirk (14) y (18) respectivamente:

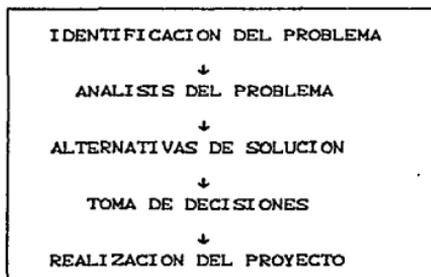
- Obtener la información para realizar los cálculos de aumento de escala mediante el manejo de cantidades y velocidades mayores que las que son prácticas en escala de laboratorios y deduciendo valores intermedios que permiten mejorar precisión en los cálculos de elevación de escala.
- Establecer las condiciones apropiadas de funcionamiento.
- Fabricar productos que puedan ser utilizados en pruebas de campo y en nuevas investigaciones.
- Demostraciones de que el proceso en escala mayor tendrá la eficacia que tiene el de Laboratorio.

Cuando se ha evaluado y aceptado la instalación de una Planta Piloto en función de la importancia de sus aportaciones a la empresa o institución, es el punto de inicio al diseño de la planta, es indispensable considerar previamente que cada uno de los puntos en el diseño son PROYECTOS que juntos conforman el Proyecto General el cual forma parte del diseño funcional de la planta piloto.

Corzo (7), define al Proyecto como: " Una actividad cíclica y única para tomar decisiones en la que al conocimiento de las bases de la ciencia de Ingeniería, la habilidad matemática y la experiencia se conjunta para poder transformar los recursos naturales y sistemas y mecanismos que satisfagan las necesidades humanas " Los términos conocimiento y experiencia son adquiridos por el Ingeniero, una con el tiempo y el otro con la investigación y la habilidad desarrollada, el término cíclico marca una metodología que retroalimenta al PROCESO DE DISEÑO, a fin de lograr el perfeccionamiento del proyecto a realizar.

Varios autores nombran y especifican los puntos que forman el proceso de diseño, los básicos y más importantes son los que se muestran en el Cuadro no. 1.

CUADRO NO. 1 PROCESO DE DISEÑO



Fuente: Corzo (7), Giral (14) y Krik (16)

IDENTIFICACION DEL PROBLEMA: Al identificar el problema, debe hacerse con el fin de tener una amplia perspectiva para ubicar su alcance y solución.

ANALISIS DEL PROBLEMA: Se deberá desglosar el problema, hasta llegar a conocerlo a fondo, ya sea por estudio del mismo y/o por investigación de la información de apoyo al problema.

ALTERNATIVAS DE SOLUCION: Son todas aquellas posibles soluciones resultado de la fase anterior de investigación.

TOMA DE DECISIONES: Con la aplicación de los criterios correspondientes y analizando cada posible solución se opta por la más adecuada, dependiendo de las necesidades del problema.

REALIZACION DEL PROYECTO: Es la descripción detallada de la solución elegida con el apoyo de planos, especificaciones y modelo.

Para llevar a cabo el Diseño de la Planta Piloto, una vez seguido el Proceso de Diseño, generalmente se consideran los puntos del cuadro no. 2.

CUADRO NO 2 DISEÑO DE PLANTAS PILOTO.

<p>VERIFICACION DE LA UTILIDAD DE LA INSTALACION.</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Comprende un balance entre beneficios o información que provee la planta piloto en su funcionamiento contra el costo de su instalación y mantenimiento (12). Es una evaluación de los factores de Ingeniería y económicos. (12), (22)</p>
<p>UBICACION DE LA PLANTA.</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Cuando se ha decidido el lugar de instalación, se debe considerar la disponibilidad y abasto de servicios así como para las materias primas. (8), (10) y (11).</p>
<p>ORIENTACION Y DISTRIBUCION DE AREAS DE LA PLANTA.</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Considerando factores como:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Funciones que va a desempeñar b) Cercanía de los servicios que requieren c) Riesgos que presente cada área d) Flexibilidad del diseño para modificaciones, futuras ampliaciones o adaptaciones de emergencia. <p>(22), (28) y (29).</p>

<p>DETERMINACION DE LOS SERVICIOS.</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Se deben decidir las fuentes siguientes:</p> <p>a) Energéticas. - Aquellas que tienen capacidad de producir energía o un efecto. Por ejemplo; vapor, aire caliente, combustible o agua.</p> <p>b) Motrices. - Que generan fuerza o producen movimiento al transformar un tipo de energía, por ejemplo; fuentes eléctricas, mecánicas, etc.</p> <p>c) Enfriadoras. - Productoras de frío, como agua aire, sistemas de refrigeración.</p> <p>d) Aislantes. - Aquellas de conductividad térmica muy baja, por lo que impide o limita el paso del calor, por ejemplo; los asbestos, lana mineral, poliestireno expandido etc.</p>
<p>↓</p> <p>DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE TUBERIAS.</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Donde se deberan considerar:</p> <p>a) Criterios de Dimensionamiento. - Considerando la velocidad recomendada, diámetro económico y caída de presión permisible.</p> <p>b) Tipo de Fluidos a manejar. - Para determinar características de incrustación, comportamiento de flujo y por lo tanto tipo de tubería y sistema impulsor.</p> <p>c) Temperatura y Presión de cada fluido para determinar la capacidad corrosiva y resistencia de la tubería a utilizar.</p>

DISEÑO DEL SISTEMA DE SEGURIDAD.

↓

RECOMENDACIONES PARA EL MANTENIMIENTO.

Entre casos generales de posibles accidentes se debe reflexionar principalmente: incendios, quemaduras por fuego o sustancias químicas y fugas por agentes tóxicos: gases, y fluidos frigoríficos, por ejemplo. (2), (22) (28) y (29).

Se debe tener información referente a vida útil de equipos, de accesorios, materiales aislantes, tuberías, durabilidad de pinturas y recubrimientos, programas de limpieza y sistemas de seguridad. (22) y (28).

I.2 CRITERIOS PARA LA UBICACION DE LA PLANTA

Para seleccionar el lugar donde se ubicará la planta, es necesario considerar ciertos datos preliminares típicos para fijar las bases del proyecto y construcción de la planta los cuales han sido clasificados de la siguiente manera, según Rase y Barrow (22):

a) Datos de Ingeniería.- Son los más importantes, pues son considerados para obtener una excelente orientación y distribución de la planta estos incluyen:

- Datos Climatológicos: Los cuales abarcan dirección de vientos dominantes, velocidad máxima del viento, Temperatura atmosférica máxima y mínima, humedad relativa, precipitación pluvial. (19),(22), (28) y (29).

- Terreno de la planta: Es el estudio del terreno para determinar la clase y profundidad de una cimentación ya que cuando las circunstancias son desfavorables para cimentar se aumenta considerablemente el costo de la construcción. (4),(19), (22), (26),(28) y (29).

- Necesidades y abastecimiento de agua: Ya que se emplea para diversos usos: sistema de enfriamiento, generación de vapor, para apagar incendios, uso industrial y para servicio (limpieza en general, laboratorios, etc). (22), (28) y (29).

b) Datos del Sistema de abastecimiento y las necesidades para planear la construcción: se refieren a la accesibilidad para la construcción de la planta y todo lo relacionado a la construcción: mano de obra, salarios en la región, permisos sindicales, etc. Todo esto es responsabilidad del Arquitecto o Ingeniero Civil encargado de llevar a cabo la obra de construcción. (22)

Elegido el terreno, es necesario establecer la superficie del edificio la cual viene definida por el espacio que ocupan los equipos a instalar, espacios para mantenimiento, almacenamiento, áreas de trabajo, etc. (4), (19), (22), (26) y (28)

I.3 CRITERIOS DE DISTRIBUCION DE AREAS

Cada planta difiere en muchas formas y no hay dos plantas exactamente similares, de aquí que no exista un plano ideal. Sin embargo, es posible describir algunas consideraciones que aseguren una distribución satisfactoria, como serían las siguientes según varios autores (3), (4), (19), (22), (26), (28) y (29) :

- Si es un sitio nuevo o es una adición a un sitio asigando.
- Si hay espacio para una expansión futura.
- El arreglo de los equipos y la distribución de las instalaciones determinadas en flujo de procesos son consideraciones determinantes para asegurar un costo de construcción moderado y el cual incluye tubería, estructuras e instalaciones eléctricas.
- Las bodegas y los servicios de carga deben localizarse en los linderos de la propiedad de la planta, para que tengan fácil acceso de caminos públicos y para que queden tan lejos como sea posible de las zonas de peligro.
- Economía en la distribución de servicios: agua, vapor, energía y gas, es decir se deben aprovechar las líneas que transporten estos servicios.
- Los edificios deberán estar separados para evitar la difusión de humos y fuego, se recomienda dejar por lo menos 16.4 m como distancia de separación.
- Condiciones de agua en cuanto a calidad y cantidad.
- Al diseñar, prever al menos dos salidas para todas las puertas, dos salidas por piso, usar conductos de emergencia y puertas de escape en áreas peligrosas.

- En sectores de posibles incendios, debe atribuirse por lo menos dos posibilidades de escape. Las vías de escape deben conducir en línea recta y una distancia máxima de 25-30 m hacia una salida al aire libre, inferiores a 6 m en edificios con laboratorios.

- Al realizar la distribución de equipo, una de las reglas es que cualquier operador debe disponer de cuando menos dos rutas de escape desde cualquier punto de una unidad. En los lugares extremadamente peligrosos se deberán construir resbaladeros de escape para alejarse con rapidez del lugar.

- La maquinaria debe estar equipada con sistemas de seguridad, deben haber anuncios, cartones o láminas de color.

- En equipos que deberán estar elevados, esta elevación está determinada por los requisitos de succión de las bombas o algunos otros requisitos del proceso mismo. La elevación del equipo es siempre costosa y deberá hacerse estrictamente por necesidad de operación satisfactoria del proceso.

- Prever de áreas, para dispositivos detectores de incendios, detectores de flama, así como un sistema de alarma en toda la planta que pueda poner en alerta al personal en caso de accidentes.

- Disponer de áreas para equipo propio de detención de fuego: Extinguidores portátiles, extinguidores o sistemas automáticos de regaderas y mangueras para incendios y sistemas hidratantes.

- Al acomodar los equipos se deben tener consideraciones de las temperaturas a las que trabajan, de ser posible separar aquellos equipos de calor de los de frío.

- En lugares donde se requiera de iluminación se deberá procurar aprovechar al máximo la iluminación natural (aquí se considerará la orientación y ubicación de la nave y equipos respectivamente), y en casos necesarios se deberá proveer de luz artificial.

- Las áreas deberán contar con un adecuado sistema de ventilación el cual será diseñado para asegurar la eliminación de humos y evitar la extensión del fuego.

- Planear las áreas de trabajo de equipo de acuerdo a las siguientes 'reglas':

a) No se acerquen bombas más de 0.82 m (3 ft). En espacios menores es difícil el mantenimiento.

b) El equipo con partes cambiables deberá estar distribuido de tal manera que las partes puedan quitarse sin tener que dismantelar grandes longitudes de tubería o tener que mover otros equipos.

c) Se deben considerar las áreas del equipo, así como para la limpieza, mantenimiento y trabajo.

Como se mencionó anteriormente sería muy difícil definir las mejores condiciones para obtener una Planta con una distribución interna ideal, pero sí se pueden seguir algunas de las sugerencias anteriores para obtener una adecuada división y arreglo de la planta para asegurar su correcto funcionamiento.

Habría que mencionar también que las normas anteriores no son adaptables a todas las condiciones por lo que se deberán de considerar aquellas que se adecuen a las necesidades de la planta y del terreno donde se construirá.

Finalmente cabe recordar que estas no son todas las normas para obtener una distribución de áreas ideal ya que existen infinidad de criterios y aquí se procuró hacer un resumen de los que se consideran más aplicables e importantes.

I.4 ANTECEDENTES TEORICOS PARA EL DISEÑO DE LA RED DE TUBERIAS.

I.4.1 RED DE TUBERIAS

I.4.1.1 Parámetros y bases de dimensionamiento de Tuberías.

PARAMETROS

Existen diferentes parámetros de dimensionamiento entre los cuales podemos mencionar:

1. Naturaleza del sistema.- Temperatura y presión a manejar, descarga o succión de la bomba, accesorios a utilizar, tipo de flujo.
2. Parámetros económicos.- Como serian costo de energía eléctrica, de tuberías, accesorios, bombas, instalaciones, mantenimiento.
3. Naturaleza del fluido.- Es el parámetro más importante, el cual debe analizarse a fondo ya que es determinante para el dimensionamiento de tuberías.

Cada fluido de acuerdo a su naturaleza tiene diferentes usos y sistemas de manejo. A continuación se analizan por separado cada uno de los servicios comunes de las plantas piloto.

a) AGUA

Las funciones del agua en una planta piloto son muy variadas, se utiliza como medio de enfriamiento a diferentes temperaturas, medio de calentamiento (como agua y como vapor), como elemento de limpieza, medio de disolución y dispersión, así como medio de control de incendios y accidentes.

Las características del agua potable clorada en cuanto a su control de metales pesados debe estar en función de el Cadmio, Cromo, Antimonio, en un máximo de 0.05 ppm; para el Selenio, Mercurio en un máximo de 0.01 ppm. Para metales como el Calcio, Magnesio, Sodio y Potasio que no son peligrosos para el consumo humano, deben controlarse en el uso de sistemas de intercambiadores de calor, torres de enfriamiento, sistemas de agua helada y calderas. (25).

Dependiendo de la utilidad que se le de serán las características que el agua deba tener, en cuanto a cuenta microbiana, minerales disueltos y gases se refiere. Es así como se diferencian:

+ Agua de Servicios.- Sólo requiere estar libre de sedimentos, pero en zonas donde se tiene agua de municipio que es clorada es la que se utiliza.

+ Agua de Enfriamiento.- Se utiliza para equipos con sistema de enfriamiento mecánico y torre de enfriamiento. Para evitar incrustaciones, corrosión y formación de algas, se debe hacer un tratamiento previo al agua por enfriar, como son sistemas de recirculación, se recomienda un ablandamiento previo como la adición de cromatos, como inhibidores de corrosión por oxígeno disuelto.

+ Agua de Alimentación a calderas.- Este tipo de agua tiene que ser altamente purificada para evitar incrustaciones que disminuirán severamente la transferencia de calor en la caldera y con ello su rendimiento.

b) VAPOR

El vapor se utiliza como medio de calentamiento en diversos equipos industriales como evaporadores, secadores de charolas, autoclaves, etc.

Cuando se habla de vapor de agua es necesario diferenciar al vapor saturado del sobrecalentado por el uso que se le va a dar.

Si se trata de calentamiento, lo mejor es usar vapor saturado, el vapor sobrecalentado se enfría rápidamente hasta su temperatura de condensación sin ceder una cantidad importante de calor.

A continuación se definen los dos tipos de vapor:

+ Vapor Saturado.- Aquel cuya temperatura está en equilibrio con la presión a la cual se encuentra, se prefiere para el calentamiento por que en el cambio de fase se libera mayor calor que en la disminución de temperatura de una misma fase.(20)

+ Vapor Sobrecalentado.- Aquel que encontrándose a determinada presión, se calienta por encima de su temperatura de equilibrio. Se usa con mucha frecuencia cuando es importante que la corriente no lleve gotas en suspensión para evitar la corrosión.(20)

c) AIRE

Las funciones del aire son:

- Ventilación.- Para tener una adecuada renovación con aire fresco del ambiente, así como la temperatura adecuada para el personal que labora en la planta.

- Medio de enfriamiento.- Es utilizado para el enfriamiento de condensadores.

- Mecanismo de limpieza.- Se utiliza aire comprimido para eliminar partículas sólidas secas que son difíciles de retirar manualmente o con cepillos.

- Como medio impulsor.- se utiliza aire comprimido para algunos estudios donde es necesario fluidizar pequeñas partículas, así como para la atomización de algún fluido.

Por las presiones a las que se trabaja se clasifica en :

+ Aire comprimido.- El cual puede ser arriba de 1 Kg/cm^2 hasta varios cientos (20)

+ Aire para ventilación.- Su presión es ligeramente superior a la atmosférica (menor a 7.03 Kg/cm^2)(20) y movido por ventiladores o por convección.

d) VACIO

Los sistemas de vacío son aquellos en los que existen presiones menores a la presión atmosférica. Se clasifican en sistemas de vacío se considera como límite superior el micrón de mercurio, que corresponde a 10^{-3} mmHg .(5)

BASES DEL DIMENSIONAMIENTO DE TUBERIAS

Por lo general, en el Diseño de la red de tuberías se deben considerar las siguientes normas:

- Deben de ser lo más cortas posible para evitar costos de tuberías excesivos.

- Si son varias las tuberías que deberán alimentar a una nave, se recomienda unificarlas por una ruta común, de modo que se obstruya en lo menos posible el tránsito dentro de la nave; con esto se aprovecha además el sistema de soporte de tuberías.

- La instalación debe permitir un fácil acceso a las tuberías para el servicio de mantenimiento.

Para llevar a cabo un dimensionamiento de tuberías se consideran los siguientes criterios:

1. Velocidad Recomendada
2. Caída de presión permisible
3. Diámetro económico.

Con estos criterios se parte para calcular el diámetro de cada tramo de tubería. En cada criterio los intervalos manejados deben coincidir al determinar el diámetro con el correspondiente al calculado por los otros dos criterios, ya que en todos se busca la combinación de velocidad y caída de presión en la que la erosión de la tubería y la potencia del sistema impulsor sean los mínimos necesarios, con la finalidad de abatir costos de mantenimiento e instalación.

A continuación se explican cada uno de estos criterios.

a) VELOCIDAD RECOMENDADA

Costa (8) diferencia en su clasificación la velocidad media de la local, considerando a la primera como el resultado de dividir el caudal volumétrico (Q) que corresponde a una determinada sección del sistema por el área de la misma; y la velocidad local es la velocidad correspondiente a cualquier punto en un sistema de flujo en un momento dado. Así considerando la velocidad recomendada corresponde a la velocidad media.

El criterio de velocidad recomendada se da en un intervalo de velocidades para cada fluido y para diferentes condiciones de suministro (succión o descarga de bomba, flujo por gravedad) y, si son gases, de presión. También existe este criterio dado para diferentes viscosidades y densidades.

Este criterio se recomienda, para obtener con el fluido y condiciones en que se maneja éste, la mínima erosión en tuberías y en lo más posible reducir los costos por mantenimiento (desgaste y reposición), sin tener diámetros de tamaño excesivo.

La velocidad recomendada o velocidad media dada en un intervalo de velocidades las cuales corresponden a la caída de presión permisible del punto de suministro hasta el punto de consumo. Considerando los costos, es deseable mantener la mayor velocidad posible sin que se excedan las velocidades recomendadas ya que se corre el riesgo de tener pérdidas de presión elevadas. (20).

El cuadro número 3 presenta las velocidades recomendadas para los servicios que generalmente se requieren al diseñar e instalar una planta.

CUADRO NO. 3 VELOCIDADES RECOMENDADAS PARA DIFERENTES FLUIDOS

LINEA	VEL. RECOMENDADA (m / seg)	REFERENCIA
AGUA		
- Servicio general	2.336 - 3.048	1
	1.219 - 3.048	18
	1.524 - 3.048	18
	1.7373	10
	1.229 - 1.778	22
- Por gravedad	0.1524 - 0.3048	18
AIRE	9.0017 - 29.972	18
AIRE		
- De 0 a 21,092Kg/m ²	20.320	1
GAS NATURAL	30.480	1
VAPOR		
- De 0 a 21,092Kg/m ²	8.8360 - 30.480	5,18,23
- 21,092-105,46Kg/m ²	30.4800 - 50.800	1
- Mayores 140,814Kg/m ²	50.292	5
VACIO	22.860	30

b) CAIDA DE PRESION PERMISIBLE

La diferenciación de presiones que menciona Costa en su obra (8) es: la presión estática, de impacto o de choque y la cinética o de velocidad. La primera es ejercida por el fluido en forma paralela a éste, la siguiente es en forma perpendicular al mismo, y la llamada cinética es la diferencia entre las dos anteriores. Correspondiendo la caída de presión permisible a una diferencia de presiones estáticas, si se considera un tramo recto de tubería solamente, y es también una diferencia de presiones cinéticas si el flujo atravieza por accesorios por ser obstrucciones perpendiculares al flujo.

Las caídas de presión permisibles son pérdidas de presión por fricción en régimen turbulento, son debidas a la rugosidad propia de la tubería , así como a los choques con la geometría particular de los accesorios por los que circula el fluido, dados para 100 ft (30.48 m) de acuerdo al sistema de medidas utilizado, así como en el régimen laminar; a la viscosidad del fluido y su velocidad en un intervalo que debe corresponder a la velocidad recomendada; que cumple con el mínimo necesario de consumo de potencia y erosión de la tubería.

Además la caída de presión no deberá llegar a la presión de vapor del fluido por una pérdida excesiva de presión, ya que esto traería como consecuencia un cambio de fase, formándose vapor del líquido y provocando la cavitación.

Si se usa una gran caída de presión los costos de bombeo pueden ser excesivos. Si se usa una caída de presión baja los costos de tubería, válvulas y accesorios son elevados. (22) Esto, respecto a los valores dados como criterios de caída de presión permisible.

El cuadro no. 4 presenta los valores de caída de presión permisible reportados en la bibliografía para 30.48 m (100 ft).

CUADRO NO. 4 VALORES DE CAIDA DE PRESION PERMISIBLE.

LINEA	ΔP (Kg/cm ²)
IMPULSIONES DE BOMBAS	
CAUDALES	
- De 0 a 0.0165 m ³ /seg	0.182 - 0.239 *
- 0.0165 a 0.0443 m ³ /seg	0.119 - 0.210 *
- Mayores a 0.0443 m ³ /seg	0.013 - 0.119 *
LINEAS DE GASES Y VAPORES	
- Mayores a 0.999 Kg/cm ²	0.014 - 0.059 *
- Menores a 0.999 Kg/cm ²	0.0014 - 0.030 *
LINEAS DE VACIO	
- Descarga de la bomba	0.0175 **
- Succión (agua)	0.1408 **
- Vapor de agua	0.5% de Presión del sist. **
Líquidos por gravedad (agua)	0.0323 ***
Aire Comprimido	10% de Presión del sist. ***

Nota: Donde * es la referencia 8, ** ref.30 y *** ref.22

c) DIAMETRO ECONOMICO

El Diámetro económico es el criterio que resulta de considerar una base económica de modo que el último incremento de la inversión reduzca los costos de operación lo suficiente para producir la recuperación, se justifica cuando se trata de líneas de tubería prolongadas que se tienden a campo traviesa, utilizando tuberías de aleación, de longitud y complejidad apreciables o tuberías con válvulas de control.

Para Vian (27), la importancia del diámetro económico es: cuanto más pequeño es el diámetro de una tubería, mayores son las pérdidas de carga, y por lo tanto, más elevados los gastos de energía. Según esto convendría entonces disponer de los diámetros máximos posibles. Pero no es así pues si bien es cierto que los gastos de energía son menores al ser mayores los diámetros, el costo de la amortización de una tubería, a igualdad de la longitud, aumentará con el diámetro, pues a mayor diámetro más grosor de paredes y por lo tanto, más material.(15).

Es así, como se define el diámetro económico como el diámetro funcional para la instalación con un mínimo costo total. En otras palabras, el diámetro más económico de cada uno de los tramos componentes de sistemas será aquel, para el cual es mínima la suma de los costos de instalación, conservación y servicio.

-Los costos de la instalación incluyen los propios en el diseño, conservación e instalación, para la obtención del sistema.

-Los costos de conservación y servicio incluyen los correspondientes al personal y materiales necesarios para mantener en servicio el sistema, además en los costos de la energía para el mismo.

El diámetro más económico será aquel de mínimo costo total como se muestra en la figura siguiente.

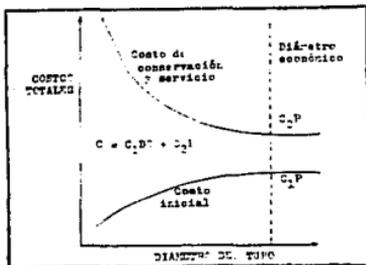


Figura No. 1. Determinación gráfica de Diámetro económico.

En el caso de una instalación de bombeo se puede admitir en forma aproximada que el costo de un conducto es $C_1 DL$, donde C_1 es el costo por unidad de diámetro y longitud.

El costo de la instalación es $C_2 P$, donde C_2 es el costo por unidad de potencia instalada y P dicha potencia.

El costo total del sistema es: $C = C_1 DL + C_2 P$. Ec.1.4.1

I.4.1.2. Ecuación de Continuidad.

La ecuación básica para el dimensionamiento de tuberías es la ecuación de continuidad la cual es:

$$m = \rho v A \quad \text{Ec.1.4.2}$$

A = Área transversal del flujo.

m = Flujo másico.

ρ = Densidad.

v = velocidad media.

Esta ecuación tiene su fundamento en la ley de la conservación de la masa que señala que la masa es indestructible de lo cual se deduce; considerando como condición un flujo constante por una tubería, que el flujo volumétrico es el resultado de la integración de la velocidad puntual que atraviesa el área transversal de la tubería, a una densidad constante. (27)

$$m = \rho_1 v_1 dA \quad \text{Ec.1.4.3}$$

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

De las formas de la ecuación de continuidad la que se aplica directamente al diseño, es la que relaciona el diámetro.

$$Q = v\pi D^2/4 \quad \text{Ec. 1.4.4}$$

I.4.1.3. Redes de Distribución.

Una red de distribución puede pertenecer a las siguientes, de forma única o en combinación con otras:

- TUBERIAS EN SERIE.
- TUBERIAS EN PARALELO.
- TUBERIAS RAMIFICADAS.
- REDES DE TUBERIAS.

En las tuberías en serie el comportamiento del flujo por ellas es de caudal constante, velocidades diferentes dependiendo del diámetro y la caída de presión total, es la suma de las parciales en cada tramo.

Tuberías en paralelo. Es cuando una tubería se ramifica pero vuelve a unirse en un ducto común. El caudal total se distribuye entre todas las tuberías y la presión al comienzo y al final de cada rama es la misma para todas las ramas, así también la caída de presión será también igual en todas las ramas.

Tuberías ramificadas es el sistema de tuberías en el cual las tuberías se separan en dos ó más líneas sin llegar a unirse más adelante. Los principios básicos que debe satisfacer son:

1. Continuidad. En cualquier junta el regimen total de flujo másico hacia la junta debe igualar el regimen de flujo másico total que sale de ésta.
2. En tuberías ramificadas las pérdidas por fricción de cada tramo de tubería que parte de un mismo nodo deben de ser iguales entre si.

Las redes de tuberías son sistemas que cierran formando mallas o circuitos de modo que los flujos pueden venir en dos direcciones distintas. Es el caso de las redes de distribución de agua potable en ciudades, o las de agua para la industria. (27)

El caso de tuberías ramificadas es el de interés en este dimensionamiento y por esto es necesario definir al RAMAL PRINCIPAL, SUBRAMAL, RAMALES Y TUBERIAS DE ALIMENTACIÓN.

RAMAL. Cualquier tubería después de una bifurcación en dirección al flujo.

RAMAL PRINCIPAL. Es la tubería que conduce el caudal total del equipo de suministro hasta la primera bifurcación de la tubería.

SUBRAMALES. Son las tuberías que conducen los caudales de dos ó más tuberías de alimentación.

TUBERIAS DE ALIMENTACION. Son las tuberías que conducen solamente el caudal requerido por un equipo, o su descarga.

I.4.1.4. Consideraciones Adicionales para Determinar el Diámetro de una Tubería.

Cuando se selecciona un diámetro para una tubería, además de considerar los criterios de dimensionamiento y arreglo de la tubería, es necesario tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- En el caso de caídas de presión, aunque se tenga para un mismo fluido un intervalo de caída de presión permisible hay que considerar dos casos:

a) Si se está dimensionando la tubería de alimentación a un equipo, hay que ser estrictos en la caída de presión máxima porque cuando se arranque con todo el caudal requerido si no se considera el máximo en el dimensionamiento de la red de distribución, el sistema deberá soportar una carga excesiva no considerada, de caída de presión que repercutirá, tanto en el desgaste de tuberías como en la bomba.

b) Si se está dimensionando un ramal principal y pocas veces trabaja con todo el caudal se puede exceder de la caída de presión permisible máxima permitida porque no siempre se trabaja con todo el caudal, así que a menor gasto menor caudal de presión. Pero esto se cumple siempre y cuando la velocidad del flujo total en el ramal principal lo permita, es decir que no sea excesivo a comparación con las velocidades de alimentación a cada equipo.

-Se debe considerar la diferencia entre la VELOCIDAD REAL, que es la velocidad que lleva la tubería debido al flujo requerido y al área transversal al flujo así como la VELOCIDAD RECOMENDADA con la cual se ha hecho el diseño de la tubería (criterio de dimensionamiento). Esta observación se hace necesaria para decidir entre los posibles diámetros de tubería y los arreglos de criterios de dimensionamiento con los cuales al realizar el ajuste al diámetro nominal se respete el intervalo de velocidad recomendada. También debe hacerse esta diferenciación, como al considerar, para cálculos posteriores la velocidad real de la tubería y no la de diseño, si es que se determinó antes el diámetro nominal.

La VELOCIDAD RECOMENDADA MINIMA. Como la velocidad de diseño a la cual corresponde el diámetro de diseño, pero no así el flujo real, éste sería más grande y la caída de presión que provoca sería mayor a la caída de presión permisible máxima.

I.4.1.5. Nomogramas y tablas de apoyo para el dimensionamiento.

TABLA 1. CAIDA DE PRESION PARA AGUA.

Esta tabla corresponde al Apéndice 1, de la cual se obtienen los valores para agua de caída de presión para 100 ft (30.48 m) para diferentes gastos y diámetros de tubería de acero cédula 40.

Los valores de esta tabla fueron calculados en base a la solución de la fórmula:

$$P = f_p v^2 / d$$

Ec.1.4.5

Donde:

f es el factor de fricción en la fórmula $h_f = fLv^2/D2g$

ρ es la densidad del fluido en lb/ft^3

v es la velocidad en ft/s

d es el diámetro interno en pulgadas.

Para tuberías mayores a 100 ft (30.48 m) la caída de presión es proporcional a la longitud correspondiente.

Para valores diferentes de temperatura y presión se aplica la expresión:

$$[(100 + 14.7)/(P + 14.7)] [(460 + t)/520] \quad \text{Ec. 1.4.6}$$

Donde:

P es la presión promedio en lb/in^2

t es la temperatura en grados Fahrenheit abajo de la considerada en los datos de la tabla.

TABLA 2. CAIDA DE PRESION PARA AIRE.

Se utiliza para determinar la caída de presión de aire en 100 ft (30.48m) a diferentes gastos y diámetros en tubería de acero cédula 40. Apéndice 2.

Los datos de caída de presión se obtuvieron de resolver la siguiente fórmula:

$$\Delta P = 0.000336 f W^2 / d^5 \rho \quad \text{Ec. 1.4.7}$$

Donde:

ΔP es la caída de presión en lb/in^2 , para 100 ft.

f es el factor de fricción adimensional en la ec de Darcy.

W es el flujo másico en 1,000 lb/hr.

d^5 es el diámetro interno a la quinta potencia.

ρ es la densidad del fluido a las condiciones de trabajo.

NOMOGRAMA 1. NUMERO DE REYNOLDS Y FACTOR DE FRICCION EN TUBERIA PARA FLUIDOS COMPRESIBLES.

El nomograma que se presenta en el Apéndice 3, es una solución gráfica de la fórmula:

$$Re = 0.31 W/d\mu \quad \text{Ec.1.4.8}$$

Donde:

Re es el número de Reynolds, adimensional.

W es el flujo másico, en 1,000 lb/hr.

d es el diámetro interno en pulgadas.

μ es la viscosidad en centipoises.

NOMOGRAMA 2. CAIDA DE PRESSION EN LINEAS DE FLUJO COMPRESIBLE.

El nomograma del Apéndice 4, es la solución gráfica de la siguiente fórmula de la que ya han sido identificadas las letras.

$$\Delta P = 0.000336 f W^2 / D^5 \rho \quad \text{Ec.1.4.9}$$

Limitaciones: Sólo es válido para fluidos compresibles, en condiciones estándar 14.7 psia y 60°F.

NOMOGRAMA 3. NUMERO DE REYNOLDS Y FACTOR DE FRICCIÓN EN TUBERIAS
PARA FLUJO DE LIQUIDOS

Es necesario conocer el gasto ($Q = \text{gpm}$) y la densidad (lb/ft^3) con éstos conocemos el flujo másico, con éste valor y el diámetro (interno o nominal en in) se marca el punto donde coincidan en el index, con éste y la viscosidad (cp) se conoce el No. de Reynolds, con el cual el diámetro que se encuentra horizontalmente se une para conocer el factor de fricción verticalmente.

El nomograma del Apéndice 5, es la solución gráfica de la fórmula:

$$\text{Re} = 50.6 Q\rho/d\mu \quad \text{Ec.1.4.10}$$

$$f = h_1 / (L/D)(v^2/2g) \quad \text{Ec.1.4.11}$$

Limitaciones: El factor de fricción presentado es válido para tuberías de acero y hierro forjado.

NOMOGRAMA 4. CAIDA DE PRESION EN LINEAS DE LIQUIDO EN
FLUJO TURBULENTO.

Esta solución gráfica está basada en la ecuación de Darcy corresponde al Apéndice 8:

$$\Delta P = 0.1294 f\rho v^2/d \quad \text{Ec.1.4.12}$$

Limitaciones: Para flujo laminar no se puede aplicar, es aplicable para líquidos, en tubería de acero, flujo turbulento (Reynolds mayor a 2000 y se deben utilizar las unidades señaladas.

I.4.1.6 Soportes de Tuberías.

* En las plantas de proceso las tuberías se colocan en soportes, de diversas formas, existen soportes colgantes en los que se colocan una ó dos tuberías, también los hay fijos a paredes con forma de 'L', o en forma de 'U' sujeta al techo, este último es el más adecuado y económico para soportar tuberías al mismo tiempo.(22)

Las finalidades del uso de soportes son: evitar la obstrucción por tuberías en el área libre, unificar en lo más posible la trayectoria de las tuberías, tener un fácil acceso a las tuberías para el mantenimiento y reparación y entre otras detener la transferencia de vibraciones del equipo a la tubería.

Para la ubicación de soportes y tuberías debe considerarse además de lo antes mencionado la accesibilidad a funcionamiento de accesorios como válvulas, equipos de medición y control etc.

Los soportes generalmente son de acero y se colocan cada tres ó cuatro metros dependiendo de la longitud de la tubería.

I.4.1.7. PRUEBAS DE TUBERIAS

Después de la instalación de cada sistema de tuberías para la distribución y abasto de cada fluido de servicio, y antes de ser cubierto por el aislante (en el caso de que así se requiera), se recomienda realizar pruebas de presión y fugas; entre estas se encuentran según Rase y Barrow (20) las siguientes:

Cada sección de la tubería debe ser probada hidrostáticamente a una presión igual a dos veces la presión de operación mínima a la que están estipulados los accesorios, las válvulas y las bridas de la tubería. En general debe separarse de la prueba hidrostática el equipo principal, tal como depósitos, cambiadores de calor, bombas y compresores.

La presión mínima manométrica de la prueba hidrostática debe ser de 7 Kg/cm^2 .

El equipo que se excluya de la prueba hidrostática general debe probarse con aire comprimido (y espuma de jabón) a una presión igual a la presión de trabajo admisible en el equipo y en las tuberías o igual a la presión máxima del aire comprimido, considerando el valor mínimo admisible de los equipos correspondientes.

Las pruebas de aire comprimido y espuma de jabón se aplican en: las líneas de aire a los instrumentos, válvulas que se instalan con motores neumáticos, partes expuestas a presión de los instrumentos, válvulas que se instalan con motores neumáticos, partes expuestas a presión de los instrumentos usados para servicios de vapor y gas. Sin embargo, las demás partes de los instrumentos deberán sujetarse a la presión hidrostática general, excepto cuando la prueba de presión exceda a la presión normal de trabajo, en cuyo caso debe aislarse el instrumento. Las líneas de aire para la Planta y tuberías de gas y combustible para la Planta.

Debe extraerse todo el aire que tenga la tubería, si para la prueba hidrostática se usa agua o algún otro fluido.

Las presiones que se utilizan para la prueba son las siguientes:

CUADRO No. 5. PRESIONES DE PRUEBA.

LINEA	PRESION
Tubería de aire	7.0 Kg/cm ²
Tubería de condensado	3.5 Kg/cm ²
Tubería de hidrocarburos	10.5 Kg/cm ²

I.4.2 SISTEMAS DE IMPULSION

I.4.2.1 Ecuación de Bernoulli Modificada

La ecuación básica para analizar el transporte de un fluido entre dos puntos de un sistemas de tuberías, es el Balance general de onergia o también llamado ecuación de Bernoulli modificada.

$$\underbrace{(Z_2 - Z_1)}_A \frac{g}{g_c} + \underbrace{P_2 - P_1}_B / \rho + \underbrace{v_2^2 - v_1^2}_{C} / 2gc \alpha + h_c = W \quad \text{Ec.1.4.13}$$

Donde:

Z = altura

g = constante de aceleracion

P = presion en un punto

v = velocidad

h_c = carga por rozamiento

A = cargas estáticas o
potenciales

B = cargas de presión

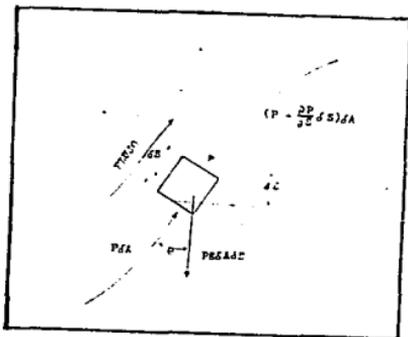
C = cargas cinéticas

W = carga de trabajo

Esta ecuación es una modificación a la ecuación de Bernoulli original, en la cual no se considera ni las pérdidas por fricción ni al factor de corrección por flujo (α). La ecuación original de Bernoulli surge del análisis de fuerzas que actúan sobre una partícula de fluido en una línea de corriente, para resolver la segunda Ley de Newton que afirma que la fuerza es igual a masa por aceleración. Las condiciones para la solución son que, el análisis es para una sola línea de corriente, el flujo es permanente, no se considera la fricción y es un fluido incompresible. Las cargas por fricción son una corrección práctica a la ecuación de Bernoulli. (27)

A continuación se desglosa la deducción de la ecuación de Bernoulli.

Figura No.2 Componentes de la dirección de una línea de corriente de las fuerzas que actúan sobre una partícula de fluido.



Donde:

$\rho\delta A \delta S$ = masa

$P\delta A$ = Fuerza de presión

$\rho g\delta A \delta S$ = Fuerza de gravedad

$[P + (\partial P / \partial S)\delta S]\delta A$ = Fuerza de presión en dirección $-S$.

a_s = aceleración de la partícula en dirección S

Sustituyendo la sumatoria de fuerzas en el movimiento de una partícula de fluido, así como la masa correspondiente a este mismo y su aceleración, en la segunda Ley de Newton:

$$P\delta A - [P + (\partial P / \partial S)\delta S]\delta A - \rho g\delta A\delta S \cos\theta = \rho\delta A\delta S a_s \quad \text{Ec.1.4.14}$$

Dividiendo la expresión anterior entre la masa $\rho\delta A \delta S$ y simplificando la expresión

$$(1/\rho)(\partial P / \partial S) + g \cos\theta + a_s = 0 \quad \text{Ec.1.4.15}$$

Considerando que δZ es la elevación de la partícula para un desplazamiento δS , entonces

$$\delta Z / \delta S = \cos \theta \quad \text{Ec.1.4.16}$$

La aceleración de la partícula es $a_s = dv/dt$

La velocidad (v) depende del desplazamiento (S) y del tiempo (t) así que se escribe

$$dv = (\delta v / \delta S) ds + (\delta v / \delta t) dt \quad \text{Ec.1.4.17}$$

Como S depende del tiempo al describir el movimiento de una partícula la expresión se divide entre dt

$$a_s = dv/dt = (\delta v / \delta S)(ds/dt) + \delta v / \delta t \quad \text{Ec.1.4.18}$$

Sustituyendo las igualdades de \cos y a_s

$$(1/\rho)(\delta P / \delta S) + g(\delta Z / \delta S) + v(\delta v / \delta S) + \delta v / \delta t = 0 \quad \text{Ec.1.4.19}$$

Si el flujo es permanente se considera la expresión $v/t = 0$ y simplificando

$$(1/\rho)(\delta P / \delta S) + g(\delta Z / \delta S) + v(\delta v / \delta S) = 0 \quad \text{Ec.1.4.20}$$

Dado que en este caso P , Z y v son ahora funciones de S , las derivadas parciales se pueden reemplazar por derivadas totales

$$dP/\rho + g dZ + v dv = 0 \quad \text{Ec de Euler.} \quad \text{Ec.1.4.21}$$

Considerando la densidad constante (ρ) se integra

$$gZ + v^2/2 + P/\rho = \text{cte.} \quad \text{Ec. de Bernoulli.} \quad \text{Ec.1.4.22}$$

Las limitaciones de esta ecuación son:

- Una sola línea de corriente.
- Flujo permanente.
- Sin fricción.
- Fluido incompresible.

I.4.2.2 Sistemas de Impulsión aplicados.

En este diseño los dos sistemas impulsores a considerar son:

1. Impulsión por Diferencia de Presiones, que es cuando de la ecuación de Bernoulli la carga de trabajo es negativa.

2. Impulsión mecánica (bombas), cuando de la solución de la ecuación de Bernoulli, la carga de trabajo es positiva.

Quando se tiene la impulsión por diferencia de presiones como en vapor, aire comprimido, vacío y agua de servicio después del tanque hidroneumático. La ecuación de Bernoulli se resuelve para verificar la presión de descarga o bien para regular la presión inicial, como en el tanque hidroneumático. Considerando que:

$$P_2 = P_1 - \Delta P_t \quad \text{Ec. 1.4.23}$$

Quando la impulsión es mecánica se resuelve la ecuación de Bernoulli para determinar la carga de trabajo de la bomba, como uno de los datos para su selección. Además de éste, para la selección de la bomba se debe considerar capacidad de la bomba (caudal a manejar), diagrama de disposición de bomba y tuberías (red de distribución), condiciones del fluido (densidad, temperatura, presión de vapor, viscosidad y naturaleza química).

I.4.3. MATERIALES Y ACCESORIOS.

I.4.3.1 Tipos de válvulas uniones y materiales.

Los materiales para tuberías y accesorios para cada fluido dependen de la corrosividad del fluido por conducir, así como presión y temperatura del mismo. en seguida se presentan los materiales comunmente usados para cada fluido:

- Vapor de Agua.- Tuberías de acero al carbón.
- Agua.- Tuberías de acero galvanizado.
- Aire y Vacío.- Tuberías de acero comercial.
- Gas.- Tubería de cobre.

El tipo de unión se selecciona considerando criterios prácticos como: Para tuberías mayores a 76mm (3in) se utiliza soldadura, en gases para evitar fugas se prefiere soldadura, cuando la instalación de tuberías pueda ser cambiada por expansión o modificaciones se debe preferir unión roscada.

Para seleccionar el tipo de válvulas a instalar en cada línea, se debe considerar además del tipo de fluido que se conduce la función que se pretende efectuar con ésta; si se pretende tener totalmente obstruido o totalmente abierto el flujo, lo más adecuado son las válvulas de compuerta, pero si se requiere en algún punto regular el flujo lo más adecuado es instalar válvulas de asiento como son las válvulas de globo y aguja. Los materiales de las válvulas dependerán del fluido que se maneje así que se utilizan:

- En vapor.- Válvulas de acero al carbón.
- En aire, vacío y agua.- Válvulas de bronce.
- En gas.- Válvulas de cobre.

I. 4.3.2. Accesorios y Equipos Especiales para cada fluido de Servicio.

VAPOR

Por las presiones y temperaturas a las que se trabaja este servicio en la Planta, es necesaria la utilización de accesorios de seguridad, referida tanto para el personal como para equipos que lo utilizan, para evitar accidentes o daños a los propios equipos. Para el sistema que se requiere son necesarios:

- Reguladora de Presión.
- Válvula de seguridad.
- Colector de condensados (trampas de vapor).
- Medidores de presión.

REGULADORA DE PRESSION.- Es un arreglo de tuberías, válvulas y una válvula de expansión en la cual se genera la caída de presión de la de descarga de la caldera a la que se debe suministrar a los equipos (de 8 a 4 Kg/cm²). Se recomienda colocar las reguladoras de presión a la entrada de la Nave o bien en el fondo de ésta por seguridad, y por economía de tuberías lo más cerca posible a los equipos a los que debe abastecer.

TRAMPA DE VAPOR.- Se transfiere mayor cantidad de calor cuando se cede calor latente, es decir, el calor que da un fluido por su cambio de fase. Así que es conveniente que un equipo en el que se usa vapor como medio calentador, es recomendable tener en la alimentación vapor seco y eliminar los condensados que pudieran estar presentes, para lo cual se utiliza este accesorio. Básicamente consiste en una cavidad en la parte más baja del sistema con vapor, para contener en esta el líquido presente y poderlo eliminar con alguna válvula.

MEDIDORES DE PRESION.- Por razones prácticas se utilizan para estos sistemas manómetros de carátula y son necesarios para el control del sistema. Es recomendable colocarlos en la descarga de la caldera, alimentación a los equipos, en la reguladora de presión así como antes y después de la válvula de expansión en la reguladora.

VALVULA DE SEGURIDAD.- Es una válvula automática que se utiliza para liberar vapor cuando la presión se exceda en el sistema, evitando posibles explosiones.

La válvula de seguridad-relevo está actuada por la presión ejercida contra el disco interno de la válvula. El disco, se mantiene cerrado contra el asiento debido a la fuerza ejercida por un resorte, cuando la presión bajo el disco aumenta, y la fuerza provocada por esa presión iguala la fuerza ejercida por el resorte, la válvula comienza a abrir.

Cuando el fluido que se está relevando es un gas, la expansión provocada al descender la presión, permite que una cantidad adicional de una fuerza dinámica se ejerza bajo el disco, de modo que la válvula abre repentinamente (acción pop).

Su utilización es recomendable en los cabezales de distribución y calderas.

AGUA.

En un sistema de tuberías ramificado, en el que raras veces se maneja el caudal total y las descargas son variadas y con caudales relativamente bajos respecto al caudal total, resulta no ser económico y práctico efectuar el abasto del caudal requerido por una o varias bombas centrífugas que tienen capacidad de un caudal mayor, se estaría desperdiciando capacidad de bombeo y

consumiendo energía innecesaria, así que para evitar este consumo innecesario de energía en este tipo de sistemas de abasto de agua, se utiliza el Tanque Hidroneumático.

TANQUE HIDRONEUMÁTICO. - Es un tanque de almacenamiento de agua, presurizado por medio de aire comprimido el cual por medio de un detector de presión en el tanque, arranca o para las bombas por un circuito eléctrico cuando se excede o no se alcanza el intervalo de presiones al que el detector está ajustado; esto se hace con el fin de mantener el tanque a presión constante, la cual debe corresponder a la carga total de trabajo que requiere el sistema de tuberías.

Así que el tanque proporciona el caudal requerido sin tener trabajando constantemente las bombas de suministro hasta que la presión baje del mínimo del intervalo establecido.

AIRE.

Si se trata de un sistema de aire comprimido para servicio, los equipos deben de ser aparte del compresor, un filtro para la admisión de aire, medidores de presión (manómetro de carcátula) y el depósito de aire. Si se utiliza el aire de servicio para instrumentos se debe pasar antes por un secador.

II. INSTALACIONES ACTUALES

A continuación se describen las instalaciones y servicios con los que actualmente, cuenta la Planta Piloto instalada en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Campo 4; así como los servicios de los que se dispone en Campo 1, de la misma Facultad, para la propuesta de la reubicación de la Planta.

II.1. PLANTA PILOTO DE ALIMENTOS EN CAMPO 4.

En el diseño original de la Planta Piloto de Alimentos (Nave 2000), la distribución de áreas de esta, fue diseñada considerando que se trabajaría con líneas de proceso; por diferentes circunstancias la adquisición de equipos de trabajo, no permitió que se respetara este diseño inicial, lo que ocasionó defectos en la distribución de áreas resultantes que se describirán a lo largo del presente capítulo.

UBICACION.

La Planta Piloto actualmente se encuentra instalada, en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FES-CD) Campo 4, en la parte sur-este, del terreno, entre el centro de cómputo y las unidades deportivas, como se muestra en la figura No.3; en este se identifica a la Planta Piloto de Alimentos como LEM II (LABORATORIO EXPERIMENTAL MULTIDISCIPLINARIO).

ORIENTACION GEOGRAFICA

La fachada y ventanas de la Planta tiene vista norte-sur y las entradas principales se ubicaron de frente a la construcción inmediata, evitando así corrientes violentas de aire.

Iluminación.-Las ventanas con vista norte ofrecen una adecuada iluminación a los cubículos correspondientes, las ventanas con vista sur igual que las anteriores, ofrecen adecuada iluminación a las aulas.

Considerando el criterio de que una buena iluminación la proporciona, la cantidad suficiente de ventanas para que la suma de las áreas abiertas equivalgan como mínimo al 30% de la superficie del piso; cubículos y salones lo cumplen pero no así el área total de la nave.

Ventilación.-El tipo de ventilador con que dispone la nave actualmente, está diseñado para ajustarse contra el techo inclinado, es el típico ventilador de capucha en corte y perspectiva. Los desviadores, arreglados para impedir la penetración pluvial y el arreglo de las corazas exteriores, impide la interferencia del viento y propicia el flujo ascendente en la capucha. Actualmente la nave tiene cinco ventiladores, los cuales realizan su función adecuadamente.

DISTRIBUCION DE AREAS.

La Planta dispone con dos laboratorios, cuatro salones y cinco cubículos, así también el equipo con que se trabaja en la nave es el que se presenta en el cuadro No. 8 donde además se presentan los servicios que se utilizan.

CUADRO NO 8 EQUIPOS Y SERVICIOS QUE SE UTILIZAN ACTUALMENTE

EQUIPOS	SERVICIOS
Autoclave	Agua helada y vapor de baja presión
Evaporador bola y centrífugo.	Agua fría, helada, de servicio, vacío, vapor de baja presión y electricidad.
Engargoladora	Electricidad.
Filtro Prensa	Agua de servicio y electricidad.
Filtro rotatorio	Agua de servicio, aire comprimido, vacío y electricidad.
Laboratorios	Agua de servicio, gas, vacío, aire comprimido y electricidad.
Pasteurizador	Agua helada y de servicio, vapor de baja y electricidad.
Preenfriador	Agua helada, de servicio y electricidad.
Red de flujo de fluidos.	Agua de servicio y electricidad.
Sec. Charolas	Vapor de baja presión y electricidad.
Sec. Aspersión	Agua de servicio, Aire comprimido y elect.

Como antes se comentó, la distribución de áreas del diseño original no corresponde a los equipos que después de la construcción de la Nave se instalaron provocando deficiencias en la funcionalidad del conjunto integral de los equipos. Entre las observaciones a este respecto son las siguientes:

1. No está considerada la distribución de equipos, por las temperaturas con las que cada uno trabaja. Actualmente en la Planta están a menos de dos metros de distancia, equipos que trabajan con vapor saturado y los equipos de refrigeración.

2. Los espacios entre equipos resultan poco funcionales, tanto para el trabajo cotidiano de los alumnos como para el mantenimiento y reparación de los mismos equipos. Como es el caso de los evaporadores y el secador por aspersión.

3. La cercanía de los cubículos y equipos generadores de altos niveles de ruido, mayores a 85 decibeles, generan seria incomodidad tanto en cubículos como salones, lo cual impide cumplir la función para la que están diseñados.

4. Sumándose al poco espacio disponible, alrededor de los equipos, se requiere; un lugar de donde disponer para uso de los objetos personales de los alumnos, además de mesas de trabajo.

Iluminación artificial.- La iluminación artificial con la que actualmente cuenta la Planta, la cual es suficiente, es la que se muestra en el cuadro No.7

CUADRO 7. ILUMINACION ARTIFICIAL POR AREA EN LA PLANTA PILOTO

AREA ILUMINADA	NUM. LAMPARAS	CAPACIDAD (Watts)
Laboratorio	20	40
Cubiculos	6	40
Salones	10	40

En el área donde están los equipos; a lo largo están colocados en arreglo dos lámparas cada metro y a lo ancho cada metro y medio de la misma forma.

Seguridad.- En todas las plantas es necesario contar con sistemas de seguridad adecuados para los posibles requerimientos. El único sistema de emergencia actualmente instalado es una regadera en cada laboratorio.

FLUIDOS DE SERVICIO.

Los fluidos de servicio que utiliza la Planta Piloto de Alimentos, son: Agua (fría, helada y de servicio); aire comprimido, gas, vapor y vacío; con sus retornos correspondientes.

Las funciones y condiciones de trabajo de cada uno de estos servicios se describen a continuación. Estas mismas condiciones deberán ser instaladas para el servicio de la Planta Piloto de Alimentos en Campo 1.

El agua se utiliza como medio de enfriamiento a diferentes temperaturas, medio de calentamiento (como agua y como vapor), como elemento de limpieza, medio de disolución y dispersión, así como medio de control de incendios o accidentes.

El almacenamiento de agua para la Planta se hace en dos cisternas con capacidad de 80,000 lt cada una; su uso es necesario porque trabajando la planta a toda su capacidad la toma del suministro municipal no sería suficiente.

El sistema de suministro de agua de la cisterna a la nave consta del sistema de bombas (3 en paralelo), que proveen la potencia para el abasto; un tanque hidroneumático, que se encarga de ser el regulador del gasto necesario y de alimentar siempre a una presión constante. Este tanque cuenta con un presostato que manda la señal a la bomba para paro o arranque según el intervalo de presiones al que este trabajando, en este caso es de 3.0 - 3.8 Kg/cm². Para lograr una presión de descarga al final de la tubería de 2.45 - 3.17 kg/cm² y cubrir con la presión de suministro del agua de servicio.

Las condiciones con que se trabajan actualmente cada fluido de servicio son la siguientes:

- AGUA -

-AGUA DE SERVICIO. Es agua clorada de la red municipal, con temperatura ambiente y presión de 3.17 Kg/cm². Almacenada en dos cisternas que juntas tienen una capacidad de 160,000 lts.

-AGUA DE ENFRIAMIENTO. En la Planta Piloto se requiere agua fría a 15°C que proviene de una torre de enfriamiento y agua helada a 2°C que es suministrada por un sistema de enfriamiento mecánico (Chiller). Como observación se anota que ambos sistemas no cuentan con un equipo suavizador de aguas para evitar las incrustaciones frecuentes en estos, que disminuyen considerablemente la transferencia de calor, además ambos sistemas cuentan con recirculación.

-AGUA DE ALIMENTACION A CALDERAS. Se utiliza vapor a 8 Kg/cm^2 proporcionado por una caldera con capacidad de 940 Kg/hr , generando vapor sobrecalentado. Cuenta con un sistema de ablandamiento de aguas y sistema de recirculación.

- VAPOR -

En la nave de Alimentos el vapor se utiliza como medio de calentamiento para los evaporadores, secador de charolas, autoclave y como sistema auxiliar para el pasteurizador de placas.

Actualmente se cuenta con dos calderas generadoras de vapor de agua, con capacidad de 940 Kg/hr . Cada caldera descarga vapor sobrecalentado a 8 Kg/cm^2 con 225°C ; hasta una válvula reguladora de presión que la baja hasta 4 Kg/cm^2 , para la alimentación a cada equipo, como vapor seco.

- AIRE -

Las funciones del aire son:

-MEDIO DE ENFRIAMIENTO. El aire comprimido es utilizado como medio de enfriamiento en el secador por aspersión.

-MECANISMO DE LIMPIEZA. Se utiliza aire comprimido para limpiar tamices y equipos o partes de equipos de los que se requiere retirar partículas sólidas secas.

-MEDIO IMPULSOR. Se utiliza aire comprimido cuando para algún estudio donde es necesario fluidizar pequeñas partículas (de frutos, hortalizas y pequeñas semillas), también para la atomización de algún fluido.

Para la generación de aire comprimido se utilizan dos compresores con un sistema de arranque y paro automático de 8 a 7 Kg/cm². Este aire es filtrado y utiliza un secador.

- VACIO -

El sistema de vacío en la Planta Piloto se utiliza para un filtro rotatorio, dos evaporadores y laboratorios. El suministro lo proporcionan dos bombas de vacío conectadas a un motor cada una de 15 HP. Las condiciones de trabajo son: temperatura ambiente, y 0.05438 kg/cm² (40 mmHg).

II. 2. SERVICIOS DISPONIBLES EN CAMPO 1, PARA LA PLANTA PILOTO.

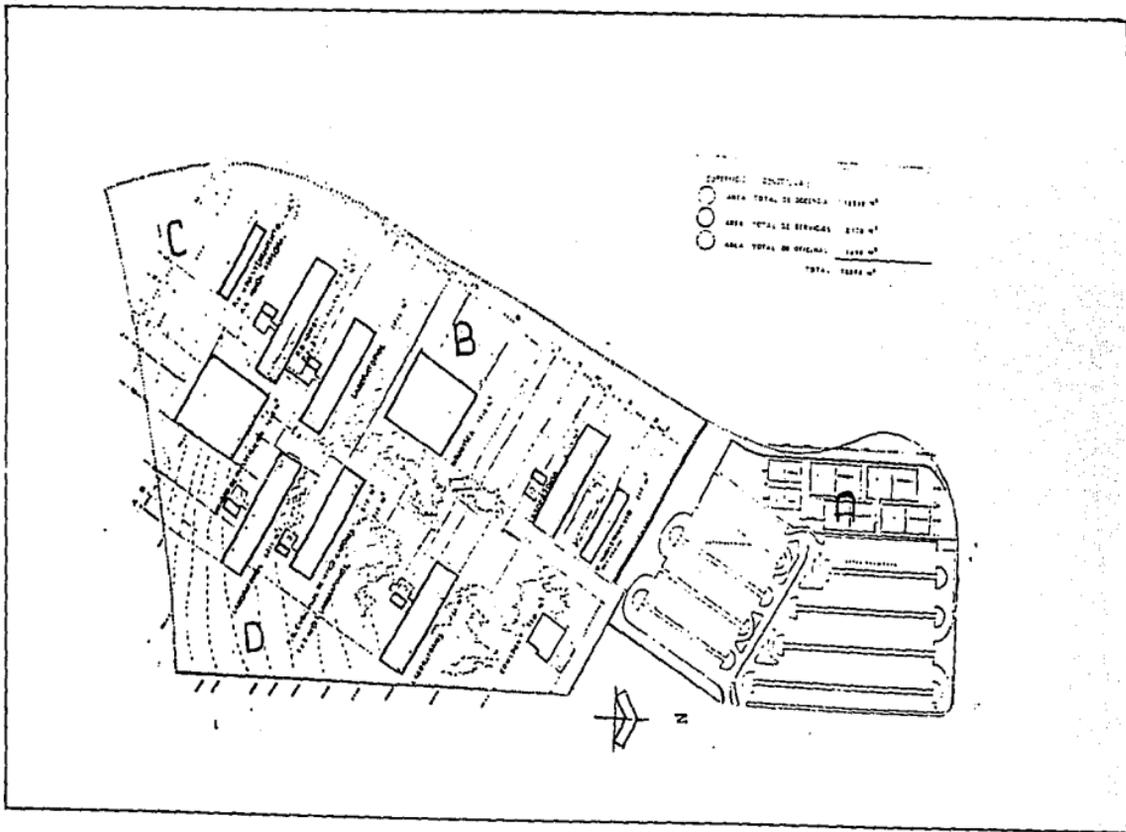
La reubicación de la Planta Piloto de Alimentos en Campo 1, tiene importantes ventajas, para la carrera de Ingeniería en Alimentos, como se ha mencionado antes; pero puede implicar también desventajas en cuanto a las limitaciones que tiene Campo 1 para la instalación, pero en este punto es en donde la Ingeniería de Diseño debe intervenir como en otros puntos para ofrecer soluciones viables a las limitaciones y máximo aprovechamiento de los recursos. En seguida se describen los recursos con los que actualmente cuenta Campo 1 para la instalación en él de la nave, así como las limitaciones que presenta.

UBICACION

Para la ubicación de la Planta en Campo 1, es necesario considerar que el área necesaria debe ser la correspondiente a dos naves de 20 x 50 metros, ya que la reubicación sería de las Planta Piloto de Alimentos e Ingeniería Química, lo que representan 2000 m² en total.

Las áreas disponibles en Campo 1, con estas dimensiones son, las que en la fig. 4 se indican como A, B, C y D. Donde A, corresponde al lado noreste del estacionamiento del Campo, teniéndose que eliminar un área deportiva además de que con el ruido generado por el trabajo normal en la Planta se afectaría a las áreas habitacionales vecinas; el área B, es el lado este del terreno de la Facultad, colindante con la Biblioteca, dos edificios de laboratorios y edificios habitacionales, los cuales se les afectaría con el ruido producido; el área C, es la parte

FIG. 4 POSIBLES ALTERNATIVAS PARA LA UBICACION EN CAMPO 1



sureste de Campo 1, se encuentra alejada de las aulas y de zonas habitadas, pero el terreno es inclinado, el área D, es la parte sureste del terreno, está cerca de edificios de aulas pero, alejando la nave de Alimentos ya que es la que mayores niveles de ruido produce, y por encontrarse cerca de una puerta de acceso; resulta ser la zona más adecuada para la reubicación de las naves.

ORIENTACION

Para la orientación de las Plantas se prefiere que la mayor parte de la nave se oriente con vista norte, esto favorece la iluminación, considerando las limitaciones que el área disponible permite.

DISTRIBUCION DE AREAS

En la distribución de áreas de la Planta Piloto en Campo 1, además de considerar los criterios de distribución dentro de la nave recomendados, se considera su influencia con áreas circunvecinas a esta, como es el caso del alto nivel de ruido (mayor a 85 decibeles) provocado por los equipos lo cual interferirá con aulas de clase o Biblioteca si no se mantiene lo más retirado posible de ellos.

FLUIDOS DE SERVICIO

Los fluidos de servicio en la nave a reubicar son los mismos que se utilizan en la actual, el agua es suministrada de la red municipal y se propone la instalación de una cisterna para asegurar su abastecimiento, además de un sistema de recirculación para aquellos equipos que la utilizan en exceso y que con un tratamiento adecuado y de bajo costo pueda reutilizarse.

En cuanto a los demás servicios (aire comprimido, vapor y vacío), no se presenta dificultad para su instalación ya que son independientes de los correspondientes a los que actualmente se tienen en Campo 1; es decir, que son generados en el cuarto de máquinas de la misma nave.

El uso actual del agua en las naves es de varias formas como: agua de servicio, de enfriamiento y para producción de vapor. Aunque los sistemas de agua fría, agua helada y producción de vapor tienen integrados sistemas de recirculación es necesaria la utilización de agua de compensación por las pérdidas de agua que tienen los sistemas, como son pérdidas por evaporación que representan aproximadamente el 4% (22), y por pérdidas en el sistema que no cuenta con recirculación como el autoclave; y esto aunado con los gastos del agua de servicio, usada para sanitarios, agua de preenfriamiento, dispersiones para soluciones modelo, lavados de equipo y redes de tuberías entre otros; provocan los siguientes gastos:

CUADRO 8 GASTOS DE AGUA EN LA PLANTA PILOTO DE ALIMENTOS.

PERIODO	GASTO
GASTO DIARIO:	8,430 lt
GASTO MENSUAL:	236,040 lt
GASTO SEMESTRAL:	1'062,180 lt
GASTO ANUAL:	2'124,360 lt

NOTA: Los datos se obtuvieron, relacionando la medida experimental promedio del consumo de agua diario en la nave, con los días netos de trabajo en las naves, datos reportados en la sección correspondiente. Estos resultados son aproximados.

Actualmente la válvula de seguridad de las bombas de alimentación de agua de servicio de la cisterna a la nave se trabaja parcialmente cerrada lo que significa que las bombas están sobradas en caudal, y esto debido a una falta de estimación del tiempo en que la Planta trabaja con carga completa, pero en este caso es importante la consideración de que rara vez se tendrá toda la carga al mismo tiempo. Por lo que es necesario diseñar un sistema de suministro de agua el cual considere esta variación de cargas. (Diseño que se presenta en la Recomendación C).

III. CUADRO METODOLOGICO

Para llevar a cabo el proyecto del traslado de la Planta Piloto se siguió el Cuadro Metodológico que se presenta como la fig.5 , el desarrollo de este es el siguiente:

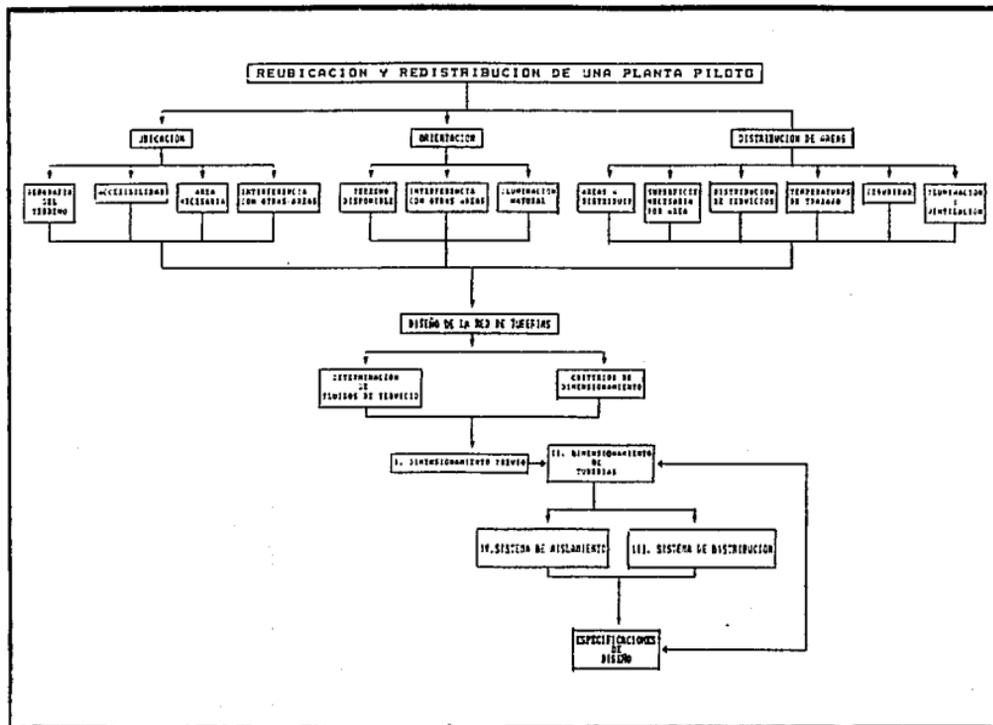
En el Diseño de la Distribución de áreas y red de tuberías para la Planta Piloto se integraron los criterios para alcanzar este objetivo, se determinaron la Ubicación, Orientación y Distribución de áreas de la nave para lo cual tuvieron que aplicarse los principios convenientes con el objeto de alcanzar la finalidad propuesta: ofrecer un diseño funcional, eficiente y en el cual se aprovechara la infraestructura disponible.

Para determinar la Ubicación de la nave, se categorizaron las dificultades que se presentaron y las soluciones a estas, para esta ocasión se distinguen: geografía y accesibilidad del terreno, área necesaria para el traslado de las dos naves e interferencia con otras áreas de estudio, habitacionales, deportivas o simplemente áreas verdes.

En la Orientación de la nave se especificó en el terreno disponible, interferencia con otras áreas e iluminación natural.

Para la Distribución de áreas fué necesario determinar las áreas que habrían que distribuirse, así como la superficie de cada una de estas, identificación de servicios, temperaturas de trabajo de los equipos, sistemas de seguridad, iluminación y ventilación, todo esto es muy importante por que al unificarse con los dos anteriores se llegó al Diseño de la red de tuberías.

FIGURA 3. CUADRO PETROLOGICO.



En el Diseño de la Red de tuberías, se determinaron los fluidos de servicio y los criterios de dimensionamiento que habrían de aplicarse, aquí se realizó un Dimensionamiento previo para después llevar a cabo el Dimensionamiento de tuberías que permitió llegar a un sistema de distribución que integrado con el sistema de aislamiento reafirmaron las Especificaciones de Diseño, que en su caso podrían servir para retroalimentar de ser necesario al Dimensionamiento de tuberías, concluyendo en las especificaciones de Diseño para la Reubicación y distribución propuesta para la planta piloto.

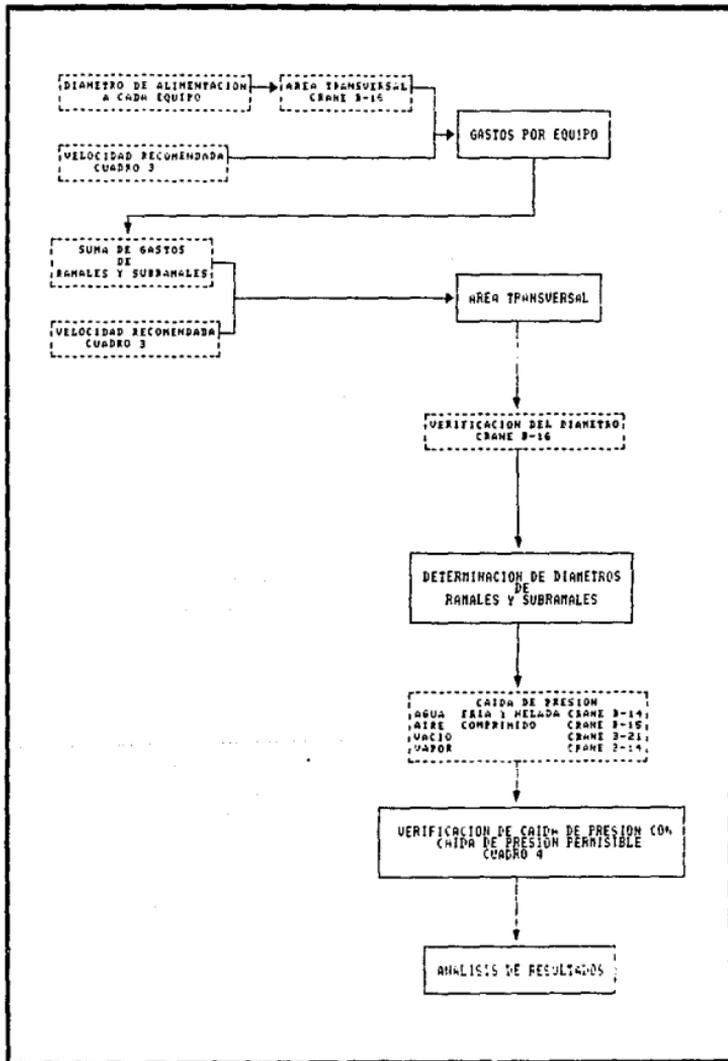
III.1. DIMENSIONAMIENTO PREVIO

Para llevar a cabo el Dimensionamiento previo (fig.5.1) se conformaron los siguientes puntos como secuencia de cálculo.

1. Determinación de gasto por equipo. A partir del diámetro de alimentación o descarga del equipo y el criterio de velocidad recomendada (cuadro 3, Pág.23), utilizando la ecuación de continuidad, para determinar el área correspondiente a cada diámetro se consultó la tabla B-15 del Crane (10).

2. Determinación del diámetro para ramales y subramales (figura 10, pág.87). Con la suma de los caudales que debe conducir la tubería a dimensionar y el criterio de velocidad recomendada (cuadro 3, pág.23), en la ecuación de continuidad se logra estimar el área transversal de la tubería, llegándose a los diámetros de ramales y subramales de distribución.

FIGURA 5.1. DIMENSIONAMIENTO PREVIO. (DEL CUADRO METODOLÓGICO).



3.Verificación de los criterios de caída de presión permisible, para cada fluido de servicio se conocen las caídas de presión para 30.48 m; agua fría y helada B-14 del Crane (10), aire comprimido B-15 del Crane (10), vapor 3-19 del Crane (10) y vacío 3-21 del Crane (10) las cuales fueron comparadas con las caídas de presión permisibles (Cuadro no.4 pag. 25) calculadas para el dimensionamiento previo.

4.Finalmente se realizó un análisis de este dimensionamiento para poder continuar con el llamado Dimensionamiento de la Red de Tuberías.

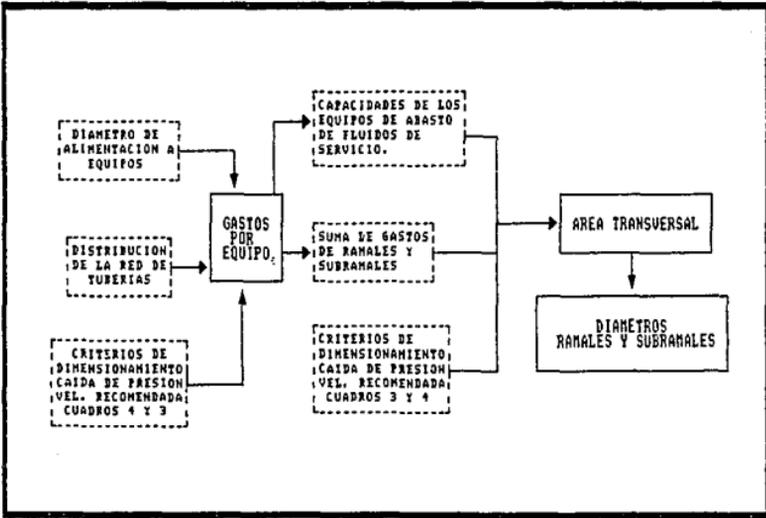
III.2 DIMENSIONAMIENTO DE TUBERIAS

Después de tener el dimensionamiento previo que proporciona los diámetros y gastos tentativos, se parte para el dimensionamiento de tuberías que será el definitivo con todas las consideraciones para el funcionamiento adecuado de cada sistema de distribución, de cada fluido de servicio en la Planta Piloto.

1. Cálculo de gastos por equipo. Este Dimensionamiento se inició conociendo los diámetros de alimentación de los equipos, la distribución de la red de tuberías y los criterios de dimensionamiento Caída de presión y velocidad recomendada (Cuadros 4 y 3, pág.25 y 23) con estos se llegaron a determinar los gastos por equipo.

2.Determinación de diámetros para ramales y subramales. Se parte de la suma de los gastos que debe conducir la tubería correspondiente, en la ecuación de continuidad y los criterios de dimensionamiento utilizados δP y velocidad recomendada (Cuadros 4 y 3, pág. 25 y 23) se estimaron las áreas transversales y

FIGURA 5.11. DIMENSIONAMIENTO DE TUBERIAS. (DEL CUADRO METODOLOGICO).



finalmente se verificaron los diámetros de ramales y subramales. Figura 5.II.

Como restricciones al dimensionamiento se consideraron:

-Las capacidades de los equipos de abasto de los fluidos de servicio con los que actualmente se proporciona el suministro en la nave.

-Las condiciones de comportamiento para tuberías ramificadas, (ver capítulo de antecedentes).

III.3 SISTEMA DE DISTRIBUCION

Los datos para llevar a cabo este, fueron las presiones de entrada y salida del sistema, alturas de carga y descarga, diámetros de tubería y las velocidades manejadas; todo esto llevó al cálculo de la carga hidráulica donde se tuvieron dos casos dependiendo del fluido de servicio del que se trataba. Fig.5.III.

En el Caso I, el fluido que se deseaba conducir es el que se suministraba de un tanque a presión atmosférica y que debe descargarse después de un sistema de tuberías a una determinada presión, velocidad y gasto. Estos fluidos fueron agua fría, agua helada y agua de servicio (considerada para este caso de la cisterna al tanque hidroneumático).

El sistema impulsor; en este caso por tratarse del transporte de un fluido de un depósito de presión atmosférica a una descarga con una presión mayor, se utilizó un impulsor para el cual se determinó su capacidad, considerando la ecuación general de Balance de energía:

$$\frac{(Z_2 - Z_1) \text{ g/gc}}{A} + \frac{(P_2 - P_1)/\rho}{B} + \frac{(V_2^2 - V_1^2)/2gc}{C} + \frac{h_1}{D} = W$$

Ec. 3.3.1

Donde:

A. Es la carga estática con un valor determinado de acuerdo a la altura de carga y descarga del fluido.

B. Es la carga de presión y su valor depende de la presión de succión y descarga del fluido.

C. Es la carga cinética, su valor se estima de acuerdo a la variación de velocidad del fluido por cambios de diámetro de tuberías en una red de tuberías en serie. En el caso de tuberías en paralelo, como es en este diseño, la diferencia de velocidad no es tan imponente a lo largo del sistema; así que en este caso el valor de esta carga es aproximadamente cero. No se hace caso a la energía cinética por estar en régimen turbulento ($\alpha=1$).

D. Son las pérdidas por fricción debido a la rugosidad de la tubería conductora.

W. Es el trabajo hidráulico necesario para impulsar un fluido del punto 1 al 2. El cual se transforma en un valor dado en CABALLOS DE POTENCIA (HP).

Llegándose finalmente a evaluar la Potencia y el tipo de sistema impulsor.

En el caso II se refería a los fluidos suministrados de un equipo presurizado, y que se descarga después de un sistema de tubería a una determinada presión, velocidad y gasto. Los fluidos considerados fueron el vapor de agua, aire, vacío y agua de servicio (considerada después del tanque hidroneumático).

La diferencia de presiones del sistema de abasto y la descarga son más que suficientes para vencer las caídas de presión por tuberías y accesorios, es decir, las cargas de rozamiento. Por lo que se utilizó la ec. de Bernulli para calcular la presión a la que se va a descargar el fluido después del recorrido por la tubería.

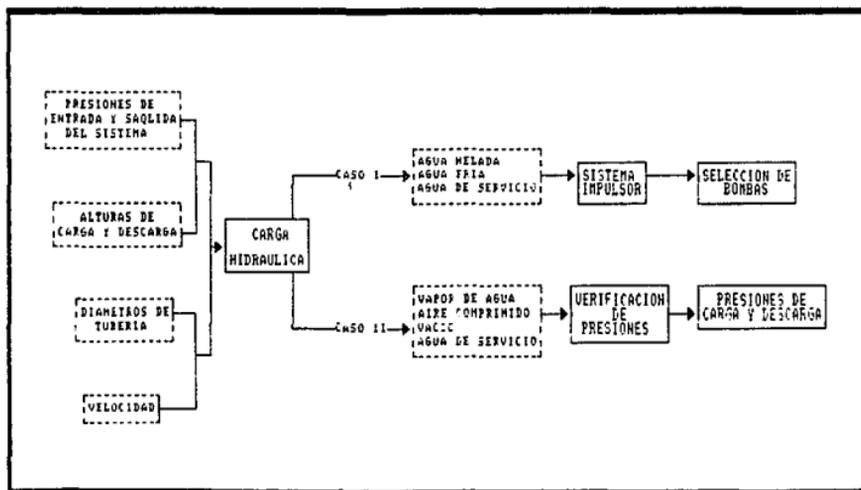
Para el cálculo de la presión de descarga de la ecuación de Bernulli se despejó P_2 . Y la ecuación a resolver resultó:

$$P_2 = (Z_1 - Z_2)g/\gamma_c - H_1 \text{ tot.} + P_1$$

Ec. 3.3.2

Obteniéndose finalmente las presiones de carga y descarga.

FIGURA 5.III. SISTEMA DE DISTRIBUCION. (DEL CUADRO METODOLOGICO).



III. 4. SISTEMA DE AISLAMIENTO

Para determinar el tipo de aislamiento (fig. 5.IV) para las tuberías que lo requieren y el espesor de este era necesario conocer los gradientes de temperatura del fluido de servicio y las temperaturas máxima y mínima de los meses más cálidos y fríos de la zona. Así como las características de los diferentes aislantes para seleccionar el más adecuado para la Planta Piloto.

Para fluidos calientes, la diferencia de temperaturas a considerar fué de la temperatura del fluido y temperatura mínima del mes más frío.

Para fluidos fríos, la diferencia de temperaturas fué la del fluido y temperatura máxima del mes más cálido.

Los espesores se obtuvieron de las tablas de los espesores comerciales de la compañía SOCOATL, que se basan en un análisis de tipo económico que permite determinar costos mínimos según muestra la siguiente figura:

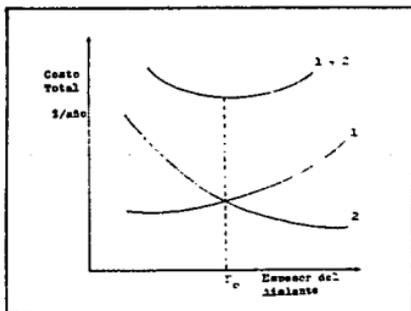
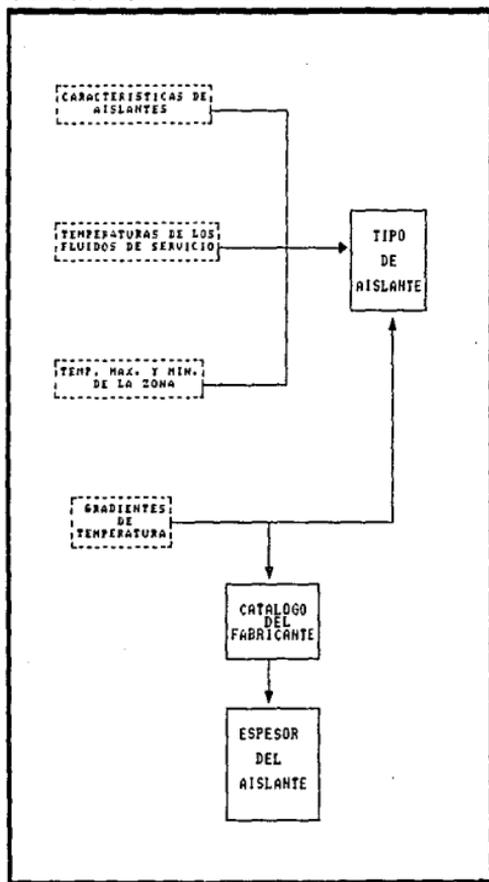


Figura No. 6. Determinación gráfica de espesor de aislamiento.

FIGURA 5.V. SISTEMA DE AISLAMIENTO. (DEL CUADRO NET.)



IV.

RESULTADOS Y ANALISIS

IV. 1 UBICACION

Se ha propuesto instalar la nave de alimentos en el terreno que se encuentra atrás de los edificios; laboratorios 3 (L-3) y laboratorios 4 (L-4) como se puede apreciar en la fig. no.7. Limitando entonces con las siguientes áreas: al norte con el edificio Aulas 1 (A-1), al sur con el edificio de Laboratorios 3 (L-3), al oeste con la nave de Ingeniería Química y al este con la calle.

El terreno elegido después de haber analizado los criterios necesarios para la ubicación de una planta piloto como lo fueron:

* GEOGRAFIA DEL TERRENO.- Entre los terrenos disponibles para llevar a cabo el traslado de la nave, se encontraban también el terreno ubicado atrás del área del edificio de posgrado y del edificio de idiomas, o bien el área ubicada atrás de la Biblioteca y laboratorios; el terreno fué elegido porque para la construcción de de plantas piloto debe darse preferencia a los terrenos planos (4), quedando como otra opción atrás de la Biblioteca.

* ACCESIBILIDAD.- Se refiere a la accesibilidad para entrada de camiones abastecedores de servicios, el terreno elegido tiene cerca una puerta de acceso para esta función.

* AREA NECESARIA.- Este terreno elegido cuenta con el área necesaria para llevar a cabo el traslado de las dos naves

(Ingeniería en Alimentos e Ingeniería Química), considerando que cada una mide 50 X 25 m es el único terreno disponible con esta área. Además en caso de una ampliación se dispondría del terreno suroeste adyacente a la nave.

* INTERFERENCIA CON OTRAS AREAS. - Aunque los equipos se encuentren dentro de la nave y algunos se coloquen fuera de esta pero alejados de áreas de trabajo, el ruido producido es excesivo, por lo que se descartaron terrenos planos y que tal vez tenían el área disponible por seguridad y producción de ruido se decidió ubicarla en el área mencionada.

En la fig. no.7 se puede apreciar el lugar donde se ha decidido ubicar la nave, así como también se pueden observar las otras áreas mencionadas.

IV. 2 ORIENTACION

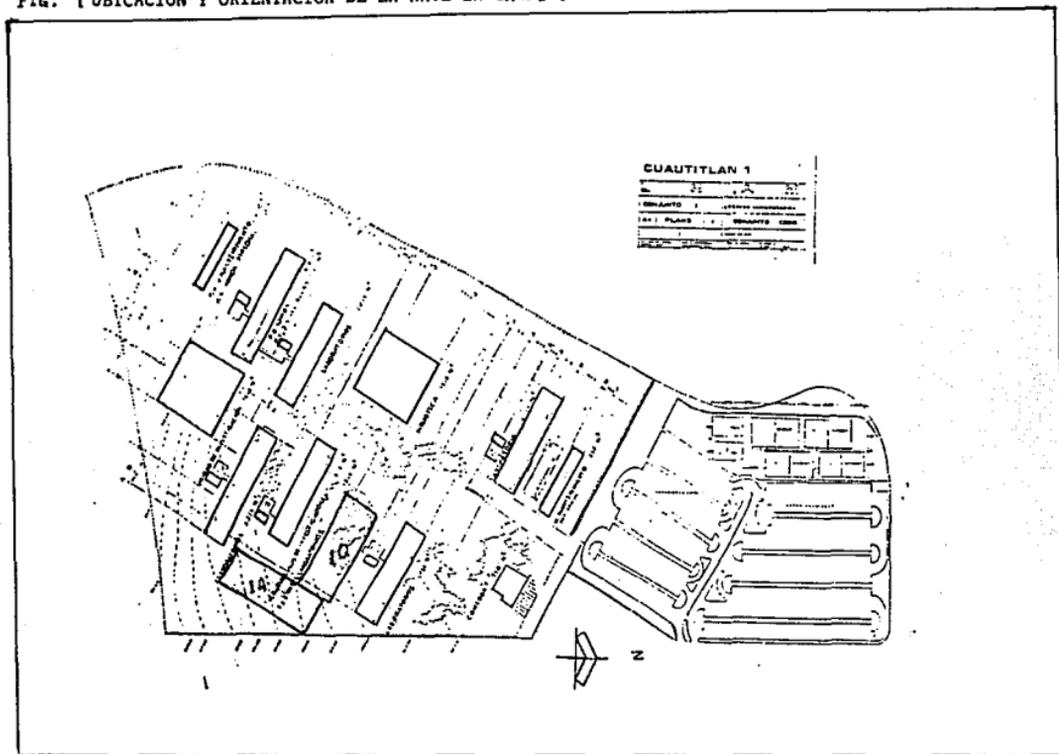
La orientación que tuvo la nave de Alimentos fué Este, respecto a la fachada. Esto se puede apreciar en la fig. no. 7.

La justificación de la orientación está basada en los criterios siguientes:

* TERRENO DISPONIBLE. - Como puede observarse en la fig. no. 4 (pág.56) los terrenos disponibles en Campo 1 son muy escasos, por lo que después de ubicar el lugar donde se instalará la Planta Piloto para ambas carreras, se pensó en la orientación quedando justificada por los criterios de iluminación y seguridad.

* INTERFERENCIA CON OTRAS AREAS. - Igual que en la ubicación se pretende que con esta orientación la interferencia causada por el ruido sea mínima y la seguridad a la comunidad sea máxima.

FIG. 1 UBICACION Y ORIENTACION DE LA NAVE EN CAMPO 1



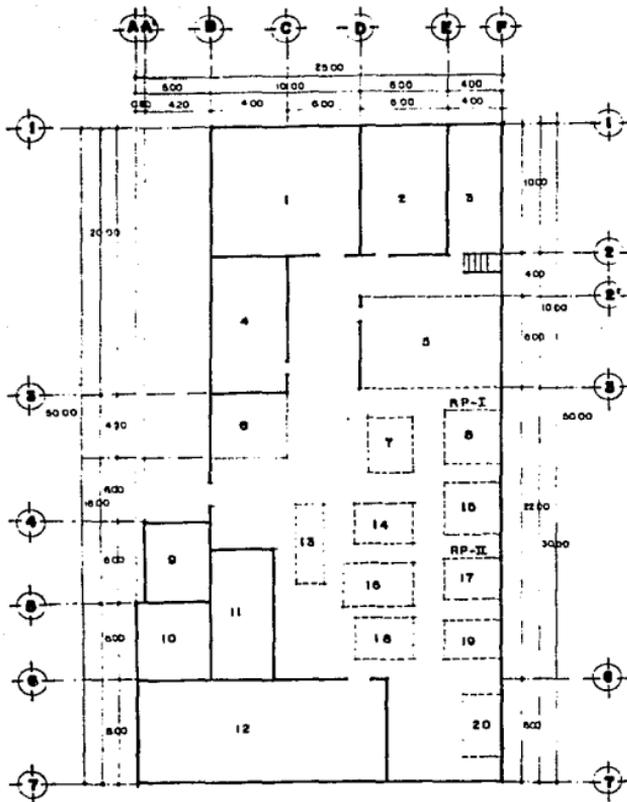
* ILUMINACION NATURAL.- Con esta orientación se pretende aprovechar al máximo la iluminación natural. Para lo cual se aconseja que haya ventanas preferentemente orientadas al norte en cantidad suficiente para que la suma de las áreas abiertas equivalgan como mínimo al 30% de la superficie del piso (2). Este criterio sí se cumple ya que en los cubículos se tiene un área aproximada y general de 16 m^2 , (4 X 4) se recomienda colocar ventanas con un área de 4.8 m^2 (2.2 X 2.2).

IV. 3 DISTRIBUCION DE AREAS

Para llevar a cabo esta, se determinaron las áreas necesarias de los equipos a distribuir (áreas de equipo, las necesarias para permitir el trabajo a estudiantes, académicos, áreas libres, para mantenimiento y limpieza). Cuadro 9, esto con el fin de ofrecer una distribución funcional, para lo cual se aplicaron los criterios que se ajustaron a las necesidades de la nave. Como se requerían cubículos y estos son ligeros se decidió ubicarlos en la planta alta, arriba de los laboratorios y área de los retiradores. Esto se puede apreciar en las figs. no. 8 y 9.

Los equipos fueron distribuidos considerando los fluidos de servicio que manejan con el fin de centralizar las líneas de estos y considerando también las temperaturas manejadas por los equipos, además por seguridad tanto como por el ruido y como salidas de escape en caso de accidentes.

Aquellas áreas donde se requería demasiada luz, fueron orientadas con el fin de aprovechar la luz natural para disminuir gastos de energía eléctrica tal es el caso del área de retiradores y cubículos.



U. N. A. M.
CUAUTITLAN.

PROYECTO
PLANTA PILOTO PARA
IND. EN ALIMENTOS
FEB-C CAMPO I

PROYECTO.
AMSDCJ.
OSUR.
ASESOR.
R.M.P

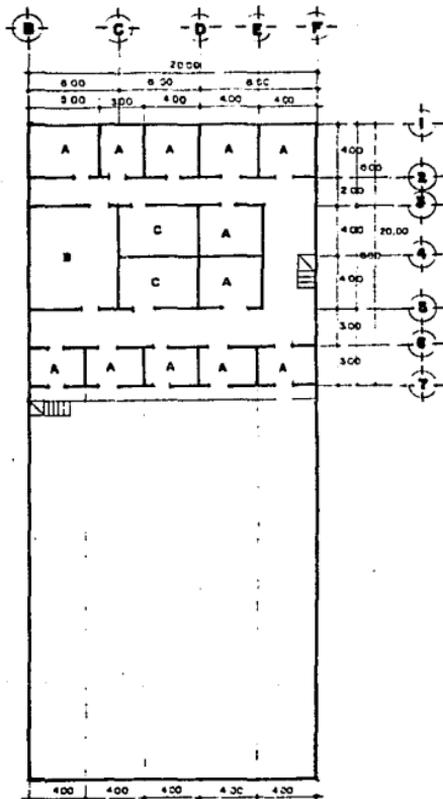
NOMENCLATURA.

1. LEM I
2. LEM II, IV
3. AREA DE RESTRADORES
4. LAB. INVESTIGACION
5. LEM III, V
6. ZONA GAVETAS
7. SECADOR CHAROLAS
8. PASTEURIZADOR
9. CHILLER Y TORRE ENFRIAMIENTO
10. CTO. DE COMPRESORES
11. CAMARAS DE REF. Y CONGELACION
12. ALMACEN
13. RED DE FLUJO DE FLUIDOS.
14. PREENFRIADOR.
15. AUTOCLAVE.
16. ZONA DE FILTROS.
17. EVAPORADOR CENTRI FUGO.
18. SECADOR TUNEL.
19. EVAPORADOR SOLA.
20. SECADOR POR ASPER CION.

PLANO.
PLANTA BAJA

ESC. 1/250 AOOT. MTS

 NORTE	CLAVE A-1
--	--------------



U. N. A. M.
GUAUTITLAN.

PROYECTO.
PLANTA PILOTO PARA
ING. EN ALIMENTOS
FES-C CAMPO I

PROYECTO.
AMSDCJ
BSUR
ASESOR.
R.M.P

NOMENCLATURA

A. CUBICULOS
B. SALA DE JUNTAS
C. SALONES.

PLANO.
PLANTA ALTA.

ESC. 1:250 ACOT. NTS



CLAVE

A-2

CUADRO NO. 9 EQUIPOS Y AREAS QUE OCUPAN.

EQUIPOS	AREAS NECESARIAS (m ²)
EVAPORADOR BOLA	1.5 X 1.5
EVAPORADOR CENTRIFUGO	1.5 X 2.5
ENGARGOLADORA	1.0 X 1.0
FILTRO PRENSA	1.5 X 2.5
FILTRO ROTATORIO	1.8 X 2.5
PASTEURIZADOR	1.8 X 1.4
RED DE FLUJO DE FLUIDOS	1.5 X 3.0 (dos redes)
MOLINOS	0.5 X 0.5
LAB. LEM I	10 X 10
LAB. LEM II Y IV	8 X 10
LAB. INVESTIGACION	4 X 10
SECADOR DE CHAROLAS	2.7 X 1.6
SECADOR POR ASPERSION	2.5 X 3.5

Nota: Estas áreas consideran al equipo, trabajo de estudiantes y para limpieza y mantenimiento.

Se han alejado aquellos equipos productores de ruido de las áreas de trabajo, como el secador por aspersion y compresores, estos últimos se ubicaron fuera de la nave.

Además se destinó un área para gavetas, se han aumentado los laboratorios para investigación y reacomodado la mayoría de los equipos.

Todo esto se puede apreciar en las fig. no. 8 y 9.

IV. 4. DISEÑO DE LA RED DE TUBERÍAS PARA FLUIDOS DE SERVICIO.

En el capítulo de Generalidades, y Metodología, se describe lo que es la Teoría de Diseño, para lograr los beneficios de su aplicación se ha utilizado en el Diseño de la Red de Tuberías para fluidos de servicio de la Planta Piloto de Alimentos.

En los capítulos de Instalaciones Actuales y Generalidades se ha recopilado la información sobre la naturaleza de los fluidos de servicio de interés para este diseño, así como las condiciones correspondientes de trabajo; la cual es información necesaria para realizar el dimensionamiento de tuberías. En este capítulo se analiza ésta, para dar solución al problema que nos ocupa, con un diseño adecuado, el cual, como más adelante se verá cumplió con la naturaleza cíclica del Proceso de Diseño, al evaluar el diseño previo con las restricciones del problema.

Para el Diseño de la red de tuberías se determinaron primeramente los fluidos de servicio que se manejarían en la Planta Piloto esto fué de acuerdo a los requerimientos de los equipos. Los resultados se presentan en el cuadro no. 9.

CUADRO NO. 9 CONSUMOS DE FLUIDOS DE SERVICIO EN LA PLANTA PILOTO

FLUIDO	GASTO DEL SISTEMA DE ABASTO (m^3/seg) $\times 10^{-3}$
AGUA FRIA	3.57 - 4.120
AGUA HELADA	3.57 - 4.120
AIRE COMPRIMIDO	30.24 - 48.130
VACIO	187.74 - 236.14

Materiales y Accesorios.

VAPOR. Se conducirá por tuberías de acero al carbón cédula 40, con aislamiento de fibra de vidrio. Para identificar la línea se pintará de color rojo. Como accesorios especiales serán instalados; el arreglo de tuberías para la válvula reguladora de presión para bajarla de 8 a 4 Kg/cm², sistema de tuberías para el retorno de condensados al cuarto de máquinas (figura No. 10), trampa de vapor antes del retorno con descarga al desagüe; un manómetro de carátula antes de cada equipo, de la válvula reguladora de presión y después de ésta; válvulas de control de acero al carbón (de asiento) a la entrada de la Nave, antes de cada alimentación a cualquier equipo, así como antes de cualquier accesorio regulador y de seguridad.

Vacío. Se conducirá en tubería de fierro negro cédula 40, con válvulas de asiento, de bronce en la entrada de la Nave y antes de la alimentación a cada equipo. El color para identificación de la tubería es blanco.

Aire. Se conduce en tuberías de fierro negro cédula 40, y se deberá identificar pintándolas de color verde. las válvulas de control son de bronce y de asiento, se deberán colocar a la entrada de la Nave así como antes de la alimentación a cada equipo.

Agua. Se utiliza tubería de acero galvanizado cédula 40, las válvulas son de bronce, a la entrada de la Nave serán de compuerta y antes de la alimentación a cada equipo deberán ser de asiento (globo). Esto se aplica para agua de servicio, fría y helada.

IV. 4.1 DIMENSIONAMIENTO PREVIO

Con éste se calcularon los primeros gastos tentativos de los ramales y subramales que se utilizaron para llevar a cabo el dimensionamiento de la red de tuberías. Para realizar este cálculo, como se puede observar en la metodología, se aplicaron los criterios básicos del dimensionamiento de tuberías que son : velocidad recomendada y caída de presión.

El cuadro de resultados de este dimensionamiento se presenta a continuación :

CUADRO 11 RESULTADOS DEL DIMENSIONAMIENTO PREVIO

FLUIDO DE SERVICIO	GASTO TOTAL CALCULADO (lt/min)	CAPACIDAD DE SUMINISTRO ACTUAL (lt/min)
AGUA FRIA	413.9	214.6 - 247.7
AGUA HELADA	272.4	214.6 - 247.7
VAPOR	1,574.4	1,132.6
AIRE COMPRIMIDO	23,879.5	2,888.3 - 1,814.5
VACIO	1,430.9	11,264.5 - 14,168.7

NOTAS. -

a) El gasto total calculado representa el gasto del ramal principal de alimentación a la nave de Alimentos en el fluido de servicio correspondiente.

b) En el cuadro anterior sólo se muestran los datos más representativos.

c) Los datos de la capacidad de suministro actual se estimó a partir del diámetro de descarga del equipo de abasto del fluido de servicio que le corresponde y que actualmente dan servicio en la planta instalada; y los criterios de dimensionamiento.

d) El gasto total calculado es la suma de los gastos por equipo calculados a partir del diámetro de alimentación a ellos, del fluido de servicio correspondiente.

En este dimensionamiento se está considerando que el área transversal al flujo está completamente llena y no se considera que siempre después del cálculo de dimensionamiento éste se ajusta al diámetro nominal inmediato superior, provocando una velocidad real mayor que la de diseño, inicialmente estimada. Esto es la explicación de los siguientes errores:

1. El gasto es excesivo, resultando mucho mayor que aquel con el que se diseñó la tubería.
2. Como a partir de estos gastos excesivos se dimensionaron los ramales y subramales, estos quedan sobredimensionados.
3. Debido a que el gasto por equipo es excesivo, se afectaron considerablemente las caídas de presión a tal grado que se sobrepasan las caídas de presión permisibles.

IV. 4.2. DIMENSIONAMIENTO DE TUBERIAS.

El dimensionamiento de las tuberías es la parte del diseño en que, conocido ya, por el análisis previo las variables de entrada y salida del diseño así como sus restricciones, se determinan las alternativas de solución.

En seguida se presentan los puntos del Proceso de Diseño considerados, acompañados de una breve explicación y el o los datos correspondientes a cada uno.

Las VARIABLES DE ENTRADA son datos conocidos de los cuales se partió para el diseño, fueron las condiciones de trabajo, diámetros de entrada a equipos y fluido específico.

Las VARIABLES DE SALIDA son datos o características que el diseño debe cubrir, en este caso: diámetros de ramales y subramales adecuados; gastos por equipo y totales, suficientes.

RESTRICCIONES son las características de una solución que se fija previamente por una decisión, por la naturaleza, requisitos legales, económicos u otra. Las restricciones de este diseño fueron los criterios de dimensionamiento correspondientes a cada fluido de servicio que se va a manejar.

CRITERIOS DE DISEÑO, son los que se utilizarán para seleccionar el mejor diseño los cuales deben identificarse durante el análisis del problema. Para el diseño los criterios de selección son: las capacidades de los equipos de abasto que actualmente están funcionando en la nave.

Se han fijado así, variables, criterios y restricciones por los datos con los que se cuenta para la realización del diseño. Para cualquier dimensionamiento tan importante como conocer el fluido, son los gastos a majenar en cada línea y de ahí partir con los criterios de dimensionamiento correspondientes para determinar tipo de materiales, accesorios y diámetros de tuberías. Los gastos están determinados por la capacidad de diseño de cada equipo al que va a alimentar, datos que proporciona el fabricante, actualmente en la Planta no se cuenta con los datos originales de diseño, ni de equipos ni de la Nave; así que para obtenerlos, las alternativas posibles fueron:

1. Buscar al proveedor y con el modelo se puede obtener la información necesaria.
2. Por investigación experimental y balances de materia y energía en el equipo.
3. Partiendo de la consideración de que la tubería de alimentación se determinó de acuerdo a los criterios de dimensionamiento; entonces de estos mismos se puede calcular con el diámetro de entrada al equipo el gasto de éste.

Las desventajas de las opciones mencionadas es que en la primera y en la segunda sería demasiado tiempo y poco práctico. La primera corre el riesgo de que tampoco el proveedor tenga la información o tarde en proporcionarla como generalmente ocurre, por otra parte la segunda y tercera opción, por ser cálculos estimados se requiere verificarlos de alguna manera, ya sea con otro cálculo, datos experimentales o bien, con capacidades totales de los equipos de suministro que actualmente se ocupan para el abasto.

La ventaja de la primera opción sobre las dos siguientes es de que no es necesaria la verificación del dato obtenido se puede partir para el dimensionamiento. La ventaja de la segunda y tercera es que será más rápido que esperar y buscar al proveedor. de estas la tercera es aún más rápido y confiable porque: Los mismos criterios usados en ella se ocuparán en el dimensionamiento. El gasto experimental que se pueda obtener en la tercera opción generalmente es excesivo porque la red y la bomba están ligeramente excedidas en un porcentaje difícil de precisar para reducirlo al gasto real; como no estaría trabajando la red a su máxima capacidad el gasto que llegaría no es el estimado sino mayor.

Por lo antes expuesto resulta más conveniente obtener los gastos por equipo a partir de diámetros de alimentación a cada equipo y los criterios de dimensionamiento correspondientes a cada fluido de servicio de que se trate. Y para verificar que los gastos no estén excedidos, se comparará con la capacidad total de cada fluido con la que actualmente se está trabajando, basándose en que son los mismos equipos pero en arreglo diferente por lo que los gastos totales calculados no deberán ser mayores que los que actualmente se manejan.

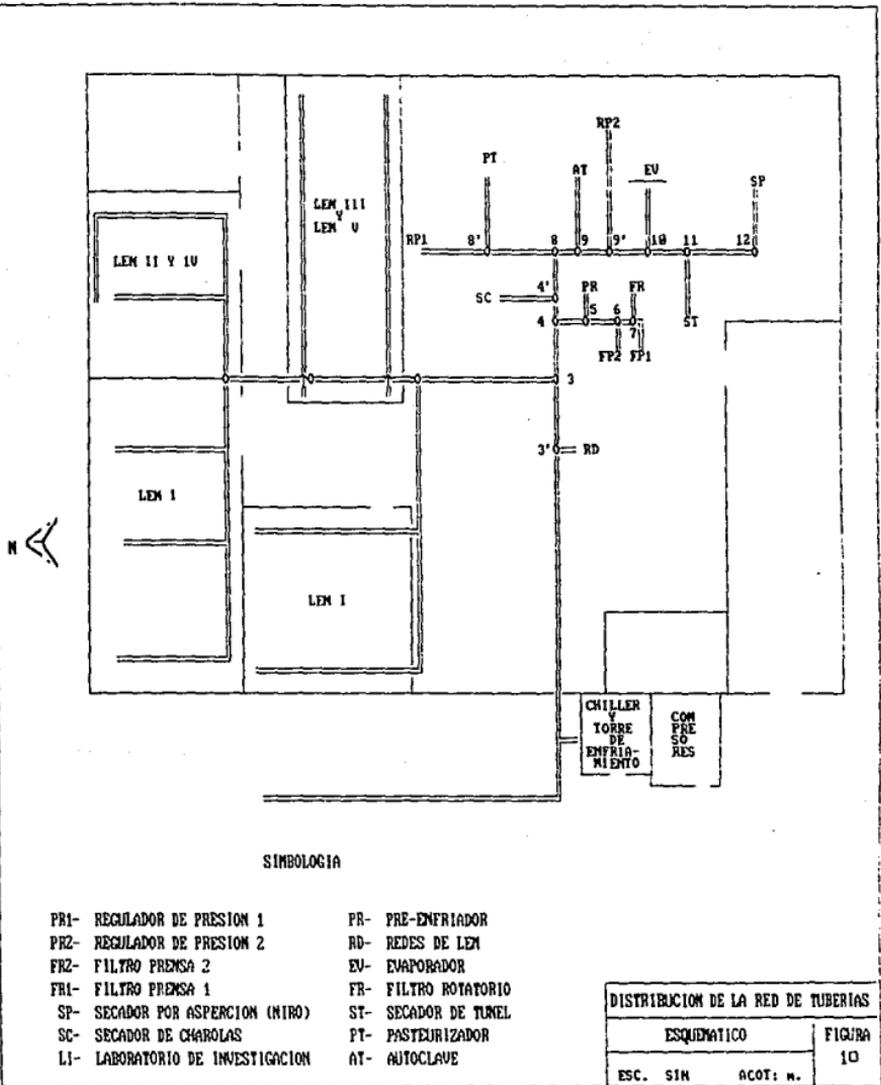
Fijadas y analizadas las alternativas para solucionar el dimensionamiento de tuberías y seleccionada la más adecuada, se procede a la realización (en cálculos) de la solución.

El dimensionamiento previo al evaluarse con los criterios de diseño ya mencionados resultó ser ineficiente así que se volvió a analizar la información para realizar el dimensionamiento definitivo que cubre con los criterios, variables y restricciones de diseño. Del cual adelante se presentan sus resultados y análisis.

Los resultados del dimensionamiento definitivo, se presentan a continuación; (cuadros 12-18) cada cuadro de datos corresponde a toda la tubería de distribución de cada fluido de servicio. Para cada uno de ellos, se registran los datos necesarios para especificar las tuberías en cada tramo y para calcular la capacidad del sistema impulsor. Los datos que se especifican para cada fluido de servicio son:

- Fluido de servicio específico.
Intervalos considerados para los criterios de dimensionamiento para velocidad recomendada y caída de presión permisible.
- Los datos siguientes se especifican para cada línea del mismo fluido de servicio, es decir, cada ramal, subramal y/o línea de alimentación a cada equipo o laboratorio.
 - * Diámetro de la línea correspondiente.
 - * Gasto que debe conducir.
 - * Velocidad y caída de presión provocado, por la tubería, en la línea

FIG. 10. DISTRIBUCION DE LA RED DE TUBERIAS

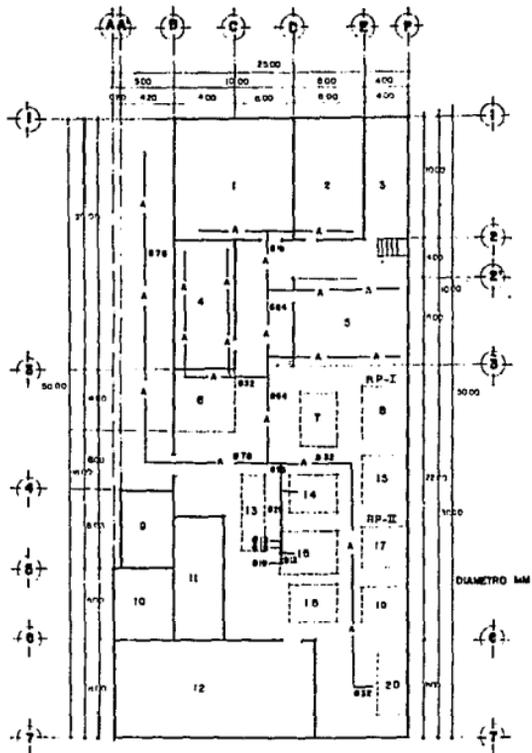


CUADRO 12 DETERMINACION DE GASTOS POR EQUIPO Y DIAMETROS DE RAMALES Y SUBRAMALES. - AIRE COMPRIMIDO -

CRITERIOS DE DIM: VEL. RECOM: 22.86 m/Seg ΔP . PERM: 0.035 Kg/cm²

SECCION DE TUBERIA	DIAM mm	GASTO lt/seg	VEL. REAL m/seg	L _{eq.} m	H _{fs} Nm/Kg
7 - F. Rot.	13	2.41	12.33	6.50	482.04
6 - F. P. II	13	1.23	6.30	0.10	*
7 - F. P. I	19	2.60	7.56	0.10	*
4 - Sec. Asp	32	10.28	10.64	23.60	482.04
3 - 4	38	12.70	9.67	1.60	22.24
2 - Lab. Exp	32	10.28	10.64	6.00	121.54
1 - 1'	51	30.39	14.04	5.70	121.54
1' - 2	64	50.12	16.24	5.40	121.54
2 - 3	64	91.76	29.74	5.20	382.75
3 - Cto. Maq.	76	104.49	21.92	32.40	1005.29

* Es una alimentación que raramente se ocupa, así que con el caudal para el que se dimensionó la línea correspondiente será suficiente el abasto.



U. N. A. M.
CUAUTITLAN.

PROYECTO
PLANTA PROTO PARA
MILK EN ALIMENTOS
FES-C CAMPO I

PROYECTO.
I.A.M.S.D.C.J.
O.S.U.R.
ASESOR.
R.M.P.

NOVENCLATURA.

1. LEM I
2. LEM II, IV
3. AREA DE RESTRIADORES
4. LAB. INVESTIGACION
5. LEM III, V
6. ZONA GRUETAS
7. SECADOR CHAROLAS
8. PASTEURIZADOR
9. CHILLER Y TORRE
ENFRIAMIENTO
10. CITO. DE COMPRESORES
11. CAMARAS DE REF. Y
CONGELACION
12. ALMACEN
13. RED DE FLUJO DE
FLUIDOS.
14. PREENTRADOR
15. AUTOCLAVE.
16. ZONA DE FILTROB.
17. EVAPORADOR CENTRI
FUJO.
18. SECADOR TUNEL
19. EVAPORADOR BOLA.
20. SECADOR POR ASPER
CION.

PLANO.
AIRE COMPRIMIDO.

ESC. 1/200 ACOT. MTS



NORTE

CLAVE

A-1

CUADRO 13. DETERMINACION DE GASTOS POR EQUIPO Y DIAMETROS DE RAMALES Y SUBRAMALES. - VACIO -

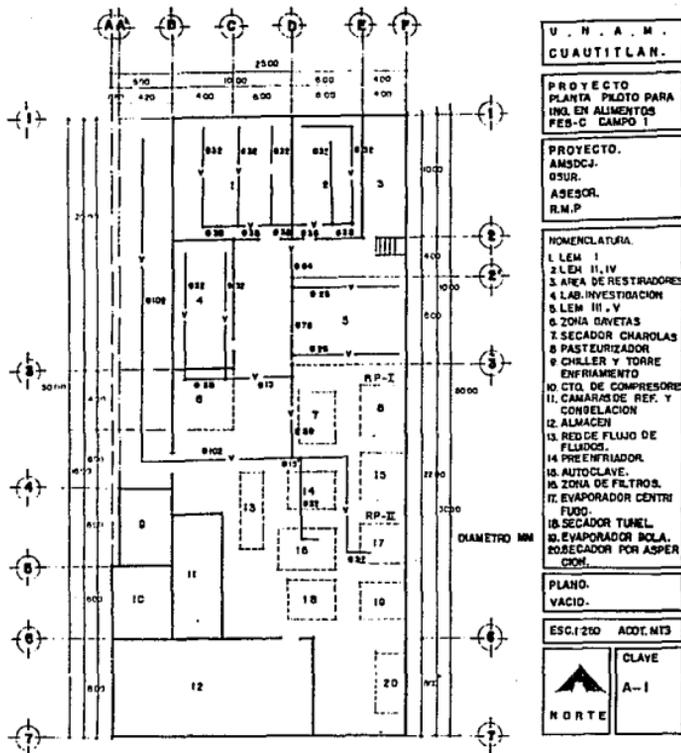
CRITERIOS DE DIM: VEL. REC: 22.88 m/seg ΔP . perm: 0.0351 Kg/cm²

SECCION DE TUBERIA	DIAM mm	GASTO lt/seg	VEL. REAL m/seg	L _{eq.} m	H _{fs} Nm/Kg
4 - F. Rot.	32	18.75	19.40	7.90	935.77
4 - Evap.	32	15.27	15.81	15.70	932.77
4 - 3	51	34.02	15.71	1.60	47.54
2 - Lab. Exp.	51	44.45	20.53	6.20	366.57
1 - 1'	64	55.62	18.02	5.60	312.13
1' - 2	76	94.39	19.80	5.40	308.50
3 - 2	89	194.47	30.48	7.20	613.38
3 - Cto. Máq.	102	228.49	27.82	32.40	2504.34

CUADRO 14 DETERMINACION DE GASTOS POR EQUIPO Y DIAMETROS DE RAMALES Y SUBRAMALES. -AGUA FRIA-

CRITERIOS : VEL. REC: 1.22-3.04 m/seg. ΔP . perm: 0.18-0.23 kg/cm²

SECCION DE TUBERIA	DIAM mm	GASTO lt/seg	VEL. REAL m/seg	L _{eq.} m	H _{fs} Nm/Kg
8 - Past.	13	0.19	1.01	8.40	8.81
8 - Evap.	38	2.12	1.61	12.00	8.81
8 - Cto. Máq.	38	2.32	2.40	37.60	19.05



CUADRO 15 DETERMINACION DE GASTOS POR EQUIPO Y DIAMETROS DE RAMALES Y SUBRAMALES. - AGUA HELADA -

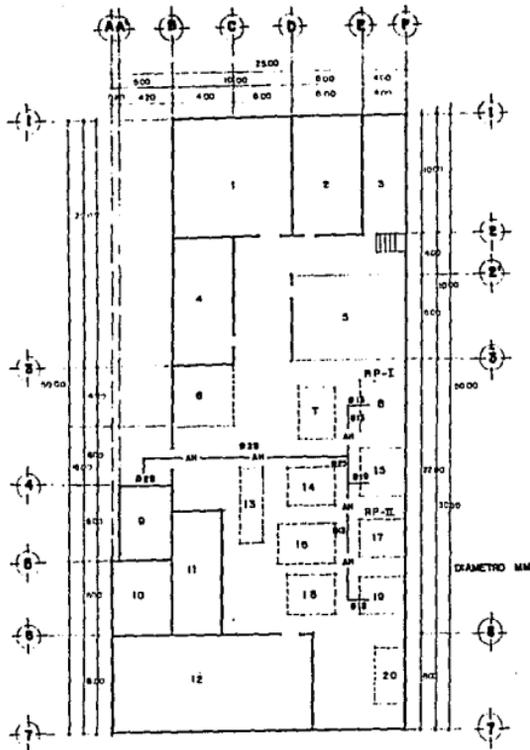
CRITERIOS : VEL. REC: 1.22-3.04 m/seg. ΔP . perm: 0.18-0.23 Kg/cm²

SECCION DE TUBERIA	DIAM mm	GASTO lt/seg	VEL. REAL m/seg	L _{eq.} m	H _{fs} Nm/Kg
8 - Past.	13	0.2044	1.04	8.4	9.22
9 - Evap.	13	0.1865	0.85	10.1	7.33
9 - Autoc.	19	0.6512	1.88	3.2	7.33
8 - 9	25	0.8155	1.46	1.8	1.93
8 - Clo. Máq.	25	1.0194	1.82	37.6	50.23

CUADRO 16 DETERMINACION DE GASTOS POR EQUIPO Y DIAMETROS DE RAMALES Y SUBRAMALES. - VAPOR -

CRITERIOS : VEL. REC: 20.32-50.08 m/seg. ΔP . perm: 0.01-0.05 Kg/cm²

SECCION DE TUBERIA	DIAM mm	GASTO lt/seg	VEL. REAL m/seg	L _{eq.} m	H _{fs} Nm/Kg
Vapor Baja Pres.					
8' - Sec. Ch.	13	3.62	18.48	8.20	1044.46
8' - Past.	13	2.34	12.03	3.40	1029.43
9' - Autoc.	13	21.54	16.41	5.60	556.04
9' - Evap.	38	22.17	16.86	8.00	556.04
RPI - 8'	25	5.97	10.71	3.50	515.97
RPII - 9'	51	43.72	20.19	5.00	450.84
Vapor Alta Pres					
8 - RPI	25	5.97	10.71	7.0	345.25
8 - RPII	51	43.72	18.97	9.4	345.25
8 - Clo. Máq.	51	18.05	16.10	42.6	1938.37



U. N. A. M.
CUAUTITLAN.

PROYECTO
PLANTA PLATO PARA
UNO EN ALIMENTOS
PES-C CAMPO I

PROYECTO.
AMSDCJ.
OSUR.
ASESOR.
R.M.P.

NOMENCLATURA.

1. LEM I
2. LEM II, IV
3. AREA DE RESTRIZIONE
4. LAB. INVESTIGACION
5. LEM III, V
6. ZONA GRUETAS
7. SECADOR CHAROLAS
8. PASTEURIZADOR
9. CHILLER Y TORRE ENFRIAMIENTO
10. CTO. DE COMPRESORES
11. CAMARAS DE REF. Y CONGELACION
12. ALMACEN
13. RED DE FLUJO DE FLUIDOS.
14. PREENFRIADOR
15. AUTOCALVE
16. ZONA DE FILTROS.
17. EVAPORADOR CENTRI FUO.
18. SECADOR TUNEL
19. EVAPORADOR BOLA, ROTACION POR ASPERCIOM.

PLANT.
AGUA HELADA.

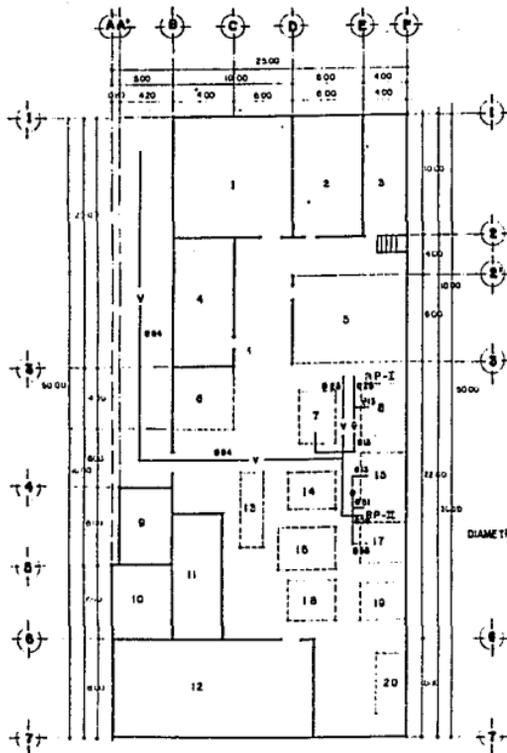
ESG:1-200 ACDY.MTS



CLAVE

A-1

05



U. N. A. M.
CUAUTITLAN.

PROYECTO
PLANTA PILOTO PARA
ING EN ALIMENTOS
FES-C CAMPO I

PROYECTO.
AMSDCJ.
OSUR.
ASESOR.
RMP

- NOMENCLATURA
- 1 LEM I
 - 2 LEM II, IV
 - 3 AREA DE RESTRACCION
 - 4 LAB INVESTIGACION
 - 5 LEM III, V
 - 6 ZONA GAVETAS
 - 7 SECADOR CHAROLAS
 - 8 PASTEURIZADOR
 - 9 CHILLER Y TORRE ENFRIAMIENTO
 - 10 CTO DE COMPRESORES
 - 11 CAMARAS DE REF. Y CONGELACION
 - 12 ALMACEN
 - 13 RED DE FLUJO DE FLUIDOS.
 - 14 PREENFRIADOR
 - 15 AUTOCLAVE.
 - 16 ZONA DE FILTROS.
 - 17 EVAPORADOR CENTRI FUGO.
 - 18 SECADOR TUNEL.
 - 19 EVAPORADOR BOLA.
 - 20 SECADOR POR ASPER CION

PLANO
A UN ESCALA DE 1:200
VAPOR ALTA PRESION V
VAPOR BAJA PRESION B

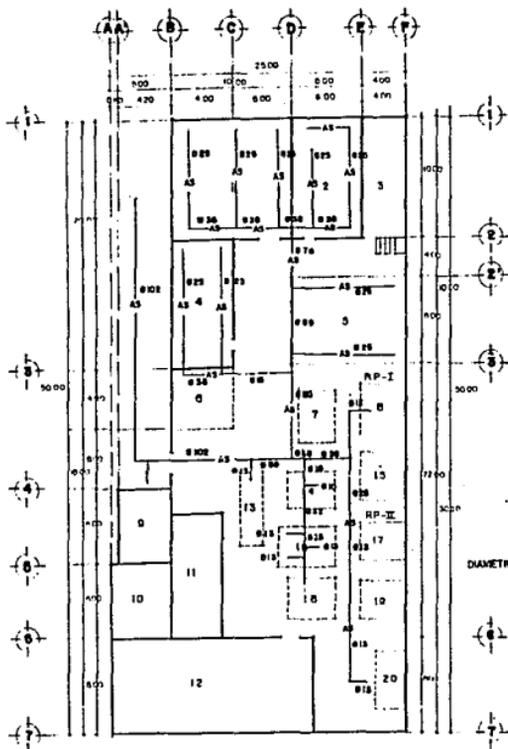
ESC 1:200 ACY. MTS

 NORTE	CLAVE
	A-1

CUADRO 17 DETERMINACION DE GASTOS POR EQUIPO Y DIAMETROS DE RAMALES Y SUBRAMALES. - AGUA DE SERVICIO -

CRITERIOS : VEL.REC: 1.2-3.0 m/seg. ΔP_{perm} : 0.18-0.23 Kg/cm²

SECCION DE TUBERIA	DIAM mm	GASTO lt/seg	VEL. REAL m/seg	L _{eq.} m	H _{fs} Nm/Kg
7 - F. Rot.	13	0.1578	0.80	0.60	0.45
6 - F.P. II	13	0.1665	0.80	0.80	0.61
5 - Preenf.	10	0.2513	2.03	0.60	3.05
8' - Past.	13	0.2147	1.09	8.40	10.14
10 - Evap.	13	0.1623	0.82	3.40	8.66
3' - Red	13	0.4656	2.47	2.00	11.20
10 - Sec. Asp.	13	0.1580	0.80	11.80	8.66
7 - F.P. I	25	0.1406	0.71	0.80	0.45
8 - 10	51	0.3190	0.54	9.00	1.51
4 - 8	25	0.5347	0.39	3.30	0.13
6 - 7	25	0.2982	0.53	1.00	0.15
5 - 6	32	0.4648	0.47	3.60	2.43
5 - 4	19	0.7159	2.07	2.40	6.72
4 - 3	38	1.2506	0.95	1.60	0.43
1 - 1'	76	8.9057	1.86	5.60	2.45
1' - 2	89	13.4930	2.11	5.40	2.47
2 - Lab.	51	4.3136	1.99	6.00	4.94
2 - 3	89	17.8066	2.77	7.20	5.40
3 - 3'	101	19.0573	2.31	2.00	0.85
3' - Clo. m.	101	19.5387	2.37	30.00	14.49



U. N. A. M.
CUAUTITLAN.

PROYECTO
PLANTA PILOTO PARA
IND. EN ALIMENTOS
FES-C CAMPO I

PROYECTO.
AMSDC.
05UR.
ASESOR.
R.M.P

NOMENCLATURA.

- 1 LEM I
- 2 LEM II, IV
- 3 AREA DE RESTRIADORES
- 4 LAB. INVESTIGACION
- 5 LEM III, V
- 6 ZONA SIETAS
- 7 SECADOR CHAROLAS
- 8 PASTEURIZADOR
- 9 CHILLER Y TORRE ENFRIAMIENTO
- 10 C/O. DE COMPRESORES
- 11 CANARAS DE REF. Y CONGELACION
- 12 ALMACEN
- 13 RED DE FLUJO DE FLUIDOS.
- 14 PREENFRIADOR
15. AUTOCLAVE.
16. ZONA DE FILTROS.
17. EVAPORADOR CENTRI FLUO.
18. SECADOR TUMEL.
19. EVAPORADOR BOLA.
20. SECADOR POR ASPERSION.

DIAMETRO. MM

PLANO.
AGUA DE SERVICIO.

ESC. 1/200 ADO. MTS



CLAVE
A-1

CUADRO 18 DETERMINACION DE GASTOS POR EQUIPO Y DIAMETROS DE RAMALES Y SUBRAMALES. - RETORNO DE CONDENSADOS -

CRITERIOS : VEL. REC: 1.2-3.0 m/seg. ΔP . perm: 0.18-0.23 Kg/cm²

SECCION DE TUBERIA	DIAM mm	GASTO lt/seg $\times 10^{-3}$	VEL. REAL m/seg	L _{eq.} m	H _{fs} Nm/Kg
past - 8'	3	6.68	0.179	3.4	0.089
sec - 8'	6	10.30	0.152	8.2	0.097
8' - RPI	25	16.99	0.304	3.5	0.0009
aut - 9'	10	61.16	0.493	5.6	0.072
evap - 9'	19	62.86	0.182	8.0	0.083
9' - RPII	32	124.31	0.128	5.0	0.003
8 - Cto. Máq.	32	141.30	0.146	42.5	0.001

CUADRO 19 COMPARACIÓN DE GASTOS REQUERIDOS POR EQUIPO Y LOS DE DISEÑO.

EQUIPO	AIRE COMPRIMIDO		VACIO	
	GASTO REQ. lt/s	GASTO DIS. lt/s	GASTO REQ. lt/s	GASTO DIS. lt/s
Filtro Rotat.	1.23	2.41	15.27	18.75
Evaporador	-	-	15.27	15.27
F. Prensa II	1.23	1.23	-	-
F. Prensa I	2.60	2.60	-	-
Secador x Asp.	10.28	10.28	-	-
Laborat. Exp.	10.28	10.28	44.44	44.45
Laboratorios	30.86	50.12	91.67	94.39

CUADRO 20 COMPARACIÓN DE GASTOS REQUERIDOS POR EQUIPO Y LOS DE DISEÑO.

EQUIPO	AGUA FRÍA		AGUA HELADA	
	GASTO REQ. lt/seg	GASTO DIS. lt/seg	GASTO REQ. lt/seg	GASTO DIS. lt/seg
Pasteuriz.	0.16	0.19	0.16	0.20
Evaporador	2.12	2.12	0.16	0.16
Autoclave	-	-	0.31	0.65

CUADRO 21 COMPARACIÓN DE GASTOS REQUERIDOS POR EQUIPO Y LOS DE DISEÑO.

EQUIPO	VAPOR	
	GASTO REQ. lt/s	GASTO DIS. lt/s
Secador de char.	1.77	3.62
Pasteurizador	1.77	2.34
Autoclave	1.77	21.54
Evaporadores	22.16	22.17

CUADRO 22 COMPARACIÓN DE GASTOS REQUERIDOS POR EQUIPO Y LOS DE DISEÑO.

EQUIPO	AGUA DE SERVICIO	
	GASTO REQ. lt/seg	GASTO DIS. lt/seg
F. Rotatorio	0.0025	0.1578
F. Prensa II	0.0025	0.1675
Preenfriador	0.0025	0.2513
Pasteurizador	0.0025	0.2147
Evaporador	0.0025	0.1623
Redes LEM II	0.0025	0.4856
Secador x asp.	0.0025	0.1580
F. Prensa I	0.0025	0.1406

Como antes se señaló los criterios para aceptar o rechazar el diseño fueron que las caídas de presión por línea no excedan los intervalos de caída de presión permisibles y que el gasto total de cada sistema de distribución no sea mayor al gasto con el que actualmente están abasteciendo los equipos de suministro de servicios, (caldera, compresores, torre de enfriamiento, etc.). Así que los diámetros calculados son los adecuados para cubrir con estos criterios.

-Confiabilidad en el gasto calculado.

Los gastos por equipos calculados representan el máximo gasto para el cual pudo corresponder a la tubería, para cubrir con los criterios de dimensionamiento, y no podría ser un gasto menor porque significaría:

a) Que el diámetro disminuiría y el gasto que provoca podría conducirse en una tubería de menor diámetro. Porque a mayor gasto en un diámetro igual se provoca mayor rozamiento con las paredes de la tubería provocando una mayor caída de presión.

b) El límite mínimo de gasto sería entonces el flujo antes de que en el diámetro inmediato anterior se pueda incluir sin exceder la caída de presión permisible.

Pero como no se cuenta con el gasto real requerido, por seguridad se debe tomar el máximo permisible, considerando los criterios de dimensionamiento para evitar un gasto excesivo.

- En el caso de caída de presión, aunque se tenga para un mismo fluido un intervalo de caída de presión permisible hay que considerar dos casos:

a) Si se está dimensionando la tubería de alimentación a un equipo hay que ser estrictos en la caída de presión máxima porque cuando se arranque con todo el caudal requerido si no se consideró el máximo en el dimensionamiento de la red de distribución el sistema deberá soportar una carga excesiva no considerada, de caída de presión que repercutirá, tanto en el desgaste de tuberías como en la bomba.

b) Si se está dimensionando un ramal principal y pocas veces trabaja con todo el caudal, se puede exceder de la caída de presión máxima permitida porque no siempre trabajará con todo el caudal, así que a menor gasto menor caída de presión. Pero esto se cumplirá siempre y cuando la velocidad para conseguir el flujo total en el ramal principal lo permita, es decir que no sea excesivo a comparación con las velocidades de alimentación a cada equipo.

Comportamiento de los fluidos de servicio con sus rangos de velocidad recomendada y caída de presión permisible.

- En el caso del agua de servicio aún con la caída de presión máxima no se alcanza la velocidad recomendada mínima, por lo que en un primer intento de dimensionar la tubería, se aceptó exceder la caída de presión y cubrir con el mínimo de velocidad recomendada (sin considerar como previamente se explicó que el ajuste a diámetro comercial ocasiona variaciones de velocidad reales a velocidades de diseño que es con la cual debe hacerse la comparación y verificación del diámetro); al terminar el dimensionamiento y comparar con el gasto actual de abasto, el gasto total calculado resultaba excedido por lo que se tuvo que repetir el dimensionamiento considerando esta vez, la caída de presión permisible máxima.

Como se anotó en el capítulo de metodología, para determinar el gasto correspondiente a cada tubería de alimentación de aire comprimido y agua a los equipos, se utilizaron las tablas B-14 y B-15 del Crane en las que se presentan a los diferentes diámetros los valores correspondientes para una amplia gama de gastos y la caída de presión en 30.48 m (100 ft) para cada uno de estos fluidos. De estas tablas se obtiene para el diámetro conocido y la caída de presión permisible, el gasto correspondiente pero es necesario hacer notar que:

-Para el agua un sólo gasto a un diámetro determinado cubre con el rango establecido de caída de presión permisible.

-Para el aire, se tiene que existe un intervalo de gastos que a un diámetro determinado cubre con el rango establecido de caída de presión permisible correspondiente.

- Y de la tabla correspondiente al aire comprimido también se obtuvo que, cuando el aire aumenta su flujo y su diámetro a una caída de presión permisible máxima, la velocidad real va aumentando hasta quedar en medio del intervalo de velocidad recomendada, cosa que no sucede con el agua, esto se debe a:

* El agua es más densa que el aire por lo tanto provoca a menor velocidad una alta caída de presión.

* El aire por ser de baja densidad puede soportar altas velocidades sin provocar grandes caídas de presión.

Esto no es tan notable en el vacío debido a que se requieren caídas de presión muy bajas, por el costo del sistema productor de vacío.

Resumiendo lo anterior, hay un gasto máximo que puede soportar una tubería, que está determinando por la caída de presión máxima permitida y por la velocidad menor en el intervalo permitido.

Con esto se puede ver que mientras que en el agua sólo hay un posible gasto para el diámetro y caída de presión permisible, en el aire se debe seleccionar entre un intervalo de posibles gastos para un diámetro y una caída de presión permisible, así que para reducir el intervalo de gastos posibles es necesario eliminar de éste los gastos que corresponden al intervalo de gastos posibles de los diámetros continuos.

Como ejemplos de lo antes comentado se presentan dos casos tomados de los gastos calculados y presentados en las tablas de Crane(B-14 y B-15)

CASO NO.1. -

Considerando aire a 7.03 Kg/cm^2 , (100 psig) y que el intervalo de gastos posibles son de la caída de presión máxima permitida al gasto que corresponde a la caída de presión máxima del diámetro inmediato inferior lo cual sería:

Para tubería de 38 mm.

Q (lt/min)	997.89	907.27	816.66	635.15	544.25	28.31
$\Delta P (\text{Kg/cm}^2)$	0.125	0.102	0.083	0.050	0.037	0.026

Para tubería de 32 mm.

Q (lt/min)	635.15	544.25	454.77
$\Delta P (\text{Kg/cm}^2)$	0.097	0.082	0.576

Por lo tanto el intervalo de gastos permitidos en 38 mm (1 1/2 in) es el siguiente:

Para cubrir con ΔP permisible = $0.035 - 0.105 \text{ Kg/cm}^2$
 el intervalo es de: 907.27 - 544.25 lt/min

Para cubrir con la vel. recomendada = 50178 - 187070 lt/min
 el intervalo se reduce a: 907.27 - 709.34 lt/min

De esto podemos concretar que:

- En estos casos se debe tomar el flujo mayor por seguridad.
- En los casos en que no se empalmen solo hay un valor en que se cumplen los dos criterios.

En el caso del agua, aunque se consideran más cifras significativas, el intervalo entre un valor y otro no provoca diferencias de gastos para la de caída de presión permisible, mayor del 20% y en el caso del aire llega hasta 40% del gasto mayor al menor. Por lo tanto sólo hay un valor que cubre con ΔP permisible y con velocidad recomendada.

CASO NO. 2. -

AGUA. Para cubrir $\Delta P_{perm.} = 0.182 - 0.239 \text{ Kg/cm}^2$

Q (lt/min)	132.4896	113.5825
$\Delta P (\text{Kg/cm}^2)$	0.2559	0.1912

Estos valores representan un porcentaje de variación del 14.3% referido al mayor.

AIRE. Para cubrir $\Delta P_{permisible} = 0.035 - 0.175 \text{ Kg/cm}^2$

Q (lt/min)	907.27	544.25
$\Delta P (\text{Kg/cm}^2)$	0.105	0.035

Estos valores representan un porcentaje de variación del 40.01%.

Como se ha visto en los ejemplos anteriores cada fluido tiene un comportamiento diferente para cumplir los intervalos de los criterios de dimensionamiento, así que para cada uno de ellos se deben tener consideraciones específicas, como es el caso del intervalo de gastos que cumplen para un mismo diámetro, cada fluido.

IV. 4.3. SISTEMAS DE DISTRIBUCION PARA FLUIDOS DE SERVICIO

Antes fue expuesta la metodología y resultados del dimensionamiento de tuberías de los fluidos de servicio por lo que ahora corresponde tratar de cada sistema de abasto y distribución en forma total.

Lo que a continuación se presenta es el diseño de la red total de distribución de los fluidos de servicio, así como en los casos en que es necesario el sistema impulsor o el análisis de presiones cuando la presión del equipo de suministro logra proporcionarlo en el sistema de tuberías correspondiente.

Como se señaló en el capítulo de METODOLOGIA, se especificó cada sistema de distribución de acuerdo a la presión que maneja cada una.

En el cuadro No. 23, se presentan para cada fluido de servicio, el equipo abastecedor, el sistema impulsor y las presiones de entrada y salida de la red de tuberías.

CUADRO 23. SISTEMAS DE ABASTO PARA FLUIDOS DE SERVICIO.

FLUIDO DE SERVICIO	ABASTECEDOR	SIST. IMPULSOR	P_1 Kg/cm ²	P_2 Kg/cm ²
Agua de servicio	Cisterna	Bombas cent.	1.03	3.86
Agua de servicio	T. Hidroneumát.	Dif. de pres.	3.50	3.00 ¹
Agua fría c/ret.	Torre de Enf	Bomba cent.	1.03	5.20 ²
Agua helada c/ret.	Chiller	Bomba cent.	1.03	5.20
Vapor alta pres.	Caldera	Dif. de pres.	8.00	4.00
Vapor baja pres.	Reg. de pres. 1	Dif. de pres.	4.00	3.95
	Reg. de pres. 2	Dif. de pres.	4.00	3.95
Vacío	T. de vacío	Dif. de pres.	0.62 ³	0.54 ⁴
Aire comprimido	Compresores	Dif. de pres.	8.02	7.50

Aclaraciones:

P_1 , presión de salida del equipo de suministro.

P_2 , presión de entrada al equipo de alimentación.

1. Balance con la ec de Bernoulli de la cisterna al tanque hidroneumático.
2. Balance con ec. de Bernoulli del tanque hidroneumático a la toma de descarga. Considerando presión del sistema 3 Kg/cm^2 .
3. Vacío en la toma. 40 cmHg.
4. Vacío generado por el equipo. Resultados de las caídas de presión por tubería. 45.61 cmHg.

En el cuadro No. 24, se presentan los valores para cada una de las cargas en la ecuación de Bernoulli modificada.

CUADRO 24 SOLUCION A LA ECUACION MODIFICADA DE BERNOULLI PARA FLUIDOS SERVICIO.

FLUIDO DE SERVICIO	C. DINAMICA Nm/Kg	C. ESTATICA Nm/Kg	C. HIDRAULICA Nm/Kg	POTENCIA HP ₃
Aire comprimido	-49091.76	-49091.76	0	0
Vacío	5996.61	28036.31	0	0
Vapor Reguladora 1	1746.19	-149284.90	0	0
Vapor Reguladora 2	1153.13	-149284.90	0	0
Agua fría	35.76	512.08	547.84	2
Agua helada	54.88	787.38	842.26	1 1/2
Agua de servicio				
- Cisterna - tanq	2.71	10.90	126.19	7
- Tanque - Red	33.98	3259.62	3293.60	0

Notas. -

1. El flujo se origina por la diferencia de presiones.
2. Por la presión hidrostática que ocasiona el nivel de la cisterna.
3. El cálculo es sólo para la Nave de Alimentos.

En los sistemas de distribución en que el sistema impulsor es, la diferencia de presiones entre la carga y la descarga de la tubería, la presión de descarga sólo se diferencia de la de carga por la fricción del fluido en la tubería.

Para el caso del agua de servicio, se calculó la presión de trabajo del tanque hidroneumático para que aún considerando las pérdidas por fricción, el agua tenga una presión de descarga de 3 Kg/cm^2 . (20)

En la tabla donde se desglosa la solución de la ecuación modificada de Bernoulli, (Cuadro 24) cuando la potencia se indica igual a cero, significa que la diferencia de presiones, es suficiente para descargar al fluido correspondiente a la presión necesaria.

Observaciones a la ecuación modificada de Bernoulli.

Se ha establecido la diferencia entre la velocidad real, que es la velocidad que lleva la tubería debido al flujo requerido y al área transversal al flujo así como la velocidad recomendada con la cual se ha hecho el diseño de la tubería (criterio de dimensionamiento). Esta observación se hace necesaria para decidir entre los posibles diámetros de tubería y los arreglos de criterios de dimensionamiento con cual al realizar el ajuste al diámetro nominal se respeta el intervalo de velocidad recomendada. También debe hacerse esta diferenciación, al considerar, para cálculos posteriores la velocidad real de la tubería y no la de diseño, si es que se determinó antes el diámetro nominal.

Para la selección de la bomba fué importante considerar la velocidad recomendada mínima como la velocidad que debe abastecer ésta, para poder cubrir con las condiciones de diseño, (caída de presión permisible, flujo y velocidad recomendada).

La importancia de considerar la velocidad recomendada mínima en los ramales principales fué por las siguientes razones:

- a) Son los que mayor tiempo estarán trabajando, y si la velocidad es mayor que la recomendada mínima, la caída de presión provocada al flujo total será mayor que la caída de presión permisible.
- b) Si en un ramal principal se manda a una velocidad mayor a la velocidad recomendada mínima el gasto que corra por la tubería será mayor y con él, la caída de presión, por lo que se provocará:
 - Mayor erosión por fricción.
 - Mayor gasto de la bomba y consumo de energía, innecesaria, porque estará excedida para el sistema de abasto.

Todas estas consideraciones surgieron del análisis de resultados y de los sistemas de distribución en particular, y se tomaron en cuenta para las especificaciones de bombas, cuando fué necesario seleccionariarlas.

IV. 4.4. AISLAMIENTO DE TUBERIAS.

Para determinar los aislantes adecuados se han consultado las características que sobre ellos refieren Rase y Barrow (20) en su obra:

El más adecuado para fluidos calientes es FIBRA DE VIDRIO, la cual tiene las características siguientes. -

- Forma. Formadas en aislamientos para tuberías y en bloques.
- Resistencia. Fibras suaves, flexibles, no se rompen a la flexión.
- Excelente resistencia al agua.
- Moderada resistencia al vapor.
- Composición. - Finas fibras de vidrio, adheridas.
- Ventajas. - Ligero de peso, resistente y flexible.
- Desventajas. - Suave, no resiste el abuso mecánico.
- Límites de temperatura. - Mínima 0°C y máxima 232°C
- Conductividad. - $0.028 - 0.030 \text{ Kcal/hr m }^{\circ}\text{C}$.
- Densidad. - $32.03 - 168.18 \text{ Kg/m}^3$.

El aislante más adecuado para fluidos fríos (agua helada) es el POLIESTIRENO. Con las siguientes características.

- Forma. - Bloques y aislamiento de tuberías.
- Resistencia. - Moderada a la compresión, regular a la torsión.
- Excelente resistencia al vapor.
- Composición. - Poliestireno con celdillas de aire.
- Ventajas. - Fácil de colocarse, flexible, limpio y ligero.
- Desventajas. - Para un servicio efectivo depende de la barrera de vapor.
- Límites de temperatura. Mínima -128°C y máxima de 93°C
- Conductividad. $0.028 - 0.030 \text{ Kcal/hr m }^{\circ}\text{C}$
- Densidad. 32.03 Kg/m^3 .

La justificación de esta selección fué por su conductividad térmica principalmente, así como de sus características en cuanto a aplicaciones y usos.

Una vez determinados los tipos y características de los aislantes que se utilizarían se consultaron los catálogos del fabricante para conocer el espesor del aislante en cada caso, obteniéndose los siguientes resultados.

En el siguiente cuadro se presentan los resultados de los espesores calculados de aislantes en las líneas de tuberías en que por las temperaturas que manejan se hacen indispensables. En la determinación del espesor de estos se consideraron los espesores comerciales, seleccionando el espesor inmediato superior al calculado necesario.

CUADRO 25 ESPECIFICACIONES DEL AISLANTE PARA VAPOR DE AGUA.

CARACTERISTICA	ESPECIFICACION
Fluido	Vapor de agua
Aislante	Fibra de vidrio
Temp. de op.	225°C
Dif. de Temp.	230°C
Espesor comerc.	50.8 mm

CUADRO 26 ESPECIFICACIONES DEL AISLANTE PARA AGUA HELADA.

CARACTERISTICA	ESPECIFICACION
Fluido	Agua Helada
Aislante	Poliestireno
Temp. de op.	2°C
Dif. de temp.	20.8°C
Diam. de tubería	Espesor de Aislante
13 mm	38 mm
19 mm	38 mm
25 mm	38 mm

Nota.-Los datos de espesores comerciales fueron obtenidos de SOCOATL, S.C.L., compañía dedicada a la instalación de aislamientos térmicos.

Además de la determinación del espesor del aislante es necesario especificar su instalación en la tubería correspondiente. La información de esto, fue de la compañía SOCOATL, S.C.L.:

LINEAS DE VAPOR.

- a. Se recomiendan tubos en medias cañas de fibra de vidrio sujetos con alambre galvanizado Calibre 16.
- b. Barrera de vapor a base de Cartón Asfáltico PEMEX, el cual se sujeta linealmente con grapas Calibre 16.

- c. Como acabado se recomienda lámina de aluminio corrugada Calibre 32, la cual se sujeta con flejes y sellos de 13 mm.
- d. Las conexiones como son Codos y Tees, se aíslan con cemento monolítico SCATERM-17, refuerzo de manta de cielo y como acabado una membrana selladora a base de impermeabilizante SACTSEAL-13.

LINEAS DE AGUA HELADA.

- a. Se recomienda tubos en medias cañas de Poliestireno, sujetos con Alambre Galvanizado Calibre 16, pegados y sellados con Adhesivo Microseal-3A.
- b. Barrera de vapor a base de papel Foil de Aluminio, pegado y sellado con Adhesivo Microseal-3A.
- c. Como acabado se recomienda lámina de Aluminio corrugada calibre 32, la cual se sujeta con flejes y sellos de 13 mm.
- d. Las conexiones se aíslan bajo las características descritas anteriormente en los incisos a y b, además de un refuerzo de Manta de Cielo y como acabado una membrana selladora a base de impermeabilizante SCATSEAL-13.

CONCLUSIONES

I.- Los objetivos planteados para la realización de este trabajo, se han cubierto satisfactoriamente hasta el nivel de diseño teórico, elaborando planos, presentando resultados de las memorias de cálculo y especificaciones. En su realización se consideran los criterios que en cada punto fueron necesarios, y se mantuvo siempre fija la idea de lograr un diseño más funcional que el actual, pero de ninguna manera desechamos la idea, de que por la naturaleza cíclica del diseño; como hasta el nivel que hemos realizado del proyecto, en la etapa siguiente de construcción e instalación, surjan modificaciones con mejoras adquiridas de la experiencia práctica o restricciones que las circunstancias impongan al diseño y que hasta el momento de confrontarlas, surge la necesidad natural del carácter cíclico-evolutivo de todo diseño.

II.- El diseño requiere la maduración de ideas para determinar los puntos a considerar en su realización, esto incluye criterios que pueden consultarse bibliográficamente, otros a los que se llega por sentido común y los que se van considerando al hacer comparaciones de los resultados obtenidos con datos de los que se dispone o compatibilidad entre los resultados mismos obtenidos por diferentes caminos.

Así que el diseño no es una actividad repetitiva sino un proceso cíclico, metodológico y en todo momento creativo que requiere análisis y evolución constante.

Aparentemente se podría pensar que consultando alguna bibliografía se logra el diseño de Plantas Piloto, pero no es así, requiere, como se ha explicado, la aplicación de gran cantidad de criterios que se van originando a lo largo del trabajo. Por esto las conclusiones de este trabajo pretenden ser un aporte a los estudiantes de ingeniería, en la utilización de la experiencia que adquirimos en este diseño, de la metodología y criterios del mismo que a nuestro parecer son necesarios considerar para lograr un diseño adecuado de Plantas Piloto en sus diferentes aspectos.

Así, en forma resumida, consideramos que son importantes los siguientes puntos para el diseño de Plantas Piloto:

- * Antes de llevar a cabo el proyecto para la instalación de una Planta es necesario primeramente definir las funciones que realizará la misma.

- * Como metodología para la realización de diseño de Plantas Piloto, recomendamos el apoyo del Proceso de Diseño aplicado en la generalidad del diseño, así como en sus diferentes particularidades.

- * Para decidir el lugar donde deberá ser ubicada una Planta, es necesario conocer ciertos factores, como son las necesidades para las que está diseñado, decidido el lugar es necesario el estudio del terreno donde se ubicará la Planta abarcando aquí condiciones climatológicas del lugar, cimentación del terreno y una de las más importantes el abastecimiento de agua. Esto en caso de que no se tenga especificado el lugar de la instalación.

En la propuesta de instalación de un Planta, un factor muy importante es la distribución de áreas de la misma, preferentemente se deberá instalar en forma continua por ejemplo el tener las operaciones en retroceso es antihigiénico en el caso de Plantas procesadoras de alimentos, no se deben descuidar en general factores tan importantes como la seguridad, gradientes de temperaturas, iluminación, ventilación, obviamente se deberá conocer el espacio que ocupará cada área para poder llevar a cabo una mejor distribución.

La determinación de los servicios de la Planta requiere considerar: Equipo a manejar y servicio que requiere, condiciones de trabajo, instalaciones necesarias para cada servicio por su naturaleza particular, disponibilidad y costo del servicio en la zona, factibilidad de recuperación y versatilidad de uso.

Para el dimensionamiento de tuberías y sistemas de suministro es necesario realizarlo en base a los criterios siguientes:

- Criterios de dimensionamiento:
 - * Velocidad recomendada.
 - * Caída de presión permisible.
 - * Diámetro económico, en el caso de tratarse de tuberías de alto costo.

- Características de la red de distribución por su acomodo:
 - * Sistema en serie (vel. diferentes y gasto constante).
 - * Sistema en paralelo (vel.diferentes y gastos diferentes).

- Tipo de medio impulsor.

- Limitaciones y requerimientos de control y regulación del medio impulsor.

III.- Originalmente la realización de este diseño se pensó en su instalación en Campo 1, pero si por algún motivo no se puede llevar a cabo la reubicación de las naves, entonces se podría aplicar éste para la remodelación de la nave actual en Campo 4.

Tal vez son necesarias otras áreas que se proponen en ésta nueva instalación, por ejemplo cubículos, pero no son tan indispensables como lo es reubicar algunos equipos como el secador por aspersión, el autoclave. Por lo que se propondría hacer a la nave actual reajustes en cuanto a distribución de áreas y por lo tanto a la red de tuberías.

RECOMENDACIONES

A. SISTEMA SUAVIZADOR PARA AGUA

Antes se ha explicado la importancia de utilizar suavizadores de agua para los sistemas de enfriamiento, que son: Torre de Enfriamiento y Sistema de abasto de Agua Helada (Chiller); la cual es principalmente evitar incrustaciones en las placas y tuberías metálicas en donde se efectúa el intercambio de calor, lo cual reduce significativamente el rendimiento térmico del sistema.

Existen suavizadores comerciales de los que se puede elegir el más adecuado en base a la capacidad que manejen los equipos.

El flujo con el cual se eligió el suavizador fue el correspondiente al 4% del flujo total que manejan tanto la Torre de Enfriamiento como el Chiller. Este porcentaje corresponde, al agua de recuperación a estos equipos por pérdidas por evaporación.

Se consideró que el suavizador estará conectado directamente a la alimentación de la cisterna, y de éste, se alimentará a su vez tanto a la Torre de Enfriamiento como al Chiller. Así que el gasto que deberá cubrir el equipo suavizador será: 20 litros por minuto.

De los suavizadores que CULLIGAN maneja, el más adecuado para las necesidades de la planta, es el modelo 19 C que cuenta con las características que en el cuadro No. 22, se muestra.

CUADRO 27. ESPECIFICACIONES DEL SUAVIZADOR CULLIGAN MODELO 19 C.

Flujo:	30 lpm
Caída de presión:	1.5 Kg/cc
Tamaño:	117 cm altura 38 cm frente 53 cm fondo
Sal:	65 Kg.

B. SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE AGUA

La recuperación de aguas se puede realizar por sistemas de recirculación y tratamientos de aguas considerando los puntos siguientes:

-Utilización de las aguas recuperadas.-Dependiendo de ésto, serán las tolerancias de composición del agua.

-Composición de las aguas recuperadas.- Para determinar el tratamiento que será necesario y/o recomendable.

-Condiciones de presión y temperatura.- Para determinar si es o no necesario un mecanismo impulsor y su tipo.

-Cantidad de agua recuperable.- Como dato para la capacidad de los equipos de tratamiento, tanques de almacenamiento y factibilidad de la realización.

Las aguas por recuperar de la Planta Piloto de Alimentos son aquellas que no contengan carbohidratos disueltos como las disoluciones modelo, comunmente usadas en las Naves sino que sean prácticamente limpias o con pequeñas cantidades de sólidos dispersos, como es el caso del agua usada en el autoclave, sistema de preenfriamiento y aguas claras de los filtros.

No se recuperarán aguas con soluciones de carbohidratos por dos razones:

a) El único tratamiento que las retira es la evaporación, lo que por el volumen resulta incosteable, o mejor dicho poco práctico.

b) Si se considera la concentración de carbohidratos (gommas, azúcar, etc.) prácticamente despreciable por la cantidad de agua a manejar, resultaría sin datos experimentales poco confiable, porque se pretende que regrese el agua a la cisterna de la cual se alimenta agua de compensación para equipos intercambiadores de calor, provocando serias incrustaciones.

Así que el agua por recuperar será agua con una mínima concentración de sólidos en suspensión, pero por seguridad es necesario el uso de filtración previa al retorno a la cisterna.

ELECCION DEL FILTRO DE ARENA COMERCIAL.

Los filtros CULLIGAN de la compañía Industrias Mass, S.A. entre los filtros que fabrican están los filtros HI-FLO filtro de lecho profundo con las características necesarias para cubrir las necesidades en la Planta Piloto de Alimentos. A continuación se explican las características con las que cuentan estos.

Para determinar la capacidad del filtro a utilizar es necesario describir el sistema de recuperación de agua y la capacidad que debe tener.

El sistema de recuperación de agua se compondrá del equipo siguiente:

1. Sistema de tuberías para la recolección del agua por filtrar, con un sistema común de recolección bajo tierra, que conducirá el líquido al tanque recolector.

2. Tanque de recolección y alimentación a la bomba de suministro al filtro.
3. Bomba de alimentación al filtro.
4. Válvula automática de nivel, con el arranque de la bomba al llegar al nivel máximo del tanque (80% del total del tanque) y con paro al 20% de la capacidad total del tanque.
5. Filtro comercial de arena.
6. Tubería de descarga a la cisterna de la Nave.

CUADRO 28 VOLUMEN DE AGUA ESTIMADO PARA RECUPERAR

EQUIPO	FLUJO DE TRABAJO	GASTO POR LAVADO
F. Rotatorio	40 lt	5 min 47.4 lt
F. Prensa II	40 lt	5 min
Preenfriador	40 lt	5 min
F. Prensa I	40 lt	5 min 203.2 lt
Autoclave	30 min 588.2 lt x 4 corridas al día	2272lt.
Total de agua recuperada por día: 2,636.9 lt = 2,700 lt		

NOTA.- El gasto de lavado se calculó a partir del gasto de la tubería correspondiente. El flujo de trabajo es el común usado en estos equipos.

Selección de la Capacidad del Filtro.

La recuperación de agua, tiene dos momentos con gastos diferentes:

1. El gasto sólo de trabajo: 160 lt
2. El gasto máximo al final de cada sesión, que corresponde a la suma de aguas de enjuague y una descarga del autoclave. 913.61 lt = 920 lt.

Considerando la sumatoria de los flujos dados por minuto es:
88.02 lt/min

El filtro comercial correspondiente a esta capacidad, de los filtros CULLIGAN es:

CUADRO 29 ESPECIFICACIONES DEL FILTRO HI-FLO.

Modelo	HD=20
Rango de flujo	77 - 125 lpm
Caída de presión	4 - 5 psi
Flujo de retrolavado	113 lpm
tamaño del tanque	51 x 137 cm
Dímetros de tubería	Entrada y salida 1 1/2 in
	Drenaje 1 in
Cnt. medio filtrante	170 lt

Debido a que el flujo de agua de recuperación no es constante, es necesaria la utilización de un tanque de suministro a la bomba y al filtro. Así que con un tanque de 100 lt, se puede garantizar el suministro y control de flujo al filtro, así como un margen de seguridad aún en las horas de mayor flujo.

Capacidad de la bomba

Cabeza Estática: $Z_g/gc = 0.5m = 1.64 \text{ ft lb/lb}$
donde $Z =$ altura del tanque (bajo tierra).

Cabeza Dinámica: H_1 del filtro = 9.23 ftlb/lb
 H_2 de accesorios = 2 ftlb/lb

De los catálogos de AURORA PUMP y con los siguientes datos:

Cabeza total = 11.87 ft lb/lb

Flujo = 23 gpm

Se seleccionó una bomba centrífuga, de $1/2 \text{ HP}$, 1750 rpm y del modelo GBHA.

DISEÑO DEL SUMINISTRO DE AGUA DE SERVICIO EN BASE A DATOS DE CARGA
COMPLETA, MEDIA Y MINIMA.

1. CAPACIDAD DEL DISEÑO ACTUAL INSTALADO.

La cisterna actualmente instalada tiene una capacidad de 90,843.45 lt cada una.

El diseño inicial mostrado en los planos de construcción tiene una capacidad de 70,000 lt.

Comparado con el gasto total de la Nave (calculado) es 86,441.24 lt/hr; la capacidad de la cisterna es una hora de abasto a carga total.

El gasto medio de un día normal de trabajo es:

Dato medido en la cisterna. -	8,430 lt = 1.053 lt/hr
La cisterna cubre con. -	2 días y medio de trabajo.

2. CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO DE LA CISTERNA.

a) GASTO DIARIO. para determinar el gasto necesario para abastecer el horario de trabajo. Lo que correspondería a la capacidad del tanque hidroneumático. La capacidad del cual está limitada a la del tanque existente que es de 2,500 lt. Para consumo diario de 5,700 lt (restando el volumen de agua recuperada).

b) FRECUENCIA DEL SUMINISTRO DE AGUA del municipio, para determinar la capacidad de almacenamiento de agua (cisterna) en el tiempo de no suministro. El suministro es constante en la zona.

c) CAUDAL DE SUMINISTRO del municipio a la cisterna para calcular el tiempo de recuperación del nivel en ésta.

Partiendo del dato de diámetro que proporciona el municipio para el abasto a la cisterna y criterios de dimensionamiento de tuberías para agua, se calculó el caudal proporcionado.

- Diámetro de la tubería. - 64 mm (2 1/2 in)
- Caudal de suministro. - 3.78 lt/seg (8.022 ft³/seg)
- Considerando el almacenamiento de agua para una semana,
- Consumo diario. - 5 700 lt redondeando 6 000 lt
- Para una semana. - 42 000 lt (42 m³)

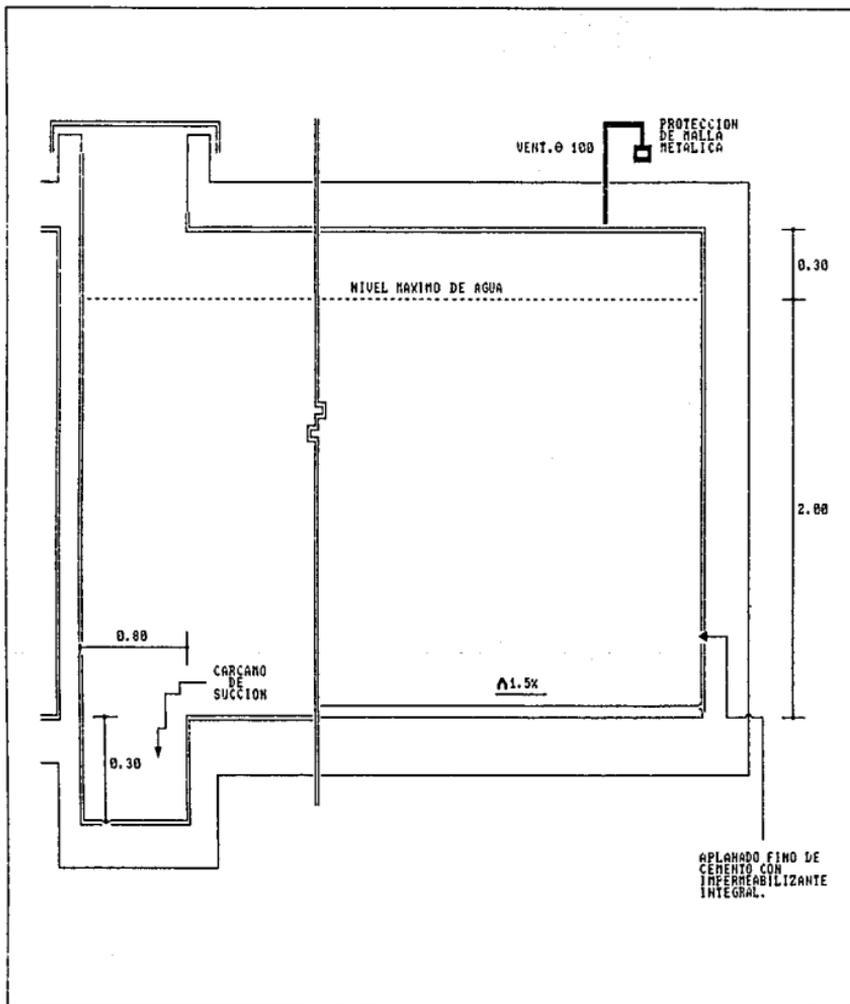
NOTA. La capacidad de la cisterna y sus dimensiones solo incluyen el abasto a la Planta Piloto de Alimentos.

Partiendo del volumen por almacenar se determinaron las dimensiones de la cisterna:

- CAPACIDAD CALCULADA. - 42 000 lt
- DIMENSIONES. - Ancho = 4.2 m
Largo = 5.0 m
Profundidad = 2.0 m

El diagrama de la cisterna se observa en la fig. 11.

FIGURA 11. CISTERNA.



3. CONSIDERACION DE LA VARIACION DE GASTOS EN LA PLANTA PARA LOS EQUIPOS DE SUMINISTRO DE AGUA DE SERVICIO

GASTO MAXIMO.- Es cuando la nave por razón extraordinaria esté trabajando a su máxima capacidad, es decir, equipos, laboratorios y sistema de reposición de agua (4% de la capacidad de los sistemas con recirculación).

$$Q_{\text{máx}} = 39.105 \text{ ft}^3/\text{min}$$

GASTO MEDIO.- Se considera cuando están trabajando a la mitad de los laboratorios (dos laboratorios y equipo de LEM IV)

$$Q_{\text{med}} = 18.83 \text{ ft}^3/\text{min}$$

GASTO MINIMO.- Se considera cuando está trabajando un sólo laboratorio y de esta forma aunque estén trabajando aulas o cubículos se considerará como mínimo los sanitarios.

$$Q_{\text{mín}} = 8.74 \text{ ft}^3/\text{min}$$

Para regular la variación de gastos la solución es el uso del tanque hidroneumático, con una presión de 3.8 Kg/cm^2 con alimentación de tres bombas en paralelo, para ir cubriendo los gastos mínimo, medio y máximo en su arranque, ya que en este tipo de arreglo, los flujos son los que se suman.

Hay dos arreglos, el I, es que cada bomba tenga el flujo necesario para cubrir el gasto correspondiente y el arreglo II, en el que cada bomba tendrá igual flujo y sumados los tres den la capacidad total o máxima.

	ARREGLO I	ARREGLO II
bomba 1	8.8 ft ³ /min	13.03 ft ³ /min
bomba 2	10.0 ft ³ /min	13.03 ft ³ /min
bomba 3	20.2 ft ³ /min	13.03 ft ³ /min

4. SELECCION DE LAS BOMBAS CON CATALOGO COMERCIAL.

Del catálogo comercial de División de Bombas Aurora de la Compañía The New York Air Brake Company, del boletín 330 B de Bombas centrífugas GB, con los datos siguientes se seleccionaron las bombas.

CABEZA TOTAL. - 87 FT LB_p/LB

GASTO. - De acuerdo a los arreglos I y II

Para 1750 RPM:	ARREGLO I	ARREGLO II
bomba 1	5 HP	5 HP
bomba 2	5 HP	5 HP
bomba 3	10 HP	5 HP

Como el arreglo de bombas es en paralelo, las bombas deben ser de igual potencia porque de otra forma la de menor potencia, sería la determinante y la mayor se tendría sobrada, lo que

significa un gasto innecesario y más aún si al encendido de la bomba corresponde la mayor potencia, pues el determinante sería una menor, en cambio si la de mayor potencia fuera la primera y el mayor tiempo correspondería a su caudal valdría la pena el arreglo aunque al trabajar juntas esta estuviera sobrada pero como no es éste último el caso, el mejor arreglo es el II.

Especificaciones de las tres bombas.

Arreglo de la instalación.-	En paralelo
Potencia.-	5 HP
Velocidad.-	1 750 RPM
Marca.-	Aurora Pump
Modelo.-	GBHA
Carcaza.-	184 T
Presión de succión.-	14.7 psi
Presión de descarga.-	45.0 psi

APENDICES

	PAG. DE CRANE*
1. CAIDA DE PRESION PARA AGUA.	B - 14
2. CAIDA DE PRESION PARA AIRE.	B - 15
3. NUMERO DE REYNOLDS Y FACTOR DE FRICCION EN TUBERIAS PARA FLUIDOS COMPRESIBLES.	3 - 19
4. CAIDA DE PRESION EN LINEAS DE FLUJOS COMPRESIBLES.	3 - 21
5. NUMERO DE REYNOLDS Y FACTOR DE FRICCION EN TUBERIAS PARA FLUJO DE LIQUIDOS.	3 - 9
6. CAIDA DE PRESION EN LINEAS - DE LIQUIDO DE FLUJO TURBULENTO.	3 - 11
7. ESPESORES DE AISLANTES PARA TUBERIAS COMERCIALES. SOCOATL.	
8. EQUIVALENCIAS DE DIAMETROS.	

APENDICE 1. CAIDA DE PRESION PARA AGUA.

La tabla siguiente, es para flujos de agua a 60°F a través de tubería de acero cédula 40, se entra con el flujo volumétrico, diámetro de tubería y se lee horizontalmente la caída de presión y la velocidad correspondiente.

B-14		STEEL'S ENGINEERING DATA																CRANE	
Flow of Water Through Schedule 40 Steel Pipe																			
Pressure Drop per 100 Feet and Velocity in Schedule 40 Pipe for Water at 60 F.																			
Discharge GPM	Pipe Size	1/2"				3/4"				1"				1 1/2"					
		Vel. FPM	Press. PSI	Vel. FPM	Press. PSI	Vel. FPM	Press. PSI	Vel. FPM	Press. PSI	Vel. FPM	Press. PSI	Vel. FPM	Press. PSI	Vel. FPM	Press. PSI				
10	1/2"	100	0.0001	100	0.0001	100	0.0001	100	0.0001	100	0.0001	100	0.0001	100	0.0001	100	0.0001		

For pipe lengths other than 100 feet, the pressure drop is proportional to the length. Thus, for 50 feet, the pressure drop is one-half that shown in the table, and for 200 feet, it is double.

To determine the pipe size for a given discharge, see explanation on next page.

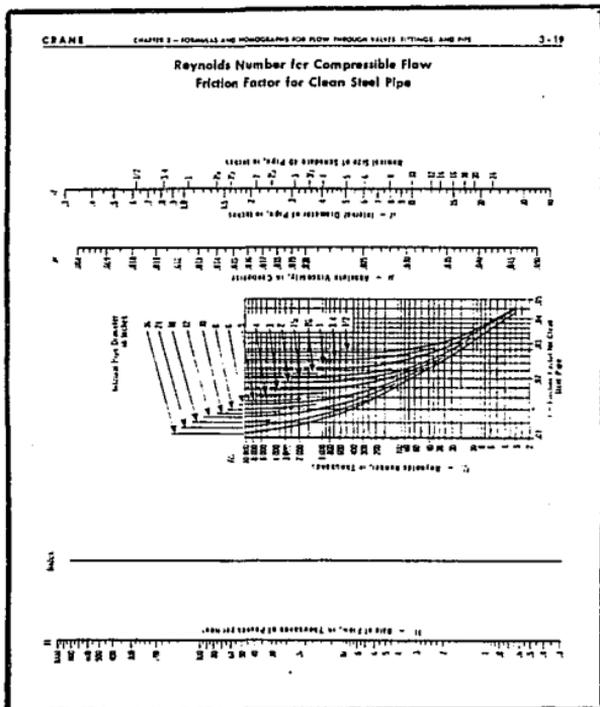
APENDICE 2. CAIDA DE PRESION PARA AIRE.

Se utiliza para flujos de aire a 60°F y 14.7 psia. Se entra con el flujo volumétrico y diámetro, se lee la caída de presión en lb/in². horizontalmente.

CRANE		APPENDIX B - ENGINEERING DATA		B-13	
Flow of Air Through Schedule 40 Steel Pipe					
Flow Air ft ³ /min	Com. Standard Air	Pressure Drop of Air in Pounds per Square Inch Per 100 Feet of Schedule 40 Pipe For Air at 14.7 Pounds per Square Inch Gauge Pressure and 60°F Temperature			
		1"	1 1/2"	2"	3"
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
18	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
19	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
21	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
23	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
25	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
26	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
27	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
28	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
29	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
31	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
32	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
33	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
34	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
35	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
36	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
37	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
38	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
39	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
41	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
42	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
43	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
44	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
45	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
46	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
47	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
48	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
49	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

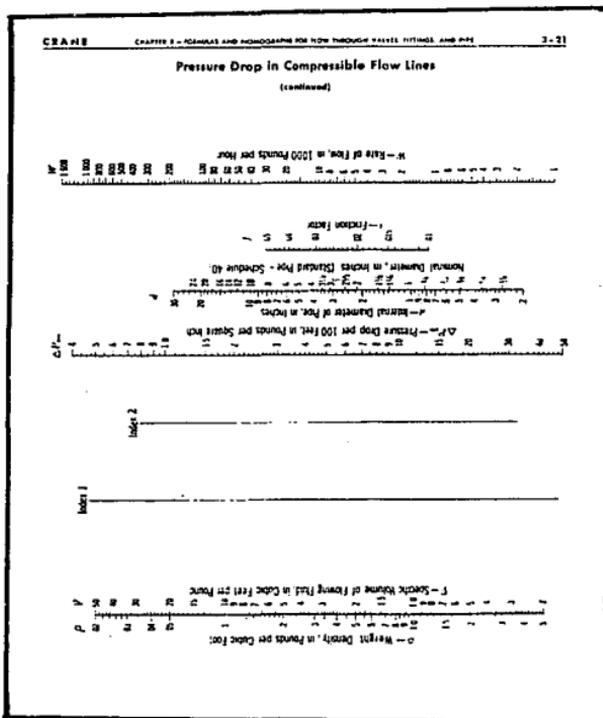
APENDICE 3. NUMERO DE REYNOLDS Y FACTOR DE FRICCION EN TUBERIA PARA FLUIDOS COMPRESIBLES.

En el siguiente nomograma para determinar el factor de fricción es necesario, conocer el flujo ($W=1,000$ lb/hr) y la viscosidad (cp) se unen estos puntos y se marca el index, con éste y el valor del diámetro (interno o nominal en pulgadas) se conoce el No. de Reynolds con el diámetro (horizontal) se lee verticalmente el factor de Fricción.



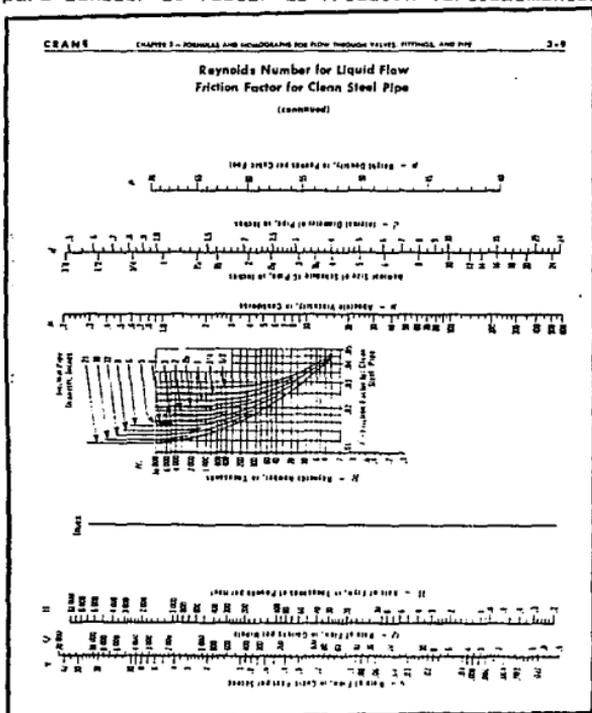
APENDICE 4. CAIDA DEPRESION EN LINEAS DE FLUJO COMPRESIBLE.

Para calcular la caída de presión es necesario conocer el flujo, el diámetro (nominal o interno para cedula 40 en in), con estos se traza una línea y se marca en el index 2, con Index 2 y el factor de fricción calculado se marca en el index 1 y con éste y la densidad se traza otra línea que indique la caída de presión.



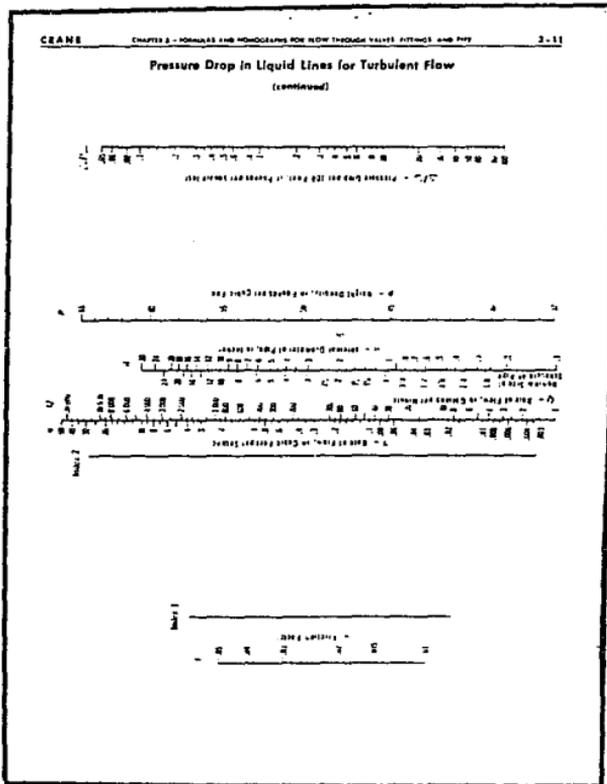
APENDICE 5. NUMERO DE REYNOLDS Y FACTOR DE FRICCION EN TUBERIAS
PARA FLUJO DE LIQUIDOS

Es necesario conocer el gasto (Q =gpm) y la densidad (lb/ft^3) con éstos conocemos el flujo másico, con éste valor y el diámetro (interno o nominal en in) se marca el punto donde coincidan en el index, con éste y la viscosidad (cp) se conoce el No. de Reynolds, con el cual el diámetro que se encuentra horizontalmente se une para conocer el factor de fricción verticalmente.



APENDICE 6. CAIDA DE PRESION EN LINEAS DE LIQUIDO EN FLUJO TURBULENTO.

Conocido el factor de fricción y la densidad, se marca el index 1, con éste y el gasto se marca el index 2, el cual al unir con el diámetro se lee la caída de presión.



APENDICE 8. EQUIVALENCIAS DE DIAMETROS.

Diámetro en milímetros	Diámetro en pulgadas
3/8	10
1/2	13
3/4	19
1	25
1 1/4	32
1 1/2	38
2	51
2 1/2	64
3	76
3 1/2	89
4	102
5	127

BIBLIOGRAFIA

1. Aerstin, F.- Street, G. APPLIED CHEMICAL PROCESS DESIGN. Plenum Press. EUA, 1950.
2. Arana, E. CONSTRUCCION HIGIENICA DE EDIFICIOS Y DE EQUIPO PARA ALIMENTOS. Tecn. De Alimentos. Vol. XVII No.1. México Enero- Febrero, 1982, México.
3. Archa, Merton y Cia. MEXICO, NORMAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCION.
4. Asorio, G. ENCICLOPEDIA DE LA CONSTRUCCION. Ed. Científico- Médica. España 1989.
5. Badger, W.-Banchero, J. INTRODUCCION A LA INGENIERIA QUIMICA. Ed. Mac Graw-Hill. México, 1970.
6. Baquero, F.J. - Llorente M. EQUIPOS PARA LA INDUSTRIA QUIMICA Y ALIMENTARIA. Ed. Alhambra. España 1985.
7. Corzo, M. A. INTRODUCCION A LA INGENIERIA DEL PROYECTO Ed. Limusa. México, 1982.
8. Costa, E. N. INGENIERIA QUIMICA, FLUJO DE FLUIDOS. Ed. Alhambra, Vol. 3. España, 1985.
9. Coulson J.M. -Richarsesan J.F. INGENIERIA QUIMICA. Tomo I. Ed. Reverté. España, 1979.
10. Crane Company. FLUJO DE FLUIDOS. EUA. 22 ed.
11. Depto. de Sanidad del edo. de Nueva York. MANUAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS. Ed. Limusa. México, 1984.

12. Earle, J. H. DISEÑO GRAFICO DE INGENIERIA. Ed. Fondo Educativo Interamericano. EUA, 1978.
13. Germain, L. - Colas L. - Rauquel J. TRATAMIENTOS DE AGUAS. Ed. Omega. España, 1982.
14. Giral, J.B. INGENIERIA DE PROCESOS. UNAM. México 1977.
15. Kern, G. PRELIMINARY PIPE LINE SIZING. Chemical Engineering. Septiembre, 1982.
16. Kirk-Othmer. ENCICLOPEDIA DE TECNOLOGIA QUIMICA. Tomo II Ed. UTEHA. México, 1982.
17. Krik, E. INTRODUCCION A LA INGENIERIA Y AL DISEÑO DE LA INGENIERIA. Ed. Limusa. México, 1980.
18. McCabe, W.-Smirch, J. C. OPERACIONES BASICAS DE INGENIERIA QUIMICA. Ed. Reverté. España, 1981.
19. Mittag, M. TEORIA Y PRACTICA DE LA CONSTRUCCION DE EDIFICIOS. Ed. Alhambra. España, 1968.
20. Perry, R. H.-Chilton, C. H. MANUAL DEL INGENIERO QUIMICO. Ed. Mc Graw Hill. Vol.1 México, 1986. 5a ed.
21. Pomed Shepperd T.P. ACONDICIONAMIENTO DE AGUAS PARA LA INDUSTRIA. Ed. Limusa. México, 1979.
22. Rase, H. F.-Barrow, M.M. INGENIERIA DE PROYECTOS. Ed. Continental. México, 1973.
23. Reno, K. PIPING HANDBOOK. Ed. Mc Graw Hill. EUA, 1987.
24. Rose L.J. TUBERIA Y SU SOLDADURA. Ed. Diana. México 1989.

25. Secretaria de Salud. NORMAS SANITARIAS PARA AGUA POTABLE. México, 1980.
26. Schmit, H. TRATADO DE CONSTRUCCION. Ed. Gustavo Gili. España, 1980.
27. Stanford, B. MECANICA DE FLUIDOS. Ed. CECSA. México, 1984.
28. Vian, A. - Ocon, J. ELEMENTOS DE INGENIERIA QUIMICA. Ed. Aguilar. España, 1979.
29. Vilbrant-Dryden. CHEMICAL ENGINEERING PLANT DESIGN. Ed. Intenational Student. EUA, 1980.
30. Webster, B. DRENAJE Y SANIDAD. Ed. Continental. México, 1961.
31. HANDBOOK OF SEPARATION TECHNIQUES FOR CHEMICAL ENG. Ed. Mac Graw-Hill. EUA, 1979.